



**Baden-Württemberg**

LANDESGESUNDHEITSAMT BADEN-WÜRTTEMBERG  
IM REGIERUNGSPRÄSIDIUM STUTTGART

# **Schimmelpilze in Innenräumen – Nachweis, Bewertung, Qualitätsmanagement**

Abgestimmtes Arbeitsergebnis des Arbeitskreises  
„Qualitätssicherung – Schimmelpilze in Innenräumen  
am Landesgesundheitsamt Baden-Württemberg  
14.12.2001 (überarbeitet Dezember 2004)

## **Impressum**

Landesgesundheitsamt Baden-Württemberg  
im Regierungspräsidium Stuttgart  
Nordbahnhofstr 135 · 70191 Stuttgart  
Tel. 0711 904-35000, · Fax 0711 904-35010 · [abteilung9@rps.bwl.de](mailto:abteilung9@rps.bwl.de)  
[www.rp-stuttgart.de](http://www.rp-stuttgart.de) · [www.gesundheitsamt-bw.de](http://www.gesundheitsamt-bw.de)

Ansprechpartner:  
Dr. Guido Fischer  
Tel. 0711 904-39660  
[Guido.Fischer@rps.bwl.de](mailto:Guido.Fischer@rps.bwl.de)

Redaktionell aktualisierter, inhaltlich unveränderter Nachdruck der überarbeiteten Auflage, Dezember 2004

April 2011



## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Vorwort</b>	<b>7</b>
<b>2</b>	<b>Einführung in die Problematik „Schimmelpilze im Innenraum“</b>	<b>9</b>
<b>3.</b>	<b>Eigenschaften von Schimmelpilzen</b>	<b>11</b>
3.1	allgemeine Charakteristik von Schimmelpilzen	11
3.2	Charakteristische flüchtige Stoffwechselprodukte von Schimmelpilzen (MVOC)	16
3.3	Umweltmedizinisch relevante Schimmelpilze in der Innenraumluft	18
3.3.1	Allergien	18
3.3.1.1	Typ I-Allergien	19
3.3.1.2	Typ III/Typ IV-Allergien	20
3.3.1.3	Allergie-Diagnostik	21
3.3.2	Toxische Wirkungen	22
3.3.2.1	Toxisch-irritative Wirkungen	22
3.3.2.2	Spezifische toxische Effekte einzelner Mykotoxine	23
3.3.2.3	Aflatoxine	23
3.3.2.4	Wirkung von MVOC	25
3.3.3.	Infektionen	25
3.3.3.1	systemische Infektionen	25
3.3.3.2	lokale Infektionen	26
3.3.3.3	Behandlung von Schimmelpilz-Infektionen	28
3.3.4	Wer ist besonders durch Schimmelpilze gefährdet?	28
3.3.5	Welche Schimmelpilze müssen als besonders problematisch eingestuft werden?	29
3.3.6	Minimierungsgebot	29
3.3.7	Empfehlungen	29
3.3.8	Literatur	30
<b>4</b>	<b>Untersuchungsplanung</b>	<b>34</b>
4.1	sichtbare Schimmelschäden	35
4.2	Geruch ohne sichtbaren Befall	36
4.3	Feuchtigkeit ohne sichtbaren Befall	36
4.4	Problemkonstruktionen ohne sichtbaren Befall	36
4.5	gesundheitliche Beschwerden ohne Hinweis auf Feuchtigkeit oder Befall	37
4.6	Sanierungskontrolle	37
<b>5</b>	<b>Ortsbegehung</b>	<b>40</b>
5.1	Begehungsprotokoll	40
5.2	Quellen	40

5.3	Bauphysikalische Messverfahren - Übersicht über Nachweismethoden von Feuchtigkeit in Gebäuden	42
<b>6</b>	<b>Probenahmeverfahren, Probenaufarbeitung und Nachweisverfahren von Schimmelpilzen und deren Stoffwechselprodukte im Innenraum</b>	<b>44</b>
6.1	Probenahmeverfahren, Probenaufarbeitung und Nachweisverfahren von Schimmelpilzen im Innenraum mittels Kultivierung	44
6.1.1	Allgemein	44
6.1.2	Materialprobe	45
6.1.2.1	Probenahme	45
6.1.2.1.1	Voraussetzungen	45
6.1.2.1.2	Durchführung	47
6.1.2.2	Probenaufarbeitung	47
6.1.2.2.1	Voraussetzungen	47
6.1.2.2.2	Durchführung	48
6.1.2.3	Nachweisverfahren	49
6.1.2.3.1	Voraussetzungen	49
6.1.2.3.2	Durchführung	49
6.1.3	Luftprobe	52
6.1.3.1	Probenahme	52
6.1.3.1.1	Voraussetzungen	52
6.1.3.1.2	Durchführung	53
6.1.3.2	Probenaufarbeitung	56
6.1.3.2.1	Voraussetzungen	56
6.1.3.2.2	Durchführung	56
6.1.3.3	Nachweisverfahren	57
6.1.3.3.1	Voraussetzungen	57
6.1.3.3.2	Durchführung	58
6.1.4	Staubprobe (Stand 2001)	59
6.1.4.1	Probenahme	59
6.1.4.1.1	Voraussetzungen	59
6.1.4.1.2	Durchführung	59
6.1.4.2	Probenaufarbeitung	62
6.1.4.2.1	Voraussetzungen	62
6.1.4.2.2	Durchführung	63
6.1.4.3	Nachweisverfahren	63
6.1.4.3.1	Voraussetzungen	63
6.1.4.3.2	Durchführung	63
6.1.4	Staubprobenahme (Stand 11.2004)	64
6.2	Probenahmeverfahren, Probenaufarbeitung und Nachweisverfahren der Partikelauswertung	66
6.2.1	Probenahmeverfahren	66
6.2.1.1	Voraussetzungen	66
6.2.1.2	Vor- und Nachteile der Methode	66

6.3	Probenahmeverfahren, Probenaufarbeitung und Nachweisverfahren von mikrobiellen flüchtigen organischen Stoffwechselprodukten (MVOC) von Mikroorganismen	68
6.3.1	Einleitung	68
6.3.2	Voraussetzungen	68
6.3.3	Allgemeine Anmerkungen zur Analytik	69
6.3.3.1	Methode 1: Elution von Aktivkohle (Aktivkohle-Verfahren)	69
6.3.3.2	Methode 2: Kopplung von GC/MS und Thermodesorption	70
6.4	Probenlagerung und Probenversand	71
<b>7</b>	<b>Indikatororganismen aus baulicher Sicht, Pilze mit hoher Indikation für Feuchteschäden</b>	<b>72</b>
<b>8</b>	<b>Beurteilung aus hygienischer Sicht (Stand 2001)</b>	<b>74</b>
8.1	Bewertung von Materialproben	74
8.2	Bewertung von Luftproben	76
8.2.1	Allgemein	76
8.2.2	kultivierbare Schimmelpilze	78
8.2.3	Gesamtsporenzahl	80
8.3	Bewertung von Staubproben	81
8.3.1	ungesiebte Staubproben	82
8.3.2	gesiebte Staubproben	83
8.4	Bewertung von MVOC-Bestimmungen	83
8.4.1	Schwierigkeiten bei der Bewertung mikrobieller MVOC	86
<b>8a</b>	<b>Beurteilung aus hygienischer Sicht (Stand 11.2004)</b>	<b>90-104</b>
<b>9</b>	<b>Qualitätssicherung</b>	<b>105</b>
9.1	Qualitätsmanagement – Schimmelpilze in Innenräumen	105
9.2	Externe Qualitätssicherung – Ringversuche	107
<b>9.3</b>	<b>Schimmelpilze im Innenraum zwischen Ethik und Monetik</b>	<b>112-117</b>
<b>10</b>	<b>Anhang:</b>	<b>118</b>
10.1	Kommerziell verfügbare (Schimmel-)pilzallergene für RAST- Testungen (auch Hefen) Dr. Schönherr	118
10.2	Spezifische toxische Effekte einzelner Mykotoxine	119
10.3	bauphysikalische Messverfahren	122
10.4	Differenzierungsliteratur	126
10.5	Fragebögen	127
10.5.1	Kurzfragebogen bezüglich einer möglichen Exposition	127
10.5.2	Ärztlicher Fragebogen	129
10.5.3	Fragebogen zur Pilzuntersuchung	131
10.5.4	Fragebogen zur Wohnungsbegehung	135

10.5.5	Begehungsprotokoll - biologische Schadstoffe in belasteten Innenräumen	141
10.6	Sanierung	158
10.7	Musterbefund	162
10.8	Stichwortverzeichnis	189

## 1. Vorwort

In den letzten zwei Jahren hat der Arbeitskreis „Qualitätssicherung – Schimmelpilze in Innenräumen“ am Landesgesundheitsamt Baden-Württemberg im Sinne eines Qualitätszirkels zusammengearbeitet.

Das Ziel der Arbeit war, für den Bereich „Schimmelpilze in Innenräumen“ einen Beitrag zur Vereinheitlichung des Vorgehens bezüglich des Nachweises und der Beurteilung von Schimmelpilzschäden in Innenräumen zu leisten.

Die nachfolgenden Ausführungen beziehen sich auf die Erfassung von Schimmelpilzen in Innenräumen. Als Innenräume werden nach dem Sondergutachten vom Mai 1987 des Rates von Sachverständigen für Umweltfragen folgende Objekte verstanden:

- Wohnungen mit Schlaf-, Wohn-, Bastel-, Sport- und Kellerräumen, Küchen und Badezimmern;
- Arbeitsplätze, wie Büros und Verkaufsräume, sofern sie nicht im Hinblick auf Luftschadstoffe arbeitsschutzrechtlichen Kontrollen unterliegen;
- Räume mit Publikumsverkehr, wie öffentliche Gebäude, d.h. Krankenhäuser, Schulen, Kindergärten, Sporthallen, Bibliotheken, Gaststätten, Hotels, Theater, Kinos und andere Veranstaltungsräume;
- Aufenthaltsräume von Kraftfahrzeugen und allen öffentlichen Verkehrsmitteln

Sie gelten ausdrücklich nicht für die durch die BioStoffV geregelten gezielten und ungezielten Tätigkeiten mit biologischen Arbeitsstoffen, bei denen oft hohe Konzentrationen biologischer Arbeitsstoffe vorliegen, wie in Kompostierungsanlagen, Wertstoffsortieranlagen, landwirtschaftlichen Gebäuden etc..

Neben der Bestandsaufnahme waren Empfehlungen zu erarbeiten, wie in der Schimmelpilzproblematik zukünftig vorgegangen werden sollte. Dazu wurden von neun Gruppen entsprechende Arbeitspapiere erstellt, die hier in zusammengefasster Form vorgelegt werden (Gruppenverantwortliche unterstrichen). Wenn Sie Änderungsvorschläge für diesen Leitfaden haben, schicken sie diese bitte an das Landesgesundheitsamt Baden-Württemberg oder an einen der Gruppenverantwortlichen.

Die Ausführungen haben empfehlenden Charakter. Es ist notwendig, die hier gemachten Aussagen kontinuierlich zu überarbeiten, da der Stand des Wissens bei vielen Fragestellungen in diesem Bereich noch unzureichend ist.

- Untersuchungsplanung (Frau Richardson, Frau Dr. Dill, Frau Dr. Grüner, Herr Dr. Klus, Herr Dr. Lorenz, Herr Dr. Palmgren, Herr Dr. Trautmann, Herr Dr. Winkens)
- Probenahmeverfahren, Probenaufarbeitung und Nachweisverfahren von Schimmelpilzen mittels Kultivierung im Innenraum einschliesslich Begehungsprotokoll und bauphysikalische Ursachenermittlung (Herr Dr. Gabrio, Frau Dr. Dill, Herr Dr. Duggal, Herr Dr. Klus, Herr Dr. Hüster, Herr Münzenberg, Herr Dr. Palmgren, Frau Dr. Szewzyk, Herr Dr. Trautmann, Frau Weidner, Herr Dr. Winkens)
- Quellensuche mittels MVOC-Bestimmung (Herr Dr. Palmgren, Herr Dr. Fischer, Herr Dr. Lorenz, Herr Dr. Schuchardt)
- Gesamtzellzahl (Herr Dr. Trautmann, Herr Dr. Palmgren)
- Indikatororganismen aus baulicher Sicht (Frau Dr. Dill, Herr Dietze, Herr Dr. Gabrio, Herr Dr. Klus, Herr Dr. Lorenz, Herr Dr. Palmgren, Herr Dr. Spaaij, Frau Weidner)
- Umweltmedizinisch relevante Schimmelpilze in der Innenraumluft (Frau Dr. Grüner, Herr Dietze, Herr Dr. Fischer, Herr Dr. Lichtnecker, Herr Dr. Palmgren, Frau Richardson, Prof. Dr. Schwenk, Herr Dr. Schönherr)
- Erstellung von Kategorien zur Beurteilung einer Schimmelpilzbelastung (Herr Dr. Trautmann, Herr Dr. Gabrio, Herr Dr. Klus, Frau Dr. Jovanovic, Herr Dr. Palmgren, Herr Dr. Rauland, Frau Rieve, Frau Dr. Szewzyk, Frau Weidner)

- Externe Qualitätssicherung der Bestimmung von Pilzen/Schimmelpilzen in Innenräumen (Herr Dr. Seidl, Herr Dr. Gabrio, Herr Dr. Grün, Herr Dr. Lorenz, Herr Dr. Rabe, Herr Prof. Schwenk, Frau Dr. Szewzyk, Frau Weidner)
- Sanierung aufgrund eines Schimmelpilzbefalls (Herr Dr. Gabrio, Frau Dr. Grüner, Herr Dr. Lorenz, Frau Richardson, Herr Dr. Trautmann)

Seit der Fertigstellung der Fassung dieses Berichtes vom 14.12.2001 gibt es einige neue Erkenntnisse bezüglich des Nachweises, der Bewertung und des Qualitätsmanagements von Schimmelpilzen (s. dazu auch Bundesgesundheitsblatt 2004). In der ersten Fassung hatten die Autoren zugesagt, den Bericht zu gegebener Zeit zu überarbeiten. Aufgrund weiterer Aktivitäten im Bereich der Schimmelpilze und den nachfolgend genannten, kurz vor dem Abschluß stehenden Veröffentlichungen, wird nicht das gesamte Heft neu strukturiert.

- VDI-Richtlinie, VDI 4300 Blatt 10, Messen von Innenraumluftverunreinigungen – Messstrategie für die Erfassung von Schimmelpilzen im Innenraum in Arbeit
- Handlungsanleitung zur Gefährdungsbeurteilung bei Tätigkeiten mit biologischen Arbeitsstoffen bei der Gebäudesanierung, AK "Gebäudesanierung" des Sachgebietes (SG) "Mikrobiologie im Tiefbau" des Fachausschusses (FA) "Tiefbau", in Arbeit
- Umweltbundesamt, Leitfaden über die Sanierung Schimmelpilz belasteter Innenräume, in Arbeit
- Landesgesundheitsamt Baden-Württemberg (2004) Handlungsempfehlung für die Sanierung von mit Schimmelpilzen befallenen Innenräumen

Der vorliegende Bericht erfreut sich immer noch großer Nachfrage. In der neuen Fassung wird außer einigen kleinen Korrekturen im Text, nur das Kapitel 8 „Beurteilung aus hygienischer Sicht“ überarbeitet und unter 8a mit einer gesonderten Nummerierung parallel zu der alten Version in das Heft eingefügt sowie im Kapitel 9 „Qualitätssicherung“ erfolgt eine Einfügung unter 9.3, sodass das abgestimmte Ergebnisprotokoll vom 14. 12. 2001 im Landesgesundheitsamt unter Beteiligung folgender Fachkollegen nahezu erhalten bleibt:

Herr Dietze, Hygieneinstitut Sachsen-Anhalt, Magdeburg  
Frau Dr. Dill, Umweltmykologie GbR, Berlin  
Herr Dr. Duggal, BG Nahrungsmittel und Gaststätten, Mannheim  
Herr Dr. Fischer, Institut für Hygiene und Umweltmedizin – Klinikum, Aachen  
Herr Dr. Gabrio, Landesgesundheitsamt BW, Stuttgart  
Herr Dr. Grün, Eco-Luftqualität + Raumluft, Köln  
Frau Dr. Grüner, Landesgesundheitsamt BW, Stuttgart  
Herr Dr. Hüster, Scientific Consulting – Prüfen + Beraten, Schulen, Rielasingen  
Frau Dr. Jovanovic, Landesgesundheitsamt BW, Stuttgart  
Herr Prof. Dr. Dr.-Ing Kämpfer, Justus Liebig-Universität Inst. f. Angew. Mikrobiologie, Giessen  
Herr Kern, GeVo-Diagnostik, Filderstadt  
Herr Kern, Rechtsanwalt, Nürnberg  
Herr Dr. Klus, BMA-Labor GbR, Technologiezentrum Ruhr, Bochum  
Frau Dr. Koch, Friedrich-Schiller-Universität Jena, Außenstelle Erfurt, Erfurt  
Frau Dr. Kolk, Berufsgenossenschaftliches Inst. f. Arbeitsmedizin, Sankt Augustin  
Herr Dr. Kruse, Institut für Toxikologie, Kiel  
Herr Laussmann, Robert-Koch-Institut, Berlin  
Herr Dr. med. Lichtnecker, Med. Institut für Umwelt- und Arbeitsmedizin, Erkrath  
Herr Dr. Lorenz, Dr. Lorenz – Institut für Innenraumdiagnostik, Düsseldorf  
Frau Dr. Müller, UFZ Umweltforschungszentrum Leipzig Halle GmbH Sektion Expositionsforschung und Epidemiologie, Leipzig  
Herr Münzenberg, VDB, Lauf bei Nürnberg  
Herr Dr. Palmgren, Pegasus Labor GmbH, Düsseldorf  
Herr Dr. Rabe, Labor Dr.Rabe, Essen  
Herr Dr. Rauland, UIS, Stuttgart  
Frau Richardson, Baubiologie und Umweltanalytik, Witten  
Frau Rieve Laborärzte Sindelfingen, Sindelfingen  
Herr Dr. Samson, CBS, AD Utrecht Niederlande  
Herr Professor Dr. Schata, Düsseldorf  
Herr Dr. Schoenherr, Düsseldorf  
Herr Dr. Seidl, Lehrstuhl f. Mikrobiologie, Klinik u. Poliklinik für Dermatologie und Allergologie Technische Universität München, München  
Herr Dr. Senkpiel, Medizinische Universität zu Lübeck – Institut für Mikrobiologie und Hygiene, Lübeck  
Herr Dr. Spaaij, Tübingen  
Frau Dr. Szewzyk, Umweltbundesamt, Berlin  
Herr Dr. Trautmann, Umweltmykologie GbR, Berlin  
Herr Dr. Warscheid, MPA-Bremen, Bremen  
Frau Weidner, Landesgesundheitsamt BW, Stuttgart  
Herr Dr. Winkens Gesellschaft für Umwelt- und Innenraumanalytik, Mönchengladbach



## 2. Einführung in die Problematik „Schimmelpilze im Innenraum“

Es gibt zur Zeit in Deutschland noch keine verbindlichen Bewertungskriterien für eine Schimmelpilzbelastung im Innenraum. Einige Labors bzw. Institutionen haben ihre eigene Vorgehensweise bei der Beurteilung bzw. ihre Erfahrungswerte und Vorschläge mitgeteilt. Diese Unterlagen wurden in den Arbeitsgruppen diskutiert und auf deren Basis Orientierungshilfen bzw. Empfehlungen formuliert.

Der Nachweis einer Schimmelpilzbelastung dient unterschiedlichen Zielen, wie z. B.

- dem Nachweis einer Außenluftquelle
- dem Nachweis einer Innenraumquelle oder einer
- gesundheitlichen Bewertung der Schimmelpilzbelastung

Schimmelpilze können sich auf verschiedene Weise gesundheitlich auswirken:

- allergene Wirkung:

Der Dosis-Wirkungszusammenhang ist in diesem Falle sehr komplex (siehe TRGS 907). Er hängt u. a. von der individuellen Prädisposition sowie vom allergenen Potential der Schimmelpilzsporen ab. Bei Sensibilisierungen richtet sich das Auftreten allergischer Reaktionen nach dem Grad der Sensibilisierung, der Membranfunktion von Haut und Schleimhäuten und der Allergendosis pro Fläche. Mittels der heutigen Nachweisverfahren wurden bei etwa 5 % der Bevölkerung der BRD eine Sensibilisierung gegen Schimmelpilze mit zunehmender Tendenz nachgewiesen.

- toxische Wirkung:

Die Stoffwechselprodukte von Schimmelpilzen (z. B. den Mykotoxinen), sowie die Zellwandbestandteile (Glukane) wirken toxisch. Als immuntoxische Wirkung ist auch die Freisetzung von Interleukinen und sonstigen Entzündungsmediatoren in Haut und Schleimhäuten bei Schimmelpilzeinwirkung zu sehen. Ausgelöst durch Innenraumbelastungen ist allerdings kaum mit einer solchen Wirkung zu rechnen.

- infektiöse Wirkung:

Die infektiöse Wirkung spielt vor allem bei immungeschwächten Menschen eine Rolle. Ausgelöst durch Innenraumbelastungen ist allerdings kaum mit einer solchen Wirkung zu rechnen.

- Geruchsbelästigung:

Sie kann die Lebensqualität beträchtlich beeinflussen. Gerüche können ausser von Schimmelpilzen auch von Bakterien oder VOC-Emittenten verursacht werden. Dies sollte bei der Untersuchung bedacht werden.

Die Ausprägung der toxischen und allergenen Wirkungen u.a. durch Mykotoxine ist sehr stark von der Art der Schimmelpilze (Spezies) und von der aufgenommenen Gesamtmenge abhängig. Ausserdem liegt beim verstärkten Auftreten von Schimmelpilzen allgemein ein hygienisches Problem vor.

Die Vermutung, dass eine Schimmelpilzbelastung in einem Gebäude vorliegt, basiert meist auf folgenden Indizien:

- muffig-modriger Geruch
- Feuchteflecken
- farbige dunkle Flecken - meist schwarz, dunkelbraun oder grün
- ungeklärte Ursache für Krankheiten wie Allergien oder Atemwegserkrankungen

Meist steht diese Vermutung damit im Zusammenhang, dass

- bauliche Mängel vorliegen bzw. vermutet werden (u. a. Neubau-Restfeuchte)
- ein aktueller Schaden aufgetreten ist (z. B. ein Wasserrohrbruch)
- sich das Raumklima aufgrund einer Sanierungsmassnahme entscheidend verändert hat (z. B. die Isolierung der Außenwände und der Austausch von Fenstern mit Einfachverglasung gegen Fenster mit Wärmeschutzverglasung, die den Luftaustausch erheblich verringern)
- sich das Wohnverhalten verändert hat (z. B. das Lüftungsverhalten, die Art der Wäschetrocknung oder der Nutzer nach einem Mieterwechsel)

### **Exkurs: Bakterien**

Wenn in Innenräumen Feuchtigkeitsprobleme bzw. Feuchtigkeitsschäden auftreten, muss man neben dem Wachstum von Schimmelpilzen und Hefen grundsätzlich auch mit dem Auftreten von Bakterien rechnen.

Zahlreiche Untersuchungen zeigten, dass dies die Regel und nicht von nur untergeordneter Bedeutung ist. Weiterhin kann es vorkommen, dass in sehr feuchten Materialien keine auffälligen Mengen oder Arten an Pilzen nachweisbar sind, wohl aber hohe Mengen an Bakterien.

Nach neueren Erkenntnissen muss davon ausgegangen werden, dass auch das verstärkte Vorkommen bestimmter Bakterien zu gesundheitlichen Beschwerden führen kann.

Die gesundheitliche Gefährdung kann u.a. durch die von Gram-negativen Bakterien stammenden Endotoxine, durch antibiotische Stoffe (vermutlich in der Hauptsache produziert von Actinomyceten) sowie vermutlich auch durch pathogene Bakterien verursacht sein.

Es ist geplant, in zukünftigen Arbeitsgruppen auch für Bakterien in Innenräumen Nachweismethoden und Bewertungsrichtlinien zu erarbeiten.

### 3. Eigenschaften von Schimmelpilzen

#### 3.1 allgemeine Charakteristik von Schimmelpilzen

Die Eigenschaften der verschiedenen Schimmelpilze (S. 11 – 13) sind sowohl beim Probenahmeverfahren als auch der Probenaufarbeitung, dem Nachweisverfahren und insbesondere bei der späteren Bewertung zu beachten.

So ermöglicht die Angabe der **Sporengröße** eine Orientierung darüber, welchen cut-off-Wert der Impaktor bzw. welche Porengröße der Filter besitzen muss.

Die Angaben zum **Feuchteanspruch**, **aw-Wert**, **Temperatursanspruch** bzw. „**insbesondere assoziiert mit**“ lassen zum einen erkennen, unter welchen Bedingungen mit dem Vorkommen bestimmter Schimmelpilze zu rechnen ist, sie geben zum anderen Hinweise darauf, unter welchen Bedingungen eine Kultivierung erfolgen sollte.

Aufgrund der dicken Zellwände aus Chitin sind Schimmelpilzsporen sehr widerstandsfähig gegen Austrocknung. In diese Zellwände sind bei vielen Schimmelpilzarten Melanine eingelagert, die die Sporen vor Schäden durch UV-Licht schützen. Daher können Schimmelpilzsporen lange **Trockenheit** überdauern und über grosse Distanzen durch die Luft verbreitet werden. Deshalb ist bei Material- bzw. Staubproben stets zu prüfen bzw. abzuschätzen, ob es sich um Anflugsporen oder um einen aktiven Schaden handelt.

Ausserdem sind einige Schimmelpilzsporen sehr **hitzeresistent**.

Bei einigen Schimmelpilzgattungen, wie z.B. *Penicillium* und *Aspergillus* besitzen die Sporen **hydrophobe** Eigenschaften. Sie lassen sich daher sehr schlecht in Wasser suspendieren. Dies ist besonders bei der Probenaufarbeitung von Staub und Materialproben zu beachten (z. B. durch Zugabe von Detergentien).

Die **Verbreitung** von Schimmelpilzen in der Luft kann durch einzelne Sporen, Aggregate von Sporen, Hyphenbruchstücken und seltene Einzelzellen erfolgen, die sowohl frei, als auch an Staubpartikel gebunden bzw. in Tröpfchen suspendiert sein können.

Die **Sporendurchmesser** sind von Art zu Art unterschiedlich. Bei vielen Sporen liegen sie je nach Art im Bereich von 2-10 µm, in wenigen Fällen bei 30 µm und mehr. Hyphenbruchstücke sind bis 10 µm breit, aber z. T. deutlich länger als 30 µm. Die Wahrscheinlichkeit, dass einzelne Hyphenbruchstücke zu koloniebildenden Einheiten führen, ist gering.

Die Angaben zu den relevanten **Zellbestandteilen** und **Stoffwechselprodukten** wie z.B. β-Glukane, Ergosterol, Allergene, Toxine bzw. MVOC (siehe unten) können bezüglich der Einschätzung, ob bei speziellen Schimmelpilzen ein biochemischer Nachweis möglich ist, hilfreich sein. Sie geben aber auch einen Hinweis darauf, wie bestimmte Spezies gesundheitlich zu beurteilen sind.

Mit Hilfe der Angaben zur **Flugfähigkeit** kann die Relevanz des Nachweises vereinzelter Sporen in der Luft abgeschätzt werden. So ist z. B. der Nachweis einzelner

*Penicillium expansum*-Sporen ganz anders zu bewerten als der Nachweis einzelner *Stachybotrys chartarum*-Sporen. *Penicillium expansum* setzt bei der Sporulation eine Vielzahl von Sporen frei, die trocken und gut flugfähig sind und sich in der Regel als Einzelsporen oder kleine Sporenaggregate in der Luft bewegen. *Stachybotrys chartarum* hingegen besitzt feuchte, nur schlecht flugfähige Sporen. Diese Sporen werden während ihrer Entstehung in einer schleimigen Matrix gesammelt. Die Sporenfreisetzung ist zumindest bei aktuellen Feuchteschäden durch diese Schleimsubstanz stark behindert.

$\beta$ -Glukane und Ergosterol sind Zellbestandteile der Schimmelpilze und deshalb im Hinblick auf einen Schimmelpilznachweis zwar spezifisch, im Hinblick auf eine Artendifferenzierung jedoch unspezifisch. Da ein ubiquitäres Vorkommen dieser Verbindungen nicht auszuschliessen ist, ist vor Klärung dieser Frage der praktische Einsatz der Analyse dieser Verbindungen jedoch derzeit nicht zu empfehlen.

Charakteristisch für bestimmte Schimmelpilzspezies sind hingegen Allergene und Toxine. Diese speziesspezifischen Verbindungen sind sowohl in vermehrbaren als auch in nicht vermehrbaren Schimmelpilzsporen vorhanden.

Die Produktion und die Freisetzung der Schimmelpilzallergene bzw. -toxine ist u.a. von folgenden Faktoren abhängig:

- Art der Spezies
- Nährstoffangebot (Art und Menge)
- Lebenszyklus
- Stressfaktoren

Pilzspezies (-gattung)	Flugfähigkeit	Feuchteanspruch	Inbesondere assoziiert mit	Temperaturanspruch Minimum-Optimum- Maximum	Aw-Wert Minimum-Optimum	Konidiengröße [µm] Durchmesser (D) bzw. Länge x Breite	relevante Stoffwech- selprodukte wie z. B. Toxine	Eigenschaften der Sporen
<i>Absidia corymbifera</i>	2	hoch	Erde, Kompost, Früchte	W k.A.; 35-37; 45; (3)	k.A.; k.A.;	2,5-7 x 2,5-4,5 (2)	k.A.	glatt
<i>Acremonium kilense</i>	1-2	hoch	Tapete, Holz	k.A.; k.A.; k.A.	k.A.; k.A.;	3-6 x 1,5 (2)	k.A.	schleimig
<i>Acremonium murorum</i>	1-2	hoch		k.A.; k.A.; k.A.	k.A.; k.A.;		k.A.	
<i>Acremonium strictum</i>	1-2	hoch		k.A.; k.A.; k.A.	k.A.; k.A.;		k.A.	
<i>Alternaria alternata</i>	2	mittel-hoch	Pflanzen, Saprophyt	W -2;+5; 20-25; 31-32; (3)	W 0,85; 0,96; S 0,90; 0,99; SK 0,94; k.A.; (3)	3,3-7 x 0,9-1,8 (2)	Alternariol- Monomethylether, Alttoxoin, (2)	schleimig glatt-rauh
<i>Aspergillus flavus</i>	3	mittel	Kaffee, Getreide, Gewürze, Trockenfrüchte	W 6-8; 35-37; 42-45 (3)	W 0,78; 0,95; S 0,85; 0,95-0,96; SK 0,80; k.A.; (3)	D 3,6 (2)	Aflatoxin, 3-Nitropropionsäure, Cycloplazonsäure (2)	stachelig
<i>Aspergillus fumigatus</i>	3	hoch	Hausstaub, Kompost, Müll, Silage	W 10-12; 37-43; 52-55 (3)	W 0,85; 0,98; S 0,90; 0,98-0,99; (3)	D 2,5-3 (2)	Verruculogen, Fumigatin, Fumitremorgen, Gliotoxin (2)	stachelig
<i>Aspergillus nidulans</i> und <i>Emericella nidulans</i>	3	mittel-hoch	Erde, Kartoffeln, Getreide, Zitrusfrüchte, Hafer	W 6-8; 35-40; 46-48; (3)	W 0,80; 0,95; S 0,85; 0,95-0,98; SK 0,82; k.A.; (3)	3,8-4,5 x 3,5-4 (2)	Sterigmatocystin	rauh
<i>Aspergillus niger</i>	3	mittel-hoch	Lebensmittel, getrocknete Früchte, Gewürze	W 6-8; 35-37; 45-47; (3)	W 0,77; 0,96-0,98; S 0,92-0,95; 0,96- 0,98; SK 0,84; k.A.; (3)	D 3,5-5 (2)	Ochratoxin A, Malformin, Naphto-γ-Pyron (2)	warzig
<i>Aspergillus ochraceus</i>	3	mittel-hoch	Kaffee, Gewürze	W k.A.; 28-32; k.A. (3)	W 0,77; 0,95; S 0,85; 0,95-0,98; (3)	D 2,5-3 (2)	Penicillinsäure, Ochratoxin A (2)	glatt-leicht rauh
<i>Aspergillus penicillioides</i>	3	gering	Tapete, Papier, Holzmöbel	k.A.; k.A.; k.A.;	W 0,75; 0,77; SK 0,73; k.A.; (2)	D 3,0-5 (2)	k.A.	stachelig
<i>Aspergillus restrictus</i>	3	gering	Tapete, Papier, Holzmöbel	k.A.; k.A.; k.A.;	W 0,75-0,91; SK 0,75; k.A.; (3)	4-10 x 3-6 (2)	k.A.	
<i>Aspergillus terreus</i>	3	gering	Lebensmittel, Innenraum	k.A.; k.A.; k.A.;	W 0,78; (2,3)	D 1,5-2,5 (2)	Citrinin (3)	glatt
<i>Aspergillus versicolor</i>	3	gering- mittel	Putz, Tapete, Holz	W 4-5; 25-30; 38-40; (3)	W 0,75; 0,95; S 0,80; 0,95-0,97; SK 0,78; (3)	D 2-3 (2)	Sterigmatocystin, Nidulotoxin (2)	stachelig
<i>Aureobasidium pullulans</i>	1-2	hoch	Badezimmer, Fensterrahmen, Erde, Pflanzen	W 2; 25; 35; (2)	k.A.; k.A.;	7,5-16,0 x 3,5-7,0 (2)	k.A.	glatt
<i>Beauveria bassiana</i>	2-3			k.A.; k.A.; k.A.;	k.A.; k.A.;	D 2-3 (2)	k.A.	glatt
<i>Chaetomium globosum</i>	1-2	hoch	Tapete, Papier, Holz	k.A.; 18-20; 24; (2)	k.A.; k.A.;	9-11 x 7-8,5 (2)	Chaetomin, Chaetoglobosin (2)	glatt
<i>Chyso sporium</i> sp.	2			k.A.; k.A.; k.A.;	k.A.; k.A.;	6-11 x 3,5-4,5 (2)	k.A.	
<i>Cladosporium cladosporioides</i>	2-3	hoch	Innenraum, Luft, Erde, Pflanzen, Lebensmittel, Textilien	W -10 bis -3; 20-28; k.A.; (2)	k.A.; k.A.;	3-11 x 2-5 (2)	k.A.	glatt-leicht rauh

Pilzspezies (-gattung)	Flugfähigkeit	Feuchteanspruch	Inbesondere assoziiert mit	Temperatursanspruch Minimum-Optimum- Maximum	Aw-Wert Minimum-Optimum	Kontidiengröße [µm]	relevante Stoffwechselprodukte wie z. B. Toxine	Eigenschaften der Sporen
<i>Cladosporium herbarum</i>	2-3	hoch	Innenraum, Luft, Erde, Pflanzen, Lebensmittel, Textilien, Getreide, Früchte	W -6; 19-28; 28-32; (2)	W 0,88; 0,95-0,96; S 0,88-0,89; 0,96- 0,98; SK 0,88; k.A.; (3) k.A.; k.A.;	5,5-13 x 4-6 (2)	k.A.	rauh
<i>Cladosporium sphaerospermum</i>	2-3	hoch		k.A.; k.A.; k.A.;	k.A.; k.A.;	D 3-4,5 (2)	k.A.	rauh
<i>Doratomyces sp.</i>	3	hoch	Holzspanplatte	k.A.; k.A.; k.A.;	k.A.; k.A.;		k.A.	rauh
<i>Epicoccum nigrum</i>	2	hoch		-3bis +4; 23-28; 45; (2)	W 0,86 - 0,90; k.A.; (2)	D 5-25 (2)	k.A.	rauh
<i>Eurotium amstelodami</i>	3	gering	Tapete, Leder	k.A.; k.A.; k.A.;	W 0,71-0,76; k.A.:(2)	4-5 x 3,6-3,8 (2)	Physcion, Echinulin (2)	stachelig
<i>Eurotium herbariorum</i>	3	gering		k.A.; k.A.; k.A.;	k.A.; k.A.;	4,8-5,6 x 3,8-4,4 (2)	Ochratoxin A (3)	stachelig
<i>Eurotium rubrum</i>	3	gering		k.A.; k.A.; k.A.;	W 0,70-0,71; k.A.:(2)		k.A.	
<i>Fusarium sp.</i>	1	hoch		W -3; 25; 31; (3)	W 0,87 - 0,89; k.A.; (2)	34-80 x 5-7 (2)	Trichothecen, Zearalenon, Chryoglin, Fusapyron, Fusarin, Fumonisin, Butenolid, Morphiliformin, Naphthoquinon Nivalenol, T2-Toxin (3) Pigmente (2)	glatt
<i>Geomyces pannorum</i>	1-2	hoch		k.A.; 20-25.; k.A.;	W 0,92; k.A.; (2)	2-6 x 2-4 (2)	k.A.	glatt-rauh
<i>Gliocladium roseum</i>	1-2	hoch		k.A.; k.A.; k.A.;	k.A.; k.A.;	k.A.;	k.A.	
Hefen (u.a. <i>Rhodotorula</i> sp.)	2	mittel-hoch		k.A.; k.A.; k.A.;	k.A.; k.A.;	k.A.	k.A.	glatt,schleimig
<i>Mucor hiemalis</i>	2	hoch		W 5; 25; 30; (3)	k.A.; k.A.;	5,7-8,7 x 2,7-5,4 (2)	k.A.	glatt
<i>Mucor plumbeus</i>	2	hoch		W 4-5; 20-25; 35; (3)	W 0,93; k.A.;	D 7-10 (2)	k.A.	leicht rauh
<i>Mucor racemosus</i>	2	hoch		W -4 bis -3; 20-25; 30-33; (3)	SK 0,93; k.A.; (3) W 0,92; 0,98; (3) S 0,95; 0,98-0,99;	5,5-10 x 4-7 (2)	k.A.	leicht rauh
<i>Oidiodendron sp.</i>	2	hoch		W., S k.A.; 25-30; k.A. (2)	k.A.; k.A.;	3,5-5,5 x 2-3 (2)	k.A.	glatt
<i>Paecilomyces variotii</i> und <i>Byssosclariomyces</i> <i>Westlingii</i>	3	mittel		10; 30-35; 45; (2)	W 0,79-0,84; 0,91; (2)	3-5 x 2-4 (2)	Patulin, Viriditoxin (2)	glatt
<i>Penicillium brevicompactum</i>	3	mittel-hoch	diverse Materialien	W -2; 23; 30; (3)	W 0,78-0,82; k.A.; (2)	D 3,5-4,5 (2)	Roquefortin C, Penitrem A, Botryodiplodin, Mycophenolsäure (2)	glatt
<i>Penicillium chrysogenum</i>	3	mittel-hoch	diverse Materialien	W -4; 25-28; 32-33; (3)	W 0,81; 0,96; (3)	3-4 x 2,8-3,8 (2)	Roquefortin C, Meleagrin, Penicillin (2)	glatt
<i>Penicillium citrinum</i>	3	mittel-hoch		k.A.; k.A.; k.A.;	W 0,80-0,82; k.A.; (2)	D 2,5-3,0 (2)	Citrinin (2)	glatt

Pilzspezies (-gattung)	Flugfähigkeit	Feuchteanspruch	Insbesondere assoziiert mit	Temperaturanspruch Minimum-Optimum- Maximum	Aw-Wert Minimum-Optimum	Konidiengröße [µm]	relevante Stoffwechselprodukte wie z. B. Toxine	Eigenschaften der Sporen
<i>Penicillium expansum</i>	3	hoch	diverse Materialien	W -3; 25-26; 33-35; (3)	W 0,82; 0,95; S 0,85; k.A.; SK 0,82; 0,86; (3)	3,0-3,5 x 2,5-3,0 (2)	Patulin, Roquefortin C, Citrinin, Communesin, Chaetoglobosin C (2)	glatt
<i>Penicillium glabrum</i>	3	mittel-hoch		k.A.; k.A.; k.A.	k.A.; k.A.;	D 3,0-3,5 (2)	Citromycetin (2)	glatt-rauh
<i>Phialophora</i> sp.	1-2	hoch		k.A.; 20; k.A.; (2)	k.A.; k.A.;	3-4 x 1,5-2,5 (2)	k.A.	schleimig
<i>Phoma glomerata</i>	1-2	hoch		k.A.; 20-22; k.A.; (2)	k.A.; k.A.;	5-9 x 2,5-3 (2)	k.A.	
<i>Rhizopus stolonifer</i>	2	hoch		W 10; 25-26; 35-37; (3)	W 0,92-0,94; 0,98; S 0,96; 0,98-0,99 SK 0,93; k.A.; (3)	7-15 x 6-8 (2)	k.A.	Oberfläche strukturiert
<i>Scopulariopsis brevicaulis</i>	2	mittel-hoch		W 5; 24-30; 37; (3)	W 0,85; 0,92-0,94 S 0,86; 0,95-0,96; (3)	5-9 x 5-7 (2)	k.A.	glatt
<i>Scopulariopsis fusca</i>	2	mittel-hoch	Putz, Estrich	W 5; 24-30; 37-40; (3)	k.A.; k.A.;	5-8 x 5-7 (2)	k.A.	glatt
<i>Stachybotrys chartarum</i>	1-2	hoch	Tapete, Gipskanton	W 2-7; 23-27; 37-40; (2)	W 0,94; k.A.; (3)	7-12 x 4-6 (2)	Satratoxin G, H (2)	glatt-warzig
<i>Trichoderma harzianum</i>	2	hoch	Holz, Tapete	W k.A.; 15-30; 30-36; (2)	k.A.; k.A.;	2,8-3,2 x 2,5-2,8 (2)	Chrysophanol, Koninginin A, Trichorzianin A, B (2)	glatt
<i>Trichoderma viride</i>	2	hoch		k.A.; 25; k.A.; (2)	W 0,99; k.A.; S 0,98; k.A.; (3)	D 3,6-4,5 (2)	Alamethicin A, B, Emodin, Suzukacillin (2)	glatt
<i>Trichothecium roseum</i>	2	hoch		W 15; 25; 35; (2)	W 0,90; 0,96; S 0,92; 0,96-0,98; SK 0,90; k.A.; (3)	12-35 x 8-13 (2)	k.A.	glatt
<i>Tritirachium (Engyodontium) album</i>	2-3	mittel-hoch	Putz, Estrich	k.A.; k.A.; k.A.;	k.A.; k.A.;	2-3 x 2,5 (2)	k.A.	
<i>Ulocladium chartarum</i>	2			k.A.; k.A.; k.A.;	k.A.; k.A.;	18-38 x 11-20 (2)	k.A.	glatt-angerauht
<i>Verticillium lecanii</i>	2	hoch		k.A.; k.A.; k.A.;	W 0,90; k.A.; (2)	k.A.	k.A.	glatt
<i>Verticillium luteoalbum (tenerum)</i>	2	hoch		k.A.; k.A.; k.A.;	W k.A.; k.A.;	k.A.	k.A.	glatt
<i>Walleria sebi</i>	2-3	gering	Textilien, Putz	k.A.; k.A.; k.A.;	W 0,69-0,75; k.A.; (2)	D 2,5-3,5 (2)	Wallerinol A, B (2)	warzig

(1) = Domsch, K.H., Gams, W., and Anderson, T.-H. (1980) Compendium of soil fungi Reprint 1993, IHW-Verlag, Eching, Germany  
 (2) = Samson, R. A., Hoekstra, E.S., Frisvad, J.C., and Filtenborg, O. (1995) Introduction to food-borne fungi (4th Edition), Centraalbureau voor Schimmelcultures, Baarn, The Netherlands  
 (3) = Reiss, J. (1986) Schimmelpilze - Lebensweise, Nutzen, Schaden, Bekämpfung (1st Edition), Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York

W = Mycelwachstum

S = Sporenbildung

SK = Sporenkeimung

k.A. = keine Angaben

D = Durchmesser

1 = schlechte Flugeigenschaften

2 = mittlere Flugeigenschaften

3 = gute Flugeigenschaften

1-2 = schlechte bis mittlere Flugeigenschaften, Abhängig vom Wachstumsstadium/Grad der Austrocknung etc. (andere Übergänge analog)

### 3.2 Charakteristische flüchtige Stoffwechselprodukte von Schimmelpilzen (MVOC)

Analog zu den flüchtigen organischen Verbindungen, die allgemein als VOC (=Volatile Organic Compounds) bezeichnet werden, wurde für die von den Mikroorganismen produzierten VOC der Begriff MVOC (Microbial Volatile Organic Compounds) geprägt (Ström et al. 1990). Die MVOC umfassen Verbindungen mit Siedepunkten von 0° bis 250°C und umfassen damit die Gruppen der VVOC (very volatile organic compounds) und VOC.

Die MVOC können einem breiten Spektrum unterschiedlicher chemischer Stoffklassen zugeordnet werden, wie z.B. den Alkanolen, Alkenolen, Ketonen, Terpenen, Aldehyden, Alkanen, schwefelhaltigen Verbindungen, Ethern, Estern, Karbonsäuren u.a.

Bisher wurden etwa 30 solcher Verbindungen identifiziert, die von Schimmelpilzen gebildet werden können. In verschiedenen Untersuchungen wurden MVOC sowohl an Arbeitsplätzen (z.B. in Abfallbehandlungsanlagen), in Innenräumen wie auch in der Außenluft als Immissionen nachgewiesen.

Häufig ist ein muffiger Geruch auf die Bildung von MVOC durch Schimmelpilze oder Bakterien zurückzuführen. Ström et al. (1994) beschrieb folgendes Spektrum von neun Verbindungen als charakteristisch:

3-Methylfuran, Geosmin, 1-Octen-3-ol, 3-Methyl-1-butanol, 2-Pentanol, 2-Hexanon, 2-Heptanon, 3-Octanon und Dimethyldisulfid.

Die Bestimmung der MVOC gibt lediglich einen Hinweis, ob ein verdeckter mikrobieller Schaden vorliegt, welcher dann genauer lokalisiert werden muss. Mit der Bestimmung der MVOC lässt sich nach heutigem Kenntnisstand noch keine gesundheitliche Bewertung der Expositionsverhältnisse vornehmen.



Charakteristische MVOC aus Reinkulturen unterschiedlicher Schimmelpilzarten nach verschiedenen Autoren (nach Fischer, 2000).

Verbindung	Börjesson <i>et al.</i> 1993	Ström <i>et al.</i> , 1994	Larsen and Frisvad, 1994b	Keller <i>et al.</i> , 1998	Fiedler <i>et al.</i> , 1998	Geruchsschwelle ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Geruchseindruck	Andere Quellen
2-Methyl-furan	+			+			etherartig	5
3-Methyl-furan	+	+		+	+		etherartig	5
2-Methyl-1-propanol		+	+	+		3	moderig-muffig, pilz-ähnlich	1, 2
1-butanol		+						1
3-Methyl-1-butanol	+	+	+	+	+	30	sauer, stechend	
2-Methyl-1-butanol	+	+		+	+	45	sauer, stechend	
2-Pentanol		+						
2-Hexanon		+						3
2-Heptanon		+	+	+		94	pilz-ähnlich, moderig-muffig, mild, fruchtig	2, 3
3-Octanon		+	+	+	+	30,000		3
3-Octanol		+	+	+	+			
1-Octen-3-ol	+	+	+	+	+		moderig-muffig, pilz-ähnlich	3
2-Octen-1-ol		+					moderig-muffig, pilz-ähnlich	
2-Methyl-iso-borneol	+	+	+				erdig	
Geosmin (1-10-Dimethyl-trans-9-decalol)		+		+		7	erdig	4
2-Isopropyl-3-methoxy-pyrazin		+					erdig	
Dimethyldisulfid	+			+		0.1	moderig, faulig	2

**Legende: mögliche andere Quellen sind 1 = Lösungsmitteln in Farben; 2 = CO<sub>2</sub>-Laser-Pyrolyse; 3 = Autoxidation von Lipiden; 4 = Actinomyceten; 5 = Tabakrauch**

- (1) Anon. (1998) Bewertung von Abbrandprodukten bei der medizinischen Laseranwendung. In Handbuchreihe *Laser in der Materialbearbeitung*, Sonderband. VDI-Technologiezentrum, Postfach 101139, 40002 Düsseldorf, ISBN 3-00-002352-6.
- (2) Dewey, S., Sagunski, H., Palmgren, U. und Wildeboer, B.: Mikrobielle flüchtige organische Verbindungen in der Raumluft: Ein neuer diagnostischer Ansatz bei feuchten und verschimmelten Wohnräumen? In: *Zbl.Hyg.* 197, 504-515, 1995.
- (3) Fischer, G., R. Schwalbe, M. Möller, R. Ostrowski and W. Dott: Species-specific production of microbial volatile organic compounds (MVOC) by airborne fungi from a compost facility. *Chemosphere* Vol. 39, No. 5, pp. 795-810 (1999a) ISSN 0045-6535.

### **3.3 Umweltmedizinisch relevante Schimmelpilze in der Innenraumluft**

Schimmelpilze kommen in der Umwelt des Menschen weit verbreitet vor. Es gibt über 100.000 Schimmelpilz-Arten. Sie haben in der Natur die Aufgabe, organische Substanz abzubauen und in Form von Erdboden den Pflanzen als Nährstoffquelle zugänglich zu machen (Davis 2001). Der Mensch ist deshalb an ein Vorkommen von Schimmelpilzen in seiner Umgebung angepasst und weist gegenüber Schimmelpilzen eine hohe natürliche Resistenz auf. Er reagiert folglich nur selten mit Krankheitssymptomen auf eine Schimmelpilzexposition.

Klinisch relevante Infektionen auf inhalativem Wege sind denkbar, wenn sich die Schimmelpilzexposition quantitativ oder qualitativ stark von der Hintergrundexposition unterscheidet oder der Mensch in seiner Abwehrfähigkeit stark geschwächt ist. Allergische Reaktionen auf Schimmelpilze wie allergischer Schnupfen, allergische Bindehautentzündung, allergisches Asthma o.ä. (allergische Reaktionen vom Typ 1 nach Coombs und Gell) sind auch bei Hintergrundexposition möglich.

Entscheidend für die Wirkung von inhalativ aufgenommenen Schimmelpilzen auf den Menschen ist neben individuellen konstitutionellen Faktoren die Pathogenität und die Gesamtzahl der auf den Menschen einwirkenden Pilze und die Häufigkeit ihres Auftretens unabhängig davon, aus welcher Quelle sie kommen. Die Zuordnung der Schimmelpilze zu einer Quelle ist für die Planung von Abhilfemöglichkeiten (Baubiologie, Emissionsminderung von Betrieben) notwendig. Die Belastung und Beanspruchung von Menschen sind aber bei Außen- und Innenraumquellen im wesentlichen gleich.

Schimmelpilze können folgende Gesundheitsstörungen hervorrufen:

- Allergien
- Toxische Wirkungen
- Infektionen

#### **3.3.1 Allergien**

Grundsätzlich sind alle Schimmelpilze geeignet, Allergien hervorzurufen. (TRGS 907, AGS, Davis 2001). Hierbei handelt es sich um Typ I- Allergien, sowie Typ III - und IV- Allergien. Auch nach Desinfektionsmassnahmen können allergene Bestandteile von Schimmelpilzen noch nachgewiesen werden. Knobbe et alii stellten eine verstärkte Allergenfreisetzung nach Desinfektionsmassnahmen fest (Knobbe 2001). Allergene sind nicht nur an den Schimmelpilz oder seine Sporen gebunden, sondern werden auch vom Schimmelpilz an den umgebenden Staub abgegeben. Schimmelpilze, die zahlreiche Sporen an die Raumluft abgeben oder in hohen Konzentrationen in der Umwelt auftreten wie z. B. die phytopathogenen Pilze im Sommer, verursachen häufiger Allergien.

Es gibt vier Typen der allergischen Reaktion, die sich bezüglich ihres Pathomechanismus und des klinischen Bildes unterscheiden. Davon ist Typ I am wichtigsten, aber auch Typ III und IV sind von Bedeutung.

### 3.3.1.1 Typ I-Allergien

Die Typ I-Allergie wird durch IgE-Antikörper vermittelt. Beim Kontakt des Körpers mit dem Schimmelpilz-Allergen kann es zu einer Bildung von spezifischen IgE-Antikörpern kommen (Sensibilisierung). Die spezifischen Antikörper werden an die Oberfläche von Mastzellen gebunden und bei erneutem Einwirken des Antigens führt die Bindung des Antigens an den Antikörper zu einer Histamin-Freisetzung aus Mastzellen (allergische Reaktion). Wenn die Antigen-Antikörper-Reaktion ein erhebliches quantitatives Ausmass erreicht, führt sie zu klinischen Beschwerden.

Zu dieser Allergieform gehören der allergische Schnupfen, das Asthma bronchiale, die allergische Konjunktivitis, Urticaria und Neurodermitis. Symptome sind Juckreiz, Bindehautrötung, Fliessschnupfen, Quaddeln und Atemnot. 15 bis 20 % der Bevölkerung in westlichen Industriestaaten leiden an manifesten Typ I-Allergien (Herr et alii 1999). Der Anteil der Bevölkerung mit einer klinisch relevanten Schimmelpilzallergie lässt sich derzeit nicht sicher feststellen. Schätzungen gehen von 1-5% aus. Man geht davon aus, dass Personen mit erblicher Neigung zu Typ I-Allergien besonders gefährdet sind.

Während früher die Meinung vorherrschte, dass Allergien nicht von der Quantität des einwirkenden Allergens beeinflusst werden, weiss man heute, dass es Schwellenwerte sowohl für die Erstsensibilisierung, als auch für das Auftreten von Symptomen bei Sensibilisierten gibt. Je nach Intaktheit der Oberflächenmembranen und anderer Mechanismen (Haut, Bindehaut, Schleimhaut des Respirationstraktes) liegen diese Schwellen höher oder niedriger. Personengruppen, die höheren Allergenbelastungen ausgesetzt sind, haben mehr Sensibilisierungen als solche, die niedrigeren Belastungen ausgesetzt sind.

Wallenstein et alii wiesen für Müller und Bäcker mit Belastung von 4000 bis 10 000 Schimmelpilzsporen in der Luft am Arbeitsplatz höhere Sensibilisierungsraten für *Mucor*, *Aspergillus* und *Cladosporium* als in einer nicht exponierten Vergleichsgruppe nach. Gautrin et alii wiesen nach, dass Gärtner signifikant häufiger gegen Grasschimmelpilze sensibilisiert waren als die Kontrollgruppe (AGS). Über die Höhe der Sensibilisierungsschwelle ist in der Literatur nichts bekannt. Die dazu notwendige Allergenmenge ist sicher von der Intaktheit von Haut und Schleimhäuten abhängig und verringert sich bei Störung der Membranfunktion. Die Entwicklung einer Allergie hängt vom Sensibilisierungsvermögen des Allergens oder seiner im Organismus entstehenden Metabolite, der Konzentration, Dauer und Art der Einwirkung, der genetisch determinierten Disposition der Exponierten und dem aktuellen Zustand der Gewebe, auf die das Allergen trifft, ab (TRGS 907).

Möglicherweise können extrem hohe Expositionen gegenüber Allergenen gegenteilige Wirkungen haben. So leiden z. B. Kinder bis 5 Jahre, die sich oft in Ställen aufhalten, seltener an Typ I- Allergien als solche, die diese Exposition nicht haben. Es gibt auch Berichte, dass Kinder mit extrem hoher Belastung gegenüber Katzenallergenen seltener als weniger stark belastete Kinder Asthma (OEM) haben. Diese Beobachtungen wurden zunächst auf ein verstärktes Auftreten von Infektionen zurückgeführt, das das Auftreten von immunologischen Luxusleistungen (Allergie) verhindert. Denkbar wäre auch ein Hyposensibilisierungseffekt mit Bildung hoher Konzentrationen von IgG Antikörpern, die das Allergen stärker binden, als die IgE-Antikörper (AGS).

Für Personen mit Schimmelpilzallergie ist für *Alternaria* ab Sporenkonzentrationen von 100 /m<sup>3</sup> Luft (LEA Advisory 1993), evtl. sogar darunter (Schulze-Werninghaus 1986) mit dem Auftreten allergischer Symptome zu rechnen. Für *Cladosporium species* wurden Symptome bei Sensibilisierten ab 3 mal 10<sup>3</sup> Sporen/m<sup>3</sup> festgestellt (LEA Advisory 1993).

In Einzelfällen reichten 50 Sporen/m<sup>3</sup> Luft aus, um allergische Symptome bei Sensibilisierten hervorzurufen. (LEA Advisory 1993, Licorish et alii 1985, Malling 1986, Millner et alii 1994, Millner et alii 1980, Schultze-Werninghaus et alii 1986).

Die National Academy of Sciences stellte in ihrem Bericht: „Clearing the Air Asthma and Indoor Air Exposures“ fest, dass es genügend Anhalt für eine Korrelation zwischen Schimmelpilzexposition und Asthma-Verschlechterung bei Sensibilisierten gäbe. Downs et alii fanden heraus, dass ein Anstieg der mittleren monatlichen *Alternaria*- Sporen- Exposition um 100 Sporen/m<sup>3</sup>/Tag zu einem signifikanten Anstieg der Hyperreagibilität der Atemwege bei Kindern führte, besonders bei sensibilisierten Kindern. Hierbei lagen die insgesamt gemessenen Sporenkonzentrationen bei 2,2 bis 307,7 Sporen/m<sup>3</sup> Luft.

### 3.3.1.2 Typ III/Typ IV-Allergien

Typ III - Allergien werden durch IgG-Antikörper vermittelt. Typ IV - Allergien werden durch Sensibilisierung von T-Lymphocyten und späterer Reaktion dieser sensibilisierten T - Lymphocyten mit zellulär präsentierten Antigenen durch sogenannte APC (antigen presenting cells) verursacht. Klinisches Korrelat ist die exogen - allergische Alveolitis, bei der meist beide Formen der Allergie gleichzeitig vorliegen. Voraussetzung für die Erkrankung ist offensichtlich ebenfalls eine Disposition. Da schon in der Arbeitswelt bei sehr hoher inhalativer Belastung diese Erkrankung nur selten vorkommt (0,02 bis 8,5%) (Herr et alii 1999), dürfte das Vorkommen durch Innenraumbelastungen eine Rarität sein. Denkbar wäre eine Alveolitis im Innenraum durch kontaminiertes Befeuchterwasser (Befeuchterlunge): Raucher erkranken seltener als Nichtraucher an einer exogen allergischen Alveolitis (Sennekamp 1998) und weisen niedrigere Sensibilisierungsraten auf (Baur et alii 1992).

Die Symptome der exogen-allergischen Alveolitis treten nicht wie bei der Typ I Allergie in der ersten halben Stunde nach Exposition auf, sondern erst nach 4 bis 8 Stunden: Fieber, Husten, Auswurf, Engegefühl der Brust, Atemnot, später Gewichtsverlust und Abgeschlagenheit, Belastungs- und später Ruhedyspnoe. (Sennekamp 1998). Nach vielen abgelaufenen Episoden kann sich eine Lungenfibrose entwickeln. Auch primär chronische Verläufe kommen vor (Herr et alii 1999).

Die bei der Erkrankung beobachteten erhöhten IgG-Antikörper können möglicherweise eher als Expositionsparameter, denn als Indikator für eine klinisch relevante Allergie angesehen werden. Exogen allergische Alveolitiden treten meist nur bei Keimexpositionen von >10<sup>6</sup> KBE /m<sup>3</sup> Luft auf. (Lacey 1988).

### 3.3.1.3 Allergie-Diagnostik

Am Anfang der ärztlichen Diagnostik steht die Anamnese, d. h. die Selbstauskunft des Patienten über seine Beschwerden und mögliche Expositionsquellen in seinen Lebens- und Arbeitsbereichen. Typische Beschwerden einer Allergie sind Hautrötung und Hautjucken, Quaddelbildung, Bindehautentzündung, Niesen und Naselaufen sowie Asthma. Wenn diese Symptome besonders in der warmen Jahreszeit, bei feucht-warmem Wetter, in feuchten Räumen, in Räumen mit Schimmelpilz-Flecken oder in Räumen mit vielen Pflanzen (z.B. Gewächshaus) oder bei Kontakt mit Abfall beobachtet werden, kann das ein Hinweis für eine Schimmelpilz-Empfindlichkeit sein. Da Schimmelpilze aber regelmässig in der Außen- und Innenraumluft vorkommen, müssen zur Absicherung der Verdachtsdiagnose " Schimmelpilz-Empfindlichkeit " weitergehende Untersuchungen vorgenommen werden.

Es gibt verschiedene Methoden zur Testung einer Überempfindlichkeit des Patienten, die jeweils nur von auf diesem Fachgebiet erfahrenen Ärzten (z.B. mit der Zusatzbezeichnung Allergologie) vorgenommen werden sollten. Häufig angewandt wird der Pricktest. Dabei wird ein Tropfen des Schimmelpilz-Extraktes auf die Haut aufgebracht und durch eine feine Nadel in die Haut eingebracht. Als Negativkontrolle dient reines Lösungsmittel, als Positivkontrolle Lösungsmittel mit Histamin. Eine positive Reaktion liegt vor, wenn innerhalb von 20 Minuten an der Einstichstelle eine Quaddel zu sehen ist, die so gross wie oder größer als die Histamin-bedingte Quaddel ist. Eine fraglich positive Reaktion liegt vor, wenn innerhalb von 20 Minuten an der Einstichstelle eine Quaddel zu sehen ist, die kleiner als die Histamin-bedingte Quaddel, aber größer als die Quaddel durch physiologische Kochsalzlösung ist. Dies weist daraufhin, dass der Patient eine Typ I-Allergie (durch IgE-Antikörper vermittelt) gegenüber den Schimmelpilzen hat. Zusätzlich kann der Intracutantest durchgeführt werden, bei dem das Allergen intracutan gespritzt wird. Er ist belastender aber auch aussagekräftiger.

Wenn beim Patienten eine Symptomatik der Atemwege d. h. asthmatische Beschwerden im Vordergrund stehen, so kann eine inhalative Provokation vorgenommen werden. Hierbei wird zunächst vom Patienten Lactosepulver als feines Aerosol eingeatmet. Dann wird der Schimmelpilzextrakt als feines Aerosol versprüht und vom Patienten eingeatmet. Eine Lungenfunktionsprüfung oder eine Prüfung des nasalen Summenflusses jeweils vor und nach diesen Provokationen zeigt an, ob sich die Atemwege durch die Provokation verengt haben. Von einer positiven Reaktion wird ausgegangen, wenn die Reaktion auf Schimmelpilzextrakt deutlich stärker als die Reaktion auf Lactoselösung ausfällt.

Der RAST-Test (radio-allergo-sorbens-test) ist ein Reagenzglas-Test, er ist heute überwiegend durch den EAST-Test (enzyme-allergo-sorbent-test) ersetzt. Die Konzentrationen von spezifischen IgE-Antikörpern (beziehungsweise IgG) gegenüber Allergenen im Blut des Patienten werden bestimmt. Während der RAST bei bestimmten Allergien (z. B. Insekten-Allergie) sehr aussagekräftig ist, hat er im Bereich der Schimmelpilzdiagnostik derzeit nur eine sehr begrenzte Aussagekraft. Denn es gibt einen Anteil von positiven Ergebnissen bei Personen, die keine Allergie haben (falsch positiv), aber auch negative Ergebnisse bei Personen mit einer Schimmelpilzallergie. Somit kann das Testergebnis lediglich ein kleiner Mosaikstein in der gesamten Diagnostik sein. Klinisch deutliche Symptome sind bei

Patienten mit einem positiven RAST-Test (EAST-Test) ab Klasse 3 zu erwarten, bei sehr hoher Exposition auch bei niedrigeren RAST-Klassen.

Leider ist nur ein Teil der in Innenräumen gefundenen Pilze standardisiert testbar. Es wäre sinnvoll, auch die allergologische Relevanz häufig im Innenraum anzutreffender, aber bisher allergologisch nicht testbarer Schimmelpilze zu überprüfen und ggf. kommerziell standardisierte Allergene zur Verfügung zu stellen. Im Anhang findet sich eine Liste der bisher kommerziell verfügbaren Testallergene.

Im Rahmen der umweltmedizinischen Diagnostik kann auch eine Allergenkarenz, d.h. vorübergehendes Verlassen der verdächtigten Räume und anschließende Reexposition wichtige Hinweise geben.

Die spezifischen Schwierigkeiten einer eindeutigen Diagnostik bei Schimmelpilz-Allergie resultieren zum einen daraus, dass über 100.000 Schimmelpilze bekannt sind und einzelne Schimmelpilz-Spezies bis zu 30 Allergene aufweisen. Als Folge kann die Bedeutung einzelner Schimmelpilze bei der Verursachung von Allergien noch nicht vollständig abgeschätzt werden, zumal es selbst für häufig in Innenräumen isolierte Pilze oft keine standardisierten Allergenlösungen im Handel gibt. Zum anderen können Schimmelpilze nicht selten immuntoxische Wirkungen haben, die klinisch nicht von allergisch bedingten Wirkungen zu unterscheiden sind, so dass die Ergebnisse von Expositionstests wie Prick-, oder Inhalationsteste mit Vorsicht zu bewerten sind. Die Bewertung von Allergietesten auf Schimmelpilze sollte deshalb erfahrenen Fachleuten vorbehalten bleiben.

Schimmelpilz – haltiger Staub ist in der TRGS 907 als Allergen eingestuft. Folgende Schimmelpilze sind in der TRBA 460 als besonders allergen eingestuft:

- *Penicillium marneffe*
- *Aspergillus fumigatus*

Insgesamt kann man aber alle stark sporenbildenden Pilze als gute Allergene ansehen.

### **3.3.2 Toxische Wirkungen**

Schimmelpilze können ebenso wie Zerfallsprodukte aus ihrer Zellwand (Glukane) auf Haut und Schleimhäute durch Freisetzung von Entzündungsmediatoren aus Epithelzellen und Makrophagen toxische Wirkung haben. (Douwes et alii 1997). Darüber hinaus bilden Schimmelpilze gasförmige Substanzen (MVOC = Microbial Volatile Organic Compounds) und evtl. auch Mykotoxine, die im Verdacht stehen, zu den toxischen Wirkungen beizutragen.

Gerade im Bereich der toxischen Effekte bewegt man sich allerdings in einer wissenschaftlichen Grauzone. Umweltmedizinisch gesehen beruhen die Kenntnisse grossenteils auf Einzelfallbeschreibungen / Kasuistiken. In der Arbeitsmedizin wurden die allgemein irritativen Effekte von mikrobiell kontaminierten Aerosolen erstmalig vom Begründer der Arbeitsmedizin Bernardino Ramazzini 1713 beschrieben.

#### **3.3.2.1 Toxisch-irritative Wirkungen**

Unter der Einwirkung von schimmelpilzhaltigen Aerosolen werden kurzfristig auftretende Entzündungen von Haut, Bindehaut und Schleimhäuten (MMI) (Douwes et alii

1997) beschrieben. Wenn die Symptome im Bereich der Schleimhäute der unteren Atemwege verbunden mit grippeähnlichen Allgemeinsymptomen wie Fieber, Schüttelfrost, Kopf- und Gliederschmerzen bestehen, spricht man von einem ODS (Malmberg 1988, Herr et alii 1999). In feuchten, u. U. Schimmelpilz - befallenen Gebäuden werden Sick-building -Symptomatiken wie Ausschläge, Juckreiz, Nasenbluten, Husten und Kopfschmerzen (Davis 2001) ebenso geschildert wie Magen-Darm-Probleme und ZNS-Symptomatiken (Schwindel, Übelkeit, Konzentrationsschwäche, Müdigkeit).

Grundsätzlich sind alle Schimmelpilze ebenso wie Bakterien je nach Konzentration in der Lage, diese Krankheitsbilder auszulösen. Korrelationen der Gesamtsymptomatik mit der Gesamtzellzahl/Partikelbewertung (Malmberg et alii, 1985, 1986, 1988, 1993) sowie einzelner Symptome mit der Zahl der lebenden Keime (Grüner et alii 1998 und Bittighofer et alii 1999) sind beschrieben. Das MMI wurde in der Literatur ab Mikroorganismenzahlen von  $10^3$  KBE/m<sup>3</sup> Luft beschrieben. (Clark et alii 1984, Eduard et alii 1993, Gladding et alii 1997, Johanning et alii 1995, Malmberg et alii 1986, Morey 1984, Sigsgaard et alii 1994) ODS Symptomatiken wurden bei höheren Mikroorganismenzahlen beschrieben. Bei Einwirkung hoher Staubmengen mit extremer Keimbelastung ( $> 10^9$  Sporen, evtl. bei *Aspergillus fumigatus* weniger) (Herr et alii 1999), kann es zu toxischem Asthma und einer toxischen Pneumonitis (Rask -Andersen 1988) kommen, die in der Symptomatik der exogen allergischen Alveolitis ähnelt. Bei fortbestehender Exposition können granulomatöse Vernarbungen und Lungenfibrosen entstehen (Rylander 1997, Herr et alii 1999). Die genaue Ursache der toxisch - irritativen Wirkungen ist im Einzelnen nicht bekannt. Möglicherweise handelt es sich um additive Wirkungen einer Vielzahl von Einzelkomponenten. Mikrobiell beladene organische Stäube lösen reversibel eine Freisetzung von Entzündungsmediatoren aus. Diese Wirkung lässt sich auch in vitro bei Behandlung von Zellkulturen mit organischen Stäuben nachweisen.

### **3.3.2.2. Spezifische toxische Effekte einzelner Mykotoxine**

Im Bereich der toxischen Wirkungen von Schimmelpilzen auf den Menschen besteht ein grosser Forschungsbedarf, um wissenschaftlich untermauerte Aussagen über Umstände der Bildung, des Vorkommens in Aerosolen und dessen Korrelation zum Vorkommen lebender oder auch abgestorbener Schimmelpilze in der Raumluft sowie Wirkungen auf dem Luftweg der meisten oben erwähnten Mykotoxine zu erhalten.

Viele Schimmelpilze können unter bestimmten Umständen giftige Stoffe, die Mykotoxine, bilden (siehe Anhang B). Viele der in der Tabelle im Anhang genannten Wirkungen beziehen sich auf die Ingestion der Substanzen. Mykotoxine können bisher nicht mit standardisierten Verfahren in der Luft nachgewiesen werden. Es gibt nur wenige Untersuchungen zur Wirkung luftgetragener Mykotoxine auf den Menschen.

### **3.3.2.3. Aflatoxine**

Wirkungen von Aflatoxinen konnten in mehreren arbeitsmedizinischen Studien mit Krebserkrankungen der Arbeitnehmer in Verbindung gebracht werden. (Hayes 1984, Büniger 2000, Ghio 1995). Über inhalative Wirkungen von Ochratoxin gibt es

nur Einzelfallbeschreibungen. Über die Wirkung von *Stachybotrys chartarum*- Toxin gibt es zahlreiche Berichte, wobei Wirkungen schon bei Sporenkonzentrationen von  $10^3$  bis  $10^4$  KBE /m<sup>3</sup> Luft beobachtet wurden (Tilkes et alii 1999, Sorenson et alii 1987, Nikulin et alii 1994, Johannung et alii 1996, Yike et alii 1999). Aus *Aspergillus flavus* und *parasiticus* konnten zum Beispiel in luftgetragenen Stäuben (Gesamtstaub 4 bis 11 500 mg/m<sup>3</sup> Luft) während der Ernte von mit Pilzen kontaminiertem Getreide und bei dessen Weiterverarbeitung nachgewiesen werden (Tilkes et alii 1999, Bünger et alii 2000). London et alii führten 1995 das erhöhte Auftreten von Lebercarcinomen in der Landwirtschaft (3,2 fach höhere Rate) auf die höhere Exposition gegen Aflatoxin B1 zurück, wobei eine orale Exposition diskutiert wurde. Kauppinen et alii fanden in der Landwirtschaft eine 3,46 fach höhere Leberkrebsrate, wobei eine inhalative Aflatoxin- Exposition diskutiert wurde. Eine inhalative Aflatoxinexposition in einem Forschungslabor (Deger 1976) wurde in einem Fallbericht über zwei Wissenschaftler, die dort tätig waren, mit Darmkrebserkrankungen in Verbindung gebracht. Beschäftigte in schwedischen Getreidemöhlen hatten ein 2,4 fach erhöhtes Lebercarcinomrisiko, als dessen Ursache Aflatoxin - Inhalation diskutiert wurde. Beschäftigte eines dänischen Tierfutterbetriebes, deren Aflatoxinexposition nachgewiesen war, hatten 2- bis 3-fach erhöhte Leber- und Gallencarcinomraten nach einer Latenzzeit von 10 Jahren. In einem Aflatoxin- exponierten Betrieb in den Niederlanden war die Lungenkrebsrate der Arbeitnehmer um das 2,5 fache erhöht. Auch in der chinesischen Landwirtschaft hatten Aflatoxin-exponierte Bauern ein 3,2 fach höheres Lebercarcinomrisiko. (Bünger et alii 2000). Dies steht in Übereinstimmung mit der Beobachtung, dass die orale Aufnahme von Aflatoxin in tropischen Ländern zu einer hohen Leberkrebsrate beiträgt. Diese leberkanzerogene Wirkung von Aflatoxinen wird durch Hepatitis B –Infektionen noch verstärkt.

Diskutiert wird ein erhöhtes Carcinomrisiko für den Menschen auch in Zusammenhang mit einer oralen Ochratoxin - Belastung. Eine hohe inhalative Belastung mit **Ochratoxin** führte zu einem Nierenversagen beim Menschen. Bekannt ist als Folge oraler Ochratoxineinwirkung die Balkannephropathie mit Tubulusatrophie und interstitieller Fibrose. (Bünger 2000).

Eine inhalative Belastung mit ***Stachybotrys chartarum* - Toxinen** führte nach Johannung in einem Bürogebäude mit Feuchteschaden zu einer Sick building - Symptomatik mit Konjunktivitis, Dermatitis, Rhinitis und Grippe-symptomatik. Kopfschmerzen, Müdigkeit und Dermatitis werden geschildert. (University of Minnesota, Department of Environmental Health and Safety). Hautkontakte mit *Stachybotrys chartarum*-befallenen Blumentöpfen aus Altpapier führten nach Dill et alii zu einer Dermatitis. Eine inhalative Belastung mit *Stachybotrys chartarum* in Cleveland Ohio wurde mit einer pulmonalen Haemorrhagie bei Kleinkindern mit 16 Todesfällen in Zusammenhang gebracht. Der Zusammenhang wurde aber durch eine Untersuchung des CDC nicht bestätigt. (Davis 2001).

Mycotoxine zeigen als klassische Toxine Dosis- Wirkungsbeziehungen. Sie wurden aber bislang nur in hoch Schimmelpilz - kontaminierten Stäuben nachgewiesen. Aflatoxine wurden in Getreide- und Futtermittelstaub nachgewiesen. *Aspergillus fumigatus*- Mycotoxine (Fumitremorgen A und B) konnten in  $10^9$  Sporen nachgewiesen werden, Trypacidin und Tryptoquivalin in Bioaerosolen und luftgetragenen Stäuben einer Kompostierungsanlage (etwa ab  $10^9$  Sporen). Bei



*Stachybotrys chartarum* reichen offenbar schon Sporenmengen von  $10^3$  bis  $10^4$  aus. (Tilkes et alii 1999).

#### **3.3.2.4. Wirkung von MVOC**

Die von Schimmelpilzen abgegebenen flüchtigen Stoffwechselprodukte (MVOC) führen zu den charakteristischen Schimmelgerüchen in Innenräumen. Einige dieser Verbindungen kommen auch als Pflanzeninhaltsstoffe vor (Duke). Andere gehören zu der allgemeinen Gruppe der VOC bzw. haben z.T. chemische Ähnlichkeit mit ihnen. In höheren Konzentrationen weisen einige MVOC eine toxische Wirkung auf, allerdings dürften die niedrigen Konzentrationen, die üblicherweise in Innenräumen nachgewiesen werden, zu gesundheitlichen Beeinträchtigungen beizutragen. Insgesamt ist die gesundheitliche Bedeutung der MVOC noch nicht ausreichend erforscht.

#### **3.3.3. Infektionen**

Die Mechanismen von Infektionen durch Schimmelpilze sind bislang nur wenig bekannt. Die Pathogenität wird unter anderem beeinflusst durch die Adhärenz an Haut und Schleimhaut mit anschließender Überwindung der natürlichen Barrieren, der Vermehrungsfähigkeit im Körper, spezifischen Mechanismen gegen die Infektabwehr sowie der Bildung gewebeschädigender Enzyme und Toxine.

Infektionen durch Schimmelpilze sind sehr selten und erfolgen am ehesten inhalativ. Betroffen sind ganz überwiegend Personen mit lokaler oder allgemeiner Abwehrschwäche. Es muss aber damit gerechnet werden, dass sich die Tendenz einer Zunahme von schimmelpilzbedingten Infektionen in der Bevölkerung fortsetzen wird. Ursache ist, dass sich die Lebenserwartung der betroffenen Personengruppen unter den Bedingungen der modernen Medizin kontinuierlich erhöht hat (z.B. HIV-Patienten, onkologische und transplantierte Patienten, Mukoviszidosekranke [Wegmann]).

Für das Auftreten von Infektionen ist auch die Pathogenität und Virulenz des Erregers wesentlich. Aus diesem Grunde sind in der TRBA 460 manche Schimmelpilze in die Risikogruppe 2 (fakultativ pathogene Mikroorganismen) bzw. 3 (pathogene Mikroorganismen) nach der BioStoffV eingestuft. Die Einstufung ist in der nachfolgenden Liste vermerkt. Die TRBA 460 ist im Internet auf der BAUA-Homepage (<http://www.baua.de>) veröffentlicht. Weiterhin spielt möglicherweise auch die Expositionshöhe eine Rolle. So wird vereinzelt über *Aspergillus fumigatus* - Infektionen bei nicht abwehrschwachen Arbeitnehmern in Kompostierungsanlagen berichtet. (Diehl et alii 1996, OEM 2001).

Lokale Infektionen sind auf die Eintrittspforte beschränkt, systemische Infektionen breiten sich von dort auf dem Blutweg in andere Organsysteme aus.

##### **3.3.3.1. systemische Infektionen**

Systemische Infektionen mit fakultativ pathogenen Schimmelpilzen finden sich bei schwer immunsupprimierten Patienten (z. B. bei angeborenen oder erworbenen Immundefekten, z.B. nach aggressiver Chemotherapie, nach langdauernder Cortison-

therapie oder nach Transplantation, bei Patienten mit Leukopenie z. B. mit hämatologischen Erkrankungen, bei HIV-Infizierten.)

Allgemeininfektionen sind aber auch von der Fähigkeit der Schimmelpilze, sich bei 37° C und mehr (Körpertemperatur) bzw. 30° C (Temperatur der Atemwege) zu vermehren, und in geringerer Masse von der Stärke der Exposition abhängig. Zu den klassischen systemischen Infektionen gehören (Hahn et alii 1999) z. B. die invasive pulmonale Aspergillose, meist durch *Aspergillus fumigatus* hervorgerufen.

### 3.3.3.2. lokale Infektionen

Im Gegensatz zu systemischen Infektionen sind Lokalinfektionen auf umgrenzte Bereiche an der Körperoberfläche und den Atemwegen begrenzt sie werden durch lokale Abwehrschwäche oder Schädigungen des Gewebes begünstigt. Einige Schimmelpilz-Spezies zeigen eine erhöhte Tendenz, sich lokal anzusiedeln. Ein Beispiel ist das Aspergillom, eine Ansiedlung und granulomatöse Abgrenzung von *Aspergillus fumigatus* in Nasennebenhöhle oder Lunge, sowie die Gehörgangsentzündung, meist hervorgerufen durch *Aspergillus niger*. Weitere lokale Infektionen können der Tabelle entnommen werden:

Die Tabelle zeigt zusammenfassend klinisch relevante Schimmelpilze und die verursachten Erkrankungen

<b>Schimmelpilze, die Infektionen über den Luftweg hervorrufen:</b>			
<b>Species</b>	<b>RG*</b>	<b>Erkrankung</b>	<b>Patientengruppe</b>
<i>Absidia species</i>	1	Mucorinfektion in Lunge, Nasennebenhöhlen, ZNS, Auge, Haut	Abwehrschwache
<i>Aspergillus fumigatus</i>	2	Invasive pulmonale Aspergillose	Abwehrschwache
		Invasive Aspergillose der Nasen-Nebenhöhlen	Abwehrschwache
		Invasive Aspergillose (Infektion von Gefäßen, Leber, Herz, Auge, n. opticus, ZNS, Rückenmark, Haut)	Abwehrschwache
		Aspergillom (Lunge und Nasennebenhöhlen)	Patienten mit Bronchiektasen, Kavernen, Cysten durch vorbestehende Lungenerkrankungen
		Sinusitis	
		Allergische bronchopulmonale Aspergillose	Atopiker
		Otitis externa	
<i>Aspergillus nidulans</i>	1	Invasive Aspergillose	Abwehrschwache
<i>Aspergillus niger</i>	1	Invasive Aspergillose sehr selten	Abwehrschwache
		Otitis externa	

		Aspergillose (Lunge und Nasennebenhöhlen)	Patienten mit Bronchiektasen, Kavernen, Cysten durch vorbestehende Lungenerkrankungen
<i>Aspergillus flavus</i>	2	Invasive Aspergillose sehr selten	Abwehrschwache
		Nasennebenhöhlenaspergillom	
		Allergische bronchopulmonale Aspergillose	Atopiker
<i>Aspergillus terreus</i>	1	Invasive Aspergillose sehr selten	Abwehrschwache
		Otitis externa	
<i>Cladophialophora bantiana</i>	3	Hirnabszesse	Abwehrschwache
<i>Conidiobolus species</i>	2	chronische Nasenschleimhautentzündung	
<i>Cunninghamella species</i>	1	Disseminierte und pulmonale Allgemeininfektionen	Abwehrschwache
<i>Exophiala dermatitidis</i>	2	Sinusitis, Pneumonie, Hirnabszesse	Mukoviszidose
<i>Fusarium species</i>	1 – 2	Fusariose	Abwehrschwache
<i>Mucor species</i>	1	Infektionen von Nasennebenhöhlen, Lunge, ZNS, Auge, Haut	Abwehrschwache
<i>Paecilomyces variotii</i>	1	Paecilomykose	Abwehrschwache
<i>Penicillium species</i>	1-2	Besiedlung des Bronchialtraktes (Penicillose)	Patienten mit Bronchiektasen, Kavernen, Cysten durch vorbestehende Lungenerkrankungen
<i>Phoma species</i>	1	Phaeohyphomycose	Abwehrschwache
<i>Pseudoallescheria Boydii</i>	2	Sinusitis, Pneumonie, Arthritis, Osteomyelitis, Endophthalmitis, Hirnabszesse	Abwehrschwache
		Pilzball in Lunge oder Nasennebenhöhle	Patienten mit Bronchiektasen, Kavernen, Cysten durch vorbestehende Lungenerkrankungen
<i>Rhizomucor species</i>	1	Infektionen von Nasennebenhöhlen, Lunge, ZNS, Auge, Haut	Abwehrschwache
<i>Rhizopus species</i>	1	Infektionen von Nasennebenhöhlen, Lunge, ZNS, Auge, Haut	Abwehrschwache
<i>Ramichloridium mackenzie</i>	1	Hirnabszesse	Abwehrschwache

<i>Phialophora richardsiae</i>	1	Zystische Phaeohyphomykose	Abwehrschwache
<i>Syncephalastrum species</i>	1	Pilzball im Respirationstrakt	

\*Risikogruppe nach TRBA 460

### 3.3.3.3. Behandlung von Schimmelpilz-Infektionen

Zur Behandlung von Schimmelpilz Infektionen stehen sowohl lokal wirksame, als auch systemisch wirksame Antimykotika zur Verfügung. Die Behandlung ist oft sehr langwierig und die systemische Anwendung ist oft mit erheblichen Nebenwirkungen verbunden.

### 3.3.4. Wer ist besonders durch Schimmelpilze gefährdet?

Bei der Wirkung dürften prädisponierende Faktoren auch eine Rolle spielen. Durch Typ I-Allergien sind hauptsächlich Atopiker, das heisst Personen mit einer erhöhten Allergieneigung, häufig auf Basis einer familiären Disposition, betroffen. Menschen mit schon manifestem Asthma oder Heuschnupfen sind auch hinsichtlich Schimmelpilzallergien stärker gefährdet.

Bei Typ III-Allergien sind Risikofaktoren weniger bekannt. Untersuchungen weisen darauf hin, dass sie bei Nichtrauchern häufiger auftreten als bei Rauchern.

Bezüglich Infektionen sind Menschen mit massiver lokaler oder allgemeiner Abwehrschwäche stärker gefährdet.

Personen mit besonderer Überempfindlichkeit gegenüber Gerüchen können durch MVOC erheblich belästigt werden, ohne dass eine konkrete Gefährdung für sie ersichtlich ist.

Ab welchen Schimmelpilzkonzentrationen kommt es nach der Literatur zum Auftreten bestimmter Krankheitsbilder ?

<b>Autor</b>	<b>Krankheitsbild</b>	<b>Konzentration</b>
Tintelnot , zitiert nach Diehl	Erstsensibilisierung	Ab $10^{7(8)}$ KBE/m <sup>3</sup> Luft
Schultze-Werninghaus 1986	Asthma bei Sensibilisierten	Ab $10^2$ Sporen/m <sup>3</sup> Luft
Lacey 1981	Exogen allergische Alveolitis	Ab $10^6$ KBE/m <sup>3</sup> Luft
Morey 1987	MMI	Ab $10^3$ KBE/m <sup>3</sup> Luft
Eduard 1993, zitiert nach Diehl	ODTS	Ab $10^6$ KBE/m <sup>3</sup> Luft
Herr et alii 1999	Toxische Pneumonitis	Ab $10^8$ Sporen /m <sup>3</sup> Luft
Tilkes et alii 1999	<i>Stachybotrys chartarum</i> - Toxinwirkung	Ab $10^3$ Sporen /m <sup>3</sup> Luft
Tilkes et alii 1999	Mycotoxinwirkung	Ab $10^9$ Sporen /m <sup>3</sup> Luft

### 3.3.5. Welche Schimmelpilze müssen als besonders problematisch eingestuft werden?

- Hinsichtlich des Auftretens von Allergien müssen Schimmelpilze mit ausgeprägter Sporenbildung als problematischer angesehen werden, wobei bedacht werden muss, dass Allergene auch an den Staub abgegeben und bei Zerfall der Schimmelpilze frei werden.
- Hinsichtlich des Auftretens von Infektionen sollten alle Schimmelpilze, die in die Risikogruppe 2 und 3 nach TRBA 460 eingestuft sind, als problematisch angesehen werden. Praktisch gesehen ist hier sicher die Bedeutung des *Aspergillus fumigatus* als wichtigstem Mykoseerreger am höchsten.
- Hinsichtlich möglicher Mykotoxinwirkung sollten Mykotoxinbildner als problematisch angesehen werden, insbesondere, wenn die Toxine cancerogen sind. Hier muss aber bedacht werden, dass die Mykotoxine nicht immer gebildet werden und dass oft hohe Keimzahlen notwendig sind, um von einer Wirkung auszugehen. Nur bei *Stachybotrys chartarum* können schon bei geringerer Sporenbelastung der Raumluft Toxinwirkungen auftreten. Er ist deshalb als problematischer einzustufen.

Für *Stachybotrys chartarum* sowie für *Aspergillus fumigatus*, *flavus*, *parasiticus* und *nomius* können deshalb nur deutlich geringere Expositionen toleriert werden.

### 3.3.6. Minimierungsgebot

In Anbetracht der adversen Effekte von Schimmelpilzen, sollte eine Minimierung der Exposition angestrebt werden. Dies ist besonders wichtig bei Personen mit bestehender Schimmelpilz-Erkrankung und bei Risikopersonen. Generell ist aus Vorsorgegründen die Exposition im häuslichen Bereich niedrig zu halten, so dass sie im Rahmen der üblichen Hintergrundwerte in Wohnungen bleibt. Massnahmen hierzu werden an anderer Stelle beschrieben. (Bornehag et alii 2001) G, Gyntelberg F, Jarvholm B, MalMBER P, Nordvall L, Nielsen A, Pershagen G, Sundell J. Dampness in buildings and health. Nordic interdisciplinary review of the scientific evidence on associations between exposure to „dampness“ in buildings and health effects (NORDAMP). Indoor Air Juni 2001; 11 (2): 72-86)

### 3.3.7. Empfehlungen

Erhöhte Schimmelpilzbelastungen im Innenraum sollten - unabhängig von der Herkunftsquelle - reduziert werden. Dies ist besonders wichtig für abwehrschwache Menschen, Menschen mit chronischen Lungen- und Nasennebenhöhlenerkrankungen und Atopiker, insbesondere, wenn sie Schimmelpilzallergien haben.

Anzustreben ist eine Reduktion auf Werte, die gegenüber der Hintergrundbelastung nicht erhöht sind. Geringe Überschreitungen dieses Normalwertes kommen auch in der Natur im Lauf der Jahreszeiten vor, sind aber in der Regel nicht dauerhaft.

Dauerhafte Mehrbelastungen wie zum Beispiel eine kontinuierliche Innenraumquelle als Folge eines Feuchteschadens sollten vermieden werden. Unabhängig davon sollte in diesem Zusammenhang das Auftreten von

Beschwerden zu eingehender umweltmedizinischer und allergologischer Diagnostik und Beratung führen.

In die medizinische Beurteilung einer Schimmelpilzbelastung sollte sowohl die Gesamtkeimzahl als auch die Species-Zusammensetzung Eingang finden. Bei ausgeprägter Schimmelpilzexposition sind Minimierungsmassnahmen angezeigt. Auch eine erhöhte Belastung mit Schimmelpilzen, bei denen eine Cancerogenität von Toxinen auf dem Luftweg diskutiert wird, sollte vermieden werden.

Messmassnahmen und Sanierungsmassnahmen sollten professionellen Firmen überlassen werden, die geeignete Arbeitsschutzmassnahmen einhalten müssen.

### 3.3.8. Literatur:

Anonymus: Technische Regel für Gefahrstoff 907 (Verzeichnis sensibilisierender Stoffe)

Anonymus: Beschluss des AGS: Begründung zur Bewertung von Stoffen als sensibilisierend

Baur, X., Richter, G., Pethran, A., Czuppon, A.B., Schwaiblmair, M.(1992): Increased prevalence of IgG-induced sensitization and hypersensitivity pneumonitis (humidifier lung) in non-smokers exposed to aerosols of a contaminated air conditioner. *Respiration* 59, 211 - 214

Bittighofer, P.M., Grüner, C., Pfaff, G., Roller, A., Freerksen, R., Backe, H., Bünger, J., Koch, K.D., Goldberg, S. (2001) Belastung und Beanspruchung von Wertstoffsortierern und Deponiearbeitern. Studie der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin in Vorbereitung.

Bornehag G, Gyntelberg F, Jarvholm B, MalMBER P, Nordvall L, Nielsen A, Pershagen G, Sundell J. Dampness in buildings and health. Nordic interdisciplinary review of the scientific evidence on associations between exposure to „dampness“ in buildings and health effects (NORDAMP). *Indoor Air* Juni 2001; 11 (2): 72-86

Bünger, J., Möller, A., Hallier, E. (2000): Tumorerkrankungsrisiken durch Mikroorganismen am Arbeitsplatz. Schriftenreihe der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin Forschung Fb900

Davis, P., J. (2001): Molds, Toxic Molds, and Indoor Air Quality, California Research Bureau, California State Library CRB Note., 8, (1), 1 – 17

Degen, G.H., Gerber, M.M., Obrecht-Pflumio, S., Dirheimer, G. (1997). Induction of micronuclei with ochratoxin A in ovine seminal vesicle cell cultures. *Arch. Toxicol.* 71, 365 - 371

Deger, G.E. (1976): Aflatoxin- Human Colon Cancerogenesis? *Ann Int. Med.* 85, 204

Diehl, K., Hofmann, R. (1996): Literaturstudie zu Hygieneproblemen von Kompostierungsanlagen unter Berücksichtigung der möglichen Gesundheitsgefahren in der Nähe lebender Einwohner. Institut für Wasser-, Boden- und Lufthygiene des Umweltbundesamtes, Berlin, 1-99

Dill, I., Trautmann, C., Szewzyk, R. (1997): Massenentwicklung von *Stachybotrys chartarum* auf kompostierbaren Pflanzentöpfen aus Altpapier. *Mycoses* 40, 110 - 114

Douwes, J., Dubbeld, H., van Zwieten, L., Wouters, I., Doekes, G., Heederik, D., Steerenberg, P. (1997): work related acute and (sub-)chronic airways inflammation assessed by nasal lavage in compost workers. *Ann Agric. Environ. Med.* , 4, 149 - 151

Downs, S. H., Mitakakis, T. Z., Marks, G.B., Car, N. G., Belousova, E. G., Leüppi, J. D., Xuan, W., Downie, S. R., Tobias, A., Peat, J. K. (2001): Clinical Importance of *Alternaria* Exposure in Children, *Am. J. Respir. Crit. Care Med.*, 164, 3, 455 – 459

Dr. Duke's Phytochemical and Ethnobotanical Databases, [www.ars-grin.gov/cgi-bin/duke/highchem.pl](http://www.ars-grin.gov/cgi-bin/duke/highchem.pl)

Gautrin, D., Vandenplas, O., de Witte, J.D., L'Archveque, J., Leblanc, C., Trudeau, C., Paulin, C., Arnoud, D., Morand, S., Comtois, P. (1994): Allergenic exposure, IgE-mediated sensitization and related symptoms in lawn cutters. *J. Allergy Clin. Immunol.* 93 (2), 437 – 445

Ghio, , A.J., Roggli, V.L.( 1995): Mycotoxins and interstitial lung disease, *Chest*, 108, 1185 - 1186

Grüner,, C., Bittighofer, P.M., Roller, A., Pfaff, G., Freerksen, R., Backe, H., Bünger, J., Goldberg, S. (1998): Gesundheitliche Belastung, Beanspruchung und Beschwerden bei Wertstoffsortierern und Deponiebeschäftigten durch Mikroorganismen. *Verhandlungen der Deutschen Gesellschaft für Arbeits- und Umweltmedizin e.V.*, 38. Jahrestagung in Wiesbaden, 213 – 217

Hayes, R.B., Van Nieuwenhuize, J.P., Raatgever, J.W., ten Kate, F.J.W. (1984): Aflatoxin exposures in the industrial setting: an epidemiological study of mortality. *Fd. Chem. Toxic.* 39 - 43

Herr, C., Bittighofer, P.M., Bünger, J., Idel, H., Seidel, H.J., Palmgren, U. (1999): Wirkung von mikrobiellen Aerosolen auf den Menschen. Statuspapier der Arbeitsgruppe KRdL 3/7/05, Eikmann, Th., Hofmann,R. Hrsg. *Stand von Wissenschaft, Forschung und Technik zu siedlungshygienischen Aspekten der Abfallentsorgung und –verwertung*, Schriftenreihe des Vereins für Wasser-, Boden- und Lufthygiene 104, 403 – 481

Johanning, E., Biagini, R., Hull, D., Morey,P., Jarvis, B., Landsbergis, P. (1966): Health and immunology study following exposure to toxigenic fungi (*Stachybotrys chartarum*) in a water damaged office environment. *Int. Arch. Occup. Environ. Health* 68, 207 - 218

Knobbe,G. (2001): Gesundheitsgefährdung durch Schimmelpilze am Arbeitsplatz - Erkennung und Vorsorge. Tagung: Schimmel . Gefahr für Mensch und Kulturgut durch Mikroorganismen , Mutec München, 21.- 24. 6. 2001

Lacey, J., Crook, B. (1988): Fungal and actinomycete spores as pollutants of the workplace and occupational allergens. *Ann. Occ. Hygiene* 32, (4), 515 - 533

LEA (Local Enforcement Agency) Advisory (1993): *Aspergillus*, *Aspergillosis* and Composting operations in California. 6, California Integrated Waste Management Board 8800 Call Center Drive, Sacramento, CA 95827

Licorish, K., Novey, H.S., Kozak,P., Fairshter, R.D., Wilson, A.F. (1985): Role of *Alternaria* and *Penicillium* spores on the pathogenesis of asthma. *J. Allergy Clin. Immunol.*, 8, 819 – 825

London, W.T., Evans, A.A., McGlynn, K., Buetow, K., An, P., Gao,L., Lustbader, E., Ross, E., Chen, G., Shen, F. (1995): viral, host and environmental risk factors for

- hepatocellular carcinoma: A prospective study in Haimen City, China. *Intervirology*, 38, 155 - 161
- Malling, H.J. (1986): Diagnosis and immunotherapy of mould allergy. *Allergy* 41, 432 – 350
- Malmberg, P., Rask-Andersen, A., Rosenhall, L. (1993): Exposure to microorganisms associated with allergic alveolitis and febrile reactions to mold dust in farmers. *Chest* 103, 1202 - 1209
- Millner, P. D., Olenchok, S.A., Epstein, E., Rylander, R., Haines, J., Ooi, B.L., Horne, E., Maritito, M. (1984): Bioaerosols associated with composting facilities. *Compost Science Utilization* 2, (4), 6 - 57
- Millner, P. D., Bassett, D.A., Marsh, P.B. (1980): Dispersal of *Aspergillus fumigatus* from sewage sludge compost piles subjected to mechanical agitation in open air. *Appl. Environ. Microbiol.* 39, (5), 1000 -1009
- National Academies News report online : Clearing the air. Asthma and indoor air exposures. Committee on the Assessment of Asthma and Indoor Air, Division of Health Promotion and Disease prevention, Institute of medicine (2000, 375pp, ISBN 0-309-06496-1, National Academic Press
- Nikulin, M., Pasanen, A.-L., Berg, S., Hintikka, E.-L. (1994): *Stachybotrys atra* growth and toxin production in some building materials and fodder under different relative humidities. *Appl. Environ. Microbiol.* 60, (9), 3421-3424
- Ramazzini, B. *De morbis artificorum*. Modena 1713
- Schoenherr, G.: Schimmelpilze. Hysterie oder gesundheitliche Bedeutung? Vortrag 3. Pilztagung des Berufsverbandes deutscher Baubiologen, Fulda, 4./5.6.1999
- Schoenherr, G.: Schimmelpilze in Innenräumen. Allergien und weitere gesundheitliche beeinträchtigungen. Schriftenreihe LGA Stuttgart 3/2000
- Schoenherr: Medizinische Indikatororganismen. Überlegungen zur medizinischen Indikatorfunktion von Schimmelpilzen. Vortrag 5. Pilztagung des Berufsverbandes deutscher Baubiologen, Stuttgart 8., 9.6.2001
- Schultze-Werninghaus, G., Levy, J., Bergmann, E.M., Kappos, A.D., Meier-Sydow, J., (1986): Klinische Bedeutung von Sensibilisierungen gegen *Alternaria tenuis* bei Asthma bronchiale: Vergleich von Anamnese, Haut- und provokationsproben mit Sporenhäufigkeit im Aeroplankton. Eine retrospektive Analyse. *Allergologie* 9 (12), 525-531
- Sennekamp, H.J. (1998): *exogen-allergische Alveolitis*. Dustri-Verlag, München, 1 – 661
- Sorenson, W.G., Fraser, D.G., Jarvis, B.B., Simpson, J., Robinson, V.A. (1987): Trichothecene mycotoxins in aerosolized conidia of *Stachybotrys atra*. *Appl. Environ. Microbiol.* 53, (6), 1370 – 1375
- Tilkes, F., Dott, W., Fischer, G., Grün, L., Harpel, S., Hartung, J., Keller, R., Koch, A., Linsel, G., Manns, A., Martens, W., Palmgren, U., Seidel, H.-J.: Mikrobielle Luftverunreinigungen – Verfahren zur Erfassung und Diagnose von Endotoxinen, Mykotoxinen und MVOC. Eikmann, Th., Hofmann, R. Hrsg. Stand von Wissenschaft, Forschung und Technik zu siedlungshygienischen Aspekten der Abfallentsorgung und –verwertung, Schriftenreihe des Vereins für Wasser-, Boden- und Lufthygiene 104, 211 – 244



Yike, I., Allan, T., Sorenson, W.G., Dearborn, D.G.(1999): Highly sensitive protein translation assay for trichothecene toxicity in airbourne particulates: Comparison with cytotoxicity assays. *Appl. Environm. Microbiol.* 65, 88-94

Wegmann, T.: *Medizinische Mykologie – ein praktischer Leitfaden.* Editiones Roche, Basel, 4. Auflage 1988

#### 4. Untersuchungsplanung

Die häufigsten Ursachen, die zu einer hohen Materialfeuchte in Wohnräumen und zu einem Schimmelpilzwachstum führen, sind zum einen Leitungshavarien und falsche Bauausführungen (z.B. mangelhafte Abdichtung, Kontergefälle, oder bauphysikalische Fehler) und zum anderen fehlerhaftes Nutzerverhalten (insbesondere falsches Lüften in den Wintermonaten).

Bei einem gezielten Verdacht auf Schimmelpilzwachstum kann der Schadensbereich häufig durch eine umsichtige Begehung sowie Feuchtigkeits- und Temperaturmessungen eingegrenzt werden und es können bereits die Ursachen analysiert werden.

Sofern ein Schaden, sein Ausmass und dessen Ursache nicht offensichtlich ist, sollte vor einer Schimmelpilzuntersuchung eine ausführliche Ortsbegehung durchgeführt werden (vergleiche Kapitel 5).

Das Ziel einer Schimmelpilzuntersuchung ist in der Regel die Analyse der Ursachen und die Erfassung des Ausmasses einer Schimmelpilzbelastung, damit ein Sanierungskonzept erstellt werden kann. Darüber hinaus werden auch Luftuntersuchungen durchgeführt, um die Auswirkungen eines Schadens auf die Atemluft sowie eine Ausbreitung der Pilzsporen abschätzen zu können.

Gründe bzw. Indikationen, die zu mikrobiologischen Untersuchungen in Wohnräumen führen, sind **sichtbare Schäden (1.)** oder die Wahrnehmung eines typischen **Geruchs ohne sichtbaren Befall (2.)**. Weiterhin werden Untersuchungen beauftragt bei hoher **Materialfeuchtigkeit ohne sichtbaren Befall (3.)** oder baulichen Problemkonstruktionen oder **bauphysikalischen Auffälligkeiten ohne sichtbaren Befall (4.)**, in deren Folge ein mikrobielles Wachstum zu erwarten ist. Zum Teil werden Untersuchungen durchgeführt, wenn eine Belastung durch Mikroorganismen vermutet wird oder **gesundheitliche Beschwerden (5.)** festgestellt werden. Weiterhin werden **Kontrolluntersuchungen (6.)** nach einer Sanierung beauftragt.

In der Regel sind Schimmelpilzbelastungen im Innenraum auf kontaminierte Materialien zurückzuführen. Zur Erfassung und Bewertung von Schimmelschäden gibt es keine Standardmethode. Die Vorgehensweise und der Untersuchungsumfang sowie die hierzu verwendeten Methoden sind von dem jeweiligen Schaden und der Situation vor Ort abhängig. Oft ist eine Kombination verschiedener Probenahmeverfahren sinnvoll, um eine möglichst vollständige Analyse zu gewährleisten.

Der Untersuchungsumfang wird häufig durch die Fragestellung beeinflusst. Erfahrungsgemäss werden Untersuchungen, die als Grundlage für einen **Rechtsstreit (a)** dienen, mit erhöhtem Aufwand durchgeführt. In anderen Fällen sollen spezifische Fragen, die aufgrund einer medizinischen **Diagnose (b)** abgeleitet wurden, beantwortet werden. Ausserdem werden im Sinne der **Vorsorge (c)** z. B. von betroffenen Bürgern, öffentlichen Institutionen usw. häufig Untersuchungen in Auftrag gegeben, bei denen aus Kostengründen nur ein beschränktes Untersuchungsprogramm durchgeführt werden soll. Im Falle eines eingeschränkten Untersuchungsprogramms sollte der Auftraggeber allerdings ausdrücklich auf die damit verbundenen Risiken und Konsequenzen hingewiesen werden. Dies sollte im Gutachten schriftlich vermerkt werden, da häufig bestimmte Untersuchungen, ins-

besondere zur Beweissicherung zu einem späteren Zeitpunkt nicht mehr möglich oder sinnvoll sind.

#### **Das nachfolgende Raster unterscheidet weiterhin zwischen Untersuchungsmethoden**

- die für spezielle Aufgabenstellungen **nicht erforderlich (I)** sind, ausser bei Erfolglosigkeit anderer Methoden
- die für die Gesamtbewertung sinnvoll sind und **optional (II)** hinzugezogen werden können,
- die **empfohlen** werden bzw. meist **erforderlich (III)** sind, um eine Bewertung durchführen zu können.

Im konkreten Einzelfall kann auch eine andere Vorgehensweise notwendig oder sinnvoll sein.

#### **4.1. Sichtbare Schimmelschäden**

Sichtbare Schimmelschäden können in vielen Fällen bereits makroskopisch eindeutig erkannt werden. Die Kenntnis über die **Größe des Befalls** (Fläche, Tiefe und Intensität) ist allerdings eine entscheidende Voraussetzung für die Beurteilung eines Schimmelschadens. Ausserdem ist es für die Ermittlung der **Ursachen** des Schimmelpilzschadens, die Erarbeitung eines **Sanierungskonzeptes** und die möglicherweise notwendige Sanierungskontrolle erforderlich, die vorliegenden Schimmelpilze zu kennen. Zur Erstellung eines Sanierungskonzeptes kann es auch erforderlich sein die Ausbreitung des Schadens anhand von Materialproben, die in verschiedenen Abständen vom Schadenzentrum entnommen wurden, zu untersuchen, da beginnender bzw. geringer Befall nicht direkt visuell sichtbar sein muss.

Bei Untersuchungen im Zusammenhang mit gesundheitlichen Fragestellungen oder bei gerichtlichen Auseinandersetzungen ist es in noch stärkerem Masse erforderlich, dass in den entsprechenden Gutachten eindeutige Aussagen über die **Größe/Ausbreitung** (Fläche, Tiefe), **Intensität und Art** (aktives Wachstum bzw. Anflugsporen sowie Spezieszusammensetzung) des Befalls enthalten sind. So ist z. B. von entscheidender Bedeutung ob die Schimmelpilze auf dem Material gewachsen sind, also Hyphen und Sporulationsstrukturen nachweisbar oder nur Sporen auf das Material sedimentiert sind.

Der Gutachter muss sich insbesondere an den Fragestellungen des Beweisbeschlusses bzw. des Arztes orientieren. Im Falle eines Rechtsstreits muss die Beweisaufnahme noch nach Jahren von allen am Verfahren Beteiligten plausibel nachvollziehbar sein.

Der Nachweis von kultivierbaren und nicht mehr kultivierbaren Schimmelpilzen (Art und Konzentration) ist bei sichtbaren Schimmelschäden nicht zwingend notwendig. Eine Abschätzung der Stärke des Einflusses eines Schadens auf die Belastung der Raumluft, welche die über die Atemwege aufgenommene Menge der Schimmelpilze widerspiegelt, kann aber bei medizinischen Fragestellungen wichtig sein. Sie wird mittels einer Luftkeimsammlung bzw. Partikelauswertung bestimmt. Paralleluntersuchungen von Materialproben und Luft- und/oder Staubproben können auch zur Erkennung weiterer Schimmelpilzquellen wichtig sein. Werden z. B. in den Luft- und/oder Staubproben in erhöhtem Masse Schimmelpilzspezies festgestellt, die nicht vom befallenen Material stammen, kann dies ein Hinweis auf eine zusätzliche Quelle sein.

MVOC-Messungen sind bei einem sichtbaren Befall in nur wenigen begründbaren Ausnahmefällen sinnvoll.

#### **4.2. Geruch ohne sichtbaren Befall**

Bei verdeckt vorliegendem oder zumindest nicht augenscheinlich auffälligem Schimmelbewuchs ist das Auffinden der Schadensbereiche erschwert.

In einigen Fällen können Schadensbereiche aufgrund wahrnehmbarer Gerüche eingegrenzt werden. Wenn eine Eingrenzung des Schadensbereiches nicht möglich ist oder ein vermuteter Schaden (z.B. in Fussböden, Wänden oder Decken) bestätigt werden soll bevor teure und umfangreiche Öffnungsarbeiten durchgeführt werden, kann der Einsatz eines Spürhundes hilfreich sein. Dabei ist jedoch zu beachten, dass Spürhunde keine mikrobiellen Schäden erkennen, sondern einen wahrgenommenen Geruch markieren. Es bleibt die Aufgabe des Sachverständigen zu entscheiden, ob es sich bei der markierten Stelle (z.B. Raumecke) um von Schimmelpilzen befallenes Material handelt oder ob an dieser Stelle nur der Geruch eines mikrobiellen Befalls verstärkt austritt und die eigentliche Quelle sich an einer ganz anderen Stelle befindet. Materialien, die von einem Spürhund markiert wurden und keinen eindeutigen Hinweis auf einen Befall (sichtbarer Bewuchs) zeigen, müssen daher zur Bestätigung mikrobiologisch untersucht werden. Eine nur direktmikroskopische Betrachtung ist häufig nicht ausreichend, vor allem wenn das Material nicht homogen oder nur im Inneren bewachsen ist. Optional kann mit Luftuntersuchungen (Luftkeimsammlung Partikelanalyse oder MVOC) sowie die Untersuchung von sedimentiertem Staub überprüft werden, ob ein Schimmelpilzbefall wahrscheinlich ist. Zur Objektivierung des subjektiv wahrgenommenen Geruchs kann eine MVOC- und VOC-Messungen sinnvoll sein. Durch diese Untersuchungen ist allerdings eine Lokalisation des Schadensbereiches nur bedingt möglich.

#### **4.3. Feuchtigkeit ohne sichtbaren Befall**

Bei erhöhter Feuchtigkeit in Materialien ist die Wahrscheinlichkeit eines mikrobiellen Befalls sehr gross. Daher ist es wichtig, die Ausdehnung des Schadens (Feuchte und Schimmelpilzbelastung) auf bzw. im Material zu erfassen. Eventuell müssen auch ausserhalb des feuchten Bereichs Proben entnommen und auf mikrobiellen Befall untersucht werden. In jedem Fall sollten Massnahmen zur dauerhaften Beseitigung der Feuchtigkeit durchgeführt werden. Ist das feuchte Material nicht belastet, können Luftkeim- und MVOC-Messungen sinnvoll sein, um einen mikrobiellen Befall in dem entsprechenden Objekt weitestgehend auszuschliessen.

#### **4.4. Problemkonstruktionen ohne sichtbaren Befall**

Bestimmte Gebäudetypen sowie Wand- bzw. Fussbodenaufbauten weisen „bauphysikalische“ Schwachstellen auf und sind erfahrungsgemäss häufig mikrobiell geschädigt. Einige Schadensbereiche zeichnen sich durch zeitlich stark schwankende Temperatur bzw. Feuchtigkeit (z.B. aufgrund von Wärmebrücken) aus, d.h. Feuchtigkeit, die zu einem Materialbefall geführt hat, braucht zum Zeitpunkt der Untersuchung nicht mehr vorliegen. Ausserdem muss der Befall mit blossen Auge nicht zu erkennen sein. Für die richtige Einschätzung derartiger Situationen sind Kenntnisse der Bauphysik notwendig. Die Schäden können häufig nur aufgrund besonderer Erfahrung lokalisiert und durch entsprechende Materialuntersuchungen erfasst werden.

Bei unklarer Lokalisierung (raumseitig angebrachte Wärmedämmung, verkleidete Kellerwände, Fertigbauweisen, Kriechkeller, Flachdächer, etc.) kann durch Luft- und Staubuntersuchungen eine mögliche Belastung erfasst werden, die nach Lokalisation durch Materialuntersuchungen zu bestätigen ist.

#### **4.5 Gesundheitliche Beschwerden ohne Hinweise auf Feuchtigkeit oder Befall**

Bei Vorliegen gesundheitlicher Beschwerden ist durch einen Umweltmediziner und/oder Allergologen zu klären, ob eine Belastung durch Schimmelpilze für diese Beschwerden verantwortlich sein kann. Prinzipiell ist bei gesundheitlichen Beschwerden ohne Hinweise auf Feuchtigkeit oder Befall zu bedenken, dass diese nicht in einem direkten Zusammenhang mit dem untersuchten Objekt z. B. Wohnung, Arbeitsplatz, Schule stehen müssen. Sie können u. a. auf Außenluftquellen zurückzuführen sein oder auf Belastungen an einem anderen Ort und/bzw. zu einer anderen Zeit.

Der gesundheitliche Wirkmechanismus der Schimmelpilze sowie ihrer Zellbestandteile und Stoffwechselprodukte ist bisher nicht abgeklärt, wobei der inhalativen Aufnahme wahrscheinlich eine besondere Bedeutung zukommt. Ist kein befallenes Material zu lokalisieren, kommt beim jetzigen Stand der Untersuchungstechnik dem Nachweis der luftgetragenen Pilzsporen (Luftkeimsammlung, Partikelbewertung) die grösste Bedeutung zu. Ergänzend können Staubuntersuchungen, die Langzeiteffekte eventuell besser verdeutlichen und MVOC-Messungen, die einen Hinweis auf verdeckte Schäden geben können, durchgeführt werden.

Die Untersuchungen sollten in dem Raum durchgeführt werden, der aufgrund der erhobenen Verdachtsmomente am auffälligsten ist oder, falls es keine Verdachtsmomente gibt, im Schlafräum.

Ergeben die Luft und Staubuntersuchungen einen Hinweis auf verdeckte Quellen so ist nach Lokalisation des Schadensbereiches eine entsprechende Materialprobe zu untersuchen.

#### **4.6. Sanierungskontrolle**

Kontrolluntersuchungen können als Verlaufskontrolle während einer laufenden Sanierung (z.B. Vermeidung von Kontaminationen unbelasteter Räume) oder direkt nach der Sanierung zur Überprüfung der aktuellen Schimmelpilzbelastung durchgeführt werden. Insbesondere bei grossen Schäden oder in dem Falle, dass das Sanierungsergebnis aufgrund unübersichtlicher Schadensbereiche oder eines aus finanziellen Gründen reduzierten Sanierungskonzeptes nicht sicher vorhergesagt werden kann, sollten nach Abschluss der Sanierungsmassnahmen Kontrolluntersuchungen durchgeführt werden.

Werden bei der Sanierung bauliche oder technische Veränderungen (wie z.B. Wärmedämmung oder Belüftung) durchgeführt, die sich auf die bauphysikalischen Bedingungen auswirken, so kann es erst nach längerer Zeit, z.B. bei entsprechenden Witterungsbedingungen, u.a. sehr kalte Wintertage, sinnvoll sein, den Sanierungserfolg zu überprüfen.

Zur Einschätzung des Sanierungserfolges kann es z.B. durch Luft- bzw. Staubuntersuchungen sinnvoll sein, die Schimmelpilzbelastung vor der Sanierung mit der danach zu vergleichen.

Die Wahl des Nachweisverfahrens zur Sanierungskontrolle ist von der Art des Schadens und der durchgeführten Sanierung abhängig.

Wurde z.B. kontaminiertes Material ausgebaut und eine neue Wärmedämmung eingebaut, so ist nicht zu prüfen, ob die neu eingebauten Materialien bereits kontaminiert sind, ausser es besteht ein berechtigter Verdacht, dass feuchte Materialien eingebaut wurden. Es ist vielmehr durch Luftmessung zu überprüfen, ob hohe Pilzkonzentrationen vorliegen und ggf. auf noch vorhandene zusätzliche Schadensbereiche geschlossen werden muss. Ausserdem ist zu überprüfen, ob die fachgerechte Behebung der Ursache des Schaden, der den Schimmelpilzbefall verursachte, plausibel belegt werden kann. Durch Fungizideinsatz bei der Sanierung kann die Kultivierbarkeit vorhandener Sporen stark beeinträchtigt werden. Daher sollte in diesen Fällen als Sanierungskontrolle eine Partikelauswertung vorgenommen werden.

Erfolgte die Sanierung mittels Desinfektion des befallenen Materials, so ist mit Abklatschproben und direktemikroskopischen Untersuchungen sicherzustellen, dass der Schimmelpilzbefall und die gegebenenfalls tote Biomasse in ausreichendem Masse reduziert wurde.

**Untersuchungsplanung:**

Die Tabelle ist im Zusammenhang mit dem vorhergehenden Text zu sehen. Eine abgestufte Vorgehensweise ist bei bestimmten Problemstellungen sinnvoll. Auch können alternative Methoden sinnvoll sein, die hier nicht beschrieben werden.

Nr.	Fragestellung	Materialprobe	Luftkeim-messung	Partikel-auswertung	MVOC	Staub	Aufwendige Quellensuche z.B. mit <b>Schimmelpürhund, Feuchtigkeitsmessungen, etc.</b>
1	sichtbarer Schimmelbefall*	III a, b II c	III a, b I c	III a, b I c	I a, b,c	II a, b** I c	I a,b,c
2	Geruch ohne sichtbaren Befall	Nach aufwendiger Quellensuche: III a,b,c	II a, b, I c	II a, b Ic	II a, auch VOC I b,c	I a,b,c	III a, b, c, dann Materialproben
3	Materialfeuchte ohne sichtbaren Befall	III a, b, c	II a, b, c bei grossfl. Schäden oder wenn Materialprobe negativ ist.	I a,b,c	II a, b, c wenn Materialprobe negativ	I a,b,c	I a,b,c
4	Problemkonstruktion, z.B. Fertigbauweise, bauphysikalische Auffälligkeiten	nach Lokalisierung einer Quelle III a,b,c	III a,b,c	II a,b,c	III a,b,c	II a,b,c	wenn bei einer Luft- oder Staubanalyse ein pos. Befund: III a,b,c
5	Gesundheitliche Beschwerden ohne Hinweise auf Feuchtigkeit oder Befall	I a,b,c	III b,c	III b,c	III b,c	III b,c	wenn bei einer Luft- oder Staubanalyse ein pos. Befund: III a,b,c
6	Sanierungskontrolle	I a,b,c	wenn vorher gleiche Methode eingesetzt wurde III a,b,c	wenn vorher gleiche Methode eingesetzt wurde III a,b,c	Wenn vorher gleiche Methode eingesetzt wurde III a,b,c	wenn zur Quellensuche gleiche Methode eingesetzt wurde III a,b,c	

I meist nicht erforderlich

II. optional

III. empfohlen, bzw. meist erforderlich

a. im Rechtsstreit

b. aus med. Gründen

c. Untersuchungen im Sinne der Vorsorge

\* bei der Strategie ist zu berücksichtigen, dass bei einem sichtbaren Befall auch noch die Möglichkeit besteht, dass noch andere Schimmelpilzschäden vorkommen können.

\*\* bei Untersuchung der Ausbreitung der Pilzsporen in andere Bereiche

## 5. Ortsbegehung

### 5.1 Begehungsprotokoll

Im Rahmen einer Ortsbegehung sind die möglichen Ursachen für eine Schimmelpilzbelastung durch bauphysikalische und –biologische Daten abzuklären wie z. B. rel. Feuchtigkeit, Luftaustauschrate, feuchte Wände bzw. Material, Temperaturdifferenzen innerhalb der Wohnung und im Tagesverlauf.

Wenn möglich, sollte eine mindestens einwöchige **Langzeitmessung** der rel. Luftfeuchte und der Temperatur mit Hilfe eines elektronischen Sensors vorgenommen werden, um den tageszeitlichen Lauf dieser Parameter verfolgen zu können. All diese Daten sind in einem Begehungsprotokoll festzuhalten. Aus dem Begehungsprotokoll sollen nach Möglichkeit die Ursache und der Umfang der Schimmelpilzbelastung erkennbar sein, wobei dies durch bildliche Darstellung, wenn irgend möglich, dokumentiert werden sollte. Es ist abzusichern, dass gegebenenfalls nach Jahren noch die Plausibilität der Aussagen und Empfehlungen des Gutachtens nachvollzogen werden können.

In dem **Begehungsprotokoll** sind zumindest folgende Angaben über die Wohnung bzw. deren Umgebung festzuhalten:

- Wohnung allgemein (Lage und Größe, Alter des Gebäudes, bauliche Besonderheiten, Baumaterialien, Unterkellerung, Wärmedämmung, Art der Fenster, Umgebung des Hauses, Bebauungsdichte, Umgebung (Kompost/Mist, emittierende Betriebe wie Kompostwerke, landwirtschaftliche Betriebe o.ä.)
- Bewohner allgemein, Haustiere
- Reinigungsgewohnheiten, Müllentsorgung, Sammeln von Biomüll oder „Gelbem Sack-Müll“ in der Wohnung
- Heizungs- und Lüftungsverhalten
- Angaben zu früherem/aktuellem Auftreten von Feuchte- bzw. Schimmelpilzproblemen und bisher erfolgten Massnahmen
- sichtbare Schimmelpilz- und Feuchteflecken bzw. Feuchteschäden
- Ausstattung der Wohnung (Topfpflanzen, Fussbodenbelag, Raumluftechnische Anlagen, Luftbefeuchter usw.)
- Geruch, Art und Intensität

Die im Anhang wiedergegebenen Fragebögen (Kurzfragebogen bezüglich einer möglichen Exposition, ärztlicher Fragebogen, Fragebogen zur Pilzuntersuchung, Fragebogen zur Wohnungsbegehung, Begehungsprotokoll - biologische Schadstoffe in belasteten Innenräumen) sind beispielhaft. Sie sind der speziellen Arbeitsaufgabe entsprechend auszuwählen bzw. anzupassen.

### 5.2 Quellen

Ausserdem sollte durch die Begehung abgeklärt werden, ob eine oder mehrere Quellen für eine Schimmelpilzbelastung wie folgt vorliegen:

- feuchte Materialien wie z. B. Mauerwerk, Holz, Fachwerk, Fensterrahmen, Dämmmaterialien, Tapeten, Möbel, Matratzen, Papier, zurückliegender Feuchteschaden, Flachdach



- Dämmmaterialien auf Zellulosebasis
- Fugen, z.B. Silikonfugen in Feuchtebereichen
- verkeimte Klimaanlage, Luftbefeuchter, Zimmerspringbrunnen
- Topferde von Zimmerpflanzen, Hydrokulturen
- verdorbene Lebensmittel, Tierfutter
- unsachgemäße Lagerung von Abfällen im Wohnbereich
- Fäkalien von Tieren (z.B. Vögeln oder Streu im Tierkäfig)
- Gewächshaus in Verbindung mit der Wohnung
- Wintergarten

Durch geeignete bauphysikalische Messverfahren sind die Ursachen der gegebenenfalls vorhandenen Schimmelpilzbelastung abzuklären.

## 5.3 Bauphysikalische Messverfahren - Übersicht über Nachweismethoden von Feuchtigkeit in Gebäuden

Problem	Verfahren	Methode	Aussagekraft
<b>Luftfeuchtigkeit und Temperatur</b>	Datenlogger für Luftfeuchtigkeit und Temperatur	elektrophysikalische Messung	Erfassung der Raumtemperatur und -feuchte. (Kurzzeitemessungen sind ungeeignet, daher empfiehlt sich die Verwendung von Datenloggern)
<b>Feuchtigkeit in Hohlräumen</b>	Datenlogger für Luftfeuchtigkeit und Temperatur	elektrophysikalische Messung	Erfassung von versteckten Feuchtequellen
	Endoskop	optische Betrachtung von verdeckten Schäden in Hohlräumen (Fehlböden, Gipskartonverkleidungen, Installationsschächte)	Erkennung von Myzelbildung (Erfahrung in der makroskopischen Erkennung von mikrobiellem Befall ist notwendig)
<b>Wärmebrücken</b>	Infrarothermometer	lokale optische Messung der Infrarotwärmestrahlung von Bauteilen	Erfassung von Temperaturdifferenzen mit Hilfe von Tabellenwerken kann die Wasseraktivität von Wandoberflächen bestimmt werden (einfach einsetzbares Verfahren, eine ausreichende Messgenauigkeit ist nur bei nicht reflektierenden Oberflächen in der Heizperiode gegeben)
	Thermographie	grossflächige optische Messung der Infrarotwärmestrahlung eines Gebäudes	Erfassung von Wärmebrücken aufgrund unterschiedlicher Abstrahlung von Wärme von einem Gebäude (Referenzverfahren das nur von Spezialisten in der Heizperiode durchgeführt werden kann)
<b>Luft- und Windundichtigkeiten</b>	Blower-Door	Messung bzw. Beobachtung von Luftströmen bei vorhandenem Unter- bzw. Überdruck im Gebäude u. a. mit Hilfe von Strömungsmessgeräten bzw. Kunstnebel	Nachweis von Konvektionswegen in die Baukonstruktion (Referenzverfahren, das nur von Spezialisten durchgeführt werden kann)
<b>Aufsteigende Feuchte</b>	Salzbestimmung	chemische Konzentrationsbestimmung spezifischer Kationen und Anionen im Baumaterial und im Erdreich	Vergleich der Konzentrationen u. a. von Chlorid, Nitrat, Sulfat bzw. Ammonium im Erdreich mit der in Baumaterialien. Zwischen alten und neuen Schäden kann kaum unterschieden werden. Rückschlüsse über die Durchfeuchtung oder den Feuchtegehalt sind nicht möglich. Die Beurteilung setzt in der Regel die Untersuchung von Vergleichsproben aus demselben Objekt voraus. (Wichtig für Sanierungskonzept !)
	Elektrische Baufeuchtemessgeräte	Messung des elektrischen Widerstandes bzw. der Kapazität	Erfassung von unterschiedlicher Feuchte im Material. Die Messung hat orientierenden Charakter, da die Methode von der Salzbelastung abhängig ist. Es kann nur Material gleicher Zusammensetzung miteinander verglichen werden.

<b>Baufeuchte</b>	Elektrische Baufeuchtemessgeräte	Messung des elektrischen Widerstandes bzw. der Kapazität	Erfassung von unterschiedlicher Feuchte im Material. Ist das Material trocken, so ist durch ein weiteres Nachweisverfahren das Ergebnis des Verfahrens abzuschern. Das Verfahren ist vor allem zur Messung der Holzfeuchte anwendbar.
	Gravimetrische Material-Feuchtegehaltsbestimmung	gravimetrische Trockenmassebestimmung	Ermittlung des Material-Feuchtegehaltes mittels gravimetrischen Bestimmung der Trockenmasse (Standardverfahren)
<b>Nutzerverhalten</b>	Datenlogger für Luftfeuchtigkeit und Temperatur	elektrophysikalische Messung	Beurteilung des Lüftungszyklus der Nutzer, der Art der Durchführung der Lüftung (z. B. Querlüftung, Stosslüftung und Kipp- lüftung), der Heiz- sowie allgemeine Nutzungsgewohnheiten (z. B. Nachtabsenkung, Wasch und Kochgewohnheiten).
<b>Luftwechsel</b>	Tracegas	Messung der Abbaurate eines Markierungsgases	Ermittlung der Luftwechselrate unter normalen Nutzungsbedingungen (Ergebnisse sind von den Witterungsverhältnissen zum Untersuchungszeitpunkt abhängig)
<b>Undichte Gebäudehülle Leitungswasserschäden</b>	Elektrische Baufeuchtemessgeräte	Messung des elektrischen Widerstandes bzw. der Kapazität	Erfassung von Unterschieden der Materialfeuchte innerhalb der gerätespezifischen Grenzen, gute Nachweismöglichkeit
	Elektrische Baufeuchtemessgeräte	Messung des elektrischen Widerstandes bzw. der Kapazität	Erfassung von Unterschieden der Materialfeuchte innerhalb der gerätespezifischen Grenzen gute Nachweismöglichkeit
	Thermographie	grossflächige optische Messung der Infrarotwärmestrahlung eines Gebäudes	Erfassung der Änderung der Wärmeleitfähigkeit auf Grund des Eindringens von Wasser in Baumaterialien (unterstützendes Verfahren)

## **6. Probenahmeverfahren, Probenaufarbeitung und Nachweisverfahren von Schimmelpilzen und deren Stoffwechselprodukten im Innenraum**

### **6.1 Probenahmeverfahren, Probenaufarbeitung und Nachweisverfahren von Schimmelpilzen im Innenraum mittels Kultivierung**

#### **6.1.1 Allgemein**

Beim jetzigen Stand des Wissens und der Geräteentwicklung stellen die folgenden Ausführungen keine Standardarbeitsvorschriften dar. Es handelt sich vielmehr um abgestimmte Empfehlungen, die sowohl die Vergleichbarkeit der Ergebnisse untereinander ermöglichen als auch auf die spezifischen Probleme hinweisen sollen, die bei der Bestimmung von biologischen Schadstoffen im Innenraum zu beachten sind.

Durch diese Empfehlungen soll auch erreicht werden, dass die Bewertung der Ergebnisse künftig auf gleicher Grundlage erfolgt. Aufgrund unterschiedlicher Fragestellungen und Ausgangssituationen ist es nicht möglich einheitliche Verfahren zu empfehlen, mit denen alle Fragestellungen nach einem Schema bearbeitet werden können.

Zur Orientierung über Methoden zum Nachweis von Schimmelpilzen wird auch auf die entsprechenden TRBA-Richtlinien, Verfahren der BIA und VDI-Richtlinien (Gründruck VDI 4252/2 und 4253/2 im Druck) und auf die allgemein übliche mikrobiologische Praxis (steriles Arbeiten, Mikroskopiertechnik usw.) hingewiesen. Wenn Arbeitsräume betroffen sind, gelten bei Messungen die in TRBA 405 und 430 vorgeschriebenen Verfahren.

Beim Nachweis mittels Kultivierung sind folgende Probleme zu beachten:

- mikrobiologische Bestimmungen sind mit einer hohen Streuung behaftet. Diese hohe Streuung ist u. a. auf folgende Punkte zurückzuführen:
  - Inhomogenität der Proben (Material, Luft, Staub) sowie Abhängigkeit ihrer Zusammensetzung u. a. vom Ort der Probenahme, der Jahres- bzw. Tageszeit und bei Luftproben von der Witterung und der mechanischen Aktivitäten bei der Probenahme
  - die biologische sowie auch die physikalische Sammeleffizienz ist sehr komplex und von vielen unterschiedlichen Einflüssen abhängig (u. a. von der Art des Verfahrens der Probenahme, Probenaufarbeitung und des Nachweises, vom spezifischen Sammelstress der unterschiedlichen Schimmelpilze, vom Vorliegen als Aggregat und der Witterungsbedingungen)
  - die optimalen Kultivierungsbedingungen für die unterschiedlichen Schimmelpilze sind sehr verschieden (u.a. Nährmedium, Temperatur)
  - die Schimmelpilze behindern sich z. T. gegenseitig beträchtlich bezüglich ihres Wachstums
  - um eine statistische optimale Belegung auf der Nährmedium-Platte zu erreichen, sollten 20 – 100 KBE auszählbar sein. Dies lässt sich oft nur schwer realisieren

Bei der Anwendung gleicher Bedingungen der Probenahme, Probeaufarbeitung und des Nachweises ist mit einer Streuung von 30 bis 50 % zu rechnen, werden unterschiedliche Verfahren genutzt, können die Ergebnisse um Zehnerpotenzen von einander abweichen. Dies ist bei der Anwendung der später angegebenen Beurteilungskriterien zu beachten.

- durch das üblicherweise angewandte Verfahren der Bestimmung von Schimmelpilzsporen in der Luft durch Kultivierung werden nur die vermehrbaren Sporen erfasst, nicht aber die nicht vermehrbaren, die meist in viel größerer Anzahl vorkommen und deren Wirkung (Allergien, immuntoxische Wirkungen) z.T. der der vermehrbaren gleichzusetzen ist
- die Verteilung der Schimmelpilzsporen in der Luft ist nicht gleichmässig bzw. ideal. Sie hängt von unterschiedlichen Parametern (z.B. Flugfähigkeit der vorliegenden Sporen, Sporulationszustand, Luftzirkulation, Bewegungen im Raum, relative Feuchtigkeit) ab
- die bisherigen Messverfahren basieren weitestgehend auf Kurzzeitmessungen, trotz Mehrfachmessungen ist eine verallgemeinernde Einschätzung nur bedingt möglich
- die allgemein anerkannte und genutzte Bezugsgröße für eine Innenraumbelastung ist die Außenluftbelastung, die sehr starken standortbedingten (z.B. Nähe von landwirtschaftlichen oder müllverarbeitenden Betrieben, Kompostierwerken) witterungsbedingten und jahreszeitlichen Einflüssen unterliegt.

Es ist ausserdem zu beachten, dass die Pilzsporenkonzentration und Zusammensetzung in der Außenluft zum Zeitpunkt der Messung nicht der zum Zeitpunkt der letzten Lüftung entsprechen muss.

Die jeweiligen Eigenschaften der Schimmelpilze (vgl. Kapitel 3 - Eigenschaften von Schimmelpilzen) sind zu beachten.

Aufgrund des starken Einflusses von Probenahmeverfahren, Probeaufarbeitung und Nachweisverfahren kann eine sinnvolle Beurteilung der Ergebnisse nur bei Beachtung folgender Vorgaben erfolgen:

## **6.1.2 Materialprobe**

### **6.1.2.1 Probenahme**

#### **6.1.2.2 Voraussetzungen**

Materialproben wie z. B. Tapete, Putz und Holz, aber auch Wasser aus dem Befeuchter Raumluftheizungsanlagen werden untersucht, wenn sichtbarer Schimmel vorhanden ist, bzw. ein gezielter Verdacht für eine Belastung vorliegt. Nach VDI 6022 sind ausserdem Tropfenabscheider, Abschlammvorrichtungen, Rückkühltürme, Wärmeaustauscher usw. zu überprüfen.

- Bei der Bestimmung bzw. der späteren Verdünnung ist darauf zu achten, dass mindestens 10 besser 20 KBE und höchstens 100 KBE pro Platte auszuzählen sind.

- Da Schimmelpilze allgemein in der Umwelt vorkommen, ist der bloße Nachweis von Schimmelpilzsporen auf bzw. in Material nur bedingt aussagefähig. Liegt kein sichtbarer Schimmel vor, ist durch Vergleichsuntersuchungen zu belegen, dass die nachgewiesene Anzahl deutlich über der durchschnittlichen Belastung auf bzw. im Material liegt bzw. Arten vorliegen, die auf einen Materialschaden hindeuten.
- Liegt sichtbarer Schimmel vor, kann die Bestimmung durch
  - eine direkte Kultivierung einer Abklatschprobe
  - eine direkte mikroskopische Betrachtung eines Klebefilmabriss-Präparates
  - eine Kultivierung einer suspendierten Materialprobe
  - eine direkte mikroskopische Betrachtung einer Materialprobeerfolgen. All diese Methoden haben Vor- und Nachteile.

Bei einer direkten Kultivierung eines Abklatsches kann es sein, dass die Vermehrungsbedingungen für eine Spezies besonders gut sind und andere am Wachstum gehindert werden. Die Wachstumsbedingungen können aber auch an sich unzureichend sein (z. B. ungeeignetes Nährmedium, Zustand der Sporen).

Mit einem Klebefilm-Abrisspräparat wird der aktuelle Zustand besser nachgewiesen, ausserdem werden die nicht mehr vermehrungsfähigen Schimmelpilze mit erfasst.

Die direkte mikroskopische Differenzierung der Arten ist nur eingeschränkt möglich, weil die Identifizierung an Hand der Sporen und Sporenträger, nicht aber aufgrund der Morphologie erfolgt. Sporen unterschiedlicher Arten haben aber oft ein ähnliches Aussehen.

Aussagen darüber, wie tief der Schimmelpilz in das Material eingedrungen ist, ermöglichen die Methoden nur, wenn entsprechend tiefe Materialbereiche untersucht werden. Die direkte mikroskopische Betrachtung einer Materialprobe setzt grosse Fachkenntnis voraus. Eine Artendifferenzierung ist nur teilweise möglich.

Die Suspension des Materials bietet den Vorteil, dass eine Pilzkonzentration pro Gramm oder pro Flächeneinheit ermittelt werden kann und somit eine bessere Vergleichbarkeit zu ähnlichen Materialproben besteht. Weiterhin wirkt sich Anflugstaub nicht so stark aus wie bei Abklatschproben. Bei der Suspensionsmethode werden häufig nur wenige Arten, aber in grosser Anzahl ausgewertet. Hierbei kann es sich auch um gut wachsende Anflugsporen handeln. Um beurteilen zu können, in wieweit nachgewiesene Schimmelpilze auf einen aktiven Schimmelpilzbefall zurückzuführen sind, ist zum Vergleich geeignetes Referenzmaterial zu untersuchen.

- Bei den Ergebnissen der Untersuchung von Materialproben handelt es sich meist um halbquantitative Aussagen. Das Schwergewicht der Aussage liegt in der Differenzierung. Abklatschproben erlauben nur eine groborientierende qualitative Bestimmung. Die Bestimmung durch eine Suspension der Probe ermöglicht hingegen eine quantitative Aussage.

### 6.1.2.1.2 Durchführung

- Abklatschprobe  
Der Abklatsch wird an die Stelle gedrückt, an der Schimmel sichtbar ist oder vermutet wird. Je nach Fragestellung wird hierzu Rosabengal-, Malz-Extrakt- oder DG 18-Agar benutzt.
- Abstrichprobe  
Mit einem trockenen sterilen Wattetupfer wird eine Probe von der befallenen Oberfläche entnommen und auf entsprechende Agarplatten aufgetragen. Diese Methode hat gegenüber der direkten Abklatschprobe den Vorteil, dass die Probe parallel auf verschiedenen Medien aufgetragen werden kann.
- Klebefilm-Abrisspräparat  
Mit einem Klebefilm werden die Schimmelpilzsporen von der befallenen Oberfläche abgenommen und vor Ort auf einem Objektträger befestigt.
- Suspendierte Materialprobe, Mikroskopie der Materialprobe  
Material, auf dem Schimmel sichtbar ist oder vermutet wird, wird in geeigneter Weise mit sterilem Handwerkszeug entfernt und in eine sterile Dose oder Tüte gegeben.
- Befeuchterwasser  
Mit einer sterilen Flasche werden ca. 100 ml Befeuchterwasser entnommen.

Bei allen Probenahmen sollte eine Abschätzung der mit Schimmel befallenen Fläche und der Tiefe des Befalls erfolgen.

### 6.1.2.3 Probenaufarbeitung

#### 6.1.2.3.1 Voraussetzungen

- Da neben den Schimmelpilzsporen auch Bakterien auftreten können, muss ihr Wachstum bei der Kultivierung durch geeignete Hemmstoffe oder andere Bedingungen (z.B. pH-Wert) unterdrückt werden.
  - Die geeigneten Medien zum Nachweis von Schimmelpilzen im Innenraum sind DG18-Agar und Malzextraktagar.

**DG 18 Dichloran 18% Glycerol-Agar**

Pepton	5 g
Glukose	7 g
KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	1 g
MgSO <sub>4</sub> x 7H <sub>2</sub> O	0,5 g
Dichloran	2 mg
Glycerol	220 ml
Chloramphenicol	0,1 g in 6 ml Ethanol
Agar	15 g
dest. Wasser	1000 ml
a <sub>w</sub> -Wert	0,95
pH-Wert	5,6 ± 0,2

**Malzextrakt**

Malzextrakt	30 g
Pepton	5 g
Agar	15 g
dest. Wasser	1000 ml
pH-Wert	5,4 ± 0,2

- Eine Petrischale (Außendurchmesser 90 mm) sollte 20 ± 2 ml Agar enthalten. In Sonderfällen, kann es auch sinnvoll sein, Petrischalen mit größerem Innendurchmesser zu verwenden, z. B. 20 cm, 130 ml Agar.

- Die Untersuchung von Materialproben setzt besondere Fachkenntnisse voraus (Probenahme, geeignete Bezugswerte, Unterscheidung zwischen Anflugsporen und aktivem Befall, Tiefe des Befalls usw.). Um Aussagen über die Herkunft der kultivierbaren Sporen machen zu können, also um zu unterscheiden, ob es sich z. B. um Anflugsporen oder aktiven Befall handelt, ist es angeraten, z. B. Tapeten auf ihrer Vorder- und Rückseite zu beproben. Zum Nachweis der Tiefe des Befalls kann es hilfreich sein, mehrere Materialschichten zu untersuchen.

#### 6.1.2.2.2 Durchführung

- Abklatschprobe  
Die Abklatschprobe wird bei  $25 \pm 3$  °C bzw. je nach Fragestellung in anderen Temperaturbereichen kultiviert. Je nach Wachstum werden die Kolonien ab dem dritten Tag täglich ausgezählt. Die Bebrütungszeit kann bis zu 10 Tagen dauern. Die Differenzierung erfolgt mikroskopisch.
- Suspendierte Materialprobe  
Die Materialprobe wird gewogen, vermessen, optisch beschrieben und der Geruch dokumentiert  
Die Probe wird zerkleinert (z.B. Waring Blender, andere mechanische Verfahren)  
Die Verdünnungspuffermenge ist abhängig vom Materialvolumen (nicht vom Gewicht), die Probe sollte von der Suspensionslösung bedeckt sein.

Häufig empfiehlt es sich, diese Lösung abzupuffern. Die Art des Puffers ist in Abhängigkeit des pH-Wertes der Materialprobe zu wählen.

Die Materialprobe wird mit den Puffern versetzt und 30 min geschüttelt bzw. gerührt. Bewährt hat sich auch eine Zerkleinerung und Homogenisierung mit einem Waring Blender, wobei Aufsätze aus Polypropylen autoklavierbar sind.

Auch andere Aufschluss- oder Probenhomogenisierungsgeräte, wie z. B. Stomaker, können geeignet sein. Ausserdem kann eine geeignete mechanische Vorzerkleinerung erforderlich sein.

Jeweils 100 µl als auch 200 µl der erhaltenen Suspension und weiterer Verdünnungen von 1:10 und 1:100, je nach Befall auch weiterer Verdünnungen, werden auf jeweils drei DG18-Platten und jeweils drei Malzextrakt- Agar-Platten bzw. entsprechenden Selektivnährmedien ausgespatelt.

Bei der Herstellung der Suspension ist zu kontrollieren, ob sich z. B. aufgrund der Materialzusammensetzung (z. B. durch Kalk Veränderung des pH-Werts) bzw. durch die Belastung des Materials (z. B. Hemmstoffe) Auswirkungen auf die Lebensbedingungen der Sporen zu erwarten sind bzw. deren Lebensfähigkeit eingeschränkt ist.

- Befeuchterwasser  
Jeweils 100 µl als auch 200 µl des Befeuchterwassers und der Verdünnungen von 1:10 und 1:100 werden auf jeweils drei DG18 und Malzextrakt-Platten sowie gegebenenfalls auf jeweils drei Platten mit entsprechenden Selektivnährmedien ausgespatelt.



#### 6.1.2.4 Nachweisverfahren

##### 6.1.2.3.1 Voraussetzungen

Neben der Bestimmung der Gesamt-KBE ist eine Differenzierung der Schimmelpilze erforderlich, bei denen aus medizinischer Sicht eine besondere gesundheitliche Belastung - toxische bzw. pathogene Wirkungen - wahrscheinlich ist.

- Nicht alle Schimmelpilzarten lassen sich auf demselben Nährmedium unter den gleichen Temperaturbedingungen kultivieren. Daher ist je nach Fragestellung eine Anzucht unter verschiedenen Bedingungen erforderlich.
- Schimmelpilze können sich gegenseitig in ihrem Wachstum behindern. Daher sollten auf Platten, die ausgewertet werden sollen, nicht mehr als 100 KBE pro Platte vorhanden sein. Spezielle Gattungen, wie z. B. *Chrysonilia*, *Botrytis*, *Mucor*, *Rhizopus*, *Trichoderma* und auch die Spezies *Aspergillus niger* können die Platte sehr schnell überwuchern. In solchen Fällen sind rechtzeitig Subkulturen anzulegen.
- Auf den zur Schimmelpilzdiagnostik angewandten Nährmedien werden Hefen ebenfalls mitkultiviert. Sie sollten bei der Bestimmung der Gesamt-KBE-Zahl ausgezählt und bei der Auswertung genannt werden. Eine Differenzierung wird bei entsprechender Fragestellung empfohlen.
- Aufgrund der hohen Streuung der Bestimmung ist die Quantifizierung durch Mitteilung des Mittelwertes von mindestens drei Platten vorzunehmen.
- Die Schimmelpilzdifferenzierung setzt aufgrund der Vielzahl unterschiedlicher Spezies eine hohe Fachkenntnis voraus, die nur durch regelmässige Qualifizierung erworben werden kann.

Die Nachweismethoden von Schimmelpilzen, die nicht auf kulturellen Verfahren (Direkt-Mikroskopie, Summenparameter) beruhen, setzen grosse Erfahrungen des Bearbeiters voraus.

##### 6.1.2.3.2 Durchführung des Nachweises

Als Bebrütungstemperatur wird  $25 \pm 3$  °C empfohlen, eventuell können fallweise auch z. B. 37 °C und 45 °C für thermotolerante Aspergillen zusätzlich gewählt werden.

##### Bestimmung der Gesamt-KBE

- Zur Bestimmung der Gesamt-KBE werden je nach Wachstum die Kolonien, in der Regel ab dem 3. Tag, täglich ausgezählt. Hier lassen sich die Kolonien oft am besten quantifizieren. Zur Bewertung kommt die Auszählung mit der höchsten Anzahl an KBE, bei der noch keine Sekundärsporen auftreten.

Je nach Belastung des Objekts, den zu erwartenden Schimmelpilzen und vor allem dem gewählten Nährmedium kann die Bebrütungszeit bis zu 10 Tagen und länger dauern. Zur Bestimmung der Gesamt-KBE-Zahl wird in der Regel das Ergebnis der DG-18-Platten verwendet. Schimmelpilze, die auf DG-18 nicht kultiviert werden können, wie z. B. *Stachybotrys chartarum* oder *Chaetomium*

spp. werden auf Malzextrakt kultiviert, ausgezählt und zu der auf der DG-18 Platte ermittelten KBE-Zahl zur Gesamt-KBE-Zahl zusammengeführt.

### Differenzierung

- Eine visuelle Zuordnung zu bestimmten Gattungen anhand kulturmorphologischer Merkmale erfolgt durch eine erste Betrachtung, je nach Ausprägung, ab dem dritten bzw. vierten Tag. Es wird empfohlen, täglich die Weiterentwicklung zu verfolgen.
- Es werden alle Gattungen nach der Häufigkeit des Vorkommens gemäss Fragestellung differenziert.
- Die Differenzierung der Schimmelpilzspezies erfolgt aufgrund der Morphologie des makroskopischen und mikroskopischen Bildes. Dazu ist ein Stereo-Auflicht-Mikroskop für Platten und ein Mikroskop mit bis zu 1000-facher Vergrößerung erforderlich. Eine Subkultivierung zur sicheren Differenzierung kann erforderlich sein. Die Differenzierung sollte an Hand üblicher Differenzierungsschlüssel (s. Anhang) erfolgen, wobei es sich bei diffizileren Fragestellungen wie z. B. Aspergillen, Dematiaceae, Fusarien, Penicillien, Hefen empfiehlt mehrere Handbücher zu verwenden.

Als geeignete Methoden zum mikroskopischen Nachweis kann

- die Zupfmethode mit Platinnadeln
  - oder das Klebefilmabrisspräparat
- genutzt werden. Beide Präparationen können mit Baumwollblau bzw. Lactophenolblau angefärbt werden.

Zum Nachweis der verschiedenen Spezies ist sowohl eine Auswertung der DG18-Platten und der Malzextrakt-Platten vorzunehmen, als auch eine Auswertung möglicher Selektivnährmedien bzw. die Ergebnisse der 37 - 45°C-Bebrütung heranzuziehen. Alle Platten sind auszuwerten.

### Direkt - Mikroskopie

- Klebe-Filmabrisspräparat  
Die Präparate werden mit Baumwollblau oder Lactophenolblau gefärbt und mikroskopisch ausgewertet. Aufgrund des Vorhandenseins bzw. nicht Vorhandenseins von Myzelbruchstücken kann entschieden werden, ob es sich um einen aktiven Befall oder um Anflugsporen handelt.
- Mikroskopie Materialprobe
- **Materialproben werden direkt unter dem Auflicht-Stereomikroskop betrachtet.** Aufgrund des Vorhandenseins bzw. nicht Vorhandenseins von Myzelbruchstücken kann entschieden werden, ob es sich um einen aktiven Befall oder um Anflugsporen handelt.

### Summenparameter

- Hilfreich kann die Bestimmung von Adenosintriphosphat (ATP) und Perjod-Schiff-reagenz (PAS) auf bzw. in Material sein. Mit diesen Summenparametern werden

Proteine bzw. glykogenhaltige Zellen nachgewiesen, die aber nicht ausschliesslich auf eine Schimmelpilzbelastung zurückzuführen sind.

**Vor- und Nachteile der verschiedenen Verfahren zur Materialprobenuntersuchung**

	Abklatsch	Klebe-Film-abrisspräparat	suspendierte Materialprobe	Mikroskopie Materialprobe	biochemische Summenparameter
Aussage bezüglich Anflugsporen und aktivem Befall	sowohl Anflugsporen als auch aktiver Befall werden detektiert, eine Unterscheidung ist nicht möglich	aktiver Befall kann von Anflugsporen unterschieden werden	sowohl Anflugsporen als auch aktiver Befall werden detektiert, eine Unterscheidung ist nicht möglich	aktiver Befall kann von Anflugsporen unterschieden werden	allgemeiner Summenparameter
Möglichkeit der Differenzierung	gegeben	nur bei charakteristischen Arten möglich	gegeben	nur bei charakteristischen Arten möglich	nicht gegeben
Möglichkeit der Erkennung von Tiefenschäden	nur möglich wenn verschiedene Materialschnitte untersucht werden				möglich wenn ein Materialausschnitt untersucht wird
Nachweis von nicht mehr kultivierbaren Sporen	unmöglich	möglich	unmöglich	möglich	möglich
Quantitative Aussage (Biomasse)	nur sehr eingeschränkt bezogen auf die Fläche möglich	nur sehr eingeschränkt bezogen auf die Fläche möglich	auf Gewicht bezogen möglich	nur sehr eingeschränkt bezogen auf die Fläche möglich	nur sehr eingeschränkt möglich
Repräsentativität der Probe	von Fall zu Fall unterschiedlich, eher gering	von Fall zu Fall unterschiedlich, eher gering	von Fall zu Fall unterschiedlich, aber möglich	von Fall zu Fall unterschiedlich, eher gering	von Fall zu Fall unterschiedlich, aber möglich
Arbeitsaufwand der Probenahme und – aufarbeitung	gering	gering	höher, abhängig vom Material	höher, abhängig von der Fragestellung	höher, abhängig von der Fragestellung
Erforderliche Fachkenntnisse und Erfahrungen	gering	höher	höher	sehr hoch	höher
Erstellung von Bezugswerten	möglich, Unterscheidung zwischen aktivem Befall und Anflug allerdings nicht	möglich	möglich, Unterscheidung zwischen aktivem Befall und Anflug allerdings nur bedingt	schwierig	möglich

### 6.1.3 Luftprobe

#### 6.1.3.1 Probenahme

##### 6.1.3.1.1 Voraussetzungen

- Hohe physikalische Abscheidung, bei möglichst geringen Beeinträchtigungen der in der Luft vorhandenen biologischen Partikel (Partikelgrößenklassenbereich von  $< 1 \mu\text{m}$  aerodynamischer Durchmesser). Der „Sammelstress“ soll möglichst nicht zu einer Abnahme der vermehrbaren Mikroorganismen führen. Um zu verhindern, dass sowohl durch Ansaugen als auch durch Sedimentation die in der Luft vorhandenen biologischen Partikel abgeschieden werden, sollte die Ansaugrichtung möglichst, vor allem bei Außenluftmessungen, entgegen der Schwerkraft erfolgen.
- Einhaltung und Kontrolle des in der Gerätespezifikation beschriebenen Volumenstroms, Zeit usw.
- Die Messung sollte in Höhe von ca. 1-1,2 m durchgeführt werden, wobei 2, besser 3 Messungen pro Messstelle, gegebenenfalls bei zwei oder auch mehr verschiedenen Probenvolumina bzw. Verdünnungen (Empfehlung: bei direktem Verfahren 50 l bis 100 l, bei indirektem Verfahren 10 bis 20 m<sup>3</sup>) durchgeführt werden sollten.
- Der Ort der Probenahme ist so zu wählen, dass er repräsentativ für die allgemeine Belastung im Raum ist. Zur Quellensuche sollten an auffälligen bzw. sensiblen Stellen z.B. in der Nähe möglicher Emissionsquellen (wie hinter abgehängten Decken bzw. in der Zuluft von Raumluftechnischen Anlagen) Zusatzmessungen durchgeführt werden.
- Bei der Probenahme (Ansaugvolumen) bzw. der späteren Verdünnung ist darauf zu achten, dass mindestens 10 besser 20 KBE und höchstens 100 KBE pro Platte auszuzählen sind.
- In kleinen Räumen wie z. B. Toiletten und Bädern ist besonders darauf zu achten, dass das Ansaugvolumen nur ca. ein Zehntel des Raumvolumens ausmacht (s. VDI 4300).
- Für die Beurteilung einer Innenraumprobe ist eine Vergleichsmessung der Außenluft notwendig. Der Ort der Außenluftmessung sollte so gewählt werden, dass er im Zusammenhang mit der untersuchten Wohnung steht. Es sollte darauf geachtet werden, dass der Außenluft-Messpunkt eine mögliche Außenluftbelastung deutlich macht.

Viele Faktoren können einen gravierenden Einfluss auf die Anzahl der Pilzsporen in der Luft haben (z.B. Temperatur, Luftfeuchte, Windgeschwindigkeit, Vegetationsperiode, örtliche Nähe zu Emittenten wie z.B. Gartenkompostern, Mülltonnen, Kompostierwerken, müllverarbeitenden Betrieben, Gärtnereien, landwirtschaftlichen Betrieben).

Die Außenluftproben sollten, wenn möglich, auf der Windseite, aber nicht bei extremen Windverhältnissen oder bei Regen gesammelt werden. Im Regelfall, wenn die Fenster einer Wohnung zum Lüften verwendet werden, sollte eine Außenluftprobe vom Fenster der Wohnung aus gesammelt werden. Das Messgerät sollte, wenn irgendwie möglich, mindestens einen Meter aus dem Fenster herausgehalten werden.

Bei der Beurteilung der Außenluftprobe ist zu beachten, dass eine Beeinflussung durch aufsteigende Luft aus darunter liegenden Räumen erfolgen kann. Bei bestimmten Fragestellungen kann es auch sinnvoll sein, einen Vergleich mit einer unbelasteten Außenluft (Erfahrungswert), die für die Region und die Jahreszeit charakteristisch ist, bzw. der Innenluft eines anderen Raumes heranzuziehen. Bei der Auswertung der Ergebnisse sind mögliche Störeinflüsse zu bedenken. Windgeschwindigkeit und -richtung bzw. Temperatur und Luftfeuchte können einen Einfluss auf die Messung haben und sind zu dokumentieren.

- 7 Tage vor der Probenahme sollte keine Reinigung der zu untersuchenden Räume mehr erfolgen. Mindestens 6 bis 8 Stunden vor der Probenahme sollten die Fenster geschlossen werden. Gezielte mechanische Verwirbelungen sollten vor und während der Probenahme vermieden werden.
- Im Winterhalbjahr wirkt sich der Einfluss der Außenluft auf den Nachweis von Schimmelpilzen in der Innenraumluft am wenigsten aus.
- Bei speziellen Fragestellungen kann auch eine personenbezogene Messung sinnvoll sein.

#### **6.1.3.1.2 Durchführung**

- Die Probenahme ist mittels eines geeigneten Impaktors bzw. Filtrationsgerätes durchzuführen, wobei mit der Impaktion, im Gegensatz zur Filtration, nur die direkte Bestimmung möglich ist. Beide Verfahren haben Vor- und Nachteile:

##### **Impaktoren:**

- Impaktoren sind meist leichter und können mit Akku betrieben werden.
- Ein zusätzlicher Schritt bei der Probenahme entfällt.
- Das Verfahren kann auch bei erhöhter Luftfeuchte angewandt werden.
- Das Verfahren ermöglicht nur Kurzzeitmessungen.
- Für jede Variante des Nachweises (Nährmedium, Bebrütungstemperatur, Probevolumen) sind 2, besser 3 Messungen durchzuführen.
- Bei der Probenahme kann es zu einer Diskriminierung der Partikel kommen.
- Aufgrund der Kürze der Messung und der direkten Einbringung in das Nährmedium ist der Sammelstress wahrscheinlich niedrig
- Konglomerate von Schimmelpilzsporen werden nur als eine KBE nachgewiesen.

##### **Filtrationsgeräte:**

- Filtrationsgeräte sind meist schwerer, mit Akku betriebene Geräte sind selten.

- Durch die methodenbedingte erforderliche Verwendung von Filtern entstehen zusätzliche Kosten. Eine Probenaufarbeitung ist notwendig. Das trifft besonders für das indirekte Verfahren zu.
- Das Verfahren ermöglicht Kurzzeit- (direkt) und Langzeitmessungen (indirekt). Bei einer zu erwartenden Konzentration von 100 KBE/m<sup>3</sup> sind die Filter für das direkte Verfahren mit 0,1 bis 1,0 m<sup>3</sup> und für das indirekte Verfahren mit ca. 10 bis 20 m<sup>3</sup> zu beaufschlagen.
- Bei der indirekten Langzeitmessung ist ein Nachweis auf verschiedenen Nährmedien, bei verschiedenen Verdünnungen und bei unterschiedlichen Bebrütungstemperaturen unkompliziert möglich. Das direkte Verfahren hingegen unterscheidet sich hierin nicht vom Impaktionsverfahren.
- Zu einer Diskriminierung der Partikel bei der Probenahme kommt es nicht.
- Der Sammelstress ist besonders beim indirekten Langzeitverfahren größer als bei der Impaktion.
- Nach der Probenaufarbeitung können bei dem indirekten Verfahren Konglomerate in der weiter zu verarbeitenden Suspension als Einzelspore vorliegen und im Nachweisverfahren als eine Vielzahl von KBE nachgewiesen werden.
- Filterhalter bzw. Loch- oder Schlitzimpaktionsvorrichtung ist vor jedem Messpunkt zu wechseln und zu sterilisieren.
- Bei den Kurzzeitbestimmungen mittels direkter Bestimmung ist eine ausreichende Anzahl von Messungen durchzuführen, um bei einer auswertbaren Anzahl von 10 bis 100 KBE pro Platte und der notwendigen Kultivierung unter verschiedenen Bedingungen (Nährmedium, Temperatur) aus statistischen Gründen über die Mindestanzahl von drei Ergebnissen zu verfügen. Bei der indirekten Langzeitmessung kann die aufgearbeitete Probe in unterschiedlichen Konzentrationsbereichen und mit verschiedenen Nährmedien aufgearbeitet werden, so dass hier eine Parallelbestimmung ausreicht.
- Allgemein werden Gelatinefilter beim Filtrationsverfahren benutzt. Die Membranfilter können auch aus Polycarbonat bestehen (vor allem bei hoher Feuchtigkeit und bei Langzeitmessungen). Beim direkten Verfahren sollte der Filterdurchmesser möglichst 8 cm betragen.
- Die Messbedingungen und der Messort müssen dokumentiert werden.

Um eine Kontamination zu vermeiden, sind beim Wechseln der Nährmedienplatten bzw. der Filter der Luftkeimsammer Einmalhandschuhe zu tragen und gegebenenfalls eine Pinzette zu verwenden. Die Filter sind vor und nach dem Wechsel visuell auf Unversehrtheit zu prüfen.

An jedem Messort ist mindestens ein Blindwert zu bestimmen. Dazu wird der Luftkeimsammler mit einer Nährmediumplatte bzw. einem Filter bestückt, die sofort ohne Luft anzusaugen wieder ausgebaut und wie alle anderen Proben

weiterverarbeitet werden. Die Blindprobe ist vorzugsweise in der Mitte der Probenserie zu nehmen. Die Blindwertproben werden wie alle anderen Proben weiterverarbeitet.

### Vor- und Nachteile der verschiedenen Verfahren zur Luftprobenahme

	Impaktion	Filtration	
		direkt	indirekt
Aufarbeitung unter verschiedenen Bebrütungsbedingungen (Nährmedium, Temperatur)	nur durch mehrere Messungen möglich	nur durch mehrere Messungen möglich	mit einer Messung möglich
Aufarbeitung in verschiedenen Verdünnungen	nein	nein	ja
Kurzzeitmessungen	ja (1 – 2) min	ja (1 – 2) min	nein
Langzeitmessungen	nein	nein	ja (je nach Belastung mehrere Stunden)
Repräsentativität der Probe	gering	gering	vorhanden
Sammelstress	gering	gering	größer
Probenlagerung und –transport	Bebrütung erfolgt schon während der Lagerung und dem Transport	biologische Veränderung während der Lagerung und dem Transport sind nicht auszuschliessen	biologische Veränderung während der Lagerung und dem Transport sind nicht auszuschliessen
Probenaufarbeitung	nicht erforderlich	einfach	aufwendiger
Materialkosten	gering	zusätzlicher Verbrauch von Filtern	zusätzlicher Verbrauch von Filtern
Probenahmesystem desinfizierbar	ja	ja	ja
Handling der Probenahme	unkompliziert, meist akkubetriebene Geräte	aufwendiger, häufig keine akkubetriebenen Geräte	aufwendiger, häufig keine akkubetriebenen Geräte
Physikalische Diskriminierung der Probe	nicht auszuschliessen	unwahrscheinlich	unwahrscheinlich
wie werden Konglomerate erfasst	als eine KBE	als eine KBE	möglicherweise als mehrere KBE
Messung bei hoher Luftfeuchte > 90%	möglich	nicht möglich	nicht möglich
Ausnutzung der Oberfläche des Nährmediums zur Kultivierung	je nach Gerätetyp	gut	gut

### 6.1.3.1 Probenaufarbeitung

#### 6.1.3.1.1 Voraussetzungen

- Beim Vergleich von Messungen, die sowohl nach dem direkten als auch nach dem indirekten Verfahren durchgeführt wurden, ist zu beachten, dass bei dem direkten Verfahren unter Umständen ein Konglomerat von Schimmelpilzsporen als eine KBE nachgewiesen wird. Beim indirekten Verfahren kann ein solches Konglomerat möglicherweise aufgespalten werden und es werden folglich mehrere KBE pro Konglomerat nachgewiesen. Der Sammelstress ist allerdings bei der mit dem indirekten Verfahren angewandten Langzeitmessung mit hoher Wahrscheinlichkeit größer.
- Da neben den Schimmelpilzsporen Bakterien in der Luft auftreten, muss ihr Wachstum bei der Kultivierung durch geeignete Hemmstoffe oder andere Bedingungen (z.B. pH-Wert) unterdrückt werden.
  - Die geeigneten Medien zum Nachweis von Schimmelpilzen in der Innenraumluft sind DG18-Agar und Malzextraktagar.
- Eine Petrischale (Außendurchmesser 90 mm) sollte, wenn vom Gerätehersteller keine anderen Angaben erfolgen,  $20 \pm 2$  ml Agar enthalten. Bei einer zu geringen Menge liegt die Agar-Oberfläche für Impaktionssammler zu tief und ggf. können die Nährmedien austrocknen. In Sonderfällen, wie z. B. bei der indirekten Methode, kann es auch sinnvoll sein, Petrischalen mit größerem Innendurchmesser zu verwenden, z. B. 20 cm/130 ml Agar.

#### 6.1.3.1.2 Durchführung

- Direkte Bestimmung – Impaktionsverfahren  
Bei der direkten Bestimmung nach dem Impaktionsverfahren ist keine Probenvorbereitung erforderlich. Die beprobten Platten bzw. Streifen werden sofort nach Eintreffen im Untersuchungslabor inkubiert.
- Direkte Bestimmung – Filtrationsverfahren  
Bei der direkten Bestimmung nach dem Filtrationsverfahren werden die beprobten Filter direkt am Messort auf die entsprechenden Nährmedienplatten aufgelegt.
- Indirekte Bestimmung Filtrationsverfahren  
Bei der indirekten Bestimmung nach dem Filtrationsverfahren wird jeder beprobte Filter am Messort in ein verschliessbares steriles und beschriftetes Gefäß gegeben. Die Probe ist umgehend im Untersuchungslabor abzuliefern.

Gelatinefilter werden im Labor sofort in einen sterilen Erlenmeyer überführt und mit 10 ml 0,9 % NaCl / 0,01 % TWEEN 80 versetzt und 30 min bei 30 °C im Schüttelwasserbad aufgelöst, um die Sporen auf diese Weise zu suspendieren.

Wie in TRBA 430 bzw. dem VDI-Entwurf 4253 beschrieben, werden bei Polycarbonatfiltern die Pilzsporen von der Filteroberfläche abgelöst. Besonders bei Membranfiltern ist zu kontrollieren, ob die Ablösung der Schimmelsporen vom Filter vollständig erfolgt ist.



Um eine möglichst quantitative Ablösung der Sporen zu erreichen, hat es sich bewährt, diese Filter 15 min in 10 ml 0,9 % NaCl / 0,01 % TWEEN 80 bei 30 °C in einem Gefäß mit einem Mindestdurchmesser der etwas größer als der Filterdurchmesser ist mit der beaufschlagten Filterseite nach oben im Schüttelwasserbad zu schütteln und direkt vor dem Ausspateln 4 min kräftig zu vortexen.

Jeweils 100 µl als auch 200 µl der erhaltenen Suspension und weiterer Verdünnungen von 1:10 und 1:100, je nach Befall auch weiterer Verdünnungen, werden auf jeweils drei DG18-Platten und drei Malzextrakt-Platten (9 cm) sowie je nach Fragestellung jeweils auf drei Platten mit entsprechenden Selektivnährmedien z. B. MEA 37 °C, Creatin-Saccharose-Agar, AFPA-Agar (*Aspergillus flavus/Parasiticus*-Agar) ausgespatelt.

Bei der Ausgangssuspension kann es je nach erwarteter Konzentration sinnvoll sein, sowohl 500 µl als auch 1000µl auf je drei DG18-Platten und Malzextrakt-Platten mit 20 cm Durchmesser auszuspateln bzw. anstelle einer 20 cm Platte können auch vier 9 cm Platten mit je 250 µl ausgespatelt werden.

### 6.1.3.2 Nachweisverfahren

#### 6.1.3.2.1 Voraussetzungen

- Neben der Bestimmung der Gesamt-KBE ist eine Differenzierung der häufigsten und der besonders relevanten Schimmelpilzarten erforderlich (Schimmelpilze, die einen Hinweis auf eine Belastung geben, wenn sie im Vergleich zur Außenluft verstärkt im Innenraum auftreten, Schimmelpilze, die einen deutlichen Hinweis auf Feuchteschäden geben und Schimmelpilze, bei denen aus medizinischer Sicht eine besondere gesundheitliche Belastung - toxische bzw. pathogene Wirkungen - wahrscheinlich ist (siehe Indikatororganismen)).
- Nicht alle Schimmelpilzarten lassen sich auf demselben Nährmedium unter den gleichen Temperaturbedingungen kultivieren. Daher ist je nach Fragestellung eine Anzucht unter verschiedenen Bedingungen erforderlich.
- Schimmelpilze können sich gegenseitig in ihrem Wachstum behindern. Daher sollten auf Platten, die ausgewertet werden sollen, nicht mehr als 100 KBE pro Platte vorhanden sein. Spezielle Gattungen, wie z. B. *Chrysonilia*, *Botrytis*, *Mucor*, *Rhizopus*, *Trichoderma* und auch die Spezies *Aspergillus niger* können die Platte sehr schnell überwuchern. In solchen Fällen sind rechtzeitig Subkulturen anzulegen.
- Auf den zur Schimmelpilzdiagnostik angewandten Nährmedien werden Hefen ebenfalls mitkultiviert. Sie sollten bei der Bestimmung der Gesamt-KBE-Zahl ausgezählt und bei der Auswertung genannt werden. Eine Differenzierung wird bei entsprechender Fragestellung empfohlen.
- Aufgrund der hohen Streuung der Bestimmung ist die Quantifizierung durch Mitteilung des Mittelwertes von mindestens drei Platten vorzunehmen.
- Die Schimmelpilzdifferenzierung setzt aufgrund der Vielzahl unterschiedlicher Spezies eine hohe Fachkenntnis voraus, die nur durch regelmässige Qualifizierung erworben werden kann.

### 6.1.3.3.2 Durchführung

Als Bebrütungstemperatur wird  $25 \pm 3$  °C empfohlen, eventuell können fallweise auch z. B. 37 °C und 45 °C für thermotolerante Aspergillen zusätzlich gewählt werden.

#### Bestimmung der Gesamt-KBE

- Zur Bestimmung der Gesamt-KBE werden je nach Wachstum die Kolonien in der Regel ab dem 3. Tag täglich ausgezählt. Hier lassen sich die Kolonien oft am besten quantifizieren. Zur Bewertung kommt die Auszählung mit der höchsten Anzahl an KBE, bei der noch keine Sekundärsporen auftreten.

Je nach Belastung des Objekts, den zu erwartenden Schimmelpilzen und vor allem dem gewählten Nährmedium kann die Bebrütungszeit bis zu 10 Tagen und länger dauern. Zur Bestimmung der Gesamt-KBE-Zahl wird in der Regel das Ergebnis der DG-18-Platten verwendet. Schimmelpilze, die auf DG-18 nicht kultiviert werden können, wie z. B. *Stachybotrys chartarum* oder *Chaetomium* spp. werden auf Malzextrakt kultiviert, ausgezählt und zu der auf der DG-18 Platte ermittelten KBE-Zahl zur Gesamt-KBE-Zahl zusammengeführt.

#### Differenzierung

- Eine visuelle Zuordnung zu bestimmten Gattungen anhand kulturmorphologischer Merkmale erfolgt durch eine erste Betrachtung, je nach Ausprägung, ab dem dritten bzw. vierten Tag. Es wird empfohlen, täglich die Weiterentwicklung zu verfolgen.
- Indikatororganismen sind auch bei geringer Anzahl (s. Bewertung, Tab. 2) zu differenzieren und zu quantifizieren. Dazu ist es erforderlich, dass die Schimmelpilzspezies, die nicht allgemein in der Außenluft auftreten, in allen Verdünnungsstufen ausgewertet werden und in die Beurteilung mit einfließen. Dies ist in den niedrigen und hohen Verdünnungsstufen eine semiquantitative Bewertung, die allerdings zur Quellenauffindung unabdingbar erforderlich ist.
- Darüber hinaus werden weitere identifizierte Gattungen nach der Häufigkeit des Vorkommens gemäss Fragestellung angegeben.
- Die Differenzierung der Schimmelpilzspezies erfolgt aufgrund der Morphologie des makroskopischen und mikroskopischen Bildes. Dazu ist ein Stereo-Auflicht-Mikroskop für Platten und ein Mikroskop mit bis zu 1000-facher Vergrößerung erforderlich. Eine Subkultivierung zur sicheren Differenzierung kann erforderlich sein. Die Differenzierung sollte an Hand üblicher Differenzierungsschlüssel (s. Anhang) erfolgen, wobei es sich bei diffizileren Fragestellungen wie z. B. Aspergillen, Dematiaceae, Fusarien, Penicillien, Hefen empfiehlt mehre Handbücher zu verwenden.

Als geeignete Methoden zum mikroskopischen Nachweis kann

- die Zupfmethode mit Platinnadeln
  - oder das Klebefilmabrisspräparat
- genutzt werden. Beide Präparationen können mit Baumwollblau bzw. Laktophenolblau angefärbt werden.

Zum Nachweis der verschiedenen Spezies ist sowohl eine Auswertung der DG18-Platten und der Malzextrakt-Platten vorzunehmen, als auch eine Auswertung möglicher Selektivnährmedien bzw. die Ergebnisse der 37 - 45°C-Bebrütung heranzuziehen. Alle Platten sind auszuwerten.

#### **6.1.4 Staubprobe (bis 11.2004)**

##### **6.1.4.1 Probenahme**

###### **6.1.4.1.1 Voraussetzungen**

- 7 Tage vor der Probennahme sollte keine Reinigung der zu untersuchenden Räume mehr erfolgen.
- Bei der Bestimmung bzw. der späteren Verdünnung ist darauf zu achten, dass mindestens 10 besser 20 KBE und höchstens 100 KBE pro Platte auszuzählen sind.
- Bei den Staubproben handelt es sich um ein sehr inhomogenes Material. In der Probe können sich Grobpartikel befinden, die den Gewichtsbezug stark verfälschen können.

Je nach Material und Entnahmeort kann die Probe in unterschiedlichem Maße mit Fasern und anderen Bestandteilen versetzt sein. Eine Abtrennung des Feinstaubes kann im Einzelfalle je nach Fragestellung sinnvoll sein. In diesem Fall könnten durch eine Siebung Minderbefunde verursacht werden.

Um den Gewichtseinfluss von Grobpartikeln zu berücksichtigen, ist bei ungesiebten Proben die Auswertung sowohl auf das Gewicht, **besser aber auf die Fläche** bezogen, sinnvoll. Das Verfahren der Staubprobenahme wird z. Z. bezüglich der Staubgewinnung, gegebenenfalls des Siebens und der Herstellung einer repräsentativen Suspension (Benetzbarkeit der Sporen, Aggregatauflösung) validiert. Gegebenfalls erfolgt zu einem späteren Zeitpunkt eine Aktualisierung.

- Die Untersuchung des Inhalts von Staubsaugerbeuteln ist nur bedingt aussagefähig:
  - im Staubsaugerbeutel kommt es zu einem erheblichen Sammelstress
  - je nach Abscheidegrad (Porengröße) des Staubsaugerbeutels kann es zu einer Diskriminierung der Probe kommen bzw. je nach Art des Beutels (z.B. 1,2 oder 3-wandig)
  - Repräsentanz und Herkunft der Probe sind unsicher
  - mögliche Kontamination des Staubsaugerrohres

###### **6.1.4.1.2 Durchführung**

- Der Ort der Probenahme ist so zu wählen, dass er repräsentativ für die allgemeine Belastung ist. In Wohnungen wird meist der Teppichboden beprobt. Zur Quellensuche sollten an auffälligen bzw. sensiblen Stellen z. B. in der Nähe möglicher Emissionsquellen (hinter abgehängten Decken oder auf Filtern von Raumlufttechnischen Anlagen) Zusatzmessungen durchgeführt werden (s. VDI 6022). Das Gesamtproblem der Probennahme in RLT-Anlagen muss in absehbarer Zeit validiert werden. Ausführungen hierzu erfolgen zu einem späteren Zeitpunkt.

- Die Staubprobenahme wird mit einem definierten Saugvolumen, mindestens aber mit 15 l/min und einem speziellen Filterhalter durchgeführt. Hierfür sind Laborpumpen mit entsprechender Saugleistung bzw. Industriestaubsauger zu empfehlen. In dem Filterhalter befindet sich ein Gelatinefilter (Porengröße 3 µm) oder ein anderer geeigneter Filter (z. B. Polykarbonatfilter mit einem Durchmesser von 5 cm). Die Saugöffnung des Filterhalters beträgt ca. i.D. 0,6 cm. Er ist sterilisierbar bzw. desinfizierbar und kann eine Staubmenge von bis zu 5 g aufnehmen.

Das Verfahren lehnt an „VDI 4300, Blatt 8, Entwurf, Messen von Innenraumluftverunreinigungen-Probenahme von Hausstaub,“ an. Nach jeder Messung wird der Filterhalter gereinigt und sterilisiert. Die Filter werden in einer sterilen Kunststoffdose vorgewogen.

- Die beprobte Fläche sollte 1 m<sup>2</sup> betragen.
- Die Saugzeit sollte 5 min betragen.
- Nach der Beprobung wird der Staub einschliesslich des Filters in die sterile Kunststoffdose überführt.
- Untersucht wird der Gesamtstaub einschliesslich des Filters. Wird der Staub gesiebt, sind die im Kapitel – Bewertung - angegebenen Bezugswerte für gesiebten Staub zu verwenden.

#### Vor und Nachteile der verschiedenen Verfahren zur Staubprobenahme

	Probenahme mit speziellen Probenahme-systemen	Staubsauger	
		ungezielt	gezielt
Einflussgrößen auf die Menge des gewonnenen Staubes	Saugleistung des Staubsaugers, Art und Aufbau der Saugdüse, Saugzeit, Größe der abgesaugten Fläche, Art und Material des Teppichs, Höhe des Teppichflors, Alter des Teppichs, Reinigungs- und Nutzungsgewohnheiten		
Abscheidegrad	bekannt entsprechend der Porengröße des verwendeten Filters	mehr oder weniger unbekannt, da die Porengröße des Staubbeutelmaterials physikalisch nicht eindeutig beschrieben ist. Meist werden mehrlagige Beutel verwendet; der Abscheidegrad des Gerätes entspricht nicht dem Abscheidegrad des Beutels (Gehäuseundichtigkeiten)	
Diskriminierung der Probe	die Probe wird einschliesslich Filter weiterverarbeitet	die Probe befindet sich sowohl im Inneren des Staubsaugerbeutels als auch zwischen und auf den einzelnen Beutellagen. Eine Aufarbeitung der Gesamtprobe ist nicht möglich	
eindeutige Zuordnungsmöglichkeit der Probe	vorhanden	nicht gegeben	vorhanden
Repräsentativität der Probe	möglich	unmöglich	möglich
Störeinflüsse durch die Probenahme	nein, da leicht zu reinigen und zu sterilisieren	ja, da nur unzureichend zu reinigen und nicht sterilisierbar	

Aufwand für die Probenahme	gering	die Probe liegt vor	gering
Probenmenge	0,5 – 5 g/m <sup>2</sup> in 5 min	grosse Probenmenge liegt vor	je nach abgesaugter Fläche 10 g und mehr
Bezug auf vorhandene standardisierte Methoden	Modifizierung der VDI 4300, Blatt 8, Entwurf, Messen von Innenraumluftverunreinigungen-Probenahme von Hausstaub		

### Vor und Nachteile der verschiedenen Verfahren zur Staubprobenaufarbeitung

	Probenaufarbeitung			
	ungesiebt	gesiebt	als Suspension	direkt
Diskriminierung der Probe	nein	wahrscheinlich	nein	wahrscheinlich
Gewichtsbezug	nur bedingt möglich, da Grobpartikel einen grossen Einfluss haben	möglich		
prozentualer Anteil der kultivierten Sporen	hoch	aufgrund der möglichen Diskriminierung nicht abzuschätzen	hoch	unkalkulierbar, abhängig von der Aufbringung, Maschenweite, Verteilung auf dem Nährmedium
Bezugsgröße	Fläche, Gewicht nur bedingt möglich	Gewicht		undefiniert
z. Z. noch offene Fragen		Maschenweite des Siebes		Maschenweite des Siebes
Arbeitsaufwand	gering	hoch	gering	höher

Die Staubprobenahme und –aufarbeitung ist mit folgenden Problemen verbunden:

- der Schwierigkeit einer repräsentativen und fallbezogenen Probegewinnung (Staubsaugerbeutel, separates Probenahmesystem). Bei der Probegewinnung über den Staubsaugerbeutel geht verfahrens- und gerätebedingt ein unbekannter Anteil des Feinstaubes verloren
- durch Sieben oder andere Verfahren (z. B. Zyklon, Impaktion) die Schimmelpilzsporen nicht definiert und vollständig vom Grobstaub abtrennen zu können. Die einzelnen Siebfraktionen und das Filter selbst enthalten im Verhältnis zu der Feinstaubfraktion z. B. 63 µm z. T. sowohl relativ als auch absolut noch grosse Sporenkonzentrationen.
- bei der Herstellung einer Sporensuspension sollten idealerweise alle Sporen frei vorliegen. Aufgrund der schlechten Benetzbarkeit einiger Sporen und den teilweise vorliegenden Aggregaten gehen nicht alle Sporen als Einzelsporen in die

Suspension über. Dies ist wahrscheinlich auch ein Grund dafür, dass in ungesiebten Proben eine geringere Sporenkonzentration festgestellt wird.

- es ist nicht zu unterscheiden, ob die im Staub nachgewiesenen Schimmelpilzsporen im Zusammenhang mit einer Belastung im Raum stehen oder ob sie von drAußen eingetragen wurden.

#### 6.1.4.2 Probenaufarbeitung

##### 6.1.4.2.1 Voraussetzungen

- Da neben den Schimmelpilzsporen Bakterien in der Luft auftreten, muss ihr Wachstum bei der Kultivierung durch geeignete Hemmstoffe oder andere Bedingungen (z.B. pH-Wert) unterdrückt werden.
  - Die geeigneten Medien zum Nachweis von Schimmelpilzen in der Innenraumluft sind DG18-Agar und Malzextraktagar.
- Eine Petrischale (Außendurchmesser 90 mm) sollte, wenn vom Gerätehersteller keine anderen Angaben erfolgen,  $20 \pm 2$  ml Agar enthalten. Bei einer zu geringen Menge liegt die Agar-Oberfläche für Impaktionssammler zu tief und ggf. können die Nährmedien austrocknen. In Sonderfällen, wie z. B. bei der indirekten Methode, kann es auch sinnvoll sein, Petrischalen mit größerem Innendurchmesser zu verwenden, z. B. 20 cm, 130 ml Agar.

##### 6.1.4.2.2 Durchführung

- Die Staubprobe wird mit dem 100fachen ihres Gewichts mit einer 0,9 % NaCl/ 0,01 % TWEEN 80-Lösung versetzt und 30 min geschüttelt bzw. gerührt. Dabei löst sich die **Gelatine** auf. Jeweils 100 µl als auch 200 µl der erhaltenen Suspension und weiterer Verdünnungen von 1:10 und 1:100 werden auf jeweils drei DG18-Platten und jeweils drei Malzextrakt-Platten bzw. entsprechenden Selektivnährmedien ausgespatelt.
- Nach Wägung werden die Pilzsporen von der Oberfläche der **Polycarbonatfilter** abgelöst. Um eine möglichst quantitative Ablösung der Sporen zu erreichen, hat es sich bewährt, diese Filter 15 min in 10 ml 0,9 % NaCl / 0,01 % TWEEN 80 bei 30 °C im Schüttelwasserbad zu schütteln und direkt vor dem Ausspateln 4 min kräftig zu vortexen. Die weitere Aufarbeitung der Suspension erfolgt wie oben.

#### 6.1.4.3 Nachweisverfahren

##### 6.1.4.3.1 Voraussetzungen

Neben der Bestimmung der Gesamt-KBE ist eine Differenzierung der häufigsten und der besonders relevanten Schimmelpilzarten erforderlich. Dies gilt insbesondere für Schimmelpilze, die einen deutlichen Hinweis auf Feuchteschäden geben und Schimmelpilze, bei denen aus medizinischer Sicht eine besondere gesundheitliche Belastung - toxische bzw. pathogene Wirkungen - wahrscheinlich ist.

- Nicht alle Schimmelpilzarten lassen sich auf demselben Nährmedium unter den gleichen Temperaturbedingungen kultivieren. Daher ist je nach Fragestellung eine Anzucht unter verschiedenen Bedingungen erforderlich.
- Schimmelpilze können sich gegenseitig in ihrem Wachstum behindern. Daher sollten auf Platten, die ausgewertet werden sollen, nicht mehr als 100 KBE pro Platte vorhanden sein. Spezielle Gattungen, wie z. B. *Chrysonilia*, *Botrytis*,

*Mucor*, *Rhizopus*, *Trichoderma* und auch die Spezies *Aspergillus niger* können die Platte sehr schnell überwuchern. In solchen Fällen sind rechtzeitig Subkulturen anzulegen.

- Auf den zur Schimmelpilzdiagnostik angewandten Nährmedien werden Hefen ebenfalls mitkultiviert. Sie sollten bei der Bestimmung der Gesamt-KBE-Zahl ausgezählt und bei der Auswertung genannt werden. Eine Differenzierung wird bei entsprechender Fragestellung empfohlen.
- Aufgrund der hohen Streuung der Bestimmung ist die Quantifizierung durch Mitteilung des Mittelwertes von mindestens drei Platten vorzunehmen.
- Die Schimmelpilzdifferenzierung setzt aufgrund der Vielzahl unterschiedlicher Spezies eine hohe Fachkenntnis voraus, die nur durch regelmässige Qualifizierung erworben werden kann.

#### 6.1.4.3.2 Durchführung

Als Bebrütungstemperatur wird  $25 \pm 3$  °C empfohlen, eventuell können fallweise auch zusätzlich z. B. 37 °C und 45 °C für thermotolerante Aspergillen gewählt werden.

#### Bestimmung der Gesamt-KBE

- Zur Bestimmung der Gesamt-KBE werden je nach Wachstum die Kolonien in der Regel ab dem 3. Tag täglich ausgezählt. Hier lassen sich die Kolonien oft am besten quantifizieren. Zur Bewertung kommt die Auszählung mit der höchsten Anzahl an KBE, bei der noch keine Sekundärsporen auftreten.

Je nach Belastung des Objekts, den zu erwartenden Schimmelpilzen und vor allem dem gewählten Nährmedium kann die Bebrütungszeit bis zu 10 Tagen und länger dauern. Zur Bestimmung der Gesamt-KBE-Zahl wird in der Regel das Ergebnis der DG-18-Platten verwendet. Schimmelpilze, die auf DG-18 nicht kultiviert werden können, wie z. B. *Stachybotrys chartarum* oder *Chaetomium* spp. werden auf Malzextrakt kultiviert, ausgezählt und zu der auf der DG-18 Platte ermittelten KBE-Zahl zur Gesamt-KBE-Zahl zusammengeführt.

#### Differenzierung

- Eine visuelle Zuordnung zu bestimmten Gattungen anhand kulturmorphologischer Merkmale erfolgt durch eine erste Betrachtung, je nach Ausprägung, ab dem dritten bzw. vierten Tag. Es wird empfohlen, täglich die Weiterentwicklung zu verfolgen.
- Indikatororganismen sind auch bei geringer Anzahl (s. Bewertung, Tab. 4 und 5) zu differenzieren und zu quantifizieren. Dazu ist es erforderlich, dass die Schimmelpilzspezies in allen Verdünnungsstufen ausgewertet werden und in die Beurteilung mit einfließen. Dazu ist in den niedrigen und hohen Verdünnungsstufen eine semiquantitative Bewertung zur Quellenauffindung unabdingbar erforderlich ist.
- Darüber hinaus werden weitere identifizierte Gattungen nach der Häufigkeit des Vorkommens gemäss Fragestellung angegeben.
- Die Differenzierung der Schimmelpilzspezies erfolgt aufgrund der Morphologie des makroskopischen und mikroskopischen Bildes. Dazu ist ein Stereo-Auflicht-Mikroskop für Platten und ein Mikroskop mit bis zu 1000-facher Vergrößerung erforderlich. Eine Subkultivierung zur sicheren Differenzierung kann erforderlich sein. Die Differenzierung sollte an Hand üblicher Differenzierungsschlüssel (s.

Anhang) erfolgen, wobei es sich bei diffizileren Fragestellungen wie z. B. Aspergillen, Dematiaceae, Fusarien, Penicillien, Hefen empfiehlt mehrere Handbücher zu verwenden.

Als geeignete Methoden zum mikroskopischen Nachweis kann

- die Zupfmethode mit Platinnadeln
  - oder das Klebefilmabrisspräparat
- genutzt werden. Beide Präparationen können mit Baumwollblau bzw. Lactophenolblau angefärbt werden.

Zum Nachweis der verschiedenen Spezies ist sowohl eine Auswertung der DG18-Platten und der Malzextrakt-Platten vorzunehmen, als auch eine Auswertung möglicher Selektivnährmedien bzw. die Ergebnisse der 37 - 45°C-Bebrütung heranzuziehen. Alle Platten sind auszuwerten.

#### **6.1.4 Staubprobenahme (Stand 11.2004)**

Die Staubprobenahme erfolgte erst nach abgeschlossener Luftprobenahme. Der Staub für die Bestimmung der kultivierbaren Schimmelpilze wurde nach dem in der VDI 4300, Blatt 8, „Messen von Innenraumluftverunreinigungen-Probenahme von Hausstaub“ [19] vorgegebenen Verfahren durch Absaugen des Teppichs oder Teppichbodens gewonnen. Die Staubprobenahme wurde mit einem definierten Saugvolumen von mindestens 15 l/min (Laborpumpe bzw. Industriestaubsauger) und einem speziellen Filterhalter durchgeführt. In dem Filterhalter befand sich ein Polycarbonatfilter (0,8 µm) mit einem Durchmesser von 5 cm. Die Saugöffnung des Filterhalters betrug ca. i.D. 0,6 cm. Er war sterilisierbar bzw. desinfizierbar und konnte eine Staubmenge von bis zu 5 g aufnehmen. Die Filter wurden in einer sterilen Kunststoffdose vorgewogen. In 10 min waren 4x0,5 m<sup>2</sup> Teppich bzw. Teppichboden auf den selben Filter abzusaugen. Nach der Beprobung jeder Wohnung wurde der Filterhalter nass gereinigt und sterilisiert. Das Sieben der Probe erfolgte mit einem Spezielsiebsatz der Firma Linker Industrie-Technik GmbH, Bunsenstr. 200, 34127 Kassel. Der Siebsatz enthielt folgende Siebe 400 µm, 150 µm, 63 µm (s. Abbildungen). Um die Abtrennung der Feinstaubfraktion vom Grobstaub zu verbessern, erfolgte die Siebung unter mechanischem Schütteln auf einer Siebschüttelmaschine unter Zugabe von Achatkugeln (3 Kugeln mit 1 cm Durchmesser auf dem 400 µm Sieb, je 5 Kugeln mit 0,5 cm Durchmesser auf dem 150 und 63 µm Sieb) und ständigem Durchsaugen von 1 l/min Luft (Siebzeit: 5 min, Schüttelamplitude 1,50 mm/“g“). Der Staub wurde in der Siebschüttelmaschine auf den bei der Staubgewinnung verwendeten Polycarbonatfilter gesiebt. Die < 63 µm Staubfraktion wurde einschließlich Filter jeweils mit dem 100fachen ihres Gewichts mit einer 0,9 % NaCl/0,01 % TWEEN 80-Lösung versetzt und 30 min mit einem Rundschüttler (500 U/min) in der zur Probengewinnung zuvor mit dem Polycarbonatfilter ausgewogenen Dose geschüttelt. Jeweils 100 µl der erhaltenen Suspension und weiterer Verdünnungen von 1:10 und 1:100 dieser Ausgangssuspension wurden auf jeweils drei DG18-Schalen und jeweils drei Malzextrakt-Schalen für die Bebrütung bei (25 ± 3) ° C und aus jeder Verdünnungsstufe drei Malzextrakt-Schalen für die Bebrütung bei (36 ± 2) ° C ausgespatelt. Die Staubprobe wurde bezüglich ihrer Beschaffenheit (Fasern, Grobanteile usw.) beschrieben. Um die Staubprobe besser charakterisieren zu können, wurden alle Staubfraktionen gewogen und das Gewicht notiert.





## **6.2 Probenahmeverfahren, Probenaufarbeitung und Nachweisverfahren der Partikelauswertung**

### **6.2.1 Probenahmeverfahren**

Bei der Luftpartikelsammlung werden die partikulären Bestandteile eines definierten Luftvolumens auf einen Objektträger mit spezieller Adhäsionsbeschichtung impaktiert. Die Proben werden mit Lactophenolblaulösung angefärbt und können mikroskopisch ausgewertet werden.

Mit der Luftpartikelsammlung können im Gegensatz zur Lebendkeimsammlung tote Sporen erfasst werden und solche, die auf Standardnährmedien nicht keimfähig sind (viele Basidiosporen und Ascosporen) oder eine geringe Keimfähigkeit haben.

Insbesondere wird die Methode verwendet, um die Sporen von *Stachybotrys chartarum* zu erfassen, die einerseits häufig eine geringe Keimfähigkeit haben und andererseits aufgrund ihres Toxingehaltes eine besondere gesundheitliche Bedeutung besitzen. Weiterhin können neben zellulären Einheiten auch Zellfragmente, Bakterienaggregate, Pollen, Hautschuppen, Fasern, Haare sowie mineralische und organische Staubbestandteile einer Probe beurteilt werden.

Für die Sammlung von Luftpartikeln eignen sich z.B. Schlitzsammler verschiedener Hersteller (Holbach, Air-O-Cell, Allergenco, u.a.). Die aufgeführten Geräte werden mit einem Luftvolumenstrom zwischen 15-30 Litern/min betrieben. Das Sammelvolumen sollte im Normalfall bei 200 l liegen.

#### **6.2.1.1 Voraussetzungen**

- Fenster mindestens 6-8 Stunden vor der Messung schliessen
- Außenluftprobenahme auf der Windseite, aber nicht bei extremen Windverhältnissen oder bei Regen. Soweit eine Verschiebung des Messtermins nicht möglich ist, eine überdachte, windgeschützte Stelle auf der Windseite des Gebäudes wählen und bei der Auswertung der Ergebnisse mögliche Störeinflüsse bedenken.
- Messung in einer Höhe von mehr als 1-1,2 m
- Das Probenvolumen ist den Bedingungen anzupassen, i.d.R. 50-200 l Luft.
- Einhaltung und Kontrolle des in der Gerätespezifikation beschriebenen Volumenstroms
- Reinigung des Sammlers zwischen den einzelnen Sammlungen

#### **6.2.1.2 Vor- und Nachteile der Methode**

Eine besondere Bedeutung hat die Luftpartikelsammlung nach einer Sanierung von Pilzschäden, bei der Fungizide eingesetzt wurden. Nach Abtötung der Pilze im Schadensbereich können noch hohe Konzentrationen nicht mehr keimfähiger Sporen und Myzelien sowie Zellfragmente in der Luft vorhanden sein.

Weiterhin können mit der Luftpartikelsammlung geringe Konzentrationen charakteristischer Pilzsporen wie z.B. *Stachybotrys chartarum* oder *Chaetomium* sp. erfasst werden. Die Erfassung auch geringer Konzentrationen dieser Pilzarten ist besonders wichtig. Einerseits werden diese Arten mit der Luftkeimsammlung

aufgrund ihrer geringen Keimfähigkeit oft übersehen, andererseits werden insbesondere die Sporen von *Stachybotrys chartarum* vergleichsweise schlecht an die Luft abgegeben, so dass auch bei grossflächigem Materialbefall nur geringe Konzentrationen in der Luft nachgewiesen werden können.

Der Einsatz von Luftpartikelsammlungen ist auch in vielen Fällen notwendig, in denen sehr hohe Pilzkonzentrationen erwartet werden. In solchen Fällen werden durch den Einsatz von Luftkeimsammlungen häufig Pilzarten bzw. -gattungen mit einer vergleichsweise geringen Sporenbildung oder einer erschwerten Sporenabgabe (wie z.B. *Chaetomium*, *Alternaria*, *Ulocladium* oder *Stachybotrys chartarum*) nicht erfasst, weil deren Entwicklung durch Pilzarten mit sehr starker Sporenbildung (wie z.B. Arten der Gattungen *Penicillium* oder *Aspergillus*) unterdrückt wird.

Weiterhin kann mit der Luftpartikelsammlung die Konzentration sehr stark sporulierender Pilzarten, die bei der Luftkeimsammlung zu einer Überfrachtung der Nährmedien führen, genauer erfasst werden.

Eine weitere Stärke von Luftpartikelsammlungen ist die Erfassung von typischen Außenluftsporen, die auf Standardnährmedien nicht anwachsen oder sterile Kulturen bilden. Der Gehalt dieser Sporen in Innenraumluftproben kann als Indiz für eine Außenluftbeeinflussung genutzt werden und ist in Relation zum Gehalt in der Außenluft zu werten.

Im Gegensatz zur Luftkeimsammlung ist es möglich, mit der Luftpartikelsammlung die Sporenzahl von Sporenaggregaten zu erfassen. Derartige Aggregate bestehen aus mehreren Sporen einer Art, die sich zusammen vom Sporenträger gelöst haben. Es ist davon auszugehen, dass Sporenaggregate eine höhere allergologische Wirkung haben als Einzelsporen.

Zusätzlich zum Pilzsporengehalt kann die Konzentration von Bakterienaggregaten, Pollen, Hautschuppen, Fasern, Haaren und mineralischen oder organischen Staubbestandteilen einer Probe beurteilt werden.

Als wesentliche Einschränkungen der Luftpartikelsammlung sind zu nennen:

- Geringere Empfindlichkeit als bei der Kultivierung
- Pilzgattungen mit ähnlichen Sporen wie z.B. *Penicillium* und *Aspergillus* können nur als Summe eines Sporentyps angegeben werden.
- Da die meisten mykotoxinbildenden und fakultativ pathogenen Pilzarten uncharakteristische Sporen haben und nicht eindeutig identifiziert werden können, sollte die Luftpartikelmethode in Kombination mit der Lebendkeimbestimmung eingesetzt werden.
- Die Auswertung kann durch Störfaktoren (z.B. viele Hautschuppen, Staub) beeinträchtigt werden.
- Hohe Arbeitsintensität; auf eine Absicherung durch Parallelmessungen muss meist verzichtet werden
- Nur ein kleiner Anteil der Probe wird ausgewertet

### **6.3 Probenahmeverfahren, Probenaufarbeitung und Nachweisverfahren von mikrobiellen flüchtigen organischen Stoffwechselprodukten (MVOC) von Mikroorganismen**

#### **6.3.1 Einleitung**

Die Untersuchung der MVOC erwies sich in der Praxis als gut geeignet, verdeckte mikrobielle Schäden zu charakterisieren und zu lokalisieren. Obschon erst wenige Erkenntnisse zur Koinzidenz von mikrobiellen Geruchsstoffen und Schimmelpilzen in Innenräumen in angesehenen Fachzeitschriften veröffentlicht wurden, berichten die mit der Bestimmungsmethode vertrauten Gutachter über gute Übereinstimmungen.

Die fehlende Datengrundlage begründet sich darin, dass zur Feststellung einer Korrelation nicht nur beide Parameter (chemische und mikrobiologische Expositionsparameter) differenziert erfasst werden müssen, sondern auch eine grosse Anzahl von vergleichbaren Studien herangezogen werden muss.

Neuere Publikationen zeigen eine gute Korrelation zwischen Gehalten an MVOC und mikrobiellen Schäden einerseits, sowie zwischen mikrobiellen Schäden und dem Auftreten von Beeinträchtigungen der Gesundheit bei Bewohnern andererseits (Alsen-Hinrichs et al., 1998).

Eine Abschätzung der Größe des Schadens aufgrund einer MVOC-Bestimmung ist nur sehr eingeschränkt möglich und erfordert viel Erfahrung. Eine gesundheitliche Bewertung eines Schimmelpilzschadens aufgrund einer MVOC-Bestimmung ist allerdings beim jetzigen Stand des Wissens nicht möglich.

#### **6.3.2 Voraussetzungen**

Damit Störgrößen, welche die Aussagekraft der Untersuchung beeinflussen können, ausgeschlossen werden, müssen folgende Bedingungen erfüllt sein:

1. Zimmerpflanzen, Blumen sowie Aquarien sollten, soweit technisch möglich, spätestens einen Tag vor der Probenahme aus dem entsprechenden Raum entfernt werden.
2. Es muss sichergestellt werden, dass in den zu untersuchenden Räumlichkeiten während des Tages bis zum Abschluss der Probenahme nicht gekocht und vor allem nicht gebacken wurde. Ebenso hat das Rauchen im gesamten Wohnbereich zu unterbleiben.
3. 6 – 8 Stunden vor der Probenahme muss mindestens 1/2 Stunde lang das zu beprobende Zimmer gut gelüftet werden. Nach der Belüftung werden alle Fenster und Türen verschlossen, das Zimmer darf bis zur Probenahme von niemandem betreten werden.
4. Die Probenahme wird in der Mitte des Zimmers oder in der Nähe eines vermuteten Schadens durchgeführt. Während dieser Zeit darf das Zimmer nicht betreten werden.

#### **6.3.3 Allgemeine Anmerkungen zur Analytik**

Die MVOC werden aktiv auf Tenax-Röhrchen bzw. auf Aktivkohleröhrchen (Anasorb, granuliert) angereichert, damit Mengenangaben auf einen Rauminhalt bezogen werden können (s. auch VDI 4255 in Vorbereitung). Nach

Thermodesorption bzw. Elution werden die MVOC mittels GC/MS bestimmt. Die Adsorptionsröhrchen (Anasorb bzw. Tenax) müssen vor ihrer Anwendung auf Eignung, wie z.B. auf Blindwerte und Durchbruchsvolumina überprüft werden. Der MVOC-Nachweis sollte, wenn möglich, als Doppelbestimmung durchgeführt werden. Es ist jeweils zu kontrollieren, dass es bei der Probenahme nicht zum Durchbruch einzelner Substanzen kommt.

### 6.3.3.1 Methode 1: Elution von Aktivkohle (Aktivkohle-Verfahren)

#### ***Durchführung der Probenahme***

Probenahmezeit:	4 h
Volumenstrom	0,5 bis 1,0 l/min
Probevolumen:	120 bis 240 l

Direkt nach der Probenahme werden die Adsorptionsröhrchen mit Polypropylenkappen verschlossen.

#### ***Elution der MVOC von der Aktivkohle***

Elutionsmittel:	1 ml Dichlormethan
Elutionszeit	45 min mittels z. B. rollieren

#### ***GC/MS-Bestimmung der MVOC***

Gerät:	z.B. Hewlett-Packard HP 5890II oder HP 6890
Injektionstechnik:	splitlos
Injektortemperatur:	260°C
Injektionsvolumen:	2µl
Säule:	J&W DB5, Methylpolysiloxane (5% Phenyl), Filmdicke 1µm, Länge 60 Meter, Innendurchmesser 0,32mm
Trärgas:	Helium 6,0
Säulendurchfluss:	1ml/min
Säulendruck:	58 kPa
Temperaturprogramm:	5 min 35°C, dann mit 8,0°C/min auf 290°C für 20 min
Massenselektiver Detektor im SIM-Modus:	z. B Hewlett-Packard HP 5971 oder HP 5972 (Quadrupol) mittels EI
Interface-Temperatur:	290°C

**Quantifizierung:** mittels kommerziell erhältlicher Standards. Dazu wird nach jeder sechsten Probe das Eluat eines Aktivkohle-Röhrchens untersucht, dass zuvor mit einer Lösung der MVOC-Standards in Dichlormethan beaufschlagt worden war.

**Überprüfung des Blindwertes:** zweimal je Sequenz

### 6.3.3.2 Methode 2: Kopplung von GC/MS und Thermodesorption

#### Durchführung der Probenahme

Probenahmezeit: max. 1 h  
Volumenstrom 10 ml/min (bei Tenax)  
Probevolumen: 600 ml

Adsorbtiionsröhrchen: Tenax TA, GR (60/80)

Direkt nach der Probenahme werden die Adsorbtiionsröhrchen mit Metallkappen (Teflondichtung) verschlossen.

#### Desorption mittels Thermodesorption

Desorptionsbedingungen: 250°C für 3 min,  
Ventil-Temperatur: 180°C  
Kryo-Fokussierung bei: -30°C  
transfer line Temperatur: 200°C, Säulendruck 165 kPa  
Desorbflow: 100 mL/min  
Inletflow: 60 mL/min, Inletsplit geschlossen  
Outletflow: 10 mL/min, Outletsplit offen

#### GC/MS-Bestimmung der MVOC mittels Thermodesorption

Gerät: z.B. Perkin Elmer ATD 400, Perkin Elmer 4000  
Injektionstechnik: splitlos  
Injektortemperatur: 260°C

Säule: Restek RTX 5: 60 m, 0,25 mm ID, 2.5 µm df 5%  
Polyphenylsilicon, Polymer stabil bis 330°C  
Trärgas: Helium 6,0  
Säulendurchfluss: 10 ml/min  
Säulendruck; Säulendruck 165 kPa.  
Temperaturprogramm: 37°C für 8 min, 5°C pro min bis 90°C, 90°C für 0.1 min, 10°C pro min bis 330°C

Massenselektiver  
Detektor im SIM-Modus: z. B , Finnigan ITD 800 Massenspektrometer; ATD  
400 mit Ion Trap mittels EI  
Interface-Temperatur 290°C.

Quantifizierung: mittels kommerziell erhältlicher Standards. Dazu wird nach jeder sechsten Probe ein dampfförmig beaufschlagtes Tenax-Röhrchen untersucht.

Überprüfung des Blindwertes: jede zehnte Probe

## **6.4 Probenlagerung und Probenversand**

### **Kulturelle Proben**

Folgende allgemeine Empfehlungen sind bei der Probenlagerung und dem Probenversand zu beachten:

- Spätestens 48 h nach der Probenahme sollte die Probe im Untersuchungslabor eingetroffen sein und sofort aufgearbeitet werden.
- Bis zum bzw. während des Probenversands sollten die zu bebrütenden Nährböden abgeklebt und in sterilen Tüten verpackt bei ca. 20 °C gelagert werden. Die Lagertemperatur sollte aber auf keinen Fall die spätere Bebrütungstemperatur überschreiten.
- Die beaufschlagten Filter für die indirekte Bestimmung sowie die Staub- und Materialproben sollten bis zum Versand bei ca. 4° C aufbewahrt werden. Der Versand sollte gekühlt erfolgen.

### **Gesamtpartikel und Tesafilmabrisspräparate**

Die Objektträger werden sofort in entsprechende Transporthüllen verpackt und umgehend in das Untersuchungslabor geschickt.

### **MVOC**

Die Probenahmeröhrchen werden nach der Probenahme sofort verschlossen und bruchstabil umgehend in das Untersuchungslabor geschickt.

## 7 Indikatororganismen aus baulicher Sicht, Pilze mit hoher Indikation für Feuchteschäden

Die Untersuchung von Materialproben ermöglicht den direkten Nachweis eines Schimmelpilzschadens. Die Untersuchung von Luft- und Staubproben dient der Überprüfung, ob mit einer Quelle im Innenraum zu rechnen ist und bei einem positiven Befund dem Nachweis der von einem sichtbaren Schaden ausgehenden Belastung.

Eine quantitative Erfassung (Gesamt-KBE) der Schimmelpilze reicht dafür nicht aus. Es ist in jedem Fall notwendig, die qualitative Zusammensetzung der Pilzflora zu bestimmen. Erfahrungsgemäss stellt sich dabei oft das Problem, Belastungssituationen von normalen Hintergrundwerten abzugrenzen.

Da Schimmelpilze ubiquitär vorkommen, ist es entscheidend, für eine Interpretation der Ergebnisse insbesondere solche Pilze zu berücksichtigen, die häufig mit Feuchteschäden oder anderen spezifischen Innenraumquellen assoziiert sind. Diese Pilze werden im folgenden als Indikatororganismen bezeichnet.

Grundsätzlich setzt eine Bewertung von Luft- und Staubproben mittels Indikatororganismen eine exakte Differenzierung der Pilze voraus. Gleichwohl ist es, auch wenn diese Grundvoraussetzung gegeben ist, nicht möglich, Tabellen mit Indikatororganismen schematisch zu verwenden. Solche Listen können nur als Werkzeug verstanden werden, um im Gesamtzusammenhang zu einer Bewertung der Situation zu kommen.

Zu einer sachgerechten Bewertung ist neben einer Berücksichtigung der Gesamtsituation einschliesslich der bauphysikalischen Gegebenheiten die genaue Kenntnis der Probenahmebedingungen bzw. eine fachgerecht durchgeführte Probenahmeplanung und Probenahme unerlässlich.

Schimmelpilze, die im Innenraum fast ausschliesslich bei Feuchteschäden nachweisbar sind, geben in der Regel schon in niedrigen Konzentrationen einen starken Hinweis auf den verursachenden Feuchteschaden.

Schimmelpilze, die häufig mit Feuchteschäden assoziiert sind, aber auch aus anderen Quellen stammen können, geben, wenn sie im Vergleich zur Außenluft verstärkt im Innenraum auftreten, einen Hinweis auf spezifische Schimmelpilzquellen. Ihre Aussagekraft hinsichtlich des Nachweises einer durch einen Feuchteschaden verursachten Pilzbelastung ist aber deutlich geringer.

In der nachfolgenden Auflistung werden die nach dem jetzigen Stand des Wissens wichtigsten Pilze eingestuft, die einen starken Hinweis auf einen verursachenden Feuchteschaden geben.

Die Zusammenstellung erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit und ist gegebenenfalls neueren Erkenntnissen anzupassen.

Weiterhin schliesst die Liste nicht aus, dass das im Vergleich zur Außenluft verstärkte Auftreten von weiteren Pilzarten, die häufig mit Feuchteschäden assoziiert sind (wie z.B. *Penicillium expansum*, *Wallemia sebi*, *Ulocladium chartarum*, *Cladosporium sphaerospermum*), ebenfalls als Hinweis auf einen Feuchteschaden zu werten ist. Es ist deshalb darauf hinzuweisen, dass Schimmelpilze, die im Vergleich



zur Außenluft verstärkt im Innenraum auftreten, in jedem Fall zu bestimmen und bei der Bewertung im besonderen zu beachten sind.

### **Pilze mit hoher Indikation für Feuchteschäden**

#### **Pilzspezies (-gattung)**

- 1 *Acremonium* spp.
- 2 *Aspergillus penicillioides*
- 3 *Aspergillus restrictus*
- 4 *Aspergillus versicolor*
- 5 *Chaetomium* spp.
- 6 *Phialophora* spp.
- 7 *Scopulariopsis brevicaulis*
- 8 *Scopulariopsis fusca*
- 9 *Stachybotrys chartarum*
- 10 *Tritirachium (Engyodontium) album*
- 11 *Trichoderma* spp.

Grundsätzlich ist zu prüfen, ob die aufgelisteten Pilze auch in der Außenluft vorkommen. Wenn dies der Fall ist, sollte die Ursache dafür geklärt werden (z.B. kann je nach dem Probenahmestandort die Außenluft auch durch eine belastete Innenluft beeinflusst sein).

Weiterhin sollte beachtet werden, dass die Beurteilung einer Innenraumbelastung durch Mikroorganismen nicht auf Schimmelpilze begrenzt werden darf, sondern dass auch Bakterien, wie z.B. Actinomyceten, einzubeziehen sind. Eine Bearbeitung dieses Themas ist geplant und entsprechend der Ergebnisse wird zu einem späteren Zeitpunkt eine Eingruppierung der Bakterien folgen.

## 8 Beurteilung aus hygienischer Sicht

Zur Beurteilung, ob im Innenraum eine Schimmelpilzbelastung vorliegt, sind alle Ergebnisse unter Beachtung der Hinweise im Kapitel Probenahmeverfahren, Probenaufarbeitung und Nachweisverfahren von Schimmelpilzen und deren Stoffwechselprodukten zusammen mit den Angaben des Begehungsprotokolls, physikalischen Daten, wie z.B. rel. Feuchtigkeit, feuchte Wände bzw. Material, Temperaturdifferenz und Luftaustauschrate, Informationen der Betroffenen und gegebenenfalls des behandelnden Arztes im Gesamtzusammenhang auszuwerten.

Ergibt die Beurteilung, dass eine Schimmelpilzquelle im Innenraum vorliegt, sollte entsprechend der Dringlichkeit und unter Beachtung des Standes des Wissens eine Sanierung erfolgen. Schimmelpilzquellen im Innenraum sind aufgrund des Prinzips des vorbeugenden Gesundheitsschutzes zu beseitigen.

Die nachfolgend aufgestellten Beurteilungsschemata stellen eine Hilfe dar, um die Schwere einer Belastung aus hygienischer Sicht zu beurteilen.

Wenn sich auch in den letzten Jahren typische Beschwerdebilder herauskristallisiert haben, sind die Kenntnisse über die genaue Pathogenese von Wirkungen der Schimmelpilze auf den Menschen zur Zeit noch lückenhaft, so dass wissenschaftlich abgesicherte Aussagen hierzu nur sehr eingeschränkt möglich sind. **Für eine medizinische Bewertung sollte in jedem Fall ein Arzt hinzugezogen werden.**

Da viele Symptome im Zusammenhang mit gesundheitlichen Beschwerden, die auf Schimmelpilze zurückgeführt werden, unspezifisch sind, sollte ein spezieller Fragebogen für die anamnestische Erhebung verwendet werden.

Bei der Beurteilung der Wirkung von Schimmelpilzen ist auch zu beachten, dass bei ihnen ein allgemeiner Dosis-Wirkung-Zusammenhang zwischen Messungen von lebenden Pilzen in der Raumluft und gesundheitlichen Beschwerden nur sehr schwer nachzuweisen sein wird, da auch abgestorbene Schimmelpilze und von ihnen freigesetzte Stoffe Wirkungen haben können und der Toxin- und Allergengehalt der Pilze auch innerhalb einer Spezies stark variieren kann.

Das toxische und das allergene Potential von Schimmelpilzen ist von vielen Faktoren (Wachstumszustand, Lebensbedingungen, Stressfaktoren, spezifische Spezies) abhängig. Mit Hilfe der z. Z. allgemein anwendbaren Bestimmungsmethoden lässt sich dieses Potential, wenn überhaupt, nur sehr eingeschränkt nachweisen.

Weiterhin sollte beachtet werden, dass die Beurteilung einer Innenraumbelastung durch Mikroorganismen nicht auf Schimmelpilze begrenzt werden darf, sondern dass auch Bakterien, wie z.B. Actinomyceten, einzubeziehen sind. Eine Bearbeitung dieses Themas ist geplant. Zu einem späteren Zeitpunkt wird eine Eingruppierung der Bakterien erfolgen.

### 8.1. Bewertung von Materialproben

In der Regel sind Schimmelpilzbelastungen im Innenraum auf kontaminierte Materialien zurückzuführen. Sofern eine gezielte Entnahme von belasteten Materialproben

möglich ist, sollten derartige Proben für die Beurteilung eines Schadens herangezogen werden.

In Tabelle I werden drei Kategorien zur Einstufung einer Belastung von Materialproben mit Schimmelpilzen vorgeschlagen.

**Kategorie 1:** Normalzustand bzw. geringfügiger Schaden

**Kategorie 2:** Geringer bis mittlerer Schaden. Die Freisetzung von Pilzbestandteilen sollte unmittelbar unterbunden und die Ursache mittelfristig ermittelt und saniert werden.

**Kategorie 3:** Grosser Schaden. Die Freisetzung von Pilzbestandteilen sollte sofort unterbunden werden, die Ursache des Schadens ist unverzüglich zu ermitteln und zu beseitigen. Die Betroffenen sind auf geeignete Art und Weise über den Sachstand zu informieren, eine umweltmedizinische Betreuung sollte erfolgen. Nach abgeschlossener Sanierung hat eine Kontrolluntersuchung stattzufinden.

Die Angaben in den nachfolgenden Tabellen können nicht als Absolutwerte herangezogen werden. Bei einer Beurteilung sind immer der Einzelfall sowie ggf. besondere Umstände zu prüfen. Für die Einstufung in die nächst höhere Bewertungsstufe reicht die Überschreitung eines Bewertungskriteriums .

Beispiel für Tabelle 1: auch bei einem Befall mit geringer Oberfläche ist nach Kategorie 2 oder 3 vorzugehen, wenn zusätzlich auch tiefere Materialschichten betroffen sind. Ausserdem ist nicht nur die Fläche des Befalls, sondern auch die Art des Befalls (z.B. punktförmiges Wachstum gegenüber rasenartigem Wachstum) zu berücksichtigen.

**Tabelle 1: Bewertung von Materialproben mit Schimmelpilzbewuchs**

sichtbare und nicht sichtbare Materialschäden	Kategorie 1	Kategorie 2	Kategorie 3
Schadensausmass	keine bzw. sehr geringe Biomasse (z. B. geringe Oberflächenschäden < 20 cm <sup>2</sup> )	mittlere Biomasse; oberflächliche Ausdehnung < 0,5 m <sup>2</sup> , tiefere Schichten sind nur lokal begrenzt betroffen	grosse Biomasse; grosse flächige Ausdehnung > 0,5 m <sup>2</sup> , auch tiefere Schichten können betroffen sein

**Wichtige Anmerkungen zu sichtbarem Schimmel an Materialien!**

**Tiefenschäden:** wenn bei einem Oberflächenschaden der Pilzbewuchs tief in das Material geht, muss der Schaden entsprechend dem Befallsumfang ggf. höheren Kategorien zugeordnet werden.

Es ist zwischen einem **aktiven Befall** und einem abgetrockneten Altschaden oder einer Sporenkontamination zu unterscheiden: Bei einem aktiven Befall sollte fallbezogen durch die Sachverständigen entschieden werden, ob die Kategorie erhöht wird, denn:

1. Die Mikroorganismenpopulation kann sich relativ schnell ändern, und es können unerwartete krankheitserregende Schimmelpilzarten auftreten.
2. Es können kontinuierlich und über längere Zeit hohe Mengen lebensfähiger Sporen abgegeben werden (im Gegensatz dazu nimmt bei einem Altschaden die Sporenkonzentration und deren Lebensfähigkeit mit der Zeit ab).
3. Ein aktiver Schimmelpilzbefall stellt häufig die Nährstoffgrundlage für andere Organismen wie z. B. Milben dar. Nach Austrocknung eines Schadens nimmt in der Regel die Anzahl dieser Organismen schnell ab.

**Organismenzusammensetzung:** Ein häufiges bis überwiegendes Auftreten von Schimmelpilzarten, denen eine besondere gesundheitliche Bedeutung zugeordnet wird (z.B. *Aspergillus fumigatus*, *Aspergillus flavus*, *Stachybotrys chartarum*), führt zu einer Verschiebung in eine höhere Kategorie.

**8.2 Bewertung von Luftproben****8.2.1. Allgemein**

Die Entscheidung darüber, ob anhand von Luft- oder Staubproben eine Schimmelpilzquelle im Innenraum vorhanden ist, setzt einen hohen Sachverstand voraus. Eine schematische Herangehensweise ist problematisch. Es ist jeweils der konkrete Einzelfall unter Hinzuziehung aller vorhandenen Informationen zu beurteilen.

Neben den oben bereits angeführten bauphysikalischen Daten und der mit Hilfe der Fragebögen erhobenen Daten, muss bei der Beurteilung von Luft- und Staubproben der regionale und jahreszeitliche sowie tageszeitliche Einfluss der Außenluft auf die Spezieszusammensetzung und die Gesamt-KBE-Zahl bzw. der Sporenkonzentration beachtet werden.

Weiterhin ist zu beachten, dass erhöhte Messwerte von Luftproben (Luftkeimsammlung, Luftpartikelsammlung, MVOC) oder Staubproben nur Indizien für eine Schim-

melbelastung sein können. In Einzelfällen können z.B. Ergebnisse von Luftkeimsammlungen negativ ausfallen, obwohl ein Schaden vorliegt.

Um ein sinnvolles Sanierungskonzept aufstellen zu können, ist die Schimmelpilzquelle und deren Ursache zu ermitteln. Zur Ermittlung des Schadens und seines Ausmasses sollten befallene Materialien aufgespürt und untersucht werden.

Für die Erfassung von Innenraumquellen kommt der Spezies-Zusammensetzung eine wesentlich größere Bedeutung zu als der Gesamtkonzentration.

Die Erfassung der Spezies-Zusammensetzung einer Luftprobe oder Staubprobe ist notwendig, um das Auftreten von Pilzarten mit fakultativ krankheitserregender und toxischer Potenz zu ermitteln. Das Wachstum von Schimmelpilzen in Innenräumen, denen eine besondere gesundheitliche Bedeutung zugeordnet wird (z.B. *Aspergillus fumigatus*, *Aspergillus flavus*, *Stachybotrys chartarum*), sollten in Innenräumen unmittelbar unterbunden werden.

Ausserdem ist die Analyse der Artenzusammensetzung notwendig, um das verstärkte Auftreten von Pilzarten mit einer Indikation für Feuchteschäden und das Auftreten von anderen Pilzarten in ungewöhnlich hohen Konzentrationen zu erfassen. Die verschiedenen Pilzarten haben eine unterschiedliche Relevanz hinsichtlich ihrer Feuchteindikation. Während einige Pilze häufig auch in Blumentöpfen oder im Biomüll in erhöhten Konzentrationen auftreten können (z.B. *Penicillium* sp.), ist das Auftreten anderer Arten (z.B. *Stachybotrys* sp.) stärker auf Feuchteschäden begrenzt. Eine Auflistung von Schimmelpilzen, die häufig in feuchten Innenräumen festgestellt werden, ist im Kapitel Indikatororganismen aufgeführt.

Weiterhin ist zu berücksichtigen, dass die „Flugfähigkeit“ von Sporen verschiedener Pilzarten sehr unterschiedlich sein kann. Für die Beurteilung von Innenraumquellen ist es daher wichtig, die einzelnen Pilzarten nach dem Typ ihrer Sporenverbreitung zu unterscheiden. Die Erfahrung zeigt, dass Pilzarten mit sogenannten trockenen, gut flugfähigen Sporen bereits bei geringen Materialschäden zu erhöhten Sporenkonzentrationen in der Luft führen können.

Die Sporen dieser Arten sind in der Regel 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* gelten.

Wesentlich geringere Luftbelastungen werden dagegen festgestellt, wenn Materialien von Pilzen 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 Sporen der Pilzart *Stachybotrys chartarum*. Die Eigenschaften der Schimmelpilzarten, die häufig in Innenräumen festgestellt werden, sind in Kapitel 3 angegeben.

Die oben ausgeführten Anmerkungen (stark veränderlicher Außenlufteinfluss, unterschiedliche Relevanz einzelner Arten als Feuchteindikator oder aufgrund gesundheitlicher Belastung) verdeutlichen, dass es auch in Zukunft nicht möglich sein wird, ei-

nen einzelnen Richt- oder Grenzwert für eine Pilzbelastung in Luft- oder Staubproben anzugeben.

Als Bewertungs- und Orientierungshilfe können nach gegenwärtigem Erkenntnisstand die folgenden drei Konzentrationsbereiche umschrieben werden:

1. Konzentrationen, die als Hintergrundbelastung gelten
2. Übergangsbereich von geringen zu erhöhten Schimmelpilzbelastungen,
3. Bereich mit Konzentrationen, die mit hoher Wahrscheinlichkeit auf eine Innenraumquelle hinweisen.

### **8.2.2 kultivierbare Schimmelpilze**

Die Sporenkonzentration in der Luft kann starken Schwankungen unterliegen. Im Innenraum wird die Sporenkonzentration sehr entscheidend von den jeweiligen Probenahmebedingungen und insbesondere von den vorhandenen Aktivitäten im Raum beeinflusst. Besonders hohe Schwankungen sind bei Kurzzeitmessungen zu erwarten, da diese Momentaufnahmen darstellen und Pilzsporen nicht gleichmässig im Raum verteilt auftreten.

Es ist zu beachten, dass nicht alle Problemsituationen mit den vorgeschlagenen Schemata bewertet werden. So kann z.B. die Bewertung einer Luftprobe im Spätherbst schwierig sein, wenn der Sporengehalt der Außenluft in kurzer Zeit stark verringert wird (Oktober-November mit kalter und feuchter Witterung). In diesem Zeitraum können aus der Außenluft stammende Sporen, die über die Vegetationsperiode im Innenraum sedimentiert sind, das Ergebnis einer Luftprobe stärker beeinflussen (falls diese vor oder während einer Probenahme aufgewirbelt werden) und im Verhältnis zur Außenluft den Eindruck einer Belastung der Innenluft ergeben.

Ähnliches gilt bei sehr niedrigen Gesamt-KBE-Zahl in der Außenluft, wie sie z. B. im Winter bei längerer Kälteperiode auftreten. Hier ist ein Vergleich von Pilzkonzentrationen zwischen Außen- und Innenluft nicht durchführbar. Eine Bewertung unter derartigen Bedingungen erfordert Erfahrungen und Sachverstand. Umgekehrt können auch ungewöhnlich belastete Außenluftproben eine Interpretation der Ergebnisse erschweren.

Bei der Bewertung der Ergebnisse sollte ausserdem immer berücksichtigt werden, dass meist nur Kurzzeitmessungen durchgeführt werden. Die Anwendung der Tabellen setzt daher einen hohen Sachverstand voraus.

**Tabelle 2: Bewertungshilfe für Luftproben** (kultivierbare Schimmelpilze, die angegebenen KBE beziehen sich auf 1m<sup>3</sup>). Die drei Zeilen der Tabelle sind nicht als eigenständige Kriterien gedacht, sondern sind in einer umfassenden Auswertung gemeinsam zu betrachten.

Innenluft	Innenraumquelle unwahrscheinlich	Innenraumquelle nicht auszuschliessen <sup>1)</sup>	Innenraumquelle wahrscheinlich <sup>2)</sup>
Cladosporium sowie andere Pilzgattungen, die in der Außenluft erhöhte Konzentrationen erreichen können z.B. <i>Alternaria</i> , <i>Botrytis</i> , Hefen sowie Basidiomyceten bzw. sterile Myzelien	Wenn die KBE einer Gattung in der Innenluft unter dem 0,7 (+ 0,3) -fachen der Außenluft liegen $I_{typ A} \leq A_{typ A} \times 0,7 (+0,3)$	Wenn die KBE einer Gattung in der Innenluft unter dem 1,5 ± 0,5 -fachen der Außenluft liegen $I_{typ A} \leq A_{typ A} \times 1,5 (\pm 0,5)$	Wenn die KBE einer Gattung in der Innenluft über dem 2-fachen der Außenluft liegen $I_{typ A} > A_{typ A} \times 2$
Summe KBE der untypischen Außenluft-Spezies (S)	Wenn die Differenz der KBE-Summen Außen- zu Innenluft der untypischen Außenluft-Spezies unter 150 liegt $I_{\Sigma untyp A} \leq A_{\Sigma untyp A} + 150$	Wenn die Differenz der KBE-Summen Außen- zu Innenluft der untypischen Außenluft-Spezies unter 500 liegt $I_{\Sigma untyp A} \leq A_{\Sigma untyp A} + 500$	Wenn die Differenz der KBE-Summen Außen- zu Innenluft der untypischen Außenluft-Spezies über 500 liegt $I_{\Sigma untyp A} > A_{\Sigma untyp A} + 500$
eine Art der untypischen Außenluft-Spezies (!)	Wenn die Differenz der KBE von Außen- zu Innenluft einer untypischen Außenluft-Spezies unter 50 liegt $I_{Euntyp A} \leq A_{Euntyp A} + 50$	Wenn die Differenz der KBE von Außen- zu Innenluft einer untypischen Außenluft-Spezies unter 100 liegt $I_{Euntyp A} \leq A_{Euntyp A} + 100$	Wenn die Differenz der KBE von Außen- zu Innenluft einer untypischen Außenluft-Spezies über 100 liegt $I_{Euntyp A} > A_{Euntyp A} + 100$

1) Indiz für Quellensuche, 2) Indiz für kurzfristige intensive Quellensuche

**KBE** = Koloniebildende Einheit

**Typ A** = Konzentration einer typischen Außenluft Spezies bzw. Gattung (wie z. B. *Cladosporium*, sterile Myzelien, ggf. Hefen, ggf. *Alternaria*, ggf. *Botrytis*)

**$\Sigma untyp A$**  = Summe der Konzentrationen untypischer Außenluft-Spezies

**$Euntyp A$**  = eine Art der untypischen Außenluft-Spezies, insbesondere die der unter Kapitel Indikatororganismen aufgeführten Schimmelpilzespezies

**S** = Summe-KBE – KBE typischer Außenluft Spezies bzw. Gattung (wie z. B. *Cladosporium*, sterile Myzelien, ggf. Hefen, ggf. *Alternaria*, ggf. *Botrytis*)

**!** = die angegebenen Konzentrationen gelten für Pilzarten mit gut flugfähigen Sporen. Für thermotolerante Pilzsporen sowie Pilzsporen mit geringer Flugfähigkeit gelten deutlich geringere Konzentrationen

Hinweis : Die in der Tabelle angegebenen Bewertungsgrenzen sind als vorläufige Werte zu verstehen, die ggf. den praktischen Anforderungen noch stärker angepasst werden müssen. Bei einer sehr niedrigen Gesamt-KBE-Zahl in der Außenluft, wie sie

z. B. bei längerer grosser Kälte auftritt, ist das Bewertungskriterium des Vergleiches der Konzentration der typischen Außenluft Spezies bzw. Gattung (wie z. B. *Cladosporium*, sterile Myzelien, ggf. Hefen, ggf. *Alternaria*, ggf. *Botrytis*) in der Innenraumluft mit der in der Außenluft nicht anwendbar.

### 8.2.2 Gesamtsporenzahl

Neben dem Nachweis der kultivierbaren Schimmelpilze in der Luft kommt der direkt mikroskopischen Partikelbewertung, mit der die kultivierbaren und nicht kultivierbaren Schimmelpilze gemeinsam erfasst werden, eine grosse Bedeutung zu.

#### Tabelle 3: Bewertungshilfe von Luftproben (Partikelbewertung)

Die nachfolgenden Angaben beziehen sich auf Luftproben, die unter normalen Bedingungen gezogen wurden (keine gezielte Staubaufwirbelung), angegeben sind Sporen pro Kubikmeter.

Gesamtpilzsporen Holbach Objektträger	Innenraumquelle unwahrscheinlich	Innenraumquelle nicht auszuschliessen <sup>1)</sup>	Innenraumquelle wahrscheinlich <sup>2)</sup>
Sporentypen die in der Außenluft erhöhte Konzentrationen erreichen z.B. Typ Ascosporen Typ <i>Alternaria/Ulocladium</i> Typ Basidiosporen <i>Cladosporium</i> spp.	Wenn die Summe eines Sporentyps in der Innenluft unter dem 1 (+ 0,4) -fachen der Außenluft liegt $I_{typ A} \leq A_{typ A} \times 1 (+0,4)$	Wenn die Summe eines Sporentyps in der Innenluft unter dem 1,6 ( $\pm$ 0,4) -fachen der Außenluft liegt $I_{typ A} \leq A_{typ A} \times 1,6 (\pm 0,4)$	Wenn die Summe eines Sporentyps in der Innenluft über dem 2 -fachen der Außenluft liegt $I_{typ A} > A_{typ A} \times 2$
Typ <i>Penicillium/Aspergillus</i>	Wenn die Differenz Außen- zu Innenluft für den Sporentyp <i>Penicillium/Aspergillus</i> nicht über 300 liegt $I_{\geq P+A} \leq A_{\geq P+A} + 300$	Wenn die Differenz Außen- zu Innenluft für den Sporentyp <i>Penicillium/Aspergillus</i> nicht über 800 liegt $I_{\geq P+A} \leq A_{\geq P+A} + 800$	Wenn die Differenz Außen- zu Innenluft für den Sporentyp <i>Penicillium/Aspergillus</i> über 800 liegt $I_{\geq P+A} > A_{\geq P+A} + 800$
Typ <i>Chaetomium</i> spp.	Wenn die Differenz Außen- zu Innenluft der Chaetomiumsporen ausgeglichen ist $I_{Chaetom} \leq A_{Chaetom}$	Wenn die Differenz Außen- zu Innenluft der Chaetomiumsporen nicht über 5 liegt $I_{Chaetom} \leq A_{Chaetom} + 5$	Wenn die Differenz Außen- zu Innenluft der Chaetomiumsporen 5 übersteigt $I_{Chaetom} > A_{Chaetom} + 5$
<b><i>Stachybotrys chartarum</i></b>	Wenn die Differenz Außen- zu Innenluft der Stachybotryssporen ausgeglichen ist $I_{Stachy} \leq A_{Stachy}$	Wenn die Differenz Außen- zu Innenluft der Stachybotryssporen nicht über 2 liegt $I_{Stachy} \leq A_{Stachy} + 2$	Wenn die Differenz Außen- zu Innenluft der Stachybotryssporen 2 übersteigt $I_{Stachy} > A_{Stachy} + 2$
<b>diverse Pilzsporen , die nicht dem Typ Basidiosporen oder Ascosporen angehören</b>	Wenn die Differenz Außen- zu Innenluft der diversen Pilzsporen nicht über 400 liegt $I_{divers} \leq A_{divers} + 400$	Wenn die Differenz Außen- zu Innenluft der diversen Pilzsporen nicht über 800 liegt $I_{divers} \leq A_{divers} + 800$	Wenn die Differenz Außen- zu Innenluft der diversen Pilzsporen 800 übersteigt $I_{divers} > A_{divers} + 800$
<b>Myzelstücke</b>	Wenn die Differenz Außen- zu Innenluft der Myzelstücke nicht über 150 liegt $I_{Myzel} \leq A_{Myzel} + 150$	Wenn die Differenz Außen- zu Innenluft der Myzelstücke nicht über 300 liegt $I_{Myzel} \leq A_{Myzel} + 300$	Wenn die Differenz Außen- zu Innenluft der Myzelstücke 300 übersteigt $I_{Myzel} > A_{Myzel} + 300$

<sup>1)</sup> Indiz für Quellensuche <sup>2)</sup> Indiz für kurzfristige intensive Quellensuche

**A** = Außenluft, **I** = Innenluft

**typ A** = Sporentypen, die in der Außenluft erhöhte Konzentrationen erreichen wie z.B. Ascosporen, *Alternaria/Ulocladium*, Basidiosporen oder *Cladosporium* spp.



- ΣP+A** = Summe der Sporen vom Typ *Penicillium* und *Aspergillus*
- Chaetom** = Summe der Sporen vom Typ *Chaetomium* spp.
- Stachy** = Summe der Sporen vom Typ *Stachybotrys chartarum*
- divers** = Summe diverser uncharakteristischer Sporen, die nicht dem Typ Ascosporen Typ *Alternaria/Ulocladium*, Typ Basidiosporen oder *Cladosporium* spp. angehören
- Myzel** = Summe der Myzelstücke

**Hinweis:**

Die angegebenen Werte sind bisher statistisch nicht abgesichert. Eine Experten-  
gruppe am Landesgesundheitsamt Baden-Württemberg (LGA) bemüht sich in ab-  
sehbarer Zeit, die entsprechenden Daten zu erheben.

Bei einer geringen Sporenkonzentration (Indiz für Quellensuche) kann eine Beurtei-  
lung nur in Kombination mit einer Luftkeimsammlung erfolgen. Auch hier können wie  
bei der Bestimmung kultivierbarer Schimmelpilze nicht alle Problemsituationen mit  
dem vorgeschlagenen Schema bewertet werden und die Beurteilung setzt daher  
einen hohen Sachverstand voraus.

### 8.3. Bewertung von Staubproben

Für die Bewertung von Pilzen, die häufig bei Feuchteschäden im Innenraum auftre-  
ten und die typischerweise nicht über die Außenluft in erhöhten Konzentrationen  
eingetragen werden, ist die Aufstellung von Erfahrungswerten (Hintergrundkon-  
zentrationen) sinnvoll. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass Pilzarten, die häufig bei  
Feuchteschäden auftreten, entsprechend ihrer Sporenbildung, Sporenverbreitung  
und Überlebensdauer ein sehr unterschiedliches Konzentrationsniveau in belasteten  
Staubproben haben können.

Staubproben werden vor allem in den Sommermonaten durch Sporenkonzentratio-  
nen der Außenluft stark beeinflusst, da es nicht praktikabel ist, ist die Lüftung der zu  
untersuchenden Räume für einen längeren Zeitraum zu unterbinden.

Die Bildung von Anteilen einzelner Gattungen/Arten an der Gesamtkonzentration hat  
dementsprechend nur wenig Aussagekraft, sofern der Einfluss der jahreszeitlichen  
Außenluft nicht berücksichtigt wird.

Auch bei der Beurteilung von absoluten Konzentrationen muss die verwendete  
Methode und der Einfluss der Jahreszeit Berücksichtigung finden.

Im Jahreslauf sind insbesondere die Konzentrationen von Hefen, sowie *Cladospo-  
rium* spp. und sterilen Kolonien relativ hohen Schwankungen unterworfen.  
Mögliche Hintergrundkonzentrationen dieser Gruppen müssen daher weit gespannt  
sein.

Die Konzentrationen von *Aspergillus* spp. und *Penicillium* spp. gelten als relativ stabil  
im Jahresverlauf. Anzunehmende Hintergrundkonzentrationen dieser Gattungen

sollten daher in einem schmalen Bereich schwanken.

Bei der Beurteilung von Schimmelpilzen im Staub muss darüber hinaus die verwendete Aufarbeitungsmethode berücksichtigt werden. So haben z. B. gesiebte Staubproben in der Regel höhere Konzentrationen an Schimmelpilzen als ungesiebte Proben.

Die Diskussionen zu der am besten geeigneten Methode zur Bestimmung von Schimmelpilzkonzentrationen im Staub sind noch nicht abgeschlossen. Das Umweltbundesamt fördert derzeit in mehreren Forschungsprojekten Methodenentwicklungen und die Erhebung von Hintergrunddaten zu Schimmelpilzen im Hausstaub.

### 8.3.1. ungesiebte Staubproben

Nachfolgend sind Erfahrungswerte für **ungesiebte Staubproben** von Teppichböden angegeben.

**Tabelle 4: Bewertungshilfe von Staubproben (ungesiebt)**

Staubuntersuchung Proben ungesiebt	Hintergrund-belastung Innenraumquelle unwahrscheinlich	Innenraumquelle nicht auszuschliessen <sup>1)</sup>	Innenraumquelle wahrscheinlich <sup>2)</sup>
<b>Konzentrationen häufiger Pilzgattungen bzw. Arten im Staub KBE/m<sup>2</sup></b>			
<i>Cladosporium</i> spp.	* < 200 000	> 200 000 ≤ 400 000	> 400 000
Hefen	< 150 000	> 150 000 ≤ 300 000	> 300 000
sterile Kolonien	< 80 000	> 80 000 ≤ 200 000	> 200 000
<i>Penicillium</i> spp.	< 40 000	> 40 000 ≤ 80 000	> 80 000
<i>Aureobasidium</i> spp.	< 10 000	> 10 000 ≤ 20 000	> 20 000
<i>Aspergillus</i> spp.	< 20 000	> 20 000 ≤ 40 000	> 40 000
<i>Aspergillus fumigatus</i>	< 3 000	> 3 000 ≤ 15 000	> 15 000
<i>Aspergillus niger</i>	< 3 000	> 3 000 ≤ 15 000	> 15 000
<i>Aspergillus versicolor</i>	< 5 000	> 5 000 ≤ 20 000	> 20 000
<i>Alternaria</i> spp.	< 10 000	> 10 000 ≤ 30 000	> 30 000
<i>Eurotium</i> spp.	< 3 000	> 3 000 ≤ 15 000	> 15 000
Feuchteindikatoren mit hohem Sporenflug	< 3 000	> 3 000 ≤ 20 000	> 20 000
Feuchteindikatoren mit geringem Sporenflug	< 1 000	> 1 000 ≤ 3 000	> 3 000
Zusammensetzung	Allgemeine Misch- population	Konzentration an Feuchte- Indikatoren erhöht	Überwiegend Indikator- keime
Gesamt-KBE <u>ohne</u> <i>Aureobasidium</i> spp. <i>Cladosporium</i> spp. <i>Penicillium</i> spp. Hefen sterile Kolonien	< 20 000	> 20 000 ≤ 60 000	> 60 000
<b>Gesamt-KBE (Winter)</b>	< 50 000	> 50 000 ≤ 120 000	> 120 000
<b>Gesamt-KBE (Sommer)</b>	< 250 000	> 250 000 ≤ 600 000	> 600 000

<sup>1)</sup> Indiz für Quellensuche

<sup>2)</sup> Indiz für kurzfristige intensive Quellensuche

\* In den Wintermonaten ist davon auszugehen, dass die nachweisbaren Konzentrationen deutlich unter der der Sommermonate liegen.

Die angegebenen Werte sind bisher statistisch nicht abgesichert. Die Arbeitsgruppe bemüht sich in absehbarer Zeit, die entsprechenden Daten zu erheben.

### 8.3.2. gesiebte Staubproben

Für **gesiebte Staubproben** wird folgende Bewertungshilfe vorgeschlagen:

**Tabelle 5: Bewertungshilfe von Staubproben (gesiebt)**

<b>Staubuntersuchung</b> Proben <u>gesiebt</u> , Korngröße < 125 µm	<b>Hintergrund- belastung</b>  <b>Innenraumquelle unwahrscheinlich</b>	<b>Innenraumquelle nicht auszuschliessen<sup>1)</sup></b>	<b>Innenraumquelle wahrscheinlich<sup>2)</sup></b>
<b>Konzentrationen häufiger Pilzgattungen bzw. Arten im Staub KBE/g</b>			
<i>Cladosporium</i> spp.	*<500.000	>500.000	>2.000.000
Hefen	<400.000	>400.000	>2.000.000
sterile Kolonien	<170.000	>170.000	>1.000.000
<i>Penicillium</i> spp.	<120.000	>120.000	>300.000
<i>Aureobasidium</i> spp.	<70.000	>70.000	>300.000
<i>Aspergillus</i> spp.	<15.000	>15.000	>60.000
<i>Aspergillus fumigatus</i>	<5.000	>5.000	>30.000
<i>Aspergillus niger</i>	<5.000	>5.000	>30.000
<i>Aspergillus versicolor</i>	<9.000	>9.000	>40.000
<i>Alternaria</i> spp.	<15.000	>15.000	>60.000
<i>Eurotium</i> spp.	<5.000	>5.000	>40.000
Feuchteindikatoren mit hohem Sporenflug	<5.000	>5.000	>40.000
Feuchteindikatoren mit geringem Sporenflug.	<1.000	>1.000	>5.000
Zusammensetzung	Allgemeine Misch- population	Konzentration an Feuchte- Indikatoren erhöht	Überwiegend Indikator- keime
Gesamt-KBE <u>ohne</u> <i>Aureobasidium</i> spp. <i>Cladosporium</i> spp. <i>Penicillium</i> spp. Hefen sterile Kolonien	<60.000	>60.000	>150.000
Gesamt-KBE	*<500.000	>500.000	> 2.000.000

<sup>1)</sup> Indiz für Quellensuche

<sup>2)</sup> Indiz für kurzfristige intensive Quellensuche

\* In den Sommermonaten können bei hohen *Cladosporium*-Konzentrationen auch Werte um  $1 \times 10^6$  KBE/g in unbelasteten Proben auftreten

Die angegebenen Werte sind bisher statistisch nicht abgesichert. Die Arbeitsgruppe bemüht sich in absehbarer Zeit, die entsprechenden Daten zu erheben.

### 8.4. Bewertung von MVOC-Bestimmungen

Eine erste Zusammenstellung von Methoden zum Nachweis von MVOC wurde bereits im Rahmen der Richtlinienarbeit der Kommission Reinhaltung der Luft im VDI und DIN vorgenommen (Tilkes *et al.*, 1999). Die hier dargestellten Bewertungskriterien müssen möglicherweise den Ergebnissen laufender Forschungsarbeiten angepasst werden, so dass die vorliegende Zusammenstellung nicht den Anspruch erhebt, endgültig zu sein. Ausserdem ist zu beachten, dass die Bewertung einer Schimmelpilzbelastung mittels MVOC-Bestimmung z. T. von den verwendeten Methoden (Elutions-/ Thermodesorptionsmethode) abhängig ist.

Nicht alle flüchtigen Stoffwechselprodukte, die von Mikroorganismen produziert werden können, lassen eindeutig auf eine mikrobielle Herkunft schliessen. So werden zum Beispiel aliphatische Alkohole (Ethanol, Propanol, Butanol, etc.) häufig auch als technische Lösemittel verwendet. Ausserdem werden eine Vielzahl von MVOC auch von Pflanzen produziert (Duke) und sind in vielen Aromastoffen enthalten. Im Hinblick auf die Indikatorfunktion der MVOC ist es sehr wichtig, nur solche Verbindungen zur Bewertung heranzuziehen, die in überwiegender Masse im Innenraum von Mikroorganismen stammen. Dies hat gleichzeitig zur Folge, dass einige VOC, die von Mikroorganismen stammen können, jedoch wegen mangelnder Spezifität nicht als MVOC bei Expositionserfassungen berücksichtigt werden, nicht in die Bewertung einbezogen werden können (Wessén und Schoeps, 1996).

Im Einzelnen werden derzeit folgende Verbindungen als relevante MVOC betrachtet: 2-Methylfuran, 3-Methylfuran, 2-Pentylfuran, 2-Methyl-1-propanol, 2-Pentanol, 3-Methyl-1-butanol, 2-Methyl-1-butanol, 1-Okten-3-ol, 3-Oktanol, Dimethylsulfid, Dimethyldisulfid, Dimethylsulfoxid, 2-Hexanon, Ethyl-2-methylbutyrat, 2-Heptanon, 3-Oktanon, sec-Butylmethylether, Methylisopentylether, endo-Borneol, trans- $\beta$ -Farnesen, Geosmin.

Die Auswertung der Proben umfasst die Quantifizierung aller o.a. Verbindungen. Durch Vergleich der Ergebnisse mit einer Referenzprobe aus der Außenluft oder, falls möglich, aus einem „unbelasteten“ Raum kann eine Bewertung vorgenommen werden.

Als Hauptindikatoren für ein mikrobielles Wachstum im Innenraum werden 3-Methylfuran, Dimethyldisulfid, 1-Octen-3-ol, 3-Octanon und 3-Methyl-1-butanol angesehen. Bisher liegt keine umfassende Zusammenstellung möglicher sekundärer Quellen für MVOC vor, derartige Arbeiten werden jedoch zur Zeit in der Kommission Reinhaltung der Luft (KRdL) im VDI und DIN bearbeitet (KRdL 3/7/05 des Gemeinschaftsausschusses „Bioaerosole und biologische Agenzien“). Einige mögliche sekundäre Quellen für VOC mikrobieller Herkunft wurden von Fischer (2000) zusammengestellt (Tabelle 8).

Beim praktischen Einsatz von MVOC-Bestimmungen kann folgendes Bewertungsschema zugrunde gelegt werden. Hierbei muss man berücksichtigen, dass eine Einordnung in die drei Kategorien der Summenkonzentrationen einerseits und der Hauptindikatoren andererseits (Tabelle 6) immer vor dem Hintergrund der möglichen Exaktheit bei der chemisch-analytischen Bestimmung vorgenommen werden muss.

**Tabelle 6:** Bewertungsschema zur Interpretation von MVOC-Messungen (nach Lorenz 2001 verändert)

	<b>Kein Nachweis eines Hauptindikators</b>	<b>0,05 bis 0,10 µg/m³ bei mindestens einem Hauptindikator</b>	<b>&gt; 0,10 µg/m³ bei mindestens einem Hauptindikator</b>
<b>Summenkonzentration ≤ 0,5 µg/m³</b>	Kein mikrobieller Befall	Ein lokal begrenzter mikrobieller Befall, ein raumhygienisches Problem oder ein mikrobieller Befall in angrenzenden Gebäudeteilen liegt vor.	Ein mikrobieller Befall ist wahrscheinlich.
<b>Summenkonzentration &gt; 0,5 bis 1,0 µg/m³</b>	Es liegt vermutlich kein mikrobieller Befall, sondern evtl. ein raumhygienisches Problem vor.	Ein mikrobieller Befall im Gebäude ist wahrscheinlich.	Ein mikrobieller Befall ist sehr wahrscheinlich.
<b>Summenkonzentration &gt; 1,0 µg/m³</b>	Da keine Hauptindikatoren nachgewiesen wurden, ist ein mikrobieller Befall im Gebäude fraglich.	Ein mikrobieller Befall im untersuchten Raum oder in unmittelbar angrenzenden Räumen ist sehr wahrscheinlich.	Ein mikrobieller Befall muss vorhanden sein.

**Tabelle 7:** Beispiel einer MVOC-Analyse. Hier ist ein mikrobieller Schaden vorhanden, der unter Bezugnahme auf die Erkenntnisse verschiedener Untersucher/Gutachter ausgewertet wurde.

Verbindungen	Menge (µg/m³)	Bewertung nach:		
		Pegasus Labor	Keller <i>et al.</i> , 1998	Lorenz, 2001
3-Methylfuran	0.067		+	+
Dimethyldisulfid	0.039	k.AS	(+)	–
2-Pentanol	0.065		+	+
3-Methyl-1-butanol	0.51	+	+	++
1-Octen-3-ol	0.45	+	+	++
2-Hexanon	0.47	FK	+	++
2-Heptanon	1.22	FK	+	++
3-Octanon	0.14	+	+	
<b>Gesamtwert bzw. Gesamtbewertung</b>	<b>2.96</b>	Richtwert für unbelastete Räume = ≤ 0,3 µg/m³. Hier 3 Hauptindikatoren > 0,1 µg/m³, Gesamtwert > 0,6 µg/m³ ⇒ <b>Mikrobieller Schaden sehr wahrscheinlich! Hier: Konstruktionschaden des Fussbodens wahrscheinlich</b>	Sofern MVOC Hintergrund in der Außenluft < 0,01µg/m³ und Innenraum > 0,05µg/m³ ⇒ <b>Hinweis auf mikrobiellen Schaden, starker Schimmelgeruch wahrscheinlich!</b>	Kategorie 3 für Summenkonzentration, Kategorien 1 und 2 für Einzelverbindungen: ⇒ <b>Mikrobieller Befall muss vorhanden sein!</b>
Isobutanol	7.91			
1-Butanol	21.11	FK		
Bruttowert:	31.97			

**Legende:** Hauptindikatoren für einen mikrobiellen Schaden sind fett gedruckt; *Bewertung nach Pegasus Labor:* + = > 0,1 µg/m³, FK = Fussbodenkonstruktion betroffen, k.AS = kein Abwasserschaden; *Bewertung nach Keller et al., 1998:* + = Konzentration für Einzelsubstanzen > 0,05µg/m³, (+) = Konzentration „grenzwertig“; *Bewertung nach Lorenz, 2001:* K1, K2, K3 = Kategorien 1-3 für Einzelverbindungen

**Tabelle 8:** MVOC von Schimmelpilzen, die auch als Zwischenprodukte der *Maillard* Reaktion oder aus anderen Quellen beschrieben wurden (aus Fischer (2000) nach Anonym, 1998).

Verbindung	Zwischenprodukt der Maillard-Reaktion	Autoxidationsprodukte von Lipiden	Produkt bei der CO <sub>2</sub> -Laser-Pyrolyse	VOC aus Schweinefleisch
<b>Alkane:</b>				
(D, L)-Limonen	+	–	+	+ (h)
Toluol	+	+	+	+ (r, c, h)
Styrol	–	–	+	–
<b>Schwefelverbindung:</b>				
Dimethyldisulfid	+	–	+	+ (c, h)
Dimethyltrisulfid	+	–	+	+ (c, h)
<b>Ketone:</b>				
2-Hexanon	+	+	–	+ (h)
3-Hexanon	–	–	–	+ (r)
2-Heptanon	+	+	+	+ (r, h)
2-Octanon	+	+	–	+ (h)
3-Octanon	+	–	–	+ (h)
2,5-Dimethylfuran	–	–	+	–
<b>Alkohole:</b>				
2-Methyl-1-propanol	+	–	+	+ (h)
3-Methyl-1-butanol	+	–	–	+ (h)
1-Pentanol	+	+	–	+ (r, c, h)
1-Octen-3-ol	+	+	–	+ (r, c, h)

+ = Bildung; – = keine Bildung; (r) = geröstetes, (c) = gekochtes, (h) = erhitztes Schweinefleisch

#### 8.4.1 Schwierigkeiten bei der Bewertung mikrobieller MVOC

Die Bewertung von MVOC in Innenräumen kann schwierig sein, weil das Vorhandensein der MVOC einerseits sowie der Mikroorganismen (Schimmelpilze) andererseits in manchen Fällen nicht in Einklang zu bringen ist. Die Gründe dafür sind vielfältig und werden teils schon im experimentellen Ansatz im Labor offenbar.

Die verschiedenen Arten von Schimmelpilzen können unter geeigneten Bedingungen ein breites Spektrum von MVOC bilden, jedoch hängt dies nicht nur vom *physiologischen Zustand* der Mikroorganismen, sondern auch vom *Substrat* ab (siehe Tabelle 10).

Viele Schimmelpilze können neben den bisher als charakteristisch angesehenen MVOC eine Vielzahl weiterer VOC bilden, die theoretisch auch im Innenraum vorkommen können (Tabelle 9).

Das Spektrum der MVOC ist bei verschiedenen Isolaten gleicher Art sehr ähnlich, ist jedoch von Art zu Art unterschiedlich (Larsen und Frisvad, 1995; Fischer *et al.*, 1999a).

Uneinheitliche Ergebnisse und fehlende Reproduzierbarkeit bei experimentellen Ergebnissen müssen in erster Linie auf fehlerhafte oder unzureichende taxonomische Einordnung der Schimmelpilze oder systemische Fehler im Experiment zurückgeführt werden. Derartige Unzulänglichkeiten sind eher selten dem Schrifttum zu entnehmen, treten jedoch beim persönlichen Austausch und der Kommunikation mit Untersuchern oft zutage.

Es ist nicht selten, dass selbst häufige Arten, wie z.B. *P. chrysogenum* und *P. expansum*, verwechselt werden, wenn die in Experimenten verwendeten Isolate nicht durch Referenzlabore identifiziert wurden.

Von besonderer Bedeutung sind auch experimentelle Studien zur Bildung von MVOC auf Baumaterialien, wobei eine sorgfältige taxonomische Bearbeitung der zu untersuchenden Schimmelpilze die wichtigste Voraussetzung ist.

Bei Expositionsstudien im Innenraum waren in der Vergangenheit fehlende oder unklare Korrelationen nicht zu vermeiden, weil in den wenigsten Studien sowohl MVOC als auch Schimmelpilze differenziert erfasst wurden. Nur eine differenzierte Expositionserfassung ist die Grundlage für gesicherte Erkenntnisse. Gerade im Hinblick auf diese Unzulänglichkeit ist eine Standardisierung der Methoden der erste Schritt zu verlässlicheren Ergebnissen.

Neben den bisher beschriebenen konnte Fischer (2000) noch weitere Verbindungen als MVOC in Reinkulturen nachweisen, für die jedoch zu prüfen ist, ob sie auf natürlichen Substraten wie Baumaterialien gebildet werden können (Tabelle 9).

**Tabelle 9:** Liste einiger VOC, die von mehreren Schimmelpilzarten in Reinkulturen auf synthetischen Nährmedien gebildet wurden (aus Fischer *et al.*, 2000).

Verbindung	Spezies
<b>Ether:</b>	
Anisol (Methoxybenzol)	<i>Aspergillus candidus</i> , <i>Penicillium olsonii</i>
1,2-Dimethoxybenzol	<i>A. versicolor</i> , <i>P. fellutanum</i>
<b>Kohlenwasserstoffe:</b>	
3-Methyl-1-hepten	<i>A. candidus</i> , <i>P. roqueforti</i>
<b>Terpene und Terpen-Derivate:</b>	
2-Methyl-bornan	<i>A. niger</i> , <i>P. crustosum</i> , <i>P. polonicum</i>
2-Methyl-2-bornen	<i>A. niger</i> , <i>P. polonicum</i>
$\gamma$ -Cadinen	<i>Paecilomyces variotii</i> , <i>P. polonicum</i> , <i>P. fellutanum</i>
Camphen	<i>A. fumigatus</i> , <i>P. brevicompactum</i>
$\beta$ -Caryophyllen	<i>P. clavigerum</i> , <i>P. roqueforti</i>
Elemol	<i>P. expansum</i> , <i>P. glabrum</i>
$\beta$ -Elemol	<i>P. roqueforti</i> , <i>P. clavigerum</i>
$\beta$ -Fenchylalcohol	<i>Emericella nidulans</i> , <i>P. roqueforti</i>
$\alpha$ -Phellandren	<i>Paec. variotii</i> , <i>P. roqueforti</i>
$\alpha$ -Pinen	<i>A. fumigatus</i> , <i>A. niger</i> , <i>P. brevicompactum</i>
$\alpha$ -Terpinen	<i>Paec. variotii</i> , <i>P. clavigerum</i> , <i>P. roqueforti</i>
$\alpha$ -Terpinolen	<i>E. nidulans</i> , <i>P. brevicompactum</i> , <i>P. roqueforti</i>
$\alpha$ -Thujon-ähnlich	<i>P. brevicompactum</i> , <i>Trichoderma citrinoviride</i>

**Tabelle 10:** Bildung mikrobieller VOC ausgewählter Arten auf verschiedenen synthetischen und natürlichen Substraten (aus Fischer *et al.*, 1999b)

Spezies	Verbindung	Fit (%)	Verbindung gebildet auf:			
			1. Experiment YES	2. Experiment CMC / YES	CEA I	CEA N COMPOST
<i>Aspergillus fumigatus</i>						
	Aromadendren	95	-	-	-	+
	Camphen	R	+	- / +	-	-
	$\alpha$ -Copaen	91	-	-	-	+
	$\alpha$ -Farnesen	83	+	- / +	+	-
	trans- $\beta$ -Farnesen	91	+	+ / +	+	+
	2,4,5-Trimethyl-phenol-ähnlich	75	-	+ / +	+	+
	2-Methyl-5-isopropyl-pyrazin	79	-	- / +	+	+
	Unknown AF1	-	-	+ / +	+	+
<i>Paecilomyces variotii</i>						
	$\alpha$ -Amorphen	94	-	-	-	+**
	$\alpha$ -Copaen	95	-	-	-	+**
	$\alpha$ -Copaene-ähnlich	88	-	-	-	+**
	$\alpha$ Muurolene	93	-	-	-	+**
	Ocimen	85	+	-	+	-
	Megastigma-4,6(E),8(Z)-trien	93	+	- / +	+	-
	Megastigma-4,6(Z),8(E)-trien	91	+	- / +	+	-
	Megastigma-4,6(Z),8(Z)-trien	93	-	- / +	+	-
<i>Penicillium crustosum</i>						
	Geosmin	74	-	- / +	+	+
	Limonen	R	+	+ / +	+	+
	1-Octen-3-ol	R	-	+ / +	+	+
	$\beta$ -Phellandren	88	-	-	+	-

Legende: **CMC** = Carboxy-Methylcellulose Agar, **CEA I** = Kompost-Extrakt Agar aus Intensivrotte-Kompost, **CEA N** = Kompost-Extrakt Agar aus Nachrotte-Kompost, \* = Metabolit nur auf Modifikation 1 (10 g/l Hefeextrakt, 75 g/l Sucrose), \*\* = Metabolit nur auf Modifikation 2 (20 g/l Hefeextrakt, 150 g/l Sucrose), (+) = nicht auf allen Variationen des Kompost-Extrakt Agars gebildet

## Literatur

- (1) Anon. (1998) Bewertung von Abbrandprodukten bei der medizinischen Laseranwendung. In Handbuchreihe *Laser in der Materialbearbeitung*, Sonderband. VDI-Technologiezentrum, Postfach 101139, 40002 Düsseldorf, ISBN 3-00-002352-6.
- (2) Dewey, S., Sagunski, H., Palmgren, U. und Wildeboer, B.: Mikrobielle flüchtige organische Verbindungen in der Raumluft: Ein neuer diagnostischer Ansatz bei feuchten und verschimmelten Wohnräumen? In: *Zbl.Hyg.* 197, 504-515, 1995.
- (3) Fischer, G., R. Schwalbe, M. Möller, R. Ostrowski and W. Dott: Species-specific production of microbial volatile organic compounds (MVOC) by airborne fungi from a compost facility. *Chemosphere* Vol. 39, No. 5, pp. 795-810 (1999a) ISSN 0045-6535.
- (4) Fischer, G., Müller, T., Schwalbe, R., Ostrowski, R and Dott, W. Exposure to air-borne fungi and their secondary metabolites in biowaste-handling facilities. Proceedings of the 8<sup>th</sup> Conference on Indoor Air Quality and Climate, Vol. 1, p. 299 (1999b).
- (5) Fischer, G.: Comparison of microbiological and chemical methods for assessing the exposure to air-borne fungi in composting plants. Dissertation. In: *Akademische Edition Umweltforschung* Band 10 - Publikationsreihe des interdisziplinären Umwelt-Forums der RWTH Aachen (2000). ISBN 3-8265-6926-1.
- (6) Fischer, G., Müller, T., Schwalbe, R., Ostrowski, R. und Dott, W. Exposure to airborne fungi, MVOC and mycotoxins in biowaste-handling facilities. *Int. J. Hyg. Environ. Health* 203 (2), pp. 97-104 (2000).
- (7) Dr. Duke's Phytochemical and Ethnobotanical Databases, [www.ars-grin.gov/cgi-bin/duke/highchem.pl](http://www.ars-grin.gov/cgi-bin/duke/highchem.pl)



- (8) Larsen, T. O. and Frisvad, J. C. Chemosystematics of *Penicillium* based on profiles of volatile metabolites. *Mycol. Res.* **99**: 1167–1174 (1995).
- (9) Lorenz W. (2001) MVOC-Bestimmungen zur Erkennung mikrobieller Schäden in Gebäuden, Handbuch für Bioklima und Lufthygiene (Hrsg. Morsike, Turowski), Kap. III-4.4.5. ecomed Verlag, Landsberg am Lech.
- (10) Lorenz, W.: Bewertung von MVOC-Messungen im praktischen Einsatz. Zeitschrift für Umweltmedizin, Heft 1, Seite 33-37 (2001).
- (11) Ström, G., Palmgren, U., Wessén, B., Hellsröm, B. & Kumlin, A.: The Sick building syndrome - an effect of microbial growth in building constructions? In: Indoor Air '90, (ed. D. S. Walkinshaw), CMHC, Ottawa, Vol. 1, 173-178, 1990.
- (12) Ström, G., J. West, B. Wessén, and U. Palmgren. 1994. Quantitative analysis of microbial volatiles in damp Swedish houses, 291-305. In R. A. Samson, B. Flannigan, M. E. Flannigan, A. P. Verhoeff, O. C. G. Adan, and E. S. Hoekstra (ed), Health implications of fungi in indoor environments. Air quality monographs, vol. 2. Elsevier Science B.V., Amsterdam, The Netherlands.
- (13) Tilkes, F., Dott, W., Fischer, G., Grün, L., Harpel, S., Hartung, J., Keller, R., Koch, A., Linsel, G., Manns, A., Martens, W., Palmgren, U., & Seidel, H.-J. Mikrobielle Luftverunreinigungen – Verfahren zur Erfassung und Diagnose von Endotoxinen, Mykotoxinen und MVOC. In : Schriftenreihe des Vereins für Wasser-, Boden-, und Lufthygiene. Band 30. 211 - 243. 1999.
- (14) Wessén, B. & Schoeps, K.-O. Microbial Volatile Organic Compounds - What substances can be found in Sick Buildings? *Analyst*, September, Vol. 121: 1203 - 1205, 1996.
- (15) Wessén, B. and Hall, T.: Directed non-destructive MVOC-sampling; a method for source location of indoor pollutants. In: INDOOR AIR, Vol. 4, 420, 1999.
- (16) Wessén, B., Ström, G., Palmgren, U.: Microbial problem buildings: Analysis and verification. In: INDOOR AIR, Vol. 4, 875, 1999.
- (17) Wessén, B., Schoeps, K-O. Location of emitting sources in building with IAQ problems. In: Proceedings of Healty Buildings 2000, Vol. 4, 411-415, 2000.
- (18) Wessén, B., Nilsson, M., Sisell, A. Odour problems in buildings caused by MVOC and biocides. In: Proceedings of Healty Buildings 2000, Vol. 1, 591-595, 2000.

### **8a Beurteilung aus hygienischer Sicht (Stand 11.2004)**

Da bestimmte Schimmelpilze in der Umwelt weit verbreitet sind (z.B. *Cladosporium*-, *Alternaria*- sowie einzelne *Penicillium*-Arten), hat sich der Mensch an das Vorkommen dieser Schimmelpilze in seiner Umgebung angepasst und weist gegenüber vielen Schimmelpilzen eine hohe natürliche Resistenz auf. Er reagiert infolgedessen nur selten mit Krankheitssymptomen auf eine Schimmelpilzexposition. Entscheidend für die Wirkung von inhalativ aufgenommenen Schimmelpilzen auf den Menschen ist neben individuellen konstitutionellen Faktoren (Immunsystem) die spezifische Pathogenität einzelner Schimmelpilze, die Konzentration der auf den Menschen einwirkenden Schimmelpilze und die Häufigkeit ihres Auftretens, unabhängig davon, aus welcher Quelle sie kommen. Das verstärkte Auftreten von Schimmelpilzen im Innenraum kann ein Indikator für zu hohe Feuchtigkeit sein. Bei einer Schimmelpilzbelastung in der Wohnung oder am Arbeitsplatz ist die Zuordnung zu einer Quelle für die Planung von Abhilfemöglichkeiten notwendig. Die Beurteilung der Gefährdung durch Schimmelpilzbelastungen in Innenräumen gliedert sich in folgende Bereiche auf:

- die Beurteilung einer Schimmelpilzinnenraumquelle aus der Sicht des Nutzers
  - Beurteilung aus hygienischer Sicht
  - Beurteilung der Dringlichkeit der Durchführung von Sanierungsmaßnahmen
  - die Beurteilung der Gefährdung bei der Durchführung von Sanierungsmaßnahmen
  - für diejenigen, die die Sanierung durchführen
  - für diejenigen, die sich in dem zu sanierenden Objekt aufhalten, bzw. in ihm leben
- In vielen Fällen liegt nicht nur eine Schimmelpilzbelastung vor, sondern eine allgemeine Belastung durch Mikroorganismen und Kleinstlebewesen. Dies liegt zum einen daran, dass die Voraussetzungen für ein Schimmelpilzwachstum, Feuchte und geeignete Nährstoffe, auch das Wachstum und die Vermehrung von anderen Mikroorganismen sowie Milben etc. fördert. Deshalb müssen insbesondere bei Schäden mit mikrobiologisch belastetem Wasser (z. B. Abwasser, Oberflächenwasser bei Überschwemmungen) erweiterte Beurteilungskriterien herangezogen werden, da bereits das eingetragene Wasser ein hygienisches Problem darstellt und oft mit nicht vorhersehbaren Pathogenen belastet ist. Außerdem ist zu beachten, dass von Zellbestandteilen und Stoffwechselprodukten von Schimmelpilzen wie z.B.  $\beta$ -Glukane, Ergosterol, Allergene, Toxine bzw. Microbial Volatile Organic Compounds (MVOC) gesundheitliche Wirkungen ausgehen können. Bei einer Gesamtgefährdungsbetrachtung ist auch zu bedenken, dass Schimmelpilzsanierungen auch den Einsatz von Desinfektionsmittel und anderen aggressiven Mitteln erforderlich machen. Hierzu wird auf die entsprechende Fachliteratur verwiesen.

Von Schimmelpilzen können u.a. folgende Wirkungen ausgehen (siehe S.7):

- allergene Wirkung
- toxische Wirkung
- infektiöse Wirkung
- Geruchsbelästigung

Die Ausprägung der toxischen und allergenen Wirkungen u.a. durch Mykotoxine ist sehr stark von der Art der Schimmelpilze (Spezies) und von der aufgenommenen Gesamtmenge abhängig. Außerdem liegt beim verstärkten Auftreten von Schimmelpilzen allgemein ein hygienisches Problem vor.

Neben der Exposition, die im Innenraumbereich für gewöhnlich niedriger ist als in der allgemeinen Umwelt, kommt der Prädisposition des Betroffenen eine entscheidende Bedeutung bezüglich der Ausprägung einer gesundheitlichen Wirkung zu. Z.B.

spielen bezüglich der allergenen Wirkung der Schimmelpilze folgende Aspekte eine entscheidende Rolle:

- liegt bei dem Betroffenen schon eine Sensibilisierung auf Schimmelpilze vor ?
- sprechen genetische Faktoren, der Gesundheitszustand, der Immunstatus, eine Vorschädigung der Haut bzw. der Schleimhaut mit dauernder oder vorübergehender Störung der Barrierefunktion dafür, dass bei dem Betroffenen eine erhöhte Wahrscheinlichkeit zur Ausprägung einer Allergie vorliegt
- liegt schon eine andere spezifische Allergie bei den betroffenen Personen (Koppelungsallergie) vor?
- Alter

Bei der Beurteilung der allergenen Wirkung ist auch zu bedenken, dass die Konzentration, die zur Ausprägung einer Erstsensibilisierung bzw. dem Auftreten von Symptomen bei vorliegender Sensibilisierung notwendig ist, sehr unterschiedlich sein kann.

Bezüglich der infektiösen Wirkung der Schimmelpilze kommt dem Immunstatus des Betroffenen eine besondere Bedeutung zu. Ist dessen Immunsystem z.B. durch eine Organtransplantation, eine Chemotherapie, AIDS oder eine andere, das Immunsystem schwächende Krankheit beeinträchtigt, geht von Schimmelpilzen mit einem hohen infektiösen Potential wie z.B. *Aspergillus fumigatus*, ein besonderes Risiko aus. Ebenso können vom Immunsystem schlecht erreichbare Räume wie Bronchiektasen, entzündete Nasennebenhöhlen o.ä. leichter durch Pilze der Risikogruppe 2 nach Biostoffv besiedelt werden (z. B. Aspergillome). Die Wahrscheinlichkeit einer Infektion durch bestimmte Pathogene ist auch von der Höhe der Keimbelastung abhängig.

Die verstärkte Präsenz von Schimmelpilzen stellt also ein allgemein hygienisches Problem dar. Der Dosis-Wirkungs-Zusammenhang ist bei Schimmelpilzbelastungen äußerst komplex. Aufgrund der unterschiedlichen gesundheitlichen Gefährdung, die von Schimmelpilzen ausgeht, ist eine eindeutige, zu verallgemeinernde Beurteilung von Schimmelpilzbelastungen in Innenräumen aus gesundheitlicher Sicht z.Z. nicht möglich.

Da zum einen unterschiedliche gesundheitliche Auswirkungen je nach Schimmelpilzspezies angenommen werden müssen, andererseits aber ein zwingender kausaler Zusammenhang zwischen dem Auftreten eines Schimmelpilzbefalls in einem Innenraum und einer in allen Fällen resultierenden Gesundheitsbeeinträchtigung nicht existiert, können lediglich für einzelne Schimmelpilzspezies nach folgenden Kriterien Aussagen gemacht werden:

- Hinsichtlich der Allergien müssen Schimmelpilze mit ausgeprägter Sporenbildung als problematischer angesehen werden, wobei bedacht werden muss, dass Allergene auch an den Staub abgegeben und bei Zerfall der Schimmelpilze frei werden.
- In Hinblick auf Infektionen sollten alle Schimmelpilze, die in die Risikogruppe 2 und 3 nach TRBA 460 eingestuft sind, als problematisch angesehen werden. Die größte Bedeutung als wichtigstem Mykoseerreger kommt hier *Aspergillus fumigatus* zu.
- Bezüglich möglicher Mykotoxinwirkungen sollten Mykotoxinbildner als problematisch angesehen werden, insbesondere, wenn die Toxine cancerogen sind. Hierbei muss aber bedacht werden, dass die Mykotoxine nicht immer gebildet werden und zumindest unter Laborbedingungen hohe

Keimzahlen erforderlich sind, um von einer Wirkung ausgehen zu können. Nur bei *Stachybotrys chartarum* können schon bei geringerer Sporenbelastung der Raumluft Toxinwirkungen auftreten.

Im Sinne der Vorsorge sollten durch *Stachybotrys chartarum* sowie für *Aspergillus fumigatus*, *Aspergillus flavus* und *Aspergillus parasiticus* bedingte Schimmelpilzschäden besonders kritisch betrachtet werden.

Wurde der Schimmelpilzschaden durch eine außergewöhnliche Ursache wie z.B. Hochwasser oder eine Leckage einer Abwasserleitung verursacht, müssen auch gesundheitliche Gefährdungen z.B. aufgrund der mikrobiologischen Belastung des Abwassers in Erwägung gezogen werden. Abwasser enthält 100 – 10 000 000 Kolonie bildende Einheiten Bakterien pro ml, zusätzlich Schimmelpilze, Viren, Wurmeier und Protozoen. Die TRBA (Technische Regeln für Biologische Arbeitsstoffe) 220 geht von einer Exposition der Arbeitnehmer in abwassertechnischen Anlagen durch folgende im Abwasser vorkommende Mikroorganismen aus, die in der folgenden Auflistung noch durch weitere häufig im Abwasser vorkommende Mikroorganismen ergänzt wurden:

- **Bakterien:** wie Enterobacteriaceae: (z. B. *Escherichia coli*, *Yersinia enterocolitica*, *Klebsiella* species, Salmonellen), *Campylobacter* species, *Leptospiraceae*, *Clostridium* species. (z. B. *C. tetani*), *Enterococcus faecalis*, *Listeria* species,
- **Viren:** wie Enteroviren (Poliomyelitisviren, Coxsackieviren, ECHO-Viren), Adenoviren, Rotaviren, Norwalkviren, Hepatitis A-Viren
- **Pilze:** wie *Candida* species (*Candida albicans*, *tropicalis*); *Aspergillus fumigatus*
- **Protozoen:** wie *Entamoeba histolytica*, *Giardia lamblia*
- **Wurmeier: z.B.** von *Ascaris lumbricoides*

Bei fäkaler Verunreinigung kann auch Oberflächenwasser ähnliche Mikroorganismen enthalten. Die Exposition gegenüber faekal kontaminiertem Wasser kann zu folgenden gesundheitlichen Problemen führen:

### Infektionen

Abwasser verursacht nachweislich bei Aufnahme der Erreger über den Mund Durchfallerkrankungen, kann aber auch zu Gelbsucht, Sommergrippe bzw. durch Enteroviren verursachte Erkrankungen des zentralen Nervensystems, der Hirnhaut oder des Herzens führen. Gelegentlich kommen Infektionen durch Wurmeier, Protozoen oder Leptospiren vor. Viren können auch über Aerosole übertragen werden.

### Toxische Wirkungen

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

## 8.1 Gefährdungsbeurteilung anhand von mit Schimmelpilzen befallenem Material

Beim jetzigen Stand des Wissens scheint die Größenabschätzung von mit Schimmelpilzen befallenem Material die praktikabelste Form der Bewertung von Innenraumquellen zu sein, wobei es für eine Beurteilung erforderlich ist zu unterscheiden, ob es sich um einen aktiven (feuchten) oder passiven (bereits länger

trockenen) Schaden handelt. Allgemein liegt die Schimmelpilzkontamination an technisch hergestellten fabrikneuen Materialien unter der Nachweisgrenze bzw. im niedrigen Bereich. Dennoch ist der Nachweis geringer Pilzkonzentrationen an Materialoberflächen die von Luft umspült werden, nicht ungewöhnlich. In Abhängigkeit von der Oberflächenstruktur, der Standzeit und der Luftqualität ist eine unterschiedlich starke Sporensedimentation zu erwarten. Derartige Hintergrundkonzentrationen können in der Regel an der Artenzusammensetzung sowie der unregelmäßigen und durchmischten Anordnung der Schimmelpilze auf dem Material erkannt werden. Recyclingprodukte und Naturprodukte haben allgemein höhere Hintergrundwerte und können in Einzelfällen stark mit Schimmelpilzen bewachsen sein.

Von geringfügigen Schimmelpilzschäden, die in vielen Objekten anzutreffen sind, gehen in der Regel keine relevanten gesundheitlichen Belastungen aus. Da es sich nicht bei jedem, über diesen geringfügigen Befall hinausgehenden Schaden um einen großen Schaden handelt, erschien es sinnvoll, nach der im Umweltbereich angewandten Praxis zu verfahren und drei Kategorien zur Einstufung von Schimmelpilzschäden anhand von befallenem Material festzulegen.

**Kategorie 1:** Normalzustand bzw. geringfügiger Schaden

**Kategorie 2:** Geringer bis mittlerer Schaden. Die Freisetzung von Schimmelpilzbestandteilen sollte unmittelbar unterbunden und die Ursache mittelfristig ermittelt und saniert werden.

**Kategorie 3:** Großer Schaden. Die Freisetzung von Schimmelpilzbestandteilen sollte sofort unterbunden werden, die Ursache des Schadens ist unverzüglich zu ermitteln und zu beseitigen. Die Betroffenen sind auf geeignete Art und Weise über den Sachstand zu informieren, eine umweltmedizinische Betreuung sollte erfolgen. Nach abgeschlossener Sanierung hat eine Kontrolluntersuchung stattzufinden.

Die Ausdehnung eines Schimmelpilzschadens in der Fläche aber auch in der Tiefe ist ein Maß für die Größe der mit Schimmelpilzen befallenen Biomasse.

**Tab. 1: Bewertung von Materialproben mit Schimmelpilzbewuchs**

sichtbare und nicht sichtbare Materialschäden	Kategorie 1	Kategorie 2	Kategorie 3
Schadensausmass	keine bzw. sehr geringe Biomasse (z. B. geringe Oberflächenschäden < 20 cm <sup>2</sup> )	mittlere Biomasse; oberflächliche Ausdehnung < 0,5 m <sup>2</sup> , tiefere Schichten sind nur lokal begrenzt betroffen	grosse Biomasse; grosse flächige Ausdehnung > 0,5 m <sup>2</sup> , auch tiefere Schichten können betroffen sein
<p><b>Wichtige Anmerkungen zu sichtbarem Schimmel an Materialien!</b></p> <p><b>Tiefenschäden:</b> wenn bei einem Oberflächenschaden der Pilzbewuchs tief in das Material geht, muss der Schaden entsprechend dem Befallsumfang ggf. höheren Kategorien zugeordnet werden.</p> <p>Es ist zwischen einem <b>aktiven Befall</b> und einem abgetrockneten Altschaden oder einer Sporenkontamination zu unterscheiden: Bei einem aktiven Befall sollte fallbezogen durch die Sachverständigen entschieden werden, ob die Kategorie erhöht wird, denn:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Die Mikroorganismenpopulation kann sich relativ schnell ändern, und es können unerwartete krankheitserregende Schimmelpilzarten auftreten.</li> <li>2. Es können kontinuierlich und über längere Zeit hohe Mengen lebensfähiger Sporen abgegeben werden (im Gegensatz dazu nimmt bei einem Altschaden die Sporenkonzentration und deren Lebensfähigkeit mit der Zeit ab).</li> <li>3. Ein aktiver Schimmelpilzbefall stellt häufig die Nährstoffgrundlage für andere Organismen wie z. B. Milben dar. Nach Austrocknung eines Schadens nimmt in der Regel die Anzahl dieser Organismen schnell ab.</li> </ol> <p><b>Organismenzusammensetzung:</b> Ein häufiges bis überwiegendes Auftreten von Schimmelpilzarten, denen eine besondere gesundheitliche Bedeutung zugeordnet wird (z.B. <i>Aspergillus fumigatus</i>, <i>Aspergillus flavus</i>, <i>Stachybotrys chartarum</i>), führt zu einer Verschiebung in eine höhere Kategorie.</p>			

## 8.2 Abschätzung der Wahrscheinlichkeit eines Schimmelpilzschadens anhand der Schimmelpilzkonzentration in der Innenraumluft

### 8.2.1 kultivierbare Schimmelpilze

Die Untersuchung der Konzentration der Schimmelpilze bzw. deren Stoffwechselprodukte sowie Zellbestandteile in der Luft stellt nur eine Abschätzung der Wahrscheinlichkeit des Vorliegens einer zusätzlichen Innenraumquelle dar. Aufgrund der allgemeinen Belastung der Umwelt mit Schimmelpilzen kann die Wahrscheinlichkeit des Vorliegens einer Schimmelpilzbelastung nicht nur an einem Kriterium festgemacht werden, sondern sollte durch die Überprüfung mehrerer Kriterien, wie z.B. die Luftkeimsammlung oder Partikelauswertung erhärtet werden. Die Bewertung der Konzentrationen der verschiedenen Schimmelpilzarten, die mittels Luftkeimsammlung bestimmt wurden, wird durch nachfolgende Vergleiche zwischen der Innenraumluft und der Außenluft vorgenommen.

**Tabelle 2: Bewertungshilfe (Stand 11.2004) für kultivierbare Pilze in der Luft (KBE/m<sup>3</sup>).**

	Kategorie 1 Innenraumquelle unwahrscheinlich	Kategorie 2 Innenraumquelle nicht auszuschließen	Kategorie 3 Innenraumquelle wahrscheinlich
AL-Typ-Sommer	$RL \leq AL$	$RL \leq [AL \times 2]$	$RL > [AL \times 2]$
$\Sigma$ RL-Typ	$RL \leq [AL + 150]$	$RL \leq [AL + 500]$	$RL > [AL + 500]$
Einzelgattung	$RL \leq [AL + 100]$	$RL \leq [AL + 300]$	$RL > [AL + 300]$
Einzelart	$RL \leq [AL + 50]$	$RL \leq [AL + 100]$	$RL > [AL + 100]$
Einzelart GS	$RL \leq [AL + 30]$	$RL \leq [AL + 50]$	$RL > [AL + 50]$

**AL-Typ-Sommer** = Pilze, deren Konzentration in der Raumluft durch die Außenluft stark beeinflusst wird. Es wird die Raumluftkonzentration ins Verhältnis zur Außenluftkonzentration gesetzt. Beispiele sind *Cladosporium* spp. und Hefen im Sommer. Die Bewertung dieser Pilze kann bei ungewöhnlich geringen Außenluftkonzentrationen (z.B. bei starker Hitze oder UV-Strahlung) zu Fehlinterpretationen führen. Im Winter kann diese Bewertung nicht durchgeführt werden (siehe Einzelgattung).

$\Sigma$  **RL-Typ** = Summe der Pilze, die wenig von der Außenluft beeinflusst werden. Die Raumluftkonzentration sollte nach Abzug der Außenluftkonzentration 150 KBE/m<sup>3</sup> nicht überschreiten.

**Einzelgattung** = Die Raumluftkonzentration von Vertretern einer Pilzgattung, die wenig von der Außenluft beeinflusst wird (z.B. *Penicillium* spp. oder *Aspergillus* spp.; im Winter auch *Cladosporium* spp. oder *Hefen*, sollte nach Abzug der Außenluftkonzentration 100 KBE/m<sup>3</sup> nicht überschreiten.

**Einzelart** = Einzelne Pilzart, die wenig von der Außenluft beeinflusst wird. Die Raumluftkonzentration sollte nach Abzug der Außenluftkonzentration 50 KBE/m<sup>3</sup> nicht überschreiten

**Einzelart GS** = Einzelne Pilzart mit geringer Sporenfreisetzungsrate (z.B. *Phialophora* sp, *Stachybotrys chartarum*), die von der Außenluft wenig beeinflusst wird. Die Raumluftkonzentration sollte nach Abzug der Außenluftkonzentration 30 KBE/m<sup>3</sup> nicht überschreiten

Die in Tab. 2 angegebenen Beurteilungswerte wurden aus den Daten (Kurzfassung siehe Tab.3) eines vom Umweltbundesamt geförderten Verbundprojekts „Erhebung von Hintergrundwerten für die Bewertung von Schimmelpilzen im Innenraum“ abgeleitet. Sie beruhen auf einem

- Vergleich der Konzentration der stark von der Außenluft beeinflussten Schimmelpilzsporen (z.B. *Cladosporium* spp., *Alternaria* spp., Hefen) in der Innenraumluft mit der entsprechenden Konzentration in der Außenluft.
- Vergleich der Konzentration einer Schimmelpilzgattung in der Innenraumluft, die erfahrungsgemäß nicht aus der Außenluft stammt, mit der entsprechenden Konzentrationen in der Außenluft.
- Vergleich der Konzentration einer Schimmelpilzart in der Innenraumluft, die erfahrungsgemäß nicht aus der Außenluft stammt, mit der entsprechenden Konzentrationen in der Außenluft.

**Tab. 3: Median, 95. Perzentil und Maximalwert kultivierbarer Schimmelpilze (KBE/m<sup>3</sup>)**

Gattung/Art	Außenluft						Raumluft					
	Winter			Sommer			Winter			Sommer		
	Med.	95.Perz.	Max	Med.	95.Perz.	Max	Med.	95.Perz.	Max	Med.	95.Perz.	Max
<b>Alternaria spp.</b>	<b>0</b>	<b>10</b>	<b>220</b>	<b>20</b>	<b>80</b>	<b>140</b>	<b>5</b>	<b>40</b>	<b>10</b>	<b>5</b>	<b>40</b>	<b>120</b>
<b>Cladosporium spp.</b>	<b>50</b>	<b>337</b>	<b>1060</b>	<b>980</b>	<b>4124</b>	<b>5600</b>	<b>20</b>	<b>101</b>	<b>135</b>	<b>640</b>	<b>1800</b>	<b>3220</b>
<i>Aspergillus flavus</i>	0	0	0	0	20	40	0	5	0	0	20	60
<b>Aspergillus fumigatus</b>	<b>0</b>	<b>65</b>	<b>100</b>	<b>10</b>	<b>45</b>	<b>100</b>	<b>0</b>	<b>40</b>	<b>540</b>	<b>5</b>	<b>60</b>	<b>100</b>
<i>Emmericella nidulans</i>	0	0	0	0	20	120	0	0	0	0	20	200
<i>Aspergillus niger</i>	0	0	0	10	40	60	0	20	0	0	40	180
<i>Aspergillus ochraceus</i>	0	0	0	0	20	10	0	0	95	0	20	60
<b>Aspergillus versicolor</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>70</b>	<b>0</b>	<b>20</b>	<b>20</b>	<b>0</b>	<b>43</b>	<b>380</b>	<b>0</b>	<b>40</b>	<b>160</b>
andere <i>Aspergillus</i> sp.	8	20	40	0	20	20	5	25	35	0	20	80
<b>Summe Aspergillen</b>	<b>10</b>	<b>81</b>	<b>130</b>	<b>35</b>	<b>106</b>	<b>260</b>	<b>18</b>	<b>131</b>	<b>660</b>	<b>25</b>	<b>250</b>	<b>280</b>
<i>Eurotium amstelodamii</i>	0	2	110	0	0	60	0	0	0	0	20	140
<i>Eurotium</i> spp.	10	30	60	0	21	40	5	20	40	5	40	100
Summe <i>Eurotium</i>	10	41	125	10	31	120	5	20	40	5	40	140
<i>Pen. brevicompactum</i>	0	80	3000	0	41	120	0	40	3000	0	40	260
<i>Penicillium chrysogenum</i>	0	2	355	0	20	60	0	63	430	0	20	60
<i>Penicillium expansum</i>	0	0	1140	0	20	40	0	20	190	0	20	80
<i>Penicillium glabrum</i>	0	0	0	0	0	20	0	3	65	0	0	40
<i>Penicillium olsonii</i>	0	0	55	0	42	80	0	40	60	0	80	906
andere <i>Penicillium</i> sp.	15	50	60	20	82	400	20	210	460	20	80	840
<b>Summe Penicillien</b>	<b>20</b>	<b>217</b>	<b>3000</b>	<b>50</b>	<b>160</b>	<b>420</b>	<b>50</b>	<b>354</b>	<b>3200</b>	<b>60</b>	<b>225</b>	<b>906</b>
Hefen	5	115	280	23	2000	2000	10	1150	130	40	2000	2000
<i>Mucor</i> spp.	0	5	10	0	20	20	0	6	5	0	20	20
<i>Rhizopus</i> spp.	0	5	50	0	20	20	0	10	20	0	20	20
andere Zygomyceten	0	5	20	0	0	0	0	0	5	0	0	20
Summe Zygomyceten	0	10	50	5	25	40	0	20	20	0	30	45
<i>Botrytis</i>	5	20	40	0	20	20	0	5	15	0	10	20
<i>Chaetomium</i> spp.	0	0	5	0	0	0	0	5	5	0	0	0
<i>Fusarium</i> spp.	5	40	300	80	200	500	5	71	20	40	160	240
<i>Paecilomyces</i> spp., sterile Myzelien	5	80	300	0	20	20	0	11	60	0	20	40
<i>Trichoderma</i> spp.	0	0	20	0	20	20	0	5	5	0	0	20
<i>Stachybotrys chartarum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0
<i>Wallemia sebi</i>	5	45	1140	0	11	60	0	15	780	0	40	200
andere Spezies	8	26	440	0	20	60	5	20	240	0	25	200
Summe anderer Spezies	<b>45</b>	<b>260</b>	<b>1440</b>	<b>100</b>	<b>206</b>	<b>505</b>	<b>20</b>	<b>91</b>	<b>880</b>	<b>60</b>	<b>260</b>	<b>400</b>
Summe Clad. Alter. <i>Botrytis</i> , Hef. <i>Fusarium</i> , sterile Myzelien	<b>90</b>	<b>445</b>	<b>1200</b>	<b>1520</b>	<b>4576</b>	<b>5780</b>	<b>80</b>	<b>1994</b>	<b>180</b>	<b>560</b>	<b>3320</b>	<b>3880</b>
Summe untypische Außenluft-Spezies	<b>80</b>	<b>488</b>	<b>3040</b>	<b>130</b>	<b>249</b>	<b>440</b>	<b>100</b>	<b>508</b>	<b>3200</b>	<b>130</b>	<b>401</b>	<b>980</b>

Die Ergebnisse der vom Umweltbundesamt geförderten Studie bestätigen, dass die ursprünglich in diesem Heft abgeleiteten Bewertungsvorschläge sinnvoll sind. Tab. 3 zeigt, dass in der Regel das 95. Perzentil unter dem Bewertungsvorschlag (Hintergrundkonzentrationen) der Kategorie 1 lag. Die festgestellten Konzentrationsschwankungen in der Luft verdeutlichen aber auch, dass eine exakte Trennung zwischen Hintergrundkonzentration und Konzentrationen, die sehr wahrscheinlich durch Schimmelpilzschäden verursacht wurden, nicht möglich ist. Beide Konzentrationsbereiche sind durch einen Übergangsbereich verbunden, in dem sowohl die Konzentrationen erhöhter Hintergrundwerte als auch schwache Schimmelpilzschäden enthalten sind.

Eine Bewertung nach einem starren Schema kann nur eine grobe Hilfe darstellen und wird immer auch Fehlinterpretationen beinhalten. Zum Beispiel darf der Bewertungsvorschlag nicht blind angewendet werden, da bei ungewöhnlich geringen Außenluftkonzentrationen eine Verhältnisbildung von Raumlufkonzentration zur Außenluftkonzentration zu einer Fehleinschätzung führt. Eine Bewertung von *Cladosporium* spp. und Hefen ist in den Sommermonaten oft problematisch, da aufgrund wechselnder Witterung oder Hitzeschädigung das Verhältnis ihrer



Konzentration in der Außenluft in keinem oder nur in einem sehr geringen Bezug zu der Innenraumluft steht. Auch in den Wintermonaten, in denen in der Außenluft nur geringe *Cladosporium*-Konzentrationen auftreten, ist eine Bewertung auf der Basis einer Verhältnisbildung zwischen Innenraumluft und Außenluft meist nicht sinnvoll. Zu dieser Zeit sind *Cladosporium* spp. und die anderen Arten, die in der Außenluft im Winter nur in geringen Konzentrationen vorliegen, durch Bildung der Differenz Innenraumluftkonzentration minus Außenluftkonzentration zu bewerten. Da das Auftreten einzelner Schimmelpilzarten in der Innenraumluft vor allem von ihrer Sporenbildungsrate bzw. ihrer Sporenfreisetzung, ihrer Flugfähigkeit sowie ihrer Präferenz für bestimmte Baustoffe bzw. Lebensmittel abhängt, kommt der Differenzierung der vorhandenen Schimmelpilze bei der Interpretation und Bewertung der Messung der kultivierbaren Schimmelpilzsporen in der Luft eine besondere Bedeutung zu. Wird eine bestimmte Schimmelpilzart nachgewiesen, kann aufgrund der vorliegenden Konzentration und der oben angesprochenen Eigenschaftsmerkmale auf die Wahrscheinlichkeit und das Ausmaß eines Schimmelpilzschadens geschlossen werden. Werden z.B. in einem Objekt, in dem ein Feuchteschaden vorliegt oder nicht auszuschließen ist zellulosehaltige Baustoffe wie Gipskartonplatten verbaut und nur wenige *Stachybotrys chartarum*-Sporen nachgewiesen, ist dies schon ein sicheres Indiz für einen aktuellen Befall. Da die Sporenfreisetzungsraten, die Flugfähigkeit sowie die allgemeine Hintergrundkonzentration von *Stachybotrys chartarum* gering ist, weisen geringe Konzentrationen dieser Art schon auf einen Feuchteschaden hin. Bezüglich ihrer geringen Sporenverbreitung sind z.B. *Acremonium* spp. (häufig an sehr feuchten zellulosehaltigen Baustoffen) oder *Phialophora* spp. (sehr feuchter Putz, häufig aus Feuchträumen) ähnlich wie *Stachybotrys chartarum* einzuschätzen. Bei Schimmelpilzen wie *Engyodontium album* und *Scopulariopsis* spp. ist aufgrund ihrer besseren Sporenfreisetzung mit höheren Sporenkonzentrationen in der Luft bei vorliegenden Feuchteschäden zu rechnen. Erhöhte Konzentrationen von Schimmelpilzen mit einer sehr hohen Sporenfreisetzung und Sporenflugfähigkeit wie *Aspergillus* spp. und *Penicillium* spp. sind häufig wesentlich schwieriger zu interpretieren, das trifft besonders für *Penicillien* zu, bei denen bereits kleine Schimmelpilzschäden zu hohen Sporenkonzentrationen in der Innenraumluft führen. Hierbei ist auch zu bedenken, dass diese Schimmelpilze sowohl auf diversen Baustoffen als auch auf Blumenerde, Lebensmitteln oder Müll wachsen. Eine formale Interpretation nachgewiesener Schimmelpilze in der Innenraumluft nur auf der Basis der Gesamt-KBE-Zahl, aber auch einer unzureichenden Differenzierung sowie fehlender Stoffkenntnis, ist in der Regel nicht möglich. Die angegebenen Bewertungskriterien können folglich nur eine erste Orientierungshilfe bei der Interpretation nachgewiesener Schimmelpilzkonzentrationen sein.

### 8.2.2 Gesamtsporenzahl

Auch die Partikelbewertung (kultivierbare und nicht kultivierbare Schimmelpilze) von Luftproben geht von einem Vergleich der Konzentrationen in der Innenraumluft zur Außenluft aus. Da bei der Partikelbewertung eine Differenzierung bis zur Art nicht möglich ist, erfolgt hier ein Vergleich der Sporentypen wie folgt (Tab 4):

- Vergleich der Konzentrationen der Sporentypen, die in der Außenluft erhöhte Konzentrationen erreichen z.B. Typ Ascosporen, Typ *Alternaria/Ulocladium*, Typ Basidiosporen sowie *Cladosporium* spp. zwischen der Innenraumluft und der Außenluft Überprüfung, ob die Konzentration des Sporentyp *Penicillium/Aspergillus* in der Innenraumluft erhöht ist.

- Überprüfung, ob eine Art charakteristischer Sporentypen mit guter Flugfähigkeit in der Innenraumluft erhöht ist.
- Überprüfung, ob eine Art charakteristischer Sporentypen mit schlechter Flugfähigkeit z.B. *Chaetomium* spp. *Stachybotrys chartarum* in der Innenraumluft erhöht ist.
- Überprüfung, ob die Summe diverser Schimmelpilzsporen, die nicht den typischen Außenluftsporen entsprechen und jeweils in geringen Konzentrationen auftreten, in der Innenraumluft erhöht ist.
- Überprüfung, ob die Anzahl von Myzelstücken in der Innenraumluft erhöht ist.

**Tabelle 4: Bewertungshilfe (Stand 11.2004) Gesamtsporen in der Luft (Sporen/m<sup>3</sup>)**

	Kategorie 1 Innenraumquelle unwahrscheinlich	Kategorie 2 Innenraumquelle nicht auszuschließen	Kategorie 3 Innenraumquelle wahrscheinlich
AL-Typ	RL ≤ [AL x 1,2]	RL ≤ [AL x 2]	RL > [AL x 2]
∑ Typ Asp./Pen	RL ≤ [AL + 300]	RL ≤ [AL + 800]	RL > [AL + 800]
<i>Stachybotrys</i>	RL ≤ AL	RL ≤ [AL + 10]	RL > [AL + 10]
<i>Chaetomium</i>	RL ≤ AL	RL ≤ [AL + 20]	RL > [AL + 20]
∑ diverser Pilze	RL ≤ [AL + 400]	RL ≤ [AL + 800]	RL > [AL + 800]
Myzelbruchstücke	RL ≤ [AL + 150]	RL ≤ [AL + 300]	RL > [AL + 300]

**AL-Typ** = Pilze, deren Konzentration in der Raumluft durch die Außenluft stark beeinflusst werden (in den Sommermonaten z.B. Ascosporen, Basidiosporen, *Cladosporium* und Hefen). Es wird die Raumluftkonzentration ins Verhältnis zur Außenluftkonzentration gesetzt. Das Verhältnis 1:2 sollte nicht überschritten werden.

**∑ Typ Asp./Pen** = Summe der Sporen vom Typ *Aspergillus/Penicillium* (kleine runde Sporen). Die Raumluftkonzentration sollte nach Abzug der Außenluftkonzentration 300 Sporen/m<sup>3</sup> nicht überschreiten.

***Stachybotrys*** = Sporen vom Typ *Stachybotrys*. Die Raumluftkonzentration sollte nicht über der Außenluftkonzentration liegen.

***Chaetomium*** = Sporen vom Typ *Chaetomium*. Die Raumluftkonzentration sollte nicht über der Außenluftkonzentration liegen.

**∑ diverser Pilze** = Summe diverser Pilzsporen, die nur wenig von der Außenluft beeinflusst werden. Die Raumluftkonzentration sollte nach Abzug der Außenluftkonzentration nicht über 400 Sporen/m<sup>3</sup> liegen.

**Myzelbruchstücke** = Die Raumluftkonzentration der Myzelbruchstücke sollte nach Abzug der Außenluftkonzentration nicht über 150 Myzelstücke/m<sup>3</sup> liegen.

In dem Bewertungsschema vom 14.12.2001 wurden bei der Gesamtsporenbewertung die Kategoriegrenzen für *Chaetomium*- und *Stachybotrys*-Sporen zu gering angegeben. Obwohl diese Gattungen, wenn überhaupt, nur in sehr geringen Konzentrationen im allgemeinen Hintergrund festzustellen sind, erscheint es realistischer, für die Kategorie 1 einen Wert von 30 Sporen/m<sup>3</sup> abzuleiten.

Wie bei der Bestimmung der kultivierbaren Schimmelpilze mittels Luftkeimsammlung erscheint es auch bei der Partikelbewertung sinnvoll, die Bewertung stärker anhand der Differenzierung der vorliegenden Schimmelpilztypen und der Sporenbildungsrate

bzw. ihrer Sporenfreisetzung, Flugfähigkeit sowie ihrer Präferenz für bestimmte Baustoffe bzw. Lebensmittel usw. auszurichten.

### **8.3 Abschätzung der Wahrscheinlichkeit eines Schimmelpilzschadens anhand der Schimmelpilzkonzentration im Hausstaub**

Den verschiedenen Schimmelpilzen kommt bezüglich der Relevanz der Abschätzung der Wahrscheinlichkeit eines Schimmelpilzschadens eine unterschiedliche Bedeutung zu. So sind Schimmelpilze wie z.B. *Cladosporium* spp. oder *Alternaria* spp., die im Sommer in gänzlich anderen Konzentrationen in der Außenluft und damit auch im Hausstaub vorkommen, für eine Beurteilung schlechter geeignet als Schimmelpilze wie z.B. *Aspergillus* spp., die im Sommer und im Winter in ähnlicher Konzentration auftreten. Weiterhin ist zu berücksichtigen, dass auch Schimmelpilzarten wie z.B. *Penicillium* spp., die vor allem im Zusammenhang mit verschimmelten Lebensmitteln sowie anderen Innenraumquellen („Gelber Sack“, Abfälle usw.) auftreten können, eine andere Bedeutung zukommt als Arten, die vor allem im Zusammenhang mit feuchten Baumaterialien auftreten. Daher wurden die Schimmelpilze in die folgenden drei Gruppen aufgeteilt:

Gruppe 1 = Schimmelpilze, die insbesondere bei Feuchteschäden in erhöhten Konzentrationen festgestellt werden.

Gruppe 2 = Schimmelpilze, die sowohl bei Feuchteschäden als auch an verschimmelten Lebensmitteln festgestellt werden, bzw. aufgrund eines allgemeinen Hygieneproblems (Gelber Sack, Biomüll) in erhöhten Konzentrationen im Staub auftreten können.

Gruppe 3 = Schimmelpilze, deren Konzentration im Staub häufig durch einen Eintrag durch die Außenluft bestimmt werden.

Aufgrund der großen Spannweite, mit der die verschiedenen Schimmelpilze selbst in unbelasteten Wohnungen auftreten, soll durch die Festlegung von zwei Beurteilungswerten ein Bereich fixiert werden, der den Übergang zwischen einer allgemeinen Hintergrundbelastung und einer Belastung durch Innenraumquellen markiert (Tab. 5).

**Tab. 5: Bewertungshilfe (Stand 11.2004) für kultivierbare Pilze in Teppichbodenstaub (< 63 µm Fraktion)**

<b>Schimmelpilz</b>	<b>G</b>	<b>1. Beurteilungswert [KBE/g]</b>	<b>2. Beurteilungswert [KBE/g]</b>
<i>Acremonium</i> spp.	1▼	10.000	30.000
eine <i>Aspergillus</i> Spezies außer <i>Aspergillus versicolor</i> , <i>A. fumigatus</i> und <i>A. niger</i>	2	10.000	30.000
<i>Aspergillus fumigatus</i> und <i>A. niger</i>	2	20.000	60.000
<i>Aspergillus versicolor</i>	1	20.000	60.000
Summe <i>Aspergillus</i>	2	100.000	300.000
<i>Chaetomium</i> spp.	1	10.000	30.000
<i>Engyodontium album</i>	1	10.000	30.000
Summe <i>Eurotium</i>	1*	40.000	120.000
Eine Mucorales Spezies	2	10.000	30.000
Summe Mucorales	2	20.000	60.000
Eine <i>Penicillium</i> Spezies	2	30.000	90.000
Summe <i>Penicillium</i>	2	150.000	450.000
<i>Phialophora</i> spp.	1▼	10.000	30.000
<i>Scopulariopsis</i> spp.	1	10.000	30.000
<i>Stachybotrys chartarum</i>	1	3.000	9.000
<i>Trichoderma</i> spp.	1	10.000	30.000
<i>Wallemia sebi</i>	1*	10.000	30.000
Eine andere Spezies	2	20.000	60.000
Gesamt-KBE ohne <i>Alternaria</i> , <i>Aureobasidium</i> , <i>Cladosporium</i> Hefen, sterile Myzelien	2	300.000	900.000

\* = kann auch bei Tierhaltung mit Heu und Stroh in erhöhter Konzentration im Staub auftreten

▼ = geringer Sporenflug, ggf. Eintrag durch kontaminierte Bodenpartikel

Beurteilungswert 1 = obere Grenze der Konzentration der meisten unbelasteten Staubproben

Beurteilungswert 2 = untere Grenze der Konzentration, ab der ein Staub als belastet eingestuft wird.

Die Tab.6 zeigt die große Spannweite mit der die verschiedenen Schimmelpilze selbst in Wohnungen ohne bekannte Schimmelpilzschäden in einem vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit im Rahmen des Aktionsprogramms Umwelt und Gesundheit geförderten Projektes: „Erhebung von Hintergrundwerten für die Bewertung von Schimmelpilzen im Innenraum“ nachgewiesen wurden. Aufgrund dieser Daten erschien es sinnvoll, durch zwei Beurteilungswerte einen Bereich zu fixieren, der den Übergang zwischen einer allgemeinen Hintergrundkonzentration und einer Belastung durch Innenraumquellen verdeutlicht. Der 1. Beurteilungswert gibt die obere Grenze der Hintergrundkonzentration wieder, die in der Regel von unbelasteten Staubproben nicht überschritten wird

Dieser Wert orientierte sich an dem jeweiligen 95. Perzentil der einzelnen Pilzarten. Die Konzentrationswerte wurden so gerundet, dass Schimmelpilze einer Gattung möglichst nach einem Kriterium bewertet werden können. Für Schimmelpilzarten, deren 95. Perzentil in den untersuchten Proben unter 10.000 KBE/g lagen wurde für

den 1. Beurteilungswert (normaler Hintergrund) 10.000 KBE/g festgelegt. Eine Ausnahme bildete die Beurteilung von *Stachybotrys chartarum*. Für diese Art wird als 1. Beurteilungswert 3.000 KBE/g Staub vorgeschlagen. Diese geringe Konzentration im Bereich der Nachweisgrenze wird vorgeschlagen, da diese Schimmelpilzart in Staubproben sehr schlecht kultiviert werden kann und deshalb bei einem Befund von 3.000 KBE/g davon ausgegangen werden kann, dass die reale Konzentration höher liegt. Weiterhin sind schon niedrige Konzentrationen dieser Art ein Indikator für einen Feuchteschaden.

Der 2. Beurteilungswert wurde um das dreifache höher als der 1. Beurteilungswert gesetzt. Dieser 2. Beurteilungswert ist nicht statistisch abgesichert sondern stellt einen Schätzwert dar. Es wird davon ausgegangen, dass Konzentrationen über diesem Wert in der Regel nur von belasteten Staubproben erreicht werden. Eine statistische Absicherung dieses Wertes könnte nur durch die systematische Auswertung von Proben aus belasteten Objekten erfolgen. Der Bereich zwischen dem 1. und 2. Beurteilungswert ist ein Konzentrationsbereich, in dem sowohl erhöhte Hintergrundkonzentrationen (Kontaminationen durch eingetragene Partikel) als auch schwache Belastungen aus Schadensbereichen liegen können.

Da die Hintergrundwerte von Staubproben aus Wohnungen, von denen keine Schimmelpilzschäden bekannt waren, abgeleitet wurden, ist es möglich, dass die auf der Basis des 95. Perzentils festgelegten Konzentrationen für den 1. und 2.

Beurteilungswert zu niedrig angesetzt wurden (falschpositive Befunde möglich). Schimmelpilzarten, deren Außenluftkonzentration im Jahresgang starken Schwankungen unterliegen, erreichen auch im Staub sehr unterschiedliche Konzentrationen je nach Jahreszeit. Für derartige Pilzarten bzw. Gattungen konnten keine für das gesamte Jahr gültigen Hintergrundkonzentrationen angegeben werden. Hier sind insbesondere *Alternaria*, *Cladosporium* und Hefen zu nennen.

**Tab. 6: Median, 95. Perzentil und Maximalwert kultivierbarer Schimmelpilze (KBE/g) im Teppichbodenstaub (< 63 µm-Fraktion) sowie Quotient des Medians in den Winter- und Sommerproben aller Standorte**

Schimmelpilz	Winter			Sommer			M-Q S/W
	M	95. P	Max.	M	95. P	Max.	
<i>Acremonium</i> spp.	0	100	40000	0	0	0	
<i>Alternaria</i> spp.	2000	20000	40000	20000	92000	300000	10
<i>Aspergillus flavus</i>	0	0	0	0	10000	10000	
<i>Aspergillus fumigatus</i>	0	5100	50000	1000	21500	80000	
<i>Aspergillus nidulans</i>	0	0	0	0	10000	11000	
<i>Aspergillus niger</i>	0	0	0	2000	20000	100000	
<i>Aspergillus ochraceus</i>	0	400	16000	0	1750	100000	
<i>Asp. penicillioides</i>	0	0	0	0	0	0	
<i>Aspergillus restrictus</i>	0	0	480000	0	0	0	
<i>Aspergillus sydowii</i>	0	0	0	0	150	20000	
<i>Aspergillus versicolor</i>	0	12150	90000	0	20000	100000	
<i>Aspergillus ustus</i>	0	0	0	0	0	0	
andere <i>Aspergillus</i> spp.	2000	30000	60000	0	2350	60000	
Σ <i>Aspergillus</i>	4000	71500	510000	15000	100000	200000	4
<i>Aureobasidium</i> spp.	0	10000	10000	0	0	0	
<i>Botrytis cinerea</i>	0	5500	10000	0	0	10000	
<i>Chaetomium</i> spp.	0	3700	30000	0	0	10000	
<i>Cladosporium</i> spp.	16500	101000	460000	260000	1264500	7900000	16
<i>Engyodontium album</i>	0	0	0	0	0	0	
<i>Eurotium amstelodami</i>	0	4200	50000	7000	50000	100000	
<i>Eurotium herbariorum</i>	0	5200	40000	0	0	10000	
Σ <i>Eurotium</i>	2000	30000	90000	5500	50000	100000	3
<i>Fusarium</i> spp.	1500	20000	20000	40000	271500	900000	27
<i>Mucor</i> spp.	0	10000	40000	0	10000	100000	
<i>Rhizopus</i> spp.	0	10000	40000	0	11500	100000	
andere Mucorales	0	1050	20000	0	0	0	
Σ Mucorales	1000	11000	50000	3000	20000	200000	3
<i>Paecilomyces</i> spp.	0	0	10000	0	0	10000	
<i>Pen. brevicompactum</i>	0	8100	60000	0	10000	100000	
<i>Pen. chrysogenum</i>	0	7000	160000	0	10000	60000	
<i>Penicillium expansum</i>	0	2800	50000	0	10000	10000	
<i>Penicillium glabrum</i>	0	9400	120000	0	10000	30000	
<i>Penicillium olsonii</i>	0	14000	50000	0	30000	100000	
<i>Penicillium</i> sp.	7000	71000	670000	6000	51500	200000	1
Σ <i>Penicillium</i>	10500	113500	840000	20000	84500	400000	2
<i>Phialophora</i> spp.	0	0	0	0	0	0	
<i>Scopulariopsis</i> spp.	0	0	1000	0	0	10000	
<i>Stachybotrys chartarum</i>	0	0	10000	0	0	0	
sterile Myzelien	0	20000	20000	0	10000	50000	
<i>Trichoderma</i> spp.	0	5250	20000	0	10000	100000	
<i>Wallemia sebi</i>	0	10000	50000	0	2350	10000	
andere Spezies	4000	40000	50000	0	21500	120000	0
Hefen	7000	121000	650000	1000000	1150000	5400000	143
Σ anderer Spezies	9000	90000	120000	50000	283000	900000	6
Σ KBE	67500	607000	1130000	1315000	3120500	1,1E+07	19

M = Median; 95. P = 95. Perzentil; Max = Maximalwert; M-Q S/W = Quotient des Medians von Sommer/Winter

Neben der Untersuchung der Schimmelpilzsporen in der Luft und im Staub kann es auch hilfreich sein, die Konzentration von Stoffwechselprodukten sowie Zellbestandteilen wie z.B. die der MVOC in der Luft bzw. des  $\beta$ -Glucans bzw. des Ergosterols im Staub zu bestimmen. Hier ist allerdings zu bedenken, dass die entsprechenden Nachweisverfahren bisher nur unzureichend validiert sind oder ihre Aussagekraft bisher noch nicht ausreichend abgesichert ist.

#### **8.4 Beurteilung der Dringlichkeit der Durchführung von Sanierungsmaßnahmen**

Da die Beurteilung der Gefährdung der Bewohner/Nutzer durch die in Innenräumen vorliegenden Schimmelpilzbelastungen nur aus hygienischer Sicht erfolgt, lässt sich daraus nicht von vornherein die Dringlichkeit für die Durchführung von Sanierungsmaßnahmen ableiten. Die Dringlichkeit der Sanierung und notwendige Schutzmaßnahmen bis zur Durchführung der Sanierung sind vom Gutachter zu beurteilen. Kriterien für diese Einschätzung sind u.a.:

- der Gesundheitszustand der Bewohner/Nutzer
- die Art und Weise der Raumnutzung
- das Ausmaß und die Aktivität des Schimmelpilzschadens
- die Art der im Befall vorliegenden Schimmelpilze, insbesondere im Zusammenhang mit der Disposition der Bewohner/Nutzer
- die Wahrscheinlichkeit, dass sich der Schimmelpilzschaden kurzfristig vergrößert; diese Frage steht u.a. im Zusammenhang mit der Ursache des Befalls
- die Wahrscheinlichkeit, dass es im Ruhe- bzw. aktiven Nutzungszustand zu einem vermehrten Schimmelpilzflug kommt und die Sporen sich gegebenenfalls im gesamten Objekt verbreiten
- die Möglichkeiten den Sporenflug bis zur Sanierung auf einem niedrigen Niveau zu halten

Die Einschätzung der Dringlichkeit des Befalls setzt einen hohen Sachverstand des Gutachters voraus. In vielen Fällen wird eine sachgerechte Einschätzung der Dringlichkeit der Durchführung einer Sanierung nur interdisziplinär möglich sein, da eine abgesicherte Beurteilung sowohl u.a. einen medizinischen, hygienischen, mykologischen, bauphysikalischen, bau-, sanierungs- und Lüftungstechnischen Sachverstand voraussetzt.

#### **8.5 Beurteilung der Gefährdung bei der Durchführung von Sanierungsmaßnahmen**

##### **8.5.1 Gefährdungsbeurteilung für die Arbeitnehmer bei Sanierungsarbeiten**

Da Schimmelpilzbelastungen u.a. durch einen Wasserschaden mit mikrobiologisch belastetem Wasser (fäkales Abwasser) bzw. durch Überschwemmungen oder Hochwasserkatastrophen verursacht sein können, wird neben der Gefährdungseinschätzung für Schimmelpilze auch eine für Bakterien und andere biologische Belastungen vorgenommen. Außerdem wird auf die Gefährdung durch Desinfektionsmittel eingegangen, die bei Sanierungen häufig genutzt werden. Bezüglich der Einschätzung der Gefährdungen und der Schutzmaßnahmen bei Sanierungen wird auch auf die z.Z. noch in Arbeit befindliche Handlungsanleitung zur Gefährdungsbeurteilung bei Tätigkeiten mit biologischen Arbeitsstoffen bei der Gebäudesanierung, Arbeitskreis "Gebäudesanierung" des Sachgebietes (SG) "Mikrobiologie im Tiefbau" des Fachausschusses (FA) "Tiefbau" verwiesen. Gemäß § 3 des Arbeitsschutzgesetzes vom 7.8.1996, zuletzt geändert am 21.6.2002, ergibt sich für den Arbeitgeber die Notwendigkeit, eine

Gefährdungsbeurteilung für Tätigkeiten bei der Sanierung von mit Schimmelpilzen befallenen Objekten vorzunehmen. Die Gefährdungsbeurteilung sollte baustellenbezogen erfolgen.

### **Gefährdung durch biologische Arbeitsstoffe**

#### **Gefährdung durch Schimmelpilze**

Schimmelpilzhaltige Stäube sind gemäß TRGS (Technische Regel für Gefahrstoffe) 907 "Verzeichnis sensibilisierender Stoffe" als allergen eingestuft. Deshalb muß die TRGS 540 „Sensibilisierende Stoffe“ oder auch die TRGS 524 „Sanierung und Arbeiten in kontaminierten Bereichen“ beachtet werden. Die Gefahr des Auftretens von Allergien oder toxischen Wirkungen ist gegeben. Sie ist von der Menge und der Art vorhandener Stäube abhängig. Infektionen sind äußerst selten. Die Biostoffverordnung (BioStoffV) vom 27. Januar 1999 regelt den Umgang mit biologischen Arbeitsstoffen wie z. B. schimmelpilzhaltigem Material. In der Mehrzahl der Fälle sind die Tätigkeiten bei der Bausanierung nicht gezielte Tätigkeiten, bei denen Arbeitnehmer überwiegend gegenüber Mikroorganismen der Risikogruppe 1(von 4) exponiert sind. Nur sehr wenige Erreger, z.B. *Aspergillus fumigatus*, werden der Schutzstufe 2 oder in anderen Fällen einer noch höheren Schutzstufe zugeordnet.

#### **Gefährdung durch Exposition gegen Abwasser oder Oberflächenwasser**

Abwasser ist mit verschiedensten Mikroorganismen stark kontaminiert, ebenso kann fäkal verseuchtes Oberflächenwasser zahlreiche Mikroorganismen enthalten. Viele Mikroorganismen können bei Aufnahme über den Mund Infektionen verursachen. Einige Mikroorganismen können auch auf dem Luftweg über Aerosole, die teilweise über mehrere Stunden in der Luft verbleiben können, übertragen werden (z.B. Enteroviren). Deshalb ist bei erheblichem Abwasserkontakt meist von einer Schutzstufe 2 (von 4 Schutzstufen) nach Biostoffverordnung auszugehen.

### **8.5.2 Gefährdungseinschätzung für die/den Gebäudenutzer**

Neben der Gefährdung des Sanierers ist die Gefährdung der Nutzer und die Vermeidung einer Kontamination des Objektes und der Umwelt zu beachten, wobei zu bedenken ist, dass neben der mikrobiologischen Belastung durch Schimmelpilze und möglicherweise durch Bakterien gegebenenfalls bei Anwendung von Desinfektionsmitteln oder anderen Chemikalien auch eine gegenüber chemischen Schadstoffen vorliegen kann. Einschätzkriterien sind hierbei insbesondere

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



## **9 Qualitätssicherung**

### **9.1 Qualitätsmanagement – Schimmelpilze in Innenräumen**

Untersuchungen auf dem Gebiet „Schimmelpilze in Innenräumen“ haben das Ziel, die Belastung durch innenraumbedingte Schimmelpilze und deren Stoffwechselprodukte bzw. Zellbestandteile bei Einzelpersonen sowie Personen- bzw. Bevölkerungsgruppen in Material, Staub und Luft zu ermitteln und zu beurteilen.

Im Gegensatz zu vielen anderen Untersuchungsgebieten gibt es im Bereich „Schimmelpilze in Innenräumen“ nur wenige allgemeinverbindliche Untersuchungsmethoden und Beurteilungskriterien. Daher kommt den Angaben in den entsprechenden Gutachten bezüglich der angewandten Nachweisverfahren, der erhaltenen bauphysikalischen Daten, der Dokumentation des vorgefundenen Zustands (Begehungsprotokoll, bildliche Darstellung), der genauen Beschreibung der räumlichen und zeitlichen Herkunft der Probe, den verwendeten Beurteilungskriterien und der Interpretation und Bewertung eine besondere Bedeutung zu. Aus dem Gutachten muss ersichtlich sein, wie gross und tief gegebenenfalls mit Schimmelpilz befallenes Material ist, welche Intensität der Befall (z. B. punktförmiges oder rasenartiges Wachstum) hat und ob es sich um einen aktiven bzw. passiven Befall handelt, wobei plausibel zu belegen ist, dass die untersuchte Probe den Zustand des befallenen Materials insgesamt widerspiegelt (Repräsentativität der Probe). Ausserdem ist es wichtig, das vermerkt wird, ob es sich um eine offene Quelle oder um eine z. B. mit Fussbodenbelag wie z. B. Linoleum oder PVC abgeschlossene Quelle handelt. Es ist abzusichern, dass gegebenenfalls nach Jahren noch die Plausibilität der Aussagen und Empfehlungen des Gutachtenters nachvollzogen werden können. Die Angabe von zusammenhangslosen Einzelergebnissen, selbst wenn sie an sich von hoher Qualität sind, ermöglichen keine Einschätzung der gegebenenfalls vorliegenden Belastung. Sie führt eher zur Verwirrung und Verunsicherung der Auftraggeber und ermöglicht Institutionen wie z. B. Stadtverwaltungen, Gesundheitsämtern, Trägern von Kindergärten, Schulverwaltungen kein sachgerechtes Reagieren auf die vorgelegten Gutachten. Fliessen in einem Gutachten die Ergebnisse mehrerer Institutionen (Unterauftraggeber) ein, so ist von dem „Hauptgutachter“ eine zusammenfassende Begutachtung vorzunehmen. Die qualitätsgerechte Begutachtung setzt den entsprechendem Sachverstand des Gutachters und eine Betrachtung des Gesamtzusammenhanges voraus (siehe Musterbefund 10.7 Anhang S.137).

Daher sollte das mit der Untersuchung beauftragte Institut folgende Qualitätskriterien beachten:

- Qualifikation und bisherige Berufserfahrung des Prüfleiters
- Qualifikation und bisherige Berufserfahrung des Verantwortlichen für die Interpretation und Bewertung
- Qualifikation der wissenschaftlichen und technischen Mitarbeiter
- Beachtung der Forderungen des §§ 44 ff Infektionsschutzgesetz vom 20. Juli 2000, vormals § 19 Bundeseseuchengesetz
- Fixierung des Laborbetriebes in einer Laborordnung (Qualitätsmanagement-Handbuch), in der alle organisatorischen Massnahmen schriftlich festgehalten sind (Verfahren zur Qualitätssicherung, Dokumentation der Ergebnisse, Anfor-

derungen bei der Probenahme, Dokumentation der Analysemethoden, Umgang mit gefährlichen Arbeitsstoffen, Hygieneplan usw.).

- Anpassung der apparativen, technischen und räumlichen Ausstattung des Labors an die durchzuführenden Untersuchungsverfahren
- Wartung der Analysengeräte des Labors
- internes Programm zur Qualitätssicherung
- Teilnahme an Laborvergleichsuntersuchungen wie z. B. an Ringversuchen
- Information des Auftraggebers über die spezifischen Anforderungen, die sich bei dem zu bestimmenden Parameter bezüglich der Probenahme, des Probentransports und der Probenlagerung ergeben. Der Auftraggeber wird ebenfalls bei der Untersuchungsplanung beraten, wobei ihm nur solche Untersuchungen empfohlen werden, die z. Z. schon ausreichend standardisiert sind, die zur Lösung des konkreten Problems beitragen und für die es verallgemeinerungsfähige Bezugswerte gibt.
- Verwendung eines problemangepassten Kurzfragebogens (Begehungsprotokoll)
- Mitteilung folgender Parameter mit dem Befund an den Auftraggeber:
  - das angewandte Untersuchungsverfahren
  - die Größe des befallenen Materials (Fläche, Tiefe, Intensität, Ort)
  - wird ein spezieller Parameter bestimmt, der in dieser Abhandlung nicht aufgeführt ist, ist dieser plausibel nachvollziehbar zu beschreiben
  - Fehlerabschätzung des Analyseergebnisses
  - der Arbeitsbereich oder, wenn sinnvoll, die Bestimmungsgrenze der angewandten Untersuchungsmethode (MVOC; Toxine usw.)
  - Bezugswerte für die Bewertung und Angabe der Herkunft der genannten Bezugswerte (basieren die Bezugswerte auf eigenen Daten, ist ihre Validität und Plausibilität zu belegen)
- Teilnahme an Fortbildungsveranstaltungen

## 9.2 Externe Qualitätssicherung - Ringversuche

Untersuchungen auf Pilze/Schimmelpilze im Umweltbereich und besonders in Innenräumen gewinnen zunehmend an Bedeutung. Auch das Umweltbundesamt hält deshalb die Standardisierung von Verfahrensvorschriften, die Erarbeitung von Kriterien für die Befundbewertung, sowie Ansätze zur Qualitätssicherung für erforderlich.

Auf Antrag der Länder-Arbeitsgruppe „Umweltbezogener Gesundheitsschutz“ hat die AOLG der Einrichtung einer Projektgruppe „Zertifizierung im HBM-Bereich“ zugestimmt. Darauf konstituierte sich am 19.6.2001 diese länderübergreifende Projektgruppe im Landesgesundheitsamt Baden-Württemberg (LGA BW) in Stuttgart.

Bei diesem Ansatz einer Abstimmung der Qualitätssicherung im Bereich der Umweltanalytik sind prognostisch auch die anderen Arbeitsbereiche der umweltmedizinischen Analytik mit einzubeziehen. Daher erscheint es angeraten, am LGA BW u. a. eine Arbeitsgruppe "Qualitätssicherung bei der Untersuchung biologischer Innenraumschadstoffe" zu etablieren.

Als erster Schwerpunkt sollen Massnahmen zur externen Qualitätssicherung der Bestimmung von Pilzen/Schimmelpilzen in Innenräumen vorgenommen werden. Zu ge-

gebenem Zeitpunkt kann die Übertragung der verantwortlichen Trägerschaft an eine Fachgesellschaft oder an eine andere Institution erfolgen.

## Durchführung

### Technische Durchführung in der Anfangsphase

Vom LGA BW wird, wie bisher, die technische Abwicklung des Ringversuches übernommen (Probenbereitstellung, Probenversand, Auswertung, Beurteilung). Sollte die Zahl der Teilnehmer eine Größenordnung von 100 deutlich überschreiten erscheint es sinnvoll, die technische Abwicklung des Ringversuches an eine etablierte Institution zu vergeben.

### Qualitätsmanagement bezüglich der Bearbeitung von Ringversuchsproben

Der Reinheit der versandten Ringversuchsproben kommt eine besondere Bedeutung zu. Bei der Geltendmachung einer Verunreinigung der versandten Proben durch die Ringversuchsteilnehmer bestehen grundsätzlich folgende Ursachen:

- Kontamination auf Seiten des Empfängers
- Kontamination während des Transportes
- Kontamination auf Seiten des Versenders

Um weitestgehend abzusichern, dass es auf Seiten des LGAs zu keiner Kontamination der Ringversuchsproben kommt, werden folgende Massnahmen zur Qualitätssicherung vorgenommen.

### Vorbereitende Arbeiten

- Aufbewahrung der sterilen Nährmedien in einem separaten Kühlschrank, d.h. getrennt von bewachsenen Kulturen bzw. von kontaminierten Proben) der 14-tägig mit 1%igem Buraton desinfiziert wird
- Sterilitätskontrolle der Nährmedien
- Luftkeimmessung in der Werkbank
- Mikroskopische Überprüfung der Reinheit und Plausibilität der Stammkultur
- Herstellung der Subkulturen in Kunststoff-Petrischalen
- Mikroskopische Überprüfung der Reinheit und Plausibilität der Subkulturen
- Flächendesinfektion der Werkbank mit Buraton 1%
- Temperaturkontrolle des Brutschranks
- Inbetriebnahme der Werkbank 15 Minuten vor Arbeitsbeginn

### Überimpfen der Ringversuchskulturen

- Es befindet sich immer nur **eine** der zu überimpfenden Kulturen in der Werkbank
- Mit ausgeglühten Platinösen werden die Sporen aus der subkultivierten Stammkultur entnommen und in das beschriftete sterile Schrägagarröhrchen überführt (Deckel der Petrischale nur so weit öffnen wie zur Entnahme notwendig). Der Stopfen des Schrägagarröhrchens wird dabei nicht abgelegt, sondern zwischen den Fingern gehalten. Vor dem Verschliessen des Röhrchens wird der Stopfen abgeflammt. Die benutzte Öse wird ausgeglüht

- Die beimpften Schrägagarröhrchen kommen sofort in den Brutschrank. Die Subkulturplatten werden abgeklebt in den „unreinen“ Kühlschrank gestellt
- Vor dem Überimpfen der nächsten Kultur, wird eine Flächendesinfektion der Werkbank durchgeführt

### **Versand**

- Visuelle Endkontrolle der beimpften Röhrchen vor dem Versand.
- Fixieren der Stopfen mit Klebeband.
- Verpacken der Röhrchen in bruchsicheren Versandhülsen mit Schraubdeckelverschluss.
- Im Winterhalbjahr erfolgt der Versand per Post und ohne Kühlelemente.
- Im Sommerhalbjahr erfolgt der Versand per Post und mit Kühlelementen.

Zur Reinheitskontrolle werden die zum Versand gelangenden Ringversuchsproben nochmals durch die Referenzlabors parallel zum Ringversuch kontrolliert.

Bei Verdacht auf eine nie ganz vollständig auszuschliessende Kontamination der Reinkulturen sollte der Ringversuchsteilnehmer dies innerhalb einer Woche dem LGA mitteilen. Er erhält dann umgehend eine neue Probe.

### **Referenzlabors (Sollwertlabors)**

Die Proben werden vor Außendung an die Teilnehmer von acht Referenzlabors überprüft. Die Referenzlabors unterliegen denselben Teilnahmebedingungen wie alle anderen Teilnehmer und erhalten die Proben verblindet. An die Referenzlabors werden mindestens 15 Stämme verschickt, wovon 6 Stämme gemeinsam für die e ausgewählt werden.

Die Auswahl der Stämme erfolgt nach folgenden Kriterien:

1. Alle Labors haben die Kultur bis zur Spezies einheitlich differenziert
2. die Kultur wird allgemein auf Grund ihrer morphologischen Ausprägung als charakteristisch eingeschätzt
3. die Reinheit der Kultur ist gegeben
4. die Kultur wird bezüglich des Schwierigkeitsgrades der Differenzierung als geeignet eingeschätzt
5. die Kultur ist charakteristisch bezüglich der Fragestellung

Durch folgende Referenzlabors werden die Proben vor dem Versand überprüft:

- 1) Herr Dr. Seidl, (vorläufiger wissenschaftlicher Koordinator) Lehrstuhl für Mikrobiologie, Klinik für Dermatologie und Allergologie, TU München, 80802 München
- 2) Frau Dr. Dill, Herr Dr. Trautmann, Umweltmykologie GbR, 10961 Berlin
- 3) Herr Dr. Fischer, Institut für Hygiene und Umweltmedizin - Klinikum, 52057 Aachen
- 4) Herr Dr. Gabrio, Frau Weidner, Landesgesundheitsamt Baden-Württemberg, 70174 Stuttgart
- 5) Herr Dr. Grün, Eco-Luftqualität + Raumluft, 50677 Köln
- 6) Herr Dr. Rabe, Labor Dr. Rabe, 45307 Essen
- 7) Herr Dr. Samson, Frau Dr. Hoekstra CBS, 3908 AD Utrecht, Niederlande

Die Referenzlabors werden jährlich fortgebildet und müssen ihrer Qualifikation ebenfalls bei jedem Ringversuch belegen. Die Referenzlabors sind zur strikten Verschwiegenheit verpflichtet.

### **Proben**

Mittel- bis langfristig wird die Versendung realer Proben angestrebt. Dies erfordert jedoch noch eine Reihe an Vorarbeiten. Deshalb werden zunächst Reinkulturen von Pilzstämmen bis maximal der Risikogruppe 2 versandt.

Die teilnehmenden Labors sollten u. a. folgende Schimmelpilze und – bei späteren Ringversuchen – auch Hefen differenzieren können. Die Liste erhebt allerdings nicht den Anspruch auf Vollständigkeit. Im Ringversuch können ausser den hier aufgeführten Stämmen auch weitere innenraumrelevante Schimmelpilzkulturen verschickt werden:

*Absidia corymbifera*

*Gliocladium roseum*

<i>Acremonium kiliense</i>	Hefen
<i>Acremonium murorum</i>	<i>Memnoniella echinata</i>
<i>Acremonium strictum</i>	<i>Mucor hiemalis</i>
<i>Alternaria alternata</i>	<i>Mucor plumbeus</i>
<i>Aspergillus fumigatus</i>	<i>Mucor racemosus</i>
<i>Aspergillus niger</i>	<i>Oidiodendron griseum</i>
<i>Aspergillus ochraceus</i>	<i>Paecilomyces variotii</i>
<i>Aspergillus penicillioides</i>	<i>Penicillium aurantiogriseum</i>
<i>Aspergillus restrictus</i>	<i>Penicillium brevicompactum</i>
<i>Aspergillus sydowii</i>	<i>Penicillium chrysogenum</i>
<i>Aspergillus tamarai</i>	<i>Penicillium citrinum</i>
<i>Aspergillus terreus</i>	<i>Penicillium digitatum</i>
<i>Aspergillus ustus</i>	<i>Penicillium commune</i>
<i>Aspergillus versicolor</i>	<i>Penicillium corylophilum</i>
<i>Aspergillus wentii</i>	<i>Penicillium expansum</i>
<i>Aureobasidium pullulans</i>	<i>Penicillium glabrum</i>
<i>Beauveria bassiana</i>	<i>Penicillium funiculosum</i>
<i>Botrytis cinerea</i>	<i>Penicillium griseofulvum</i>
<i>Byssochlamys nivea</i>	<i>Penicillium purpurogenum</i>
<i>Chaetomium globosum</i>	<i>Penicillium olsonii</i>
<i>Chrysonilia crassa</i>	<i>Penicillium roquefortii</i>
<i>Chrysonilia sitophila</i>	<i>Penicillium variabile</i>
<i>Chrysosporium sp.</i>	<i>Phialophora fastigiata</i>
<i>Cladosporium cladosporioides</i>	<i>Phoma glomerata</i>
<i>Cladosporium herbarum</i>	<i>Phoma macrostoma</i>
<i>Cladosporium sphaerospermum</i>	<i>Rhizopus stolonifer</i>
<i>Curvularia geniculata</i>	<i>Rhodotorula minuta</i>
<i>Doratomyces sp.</i>	<i>Scopulariopsis brevicaulis</i>
<i>Emericella nidulans</i>	<i>Scopulariopsis fusca</i>
<i>Engyodontium album</i>	<i>Stachybotrys chartarum</i>
<i>Epicoccum nigrum</i>	<i>Stemphylium botryosum</i>
<i>Eurotium amstelodami</i>	<i>Syncephalastrum racemosum</i>
<i>Eurotium chevalieri</i>	<i>Trichoderma harzianum</i>
<i>Eurotium herbariorum</i>	<i>Trichoderma viride</i>
<i>Eurotium rubrum</i>	<i>Trichothecium roseum</i>
<i>Fusarium culmorum</i>	<i>Ulocladium chartarum</i>
<i>Fusarium oxysporum</i>	<i>Verticillium lecanii</i>
<i>Fusarium solani</i>	<i>Verticillium luteoalbum</i>
<i>Geomyces pannorum</i>	<i>Wallemia sebi</i>

Es werden an die Teilnehmer 6 Stämme verschickt. Davon soll jeweils die Spezies von 4 Stämmen für eine erfolgreiche Teilnahme korrekt identifiziert werden. Jeweils ein Stamm soll einen erhöhten Schwierigkeitsgrad bei der Identifizierung aufweisen.

### **Versand**

Der Versand der Reinkulturen erfolgt durch das LGA in Form von Schrägagarkulturen in Röhrchen, je nach Stamm auf Malzextraktagar bzw. auf DG 18 Agar. Pro Stamm werden jeweils zwei Röhrchen verschickt, wobei ein Röhrchen nicht geöffnet und als Rückstellprobe aufbewahrt werden sollte.

Die überimpften Reinkulturen werden durch das LGA BW möglichst montags versandt. Falls erforderlich, erfolgt der Versand gekühlt. Soweit erforderlich, werden die Teilnehmer auf xerophile Stämme hingewiesen.

### ***Zeit für die Bearbeitung der Proben***

Die Bearbeitung der Proben durch die Teilnehmer soll innerhalb von 4 Wochen erfolgen.

### ***Häufigkeit der Ringversuche pro Jahr***

Die Ringversuche sollen mindestens 1 Mal pro Jahr, besser 2 Mal pro Jahr stattfinden.

### **Teilnahmevoraussetzung**

Durch Unterschrift müssen die teilnehmenden Labors bescheinigen, dass sie die Bearbeitung der Ringversuche selbständig und ohne fremde Hilfe durchgeführt haben. Mit der Anmeldung bestätigen die teilnehmenden Labors durch Unterschrift und Vorlage einer Kopie, dass sie über eine Erlaubnis der zuständigen Behörde gemäss §§ 44 ff Infektionsschutzgesetz 20. Juli 2000, vormals § 19 Bundesseuchengesetz, verfügen. Über die erfolgreiche Teilnahme wird eine Teilnahmebescheinigung ausgestellt. Grundsätzlich ist nicht auszuschliessen, dass auch fakultativ pathogene Stämme versandt werden. Die Stämme sollten in jedem Fall bezüglich des Umgangs als fakultativ pathogen betrachtet werden.

### **Teilnahmebescheinigung**

Über die erfolgreiche Teilnahme wird eine Teilnahmebescheinigung ausgestellt. Einsprüche bezüglich der Auswertung des Ringversuches sind an das LGA zu richten, das sich in Zusammenarbeit mit den Referenzlabors um eine Klärung des Sachverhaltes bemüht. Die Auswertung des Ringversuches erfolgt anonym.

### **Fortbildung**

Es wird angestrebt, regelmässige Fortbildungsseminare zum Thema „Nachweis und Differenzierung von Schimmelpilzen in Innenräumen und Umwelt“ anzubieten.

### **Finanzierung**

In der Pilotphase wird ein Teil der Finanzierung durch das LGA BW erfolgen. Diese Leistungen für die teilnehmenden Labore kann das LGA gegen einen an den tatsächlichen Kosten orientierten Rechnungsbetrag in Höhe von 155,00 € zzgl. MwSt. erbringen.

### 9.3 Schimmelpilze im Innenraum zwischen Ethik und Monetik

Die bewusst provozierend formulierte Überschrift soll zur kritischen Diskussion anregen, in wie weit manche Angebote und Aussagen zur Schimmelpilzdiagnostik für den Rat suchenden Kunden bzw. Patienten von tatsächlichem Wert sind.

Ein Klick im Internet bei „google“ ergibt (Stand 22.11.2004)

- ungefähr 16.800 Adressen unter „Schimmelpilze Gefahr“
- ungefähr 15.900 Adressen unter „Schimmelpilze Wohnung“
- ungefähr 7.520 Adressen unter „krank durch Schimmelpilze“
- ungefähr 810 Adressen unter „Schimmelpilz Hotline“ und
- ungefähr 476 Adressen unter „Schimmelpilz Notruf“

Diese Zahlen belegen den immensen Beratungsbedarf der Bevölkerung auf dem Gebiet „Schimmelpilze im Innenraum“, zeigen andererseits jedoch auch einen lukrativen Markt für Untersuchungsangebote auf diesem Gebiet auf.

#### **Sedimentationsplatten / Fangplatten / OPD- (Open-Petri-Dish) Verfahren**

Bei diesem Verfahren werden Platten mit Nährböden (Petrischalen) für eine bestimmte Zeit im Innenraum und als Kontrolle möglichst auch außerhalb der Wohnung aufgestellt. Die Platten werden dann verschlossen und zur Analyse eingesandt.

Der Leitfaden des Umweltbundesamtes (1) stellt hierzu fest:

„Mit dem Sedimentationsverfahren können keine reproduzierbaren quantitativen Ergebnisse erhalten werden. Es kann daher nicht zum Nachweis kultivierbarer Schimmelpilzsporen bei Luftuntersuchungen im Innenraum empfohlen werden.“

Vor dem Hintergrund dieser klaren Bewertung durch das Umweltbundesamt ist wenig verständlich, wie intensiv dennoch der Verkauf dieser Methode beworben wird – mit Preisen zwischen 17.-- und 47.-- Euro pro Platte.

Nachfolgend wird deshalb die Problematik des Sedimentationsverfahrens nochmals zusammengefasst:

- Die Sedimentation der vorhandenen Schimmelpilze ist abhängig von ihrem aerodynamischen Durchmesser und von mechanisch sowie thermisch bedingten Verwirbelungen. Sehr kleine Sporen z.B. von *Aspergillus*-Arten sedimentieren schlecht.
- Nicht alle Schimmelpilze wachsen auf den verwendeten Nährböden, das heißt, sie werden unter Umständen gar nicht erfasst.
- Die Wahrscheinlichkeit von Artefakten bei einer Probe, welche ein Laie nimmt, ist hoch.
- Die Bedingungen während des Transports zum Labor (Zeitspanne, Temperatur) sind nicht standardisiert. Darüber hinaus ist durch Schütteln beim Versand eine wundersame Keimzahlvermehrung durch die massive Streuung von Tochterkolonien wahrscheinlich. Quantitative Aussagen aus solchen Testen sind deshalb wertlos.
- Sehr rasch wachsende Schimmelpilze wie z.B. *Rhizopus* spp. können während des Transports die Platte überwuchern



- Der Kunde erhält in der Regel nur eine Gattungsanalyse und keine Differenzierung auf Art-Ebene. Vor dem Hintergrund unterschiedlicher medizinischer Bedeutung macht z.B. ein Ergebnis *Aspergillus* spp. wenig Sinn, da es durchaus von Bedeutung sein kann, ob es sich um *Aspergillus fumigatus*, *Aspergillus flavus*, *Aspergillus versicolor* oder *Aspergillus glaucus* handelt.
- Das Verfahren liefert keine quantitativen und reproduzierbaren Ergebnisse.
- Ein solcher Test kann deshalb lediglich ein erster, sehr grober Anhaltspunkt sein, der bei tatsächlicher Erfordernis eine methodisch exakte Messung vor Ort nicht ersetzen kann und deshalb überwiegend entbehrlich ist. Darüber hinaus wird der Verbraucher durch die Ergebnisse meist nur verunsichert.

Die Aussage

„Auch versteckte Ansammlungen von Schimmelpilz können Sie durch unsere Analyse leichter entdecken und räumlich zuordnen“

kann der Autor nicht nachvollziehen, da unklar ist, wie das Sedimentationsverfahren zum Nachweis verdeckter Schimmelpilzschäden beitragen soll.

Auch die Aussage

„erhalten Sie eine umfassende Beurteilung, mit der Sie dann gezielt Maßnahmen zur Bewertung und Sanierung einer Immobilie oder zur Gesundheitsvorsorge ergreifen können“

erscheint dem Autor weit gegriffen, ausgehend von der Tatsache, dass z.B. *Stachybotrys chartarum* mit Hilfe des Sedimentationsverfahrens auf DG-18-Agar nicht nachgewiesen wird und das Verfahren keine quantitativen und reproduzierbaren Ergebnisse liefern kann.

Einige Anbieter werben zusätzlich zum Standard-Angebot, welches nur die Gattungsanalyse erfasst, mit einer Art „Superior-“ oder „Exklusiv-Angebot“ mit differenzierter Analyse. Da bereits durch die Artefaktmöglichkeiten während des Versands der Platten die Aussagen aus solchen Sedimentationstesten praktisch wertlos sind, darf durchaus die Frage nach dem Nutzen für den Kunden solcher „Superior-“ oder „Exklusiv-Angebote“ gestellt werden.

Ebenfalls mit Skepsis sind Angebote zu bewerten, bei welchen der Kunde für z.B. 99 Euro zehn Nährbodenplatten erhält und dann im „do-it-your-self-Verfahren“ nach schriftlicher Anleitung seine angelegten Sedimentationsplatten selbst auswerten soll. Es bestehen berechtigte Zweifel, inwieweit ein Laie hierzu tatsächlich in der Lage ist. Mit Sicherheit wird der Kunde z.B. von einer durch *Rhizopus stolonifer* in kurzer Zeit überwucherten Petrischale verunsichert sein. Auch hier darf deshalb die Frage nach dem tatsächlichen Nutzen für den Kunden gestellt werden.

### **Abklatschproben**

Zahlreiche Anbieter empfehlen dem Kunden, Abklatschplatten zur Analyse einzusenden. Bei der Abklatschprobe wird ein geeignetes Nährmedium gegen die Fläche gedrückt, von welcher vermutet wird, dass sie mit Schimmelpilz befallen ist (Abklatsch). Die Platte wird dann wieder verschlossen und zur Analyse an das Labor gesandt.

Berücksichtigt man die grundsätzlichen Beschränkungen der Methode

- Nicht alle Schimmelpilze wachsen auf den verwendeten Nährböden, das heißt, sie werden unter Umständen gar nicht erfasst. Die Wahrscheinlichkeit von Artefakten bei einer Probe, welche ein Laie nimmt, ist sehr hoch.

- Auch Schimmelpilzsporen, welche nicht aus dem Schimmelpilzschaden stammen, sondern zufällig von anderen Quellen dorthin verfrachtet wurden (Anflugsporen) werden mit erfasst.
- Häufig überwuchern schnellwachsende Anflugkeime wie z.B. *Rhizopus* spp. die Platten und verfälschen die Ergebnisse.
- Die Bedingungen während des Transports zum Labor (Zeitspanne, Temperatur) sind nicht standardisiert. Darüber hinaus ist durch Schütteln beim Versand eine wundersame Keimzahlvermehrung durch die massive Streuung von Tochterkolonien möglich. Aussagen sind deshalb praktisch wertlos

erhebt sich auch hier die Frage, welchen tatsächlichen Nutzen für den Kunden die Durchführung solcher Abklatschproben durch Laien hat.

Zudem erhält der Kunde in der Regel nur eine Gattungsanalyse und keine Differenzierung auf Art-Ebene. Wie oben bereits dargestellt, ist dies häufig vor dem Hintergrund unterschiedlicher medizinischer Bedeutung verschiedener Arten einer Gattung unzureichend.

### **Postbeförderung potentiell pathogener Schimmelpilze**

Die Deutsche Post AG hatte zum 1. August 2002 in ihren Allgemeinen Geschäftsbedingungen alle Materialien von der Beförderung ausgeschlossen, von denen auch nur anzunehmen ist, dass sie Krankheitserreger (Mikroorganismen der Risikogruppen 2 bis 4) enthalten. Damit war ein Postversand medizinischer Untersuchungsmaterialien und auch potentiell pathogener Schimmelpilzkulturen nicht mehr möglich

Das Robert Koch Institut hatte sich daraufhin, unterstützt durch zahlreiche Institutionen, intensiv um eine Lösung bemüht. Seit 1.10. Oktober 2003 war die Postbeförderung des überwiegenden Teils der potentiell infektiösen diagnostischen Proben in Deutschland wieder möglich

- nicht jedoch die Postbeförderung von Kulturen für diagnostische Zwecke der UN-Nr. 3373 (2)

Es erstaunte durchaus, dass die medizinischen Laboratorien und das öffentliche Gesundheitswesen die neuen Postversandbestimmungen einhielten und Kulturen für diagnostische Proben kostenaufwändig mit Kurier versandten, während die Kenntnis von den geänderten Postversandbestimmungen offensichtlich eine Reihe an Anbietern von Schimmelpilzuntersuchungen nicht erreichte.

### **Indirekte Schimmelpilzmessungen durch den quantitativen Nachweis des Enzyms N-Acetyl-Hexosaminidase unter Verwendung eines fluorogenen Enzymsubstrats**

Neuere methodische Entwicklungen beruhen auf dem quantitativen Nachweis des Enzyms N-Acetyl-Hexosaminidase unter Verwendung eines fluorogenen Enzymsubstrats (3). Das Vorhandensein dieses Enzyms wurde für 18 Pilzgattungen bei jeweils 1 Vertreter gezeigt (3).

Indirekte Nachweismethoden können in der Mikrobiologie durchaus einen hohen Stellenwert haben wie z.B. die etablierten Verfahren der Lactatbestimmung, der Pyruvatbestimmung oder der ATP-Messung als Parameter für bakterielle Kontamination. Derzeit sind jedoch bei der indirekten Schimmelpilzmessung durch den quantitativen Nachweis des Enzyms N-Acetyl-Hexosaminidase noch die folgenden Fragen vollkommen offen:

Die Originalpublikation selbst berichtet von einem fehlenden Nachweis des Indikatorenzyms bei Gattungen wie *Alternaria spp.* oder *Rhodotorula spp.* (3), welchen bei der Beurteilung von hygienischen Problemen im Innenraum eine besondere Bedeutung zukommt.

- Eine Analyse auf breiterer Basis zum Vorkommen des Indikatorenzyms bei in Innenräumen relevanten Schimmelpilzarten fehlt bisher.
- Das Indikatorenzym kommt nicht nur bei Pilzen, sondern auch bei Bakterien wie z.B. Streptomyzeten (!), Pflanzen und in tierischen Geweben vor (4,5).
- Die Abhängigkeit der Enzymaktivität vom Substrat bzw. von externen Faktoren ist noch völlig offen:
- „However, their roles in fungal growth and mechanisms of chitinase regulation are almost totally unknown“ (5).
- Vor dem Hintergrund der jahrelangen wissenschaftlichen Diskussionen z.B. bei der Lebendkeimzahlbestimmung von Schimmelpilzsporen und der Bewertung von Normalwerten erstaunt es, dass sich die Bewertung auf die empirische Festlegung von drei Kategorien A, B und C in einer einzigen Publikation stützen soll (6). Außerdem gibt es in der Analytik eine allgemein akzeptierte Regel, dass Analysenwerte nur erhoben, interpretiert und beurteilt werden sollten, wenn es für sie allgemein anerkannte Beurteilungskriterien gibt. Die von einem Methodenanbieter bzw. einem Labor postulierten „Haus-Beurteilungswerte“ (6) erfüllen diesen Anspruch erst, wenn sie von der zuständigen wissenschaftlichen Institution, wie z.B. der Innenraumlufthygienekommission des Umweltbundesamtes, anerkannt werden.

Das Verfahren wird im Internet u.a. mit dem Argument beworben:

- Adding new sources of income

Selbstverständlich ist eine solche Argumentation legitim. Für die Anwenderseite ist jedoch zwingend einschlägige Fachkompetenz zu fordern, damit nicht schematische Bewertungen sowie in einem dem Autor vorliegenden Bericht sogar Aussagen zur gesundheitlichen Beurteilung abgegeben werden.

Zusammenfassend stellt sich die beschriebene Methode derzeit als wissenschaftlich interessante, gegebenenfalls ergänzende Grundlagenmethode dar, welche ihre Validierung im Vergleich zu Standardmethoden künftig beweisen muss.

Ein grundsätzlicher Nachteil der Methode liegt darin begründet, dass sie den Anspruch des Schimmelpilzleitfadens (1) nicht erfüllt:

“Eine Differenzierung der Schimmelpilzarten ist eine wichtige Voraussetzung zur Beurteilung der Schimmelpilzbelastung.“

### **Die Differenzierung der Pilzarten ist aussagekräftiger als die Angabe einer Schimmelpilzkonzentration**

Dieser Merksatz aus dem Schimmelpilzleitfaden des Umweltbundesamtes (1) wird bedauerlicherweise immer wieder übersehen. Wie fragwürdig rein quantitative Ansätze sein können, zeigt das folgende Beispiel:

*1 kg Champignons und 1 kg Grüne Knollenblätterpilze sind zwar jeweils die gleiche Menge – jedoch mit einem wesentlichen Unterschied beim Verzehr!*

Deshalb muss man bedauerlicherweise mykologische Laien, aber auch mit Schimmelpilzanalysen befasste KollegInnen immer wieder darauf hinweisen:

**Schimmelpilz ist nicht Schimmelpilz !**

**Rein quantitative Messungen haben meist geringen Aussagewert**

Die Gattungsanalyse ist häufig für eine Bewertung nicht ausreichend Selbstverständlich wird bei Schimmelpilzanalysen nicht in allen Fällen eine Differenzierung der Art erforderlich sein, z.B. bei Cladosporienarten in der Raumluft. In zahlreichen Fällen ist jedoch eine Artbestimmung unabdingbar, da sie Auskunft gibt über das toxische oder infektiöse Potential eines Schimmelpilzes, aber auch über dessen physiologische Eigenschaften.

Häufig anzutreffende Befunde in Gutachten wie z.B.

- „*Aspergillus* spp. 1”
- “*Aspergillus* spp. 2”

sind deshalb für eine aussagekräftige Bewertung unzureichend. Deshalb muss gefordert werden, dass KollegInnen, welche Befunde zur Schimmelpilzdiagnostik erstellen und dem Kunden in Rechnung stellen, auch fachlich hierzu in der Lage sind.

### Zusammenfassung

Eine fundierte Schimmelpilzuntersuchung wird in den seltensten Fällen „schnell, einfach und preisgünstig“ sein.

Die Schwierigkeiten bei der Diagnostik von Schimmelpilzen zeigten sich in den bisher 6 durchgeführten Ringversuchen mit Reinkulturen (erfolgreich teilgenommen: 86 %; 59 %; 80 %; 46 %; 76%; 89 %) (7). Viele Laboratorien waren bei der Schimmelpilzdifferenzierung sehr unsicher. Besonders auffällig ist, dass die Angaben der Labore im Falle der Penicillien besonders oft falsch waren. Auch andere triviale Umweltkeime bereiteten bei der Differenzierung erhebliche Probleme. So erfolgten beim 5. Ringversuch von den 67 teilnehmenden Laboren z.B. an Stelle des zu ermittelnden *Geomyces pannorum* 17 falsche oder unzureichende Nennungen.

Neben der Durchführung von Ringversuchen mit idealisierten Proben wie z.B. Reinkulturen sind für die Praxis Ringversuche mit realen Proben von besonderer Relevanz.

Deshalb wurde ab dem 3. Ringversuch zusätzlich eine reale Probe (2 Luftproben, 1 Staubprobe, 1 Materialprobe) zur fakultativen Bearbeitung versandt. Die von den einzelnen teilnehmenden Laboren bei der 1. Luftprobe übermittelten Ergebnisse zeigten eine große Streuung sowohl hinsichtlich der Identifizierung als auch der Quantifizierung.

Ebenfalls kritisch ist die Auswertung aus der realen Probe im 5. Ringversuch zu sehen. Hier wurde eine mit *Aspergillus restrictus*, *Aspergillus sydowii*, *Aspergillus versicolor*, *Penicillium brevicompactum*, *Penicillium expansum* und *Acremonium strictum* beimpfte Holzprobe versandt. Die von den teilnehmenden Laboren angegebenen KBE/g streuten beträchtlich, zusätzlich bereiteten einzelne Schimmelpilzarten doch erhebliche Schwierigkeiten beim korrekten Nachweis. Zwar erkannte ein Großteil der an der „realen Probe“ teilnehmenden Labore, dass *Acremonium* spp. (70 %) bzw. *Aspergillus versicolor* (63 %) enthalten war, *Penicillium expansum* wurde jedoch nur zu 35 % und *Aspergillus restrictus* gar nur zu 17 % richtig diagnostiziert. Der Minimalforderung, von den die Probe dominierenden Schimmelpilzen (*Aspergillus restrictus*, *Aspergillus versicolor*, *Penicillium expansum*, *Acremonium* spp.) mindestens zwei richtig zu differenzieren, wurden 62 % der

teilnehmenden Laboratorien gerecht. Probleme zeigten sich auch bei der Luftprobe im 6. Ringversuch. Die Auswertung ergab Übereinstimmung der Ergebnisse bei den Referenzlaboren, aber auch die Schwierigkeiten der teilnehmenden Labore bei der Berechnung und der Differenzierung unter realen Bedingungen. Die Probe sollte als Innenraumluftprobe erkannt und *Aspergillus versicolor* sowie *Penicillium* spp. als dominante Arten diagnostiziert werden. Weiter sollte erkannt werden, dass in dem Innenraum, in dem die Probe gezogen wurde, wahrscheinlich eine Schimmelpilzquelle vorlag. Nur 39 % der Labore beteiligten sich erfolgreich an diesem Teil des Ringversuchs.

Bei den Ringversuchen werden reale Proben unter standardisierten Bedingungen erstellt, unter optimalen Bedingungen versandt und nach einheitlichen Vorgaben von Laboratorien ausgewertet, welche sich freiwillig einer Qualitätssicherung unterziehen. Dennoch zeigten sich erhebliche quantitative Streuungen der Ergebnisse und Unsicherheiten bei der Diagnostik.

Umso mehr sind Ergebnisse in Frage zu stellen, bei denen

- die Probenahme durch Laien erfolgt und
- der Versand der Proben nicht optimiert bzw. standardisiert ist

Sämtliche aus dem Internet entnommene Aussagen liegen dokumentiert vor. Aus rechtlichen Gründen werden keine Produkte bzw. Anbieter genannt.

## Literatur

- (1) Umweltbundesamt, Leitfaden zur Vorbeugung, Untersuchung, Bewertung und Sanierung von Schimmelpilzwachstum in Innenräumen (2002)
- (2) Epidemiologisches Bulletin Nr. 43 des Robert Koch Instituts vom 24. Oktober 2003
- (3) M. Miller, A. Palojarvi, A. Rangger, M. Reeslev, A. Kjoller: The use of fluorogenic substrates to measure fungal presence and activity in soil. *Appl Environ Microbiol*, 64, 613-617 (1998).
- (4) B.L. Mark, G.A. Wasney, T.J. Salo, A.R. Khan, Z. Cao, P.W. Robbins, M.N. James, B.L. Triggs-Raine: Structural and functional characterization of *Streptomyces plicatus* beta-N-acetylhexosaminidase by comparative molecular modeling and site-directed mutagenesis. *J Biol Chem*. 273, 19618-19624 (1998).
- (5) X. Guoqing, J. Chunsheng, Z. Ju, Y. Shoujun, Z. Shuzheng, J. Cheng: A novel chitinase having a unique mode of action from *Aspergillus fumigatus* YJ-407. *Eur. J. Biochem*. 268, 4079-4085 (2001).
- (6) J.D. Krause, Y.Y. Hammad, L.B. Ball: Application of a fluorometric method for the detection of mold in indoor environments. *Appl Occup Environ Hyg*. 18, 499-503 (2003).
- (7) H-P.Seidl, T. Gabrio, U. Weidner, I. Dill, G. Fischer, L. Grün, E. Hoekstra, R. Rabe, RA. Samson, C. Trautmann: Ringversuch „Innenraumrelevante Schimmelpilze“, Bundesgesundheitsblatt im Druck (2005)

**10 Anhang:**

**10.1 Kommerziell verfügbare (Schimmel-)pilzallergene für RAST-Testungen (auch Hefen) Dr. Schönherr**

<i>Alternaria tenuis</i>	<i>Fusarium moniliforme</i>
<i>Aureobasidium pullulans</i>	<i>Helminthosporium halodes</i>
<i>Aspergillus amstelodami</i>	<i>Mucor mucedo</i>
<i>Aspergillus clavatus</i>	<i>Mucor racemosus</i>
<i>Aspergillus candidus</i>	<i>Mucor spinosus</i>
<i>Aspergillus fumigatus</i>	
<i>Aspergillus nidulans</i>	<i>Neurospora sitophila</i>
<i>Aspergillus niger</i>	<i>Paecilomyces species</i>
<i>Aspergillus oryzae</i>	<i>Penicillium brevicompactum</i>
<i>Aspergillus repens</i>	
<i>Aspergillus terreus</i>	<i>Penicillium chrysogenum</i>
<i>Aspergillus versicolor</i>	<i>Penicillium commune</i>
	<i>Penicillium digitatum</i>
<i>Botrytis cinerea</i>	<i>Penicillium expansum</i>
<i>Cephalosporium acremonium</i>	<i>Penicillium notatum</i>
<i>Chaetomium globosum</i>	<i>Penicillium roqueforti</i>
	<i>Penicillium viridicatum</i>
<i>Cladosporium cladosporioides</i>	
<i>Cladosporium fulvum</i>	<i>Phoma betae</i>
<i>Cladosporium herbarum</i>	<i>Rhizopus nigricans</i>
	<i>Serpula lacrymans (Hausschwamm)</i>
<i>Curvularia lunata</i>	<i>Stemphylium botryosum</i>
<i>Epicoccum purpurascens</i>	<i>Trichoderma viride</i>
<i>Fusarium culmorum</i>	<i>Ustilago tritice</i>

## 10.2 Spezifische toxische Effekte einzelner Mykotoxine:

<b>Folgende Schimmelpilze können Mykotoxine bilden:</b>		
zitiert nach Fischer et alii 1999, Büniger et alii 2000, Schönherr		
<b>Species</b>	<b>Mykotoxin</b>	<b>Wirkung im Tierversuch</b>
<i>Acremonium species</i>	Trichothecen	immunsuppressiv, hämorrhagisch
<i>Alternaria alternata</i>	Tenuazonic acid	
<i>Aspergillus candidus</i>	Petulin	
<i>Aspergillus clavatus</i>	Petulin	
<i>Aspergillus flavus</i> , <i>Aspergillus parasiticus</i> <i>Aspergillus nomius</i>	Aflatoxin B1, B2, G1 M1, Asperfuran Aspergillinsäure Kojisäure Nitropropionsäure	hepatotoxisch, cancerogen (auch beim Menschen)
<i>Aspergillus fumigatus</i>	Fumagillin Fumigatin Fumigaclavin A Fumigaclavin C Fumitremorgen A,B,C Gliotoxin  Tryptoquivalin Tryptacidin Verruculogen	Antibiotikum  tremorgen Hemmung der Proteinsynthese, potentiell cancerogen und immunsuppressiv tremorgen tremorgen, Antibiotikum
<i>Aspergillus nidulans</i>	Sterigmatocystin	nephro- und hepatotoxisch, cancerogen
<i>Aspergillus niger</i>	Naphtho – $\gamma$ -pyron- ähnliche Tetracyclin-ähnliche verbindungen	
<i>Aspergillus ochraceus</i>	Ochratoxin A	Nephrotoxisch (auch beim Menschen), cancerogen, immunsuppressiv
<i>Aspergillus sydowii</i>	Sterigmatocystin	nephro- und hepatotoxisch, cancerogen
<i>Aspergillus terreus</i>	Patulin	Haemorrhagien
<i>Aspergillus versicolor</i>	Sterigmatocystin  Aversin Versicolorin A Versicolorin B	nephro- und hepatotoxisch, cancerogen
<i>Bipolaris species</i>	Sterigmatocystin	nephro- und hepatotoxisch, cancerogen
<i>Chaetomium species</i>	Chetomin	
<i>Emericella nidulans</i>	Sterigmatocystin	nephro- und hepatotoxisch, cancerogen
<i>Fusarium species</i>	Sterigmatocystin	nephro- und hepatotoxisch, cancerogen

	Zearalenon T2-Toxin	potentiell cancerogen, östrogen potentiell cancerogen, immunsuppressiv
<i>Fusarium cerealis</i>	Zearalenon Deoxynivalenol	östrogen cancerogen?
<i>Fusarium culmorum</i>	Fusarenon X Deoxynivalenol	immunsuppressiv cancerogen?
<i>Fusarium graminearum</i>	Zearalenon Fusarenon X Deoxynivalenol	östrogen immunsuppressiv cancerogen?
<i>Fusarium moniliforme</i>	Fumonisin	cancerogen, immunsuppressiv
<i>Fusarium solani</i>	Trichothecentoxine	
<i>Paecilomyces variotii</i>	Viridotoxin	
<i>Penicillium aurantiogriseum</i>	Verrucosidin	neurotoxisch
<i>Penicillium brevicompactum</i>	Asperentin Brevianamid Mycophenolsäure Oxalin(cf.Meleagrinen) Penicillinsäure Secalonsäure D	
<i>Penicillium citrinum</i>	Citrinin	potentiell cancerogen und immunsuppressiv
<i>Penicillium clavigerum</i>	Isofumigaclavin- ähnliche Verb. Patulin Penitrem A	Haemorrhagien tremorgen
<i>Penicillium crustosum</i>	Cyclophenol Cyclophenin Penitrem A Roquefortin Terrestrinsäure	tremorgen
<i>Penicillium cyclopium</i>	Cyclophenol Cyclophenin Penicillinsäure Verrucofortin Verrucosidin Vinidicatin	
<i>Penicillium islandicum</i>	Luteoskyrin	potentiell cancerogen und immunsuppressiv
<i>Penicillium verrucosum</i>	Ochratoxin A	Nephrotoxisch (auch beim Menschen), cancerogen, immunsuppressiv
<i>Penicillium viridicatum</i>	Ochratoxin A	Nephrotoxisch (auch beim Menschen), cancerogen, immunsuppressiv
<i>Stachybotrys atra (chartarum)</i>	Satratoxin (Trichothecen)	Immunsuppressiv, haemorrhagisch, Pneumonitis
<i>Trichoderma species</i>		
<i>Trichothecium roseum</i>	T2-Toxin	potentiell cancerogen,



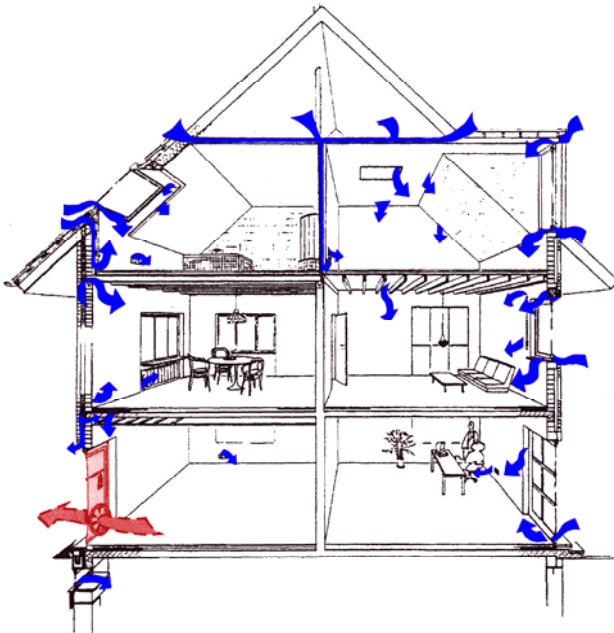
	(Trichothecen)	immunsuppressiv
<i>Wallemia sebi</i>	Walleminol A&B	

**Glossar**

advers = schädigend  
 Antikörper = Abwehrstoff, Immunglobulin  
 cancerogen = krebserzeugend  
 Emission = Abgabe von Schadstoffen an die Luft  
 Exposition = Belastung  
 Hepatotoxisch = leberschädigend  
 IgE = Immunglobulin E  
 inhalativ = durch Einatmung  
 intracutan = in die Haut  
 immunsuppressiv = die Abwehr schwächend  
 haemorrhagisch = mit Blutung verbunden  
 nephrotoxisch = nierenschädigend  
 östrogen= Wirkung wie weibliche Hormone  
 Pathomechanismus = Wirkungsweise  
 Provokationstest = Belastungstest  
 Resistenz = angeborene Unempfindlichkeit  
 Sensibilisierung = Erwerben einer Allergie  
 Species = Art  
 Toxisch = giftig  
 tremorgen = Zittern auslösend

### 10.3 bauphysikalische Messverfahren

#### Leckagenachweis durch das Blower Door Verfahren Prüfverfahren der Luftdichte



Die DIN 4108 Teil 7 schreibt die Dichtigkeit für Gebäude vor.

Die Dichtigkeit eines Gebäudes muss für Wohngebäude ohne mechanische Lüftung innerhalb der Luftdurchlässigkeitsrate (Volumenbezogen)  $n_{50} \leq 3$  betragen; für Häuser mit mechanischen Lüftungsanlagen  $n_{50} \leq 1,5$ .

#### Luftdichtung verhindert mikrobielle Bauschäden

Mit der Durchströmung der Luft durch die Konstruktion von innen nach Außen nimmt in der kalten Jahreszeit die Temperatur ab. Die Folge ist Ausfall von Tauwasser in der Konstruktion.

Die DIN ISO regelt das „Blower-Door“-Verfahren als zulässiges Überprüfungs-

instrument der Gebäudedichtheit.

Hierbei handelt es sich um eine Luftdurchlässigkeitsmessung der Gebäudehülle durch einen Drucktest bei stationärem Differenzdruck. Für diese Messung wird eine „Blower-Door“ in eine Außentür - z.B. eine Balkontür - eingebaut oder auch in ein Fenster. Mit dem Gebläse wird nun eine Druckdifferenz zwischen dem Gebäude und der Außenluft erzeugt.

Es kann wahlweise Unter- wie auch Überdruck hergestellt werden. Am Gebläse wird der Volumenstrom gemessen in Abhängigkeit des Differenzdruckes. Hat sich der Messwert auf den vorgesehene Prüfdruck von 50 Pascal eingestellt, so erhält man den Luftdurchlässigkeitswert  $n_{50}$ .

Teilt man den Volumenstrom nicht durch das Volumen des Gebäudes, sondern durch Gebäudegrund- oder Wohnfläche so ergibt sich ein flächenbezogenes Ergebnis. In Abhängigkeit von Oberflächen zu Volumen- oder Flächenverhältnis, wird hiermit Auskunft über die Qualität der Außenhaut des Gebäudes gegeben.

Leckagen spürt man mit Hilfe eines Thermoanemometers (Luftströmungsmessgerät) und/oder eines Nebelgenerators auf. Bei entsprechend grossen Temperaturunterschieden zwischen innen und Außen



kann zusätzlich auch eine Thermographiekamera eingesetzt werden.

**Folgende Problematik muss dabei insbesondere bei Planung und Ausführung berücksichtigt werden:**

Je dichter eine Gebäudehülle gebaut wird, desto höher ist der Luftdurchsatz durch einzelne Fugen. Bisher haben die Häuser sehr viele Leckagen aufgewiesen, so dass sich die Leckrate über fast die gesamte Gebäudehülle verteilt hat.

Werden diese Öffnungen nun reduziert auf einige wenige, so wird dies mit an Sicherheit grenzender Wahrscheinlichkeit genau an diesen Punkten zu Bauschäden führen, zumindest an der Leeseite, d.h. an der Seite, an dem die feuchte Warmluft nach Außen gedrückt wird.

An der Luvseite, d.h. an der windangeströmten Seite des Hauses, wird Kaltluft, die im allgemeinen trockener ist als die Innenluft, einströmen. Dies führt zu "Kaltluftseen" am Fussboden und Zugerscheinungen im Gebäude, was sich negativ auf das Wohlbefinden der Bewohner auswirkt.

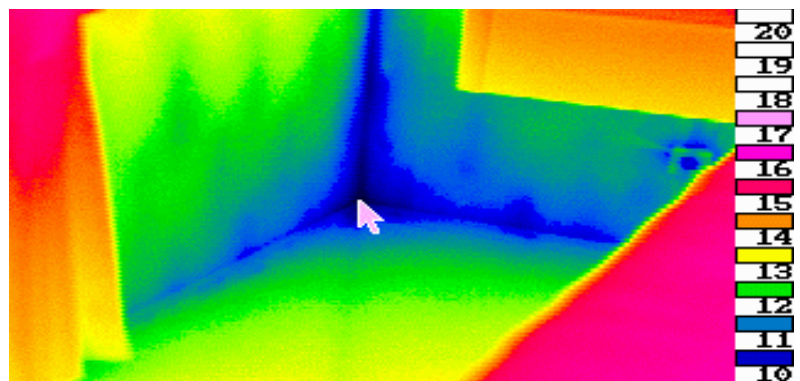
Das besondere Augenmerk ist aufgrund der Fehlermöglichkeiten insbesondere auf Leichtbauteile, wie das Dachgeschoss und alle anderen Holzbauteile zu richten, sowie auf alle Anschlussfugen, z.B. bei Fenstern und Türen. Probleme gibt es jedoch auch beim Massivbau: Mauerwerke sind nicht luftdicht, sondern werden dies erst durch den Putz (innen und Außen), der die Luft- bzw. Winddichtigkeitsschicht herstellt.



**Leckagenachweis durch Infrarot-Thermografie**

Mit Hilfe der Infrarot-Thermografie lässt sich bei einem Unterdruck von 50 p die einströmende Luft durch Bauteile nachweisen, insbesondere wenn diese eine deutliche Temperaturdifferenz zur Innenluft aufweist. Die Kaltluft kühlt die Bauteile im Vorbeiströmen aus, was durch die Thermokamera in einem Falschfarbenbild dargestellt wird.

Die Kamera hat den Vorteil, auch sehr langsame Strömungen noch nachzuweisen. Messungen von Leckagen an ansonsten unerreichbaren Stellen (z.B.: in sehr grosser Höhe) sind mit der Kamera kein Problem. Der Dokumentationswert der IR-Bilder ist hoch. Da ein IR-Bild einem optischen Bild im allgemeinen sehr ähnelt, lassen sich undichte Stellen gut lokalisieren.



**Leckagenachweis durch künstlich erzeugten Nebel**

Eine preiswertere Möglichkeit, Leckagen bei einfachen Fragestellungen nachzuweisen und zu dokumentieren als mit der IR-Kamera, bietet der Einsatz eines Nebel-

oder Rauchgenerators. Der zu untersuchende Gebäudeteil wird dabei innen z.B. mit Theaternebel geflutet. Anschliessend wird mit dem Blower-Door Überdruck erzeugt.

Die Stellen, an denen der Nebel dann auf der Außenseite des Gebäudes sichtbar wird, geben Aufschluss darüber, wo die Luftströmung durch die eigentlichen Leckagen der Gebäudehülle hindurchtritt. Per Videokamera oder Foto ist die Messung gut zu dokumentieren.

Im Einzelfall kann auch der Einsatz von Strömungsprüfern in Form von Handgeräten zum Sichtbarmachen von Luftströmen mit Hilfe von Nebelpatronen oder Rauchgasen sinnvoll sein. Neben elektrisch betriebenen Systemen gibt es auch einfache Handpumpen, die mittels Durchsaugen von Luft durch ein mit Granulat gefülltes Prüfröhrchen Rauch erzeugen.

### **Raumklimaaufzeichnungen**

Zur Diagnose der Ursache von Feuchtigkeits- und den damit verbundenen Schimmelpilzproblemen ist eine zielorientierte Analytik notwendig, welche sowohl die Eigenheiten des Gebäudes als auch das Nutzerverhalten der Bewohner erfasst.

Raumklimaaufzeichnungen bieten dazu das geeignete Analysewerkzeug. Je nach Frage- und Aufgabenstellung können Aufzeichnungen über Feuchte- und Temperaturverlauf zielorientiert eingesetzt werden. Die Kombination aus Messungen der Raumluft- und Wandoberfläche und Kohlendioxid-Konzentration mit anschliessender Computerauswertung ergibt eine entscheidende Datengrundlage für eine problemorientierte Bewertung der Situation.

Aufzeichnungen über mehrere Wochen sind durch die Bewohner nur schwer manipulierbar und die Erfahrung zeigt, dass so die individuellen Wohngewohnheiten tatsächlich wiedergeben werden können. Folgende Informationen können mit der Durchführung von Raumklimaaufzeichnungen gewonnen werden:

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

wechsel, Festerlüftung, Druckunterschiede oder Kombinationen einzelner Maßnahmen).

### **Elektrische Feuchtemessgeräte**

- Mit Einschlagelektroden gut geeignet für (grünes) Holz, oft holzspezifische Kalibrierung im Gerät abgespeichert oder als Skala/Tabelle vorhanden. Bei chemisch behandeltem Holz oder durch Feuchtetransportvorgänge kommt es zu Messwertfehlern.
- Bei mineralischen Baustoffen nur bedingt geeignet für den leicht feuchten Bereich bei eigener stoffspezifischer Kalibrierung (z.B. für den Austrocknungsvorgang einer Estrich-Art).
- Zerstörungsfrei mit Spitzen- oder Flächenelektroden nur grobe Bewertung von trocken - nass möglich, insbesondere bei höheren Feuchten sehr unsicher im Absolutwert.
- Starke Abhängigkeit vom Salzgehalt, nicht nur bei Fremdsalzeinfluss, sondern auch bei umverlagerten Eigensalzen der Baustoffe selbst.

### **Thermogravimetrisches Standardverfahren**

Der Feuchtegehalt wird aus der Masse einer Probe vor und nach dem Trocknen bei erhöhter Temperatur berechnet.

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

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

#### 10.4. Differenzierungsliteratur

- 1 Umweltbundesamt, Leitfaden zur Vorbeugung, Untersuchung, Bewertung und Sanierung von Schimmelpilzwachstum in Innenräumen („Schimmelpilz-Leitfaden“)
- 2 Introduction to food- and airborne fungi 6. Edition, R.Samson, Printed by Ponsen & Looyen 2000, Wageningen, Holland, ISBN 90-70351-42-0
- 3 Atlas of clinical fungi, 2. Edition, G.S. de Hoog, 2000, ISBN 90-70351-43-9
- 4 Microorganisms in home and indoor work environments (diversity, health impacts, investigation and control), B. Flannigan, R.Samson, ISBN 0-415-26800-1, Taylor and Francis, 2001
- 5 Compendium of Soil Fungi K.H. Domsch; W. Gams; ISBN:3-9803083-8-3, Volume 1 und 2, IHW-Verlag, Eching
- 6 More Dematiaceous Hyphomycetes, M.B.Ellis, CABI Publishing, CAB international , ISBN 0851983650, 1976
- 7 A Laboratory Guide to Common Penicillium Species, John Pitt, Food Science Australia, ISBN: 0 643 04837 5 oder direkt zu bestellen über email: John.Pitt@foodscience.afisc.csiro.au
- 8 The Genera of Fungi Sporulating in Pure Culture, J.A. von Arx, Lubrecht&Cramer, ISBN 3768206939, A.R. Gantner Verlag K.G., 1981
- 9 On certain species of Mucor with a key to all accepted species and On the genera Rhizomucor and Parasitella, Studies in Mycology Nr. 17, M.A.A. Schipper, Centraalbureau voor Schimmelcultures, Utrecht, 29.12.1978, Verlag unbekannt.
- 10 Paecilomyces and some allied Hyphomycetes, Studies in Mycology Nr. 6, R.A. Samson, Centraalbureau voor Schimmelcultures, Utrecht, 10.06.1974, Verlag unbekannt.
- 11 Revision of the subsection Fasciculata of Penicillium and some allied species, Studies in Mycology Nr. 11, R.A. Samson, Amelia C. Stolk and R. Hadlok, Centraalbureau voor Schimmelcultures, Utrecht, 30.01.1976, Verlag unbekannt.
- 12 . A compilation of the Aspergillii described since 1965, Studies in Mycology Nr. 18, R.A. Samson, Centraalbureau voor Schimmelcultures, Utrecht, 30.01.1979, Verlag unbekannt.
- 13 List of cultures, fungi and yeasts, Centraalbureau voor Schimmelcultures, Utrecht
- 14 Notes on Mucorales, especially Absidia, Mycologia 53, Hesseltine, C.W. & Ellis, J.I. 1961
- 15 A revision of Chrysosporium and allied genera, C.A.N. van Oorschot, Studies in Mycology No.20, Centraalbureau voor Schimmelcultures , Utrecht, 01.07.1980, Verlag unbekannt.
- 16 The Deuteromycetes, Mitosporic Fungi, Classification and Generic Keys. 2000,
- 17 E.Kiffer and M.Morelet, Science Publishers Inc., P.O.Box 699, Enfield, NH 03748, ISBN 1-57808-068-1
- 18 The Genus Aspergillus, Raper&Fennell 1977,, ISBN : 0-88275-109-3
- 19 The Genus Penicillium, Pitt,J.I.,1979 Academic Press, ISBN: 0-12-557750-7
- 20 Fusarium species, an illustrated manual for identification, Nelson,P.E. Tousson, T.A.&Marasas 1983, Pennsylvania state Univ.Press, Univ. Park, London
- 21 Schimmelpilze, Jürgen Reiß, ISBN:3-540-63019-8, Springer Verlag
- 22 Integration of modern taxonomic methods for Penicillium and Aspergillus classification, R.A. Samson and J.I. Pitt, ISBN 90-5823-159-3, Harwood Academic Publishers, 2000 OPA ( Overseas Publishers Association) N.V.
- 23 Langenscheidts Fachwörterbuch Biologie, Englisch-Deutsch, M.Eichhorn, ISBN 3-86117-122-8, Langenscheidt Fachverlag München, 2002

## 10.5 Fragebögen

### 10.5.1 Kurzfragebogen bezüglich einer möglichen Exposition

#### Allgemeine Angaben

Ort der Begehung/Objekt: \_\_\_\_\_

Anschrift: \_\_\_\_\_

Auftraggeber: \_\_\_\_\_

Anlass der Untersuchung: \_\_\_\_\_

Art der Probe:

- |   |  |   |
|---|--|---|
| <input type="checkbox"/> <sub>1</sub> Innenluft                     | <input type="checkbox"/> <sub>2</sub> Außenluft  | <input type="checkbox"/> <sub>3</sub> Fussbodenstaub      |
| <input type="checkbox"/> <sub>4</sub> Bettenstaub                   | <input type="checkbox"/> <sub>5</sub> Altstaub   | <input type="checkbox"/> <sub>6</sub> Abklatsche          |
| <input type="checkbox"/> <sub>7</sub> Abrisspräparat (Tesa)         | <input type="checkbox"/> <sub>8</sub> Wischprobe | <input type="checkbox"/> <sub>9</sub> Wasserprobe aus RLT |
| <input type="checkbox"/> <sub>10</sub> Materialprobe, welche: _____ |  | <input type="checkbox"/> <sub>11</sub> sonstige           |

Entnahmeort der jeweiligen Probe

Art der Luftmessung:	Volumen	Nährmedium	Art d. Filters	direkt	indirekt
Impaktion <input type="checkbox"/>	_ _ _	_____			
Filtration <input type="checkbox"/>	_ _ _	_____	_____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Art der Staubgewinnung:		welcher	gesiebt	nicht gesiebt
spez. Staubsammelkopf	<input type="checkbox"/>	_____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Staubsaugerbeutel	<input type="checkbox"/>	_____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Bemerkung: \_\_\_\_\_

Zu beurteilende Räume: Wohnung  Schule  Kindergarten  Arbeitsstätte  welche \_\_\_\_\_

	Temperatur	rel. Luftfeuchte	UG	EG	1.E	2.E	>2.Eu.DG	DG	
Raum 1: _____	___ °C	___ %	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>5</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>6</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>7</sub>
Raum 2: _____	___ °C	___ %	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>5</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>6</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>7</sub>
Raum 3: _____	___ °C	___ %	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>5</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>6</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>7</sub>
Raum 4: _____	___ °C	___ %	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>5</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>6</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>7</sub>
Raum 5: _____	___ °C	___ %	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>5</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>6</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>7</sub>

Tag der Begehung |\_|\_|\_|\_|\_|\_|\_|

Uhrzeit der Begehung |\_|\_|

Teilnehmer an der Begehung: \_\_\_\_\_

Probenummer: \_\_\_\_\_

Bemerkung: \_\_\_\_\_

Sind in dem Objekt folgende Auffälligkeiten gegeben:

mit Schimmel befallenes Material ja  nein

wo \_\_\_\_\_

Größe < 20 cm<sup>2</sup>  < 0,5 m<sup>2</sup>  > 0,5 m<sup>2</sup>  geschätzte m<sup>2</sup> \_\_\_\_

Art des Befalls

punktförmiges Wachstum

rasenartiges Wachstum

hinter einer geschlossenen Fläche z. B. Fussbodenbelag

sonstiger, wenn ja welcher \_\_\_\_\_

sichtbare Feuchtflecken (aktiv)

wo \_\_\_\_\_ Größe [cm<sup>2</sup>] \_\_\_\_\_

sichtbare Feuchtflecken (abgetrocknet)

wo \_\_\_\_\_ Größe [cm<sup>2</sup>] \_\_\_\_\_

Geruchsbelästigung

wonach \_\_\_\_\_ seit wann \_\_\_\_\_

andere biologische Innenraumbelastungen, u.a. Milben

welche \_\_\_\_\_

andere chemische Innenraumbelastungen u.a. Formaldehyd

welche \_\_\_\_\_

Bauschaden u.a. Wasserschaden innen/Außen

wo \_\_\_\_\_ welcher \_\_\_\_\_ wann \_\_\_\_\_

Höhe der Wohnung (Etage) \_\_\_\_\_

Wie lüften Sie häufiges Stosslüften

Fenster langfristig gekippt

Besonderheiten z. B.

Haustiere auch (Aquarium) welche \_\_\_\_\_

Matratze auf dem Boden

grosse Schränke bzw. Schrankwände an der Außenwand

Wintergarten

Haus nicht unterkellert

befahrene(s) Strasse/Gleis

wo \_\_\_\_\_ wie weit \_\_\_\_\_

Nähe einer Quelle für chemische Schadstoffe z. B. Lackiererei

Nähe einer Quelle für biologische Schadstoffe z. B. Kompostierwerk

Wurden schon einmal Expositionsmessungen durchgeführt?

worauf \_\_\_\_\_

weitere Besonderheiten \_\_\_\_\_



### 10.5.2 Ärztlicher Fragebogen

Zur Abklärung des ärztlichen Befundes ist vom behandelnden Arzt eine gezielte Anamnese hinsichtlich einer Belastung durch biologische Innenraumschadstoffe durchzuführen. Für die Diagnostik kann u. a. ein Allergiescreening (IgE, IgG, IgA) Provokationstest, Abklärung, ob eine EAA (Exogen allergische Alveolitis), ODTs (Organic Dust Toxic Syndrom) oder eine MMI (Mucous Membrane Irritation) vorliegt, hilfreich sein. Es wäre sinnvoll, einen speziellen Fragebogen für die anamnestische Erhebung zu verwenden (Beispiel siehe unten). Bei der Interpretation eines durchgeführten Allergiescreenings ist zu beachten, dass eine Sensibilisierung gegenüber Schimmelpilzen häufig einhergeht mit Sensibilisierungen gegenüber anderen Allergenen, vor allem Pollen von Gräsern und Bäumen bzw. Milben. Ausserdem ist zu klären, für welche Schimmelpilze der angewandte Test spezifisch ist. Eine nachgewiesene Schimmelpilzsensibilisierung muss nicht unbedingt auf eine Innenraumbelastung zurückzuführen sein.

Name des Patienten: \_\_\_\_\_ Geburtsdatum: \_\_\_\_\_

Bestehen folgende gesundheitliche Beeinträchtigungen:

#### Beschwerden des Patienten

- |                                     |                          |    |
|-------------------------------------|--------------------------|----|
| Kopfschmerzen                       | <input type="checkbox"/> | ja |
| Augenreizung                        | <input type="checkbox"/> |    |
| Schnupfen                           | <input type="checkbox"/> |    |
| Hautreizung                         | <input type="checkbox"/> |    |
| Kurzatmigkeit                       | <input type="checkbox"/> |    |
| Symptome wie bei grippalen Infekten | <input type="checkbox"/> |    |

#### Vorerkrankungen des Patienten

1. Atemwegserkrankung   
welche: (z. B. Tuberkulose, Bronchiektasen, Sinusitis)  
-----
2. Asthma
3. Heuschnupfen
4. Neurodermitis
5. beruflich bedingte Schimmelpilzallergie   
(z. B. bei Arbeitnehmern aus der Landwirtschaft,  
aus der Abfallwirtschaft, aus der Lebensmittelwirtschaft,  
aus Archiven, Museen, aus der Holzwirtschaft, aus  
Messinstituten oder mikrobiologischen Laboratorien,  
aus der Bauwirtschaft  
welche: \_\_\_\_\_
6. beruflich bedingte toxische Schimmelpilzwirkungen  
welche: \_\_\_\_\_
7. beruflich bedingte Schimmelpilzinfektionen
8. weitere \_\_\_\_\_

#### Spezifische Erkrankungen des Patienten

9. allergische Konjunktivitis
10. Neurodermitis

- |   |                          |
|---|--------------------------|
| 11. allergische Rhinitis                      | <input type="checkbox"/> |
| 12. allergisches Asthma bronchiale            | <input type="checkbox"/> |
| 13. exogen allergische Alveolitis             | <input type="checkbox"/> |
| 14. allergische bronchopulmonale Aspergillose | <input type="checkbox"/> |
| 13. Aspergillom                               | <input type="checkbox"/> |
| 14. Aspergillose                              | <input type="checkbox"/> |
| 15. sonstige Pilz- bedingte Infektionen       | <input type="checkbox"/> |
| 16. Organisches Staubsyndrom                  | <input type="checkbox"/> |
| 17. Mucous Membrane irritation                | <input type="checkbox"/> |
| 18. weitere _____                             | <input type="checkbox"/> |

Sensibilisierung des Patienten gesichert für folgende Allergene (Methode) \_\_\_\_\_

---

### **Erkrankungen in der Familie**

Von den oben genannten Erkrankungen treten in der Familie des Patienten gehäuft auf:

Nummer \_\_\_\_\_

### ***Konsultation von Fachärzten sinnvoll auf den Gebieten der:***

Allergologie  
Pneumologie  
Dermatologie  
Umweltmedizin

### 10.5.3 Fragebogen zur Pilzuntersuchung

#### 1. Allgemein

Anschrift \_\_\_\_\_

Tag der Begehung \_\_\_\_\_

Anwesende \_\_\_\_\_

**Standort**                      Stadtzentrum                       Wohngebiet                       Industriegebiet   
    Wald/Park/Grünfläche                       Ländliches Gebiet                       sonstiges \_\_\_\_\_

**Umgebung**    Kompostierungsanlage                       Abfallsortierung                       Gärtnerei   
    Bäckerei                       Gaststätte                       sonstiges \_\_\_\_\_

**Gebäude**                      Altbau                       sanierter Altbau                       Neubau   
    wann erbaut \_\_\_\_\_                      Wärmeschutz \_\_\_\_\_                      wieviele Stockwerke \_\_\_\_\_  
    sonstiges \_\_\_\_\_

**Baumaterial** \_\_\_\_\_

**Wohnung**    Stockwerk \_\_\_\_\_                      Größe \_\_\_\_\_ m<sup>2</sup>                      Anzahl der Zimmer \_\_\_\_\_  
    Wieviele Bewohner \_\_\_\_\_

**Heizung:**                      Ofen                       Zentral/Fernwärme                       Etagenheizung   
    Heizkörper                       Fussbodenheizung

**Haustiere**                      nicht vorhanden                       vorhanden                       welche \_\_\_\_\_  
    wo \_\_\_\_\_

**Luftbefeuchter**    nicht vorhanden                       vorhanden                       wo und welcher Art \_\_\_\_\_

**Klimaanlage**                      nicht vorhanden                       vorhanden                       wo und welcher Art \_\_\_\_\_

**Biomüll**                      nicht vorhanden                       vorhanden                       wo \_\_\_\_\_  
    Standzeit \_\_\_\_\_

**Feuchteschäden**    nicht bekannt   
    bekannt                       wann und wo \_\_\_\_\_  
 mit Schimmel befallenes Material                      ja                       nein   
 wo \_\_\_\_\_  
 Größe                      < 20 cm<sup>2</sup>                       < 0,5 m<sup>2</sup>                       > 0,5 m<sup>2</sup>                       geschätzte m<sup>2</sup> \_\_\_\_\_  
 Art des Befalls  
    punktförmiges Wachstum   
    rasenartiges Wachstum   
    hinter einer geschlossenen Fläche z. B. Fussbodenbelag   
    sonstiger, wenn ja welcher \_\_\_\_\_

sichtbare Feuchtflecken ja  nein   
wo \_\_\_\_\_  
Größe < 20 cm<sup>2</sup>  < 0,5 m<sup>2</sup>  > 0,5 m<sup>2</sup>  geschätzte m<sup>2</sup> \_\_\_\_\_

**Befinden der Bewohner** Allergien nicht bekannt   
Allergien bekannt  gegen Pilze nein  ja   
welche \_\_\_\_\_ andere Allergieauslöser \_\_\_\_\_  
Gesundheitliche Beschwerden in der Wohnung, welche \_\_\_\_\_

**Durchschnittliche Aufenthaltsdauer in der Wohnung** \_\_\_\_\_

**Außenlufttemperatur** \_\_\_\_\_

**Außenluftfeuchtigkeit** \_\_\_\_\_

## 2. Daten zur Probenahme je Raum

### Allgemein

**Raum** Wohnzimmer  Schlafzimmer  Küche  Kinderzimmer   
Arbeitszimmer  Wintergarten  Bad  sonstiger

**Raumgröße** ca. \_\_\_\_\_

### Lage

**Himmelsrichtung** \_\_\_\_\_ **Außenwände** \_\_\_\_\_

### Lage im Gebäude

unter dem Raum: beheizter Raum  unbeheizter Raum  Keller   
über dem Raum: beheizter Raum  unbeheizter Raum  Kaldach

### Innenwandisolierung

nicht vorhanden  vorhanden  woraus \_\_\_\_\_

### Möbliering

Schrankwände/Schränke an Außenwänden:

nicht vorhanden  vorhanden  wie nah \_\_\_\_\_

Schränke mit Staubsedimentationsflächen

nicht vorhanden  vorhanden

offene Regale

nicht vorhanden  vorhanden

Gardinen

nicht vorhanden  vorhanden

Übergardinen

Stores

### Fussboden

Teppichboden Hochflor  Niedrigflor  sonstiges \_\_\_\_\_

Teppich  wie gross \_\_\_\_\_

Parkett                       Laminat                       Dielung                       Kunstfaser   
Naturfaser                       Linoleum                       PVC                       sonstiges

### Wandverkleidungen

nicht vorhanden                       vorhanden                       wo \_\_\_\_\_

### Abgehangene Decken

nicht vorhanden                       vorhanden                       wo \_\_\_\_\_

### Lüftungsverhalten

selten                       1 x tägl. gut durchlüften                       2 x tägl. gut durchlüften   
mehrmals tägl. gut durchlüften                       mehrere Stunden Fenster ganz offen   
Fenster ist ständig gekippt                       anders \_\_\_\_\_

### Pflanzen

nicht vorhanden                       vorhanden                       wieviele \_\_\_\_\_

Erdkultur                       Hydrokultur

### Auffällige Gerüche

nicht vorhanden                       vorhanden                       welche \_\_\_\_\_

### Feuchtigkeitsbildung/Feuchteschäden

nicht vorhanden                       vorhanden                       Feuchtigkeitsbildung am Fenster   
Tapete verfärbt                       Silikon/Acryldichtungen verfärbt                       abblätternde Farbe/Putz   
Weiteres \_\_\_\_\_

Temperatur \_\_\_\_\_

Luftfeuchtigkeit \_\_\_\_\_

### Fenster

Einfachverglasung (Altbau)                       Doppelkastenfenster (Altbau)                       Isolierverglasung (Neubau)   
Fenster eher dicht                       Fenster eher zugig

Sonstiges \_\_\_\_\_

### Hausstaubproben

Grundreinigung am: \_\_\_\_\_ 200\_  
Probenahme am: \_\_\_\_\_ 200\_  
Größe der gesaugten Fläche ca. \_\_\_\_\_ m<sup>2</sup>  
Staubsaugertyp \_\_\_\_\_ Saugstärke \_\_\_\_\_  
wie lange gesaugt \_\_\_\_\_

### Fussboden

Teppichboden                      Hochflor                       Niedrigflor                       sonstiges \_\_\_\_\_  
Teppich                       wie gross \_\_\_\_\_  
Parkett                       Laminat                       Dielung  Kunstfaser                       Naturfaser   
Linoleum                       PVC                       sonstiges \_\_\_\_\_

### Sonstiges

Polstermöbel

welcher Art \_\_\_\_\_

Matratze

welcher Art \_\_\_\_\_

**Sonstiges** \_\_\_\_\_

## 10.5.4 Fragebogen zur Wohnungsbegehung

### Datenblatt Gebäude

1.1 Codierung

1.2 PLZ

1.3 Stadt

1.4 Strasse

1.5 Hausnummer

1.6 Lage  Land  
 Stadt  
 Industriegebiet  
 Gewässernähe

1.7 Einwohnerzahl  
 <20.000  
 <50.000  
 <100.000  
 <250.000  
 >250.000

1.8 gibt es in der Nähe:

<input type="checkbox"/> Hauptverkehrsstrassen	<input type="checkbox"/> <500m	<input type="checkbox"/> <2000m	<input type="checkbox"/> ≥2000m
<input type="checkbox"/> landwirtsch.Betriebe	<input type="checkbox"/> <500m	<input type="checkbox"/> <2000m	<input type="checkbox"/> ≥2000m
<input type="checkbox"/> Gewerbebetriebe	<input type="checkbox"/> <500m	<input type="checkbox"/> <2000m	<input type="checkbox"/> ≥2000m
<input type="checkbox"/> Industrieanlagen	<input type="checkbox"/> <500m	<input type="checkbox"/> <2000m	<input type="checkbox"/> ≥2000m
<input type="checkbox"/> andere			

2.1 Haustyp  EFH  
 Mehrfamilienhaus  
 Doppelhaushälfte  
 Reihenhaushaus  
 Reiheneckhaus  
 Hochhaus (>5St.)

2.2 Fassade  Massivmauerwerk  
 Putz  
 Fachwerk  
 Plattenverkleidung  
 Klinker  
 Holz

- 2.3 Dach  Ziegel  
 Flachdach  
 Naturschiefer  
 Kunstschiefer  
 Reet  
 sonst.
- 2.4 Fenster  Einfachverglasung  
 Doppelglas  
 Sonderverglasung  
 Holz  
 Kunststoff  
 Alu  
 Rolläden  
 Blenden
- 2.5 Baujahr
- 2.6 Renovierung  ja  nein wenn ja, wann:
- 2.7 Klimaanlage  ja  nein  
wenn ja, Typ:  
Wartungsintervalle: mal jährlich
- 2.8 Lüftungsanlage  ja  nein  
wenn ja, Typ:  
Wartungsintervalle: mal jährlich
- 2.9 Isolierung Dach  ja  nein  
wenn ja, Material:  
Außenwände  ja  nein  
wenn ja, Material:
- 2.10 Brennmaterial: Heizsystem  Öl  
 Gas  
 Kohle  
 Strom  
 Holz
- 2.11 offene Feuerstelle  ja  nein
- 2.12 Staubsauger Typ  
Anschaffungszeitpunkt:  
Filtertütenwechselintervall: alle Wochen
- 2.13 bautechn. Besonderheiten



- 3.1 Wohndauer Jahre
- 3.2 Haustiere  nein
- ja, und zwar
- Hund
  - Katze
  - Wellensittich o.ä.
  - Kaninchen
  - Hamster
  - Meerschweinchen
  - Ratten
  - Mäuse
  - Aquarium
  - sonst.
- 3.3 Hauptaufenthaltort der Tiere
- WZ
  - SZ
  - Küche
  - Ki.Z.
  - Garten
  - Keller
  - Nachbarwohnung
- 3.4 Nutzung % Gewerbe  
% Wohnung
- 3.5 Wohnfläche m<sup>2</sup>

**Datenblatt Innenraum A**

- 4.1 Zimmer  
Wintergarten
- 4.2 Temperatur °C
- 4.3 Feuchte % rel. F.
- 4.4 Heizsystem
- Radiatoren
  - Fussbodenheizung
  - Heizlüfter
  - offener Kamin
  - Kachelofen
  - Einzelöfen
  - Nachtspeicherheizung
- 4.5 Baumängel  ja  nein
- wenn ja
- Schimmel
  - Feuchte
  - Risse
  - sonst.

mit Schimmel befallenes Material ja  nein   
 wo \_\_\_\_\_  
 Größe < 20 cm<sup>2</sup>  < 0,5 m<sup>2</sup>  > 0,5 m<sup>2</sup>  geschätzte m<sup>2</sup> \_\_\_\_  
 Art des Befalls  
 punktförmiges Wachstum   
 rasenartiges Wachstum   
 hinter einer geschlossenen Fläche z. B. Fussbodenbelag   
 sonstiger, wenn ja welcher \_\_\_\_\_

sichtbare Feuchtflecken ja  nein   
 wo \_\_\_\_\_  
 Größe < 20 cm<sup>2</sup>  < 0,5 m<sup>2</sup>  > 0,5 m<sup>2</sup>  geschätzte m<sup>2</sup> \_\_\_\_

- 4.6 Decken  Putz  
 Holzvertäfelung  
 Styropor  
 abgehängte Decken (Leichtbau)  
 Tapete  
 sonst.

- 4.7 Wände  Putz  
 Holzvertäfelung  
 Fliesen  
 Leichtbauplatten  
 Kork  
 Tapeten  
 textile Wandbespannung  
 Außenwände mit grossem Schrank bzw. Schrankwand verstellt  
 sonst.

4.8 Außenwände vorhanden  ja  nein

- 4.9 Böden  Teppich  
 Fliesen  
 Holz  
 PVC  
 Linoleum  
 Laminat  
 Stein  
 sonst.

4.10 textile Materialien vorhanden  ja  nein

- wenn ja  Stores  
 Wandbespannung  
 Brücken  
 sonst.

4.11 Polster vorhanden  ja  nein

- wenn ja Material  
 Stoff  
 Synthetik  
 Mischgewebe  
 Leder

- Kunstleder
- Wild-,Rauhleder
- Alcantara

Größe m<sup>2</sup>

Alter Jahre

Reinigungsintervall  
mal täglich  
mal wöchentlich  
mal monatlich

Reinigungsart  
 saugen  
 shampooonieren  
 klopfen

4.12 Teppich vorhanden  ja  nein

wenn ja Material  
 Wolle  
 Synthetik  
 Mischgewebe

Größe m<sup>2</sup>

Alter Jahre

Reinigungsintervall  
mal täglich  
mal wöchentlich  
mal monatlich

Reinigungsart  
 saugen  
 klopfen  
 kehren  
 shampooonieren

4.13 Matratzen vorhanden  ja  nein

wenn ja Material  
 Latex  
 Schaumstoff  
 Rosshaar  
 Federkern  
 Wasserbett

Encasing  ja  nein

Typ

verwendet seit

Federbetten  ja  nein

Matratzenschoner  ja  nein

offenes Bettgestell  ja  nein

Matratze auf dem Boden  ja  nein

sonst.:

Größe (Matratze) m<sup>2</sup>

Alter (Matratze) Jahre

Reinigungsintervall

mal täglich

mal wöchentlich

mal monatlich

Reinigungsart

saugen

klopfen

4.14 Spezialbehandlungen

Fungizide  ja  nein

Mittel

wann

Insektizide  ja  nein

Mittel

wann

4.15 Zimmerfläche m<sup>2</sup>

4.16 Zimmerhöhe m

4.17 Grünpflanzen vorhanden  ja  nein

wenn ja, welche  Topfpflanzen  
 Hydrokultur  
 sonst.

4.18 Nikotinexposition  ja  nein

4.19 verwendete Reinigungsmittel:

### 10.5.5 Begehungsprotokoll - biologische Schadstoffe in belasteten Innenräumen

#### 1 Allgemeine Angaben

1.1	Ort der Begehung/Objekt: _____																																																
1.2	Anschrift: _____																																																
1.3	Auftraggeber: _____																																																
1.4	Anlass der Untersuchung: _____																																																
1.5	Art der Probe: <input type="checkbox"/> <sub>1</sub> Innenluft <input type="checkbox"/> <sub>2</sub> Außenluft <input type="checkbox"/> <sub>3</sub> Fussbodenstaub <input type="checkbox"/> <sub>4</sub> Bettenstaub <input type="checkbox"/> <sub>5</sub> Altstaub <input type="checkbox"/> <sub>6</sub> Abklatsche <input type="checkbox"/> <sub>7</sub> Abrisspräparat (Tesa) <input type="checkbox"/> <sub>8</sub> Wischprobe <input type="checkbox"/> <sub>9</sub> Wasserprobe aus RL <input type="checkbox"/> <sub>10</sub> Materialprobe welche: _____ <input type="checkbox"/> <sub>11</sub> sonstige																																																
1.6	Art der Luftmessung:                      Volumen                      Nährmedium                      Art d. Filters                      direkt                      indirekt Impaktion <input type="checkbox"/>                                _____                      _____ <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Filtration <input type="checkbox"/>                                _____                      _____                      _____ <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>																																																
1.7	Art der Staubgewinnung:                      welcher                      gesiebt                      nicht gesiebt spez. Staubsammelkopf <input type="checkbox"/> _____ <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Staubsaugerbeutel <input type="checkbox"/> _____ <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>																																																
1.8	Bemerkung: _____																																																
1.9	Zu beurteilende Räume:																																																
	<table style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th></th> <th>UG</th> <th>EG</th> <th>1.E</th> <th>2.E</th> <th>&gt;2.E</th> <th>u.DG</th> <th>DG</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1.9.1 Raum 1: _____</td> <td><input type="checkbox"/><sub>1</sub></td> <td><input type="checkbox"/><sub>2</sub></td> <td><input type="checkbox"/><sub>3</sub></td> <td><input type="checkbox"/><sub>4</sub></td> <td><input type="checkbox"/><sub>5</sub></td> <td><input type="checkbox"/><sub>6</sub></td> <td><input type="checkbox"/><sub>7</sub></td> </tr> <tr> <td>1.9.2 Raum 2: _____</td> <td><input type="checkbox"/><sub>1</sub></td> <td><input type="checkbox"/><sub>2</sub></td> <td><input type="checkbox"/><sub>3</sub></td> <td><input type="checkbox"/><sub>4</sub></td> <td><input type="checkbox"/><sub>5</sub></td> <td><input type="checkbox"/><sub>6</sub></td> <td><input type="checkbox"/><sub>7</sub></td> </tr> <tr> <td>1.9.3 Raum 3: _____</td> <td><input type="checkbox"/><sub>1</sub></td> <td><input type="checkbox"/><sub>2</sub></td> <td><input type="checkbox"/><sub>3</sub></td> <td><input type="checkbox"/><sub>4</sub></td> <td><input type="checkbox"/><sub>5</sub></td> <td><input type="checkbox"/><sub>6</sub></td> <td><input type="checkbox"/><sub>7</sub></td> </tr> <tr> <td>1.9.4 Raum 4: _____</td> <td><input type="checkbox"/><sub>1</sub></td> <td><input type="checkbox"/><sub>2</sub></td> <td><input type="checkbox"/><sub>3</sub></td> <td><input type="checkbox"/><sub>4</sub></td> <td><input type="checkbox"/><sub>5</sub></td> <td><input type="checkbox"/><sub>6</sub></td> <td><input type="checkbox"/><sub>7</sub></td> </tr> <tr> <td>1.9.5 Raum 5: _____</td> <td><input type="checkbox"/><sub>1</sub></td> <td><input type="checkbox"/><sub>2</sub></td> <td><input type="checkbox"/><sub>3</sub></td> <td><input type="checkbox"/><sub>4</sub></td> <td><input type="checkbox"/><sub>5</sub></td> <td><input type="checkbox"/><sub>6</sub></td> <td><input type="checkbox"/><sub>7</sub></td> </tr> </tbody> </table>		UG	EG	1.E	2.E	>2.E	u.DG	DG	1.9.1 Raum 1: _____	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>5</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>6</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>7</sub>	1.9.2 Raum 2: _____	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>5</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>6</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>7</sub>	1.9.3 Raum 3: _____	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>5</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>6</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>7</sub>	1.9.4 Raum 4: _____	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>5</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>6</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>7</sub>	1.9.5 Raum 5: _____	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>5</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>6</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>7</sub>
	UG	EG	1.E	2.E	>2.E	u.DG	DG																																										
1.9.1 Raum 1: _____	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>5</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>6</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>7</sub>																																										
1.9.2 Raum 2: _____	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>5</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>6</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>7</sub>																																										
1.9.3 Raum 3: _____	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>5</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>6</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>7</sub>																																										
1.9.4 Raum 4: _____	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>5</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>6</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>7</sub>																																										
1.9.5 Raum 5: _____	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>5</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>6</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>7</sub>																																										
1.10	Tag der Begehung																																																
1.11	Uhrzeit der Begehung																																																
1.12	Teilnehmer an der Begehung: _____																																																
1.13	Probenummer: _____																																																
1.14	Bemerkung: _____																																																
1.15	Liegt eine bekannte Schadstoffbelastung vor? <input type="checkbox"/>																																																
1.16	Wenn ja, welche? _____																																																
1.17	Bemerkungen: _____																																																

**2 Ort der Probenahme bzw. Messung**

**2.1 Gebäudetyp/Nutzung**

- |  |  |  |
|--|--|--|
| <input type="checkbox"/> <sub>1</sub> Wohngebäude          | <input type="checkbox"/> <sub>2</sub> Schule     | <input type="checkbox"/> <sub>3</sub> Kindergarten |
| <input type="checkbox"/> <sub>4</sub> Bürogebäude          | <input type="checkbox"/> <sub>5</sub> Sporthalle | <input type="checkbox"/> <sub>6</sub> Krankenhaus  |
| <input type="checkbox"/> <sub>7</sub> Waren-/Geschäftshaus | <input type="checkbox"/> <sub>8</sub> Werkstatt  | <input type="checkbox"/> <sub>9</sub> Gaststätte   |

2.2 Welches andere Gebäude: \_\_\_\_\_

2.3 Wird das Gebäude gewerblich genutzt?

2.4 Wenn ja wie? \_\_\_\_\_

2.5 Besteht eine mikrobiologische Belastung, die durch einen Produktionsprozess in der Umgebung oder einen Nebeneffekt bedingt ist?

- |   |  |  |
|---|--|--|
| <input type="checkbox"/> <sub>1</sub> Gärtnerei         | <input type="checkbox"/> <sub>2</sub> Bauernhof        | <input type="checkbox"/> <sub>3</sub> Kompostierung                  |
| <input type="checkbox"/> <sub>4</sub> Lederverarbeitung | <input type="checkbox"/> <sub>5</sub> Archiv           | <input type="checkbox"/> <sub>6</sub> Bibliothek                     |
| <input type="checkbox"/> <sub>7</sub> Deponie           | <input type="checkbox"/> <sub>8</sub> Abfallsortierung | <input type="checkbox"/> <sub>9</sub> Lebensmittelabfälle (Betriebe) |
| <input type="checkbox"/> <sub>10</sub> sonstige         |  |  |

2.6 Wenn ja, wie? \_\_\_\_\_

**2.7 Lüftungszustand vor der Messung:**

	Raum 1	Raum 2	Raum 3	Raum 4	Raum 5
2.7.1 Intensiv gelüftet [Dauer]	_ _  h	_ _  h	_ _  h	_ _  h	_ _  h
2.7.2 Fenster/Türen geschlossen gehalten [Dauer]	_ _  h	_ _  h	_ _  h	_ _  h	_ _  h
2.7.3 Übliches Lüftungsverhalten der Bewohner	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.7.4 Geschätzte Luftwechselrate	_ _  h	_ _  h	_ _  h	_ _  h	_ _  h

**2.8 Raumtemperatur:** Raum 1 |\_|\_|<sub>1</sub> °C Raum 2 |\_|\_|<sub>2</sub> °C Raum 3 |\_|\_|<sub>3</sub> °C Raum 4 |\_|\_|<sub>4</sub> °C Raum 5 |\_|\_|<sub>5</sub> °C

**2.9 relative Luftfeuchte:** Raum 1 |\_|\_|<sub>1</sub> % Raum 2 |\_|\_|<sub>2</sub> % Raum 3 |\_|\_|<sub>3</sub> % Raum 4 |\_|\_|<sub>4</sub> % Raum 5 |\_|\_|<sub>5</sub> %

**2.10 Räume mit Raumluftechnischer Anlage:**

	Raum 1	Raum 2	Raum 3	Raum 4	Raum 5
2.10.1 Anlage in Betrieb seit [Dauer]	_ _  <sub>1</sub> h	_ _  <sub>2</sub> h	_ _  <sub>3</sub> h	_ _  <sub>4</sub> h	_ _  <sub>5</sub> h
2.10.2 Anlage ausser Betrieb seit [Dauer]	_ _  <sub>1</sub> h	_ _  <sub>2</sub> h	_ _  <sub>3</sub> h	_ _  <sub>4</sub> h	_ _  <sub>5</sub> h
2.10.3 hat die Anlage einen Filter	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>5</sub>

**2.11 Außenluftkontrolle**

- 2.11.1 Temperatur |\_|\_|<sub>1</sub> °C
- 2.11.2 relative Luftfeuchte: |\_|\_|<sub>1</sub> %
- 2.11.3 Regen
- 2.11.4 Wind
- 2.11.5 Abstand vom Haus |\_|\_|<sub>1</sub> m
- 2.11.6 Befindet sich im Messbereich
- |                                       |                                       |                                       |                                       |                                       |
|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|
| Biotonne                              | Kompost                               | Gärtnerei                             | Stallung                              | Tiere                                 |
| <input type="checkbox"/> <sub>1</sub> | <input type="checkbox"/> <sub>2</sub> | <input type="checkbox"/> <sub>3</sub> | <input type="checkbox"/> <sub>4</sub> | <input type="checkbox"/> <sub>5</sub> |

**2.12 Aufstellung der Messgeräte: (siehe Skizze 3.32)**

**2.13 Aktivitäten bei der Probennahme**

Spielen	Putzen	Ventilator	Betten machen	Renovierung
	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub> <input type="checkbox"/> <sub>5</sub>

2.12 Bemerkungen: \_\_\_\_\_

**3 Räume allgemein**

3.1	In welchem <b>Jahr</b> wurde das Gebäude gebaut?	Neubau $\leq$ 6 Monate nach 1990 1981 bis 1990	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub> <input type="checkbox"/> <sub>2</sub> <input type="checkbox"/> <sub>3</sub> 1971 bis			
	1980	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub> 1961 bis 1970 1946 bis 1960 1900 bis 1945 vor 1900	<input type="checkbox"/> <sub>5</sub> <input type="checkbox"/> <sub>6</sub> <input type="checkbox"/> <sub>7</sub> <input type="checkbox"/> <sub>8</sub>			
3.2	Renovierung/Sanierung, wann?	Raum 1	Raum 2	Raum 3	Raum 4	Raum 5
3.3	Isolierung, wann?	_ _ _ _ _1	_ _ _ _ _2	_ _ _ _ _3	_ _ _ _ _4	_ _ _ _ _5
3.4	Feuchtigkeitsisolierung, wann?	_ _ _ _ _1	_ _ _ _ _2	_ _ _ _ _3	_ _ _ _ _4	_ _ _ _ _5
3.5	Geruchswahrnehmung	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.6	wonach?	_____	_____	_____	_____	_____
3.7	Bemerkungen:	_____				

3.8	Um was für einen <b>Typ</b> Haus handelt es sich?	
3.8.1	Ein- oder Zweifamilienhaus, freistehend	<input type="checkbox"/>
3.8.2	Ein- oder Zweifamilienhaus, nicht freistehend	<input type="checkbox"/>
3.8.3	Mehrfamilienhaus bis 5 Etagen	<input type="checkbox"/>
3.8.4	Mehrfamilienhaus mit mehr als 5 Etagen	<input type="checkbox"/>
3.9	Bemerkungen:	_____

3.10	Weist das Haus eine der folgenden <b>baulichen Besonderheiten</b> auf? <i>Mehrere Antworten möglich!</i>	
3.10.1	Energiesparhaus	<input type="checkbox"/>
3.10.2	Öko-Haus (z.B. Holzhaus)	<input type="checkbox"/>
3.10.3	Flachdachhaus	<input type="checkbox"/>
3.10.4	Fertighaus	<input type="checkbox"/>
3.10.5	Bauernhaus mit direkt angebautem Stallgebäude, in dem Tiere gehalten werden	<input type="checkbox"/>
3.10.6	Bauernhaus, in dem in der Vergangenheit Tiere gehalten wurden	<input type="checkbox"/>
3.11	Bemerkungen:	_____

3.12	<b>Baumaterial</b> des Hauses? <i>Bei mehreren Materialien bitte das überwiegende Baumaterial nennen!</i>	
3.12.1	Ziegelbau	<input type="checkbox"/>
3.12.2	Klinkerbau	<input type="checkbox"/>
3.12.3	Hohlblock	<input type="checkbox"/>
3.12.4	Beton	<input type="checkbox"/>
3.12.5	Lehm/Fachwerkhaut	<input type="checkbox"/>
3.12.6	Holz	<input type="checkbox"/>
3.12.7	Sonstiges	<input type="checkbox"/>
3.12.8	und zwar _____	
3.12.9	nicht bekannt	<input type="checkbox"/>
3.13	Bemerkungen: _____	

3.14	Ist das Haus <b>unterkellert</b> ?	
3.14.1	voll unterkellert	<input type="checkbox"/>
3.14.2	teilweise unterkellert	<input type="checkbox"/>
3.14.3	kein Keller	<input type="checkbox"/>
3.15	Bemerkungen (z. B. Feuchtigkeitsdämmung, Horizontalsperre): _____	

3.16	Wie sind die <b>Außenmauern</b> des Hauses isoliert?	
3.16.1	keine Isolierung	<input type="checkbox"/>
3.16.2	Hohlblockbauweise	<input type="checkbox"/>
3.16.3	Außenisolierung (z. B. durch Verkleidung)	<input type="checkbox"/>
3.16.4	Innenisolierung (z. B. durch gedämmte Gipskartonplatten)	<input type="checkbox"/>
3.16.5	nicht bekannt	<input type="checkbox"/>
3.17	Wie sind die <b>Außenmauern</b> bzw. das <b>Dach</b> des Hauses isoliert?	
3.17.1	keine Isolierung	<input type="checkbox"/>
3.17.2	Isolierung vorhanden	<input type="checkbox"/>
3.17.3	nicht bekannt	<input type="checkbox"/>
3.18	Bemerkungen (z. B. Risse im Putz, verdeckte Wasserschäden, Salzausblühungen, defekte Regenrinne/-fallrohre bzw. Dachziegel): _____	



3.19	In welcher <b>Umgebung</b> befindet sich das Haus/Gebäude ( $\leq 2$ km) ?	
3.19.1	ländlich	<input type="checkbox"/>
3.19.2	städtisch (Vorort)	<input type="checkbox"/>
3.19.3	städtisch (Zentrum)	<input type="checkbox"/>
3.19.4	schwacher Verkehr	<input type="checkbox"/>
3.19.5	starker Verkehr	<input type="checkbox"/>
3.19.6	Schwerindustrie	<input type="checkbox"/>
3.19.7	Chemische Industrie	<input type="checkbox"/>
3.19.8	Industriegebiet	<input type="checkbox"/>
3.20	Bemerkungen: _____	

3.21	Befindet sich in der <b>Umgebung</b> des Hauses	
3.21.1	bis zu 20 m Entfernung	
3.21.1.1	ein Komposthaufen	<input type="checkbox"/>
3.21.1.2	ein Misthaufen	<input type="checkbox"/>
3.21.1.3	eine Biomülltonne	<input type="checkbox"/>
3.21.1.4	sonstige Quellen	<input type="checkbox"/>
3.21.1.5	wenn ja, welche _____	
3.21.2	bis zu 500 m Entfernung	
3.21.2.1	ein Kompostwerk	<input type="checkbox"/>
3.21.2.2	eine Gärtnerei	<input type="checkbox"/>
3.21.2.3	eine Kläranlage	<input type="checkbox"/>
3.21.2.4	sonstige Quellen	<input type="checkbox"/>
3.21.2.5	wenn ja, welche _____	
3.22	Bemerkungen: _____	

3.23	<b>Bebauungsdichte</b> <i>Mehrere Antworten möglich!</i>	
3.23.1	ländlich	<input type="checkbox"/>
3.23.2	geringe Bebauung (mit grossen unbebauten Flächen)	<input type="checkbox"/>
3.23.3	lockere Bebauung (Ein- und Mehrfamilienhäuser)	<input type="checkbox"/>
3.23.4	dichte Bebauung (Mehrfamilienhäuser) ohne Gewerbebetriebe	<input type="checkbox"/>
3.23.5	dichte Bebauung (Mehrfamilienhäuser) mit Gewerbebetrieben	<input type="checkbox"/>
3.23.6	Strassenschlucht	<input type="checkbox"/>
3.24	Bemerkungen: _____	

		Raum 1	Raum 2	Raum 3	Raum 4	Raum 5
3.25	Fläche des Raumes	l l l l <sub>1</sub> m <sup>2</sup>	l l l l <sub>2</sub> m <sup>2</sup>	l l l l <sub>3</sub> m <sup>2</sup>	l l l l <sub>4</sub> m <sup>2</sup>	l l l l <sub>5</sub> m <sup>2</sup>
3.26	Höhe des Raumes	l l l l <sub>1</sub> cm	l l l l <sub>2</sub> cm	l l l l <sub>3</sub> cm	l l l l <sub>4</sub> cm	l l l l <sub>5</sub> cm
3.27	Anzahl der Räume insgesamt	l l l				
3.28	Fläche der Räume insgesamt	l l l l l m <sup>2</sup>				
3.29	Bemerkungen:	_____				

3.30	In welcher <b>Etage</b> des Hauses befinden sich die zu beurteilenden Räume?					
		Raum 1	Raum 2	Raum 3	Raum 4	Raum 5
3.30.1	Souterrain/Keller	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>5</sub>
3.30.2	Erdgeschoss	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>5</sub>
3.30.3	1. Etage	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>5</sub>
3.30.4	2. Etage	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>5</sub>
3.30.5	3. Etage	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>5</sub>
3.30.6	4. Etage oder höher	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>5</sub>
3.30.7	unter dem Dach	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>5</sub>
3.30.8	im ausgebauten Dachgeschoss	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>5</sub>
3.31	Bemerkungen:	_____				

3.32 Lage der zu untersuchenden Räume im Gebäude eventuell Skizze anfertigen (u. a. auch Messort und -höhe)

3.33 Bemerkungen: \_\_\_\_\_

3.34 In welche **Himmelsrichtung** sind die Räume ausgerichtet?  
 (Bei nicht eindeutiger Ausrichtung bitte die Hauptrichtung angeben, ansonsten die in der Aufzählung zuerst genannte Himmelsrichtung; bei Südost beispielsweise 'Ost')

		Raum 1	Raum 2	Raum 3	Raum 4	Raum 5
3.34.1	Nord	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>5</sub>
3.34.2	Ost	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>5</sub>
3.34.3	West	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>5</sub>
3.34.4	Süd	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>5</sub>

3.35 Bemerkungen: \_\_\_\_\_

		Raum 1	Raum 2	Raum 3	Raum 4	Raum 5
3.36	Ist der untersuchte Raum ein Eckraum?	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>5</sub>
3.37	Die Außenwände sind in diesem Raum nach Himmelsrichtung(en) ausgerichtet					
3.37.1	Nord	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>5</sub>
3.37.2	Ost	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>5</sub>
3.37.3	West	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>5</sub>
3.37.4	Süd	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>5</sub>
3.38	Der Raum ist innenliegend ohne Fenster	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>5</sub>
3.39	Bemerkungen: _____					

3.40	Art der <b>Fenster</b>	Raum 1	Raum 2	Raum 3	Raum 4	Raum 5
3.40.1	Fensterfläche	_ _ _  <sub>1</sub> m <sup>2</sup>	_ _ _  <sub>2</sub> m <sup>2</sup>	_ _ _  <sub>3</sub> m <sup>2</sup>	_ _ _  <sub>4</sub> m <sup>2</sup>	_ _ _  <sub>5</sub> m <sup>2</sup>
3.40.2	Einscheibenfenster	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>5</sub>
3.40.3	Kastendoppel-/2-Rahmenfenster	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>5</sub>
3.40.4	Isolierverglasung, Thermofenster, Schallschutzfenster	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>5</sub>
3.40.5	keine Fenster	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>5</sub>
3.40.6	Wintergarten	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>	
3.41	Wie erfolgt die Belüftung der Räume ohne Fenster					
3.41.1	aktive Lüftung:	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>5</sub>
3.41.2	passiv (Kaminanschluss):	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>5</sub>
3.41.3	Wie und wann erfolgte die Reinigung des Lüftungsschachtes: _____					
3.42	Bemerkungen: _____					

3.43	Womit ist der <b>Fussboden</b> des Zimmers belegt?	Raum 1	Raum 2	Raum 3	Raum 4	Raum 5
3.43.1	Stein, Fliesen, Estrich	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>5</sub>
3.43.2	Parkett, Kork, Stirnholz	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>5</sub>
3.43.3	Linoleum, PVC etc.	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>5</sub>
3.43.4	kurzfloriger Teppichboden	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>5</sub>
3.43.5	hochfloriger Teppichboden	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>5</sub>
3.43.6	Laminat	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>5</sub>
3.43.7	lose Teppiche (m <sup>2</sup> )	_ _  <sub>1</sub>	_ _  <sub>2</sub>	_ _  <sub>3</sub>	_ _  <sub>4</sub>	_ _  <sub>5</sub> m <sup>2</sup>
3.43.8	Gumminoppen	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>5</sub>
3.44	Bemerkungen: _____					

3.45 Material der <b>Innenwand</b> :		Raum 1	Raum 2	Raum 3	Raum 4	Raum 5
3.45.1	Beton	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>5</sub>
3.45.2	Putz	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>5</sub>
3.45.3	Gips	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>5</sub>
3.45.4	Holz	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>5</sub>
3.45.5	Dämmaterial	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>5</sub>
3.45.6	Glasfasertapete	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>5</sub>
3.45.7	Schaumstoff(Vinyl-)tapete	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>5</sub>
3.45.8	sonstige Tapeten	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>5</sub>
3.45.9	Fliessen, Kacheln	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>5</sub>
3.45.10	Ziegel-, Backsteine	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>5</sub>
3.45.11	Glasbausteine	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>5</sub>
3.45.12	Kalksandstein	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>5</sub>
3.45.13	Teppiche (m <sup>2</sup> )	I_1,I_1	I_1,I_1	I_1,I_1	I_1,I_1	I_1,I_1
	grosser Schrank	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>5</sub>
	bzw. Schrankwand an der Außenwand					
3.45.14	sonstige:	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>5</sub>
3.46	Bemerkungen: _____					

3.47 Material der <b>Decke</b> :		Raum 1	Raum 2	Raum 3	Raum 4	Raum 5
3.47.1	Beton	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>5</sub>
3.47.2	Putz	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>5</sub>
3.47.3	Gips	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>5</sub>
3.47.4	Holz	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>5</sub>
3.47.5	Dämmaterial	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>5</sub>
3.47.6	Pressspann	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>5</sub>
3.47.7	Deckenplatten	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>5</sub>
3.47.8	Kunststoff	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>5</sub>
3.47.9	Heraklitplatten	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>5</sub>
3.47.10	sonstige:	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>5</sub>
3.48	Bemerkungen: _____					

3.49 Material der <b>abgehängenen Decke</b> :		Raum 1	Raum 2	Raum 3	Raum 4	Raum 5
3.49.1	Gips	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>5</sub>
3.49.2	Holz	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>5</sub>
3.49.3	Dämmaterial	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>5</sub>
3.49.4	Pressspann	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>5</sub>
3.49.5	Deckenplatten	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>5</sub>
3.49.6	Kunststoff	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>5</sub>
3.49.7	Heraklitplatten	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>5</sub>
3.49.8	Metallmellen	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>5</sub>
3.49.9	sonstige:	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>5</sub>
3.50	Bemerkungen: _____					

3.51	Was befindet sich unter dem <b>Boden</b> der Wohnung?	
3.51.1	Bewohnte Wohnung	<input type="checkbox"/>
3.51.2	unbewohnte Wohnung, bzw. Souterrain, Keller	<input type="checkbox"/>
3.51.3	Fundament, Erde	<input type="checkbox"/>
3.52	Bemerkung (z. B. Maisonette): _____	

3.53	Was befindet sich oberhalb der <b>Decke</b> der Wohnung?	
3.53.1	bewohnte Wohnung	<input type="checkbox"/>
3.53.2	unbewohnte Wohnung bzw. Dachboden	<input type="checkbox"/>
3.53.3	Außenluft, Decke ist Teil der Dachkonstruktion	<input type="checkbox"/>
3.54	Bemerkungen: _____	

#### 4 Raumnutzer allgemein

<b>4.1</b>	<b>Raumnutzer und ihre Aktivitäten</b>	
4.1.1	Personenzahl	
4.1.1.1	übliche Wohnungs-/Raumbelegung Personen	_ _ _ _
4.1.1.2	während der Probenahme hielten sich Personen in der Wohnung bzw. den Räumen auf	_ _ _ _
4.1.2	Tabakrauch	
4.1.2.1	wieviel Raucher befinden sich in der Wohnung bzw. den Räumen	_ _ _ _
4.1.2.2	durchschnittlich pro Tag in der Wohnung bzw. in dem Gebäude konsumierte Tabakmenge	
4.1.2.2.1	Zigaretten	_ _ _ _
4.1.2.2.3	Zigarren	_ _ _ _
4.1.2.2.4	Pfeifen	_ _ _ _
4.1.2.3	Es wurde vor Beginn der Untersuchung im Raum geraucht	<input type="checkbox"/>
4.1.2.4	Es wurde während der Untersuchung im Raum geraucht	<input type="checkbox"/>

4.2	Wieviele Menschen schlafen in den einzelnen Räumen?	
4.2.1	Raum 1:  _	
4.2.2	Raum 2:  _	
4.2.3	Raum 3:  _	
4.2.4	Raum 4:  _	
4.2.5	Raum 5:  _	
4.3	Bemerkungen (z. B. schlafen mehrere Personen in einem Bett): _____	

4.4	Art der <b>Schlafgelegenheit</b>	Raum 1	Raum 2	Raum 3	Raum 4	Raum 5
4.4.1	Bett	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>5</sub>
4.4.2	Stockbett	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>5</sub>
4.4.3	Liege oder ähnliches	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>5</sub>
4.4.4	Matratze direkt auf dem Boden	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>5</sub>
4.5	Bemerkungen: _____					

4.6	Fläche der Matratze bzw. Schlaflfläche	Raum 1  _ , _  <sub>1</sub>	Raum 2  _ , _  <sub>2</sub>	Raum 3  _ , _  <sub>3</sub>	Raum 4  _ , _  <sub>4</sub>	Raum 5  _ , _  <sub>5</sub> m <sup>2</sup>
4.7	Materialien der Matratze					
4.7.1	Schaumstoff	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>5</sub>
4.7.2	Rosshaar	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>5</sub>
4.7.3	Federkern	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>5</sub>
4.7.4	Latex	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>5</sub>
4.7.5	Wasserbett	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>5</sub>
4.7.6	weiss nicht	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>5</sub>
4.8	Alter d. Matratze	_ _  <sub>1</sub>	_ _  <sub>2</sub>	_ _  <sub>3</sub>	_ _  <sub>4</sub>	_ _  <sub>5</sub> Jahre
4.9	Gesamtfläche der Matratzen?	_ _ , _  <sub>1</sub>	_ _ , _  <sub>2</sub>	_ _ , _  <sub>3</sub>	_ _ , _  <sub>4</sub>	_ _ , _  <sub>5</sub> m <sup>2</sup>
4.10	Besteht <b>Luftzirkulation</b> zwischen der Matratze und dem Fussboden?	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>5</sub>
4.11	Ist die Matratze mit einem <b>allergen- und milbendichten Bezug</b> umhüllt?	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>5</sub>
4.12	Bemerkungen: _____					

4.13	Befinden sich <b>Sessel</b> oder andere <b>Polstermöbel</b> in	Raum 1	Raum 2	Raum 3	Raum 4	Raum 5
		<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>5</sub>
4.14	Falls <b>ja</b> , aus welchem Material sind diese?					
4.14.1	glatte Oberfläche, Kunststoff, Skai	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>5</sub>
4.14.2	gewobener Stoff, Wolle, Baumwolle	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>5</sub>
4.14.3	Kunstfaser	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>5</sub>
4.15	Wurden neue Möbel innerhalb der letzten 3 Monate aufgestellt?					
4.16	Wenn ja welche: _____					
4.17	Bemerkungen: _____					

		Gibt es <b>Haustiere</b> in der Wohnung?	Gab es in der Vergangenheit <b>Haustiere</b> in der Wohnung?
4.18	Ja	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>
4.19	Falls <b>ja</b> , welche?		
4.19.1	Hund	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>
4.19.2	Katze	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>
4.19.3	Vogel	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>
4.19.4	Aquarium	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>
4.19.5	andere (z.B. Ratte, Meerschweinchen)	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>
4.20	Bemerkungen: _____		

## 5 Reinigungsgewohnheiten/Müllentsorgung

5.1	Wie häufig wird die Wohnung bzw. Räume <b>gereinigt</b> <input type="checkbox"/> <sub>1</sub> bzw. <b>desinfiziert</b> <input type="checkbox"/> <sub>2</sub> ?		
	Fussboden saugen	Fussboden wischen	Staub wischen der Möbel
5.1.1	Mehr als zweimal die Woche	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>
5.1.2	ein- bis zweimal die Woche	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>
5.1.3	weniger als einmal die Woche	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>
5.2	Reinigungsmittel _____		
5.3	Desinfektionsmittel _____		
5.4	Bemerkungen: _____		

	Raum 1	Raum 2	Raum 3	Raum 4	Raum 5
5.5	Sind <b>Gardinen</b> vorhanden? <input type="checkbox"/> <sub>1</sub> <input type="checkbox"/> <sub>2</sub> <input type="checkbox"/> <sub>3</sub> <input type="checkbox"/> <sub>4</sub> <input type="checkbox"/> <sub>5</sub>				
5.6	Falls <b>ja</b> , wie häufig werden diese gewaschen?				
5.6.1	monatlich oder häufiger				<input type="checkbox"/>
5.6.2	1 mal im Quartal				<input type="checkbox"/>
5.6.3	2 mal jährlich				<input type="checkbox"/>
5.6.4	1 mal jährlich				<input type="checkbox"/>
5.6.5	seltener				<input type="checkbox"/>
5.7	Bemerkungen: _____				

5.8	Bei welcher <b>Temperatur</b> waschen Sie die Bettwäsche überwiegend?		
5.8.1	kochend 90° C	<input type="checkbox"/>	
5.8.2	heiss 60 °C	<input type="checkbox"/>	
5.8.3	warm 30°C - 40°C	<input type="checkbox"/>	
5.8.4	kalt	<input type="checkbox"/>	
5.8.5	Bettwäsche wird ausser Haus gewaschen	<input type="checkbox"/>	
5.8.6	weiss nicht	<input type="checkbox"/>	
5.9	Bemerkungen: _____		



5.10 Wo wird die **Wäsche** überwiegend **getrocknet**?

5.10.1 In der Wohnung, nicht mit einem Wäschetrockner

5.10.2 drAußen, bzw. auf dem Balkon oder Dachboden

5.10.3 Wäschetrockner mit Abluftrohr nach drAußen

5.10.4 Wäschetrockner ohne Abluftrohr nach drAußen

5.10.5 Keller

5.11 Bemerkungen: \_\_\_\_\_

5.12 Wird die **Bettwäsche gebügelt** oder heiss gemangelt?

5.13 Bemerkungen: \_\_\_\_\_

5.14 Wird **Biomüll** in der Wohnung gesammelt?

5.15 Wird **Wertstoffmüll z. B 'gelber Sack'-Müll** in der Wohnung gesammelt?

5.16 Wird Restmüll in der Wohnung gesammelt?

5.17 Falls **ja**, wie lange befindet sich der Sammelbehälter gewöhnlich in der Wohnung?

		Biomüll	Wertstoffmüll	Restmüll
5.17.1	weniger als 1 Woche	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>
5.17.2	1 - 2 Wochen	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>
5.17.3	mehr als 2 Wochen	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>

5.18 Bemerkungen: \_\_\_\_\_

## 6 Heizung und Lüftung

6.1 Sind alle Räume beheizbar?

6.2 Welche nicht? \_\_\_\_\_

6.3 **Fern-/Zentralheizung** (kein Brenner in den Räumen sondern Heizkörper oder Fussbodenheizung, die von ausserhalb der Räume (z.B. Keller) mit Wärme versorgt werden)

6.4 **Etagenheizung** (ein Brenner in den Wohnräumen, über den eventuell mehrere Heizkörper mit Wärme versorgt werden)

6.5 Wenn **ja**, wo befindet sich der Brenner?

6.5.1 Küche, Bad

6.5.2 Wohnzimmer

6.5.3 gesonderter Raum

6.6 **Einzelraumheizung** (mehrere Öfen in der Wohnung)

6.7 Falls Sie **Etagen- oder Einzelraumheizung** haben, womit heizen Sie überwiegend?

6.7.1 Holz/Koks/Kohle/Briketts

6.7.2 Gas

6.7.3 Öl

6.7.4 Strom

6.8 **Fussbodenheizung**

6.9 Bemerkungen: \_\_\_\_\_

6.10	Haben Sie <u>in Ihrer Wohnung</u> einen offenen <b>Kamin</b> , einen <b>Kaminofen</b> oder <b>Beistellherd</b> ?	<input type="checkbox"/>
6.11	Falls <b>ja</b> , wie oft benutzen Sie ihn während der Monate von Oktober bis April?	
6.11.1	(fast) nie	<input type="checkbox"/>
6.11.2	1-2 mal im Monat	<input type="checkbox"/>
6.11.3	1-2 mal in der Woche	<input type="checkbox"/>
6.11.4	(fast) täglich	<input type="checkbox"/>
6.12	Bemerkungen: _____	

6.13	Benutzen Sie <b>Gas</b>	
6.13.1	zum Kochen?	<input type="checkbox"/>
6.13.2	zum Warmwasserbereiten (mittels Boiler/Durchlauferhitzer)?	<input type="checkbox"/>
6.14	Gibt es für den Kochherd einen besonderen Abzug (Dunstabzug) <u>nach drAußen</u> ?	<input type="checkbox"/>
6.15	Bemerkungen: _____	

6.16	Wird eine <b>Raumluftechnische Anlage/Klimaanlage</b> verwendet?	<input type="checkbox"/>			
6.17	Wird ein PASSIVER Luftbefeuchter (mit Wasser gefüllte Gefäße, oder ein Zimmerspringbrunnen) verwendet?	<input type="checkbox"/>			
6.18	Wird ein AKTIVER Luftbefeuchter (Verdunster, Vernebler) verwendet?	<input type="checkbox"/>			
6.19	Welches Prinzip? _____				
6.20	Falls ein <u>aktiver Luftbefeuchter</u> verwendet wird, wie häufig wird er benutzt?				
6.20.1	täglich	<input type="checkbox"/>			
6.20.2	mehrmals die Woche	<input type="checkbox"/>			
6.20.3	1 mal pro Woche	<input type="checkbox"/>			
6.20.4	1 mal pro Monat	<input type="checkbox"/>			
6.20.5	seltener	<input type="checkbox"/>			
6.21	Wird die Anlage gewartet	<input type="checkbox"/>			
6.22					
	das Filter	das Filter	Luftbe-/entfeuchtung	Luftbe-/entfeuchtung	
	gewechselt	gereinigt	ausgetauscht	gereinigt	
	Wie oft				
6.22.1	wöchentlich	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>
6.22.2	monatlich	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>
6.22.3	2 mal jährlich	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>
6.22.4	jährlich	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>
6.22.5	alle 5 Jahre	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>
6.22.6	andere Abstände	_____	_____	_____	_____
6.23	Wo befindet sich die Luftansaugung für die Raumluftechnische Anlage? _____				
6.24	Befindet sich Restwasser in der Anlage?	<input type="checkbox"/>			
6.25	Bemerkungen (z. B. Beimengungen von Zusatzstoffen wie Duftstoffe, Korrosionsschutzmittel): _____				

6.26 Wie **lüften** Sie im Winter? *Mehrere Antworten möglich!*

6.26.1 selten, nie

6.26.2 einmal täglich für kurze Zeit gut durchlüften

6.26.3 mehrmals täglich für kurze Zeit gut durchlüften

6.26.4 über mehrere Stunden das Fenster ganz öffnen

6.26.5 Fenster ist über mehrere Stunden gekippt

6.26.6 kein Fenster

6.27 Bemerkungen: \_\_\_\_\_

6.28 Wie **lüften** Sie im Sommer? *Mehrere Antworten möglich!*

6.28.1 selten, nie

6.28.2 einmal täglich für kurze Zeit gut durchlüften

6.28.3 mehrmals täglich für kurze Zeit gut durchlüften

6.28.4 über mehrere Stunden das Fenster ganz öffnen

6.28.5 Fenster ist ständig gekippt

6.28.6 kein Fenster

6.29 Bemerkungen: \_\_\_\_\_

6.30 Wie **warm** ist es in der Heizperiode?

	Raum 1		Raum 2		Raum 3		Raum 4		Raum 5	
	tagsüber	nachts	tagsüber	nachts	tagsüber	nachts	tagsüber	nachts	tagsüber	nachts
6.30.1 < 18°C	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>5</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>6</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>7</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>8</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>9</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>10</sub>
6.30.2 ca. 20°C	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>5</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>6</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>7</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>8</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>9</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>10</sub>
6.30.3 > 22°C	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>5</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>6</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>7</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>8</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>9</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>10</sub>

6.31 Bemerkungen: \_\_\_\_\_

## 7 Schimmel, Feuchtigkeit

7.1 Wurden bereits Massnahmen zur **Bekämpfung** aufgetretener **Feuchtigkeit** oder von **Schimmel** getroffen?

7.2 Falls **ja**, welche?

7.2.1 Behandlung der Außenwände mit feuchtigkeitsabweisenden Chemikalien (Hydrophobierungsmassnahmen)

7.2.2 Behandlung der Innenwände mit schimmeltötenden Chemikalien (Fungiziden)

7.2.3 bauliche Massnahmen (z. B. Abtragen der betroffenen Flächen)

7.2.4 Änderung des Lüftungsverhaltens

7.2.5 Wann wurden diese Massnahmen durchgeführt?  
\_\_\_\_\_

7.3 Bemerkungen: \_\_\_\_\_

7.4	Sind frische <b>Feuchtigkeitsflecken</b> wahrnehmbar?					
		Raum 1	Raum 2	Raum 3	Raum 4	Raum 5
7.4.1	Ja, gesamte Fläche kleiner als 200 cm <sup>2</sup>	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>5</sub>
7.4.2	Ja, gesamte Fläche zwischen 200 bis 500 cm <sup>2</sup>	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>5</sub>
7.4.3	Ja, gesamte Fläche zwischen 500 cm <sup>2</sup> bis 1 m <sup>2</sup>	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>5</sub>
7.4.4	Ja, gesamte Fläche größer als 1m <sup>2</sup>	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>5</sub>
7.4.5	Nein, nicht wahrnehmbar	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>5</sub>
7.5	Sind abgetrocknete <b>Feuchtigkeitsflecken</b> wahrnehmbar?					
7.5.1	Ja, gesamte Fläche kleiner als 200 cm <sup>2</sup>	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>5</sub>
7.5.2	Ja, gesamte Fläche zwischen 200 bis 500 cm <sup>2</sup>	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>5</sub>
7.5.3	Ja, gesamte Fläche zwischen 500 cm <sup>2</sup> bis 1 m <sup>2</sup>	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>5</sub>
7.5.4	Ja, gesamte Fläche größer als 1m <sup>2</sup>	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>5</sub>
7.5.5	Nein, nicht wahrnehmbar	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>5</sub>
7.6	Bemerkungen: _____					

7.7	Sind <b>Schimmelflecke</b> wahrnehmbar?					
		Raum 1	Raum 2	Raum 3	Raum 4	Raum 5
7.7.1	Ja, gesamte Fläche kleiner als 20 cm <sup>2</sup>	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>5</sub>
7.7.2	Ja, gesamte Fläche größer als 20 cm <sup>2</sup> kleiner als 0,5 m <sup>2</sup>	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>5</sub>
7.7.3	Ja, gesamte Fläche größer als 0,5 m <sup>2</sup> geschätzte	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>5</sub>
7.7.4	Art des Befalls	m <sup>2</sup> ____	m <sup>2</sup> ____	m <sup>2</sup> ____	m <sup>2</sup> ____	m <sup>2</sup> ____
	punktförmiges Wachstum	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>5</sub>
	rasenartiges Wachstum	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>5</sub>
	hinter einer geschlossenen Fläche z. B. Fussbodenbelag	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>5</sub>
	sonstiger, wenn ja welcher _____					
7.7.5	Nein, nicht wahrnehmbar	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>5</sub>
7.7.6	Bemerkungen: _____					

## 8 Schädlingsbekämpfungsmassnahmen

8.1	Wurden Massnahmen zur <b>Bekämpfung</b> von <b>Schädlingen</b> (z.B. Ameisen, Küchenschaben) in den Räumen durchgeführt?	<input type="checkbox"/>
8.2	Wenn ja, wann und womit? _____	
8.3	Wurde eine Holzschutzmittel-Behandlung der Dachkonstruktion vorgenommen?	<input type="checkbox"/>
8.4	Wenn ja, wann und womit? _____	
8.5	Bemerkungen: _____	

8.6	Haben Sie einen <b>Elektroverdampfer</b> mit Pellets gegen Insekten verwendet, die beispielsweise in die Steckdose gesteckt werden?	Raum 1	Raum 2	Raum 3	Raum 4	Raum 5
		<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>5</sub>
8.7	Wenn ja, wann? _____					
8.8	Bemerkungen: _____					

8.9	Haben Sie in den letzten 2 Monaten Mittel zur <b>Abtötung von Hausstaubmilben</b> angewandt?	<input type="checkbox"/>
8.10	Wenn ja, wann? _____	
8.11	Bemerkungen: _____	

### 9 Ausstattung und Besonderheiten

9.1	Wieviele <b>Topfpflanzen</b> befinden sich im Raum?	Raum 1	Raum 2	Raum 3	Raum 4	Raum 5
9.1.1	Hydrokultur					
9.1.1.1	unter 5	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>5</sub>
9.1.1.2	5 - 10	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>5</sub>
9.1.1.3	mehr als 10	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>5</sub>
9.1.2	Erde					
9.1.2.1	unter 5	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>5</sub>
9.1.2.2	5 - 10	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>5</sub>
9.1.2.3	mehr als 10	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>5</sub>
9.2	Bemerkungen: _____					

### 10 andere Belastungen

10.1	Liegen weitere Schadstoffbelastungen vor?	<input type="checkbox"/>
10.2	Wenn ja welche? _____	
10.3	Sollten diese weiter verfolgt werden? _____	
10.4	Bemerkungen: _____	

Datum: \_\_\_\_\_ Unterschrift: \_\_\_\_\_

## 10.6 Sanierung

Die folgenden Ausführungen haben keinen rechtsverbindlichen Charakter. Sie stellen Empfehlungen und Anregungen dar, die eine allgemein gute Verfahrensweise bei der Sanierung verdeutlichen sollen. Da fundierte Untersuchungen und Daten auf dem Gebiet der Schimmelpilzsanierung bisher fehlen, sind die folgenden Ausführungen ein erster Versuch, allgemeine Forderungen auf diesem Gebiet zu fixieren. Eine ausführliche methodische Beschreibung der gewerblich anzuwendenden Sanierungsverfahren ist nicht Gegenstand dieses Leitfadens. Die genannten Massnahmen und Hinweise erheben keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Sie sind eine Orientierungshilfe für das allgemeine Vorgehen bei einer Sanierung. Im konkreten Einzelfall muss unter Umständen auch anders verfahren werden. Von Fall zu Fall ist zu entscheiden, wie die Sanierung unter den konkreten Gegebenheiten vorzunehmen ist.

Schimmelpilzwachstum im Innenraum stellt ein hygienisches Problem dar, das aus Vorsorgegründen nicht toleriert werden kann. Bei nachweislichem Schimmelpilzwachstum im Innenraum müssen fachgerechte Sanierungsmassnahmen zur Beseitigung der Schimmelpilze durchgeführt werden. Eine Beseitigung des Schimmelpilzbefalls hat aber nur dann Sinn, wenn zuvor die Ursachen geklärt werden. Ohne diese Klärung und die Behebung der Ursachen, die zu einem Wachstum geführt haben, ist ein erneuter Befall vorprogrammiert.

### Kurzfristige Massnahmen

Wenn nicht sofort mit den Sanierungsmassnahmen begonnen werden kann ist zu prüfen, ob die befallenen Stellen übergangsweise, möglichst ohne Staubverwirbelung, gereinigt und desinfiziert (80 %iger Alkohol) werden können oder ob es Möglichkeiten gibt, die befallenen Stellen übergangsweise abzudecken, abzuschotten oder zu vernetzen. Auch für diese vorübergehenden Massnahmen müssen die unten beschriebenen Schutzmassnahmen beachtet werden.

Die Verwendung der häufig zitierten Essiglösung ist meist nicht sinnvoll, da viele Baustoffe und insbesondere Kalk eine Neutralisation bewirken und ausserdem mit dem Essig organische Nährstoffe auf das Material gelangen. Die Verwendung von Fungiziden im Innenraum wird ebenfalls nicht empfohlen.

Durch gezieltes Lüften und Heizen kann die Feuchtigkeit an der befallenen Stelle reduziert und ein weiteres Schimmelpilzwachstum eingeschränkt werden. Diese Massnahme darf jedoch nur durchgeführt werden, wenn zuvor bereits vorhandene Schimmelpilzsporen entfernt worden sind, um hohe Konzentrationen in der Raumluft sowie die Entstehung von Sekundärquellen zu vermeiden.

Durch vermehrtes Lüften und Heizen sowie durch ein Abrücken der Möbel von Außenwänden kann die Gefahr von Taupunktunterschreitungen im Raum verringert und damit einem weiteren Schimmelpilzwachstum vorgebeugt werden. Auch diese Massnahme ist nur sinnvoll, wenn zuvor bereits vorhandene Schimmelpilzsporen entfernt worden sind.

### Langfristige Massnahmen

Grundvoraussetzung für den Erfolg einer Sanierung ist die Beseitigung der Ursachen, die zu dem Auftreten des Schimmelpilzwachstums geführt haben.

Bauseitige Schäden sind zu beheben und die Raumnutzer darüber aufzuklären, wie in Zukunft ein Schimmelpilzwachstum vermieden werden kann.

Die Sanierung von schimmelpilzbefallenen Materialien muss das Ziel haben, die Schimmelpilze vollständig zu entfernen. Eine bloße Abtötung von Schimmelpilzen reicht nicht aus, da auch von abgetöteten Schimmelpilzen allergische und reizende Wirkungen ausgehen können (siehe Kapitel 3.3 Umweltmedizinisch relevante Schimmelpilze in der Innenraumluft).

Bei glatten Oberflächen (Metall, Keramik, Glas) kann eine Entfernung mit Wasser und normalem Haushaltsreiniger erfolgen.

Befallene poröse Materialien (Tapete, Gipskartonplatten, poröses Mauerwerk, poröse Deckenverschalungen) können nicht gereinigt werden. Leicht ausbaubare Baustoffe wie Gipskartonplatten oder leichte Trennwände sind auszubauen und zu entfernen. Schimmelpilze auf nicht ausbaubaren Baustoffen sind vollständig (d. h. auch in tiefer liegenden Schichten) zu entfernen.

Holzbläue tritt in der Regel während der (Roh)Holzlagerung auf. Hierbei wachsen Pilze mit melaninem (schwarzem) Myzel auf dem feuchten Holz und auch in das Holz hinein. Durch die Verarbeitung von gebläutem Holz z. B. zu Brettern werden oberflächliche Pilzschäden entfernt. Die später noch sichtbaren Verfärbungen sind auf Pilzmyzelien zurückzuführen, die in den Holzfasern eingewachsen sind. Diese sterben unter trocknen Bedingungen ab und bleiben im Holz fixiert. In aller Regel führen daher Bläueschäden nicht zu einer zusätzlichen Schimmelpilzbelastung der Raumluft.

Befallene Möbelstücke mit geschlossener Oberfläche (Stühle, Schränke) sind oberflächlich feucht zu reinigen, zu trocknen und gegebenenfalls mit 80 %igem Alkohol zu desinfizieren (Brand- und Explosionsgefahr sowie persönlichen Atemschutz beachten).

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

Bei der Sanierung von Schimmelpilzbefall auf Materialien können sehr hohe Konzentrationen an Sporen freigesetzt werden. Eine Sanierung sollte daher nur unter geeigneten Sicherheits- und Arbeitsschutzbedingungen von fachlich qualifizierten Personen durchgeführt werden. Des Weiteren ist zu beachten, dass z.B. für Allergiker oder Vorgeschiedigte mit chronischen Erkrankungen der Atemwege sowie für Personen mit geschwächtem Immunsystem ein gesundheitliches Risiko nicht ausgeschlossen werden kann, so dass dieser Personenkreis keine Sanierungsarbeiten durchführen sollte.

Der Sanierungsaufwand muss dem Ausmass des Schadens und der Art der Raumnutzung angepasst werden. Dabei spielen u.a. folgende Gesichtspunkte eine Rolle:

- Größe der befallenen Fläche
- Stärke des Befalls (einzelne Flecken oder dicker Schimmelbelag)

- Tiefe des Befalls (oberflächlich oder auch in tieferen Schichten)
- Vorkommende Schimmelpilzarten (Allergierisiko, Infektionsrisiko, Toxine)
- Art der befallenen Materialien (auf ausbaubaren Materialien oder im Mauerwerk)
- Art der Nutzung (Lagerraum, Wohnraum, Kindergarten, Krankenhaus)

Mit Hilfe dieser Kriterien ist mit Sachverstand eine Gesamteinschätzung vorzunehmen. Anschliessend sind die sich daraus ableitenden Schutzmassnahmen bei der Sanierung zu formulieren.

Sanierungsarbeiten kleineren Umfangs (z.B. nur oberflächlicher Befall, befallene Fläche ca. < 0,2 – 0,4 m<sup>2</sup>, keine Bauwerksmängel), bei denen kein Risiko für gesunde Personen zu erwarten ist, können im allgemeinen ohne Beteiligung von Fachpersonal durchgeführt werden, wobei die Inanspruchnahme einer vorherigen fachlichen Beratung zu empfehlen ist.

Beispielhaft ist dabei folgende Vorgehensweise anwendbar:

Befallene Tapeten bzw. Silikonfugen können entfernt, oberflächlich befallene, abtrocknete Stellen mit einem Staubsauger mit Feinstaubfilter (HEPA-Filter) abgesaugt sowie mit

80 %igem Alkohol unter Beachtung der Brand- und Explosionsgefahr (nur kleine Mengen verwenden, gut lüften, nicht rauchen, kein offenes Feuer) sowie der Anforderungen des Arbeitsschutzes (Schutzhandschuhe, Mundschutz, Schutzbrille) behandelt werden. Nach der Sanierung ist eine Entfernung von Feinstaubpartikeln (Feinreinigung) in der Umgebung der sanierten Stellen vorzunehmen. Die bei der Sanierung anfallenden, mit Schimmelpilzen belasteten Abfälle, können in Plastikbeutel verpackt mit dem Hausmüll entsorgt werden.

### **Schutzmassnahmen bei Sanierungsmassnahmen kleineren Umfangs:**

- Schimmelpilze nicht mit blossen Händen berühren – Schutzhandschuhe tragen.
- Schimmelpilzsporen nicht einatmen – Mundschutz tragen
- Schimmelpilzsporen nicht in die Augen gelangen lassen – spezielle Staub-Schutzbrille tragen
- Nach den Sanierungsmassnahmen duschen und Kleidung waschen
- Lebensmittel und andere Gegenstände wie Kinderspielzeug und Kleidung sind vor der Sanierung aus dem Raum zu entfernen.

Umfangreichere Sanierungsarbeiten sollten von gewerblichen Firmen durchgeführt werden. Hierzu sind Firmen zu beauftragen, die mit solchen Sanierungsarbeiten, den hierbei auftretenden Gefahren, den erforderlichen Schutzmassnahmen und den zu beachtenden Vorschriften und Empfehlungen vertraut sind.

### **Wichtige Arbeitsschutzmassnahmen bei Sanierungsmassnahmen durch gewerbliche Firmen**

Tätigkeiten, bei denen die Arbeitnehmer gegenüber Schimmelpilzen und Actinomyceten exponiert sind, sind als nicht gezielte Tätigkeiten mit biologischen Arbeitsstoffen der Risikogruppe 1 und 2 gemäss Biostoffverordnung einzustufen. Ausserdem liegt eine Gefährdung durch sensibilisierende Gefahrstoffe vor, da Schimmelpilz- und actinomycetenhaltiger Staub als sensibilisierender Gefahrstoff eingestuft ist



**Folgende wichtige Arbeitsschutzvorschriften und andere Regelungen sind zu beachten:**

- Biostoffverordnung
- TRBA 400 (Handlungsanleitung zur Gefährdungsbeurteilung bei Tätigkeiten mit biologischen Arbeitsstoffen),
- TRBA (Technische Regel Biologische Arbeitsstoffe) 460 (Einstufung von Pilzen in Risikogruppen),
- TRBA 461 (Einstufung von Bakterien in Risikogruppen),
- TRBA 500 (Allgemeine Hygienemassnahmen: Mindestanforderungen)
- TRBA 524 (Sanierung und Arbeiten in kontaminierten Bereichen)
- TRGS (Technische Regel Gefahrstoffe) 540 (Sensibilisierende Stoffe),
- TRGS 907 (Verzeichnis sensibilisierender Stoffe),
- Merkblatt der BGW und des GUV "Allergiegefahr durch Latexhandschuhe"

Wichtig ist dabei, dass nicht nur die Sanierer, sondern auch die Bewohner bei der Beseitigung des Schimmelpilzbefalls durch geeignete Schutzmassnahmen vor Schimmelpilzexposition geschützt werden müssen. Dabei muss auch der Gesundheitszustand der Nutzer (Gesunde, Allergiker, Immunsupprimierte) berücksichtigt werden.

Ausserdem muss verhindert werden, dass sich Schimmelpilze durch die Sanierungsmassnahmen in andere Bereiche der Räume oder Gebäude ausbreiten und dort eventuell zu neuen Problemen führen. Auf jeden Fall sind Lebensmittel und andere Gegenstände wie Kinderspielzeug und Kleidung vor der Sanierung aus dem Raum zu entfernen.

Bei größeren Schimmelpilzschäden sollten daher die befallenen Bereiche staubdicht abgeschottet werden oder andere Massnahmen ergriffen werden, um die Ausbreitung von Schimmelpilzsporen zu minimieren. Nach der Sanierung ist eine Entfernung von Feinstaubpartikeln (Feinreinigung) in der Umgebung der sanierten Stellen vorzunehmen. Nach Abschluss der Sanierung sollte eine „Sanierungsfreimessung“, durch die der Erfolg der Sanierung belegt wird, vorgenommen werden.

**Schutzmassnahmen bei Sanierungsmassnahmen durch gewerbliche Firmen:**

- Schimmelpilze dürfen bei der Sanierung nicht weiterverbreitet werden.
- Der Schutz des Personals und der Raumnutzer vor Schimmelpilzexposition muss durch geeignete Massnahmen (z.B. Arbeitsschutzmassnahmen, staubdichte Abschottung) sichergestellt werden.
- Der Wiederaufbau von sanierten Flächen sollte so erfolgen, dass einem erneuten Schimmelpilzbefall vorgebeugt wird. Tapeten sollten erst nach vollständigem Abtrocknen angebracht werden.

## 10.7 Musterbefund

Das nachfolgende Mustergutachten ist ein Versuch, deutlich zu machen, was in einem Gutachten enthalten sein muss:

- Hintergrund der Schimmelpilzuntersuchung
- Angaben zur Ortsbegehung
- Angaben zum Auftrag- sowie möglicherweise Unterauftragnehmer.
- Art, Herkunft und Umfang der untersuchten Proben
- Kurzbeschreibung der Probenahme und der Nachweismethoden
- bauphysikalische Messungen
- Ergebnisse
- Beurteilungskriterien
- Einzelbewertung und -beurteilung
- Zusammenfassende Beurteilung
- Empfehlung über das weitere Vorgehen

Das vorgelegte Mustergutachten stellt keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Es ist vielmehr eine Anregung dazu, wie die Qualität der Messergebnisse belegt und die Transparenz der Interpretation und Bewertung der erhaltenen Messergebnisse erhöht werden kann. Das Mustergutachten sollte eine Diskussionsvorlage sein, aus der dann möglicherweise zu einem späteren Zeitpunkt eine überarbeitete Fassung hervorgeht. Allerdings ist schon jetzt klar, dass ein solches Mustergutachten nie die Vorlage für ein Einheitsgutachten sein kann. Ein Gutachten muss immer auf die konkrete Fragestellung der einzelnen Aufträge eingehen. Das vorliegende Mustergutachten basiert weitgehendst auf einem konkreten Gutachten, das an einigen Stellen ergänzt wurde um auf weitere wichtige Aussagen, die in einem Gutachten enthalten sein müssen, eingehen zu können. Dies bedingt, dass das Mustergutachten sehr umfangreich ist und möglicherweise in sich nicht immer ganz plausibel ist.

### **1. Hintergrund der Schimmelpilzuntersuchung bei Familie Muster**

Aufgrund gesundheitlicher Beschwerden der Kinder von Familie Muster hat das städtische Jugendamt in Musterstadt das Gesundheitsamt in Musterstadt um Amtshilfe gebeten. Daraufhin beauftragte das Gesundheitsamt das Musterlabor, den Umfang und die Art des Schimmelpilzbefalls in der Wohnung von Familie Muster festzustellen sowie eine Bewertung dieser Schimmelpilzbelastung vorzunehmen. Es war bekannt, dass im Wohn- und Schlafzimmer der Außenwandbereich grossflächig mit jeweils ca. 3m<sup>2</sup> Schimmelpilzrasen bewachsen ist. Um die Inkorporation und damit auch die gesundheitliche Belastung durch Schimmel abschätzen zu können, sollten neben Materialproben auch Luft- und Staubproben untersucht werden. Außerdem war zu klären, ob auch anliegende Räume mit verdecktem Schimmel befallen waren. Aus diesem Grunde sollten in der Küche MVOC-Messungen durchgeführt werden.

Das Gutachten orientiert sich an dem am Landesgesundheitsamt Baden-Württemberg vom einem Qualitätszirkel erarbeiteten Leitfadens „Schimmelpilze in Innenräumen – Nachweis, Bewertung, Qualitätsmanagement“ (Fassung vom 14.12.2001).

### **2. Protokoll**

Auftraggeber:	Gesundheitsamt Musterstadt
Ort der Begehung:	Wohnung von Familie Muster,
Datum der Begehung:	22.02.2002
Probenehmer:	Musterprobennehmer
Auftragserteilung:	Musterarzt, Gesundheitsamt Musterstadt

Vorgehensweise:

1. Materialprobe Tapete, Wandbeprobung im Schlafzimmer mittels eines Bohrkerns in zwei Schichten (quantitative und qualitative Bestimmung der kultivierbaren Pilzsporen)
2. Abklatschproben (semiquantitativ, qualitative Bestimmung der kultivierbaren Pilzsporen)
3. Klebefilmabrisspräparat (qualitative Bestimmung der kultivierbaren und nicht kultivierbaren Pilzsporen)
4. Luftmessungen (quantitative und qualitative Bestimmung der kultivierbaren Pilzsporen)
5. Staubprobe (quantitative und qualitative Bestimmung der kultivierbaren Pilzsporen)
6. MVOC-Bestimmung

### **3. Ortsbegehung**

Die Wohnungsbegehung wurde vom Amtsleiter des Gesundheitsamtes Musterstadt durchgeführt. Die zu untersuchende Wohnung lag in einem städtischen Vorort mit lockerer Bebauung. Hierbei handelte es sich um die im Erdgeschoss gelegene Wohnung des Hauseigentümers. Sie bestand aus Wohn-, Schlaf- und Kinderzimmer, Küche und Badezimmer. Die Wohnfläche betrug 100 m<sup>2</sup>. Das Haus ist ein freistehendes Zweifamilienhaus, das ungefähr zwischen 1946 und 1960 in Ziegelbauweise mit Unterkellerung gebaut wurde. Die Außenmauern waren nicht isoliert. Alle Räume besaßen Verbundglasfenster. Küche und Badezimmer waren mit PVC-Bodenbelag ausgestattet, die anderen Wohnräume mit Teppichboden. Die Wandbeläge bestanden teilweise aus Vinyltapete, teilweise aus überstrichenem Mauerwerk und in den Feuchträumen aus Fliesen und Papiertapete. Die sichtbaren Wände im Wohn- und Schlafzimmer, vor allem im Außenwandbereich, waren von der Decke bis zum Boden stark verschimmelt. Im Schlafzimmer war die Wand unter dem Fenster nass; ebenfalls in diesem Bereich der Fußboden unter dem Teppichboden. In der Küche war kein Schimmelbefall zu sehen, aber es roch modrig-muffig. Die einzige Möglichkeit zu heizen bestand aus einem Öfen im Wohnzimmer, der zum Zeitpunkt der Messung jedoch defekt war. Ein kleiner Elektro-Radiator diente als Ersatz. Die Wohnung wurde schon länger nicht mehr belüftet. Rolläden und Gardinen waren geschlossen. Insgesamt machte die Wohnung einen verfallenen und unaufgeräumten Eindruck. Die Wände waren weitgehendst mit Möbeln verstellt.



## **4. Methoden**

### **4.1 Materialprobenahme**

Mit den Materialproben wurden die keim- und wachstumsfähigen Schimmelpilze untersucht. Die Materialproben wurden gewogen und in Verdünnungsreihen auf Malzextrakt-Agar (MEA) und Dichloran-Agar (DG18) mit Chloramphenicol angelegt und bei  $28 \pm 3^\circ\text{C}$  sowie bei  $37^\circ\text{C}$  bebrütet und nach 3, 5 und 10 Tagen ausgewertet (Zählung und morphologische Differenzierung). Die Ergebnisse sind als koloniebildende Einheiten pro Gramm Material angegeben. Ausserdem wurde die Materialfeuchte gravimetrisch bestimmt. Sie kann ein Indiz für die Ursache eines Schimmelpilzbefalls sein.

Putzproben sowie Mauerwerk wurden mit Hilfe eines Bohrkerns gewonnen und mit Einmalhandschuhen in dichtschiessende Gefässe bzw. dichtschiessende Tüten verpackt. Die Tapetenstücke wurden ebenfalls mit Einmalhandschuhen und mit Hilfe einer Spachtel und einer Pinzette von der Wand abgenommen und in eine dichtschiessende Tüte verpackt. Die Probenahme wird mit sterilen Geräten und Verpackungsmaterialien durchgeführt.

### **4.2 Abklatschprobenahme**

Mit den Abklatschproben wurden die kultivierbaren Pilze auf dem Agarnährmedium untersucht und identifiziert. Die Abklatschproben erlaubten keine Quantifizierung der Schimmelpilze sondern nur eine Abschätzung, da stark sporulierende Schimmelpilzarten miteinander verwachsen waren und die Erfassung von Einzelkolonien dadurch nicht möglich war.

Die Abklatschprobenahme erfolgte durch Aufdrücken des Rosa-Bengal-Oberflächenindikators (selektiv für Hefen und Schimmelpilze) der Firma Biotest auf die zu beprobende Fläche. Anschliessend wird er bei  $28 \pm 3^\circ\text{C}$  bebrütet und nach 3, 5 und 7 Tagen ausgewertet.

### **4.3 Klebefilmabrissspräparat**

Im Gegensatz zu den Abklatschproben wurden mit dem Klebefilmabrissspräparat die kultivierbaren und die nicht kultivierbaren Schimmelpilze erfasst. Sie zeigen die Zusammensetzung eines möglichen Pilzbefalls. Allerdings können mit dieser Methode nur Schimmelpilze mit charakteristischen Sporen identifiziert werden.

Die Oberfläche der Tapete wurde mit einem Streifen transparentem Klebefilm abgetupft, der anschliessend auf einen Objektträger aufgelegt, im Labor angefärbt und lichtmikroskopisch ausgewertet wurde.

### **4.4 Luftprobenahme**

#### *Kultivierbare Pilze*

Zur Bestimmung der kultivierbaren Pilze wurde der MAS-100-Impaktor (Fa. Merck) eingesetzt. Es wurden 50 und 100 L Luft mit einer Ansaugrate von 50 L/min auf Malzextrakt-Agar und DG18-Agar (mit Chloramphenicol) gesammelt und bei  $28 \pm 3^\circ\text{C}$  sowie bei  $37^\circ\text{C}$  bebrütet und nach 3, 5 und 10 Tagen ausgewertet. Die morphologische Differenzierung erfolgte von allen Nährmedien, die Quantifizierung beruht auf den Gesamt-KBE's der DG-18-Agarschalen, wobei beim Nachweis von Feuchteindikatoren, die ausschliesslich auf Malzextraktagar anzüchtbar sind, wie z.B. *Stachybotrys chartarum*, die dort ermittelten KBE's zu dem auf DG-18 erhaltenen Ergebnis addiert wurden. Die Ergebnisse sind als koloniebildende Einheiten pro Kubikmeter Luft angegeben.

Bei dem Malzextrakt-Agar handelt es sich um einen Standardpilznährboden. DG-18 Agar wird zum Nachweis von Pilzen mit geringen Feuchtigkeitsansprüchen (sog. xerophile Pilze) eingesetzt.

Chloramphenicol dient der Hemmung von Bakterien.

Es wurde die Vereinbarung getroffen, dass 7 Tage vor der Probenahme keine Reinigung der zu untersuchenden Räume mehr erfolgen soll und 6-8 Stunden vor Probenahme die Fenster zu schliessen sind.

### **4.5 Staubprobenahme**

#### *Kultivierbare Pilze*

Zur Bestimmung der kultivierbaren Pilze im Staub, die im Gegensatz zur Luftmessung eine längerfristige Belastung widerspiegeln, wurde ein spezieller Filterhalter in Verbindung mit einem Industriestaubsauger verwendet. Es wurde ca  $1\text{m}^2$  Staub in 5 Minuten auf einen Gelatinefilter gesaugt. Es wurde die Vereinbarung getroffen, dass 7 Tage vor der Probenahme keine Reinigung der zu untersuchenden Räume mehr erfolgen soll.

Nach der Bestimmung des Gesamtgewichts von Staub und Filter erfolgte die Aufarbeitung der Probe ohne diese zu sieben. Sie wurde in Verdünnungsreihen auf Malzextrakt-Agar und DG18-Agar (mit

Chloramphenicol) ausplattiert und bei  $28 \pm 3^\circ\text{C}$  sowie bei  $37^\circ\text{C}$  bebrütet und nach 3, 5 und 10 Tagen ausgewertet. Die morphologische Differenzierung erfolgt von allen Nährmedien, die Quantifizierung beruht auf den Gesamt-KBE's der DG-18-Agarschalen, wobei beim Nachweis von Feuchteindikatoren, die ausschliesslich auf Malzextraktagar anzüchtbar sind, wie z.B. *Stachybotrys chartarum*, die dort ermittelten KBE's zu dem auf DG-18 erhaltenen Ergebnis addiert werden. Die Ergebnisse sind als koloniebildende Einheiten pro Gramm Staub angegeben.

#### **4.6 MVOC-Messung**

Die Bestimmung der MVOC nach dem Aktivkohle-Verfahren wurde als Doppelbestimmung vom Musterlabor 2 durchgeführt. Um Störgrößen, welche die Aussagekraft der Untersuchung beeinflussen können, weitgehend auszuschliessen, wurde die Familie Muster aufgefordert folgende Bedingungen vor bzw. während der Probenahme zu erfüllen:

5. Zimmerpflanzen, Blumen sowie Aquarien sollten, soweit technisch möglich, spätestens einen Tag vor der Probenahme aus dem entsprechenden Raum entfernt werden.
6. Es muss sichergestellt werden, dass in den zu untersuchenden Räumlichkeiten während des Tages bis zum Abschluss der Probenahme nicht gekocht und vor allem nicht gebacken wurde. Ebenso hat das Rauchen im gesamten Wohnbereich zu unterbleiben.
7. 6 – 8 Stunden vor der Probenahme muss mindestens 1/2 Stunde lang das zu beprobende Zimmer gut gelüftet werden. Nach der Belüftung werden alle Fenster und Türen verschlossen, das Zimmer darf bis zur Probenahme von niemandem betreten werden.
8. Die Probenahme wird in der Mitte des Zimmers oder in der Nähe eines vermuteten Schadens durchgeführt. Während dieser Zeit darf das Zimmer nicht betreten werden.

### **Durchführung der Probenahme**

Probenahmezeit:	4 h
Volumenstrom	0,5 bis 1,0 l/min
Probenvolumen:	120 bis 240 l

Direkt nach der Probenahme wurden die Adsorptionsröhrchen mit Polypropylenkappen verschlossen.

### **Elution der MVOC von der Aktivkohle**

Elutionsmittel:	1 ml Dichlormethan
Elutionszeit	45 min mittels z. B. rollieren

### **GC/MS-Bestimmung der MVOC**

Gerät:	z.B. Hewlett-Packard HP 5890II oder HP 6890
Injektionstechnik:	splitlos
Injektortemperatur:	260°C
Injektionsvolumen:	2µl
Säule:	J&W DB5, Methylpolysiloxane (5% Phenyl), Filmdicke 1µm, Länge 60 Meter, Innendurchmesser 0,32mm
Trärgas:	Helium 6,0
Säulendurchfluss:	1ml/min
Säulendruck:	58 kPa
Temperaturprogramm:	5 min 35°C, dann mit 8,0°C/min auf 290°C für 20 min
Massenselektiver Detektor	

im SIM-Modus: z. B. Hewlett-Packard HP 5971 oder HP 5972 (Quadrupol) mittels EI  
Interface-Temperatur: 290°C

Quantifizierung: mittels kommerziell erhältlicher Standards. Dazu wird nach jeder sechsten Probe das Eluat eines Aktivkohle-Röhrchens untersucht, dass zuvor mit einer Lösung der MVOC-Standards in Dichlormethan beaufschlagt worden war.

Überprüfung des Blindwertes: zweimal je Sequenz

## **5. Probenahmen**

### **5.1 Materialproben:** **Schlafzimmer**

- P1.1** Feuchte **Tapete** hinter dem Kleiderschrank, verschimmelte Fläche ca. 1,5m<sup>2</sup>; Entnahme 1,5 m über Boden, 2m von der Wand; abgetragene Tiefe ca.0-0,2cm
- P1.2** **Gipsputz** von feuchter Wand hinter dem Kleiderschrank; feucht; kein sichtbarer Schimmel; Abnahme 5g; abgetragene Tiefe ca.0-1cm
- P1.3** **Ziegelstein** von feuchter Wand hinter dem Kleiderschrank; feucht; kein sichtbarer Schimmel; Abnahme 10g; abgetragene Tiefe ca.1-3 cm und 3-5cm

### **5.2 Abklatschproben:**

- P2.1** Abklatschprobe : Schlafzimmer Kleiderschrank/Rückwand innen; verschimmelte Fläche ca. 1,50 m<sup>2</sup>; Entnahmestelle 30 cm über dem Boden; 3 m von der Wand; Mycelbildung,
- P2.2** Abklatschprobe : Schlafzimmer, Fensterlaibung, Fenstergröße 1,5x2 m, Tiefe der Laibung 20cm; Schimmelrasen über die ganze Fläche der Laibung; Silikonfuge zwischen Fenstersims und Fenster ebenfalls verschimmelt; brauner Belag, teilweise Mycelbildung; entspricht ca. 2 m<sup>2</sup>
- P2.3** Abklatschprobe : Wohnzimmer; Entnahmestelle: Außenwand unter dem Fenster in der Mitte; über der Sockelleiste; entspricht ca. 2,5 m<sup>2</sup>

### **5.3 Klebefilmabrisspräparat:**

- P3.1** Wohnzimmer, Wand zwischen Fenster und Schrank, ca. in 1,5 m Höhe

**5.4 Luftmessungen**

Probe	Probenahmeort	Nährmedium		Malzextrakt-Agar			
		DG 18		Bebrütungstemperatur			
		28±3°C		28±3°C	37°C	28±3°C	37°C
		Saugvolumen		Saugvolumen			
		50 L	100 L	50 L		100 L	
		Anzahl Messungen					
P4.1	Wohnzimmer	3	3	2	1	2	1
P4.2	Schlafzimmer	3	3	2	1	2	1
P4.3	Küche	3	3	2	1	2	1
P4.4	Außenluft im Hof	3	3	2	1	2	1

**5.5 Staubproben**

Probe	Probenahmeort	Staubgewicht in Gramm
P5.1	Wohnzimmer- Teppich/Auslegware	0,306
P5.2	Matratze	2,231

**5.6 MVOC-Messung**

P6.1 Küche

**6. Physikalische Parameter:**

6.1	Wohnzimmer: 18°C	rel. Luftfeuchtigkeit 63%
6.2	Schlafzimmer: 16°C	rel. Luftfeuchtigkeit 70%
6.3	Küche: 8°C	rel. Luftfeuchtigkeit 75%

**7. Laboruntersuchungen****7.1 Ergebnisse****7.1.1 Suspendierte Materialproben (Bestimmung der kultivierbaren Pilze)**

Probe	Nährmedium	Differenzierte Pilze	KBE/g
P1.1 Tapete	DG-18	<i>Aspergillus versicolor</i> <i>Penicillium chrysogenum</i> <i>Alternaria alternata</i> <i>Rhizopus stolonifer</i> <i>Acremonium strictum</i> <i>Cladosporium herbarum</i>	3000 800 500 200 400 100
P1.1 Tapete	MEA	<i>Aspergillus versicolor</i> <i>Trichoderma viride</i> <b><i>Stachybotrys chartarum</i></b> <i>Penicillium chrysogenum</i> <i>Chaetomium globosum</i> <i>Alternaria alternata</i> <i>Rhizopus stolonifer</i>	- 200 <b>500</b> - 200 - -
<b>Summe KBE/g</b>			<b>5900</b>
P1.2 Gipsputz 0-1cm Tiefe	DG-18	<i>Aspergillus versicolor</i> <i>Penicillium spezies</i> <i>Aspergillus niger</i> <i>Trichoderma viride</i> <i>Alternaria spezies</i> <i>Cladosporium spezies</i> <i>Chaetomium globosum</i> <i>Acremonium strictum</i>	2500 500 300 300 100 100 100 100



Schimmelpilze in Innenräumen - Nachweis, Bewertung, Qualitätsmanagement

P1.2 Gipsputz 0-1cm Tiefe	MEA	<i>Trichoderma viride</i> <i>Aspergillus versicolor</i> <i>Penicillium</i> spezies <i>Fusarium</i> spezies <i>Chaetomium globosum</i> <i>Eurotium amstelodami</i>	- - - 100 - 300
<b>Summe KBE/g</b>			<b>4400</b>
P1.3 Ziegelstein 1-3 cm	DG-18	<i>Aspergillus versicolor</i> <i>Penicillium chrysogenum</i> <i>Trichoderma viride</i> <i>Mucor plumbeus</i> <i>Acremonium strictum</i>	1200 500 400 200 200
P1.3 Ziegelstein 1-3 cm	MEA	<i>Chaetomium globosum</i> <i>Rhizopus stolonifer</i> <i>Cladosporium</i> spezies	100 100 200
<b>Summe KBE/g</b>			<b>2900</b>
P1.2 Gipsputz 1-3 cm	DG-18	<i>Aspergillus versicolor</i> <i>Penicillium chrysogenum</i> <i>Trichoderma viride</i> <i>Eurotium herbariorum</i> <i>Acremonium strictum</i>	1000 500 300 100 100
P1.2 Gipsputz 1-3 cm	MEA	<i>Aspergillus versicolor</i> <i>Eurotium amstelodami</i> <i>Penicillium</i> spezies <i>Chaetomium globosum</i> <i>Trichoderma viride</i>	- 100 200 200 -
<b>Summe KBE/g</b>			<b>2400</b>
P1.3 Ziegelstein 3-5 cm	DG-18	<i>Penicillium chrysogenum</i> <i>Penicillium</i> spezies <i>Aspergillus versicolor</i> <i>Trichoderma viride</i>	200 200 800 100
P1.3 Ziegelstein 3-5 cm	MEA	<i>Aspergillus versicolor</i> <i>Penicillium</i> spezies <i>Ulocladium</i> spezies <i>Fusarium</i> spezies <i>Trichoderma viride</i>	- - 100 200 -
<b>Summe KBE/g</b>			<b>1600</b>
P1.2 Gipsputz 3-5 cm	DG-18	<i>Aspergillus versicolor</i> <i>Penicillium</i> spezies <i>Aspergillus niger</i> <i>Cladosporium</i> spezies	400 200 100 100
P1.2 Gipsputz 3-5 cm	MEA	<i>Aspergillus versicolor</i> <i>Penicillium</i> spezies <i>Aspergillus niger</i>	- - -
<b>Summe KBE/g</b>			<b>800</b>

**7.1.2 Abklatschproben (kultivierbare Pilze)**

Probe	Nährmedium	Geschätzte Gesamt KBE/25 cm <sup>2</sup>	Differenzierte Pilze	Geschätzte KBE
P2.1 Schlafzimmer Kleiderschrank/ Rückwand innen	Rosa-Bengal- Agar	Rasenbildung	<i>Aspergillus versicolor</i> <i>Penicillium</i> spezies, <i>Alternaria</i> spezies, <i>Cladosporium</i> spezies <b><i>Stachybotrys chartarum</i></b> , <i>Chaetomium globosum</i> , <i>Fusarium</i> spezies, <i>Trichoderma viride</i>	viel viel wenig wenig wenig wenig wenig
P2.2 Schlafzimmer, Fensterlaibung	Rosa-Bengal- Agar	Rasenbildung	<i>Alternaria</i> spezies, <i>Ulocladium</i> spezies <i>Cladosporium</i> spezies, <i>Aspergillus versicolor</i> <i>Chaetomium globosum</i> , <i>Penicillium</i> spezies, <i>Fusarium</i> spezies	mäßig viel wenig viel mäßig viel mäßig viel mäßig viel wenig
P2.3 Wohnzimmer, unter Fenster	Rosa-Bengal- Agar	Rasenbildung	<i>Aspergillus versicolor</i> , <i>Chaetomium globosum</i> , <i>Penicillium</i> spezies, <i>Cladosporium</i> spezies, <i>Aspergillus fumigatus</i>	viel mäßig viel mäßig viel viel wenig

**7.1.3 Klebefilmabrispräparat (mikroskopische Differenzierung)**

Probe	Differenzierte Pilze	Geschätzte KBE
P3.1 Wohnzimmer, Wand zwischen Fenster und Schrank	<b>Sporen von <i>Stachybotrys chartarum</i>, <i>Chaetomium globosum</i>,</b> <i>Cladosporium</i> spezies, <i>Alternaria</i> spezies, <i>Fusarium</i> spezies, steriles Mycel, nicht identifizierbare Sporen von <i>Aspergillus</i> - und <i>Penicillium</i> spezies	mäßig viel mäßig viel viel wenig wenig wenig viel

## 7.1.4 Luftproben kultivierbare Pilze

Probe	Nährmedium	Differenzierte Pilze	KBE pro m <sup>3</sup>
P4.1 Wohnzimmer	DG18	<i>Aspergillus versicolor</i> <i>Penicillium</i> spezies <i>Eurotium amstelodami</i>	ca. 6000 ca. 1000 ca. 1000
	MEA	<i>Aspergillus versicolor</i> <i>Penicillium</i> spezies <i>Penicillium chrysogenum</i> <i>Mucor racemosus</i>	- - 500 200
<b>Summe KBE/m<sup>3</sup></b>			<b>Ca. 8700</b>
P4.2 Schlafzimmer	DG18	<i>Aspergillus versicolor</i> <i>Eurotium amstelodami</i> <i>Penicillium</i> spezies	ca. 6000 ca. 1000 ca. 1000
	MEA	<i>Aspergillus versicolor</i> <i>Penicillium chrysogenum</i> <i>Mucor racemosus</i> <i>Penicillium</i> spezies	- 500 200 -
<b>Summe KBE/m<sup>3</sup></b>			<b>Ca. 8700</b>
P4.3 Küche	DG18	<i>Aspergillus versicolor</i> <i>Penicillium</i> spezies <i>Eurotium amstelodami</i>	300 300 100
	MEA	<i>Penicillium</i> spezies <i>Fusarium</i> spezies <i>Cladosporium</i> spezies <i>Aspergillus</i> spezies	- 100 200 100
<b>Summe KBE/m<sup>3</sup></b>			<b>1100</b>
P4.4 Außenluft	DG-18	<i>Cladosporium</i> spezies <i>Penicillium</i> spezies Sterile Kolonien	150 30 20
	MEA	<i>Cladosporium</i> spezies <i>Penicillium</i> spezies Sterile Kolonie	- - -
<b>Summe KBE/m<sup>3</sup></b>			<b>200</b>

**7.1.5 Staubproben (kultivierbare Pilze)**

Probe	Nährmedium	Differenzierte Pilze	KBE/g Staub
P5.1 Wohnzimmer Teppichboden, Auslegware, geschlossene Schlinge	DG-18	<i>Aspergillus versicolor</i>	100 000
		<i>Eurotium herbariorum</i>	50 000
		Hefen	50 000
		<i>Aspergillus niger</i>	60 000
		<i>Penicillium</i> spezies	30 000
		<i>Acremonium</i> spezies	30 000
		<i>Cladosporium</i> spezies	20 000
		<i>Fusarium</i> spezies	10 000
		<i>Trichoderma viride</i>	10 000
		<i>Alternaria</i> spezies	40 000
	MEA	<i>Aspergillus versicolor</i>	-
		Hefen	-
		<i>Aspergillus niger</i>	-
		<i>Acremonium</i> spezies	-
		<i>Penicillium</i> spezies,	-
		<i>Fusarium</i> spezies, <i>Trichoderma viride</i>	-
<b>Summe KBE/g</b>			<b>400000</b>
P5.2 Schlafzimmer, Matratze	DG-18	<i>Aspergillus versicolor</i>	200 000
		Hefen	100 000
		<i>Mucor</i> spezies	40 000
		<i>Penicillium brevicompactum</i>	50 000
		<i>Cladosporium</i> spezies	20 000
		<i>Aspergillus</i> spezies	20 000
		<i>Penicillium</i> spezies	30 000
		<i>Rhizopus stolonifer</i>	30 000
		<i>Alternaria</i> spezies	30 000
	MEA	<i>Aspergillus versicolor</i>	-
		Hefen	-
		<i>Mucor</i> spezies	-
		<i>Penicillium brevicompactum</i>	-
		<i>Aspergillus niger</i>	500
		<i>Cladosporium</i> spezies	-
		<i>Eurotium amstelodami</i>	1000
		<i>Penicillium</i> spezies	-
		<i>Rhizopus stolonifer</i> <i>Bysochlamys</i> spezies	- 500
<b>Summe KBE /g</b>			<b>522000</b>

**7.1.6. MVOC-Bestimmung**

In der Küche der Familie Muster wurden bei der Probe P6.1 folgende Ergebnisse bei der MVOC-Messung erhalten:

- Es wurde eine MVOC-Summenkonzentration von 0,7 µg/m<sup>2</sup> nachgewiesen.
- Die Bestimmung der Einzel-MVOC ergab folgende Werte (Hauptindikatoren **fett**)

Verbindungen	Menge (µg/m <sup>3</sup> )
<b>3-Methylfuran</b>	<b>0,052</b>
<b>Dimethyldisulfid</b>	<b>0,019</b>
2-Pentanol	0,034
<b>3-Methyl-1-butanol</b>	<b>0,089</b>
<b>1-Octen-3-ol</b>	<b>0,067</b>
2-Hexanon	0,087
2-Heptanon	0,096

**3-Octanon****0,079**

- Ausserdem wurden folgende MVOC ermittelt

**Verbindungen****Menge (µg/m³)**

Isobutanol	3,23
1-Butanol	5,17

**7.1.7 Feuchtigkeitsbestimmung**

Material	Entnahmeort	Feuchtigkeitstiefe (cm)	u <sup>1</sup> (Material-%)	u <sub>f</sub> <sup>2</sup> (Material-%)	u/ u <sub>f</sub> <sup>3</sup> (%)
P1.2 Gipsputz	Schlafzimmer Außenwand Nord-Ost	0-1	7,1	–	–
P1.3 Ziegel	Schlafzimmer Außenwand Nord-Ost	1-3	0,36	6,04	1,0
P1.2 Gipsputz	Schlafzimmer Außenwand Nord-Ost	1-3	0,55	12,45	4,4
P1.3 Ziegel	Schlafzimmer Außenwand Nord-Ost	3-5	0,23	5,97	0,5
P1.2 Gipsputz	Schlafzimmer Außenwand Nord-Ost	3-5	0,65	11,98	5,4

- 1 Gravimetrisch ermittelter Feuchtegehalt in Material-%
- 2 Freie Wasseraufnahme der Baustoffproben, bestimmt durch Wasserlagerung unter Atmosphärendruck in Material-%
- 3 Zum Zeitpunkt der Probenahme mit Wasser gefüllte zugängliche Poren in %, entspricht dem Durchfeuchtungsgrad

**8 Beurteilung und Bewertung****8.1.1 Allgemeine Bewertung von Materialproben**

In der Regel sind Schimmelpilzbelastungen im Innenraum auf kontaminierte Materialien zurückzuführen. Sofern eine gezielte Entnahme von belasteten Materialproben möglich ist, sollten derartige Proben für die Beurteilung eines Schadens herangezogen werden.

In Tabelle I werden drei Kategorien zur Einstufung einer Belastung von Materialproben mit Schimmelpilzen vorgeschlagen.

**Kategorie 1:** Normalzustand bzw. geringfügiger Schaden

**Kategorie 2:** Geringer bis mittlerer Schaden. Die Freisetzung von Pilzbestandteilen sollte unmittelbar unterbunden und die Ursache mittelfristig ermittelt und saniert werden.

**Kategorie 3:** Grosser Schaden. Die Freisetzung von Pilzbestandteilen sollte sofort unterbunden werden, die Ursache des Schadens ist unverzüglich zu ermitteln und zu beseitigen. Die Betroffenen sind auf geeignete Art und Weise über den Sachstand zu informieren, eine umweltmedizinische Betreuung sollte erfolgen. Nach abgeschlossener Sanierung hat eine Kontrolluntersuchung stattzufinden.

Die Angaben in den nachfolgenden Tabellen können nicht als Absolutwerte herangezogen werden. Bei einer Beurteilung sind immer der Einzelfall sowie ggf. besondere Umstände zu prüfen. Für die Einstufung in die nächst höhere Bewertungsstufe reicht die Überschreitung eines Bewertungskriteriums.

Beispiel für Tabelle 1: auch bei einem Befall mit geringer Oberfläche ist nach Kategorie 2 oder 3 vorzugehen, wenn zusätzlich auch tiefere Materialschichten betroffen sind. Ausserdem ist nicht nur die Fläche des Befalls, sondern auch die Art des Befalls (z.B. punktförmiges Wachstum gegenüber rasenartigem Wachstum) zu berücksichtigen.

**Bewertung von Materialproben mit Schimmelpilzbewuchs**

<b>sichtbare und nicht sichtbare Materialschäden</b>	<b>Kategorie 1</b>	<b>Kategorie 2</b>	<b>Kategorie 3</b>
Schadensausmass	keine bzw. sehr geringe Biomasse (z. B. geringe Oberflächenschäden < 20 cm <sup>2</sup> )	mittlere Biomasse; oberflächliche Ausdehnung < 0,5 m <sup>2</sup> , tiefere Schichten sind nur lokal begrenzt betroffen	grosse Biomasse; grosse flächige Ausdehnung > 0,5 m <sup>2</sup> , auch tiefere Schichten können betroffen sein

**Wichtige Anmerkungen zu sichtbarem Schimmel an Materialien!**

**Tiefenschäden:** wenn bei einem Oberflächenschaden der Pilzbewuchs tief in das Material geht, muss der Schaden entsprechend dem Befallsumfang ggf. höheren Kategorien zugeordnet werden.

Es ist zwischen einem **aktiven Befall** und einem abgetrockneten Altschaden oder einer Sporenkontamination zu unterscheiden: Bei einem aktiven Befall sollte fallbezogen durch die Sachverständigen entschieden werden, ob die Kategorie erhöht wird, denn:

1. Die Mikroorganismenpopulation kann sich relativ schnell ändern, und es können unerwartete krankheitserregende Schimmelpilzarten auftreten.
2. Es können kontinuierlich und über längere Zeit hohe Mengen lebensfähiger Sporen abgegeben werden (im Gegensatz dazu nimmt bei einem Altschaden die Sporenkonzentration und deren Lebensfähigkeit mit der Zeit ab).
3. Ein aktiver Schimmelpilzbefall stellt häufig die Nährstoffgrundlage für andere Organismen wie z. B. Milben dar. Nach Austrocknung eines Schadens nimmt in der Regel die Anzahl dieser Organismen schnell ab.

**Organismenzusammensetzung:** Ein häufiges bis überwiegendes Auftreten von Schimmelpilzarten, denen eine besondere gesundheitliche Bedeutung zugeordnet wird (z.B. *Aspergillus fumigatus*, *Aspergillus flavus*, *Stachybotrys chartarum*), führt zu einer Verschiebung in eine höhere Kategorie.

**8.1.2 Bewertung der Bohrkern-Materialproben P1.1-P1.3. (Die zutreffenden Eingruppierungskriterien sind FETT markiert)**

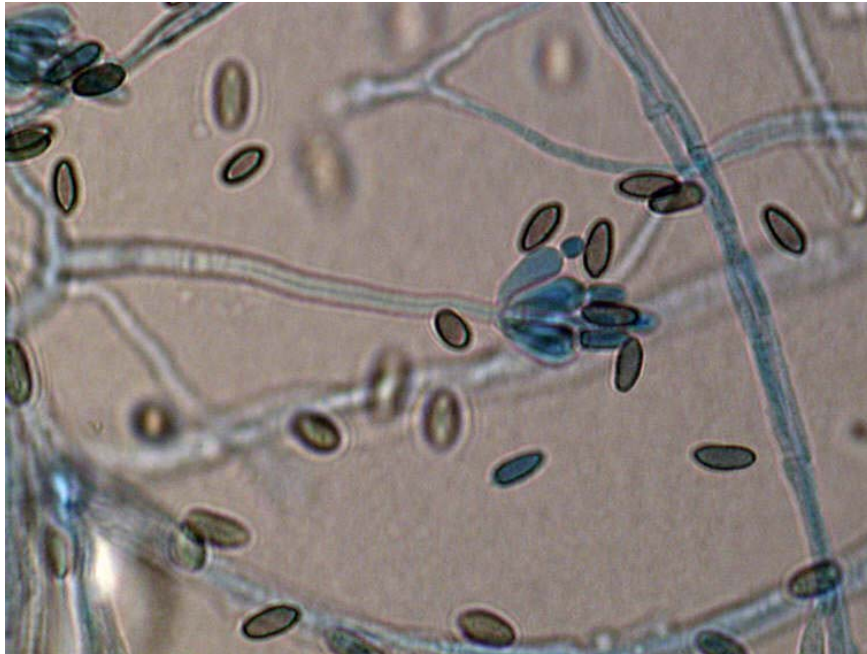
sichtbare und nicht sichtbare Materialschäden	Kategorie 1	Kategorie 2	Kategorie 3
Schadensausmass	keine bzw. sehr geringe Biomasse (z. B. geringe Oberflächenschäden < 20 cm <sup>2</sup> )	mittlere Biomasse; oberflächliche Ausdehnung < 0,5 m <sup>2</sup> , tiefere Schichten sind nur lokal begrenzt betroffen	<b>grosse Biomasse; grosse flächige Ausdehnung &gt; 0,5 m<sup>2</sup>, auch tiefere Schichten sind betroffen</b>

**8.1.3 Beurteilung der Materialproben**

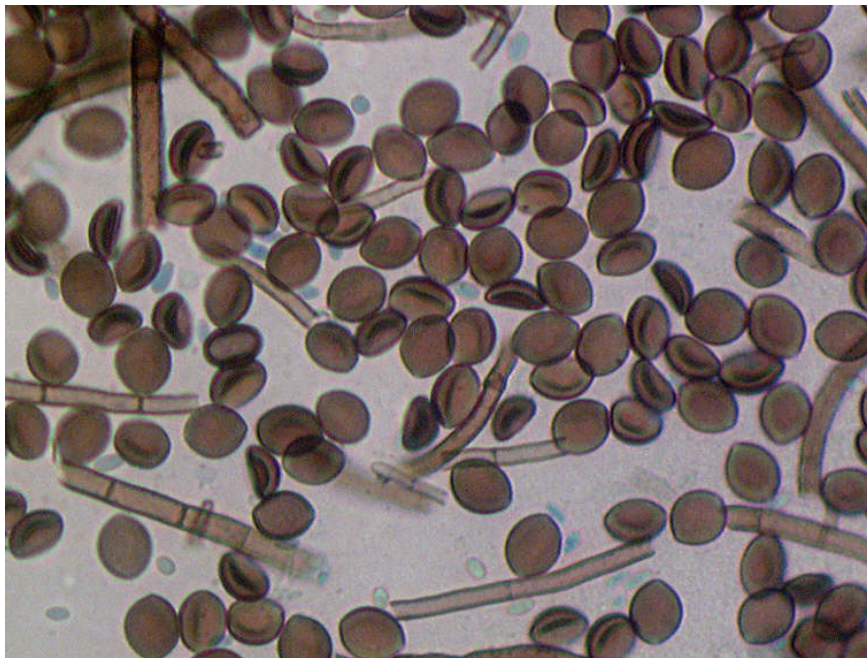
Die gravimetrische Bestimmung der Wandfeuchte im Schlafzimmer ergab, dass der befallene Bereich in allen Schichten des Bohrkerns eine erhöhte Feuchtigkeit aufweist. Das Wachstum von Schimmelpilzen, die ausschliesslich in feuchter Umgebung wachsen, beschränkt sich nicht nur auf die Oberfläche des Bohrkerns, sondern ist durchgängig bis zu der beprobten Tiefe von 5 cm. Bei den nachgewiesenen Schimmelpilzen handelt es sich um ein grosses Spektrum von sogenannten Indikatororganismen, die für eine Feuchtigkeitsbelastung sprechen. Auffallend ist der hohe Anteil von *Aspergillus versicolor* und *Chaetomium globosum*, die beide normalerweise in Innenräumen nicht vorkommen. Ebenso auffallend war die Tapetenprobe dieser Wand. Auf ihr wurde *Stachybotrys chartarum* nachgewiesen, der aufgrund einer möglichen Toxinbildung als besonders problematisch einzustufen ist.

## **8.2 Beurteilung der Abklatschproben P2.1-P2.3**

Die Abklatschproben, die im Wohn- und Schlafzimmer genommen wurden, bestätigen die Schwere des Schimmelpilzbefalls. Neben anderen Indikatororganismen war besonders die Schrankrückwand mit Sporen von *Stachybotrys chartarum* und Wandbereiche im Wohn- und Schlafzimmer mit *Chaetomium globosum* kontaminiert.



*Stachybotrys chartarum*



*Chaetomium globosum*

## **8.3 Beurteilung des Klebefilmabrisspräparats P3.1**

Mit dem Klebefilmabrisspräparat, das an einer anderen Stelle der Wohnzimmerwand angefertigt wurde als die Abklatschprobe, bestätigt sich die flächige Ausdehnung von *Chaetomium globosum*.

#### 8.4.1 Allgemeine Bewertung von Luftproben

*Die Entscheidung darüber, ob anhand von Luft- oder Staubproben eine Schimmelpilzquelle im Innenraum vorhanden ist, setzt einen hohen Sachverstand voraus. Eine schematische Herangehensweise ist problematisch. Es ist jeweils der konkrete Einzelfall unter Hinzuziehung aller vorhandenen Informationen zu beurteilen.*

*Neben den oben bereits angeführten bauphysikalischen Daten und der mit Hilfe der Fragebögen erhobenen Daten, muss bei der Beurteilung von Luft- und Staubproben der regionale und jahreszeitliche sowie tageszeitliche Einfluss der Außenluft auf die Spezienzusammensetzung und die Gesamt-KBE-Zahl bzw. der Sporenkonzentration beachtet werden.*

*Weiterhin ist zu beachten, dass erhöhte Messwerte von Luftproben (Luftkeimsammlung, Luftpartikelsammlung, MVOC) oder Staubproben nur Indizien für eine Schimmelbelastung sein können. In Einzelfällen können z.B. Ergebnisse von Luftkeimsammlungen negativ ausfallen, obwohl ein Schaden vorliegt.*

*Um ein sinnvolles Sanierungskonzept aufstellen zu können, ist die Schimmelpilzquelle und deren Ursache zu ermitteln. Zur Ermittlung des Schadens und seines Ausmasses sollten befallene Materialien aufgespürt und untersucht werden.*

*Für die Erfassung von Innenraumquellen kommt der Spezies-Zusammensetzung eine wesentlich größere Bedeutung zu als der Gesamtkonzentration.*

*Die Erfassung der Spezies-Zusammensetzung einer Luftprobe oder Staubprobe ist notwendig, um das Auftreten von Pilzarten mit fakultativ krankheitserregender und toxischer Potenz zu ermitteln. Das Wachstum von Schimmelpilzen in Innenräumen, denen eine besondere gesundheitliche Bedeutung zugeordnet wird (z.B. *Aspergillus fumigatus*, *Aspergillus flavus*, *Stachybotrys chartarum*), sollten in Innenräumen unmittelbar unterbunden werden.*

*Ausserdem ist die Analyse der Artenzusammensetzung notwendig, um das verstärkte Auftreten von Pilzarten mit einer Indikation für Feuchteschäden und das Auftreten von anderen Pilzarten in ungewöhnlich hohen Konzentrationen zu erfassen. Die verschiedenen Pilzarten haben eine unterschiedliche Relevanz hinsichtlich ihrer Feuchteindikation. Während einige Pilze häufig auch in Blumentöpfen oder im Biomüll in erhöhten Konzentrationen auftreten können (z.B. *Penicillium* sp.), ist das Auftreten anderer Arten (z.B. *Stachybotrys* sp.) stärker auf Feuchteschäden begrenzt. Eine Auflistung von Schimmelpilzen, die häufig in feuchten Innenräumen festgestellt werden, ist im Kapitel Indikatororganismen aufgeführt.*

*Weiterhin ist zu berücksichtigen, dass die „Flugfähigkeit“ von Sporen verschiedener Pilzarten sehr unterschiedlich sein kann. Für die Beurteilung von Innenraumquellen ist es daher wichtig, die einzelnen Pilzarten nach dem Typ ihrer Sporenverbreitung zu unterscheiden. Die Erfahrung zeigt, dass Pilzarten mit sogenannten trockenen, gut flugfähigen Sporen bereits bei geringen Materialschäden zu erhöhten Sporenkonzentrationen in der Luft führen können.*

*Die Sporen dieser Arten sind in der Regel 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* gelten.*

*Wesentlich geringere Luftbelastungen werden dagegen festgestellt, wenn Materialien von Pilzen 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 Sporen der Pilzart *Stachybotrys chartarum*. Die Eigenschaften der Schimmelpilzarten, die häufig in Innenräumen festgestellt werden, sind in Kapitel 3 angegeben.*

*Die oben ausgeführten Anmerkungen (stark veränderlicher Außenlufteinfluss, unterschiedliche Relevanz einzelner Arten als Feuchteindikator oder aufgrund gesundheitlicher Belastung)*



*verdeutlichen, dass es auch in Zukunft nicht möglich sein wird, einen einzelnen Richt- oder Grenzwert für eine Pilzbelastung in Luft- oder Staubproben anzugeben.*

*Als Bewertungs- und Orientierungshilfe können nach gegenwärtigem Erkenntnisstand die folgenden drei Konzentrationsbereiche umschrieben werden:*

- 4. Konzentrationen, die als Hintergrundbelastung gelten*
- 5. Übergangsbereich von geringen zu erhöhten Schimmelpilzbelastungen,*
- 6. Bereich mit Konzentrationen, die mit hoher Wahrscheinlichkeit auf eine Innenraumquelle hinweisen.*

### **Kultivierbare Schimmelpilze**

*Die Sporenkonzentration in der Luft kann starken Schwankungen unterliegen. Im Innenraum wird die Sporenkonzentration sehr entscheidend von den jeweiligen Probenahmebedingungen und insbesondere von den vorhandenen Aktivitäten im Raum beeinflusst. Besonders hohe Schwankungen sind bei Kurzzeitmessungen zu erwarten, da diese Momentaufnahmen darstellen und Pilzsporen nicht gleichmässig im Raum verteilt auftreten.*

*Es ist zu beachten, dass nicht alle Problemsituationen mit den vorgeschlagenen Schemata bewertet werden. So kann z.B. die Bewertung einer Luftprobe im Spätherbst schwierig sein, wenn der Sporengehalt der Außenluft in kurzer Zeit stark verringert wird (Oktober-November mit kalter und feuchter Witterung). In diesem Zeitraum können aus der Außenluft stammende Sporen, die über die Vegetationsperiode im Innenraum sedimentiert sind, das Ergebnis einer Luftprobe stärker beeinflussen (falls diese vor oder während einer Probenahme aufgewirbelt werden) und im Verhältnis zur Außenluft den Eindruck einer Belastung der Innenluft ergeben.*

*Ähnliches gilt bei sehr niedrigen Gesamt-KBE-Zahl in der Außenluft, wie sie z. B. im Winter bei längerer Kälteperiode auftreten. Hier ist ein Vergleich von Pilzkonzentrationen zwischen Außen- und Innenluft nicht durchführbar. Eine Bewertung unter derartigen Bedingungen erfordert Erfahrungen und Sachverstand.*

*Umgekehrt können auch ungewöhnlich belastete Außenluftproben eine Interpretation der Ergebnisse erschweren.*

*Bei der Bewertung der Ergebnisse sollte ausserdem immer berücksichtigt werden, dass meist nur Kurzzeitmessungen durchgeführt werden. Die Anwendung der Tabellen setzt daher einen hohen Sachverstand voraus.*

**Bewertungshilfe für Luftproben** (kultivierbare Schimmelpilze, die angegebenen KBE beziehen sich auf 1m<sup>3</sup>). Die drei Zeilen der Tabelle sind nicht als eigenständige Kriterien gedacht, sondern sind in einer umfassenden Auswertung gemeinsam zu betrachten.

Innenluft	Innenraumquelle unwahrscheinlich	Innenraumquelle nicht auszuschliessen <sup>1)</sup>	Innenraumquelle wahrscheinlich <sup>2)</sup>
Cladosporium sowie andere Pilzgattungen, die in der Außenluft erhöhte Konzentrationen erreichen können z.B. Alternaria, Botrytis, Hefen sowie Basidiomyceten bzw. sterile Myzelien	Wenn die KBE einer Gattung in der Innenluft unter dem 0,7 (+ 0,3) -fachen der Außenluft liegen $I_{typ A} \leq A_{typ A} \times 0,7 (+0,3)$	Wenn die KBE einer Gattung in der Innenluft unter dem 1,5 ± 0,5 -fachen der Außenluft liegen $I_{typ A} \leq A_{typ A} \times 1,5 (\pm 0,5)$	Wenn die KBE einer Gattung in der Innenluft über dem 2-fachen der Außenluft liegen $I_{typ A} > A_{typ A} \times 2$
Summe KBE der untypischen Außenluft-Spezies (S)	Wenn die Differenz der KBE-Summen Außen- zu Innenluft der untypischen Außenluft-Spezies unter 150 liegt $I_{\Sigma untyp A} \leq A_{\Sigma untyp A} + 150$	Wenn die Differenz der KBE-Summen Außen- zu Innenluft der untypischen Außenluft-Spezies unter 500 liegt $I_{\Sigma untyp A} \leq A_{\Sigma untyp A} + 500$	Wenn die Differenz der KBE-Summen Außen- zu Innenluft der untypischen Außenluft-Spezies über 500 liegt $I_{\Sigma untyp A} > A_{\Sigma untyp A} + 500$
eine Art der untypischen Außenluft-Spezies (!)	Wenn die Differenz der KBE von Außen- zu Innenluft einer untypischen Außenluft-Spezies unter 50 liegt $I_{Euntyp A} \leq A_{Euntyp A} + 50$	Wenn die Differenz der KBE von Außen- zu Innenluft einer untypischen Außenluft-Spezies unter 100 liegt $I_{Euntyp A} \leq A_{Euntyp A} + 100$	Wenn die Differenz der KBE von Außen- zu Innenluft einer untypischen Außenluft-Spezies über 100 liegt $I_{Euntyp A} > A_{Euntyp A} + 100$

<sup>1)</sup> Indiz für Quellensuche, <sup>2)</sup> Indiz für kurzfristige intensive Quellensuche

**KBE** = Koloniebildende Einheit

**Typ A** = Konzentration einer typischen Außenluft Spezies bzw. Gattung (wie z. B. Cladosporium, sterile Myzelien, ggf. Hefen, ggf. Alternaria, ggf. Botrytis)

**$\Sigma untyp A$**  = Summe der Konzentrationen untypischer Außenluft-Spezies

**Euntyp A** = eine Art der untypischen Außenluft-Spezies, insbesondere die der unter Kapitel Indikatororganismen aufgeführten Schimmelpilzespezies

**S** = Summe-KBE – KBE typischer Außenluft Spezies bzw. Gattung (wie z. B. Cladosporium, sterile Myzelien, ggf. Hefen, ggf. Alternaria, ggf. Botrytis)

**!** = die angegebenen Konzentrationen gelten für Pilzarten mit gut flugfähigen Sporen. Für thermotolerante Pilzsporen sowie Pilzsporen mit geringer Flugfähigkeit gelten deutlich geringere Konzentrationen

Hinweis : Die in der Tabelle angegebenen Bewertungsgrenzen sind als vorläufige Werte zu verstehen, die ggf. den praktischen Anforderungen noch stärker angepasst werden müssen. Bei einer sehr niedrigen Gesamt-KBE-Zahl in der Außenluft, wie sie z. B. bei längerer grosser Kälte auftritt, ist das Bewertungskriterium des Vergleiches der Konzentration der typischen Außenluft Spezies bzw. Gattung (wie z. B. Cladosporium, sterile Myzelien, ggf. Hefen, ggf. Alternaria, ggf. Botrytis) in der Innenraumluft mit der in der Außenluft nicht anwendbar.

#### 8.4.2 Bewertung für die Luftproben P4.1 – P4.4 (Wohn-, Schlafzimmer, Küche). Die zutreffenden Eingruppierungskriterien sind FETT markiert (kultivierbare Schimmelpilze, die angegebenen KBE beziehen sich auf 1m<sup>3</sup>)

Innenluft	Innenraumquelle unwahrscheinlich	Innenraumquelle nicht auszuschließen <sup>1)</sup>	Innenraumquelle wahrscheinlich <sup>2)</sup>
<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 die KBE einer Gattung in der Innenluft unter dem 0,8 (+ 0,4) -fachen der Außenluft liegen ( <i>Cladosporium</i> ) $I_{typ A} \leq A_{typ A} \times 0,8 (+0,4)$	Wenn die KBE einer Gattung in der Innenluft unter dem 1,5 ± 0,5 -fachen der Außenluft liegen $I_{typ A} \leq A_{typ A} \times 1,5 (\pm 0,5)$	<b>Wenn die KBE einer Gattung in der Innenluft über dem 2-fachen der Außenluft liegen ,</b> $I_{typ A} > A_{typ A} \times 2$
Summe KBE der untypischen Außenluft-Spezies (S)	Wenn die Differenz der KBE-Summen Außen- zu Innenluft der untypischen Außenluft-Spezies unter 150 liegt $I_{\Sigma untyp A} \leq A_{\Sigma untyp A} + 150$	Wenn die Differenz der KBE-Summen Außen- zu Innenluft der untypischen Außenluft-Spezies unter 500 liegt $I_{\Sigma untyp A} \leq A_{\Sigma untyp A} + 500$	<b>Wenn die Differenz der KBE-Summen Außen- zu Innenluft der untypischen Außenluft-Spezies über 500 liegt</b> $I_{\Sigma untyp A} > A_{\Sigma untyp A} + 500$
eine Art der untypischen Außenluft-Spezies (!)	Wenn die Differenz der KBE von Außen- zu Innenluft einer untypischen Außenluft-Spezies unter 50 liegt ( <i>Aspergillus versicolor</i> , <i>Chaetomium</i> spezie) $I_{E untyp A} \leq A_{E untyp A} + 50$	<b>Wenn die Differenz der KBE von Außen- zu Innenluft einer untypischen Außenluft-Spezies unter 100 liegt</b> $I_{E untyp A} \leq A_{E untyp A} + 100$ <b>(KÜCHE)</b>	<b>Wenn die Differenz der KBE von Außen- zu Innenluft der untypischen Außenluft-Spezies über 100 liegt</b> $I_{E untyp A} > A_{E untyp A} + 100$ <b>(WOHN-SCHLAFZIMMER)</b>

<sup>1)</sup> Indiz für Quellensuche, <sup>2)</sup> Indiz für kurzfristige intensive Quellensuche  
KBE = Koloniebildende Einheit

#### 8.4.3 Beurteilung der Luftproben

Der Vergleich der Innenraumluft mit der Außenluft ergab den Nachweis einer eindeutigen Schimmelpilzbelastung im Wohn- und Schlafzimmer sowohl hinsichtlich der Sporenkonzentration als auch der nachgewiesenen Spezies. Dabei wurde überwiegend *Aspergillus versicolor* als Indikatororganismus festgestellt. Bei der Luftprobe der Küche war auffallend, dass sowohl die Gesamt-KBE als auch *Aspergillus versicolor* in höherer Konzentration nachgewiesen werden konnten als in der Außenluft.

Vor allem die Luftproben des Wohn- und Schlafzimmers sprechen für eine Belastung durch Schimmelpilze. Es ist davon auszugehen, dass die an den Wandoberflächen und in den Materialproben nachgewiesenen Schimmelpilze teilweise in die Raumluft freigesetzt worden sind. Bei der Luftprobe der Küche lässt sich dies nicht mit Sicherheit sagen, da dort kein sichtbarer Befall oder feuchte Wände festgestellt werden konnten.

#### 8.5.1 Allgemeine Bewertung von Staubproben

Für die Bewertung von Pilzen, die häufig bei Feuchteschäden im Innenraum auftreten und die typischerweise nicht über die Außenluft in erhöhten Konzentrationen eingetragen werden, ist die Aufstellung von Erfahrungswerten (Hintergrundkonzentrationen) sinnvoll. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass Pilzarten, die häufig bei Feuchteschäden auftreten, entsprechend ihrer Sporenbildung, Sporenverbreitung und Überlebensdauer ein sehr unterschiedliches Konzentrationsniveau in belasteten Staubproben haben können. Staubproben werden vor allem in den Sommermonaten durch Sporenkonzentrationen der Außenluft stark beeinflusst, da es nicht praktikabel ist, die Lüftung der zu untersuchenden Räume für einen längeren Zeitraum zu unterbinden. Die Bildung von Anteilen einzelner Gattungen/Arten an der Gesamtkonzentration hat dementsprechend nur wenig Aussagekraft, sofern der Einfluss der jahreszeitlichen Außenluft nicht berücksichtigt wird. Auch bei der Beurteilung von absoluten Konzentrationen muss die verwendete Methode und der Einfluss der Jahreszeit Berücksichtigung finden. Im Jahreslauf sind insbesondere die

Konzentrationen von Hefen, sowie *Cladosporium spp.* und sterilen Kolonien relativ hohen Schwankungen unterworfen.

Mögliche Hintergrundkonzentrationen dieser Gruppen müssen daher weit gespannt sein.

Die Konzentrationen von *Aspergillus spp.* und *Penicillium spp.* gelten als relativ stabil im Jahresverlauf. Anzunehmende Hintergrundkonzentrationen dieser Gattungen sollten daher in einem schmaleren Bereich schwanken.

Bei der Beurteilung von Schimmelpilzen im Staub muss darüber hinaus die verwendete Aufarbeitungsmethode berücksichtigt werden. So haben z. B. gesiebte Staubproben in der Regel höhere Konzentrationen an Schimmelpilzen als ungesiebte Proben.

Die Diskussionen zu der am besten geeigneten Methode zur Bestimmung von Schimmelpilzkonzentrationen im Staub sind noch nicht abgeschlossen. Das Umweltbundesamt fördert derzeit in mehreren Forschungsprojekten Methodenentwicklungen und die Erhebung von Hintergrunddaten zu Schimmelpilzen im Hausstaub.

### ungesiebte Staubproben

Nachfolgend sind Erfahrungswerte für **ungesiebte Staubproben** von Teppichböden angegeben.

#### Bewertungshilfe von Staubproben (ungesiebt)

Staubuntersuchung Proben ungesiebt	Hintergrund-belastung Innenraumquelle unwahrscheinlich	Innenraumquelle nicht auszuschliessen <sup>1)</sup>	Innenraumquelle wahrscheinlich <sup>2)</sup>
<b>Konzentrationen häufiger Pilzgattungen bzw. Arten im Staub KBE/m<sup>2</sup></b>			
<b>Cladosporium spp.</b>	* < 200 000	> 200 000 ≤ 400 000	> 400 000
<b>Hefen</b>	< 150 000	> 150 000 ≤ 300 000	> 300 000
<b>sterile Kolonien</b>	< 80 000	> 80 000 ≤ 200 000	> 200 000
<b>Penicillium spp.</b>	< 40 000	> 40 000 ≤ 80 000	> 80 000
<b>Aureobasidium spp.</b>	< 10 000	> 10 000 ≤ 20 000	> 20 000
<b>Aspergillus spp.</b>	< 20 000	> 20 000 ≤ 40 000	> 40 000
<b>Aspergillus fumigatus</b>	< 3 000	> 3 000 ≤ 15 000	> 15 000
<b>Aspergillus niger</b>	< 3 000	> 3 000 ≤ 15 000	> 15 000
<b>Aspergillus versicolor</b>	< 5 000	> 5 000 ≤ 20 000	> 20 000
<b>Alternaria spp.</b>	< 10 000	> 10 000 ≤ 30 000	> 30 000
<b>Eurotium spp.</b>	< 3 000	> 3 000 ≤ 15 000	> 15 000
<b>Feuchteindikatoren mit hohem Sporenflug</b>	< 3 000	> 3 000 ≤ 20 000	> 20 000
<b>Feuchteindikatoren mit geringem Sporenflug</b>	< 1 000	> 1 000 ≤ 3 000	> 3 000
<b>Zusammensetzung</b>	Allgemeine Mischpopulation	Konzentration an Feuchte-Indikatoren erhöht	Überwiegend Indikatorkeime
<b>Gesamt-KBE ohne Aureobasidium spp. Cladosporium spp. Penicillium spp. Hefen sterile Kolonien</b>	< 20 000	> 20 000 ≤ 60 000	> 60 000
<b>Gesamt-KBE (Winter)</b>	< 50 000	> 50 000 ≤ 120 000	> 120 000
<b>Gesamt-KBE (Sommer)</b>	< 250 000	> 250 000 ≤ 600 000	> 600 000

<sup>1)</sup> Indiz für Quellensuche

<sup>2)</sup> Indiz für kurzfristige intensive Quellensuche

\* In den Wintermonaten ist davon auszugehen, dass die nachweisbaren Konzentrationen deutlich unter der der Sommermonate liegen.

Die angegebenen Werte sind bisher statistisch nicht abgesichert. Eine Arbeitsgruppe am LGA bemüht sich in absehbarer Zeit, die entsprechenden Daten zu erheben.

**8.5.2.1 Bewertung für die Staubprobe P5.1 (ungesiebt). Die zutreffenden Eingruppierungskriterien sind FETT markiert (kultivierbare Schimmelpilze, die angegebenen KBE beziehen sich auf 1m<sup>2</sup>)**

<b>Staubuntersuchung</b> Proben <u>ungesiebt</u> ,	<b>Hintergrund- belastung</b>  <b>Innenraumquelle unwahrscheinlich</b>	<b>Innenraumquelle nicht auszuschliessen<sup>1)</sup></b>	<b>Innenraumquelle wahrscheinlich <sup>2)</sup></b>
<b>Konzentrationen typischer Pilzgattungen bzw. Arten im Staub KBE/m<sup>2</sup></b>			
<i>Cladosporium</i> spp. *	< 200 000	> 200 000 ≤ 400 000	> 400 000
Hefen *	< 150 000	> 150 000 ≤ 300 000	> 300 000
sterile Kolonien *	< 80 000	> 80 000 ≤ 200 000	> 200 000
<i>Penicillium</i> spp. *	< 40 000	> 40 000 ≤ 80 000	> 80 000
<i>Aureobasidium</i> spp. *	< 10 000	> 10 000 ≤ 20 000	> 20 000
<i>Aspergillus</i> spp. *	< 20 000	> 20 000 ≤ 40 000	> 40 000
<i>Aspergillus fumigatus</i>	< 3 000	> 3 000 ≤ 15 000	> 15 000
<i>Aspergillus niger</i>	< 3 000	> 3 000 ≤ 15 000	> 15 000
<i>Aspergillus versicolor</i>	< 5 000	> 5 000 ≤ 20 000	> 20 000
<i>Alternaria</i> spp.	< 10 000	> 10 000 ≤ 30 000	> 30 000
<i>Eurotium</i> spp.	< 3 000	> 3 000 ≤ 15 000	> 15 000
<b>Feuchteindikatoren mit hohem Sporenflug</b>	<b>&lt; 3 000</b>	> 3 000 ≤ 20 000	> 20 000
Feuchteindikatoren mit geringem Sporenflug.	< 1 000	> 1 000 ≤ 3 000	> 3 000
<b>Zusammensetzung</b>	Allgemeine Mischpopulation	Konzentration an Feuchte- Indikatoren erhöht	Überwiegend Indikatorkeime
<b>Gesamt-KBE ohne</b> <i>Aureobasidium</i> spp. <i>Cladosporium</i> spp. <i>Penicillium</i> spp. <b>Hefen</b> sterile Kolonien	< 20 000	<b>&gt; 20 000 ≤ 60 000</b>	<b>&gt; 60 000</b>
<b>Gesamt-KBE (Winter)</b>	< 50 000	<b>&gt; 50 000 ≤ 120 000</b>	> 120 000
<b>Gesamt-KBE (Sommer)</b>	< 250 000	> 250 000 ≤ 600 000	> 600 000

<sup>1)</sup> Indiz für Quellensuche

<sup>2)</sup> Indiz für kurzfristige intensive Quellensuche

**8.5.2.2 Bewertung für die Staubprobe P5.2 (ungesiebt). Die zutreffenden Eingruppierungskriterien sind FETT markiert (kultivierbare Schimmelpilze, die angegebenen KBE beziehen sich auf 1m<sup>2</sup>)**

<b>Staubuntersuchung</b> Proben <u>ungesiebt</u> ,	<b>Hintergrund- belastung</b>  <b>Innenraumquelle unwahrscheinlich</b>	<b>Innenraumquelle nicht auszuschliessen<sup>1)</sup></b>	<b>Innenraumquelle wahrscheinlich<sup>2)</sup></b>
<b>Konzentrationen typischer Pilzgattungen bzw. Arten im Staub KBE/m<sup>2</sup></b>			
<i>Cladosporium</i> spp. *	< 200 000	> 200 000 ≤ 400 000	> 400 000
Hefen *	< 150 000	> 150 000 ≤ 300 000	> 300 000
sterile Kolonien *	< 80 000	> 80 000 ≤ 200 000	> 200 000
<i>Penicillium</i> spp. *	< 40 000	<b>&gt; 40 000 ≤ 80 000</b>	> 80 000
<i>Aureobasidium</i> spp. *	< 10 000	> 10 000 ≤ 20 000	> 20 000
<i>Aspergillus</i> spp. *	< 20 000	> 20 000 ≤ 40 000	> 40 000
<i>Aspergillus fumigatus</i>	< 3 000	> 3 000 ≤ 15 000	> 15 000
<i>Aspergillus niger</i>	< 3 000	> 3 000 ≤ 15 000	> 15 000
<i>Aspergillus versicolor</i>	< 5 000	> 5 000 ≤ 20 000	<b>&gt; 20 000</b>
<i>Alternaria</i> spp.	< 10 000	> 10 000 ≤ 30 000	<b>&gt; 30 000</b>
<i>Eurotium</i> spp.	< 3 000	> 3 000 ≤ 15 000	> 15 000
<b>Feuchteindikatoren mit hohem Sporenflug</b>	<b>&lt; 3 000</b>	> 3 000 ≤ 20 000	> 20 000
Feuchteindikatoren mit geringem Sporenflug.	< 1 000	> 1 000 ≤ 3 000	> 3 000
<b>Zusammensetzung</b>	Allgemeine Mischpopulation	Konzentration an Feuchte- Indikatoren erhöht	Überwiegend Indikatorkeime
<b>Gesamt-KBE ohne</b> <i>Aureobasidium</i> spp. <i>Cladosporium</i> spp. <i>Penicillium</i> spp. <b>Hefen</b> sterile Kolonien	< 20 000	<b>&gt; 20 000 ≤ 60 000</b>	<b>&gt; 60 000</b>
<b>Gesamt-KBE (Winter)</b>	< 50 000	<b>&gt; 50 000 ≤ 120 000</b>	> 120 000
<b>Gesamt-KBE (Sommer)</b>	< 250 000	> 250 000 ≤ 600 000	> 600 000

<sup>1)</sup> Indiz für Quellensuche

<sup>2)</sup> Indiz für kurzfristige intensive Quellensuche

### **8.6.3 Beurteilung der Staubproben**

Die **Staubproben** des Wohnzimmerteppichs und der Matratze weisen hohe Konzentrationen sowohl der allgemeinen Mischpopulation als auch der Feuchteindikatoren auf. Eine Innenraumquelle ist wahrscheinlich.

#### **8.6.1 Allgemeine Bewertung von MVOC-Bestimmungen**

Eine erste Zusammenstellung von Methoden zum Nachweis von MVOC wurde bereits im Rahmen der Richtlinienarbeit der Kommission Reinhaltung der Luft im VDI und DIN vorgenommen. Die hier dargestellten Bewertungskriterien müssen möglicherweise den Ergebnissen laufender Forschungsarbeiten angepasst werden, so dass die vorliegende Zusammenstellung nicht den Anspruch erhebt, endgültig zu sein. Ausserdem ist zu beachten, dass die Bewertung einer Schimmelpilzbelastung mittels MVOC-Bestimmung z. T. von den verwendeten Methoden (Elutions-/Thermodesorptionsmethode) abhängig ist.

Nicht alle flüchtigen Stoffwechselprodukte, die von Mikroorganismen produziert werden können, lassen eindeutig auf eine mikrobielle Herkunft schliessen. So werden zum Beispiel aliphatische Alkohole (Ethanol, Propanol, Butanol, etc.) häufig auch als technische Lösemittel verwendet. Ausserdem werden eine Vielzahl von MVOC auch von Pflanzen produziert und sind in vielen Aromastoffen enthalten. Im Hinblick auf die Indikatorfunktion der MVOC ist es sehr wichtig, nur solche Verbindungen zur Bewertung heranzuziehen, die in überwiegender Masse im Innenraum von Mikroorganismen stammen. Dies hat gleichzeitig zur Folge, dass einige VOC, die von Mikroorganismen stammen können, jedoch wegen mangelnder Spezifität nicht als MVOC bei Expositionserfassungen berücksichtigt werden, nicht in die Bewertung einbezogen werden können.

Im Einzelnen werden derzeit folgende Verbindungen als relevante MVOC betrachtet: 2-Methylfuran, 3-Methylfuran, 2-Pentylfuran, 2-Methyl-1-propanol, 2-Pentanol, 3-Methyl-1-butanol, 2-Methyl-1-butanol, 1-Okten-3-ol, 3-Okтанol, Dimethylsulfid, Dimetyldisulfid, Dimethylsulfoxid, 2-Hexanon, Etyl-2-methylbutyrat, 2-Heptanon, 3-Okтанon, sec-Butylmethylether, Methylisopentylether, endo-Borneol, trans-β-Farnesen, Geosmin.

Die Auswertung der Proben umfasst die Quantifizierung aller o.a. Verbindungen. Durch Vergleich der Ergebnisse mit einer Referenzprobe aus der Außenluft oder, falls möglich, aus einem „unbelasteten“ Raum kann eine Bewertung vorgenommen werden.

Als Hauptindikatoren für ein mikrobielles Wachstum im Innenraum werden 3-Methylfuran, Dimetyldisulfid, 1-Okten-3-ol, 3-Okтанon und 3-Methyl-1-butanol angesehen. Bisher liegt keine umfassende Zusammenstellung möglicher sekundärer Quellen für MVOC vor, derartige Arbeiten werden jedoch zur Zeit in der Kommission Reinhaltung der Luft (KRdL) im VDI und DIN bearbeitet (KRdL 3/7/05 des Gemeinschaftsausschusses „Bioaerosole und biologische Agenzien“).

Beim praktischen Einsatz von MVOC-Bestimmungen kann folgendes Bewertungsschema zugrunde gelegt werden. Hierbei muss man berücksichtigen, dass eine Einordnung in die drei Kategorien der Summenkonzentrationen einerseits und der Hauptindikatoren andererseits immer vor dem Hintergrund der möglichen Exaktheit bei der chemisch-analytischen Bestimmung vorgenommen werden muss.

Bewertungsschema zur Interpretation von MVOC-Messungen

	<b>Kein Nachweis eines Hauptindikators</b>	<b>0,05 bis 0,10 µg/m<sup>3</sup> bei mindestens einem Hauptindikator</b>	<b>&gt; 0,10 µg/m<sup>3</sup> bei mindestens einem Hauptindikator</b>
<b>Summenkonzentration ≤ 0,5 µg/m<sup>3</sup></b>	Kein mikrobieller Befall	Ein lokal begrenzter mikrobieller Befall, ein raumhygienisches Problem oder ein mikrobieller Befall in angrenzenden Gebäudeteilen liegt vor.	Ein mikrobieller Befall ist wahrscheinlich.
<b>Summenkonzentration &gt; 0,5 bis 1,0 µg/m<sup>3</sup></b>	Es liegt vermutlich kein mikrobieller Befall, sondern evtl. ein raumhygienisches Problem vor.	Ein mikrobieller Befall im Gebäude ist wahrscheinlich.	Ein mikrobieller Befall ist sehr wahrscheinlich.
<b>Summenkonzentration &gt; 1,0 µg/m<sup>3</sup></b>	Da keine Hauptindikatoren nachgewiesen wurden, ist ein mikrobieller Befall im Gebäude fraglich.	Ein mikrobieller Befall im untersuchten Raum oder unmittelbar angrenzenden Räumen ist sehr wahrscheinlich.	Ein mikrobieller Befall muss vorhanden sein.

**8.6.2 Bewertung der MVOC-Messungen der Probe P6.1**

	<b>Kein Nachweis eines Hauptindikators</b>	<b>0,05 bis 0,10 µg/m<sup>3</sup> bei mindestens einem Hauptindikator</b>	<b>&gt; 0,10 µg/m<sup>3</sup> bei mindestens einem Hauptindikator</b>
<b>Summenkonzentration ≤ 0,5 µg/m<sup>3</sup></b>	Kein mikrobieller Befall	Ein lokal begrenzter mikrobieller Befall, ein raumhygienisches Problem oder ein mikrobieller Befall in angrenzenden Gebäudeteilen liegt vor.	Ein mikrobieller Befall ist wahrscheinlich.
<b>Summenkonzentration &gt; 0,5 bis 1,0 µg/m<sup>3</sup></b>	Es liegt vermutlich kein mikrobieller Befall, sondern evtl. ein raumhygienisches Problem vor.	<b>Ein mikrobieller Befall im Gebäude ist wahrscheinlich.</b>	Ein mikrobieller Befall ist sehr wahrscheinlich.
<b>Summenkonzentration &gt; 1,0 µg/m<sup>3</sup></b>	Da keine Hauptindikatoren nachgewiesen wurden, ist ein mikrobieller Befall im Gebäude fraglich.	Ein mikrobieller Befall im untersuchten Raum oder unmittelbar angrenzenden Räumen ist sehr wahrscheinlich.	Ein mikrobieller Befall muss vorhanden sein.

**8.6.3 Beurteilung der MVOC-Messungen**

Die MVOC-Messung bestätigt, den mikrobiellen Befall des Gebäudes. Die Ergebnisse ermöglichen allerdings keine Aussage darüber ob in der Küche ein aktiver Befall vorliegt.

**9 Zusammenfassung der Ergebnisse**

Die gravimetrische Bestimmung der **Wandfeuchte** ergab, dass die befallenen Wandbereiche, vor allem im Schlafzimmer, eine erhöhte Feuchte aufweisen. Dies wird auch durch die kulturell nachgewiesenen Schimmelpilze der aus diesem Bereich stammenden **Materialproben** (Bohrkern-Untersuchungen) bestätigt.

Mit den im Schlafzimmer angefertigten **Abklatschproben** wurden ausser den speziellen Feuchteindikatoren auch *Stachybotrys chartarum* und *Chaetomium globosum* festgestellt. Sporen von *Chaetomium globosum* wurden ausserdem auf der feuchten Wand des Wohnzimmers mit dem **Klebefilmabrisspräparat** nachgewiesen.

Die Auswertung der **Luftproben** ergab einen deutlichen Unterschied zwischen der Außenluft und der Innenluft. Während die Außenluft bezüglich der Gesamt-KBE der kultivierbaren Pilze und der differenzierten Spezies der jahreszeitlichen Population entsprach, waren in den Luftproben, insbesondere des Wohn- und Schlafzimmers, erhöhte Konzentrationen von Schimmelpilzen nachgewiesen worden, die ausschließlich in feuchter Umgebung vorkommen.

Die **Staubproben** des Wohnzimmerteppichs und der Matratze weisen hohe Konzentrationen sowohl der allgemeinen Mischpopulation als auch der Feuchteindikatoren auf.

Die **MVOC**-Bestimmung in der Küche spricht nicht eindeutig für eine Belastungssituation.

**10 Beurteilung der Ergebnisse**

Die Wohnung von Familie Muster weist eine massive und aktive Schimmelpilzbelastung auf. Dies ist sowohl an der Myzelbildung an der Schrankwand im Schlafzimmer und an der Wohnzimmerwand als auch an den in allen Proben nachgewiesenen Indikatororganismen wie z.B. *Aspergillus versicolor*, *Trichoderma viride*, *Chaetomium globosum*, *Stachybotrys chartarum* ersichtlich. Die Ergebnisse der Küche sind nicht eindeutig zuzuordnen. Einerseits konnte kein sichtbares Schimmelpilzwachstum festgestellt werden und die MVOC-Messung ergab keinen eindeutigen Hinweis auf eine Schimmelpilzbelastung, obwohl muffig-modriger Geruch in der Küche zu riechen war. Andererseits war die Gesamt-KBE der kultivierbaren Schimmelpilze relativ hoch und auch *Aspergillus versicolor* wurde nachgewiesen. Möglicherweise erfolgte in den anderen belasteten Räumen eine Sporenfreisetzung, die in der Küche messtechnisch und kulturell erfasst worden ist.



## 11 Empfehlungen

In der untersuchten Wohnung ist eine kurzfristige Sanierung (innerhalb der nächsten 3 Monate) durch eine Fachfirma unabdingbar erforderlich. Durch einen Bausachverständigen sollte die Ursache der Schimmelpilzbelastung und deren Beseitigung geklärt werden. Zum Zeitpunkt der Messung herrschte in der Wohnung eine Temperatur von 8-16 C° und eine Luftfeuchtigkeit bis zu 70%. Mangelhaftes Lüften und Heizen begünstigt das Wachstum von Schimmelpilzen. Trotzdem sollte geprüft werden, ob nicht ein zurückliegender Wasserschaden an der hohen Wandfeuchte und dem damit verbundenen Schimmelpilzwachstum beteiligt ist. Das Musterlabor empfiehlt eine Zimmertemperatur von 20°C und eine relative Luftfeuchtigkeit von etwa 50% einzuhalten. Die Luftwechselrate ist durch mehrmaliges tägliches Stoßlüften zu erhöhen. Müll bzw. Biomüll sollte nicht in der Wohnung gelagert werden. Nach dem Duschen, Baden oder Wäschetrocknen sollte die feuchte Luft durch Querlüftung abgelüftet werden. Andernfalls kann sich Kondenswasser bilden, das die Wände bzw. das Mauerwerk durchfeuchtet und in Verbindung mit der Raumtemperatur ideale Bedingungen für das Wachstum von Schimmelpilzen schafft. In Anbetracht des Nachweises von *Stachybotrys chartarum*, dem eine besondere gesundheitliche Bedeutung zugeordnet wird, sollte ein Sanierungskonzept erstellt werden. Hinweise zur Sanierung entnehmen Sie bitte der beiliegenden Information. Eine umweltmedizinische Untersuchung der Bewohner, insbesondere der Kinder durch einen Allergologen bzw. Pneumologen ist angeraten. Bis zur Sanierung wird empfohlen, dass sich vor allem die Kinder in den belasteten Räumen nicht aufhalten sollten. Nach erfolgter Sanierung wird eine Freimessung empfohlen.

Für weitere Fragen stehen wir gerne zur Verfügung.

## 12 Hinweise - Sanierung

Die folgenden Ausführungen haben keinen rechtsverbindlichen Charakter. Sie stellen Empfehlungen und Anregungen dar, die eine allgemein gute Verfahrensweise bei der Sanierung verdeutlichen sollen. Da fundierte Untersuchungen und Daten auf dem Gebiet der Schimmelpilzsanierung bisher fehlen, sind die folgenden Ausführungen ein erster Versuch, allgemeine Forderungen auf diesem Gebiet zu fixieren. Eine ausführliche methodische Beschreibung der gewerblich anzuwendenden Sanierungsverfahren ist nicht Gegenstand dieses Leitfadens. Die genannten Massnahmen und Hinweise erheben keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Sie sind eine Orientierungshilfe für das allgemeine Vorgehen bei einer Sanierung. Im konkreten Einzelfall muss unter Umständen auch anders verfahren werden. Von Fall zu Fall ist zu entscheiden, wie die Sanierung unter den konkreten Gegebenheiten vorzunehmen ist.

Schimmelpilzwachstum im Innenraum stellt ein hygienisches Problem dar, das aus Vorsorgegründen nicht toleriert werden kann. Bei nachweislichem Schimmelpilzwachstum im Innenraum müssen fachgerechte Sanierungsmassnahmen zur Beseitigung der Schimmelpilze durchgeführt werden. Eine Beseitigung des Schimmelpilzbefalls hat aber nur dann Sinn, wenn zuvor die Ursachen geklärt werden. Ohne diese Klärung und die Behebung der Ursachen, die zu einem Wachstum geführt haben, ist ein erneuter Befall vorprogrammiert.

### Kurzfristige Massnahmen

Wenn nicht sofort mit den Sanierungsmassnahmen begonnen werden kann ist zu prüfen, ob die befallenen Stellen übergangsweise, möglichst ohne Staubverwirbelung, gereinigt und desinfiziert (80 %iger Alkohol) werden können oder ob es Möglichkeiten gibt, die befallenen Stellen übergangsweise abzudecken, abzuschotten oder zu vernetzen. Auch für diese vorübergehenden Massnahmen müssen die unten beschriebenen Schutzmassnahmen beachtet werden.

Die Verwendung der häufig zitierten Essiglösung ist meist nicht sinnvoll, da viele Baustoffe und insbesondere Kalk eine Neutralisation bewirken und ausserdem mit dem Essig organische Nährstoffe auf das Material gelangen. Die Verwendung von Fungiziden im Innenraum wird ebenfalls nicht empfohlen.

Durch gezieltes Lüften und Heizen kann die Feuchtigkeit an der befallenen Stelle reduziert und ein weiteres Schimmelpilzwachstum eingeschränkt werden. Diese Massnahme darf jedoch nur durchgeführt werden, wenn zuvor bereits vorhandene Schimmelpilzsporen entfernt worden sind, um hohe Konzentrationen in der Raumluft sowie die Entstehung von Sekundärquellen zu vermeiden.

Durch vermehrtes Lüften und Heizen sowie durch ein Abrücken der Möbel von Außenwänden kann die Gefahr von Taupunktunterschreitungen im Raum verringert und damit einem weiteren Schimmelpilzwachstum vorgebeugt werden. Auch diese Massnahme ist nur sinnvoll, wenn zuvor bereits vorhandene Schimmelpilzsporen entfernt worden sind.

### Langfristige Massnahmen

Grundvoraussetzung für den Erfolg einer Sanierung ist die Beseitigung der Ursachen, die zu dem Auftreten des Schimmelpilzwachstums geführt haben. Bauseitige Schäden sind zu beheben und die Raumnutzer darüber aufzuklären, wie in Zukunft ein Schimmelpilzwachstum vermieden werden kann.

Die Sanierung von schimmelpilzbefallenen Materialien muss das Ziel haben, die Schimmelpilze vollständig zu entfernen. Eine blosser Abtötung von Schimmelpilzen reicht nicht aus, da auch von abgetöteten Schimmelpilzen allergische und reizende Wirkungen ausgehen können (siehe Kapitel 3.3 Umweltmedizinisch relevante Schimmelpilze in der Innenraumluft).

Bei glatten Oberflächen (Metall, Keramik, Glas) kann eine Entfernung mit Wasser und normalem Haushaltsreiniger erfolgen.

Befallene poröse Materialien (Tapete, Gipskartonplatten, poröses Mauerwerk, poröse Deckenverschalungen) können nicht gereinigt werden. Leicht ausbaubare Baustoffe wie Gipskartonplatten oder leichte Trennwände sind auszubauen und zu entfernen. Schimmelpilze auf nicht ausbaubaren Baustoffen sind vollständig (d. h. auch in tiefer liegenden Schichten) zu entfernen.

Holzbläue tritt in der Regel während der (Roh)Holzlagerung auf. Hierbei wachsen Pilze mit melaninem (schwarzem) Myzel auf dem feuchten Holz und auch in das Holz hinein. Durch die Verarbeitung von gebläutem Holz z. B. zu Brettern werden oberflächliche Pilzschäden entfernt. Die später noch sichtbaren Verfärbungen sind auf Pilzmyzelien zurückzuführen, die in den Holzfasern eingewachsen sind. Diese sterben unter trocknen Bedingungen ab und bleiben im Holz fixiert. In aller Regel führen daher Bläueschäden nicht zu einer zusätzlichen Schimmelpilzbelastung der Raumluft.

Befallene Möbelstücke mit geschlossener Oberfläche (Stühle, Schränke) sind oberflächlich feucht zu reinigen, zu trocknen und gegebenenfalls mit 80 %igem Alkohol zu desinfizieren (Brand- und Explosionsgefahr sowie persönlichen Atemschutz beachten).

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

Bei der Sanierung von Schimmelpilzbefall auf Materialien können sehr hohe Konzentrationen an Sporen freigesetzt werden. Eine Sanierung sollte daher nur unter geeigneten Sicherheits- und Arbeitsschutzbedingungen von fachlich qualifizierten Personen durchgeführt werden. Des Weiteren ist zu beachten, dass z.B. für Allergiker oder Vorgeschädigte mit chronischen Erkrankungen der Atemwege sowie für Personen mit geschwächtem Immunsystem ein gesundheitliches Risiko nicht ausgeschlossen werden kann, so dass dieser Personenkreis keine Sanierungsarbeiten durchführen sollte.

Der Sanierungsaufwand muss dem Ausmass des Schadens und der Art der Raumnutzung angepasst werden. Dabei spielen u.a. folgende Gesichtspunkte eine Rolle:

- Größe der befallenen Fläche
- Stärke des Befalls (einzelne Flecken oder dicker Schimmelbelag)
- Tiefe des Befalls (oberflächlich oder auch in tieferen Schichten)
- Vorkommende Schimmelpilzarten (Allergierisiko, Infektionsrisiko, Toxine)
- Art der befallenen Materialien (auf ausbaubaren Materialien oder im Mauerwerk)
- Art der Nutzung (Lagerraum, Wohnraum, Kindergarten, Krankenhaus)

Mit Hilfe dieser Kriterien ist mit Sachverstand eine Gesamteinschätzung vorzunehmen. Anschliessend sind die sich daraus ableitenden Schutzmassnahmen bei der Sanierung zu formulieren.

Sanierungsarbeiten kleineren Umfangs (z.B. nur oberflächlicher Befall, befallene Fläche ca. < 0,2 – 0,4 m<sup>2</sup>, keine Bauwerksmängel), bei denen kein Risiko für gesunde Personen zu erwarten ist, können im allgemeinen ohne Beteiligung von Fachpersonal durchgeführt werden, wobei die Inanspruchnahme einer vorherigen fachlichen Beratung zu empfehlen ist.

Beispielhaft ist dabei folgende Vorgehensweise anwendbar:

Befallene Tapeten bzw. Silikonfugen können entfernt, oberflächlich befallene, abtrocknete Stellen mit einem Staubsauger mit Feinstaubfilter (HEPA-Filter) abgesaugt sowie mit 80 %igem Alkohol unter Beachtung der Brand- und Explosionsgefahr (nur kleine Mengen verwenden, gut lüften, nicht rauchen, kein offenes Feuer) sowie der Anforderungen des Arbeitsschutzes (Schutzhandschuhe, Mundschutz, Schutzbrille) behandelt werden. Nach der Sanierung ist eine Entfernung von Feinstaubpartikeln (Feinreinigung) in der Umgebung der sanierten Stellen vorzunehmen. Die bei der Sanierung anfallenden, mit Schimmelpilzen belasteten Abfälle, können in Plastikbeutel verpackt mit dem Hausmüll entsorgt werden.

### **Schutzmassnahmen bei Sanierungsmassnahmen kleineren Umfangs:**

- Schimmelpilze nicht mit blossen Händen berühren – Schutzhandschuhe tragen.
- Schimmelpilzsporen nicht einatmen – Mundschutz tragen
- Schimmelpilzsporen nicht in die Augen gelangen lassen – spezielle Staub-Schutzbrille tragen
- Nach den Sanierungsmassnahmen duschen und Kleidung waschen
- Lebensmittel und andere Gegenstände wie Kinderspielzeug und Kleidung sind vor der Sanierung aus dem Raum zu entfernen.

Umfangreichere Sanierungsarbeiten sollten von gewerblichen Firmen durchgeführt werden. Hierzu sind Firmen zu beauftragen, die mit solchen Sanierungsarbeiten, den hierbei auftretenden Gefahren, den erforderlichen Schutzmassnahmen und den zu beachtenden Vorschriften und Empfehlungen vertraut sind.

### **Wichtige Arbeitsschutzmassnahmen bei Sanierungsmassnahmen durch gewerbliche Firmen**

Tätigkeiten, bei denen die Arbeitnehmer gegenüber Schimmelpilzen und Actinomyceten exponiert sind, sind als nicht gezielte Tätigkeiten mit biologischen Arbeitsstoffen der Risikogruppe 1 und 2 gemäss Biostoffverordnung einzustufen. Ausserdem liegt eine Gefährdung durch sensibilisierende Gefahrstoffe vor, da Schimmelpilz- und actinomycetenhaltiger Staub als sensibilisierender Gefahrstoff eingestuft ist

### **Folgende wichtige Arbeitsschutzvorschriften und andere Regelungen sind zu beachten:**

- Biostoffverordnung
- TRBA 400 (Handlungsanleitung zur Gefährdungsbeurteilung bei Tätigkeiten mit biologischen Arbeitsstoffen),
- TRBA (Technische Regel Biologische Arbeitsstoffe) 460 (Einstufung von Pilzen in Risikogruppen),
- TRBA 461 (Einstufung von Bakterien in Risikogruppen),
- TRBA 500 (Allgemeine Hygienemassnahmen: Mindestanforderungen)
- TRBA 524 (Sanierung und Arbeiten in kontaminierten Bereichen)
- TRGS (Technische Regel Gefahrstoffe) 540 (Sensibilisierende Stoffe),
- TRGS 907 (Verzeichnis sensibilisierender Stoffe),
- Merkblatt der BGW und des GUV "Allergiegefahr durch Latexhandschuhe"

Wichtig ist dabei, dass nicht nur die Sanierer, sondern auch die Bewohner bei der Beseitigung des Schimmelpilzbefalls durch geeignete Schutzmassnahmen vor Schimmelpilzexposition geschützt werden müssen. Dabei muss auch der Gesundheitszustand der Nutzer (Gesunde, Allergiker, Immunsupprimierte) berücksichtigt werden.

Ausserdem muss verhindert werden, dass sich Schimmelpilze durch die Sanierungsmassnahmen in andere Bereiche der Räume oder Gebäude ausbreiten und dort eventuell zu neuen Problemen führen.

Auf jeden Fall sind Lebensmittel und andere Gegenstände wie Kinderspielzeug und Kleidung vor der Sanierung aus dem Raum zu entfernen.

Bei größeren Schimmelpilzschäden sollten daher die befallenen Bereiche staubdicht abgeschottet werden oder andere Massnahmen ergriffen werden, um die Ausbreitung von Schimmelpilzsporen zu minimieren. Nach der Sanierung ist eine Entfernung von Feinstaubpartikeln (Feinreinigung) in der Umgebung der sanierten Stellen vorzunehmen. Nach Abschluss der Sanierung sollte eine „Sanierungsfreimessung“, durch die der Erfolg der Sanierung belegt wird, vorgenommen werden.

**Schutzmassnamen bei Sanierungsmassnahmen durch gewerbliche Firmen:**

- Schimmelpilze dürfen bei der Sanierung nicht weiterverbreitet werden.
- Der Schutz des Personals und der Raumnutzer vor Schimmelpilzexposition muss durch geeignete Massnahmen (z.B. Arbeitsschutzmassnahmen, staubdichte Abschottung) sichergestellt werden.
- Der Wiederaufbau von sanierten Flächen sollte so erfolgen, dass einem erneuten Schimmelpilzbefall vorgebeugt wird. Tapeten sollten erst nach vollständigem Abtrocknen angebracht werden.

**10.7 Stichwortverzeichnis**

1-Okten-3-ol	16, 17, 84, 85, 86, 172, 183
2-Heptanon	16, 17, 84, 85, 86, 172, 183
2-Hexanon	16, 17, 84, 85, 86, 172, 183
2-Methyl-1-propanol	17, 84, 86, 183
2-Methylfuran	17, 84, 183
2-Metyl-1-butanol	17, 84, 183
2-Pentanol	16, 17, 84, 85, 172, 183
2-Pentylfuran	84, 183
3-Metyl-1-butanol	16, 17, 84, 85, 86, 172, 183
3-Methylfuran	16, 17, 84, 85, 172, 183
3-Oktanol	17, 84, 183
3-Oktanon	16, 17, 84, 85, 86, 183
Abklatsch	38, 46, 47, 48, 51, 113, 114, 165, 167, 170, 175, 183
<i>Acremonium</i> spp.	73, 77, 97, 100, 102, 109, 110, 116, 119, 168, 172, 176
Adenosintriphosphat (ATP)	50
Adsorbtiionsröhrchen	69, 70, 167
aerodynamischer Durchmesser	52, 112
Aflatoxin	23, 24, 30, 31, 119
AFPA-Agar	57
Agar	47, 48, 56, 57, 62, 88, 107, 108, 110, 113, 165, 166, 168, 170
Aktivkohle	64, 65
Allergie	9, 18, 19, 20, 21, 22, 28, 29, 32, 45, 91, 104, 121, 129, 132, 160, 161, 186, 187
Allergie-Diagnostik	21, 118
Allergiescreening	129
<i>Alternaria</i>	13, 20, 31, 32, 67, 79, 80, 82, 83, 90, 95, 96, 97, 99, 100, 101, 102, 110, 115, 118, 119, 168, 170, 172, 178, 180, 181, 182
Anflugsporen	11, 35, 46, 48, 50, 51, 114
Ansaugvolumen	52
Arbeitsschutz	7, 30, 103, 159, 160, 161, 186, 188
Ascosporen	66, 80, 81, 97, 98
<i>Aspergillus flavus</i>	13, 24, 27, 57, 76, 77, 92, 94, 96, 102, 113, 119, 174, 176
<i>Aspergillus fumigatus</i>	13, 27, 29, 76, 77, 82, 88, 91, 92, 96, 100, 101, 102, 104, 110, 113, 118, 119, 170, 174, 176, 180, 181, 182
<i>Aspergillus niger</i>	13, 26, 49, 57, 63, 82, 83, 87, 96, 100, 102, 110, 118, 119, 168, 168, 172, 180, 181, 182
<i>Aspergillus penicillioides</i>	13, 73, 102, 110
<i>Aspergillus restrictus</i>	13, 73, 102, 110, 116
<i>Aspergillus</i> spp.	81, 82, 83, 95, 96, 97, 99, 100, 102, 113, 116, 171, 172, 180, 181, 182
<i>Aspergillus versicolor</i>	13, 73, 82, 83, 87, 96, 100, 102, 110, 113, 116, 117, 118, 119, 168, 169, 170, 171, 172, 174, 179,

	180, 181, 182, 184
<i>Aureobasidium</i> spp.	13, 82, 83, 100, 102, 110, 118, 180, 181, 182
Außenluft	9, 16, 37, 45, 52, 53, 57, 58, 66, 67, 72, 73, 78, 79, 80, 81, 84, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 101, 122, 127, 132, 141, 142, 150, 168, 171, 176, 177, 178, 179, 183, 184
aw-Wert	11, 13, 48
Bakterien	9, 10, 16, 23, 47, 56, 62, 66, 67, 73, 74, 92, 103, 104, 115, 161, 165, 187
Basidiosporen	66, 80, 97, 98
Baufeuchte	124
Baumwollblau	50, 58, 64
bauphysikalisch	34, 36, 37, 39, 40, 41, 42, 72, 76, 103, 105, 122, 162, 176
Bebrütungstemperatur	49, 53, 54, 58, 63, 71, 168
Bebrütungszeit	48, 49, 58, 63
befallenes Material	36, 37, 105, 128, 131, 138
Befeuchterwasser	20, 47, 48
Begehungsprotokoll	40, 74, 105, 106, 141
beta-Glukane	9, 12, 22, 90, 103
Bewertung	9, 10, 11, 16, 17, 22, 30, 34, 35, 44, 49, 58, 60, 63, 68, 72, 73, 74, 75, 76, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 88, 89, 92, 94, 95, 96, 97, 98, 100, 105, 106, 112, 113, 115, 116, 117, 124, 125, 162, 173, 174, 176, 177, 178, 179, 180, 181, 182, 183, 184, 44
BIA	44
Blindwert	54, 55, 69, 70, 167
Blower-Door	42, 122, 124
<i>Botrytis</i>	49, 57, 62, 79, 80, 96, 102, 110, 118, 178, 179
<i>Chaetomium</i> spp.	13, 49, 58, 63, 66, 67, 73, 80, 81, 96, 98, 100, 102, 110, 118, 119, 168, 170, 174, 175, 179, 184
Chloramphenicol	47, 165, 166
<i>Cladosporium</i>	13, 14, 19, 20, 79, 80, 81, 82, 83, 95, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 110, 118, 169, 170, 171, 172, 178, 179, 180, 181, 182
<i>Cladosporium sphaerospermum</i>	13, 72, 110
Creatin-Saccharose-Agar	57
cut-off-Wert	11
Dematiaceae - Schwärzepilze	50, 58, 64
DG18	47, 48, 49, 50, 52, 56, 57, 58, 59, 62, 63, 64, 110, 113, 165, 166, 168, 169, 171, 172
Dichloran	47, 165
Differenzierung	46, 48, 49, 50, 51, 57, 58, 62, 63, 72, 97, 98, 109, 113, 114, 115, 116, 117, 165, 166, 170
Differenzierungsschlüssel	50, 58, 63, 126
Dimethylsulfid	84, 183
Dimethylsulfoxid	84, 183
Dimetyldisulfid	16, 17, 84, 85, 86, 172, 183
direkte Bestimmung	53, 56
Elution	69, 84, 167, 182

Emissionsquellen	52, 59
endo-Borneol	84, 183
Ergosterol	11, 12, 90, 103
Etyl-2-methylbutyrat	84, 183
<i>Eurotium</i> spp.	14, 96, 100, 102, 110, 169, 171, 172, 180, 181, 182
Feuchteindikatoren	77, 82, 83, 165, 166, 176, 180, 181, 182, 184
Feuchtigkeit	10, 34, 36, 37, 39, 40, 42, 50, 54, 74, 90, 124, 132, 133, 143, 144, 155, 156, 158, 165, 168, 173, 174, 183
Feuchtigkeitsmessungen	39, 42, 43
Filter	11, 54, 55, 56, 57, 59, 60, 61, 62, 64, 71, 127, 141, 142, 154, 160, 165, 187
Filtration	53, 54, 55, 56, 127, 141
Flugfähigkeit	11, 12, 13, 14, 15, 45, 77, 79, 97, 98, 99, 176, 178
Fortbildung	106, 111
Fragebogen	40, 74, 127, 128, 131, 135
GC/MS	69, 70, 167
Gelatinefilter	54, 56, 60, 165
Geosmin	16, 17, 84, 88, 183
Geruch	9, 16, 17, 34, 36, 39, 40, 48, 68, 85, 90, 128, 143, 184
Gesamt-KBE	49, 50, 57, 58, 62, 63, 72, 76, 78, 79, 82, 83, 97, 100, 165, 166, 176, 177, 178, 179, 180, 181, 182, 184
Gesamtzellzahl	23
Glukose	47
Glycerol	47
Gutachten	7, 34, 35, 40, 105, 116, 162
Gutachter	35, 68, 85, 103, 105
Hefen	10, 49, 50, 57, 58, 63, 64, 79, 80, 81, 82, 83, 88, 95, 96, 98, 100, 101, 102, 109, 118, 165, 172, 178, 179, 180, 181, 182
Hemmstoffe	47, 48, 56, 62
hydrophob	11
Identifizierung	46, 110, 116
immuntoxisch	9, 22, 45
Impaktion	53, 54, 55, 56, 61, 62, 127, 141
Indikatororganismen	32, 57, 58, 63, 72, 73, 77, 79, 174, 175, 176, 178, 179, 184
indirekte Bestimmung	52, 54, 56, 62, 71, 114
Infektion	18, 19, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 38, 90, 91, 92, 103, 104, 105, 111, 129, 130, 160, 186
infektiös	9, 90, 91, 114, 116
Infrarot-Thermografie	42, 43, 123
Infrarotthermometer	42
Innenraum	9, 18, 20, 21, 22, 29, 34, 44, 45, 47, 52, 53, 56, 57, 60, 61, 62, 64, 67, 72, 73, 74, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 90, 91, 92, 94, 95, 97, 98, 99, 100, 105, 106, 109, 112, 115, 117, 128,

	129, 137, 158, 159, 173, 176, 177, 178, 179, 180, 181, 182, 183, 185, 186
Innenraumquelle	9, 18, 29, 72, 77, 78, 79, 80, 82, 83, 90, 92, 94, 95, 98, 99, 100, 176, 177, 178, 179, 180, 181, 182
KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	47
Klebefilmabrisspräparat	46, 50, 58, 64, 163, 165, 167, 170, 175, 184
Konidiengröße	13, 14, 15
Kontamination	37, 54, 59, 76, 93, 94, 101, 104, 107, 108, 114, 174
kultivierbar	35, 38, 48, 51, 64, 78, 79, 80, 81, 94, 95, 96, 97, 98, 100, 102, 112, 163, 165, 168, 170, 171, 172, 177, 178, 179, 181, 182, 184
Lactophenolblau	50, 64, 66
Lagerung	41, 55, 71, 106, 159, 173, 186
Lebensfähigkeit	48, 76, 94, 174
Leckagenachweis	92, 122, 123, 124
Luftkeimsammlung	32, 33, 34, 63, 72, 73, 77, 94, 98, 176
Luftpartikelsammlung	66, 67, 76, 176
Luftproben	44, 53, 55, 64, 66, 67, 76, 78, 79, 80, 97, 116, 165, 171, 176, 177, 178, 179, 184
Luftwechsel	124, 142, 185
Luftzirkulation	45, 151
Malz-Agar - MEA	47, 48, 50, 56, 57, 58, 59, 62, 63, 64, 110, 165, 166, 168, 169, 171, 172
Materialproben	11, 35, 37, 39, 45, 46, 47, 48, 50, 51, 71, 72, 74, 75, 76, 94, 116, 127, 141, 162, 163, 165, 167, 168, 173, 174, 179, 184
MgSO <sub>4</sub> x 7H <sub>2</sub> O	47
Mikroorganismen	16, 23, 25, 30, 31, 34, 52, 68, 73, 74, 76, 84, 86, 90, 92, 94, 104, 114, 174, 183
Mikroskopie	36, 38, 44, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 58, 63, 64, 66, 80, 107, 165, 170
Mittelwert	49, 57, 63
Morphologie	46, 50, 58, 63
MVOC	11, 16, 17, 22, 25, 28, 32, 36, 37, 39, 68, 69, 70, 71, 76, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 90, 103, 106, 162, 163, 166, 167, 168, 172, 173, 176, 182, 183, 184
Mykotoxine	9, 22, 23, 29, 32, 90, 91, 119
Myzel	50, 66, 79, 80, 81, 96, 98, 100, 102, 159, 178, 179, 184, 186
NaCl	56, 57, 62, 64
Nährmedium	44, 46, 49, 53, 54, 55, 57, 58, 61, 62, 63, 113, 127, 165, 168, 170, 171, 172
Nutzerverhalten	34, 124
Partikel	11, 52, 53, 54, 59, 61, 66, 67, 71, 76, 100, 101, 160, 161, 176, 187, 188
Partikelauswertung	23, 35, 36, 37, 38, 39, 66, 80, 94, 97, 98
pathogen	10, 18, 25, 31, 49, 57, 62, 67, 74, 90, 91, 111, 114
<i>Penicillium expansum</i>	12, 15, 72, 87, 96, 102, 110, 116, 118
<i>Penicillium</i> spp.	11, 27, 67, 77, 80, 81, 82, 83, 87, 96, 97, 98, 99, 100, 102, 117, 168, 169, 170, 171, 172, 176, 180,



	181, 182
Pepton	50
Period-Schiffreagenz (PAS)	47
Petrischale	47, 56, 62, 107, 112, 113
<i>Phialophora</i> spp.	15, 28, 73, 95, 97, 100, 102, 110
pH-Wert	47, 48, 56, 62
physikalische Abscheidung	52
Platinnadeln	50, 58, 64, 107
Polycarbonatfilter	56, 62, 64
Probenahme	11, 34, 44, 45, 47, 48, 51, 52, 53, 54, 55, 59, 60, 61, 64, 66, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 78, 106, 117, 132, 133, 142, 150, 152, 165, 166, 167, 168, 173, 177
Probenaufarbeitung	11, 44, 45, 47, 54, 55, 56, 61, 62, 66, 68, 74
Probenlagerung	55, 71, 106
Probenversand	71, 107
Problemkonstruktion	34, 36, 39
Qualitätsmanagement	105, 107, 162
Qualitätssicherung	105, 106, 107, 117
Quellen	17, 18, 21, 35, 37, 39, 40, 52, 58, 59, 63, 72, 74, 77, 78, 80, 81, 82, 83, 84, 86, 92, 99, 100, 114, 145, 158, 176, 178, 179, 180, 181, 182, 183, 185
Rast-Test	21, 22
Raumklima	10, 42, 43, 124
Raumlufttechnische Anlage (RLT)	40, 59, 127, 141
Referenzlabor	87, 108, 109, 111, 117
Referenzmaterial	46
Reinkultur	17, 87, 108, 109, 110, 111, 116
Ringversuch	106, 107, 108, 109, 111, 116, 117
Rosabengalagar	47
Salzbestimmung	42
Sammelstress	44, 52, 53, 54, 55, 56, 59
Sanierung	10, 30, 34, 37, 38, 66, 74, 75, 90, 93, 103, 104, 113, 124, 126, 143, 158, 159, 160, 161, 173, 185, 186, 187, 188
Sanierungskontrolle	35, 37, 38
Sanierungskonzept	34, 35, 37, 77
Schimmelspürhund	39
<i>Scopulariopsis brevicaulis</i>	15, 73, 110
<i>Scopulariopsis fusca</i>	15, 73, 110
sec-Butyl-methylether	84, 183
Sedimentation	52, 93, 112, 113
Selektivnährmedium	48, 50, 57, 59, 62, 64
sichtbarer Schimmel	39, 45, 46, 167
sieben	59, 61, 64, 65, 165
spezielles Staubprobenamesystem	60, 61
Sporen	9, 11, 12, 18, 19, 20, 22, 23, 24, 25, 28, 29, 32, 34, 35, 37, 38, 39, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 56, 57, 58, 59, 61, 62, 63, 66, 67, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 91, 92, 93, 94, 95, 97, 98, 99, 103,

	107, 112, 114, 115, 158, 159, 160, 161, 163, 165, 170, 174, 175, 176, 177, 178, 179, 180, 181, 182, 184, 185, 186, 187, 188
Sporenflug	82, 83, 97, 100, 103, 180, 181, 182
Sporengröße	11, 13, 14, 15
Sporulationszustand	35, 45
<i>Stachybotrys chartarum</i>	12, 24, 25, 28, 29, 49, 58, 63, 66, 67, 73, 76, 77, 80, 81, 92, 94, 95, 96, 97, 98, 100, 101, 102, 110, 113, 120, 165, 166, 168, 170, 174, 175, 176, 176, 184, 185
Staub	11, 18, 22, 23, 24, 29, 35, 36, 37, 39, 44, 46, 59, 60, 61, 62, 64, 66, 67, 71, 72, 76, 77, 78, 80, 81, 82, 83, 91, 99, 100, 101, 102, 105, 116, 127, 130, 132, 133, 141, 152, 157, 158, 160, 161, 162, 163, 165, 166, 168, 172, 176, 177, 179, 180, 181, 182, 184, 187, 188
Staubsauger	59, 60, 61, 64, 127, 133, 136, 141, 160, 165, 187
Stereomikroskop	50
sterile Kolonien	82, 83, 171, 180, 181, 182
sterile Myzelien	75, 76
Stoffwechselprodukte	9, 11, 25, 37, 44, 68, 74, 84, 90, 94, 103, 105, 183
Streuung	44, 45, 49, 57, 63, 112, 114, 116, 117
Summenparameter	49, 50, 51
Suspension	46, 48, 54, 57, 59, 61, 62, 64
Temperatur	26, 34, 36, 40, 42, 43, 44, 48, 49, 52, 53, 54, 55, 57, 58, 62, 63, 69, 70, 71, 74, 107, 112, 114, 122, 123, 124, 125, 127, 132, 133, 137, 142, 152, 167, 168, 185
Temperaturanspruch	11
Tenax	68, 69, 70
Thermodesorption	69, 70, 84, 182
Thermographie	42, 43, 123
thermotolerant	49, 58, 63, 79, 178
Toxin	9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 22, 23, 24, 25, 28, 29, 30, 31, 32, 66, 67, 74, 88, 90, 91, 92, 106, 119, 120, 160, 174, 186
toxisch	9, 18, 22, 23, 25, 28, 45, 49, 57, 62, 74, 77, 90, 92, 104, 116, 119, 120, 121, 129, 176
trans-beta-Farnesen	84, 88, 183
Transport	55, 71, 107, 112, 114, 125
TRBA	22, 25, 28, 29, 44, 56, 91, 92, 161, 187
TRGS	9, 18, 19, 22, 104, 161, 187
<i>Trichoderma</i> spp.	15, 49, 57, 63, 73, 87, 96, 100, 102, 110, 118, 120, 168, 169, 172, 184
<i>Tritirachium (Engyodontium) album</i>	15, 73, 97, 100, 102, 110
Tween 80	56, 57, 62, 64
Typ I-Allergie	19, 21, 28
Typ III-Allergie	20, 28
Typ IV-Allergie	20
<i>Ulocladium chartarum</i>	15, 67, 72, 80, 81, 97, 110, 169, 170

Untersuchungsplanung	34, 39, 106
VDI	17, 44, 45, 52, 59, 60, 61, 94, 84, 88, 182, 183
Verdünnung	45, 48, 52, 54, 55, 57, 58, 59, 62, 63, 64, 165
Versand von Ringversuchsmaterial	72, 96, 100, 102, 110, 121
<i>Wallemia sebi</i>	68, 91, 95
Windgeschwindigkeit	52, 53
Zellbestandteile	11, 12, 37, 90, 94, 103, 103
Zupfmethode	50, 58, 64