Schimmelpilze in Innenräumen – Nachweis, Bewertung, Qualitätsmanagement

Stachybotrys chartarum

Abgestimmtes Arbeitsergebnis des Arbeitskreises „Qualitätssicherung – Schimmelpilze in Innenräumen“ am Landesgesundheitsamt Baden-Württemberg

14.12.2001

Schimmelpilze in Innenräumen – Nachweis, Bewertung, Qualitätsmanagement

Inhaltsverzeichnis

1.	**Vorwort**	5
2.	**Einführung in die Problematik „Schimmelpilze im Innenraum“**	7
3.	**Eigenschaften von Schimmelpilzen**	**9**
3.1	allgemeine Charakteristik von Schimmelpilzen	9
3.2	Charakteristische flüchtige Stoffwechselprodukte von Schimmelpilzen (MVOC)	14
3.3	Umweltmedizinisch relevante Schimmelpilze in der Innenraumluft	16
3.3.1	Allergien	16
3.3.1.1	Typ I-Allergien	17
3.3.1.2	Typ III/Typ IV-Allergien	18
3.3.1.3	Allergie-Diagnostik	19
3.3.2	Toxische Wirkungen	20
3.3.2.1.	Toxisch-irritative Wirkungen	20
3.3.2.2.	Spezifische toxische Effekte einzelner Mykotoxine	21
3.3.2.3.	Aflatoxine	21
3.3.2.4.	Wirkung von MVOC	23
3.3.3.	Infektionen	23
3.3.3.1	systemische Infektionen	23
3.3.3.2	lokale Infektionen	24
3.3.3.3	Behandlung von Schimmelpilz-Infektionen	26
3.3.4.	Wer ist besonders durch Schimmelpilze gefährdet?	26
3.3.5.	Welche Schimmelpilze müssen als besonders problematisch eingestuft werden?	26
3.3.6.	Minimierungsgebot	27
3.3.7.	Empfehlungen	27
3.3.8.	Literatur	28
4.	**Untersuchungsplanung**	**31**
4.1.	sichtbare Schimmelschäden	32
4.2.	Geruch ohne sichtbaren Befall	33
4.3.	Feuchtigkeit ohne sichtbaren Befall	33
4.4.	Problemkonstruktionen ohne sichtbaren Befall	33
4.5.	gesundheitliche Beschwerden ohne Hinweis auf Feuchtigkeit oder Befall	34
4.6.	Sanierungskontrolle	34
5.	**Ortsbegehung**	**37**
5.1	Begehungsprotokoll	37
5.2	Quellen	37
5.3	Bauphysikalische Messverfahren - Übersicht über Nachweismethoden von Feuchtigkeit in Gebäuden	39

6. Probenahmeverfahren, Probenaufarbeitung und Nachweisverfahren von Schimmelpilzen und deren Stoffwechselprodukten im Innenraum 41

6.1 Probenahmeverfahren, Probenaufarbeitung und Nachweisverfahren von Schimmelpilzen im Innenraum mittels Kultivierung 41

6.1.1 Allgemein 41

6.1.2 Materialprobe 42
6.1.2.1 Probenahme 42
6.1.2.1.1 Voraussetzungen 42
6.1.2.1.2 Durchführung 43
6.1.2.2 Probenaufarbeitung 44
6.1.2.2.1 Voraussetzungen 44
6.1.2.2.2 Durchführung 45
6.1.2.3 Nachweisverfahren 46
6.1.2.3.1 Voraussetzungen 46
6.1.2.3.2 Durchführung 46

6.1.3 Luftprobe 49
6.1.3.1 Probenahme 49
6.1.3.1.1 Voraussetzungen 49
6.1.3.1.2 Durchführung 50
6.1.3.2 Probenaufarbeitung 52
6.1.3.2.1 Voraussetzungen 52
6.1.3.2.2 Durchführung 53
6.1.3.3 Nachweisverfahren 54
6.1.3.3.1 Voraussetzungen 54
6.1.3.3.2 Durchführung 54

6.1.4 Staubprobe 55
6.1.4.1 Probenahme 55
6.1.4.1.1 Voraussetzungen 55
6.1.4.1.2 Durchführung 56
6.1.4.2 Probenaufarbeitung 58
6.1.4.2.1 Voraussetzungen 58
6.1.4.2.2 Durchführung 59
6.1.4.3 Nachweisverfahren 59
6.1.4.3.1 Voraussetzungen 60
6.1.4.3.2 Durchführung 60

6.2 Probenahmeverfahren, Probenaufarbeitung und Nachweisverfahren der Partikelauswertung 62
6.2.1 Probenahmeverfahren 62
6.2.1.1 Voraussetzungen 62
6.2.1.2 Vor- und Nachteile der Methode 62

6.3 Probenahmeverfahren, Probenaufarbeitung und Nachweisverfahren von mikrobiellen flüchtigen organischen Stoffwechselprodukten (MVOC) von Mikroorganismen 64

6.3.1	Einleitung	64
6.3.2	Voraussetzungen	64
6.3.3	Allgemeine Anmerkungen zur Analytik	64
6.3.3.1	Methode 1: Elution von Aktivkohle (Aktivkohle-Verfahren)	65
6.3.3.2	Methode 2: Kopplung von GC/MS und Thermodesorption	66
6.4	Probenlagerung und Probenversand	67
7	**Indikatororganismen aus baulicher Sicht, Pilze mit hoher Indikation für Feuchteschäden**	**68**
8	**Beurteilung aus hygienischer Sicht**	**70**
8.1.	Bewertung von Materialproben	70
8.2.	Bewertung von Luftproben	72
8.2.1.	Allgemein	72
8.2.2.	kultivierbare Schimmelpilze	74
8.2.3.	Gesamtsporenzahl	76
8.3.	Bewertung von Staubproben	77
8.3.1.	ungesiebte Staubproben	78
8.3.2.	gesiebte Staubproben	79
8.4.	Bewertung von MVOC-Bestimmungen	79
8.4.1	Schwierigkeiten bei der Bewertung mikrobieller MVOC	82
9	**Qualitätssicherung**	**86**
9.1	Qualitätsmanagement – Schimmelpilze in Innenräumen	86
9.2	Externe Qualitätssicherung – Ringversuche	88
10	**Anhang:**	**93**
10.1	Kommerziell verfügbare (Schimmel-)pilzallergene für RAST-Testungen (auch Hefen) Dr. Schönherr	93
10.2	Spezifische toxische Effekte einzelner Mykotoxine	94
10.3	bauphysikalische Messverfahren	97
10.4	Differenzierungsliteratur	101
10.5	Fragebögen	102
10.5.1	Kurzfragebogen bezüglich einer möglichen Exposition	102
10.5.2	Ärztlicher Fragebogen	104
10.5.3	Fragebogen zur Pilzuntersuchung	106
10.5.4	Fragebogen zur Wohnungsbegehung	110
10.5.5	Begehungsprotokoll - biologische Schadstoffe in belasteten Innenräumen	116
10.6	Sanierung	133
10.7	Musterbefund	137
10.8	Stichwortverzeichnis	164

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, Dr. Gabrio, Wiederholdstr. 15, 70174 Stuttgart, 0711/1849-252, Fax:0711/1849-242, E-Mail: **gabrio@lga.bwl.de** 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 Fragestellung 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)

Die vorliegende Fassung, die zu gegebener Zeit aktualisiert wird, beruht auf einer Abstimmungsrunde vom 14. 12. 2001 im Landesgesundheitsamt unter Beteiligung folgender Fachkollegen:

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 Baden-Württemberg, Stuttgart
Herr Dr. Grün, Eco-Luftqualität + Raumluft, Köln
Frau Dr. Grüner, Landesgesundheitsamt BW, Stuttgart
Herr Dr. Hüster, Institut Fresenius, Stockach
Frau Dr. Jovanovic, Landesgesundheitsamt Baden-Württemberg, Stuttgart
Herr Prof. Dr. Dr.-Ing Kämpfer, Justus Liebig-Universität Inst. f. Angew. Mikrobiologie, Giessen
Herr Kern, GeVo-Diagnostik, Filderstadt
Herr Rechtsanwalt Kern, Jochen, 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 Müller, UFZ Umweltforschungzentrum 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 Prof. Dr. Schwenk, Landesgesundheitamt BW, Stuttgart
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 Baden-Württemberg, 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 gramnegativen 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**, **Temperaturanspruch** 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.

β-Glukane und Ergosterol sind Zellbestandteile der Schimmelpilze und deshalb im Hinblick auf einen Schimmelpilznachweis zwar spezifisch, im Hinblick auf eine Artendifferienzierung 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	Insbesondere assoziiert mit	Temperaturanspruch Minimum-Optimum-Maximum	Aw-Wert Minimum-Optimum	Konidiengrösse [µm] Durchmesser (D)bzw. Länge x Breite	relevante Stoffwechselprodukte wie z. B. Toxine	Eigenschaften der Sporen
Absidia corymbifera	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
Acremonium kiliense	1-2	hoch	Tapete, Holz	k.A.; k.A.; k.A.	k.A.; k.A.;	3-6 x 1,5 (2)	k.A.	schleimig
Acremonium murorum	1-2	hoch		k.A.; k.A.; k.A.	k.A.; k.A.;		k.A.	
Acremonium strictum	1-2	hoch		k.A.; k.A.; k.A.	k.A.; k.A.;	3,3–7 x 0,9–1,8 (2)	k.A.	schleimig
Alternaria alternata	2	mittel-hoch	Pflanzen, Saprophyt	W –2-+5; 20-25; 31-32; (3)	W 0,85; 0,98; S 0,90; 0,99; SK 0,94; k.A.; (3)	18-83 x 7-18 (2)	Alternariol-Monomethylether, Altertoxin, (2)	glatt-rauh
Aspergillus flavus	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, Cyclopiazonsäure (2)	stachlig
Aspergillus fumigatus	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)	stachlig
Aspergillus nidulans und Emericella nidulans	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
Aspergillus niger	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
Aspergillus ochraceus	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
Aspergillus penicillioides	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.	stachlig
Aspergillus restrictus	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.	
Aspergillus terreus	3	gering	Lebensmittel, Innenraum	k.A.; k.A.; k.A.;	W 0,78; (2,3)	D 1,5-2,5 (2)	Citrinin (3)	glatt
Aspergillus versicolor	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)	stachlig
Aureobasidium pullulans	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
Beauveria bassiana	2-3			k.A.; k.A.; k.A.;	k.A.; k.A.;	D 2-3 (2)	k.A.	glatt
Chaetomium globosum	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
Chrysosporium sp.	2			k.A.; k.A. ;k.A.;	k.A.; k.A.;	6-11 x 3,5-4,5 (2)	k.A.	
Cladosporium cladosporioides	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	Insbesondere assoziiert mit	Temperaturanspruch Minimum-Optimum-Maximum	Aw-Wert Minimum-Optimum	Konidiengrösse [µm]	relevante Stoffwechselprodukte wie z. B. Toxine	Eigenschaften der Sporen
Cladosporium herbarum	2-3	hoch	Innenraum, Luft, Erde, Pflanzen, Lebensmittel, Textilien, Getreide, Früchte	W -6; 18-28; 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)	5,5-13 x 4-6 (2)	k.A.	rauh
Cladosporium sphaerospermum	2-3	hoch		k.A.; k.A.; k.A.;	k.A.; k.A.;	D 3-4,5 (2)	k.A.	rauh
Doratomyces sp.	3	hoch	Holzspanplatte	k.A.; k.A.; k.A.;	k.A.; k.A;		k.A.	rauh
Epicoccum nigrum	2	hoch		-3bis +4; 23-28; 45; (2)	W 0,86 - 0,90; k.A.; (2)	D 5-25 (2)	k.A.	
Eurotium amstelodami	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)	stachlig
Eurotium herbariorum	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)	stachlig
Eurotium rubrum	3	gering		k.A.; k.A.; k.A.;	W 0,70-0,71; k.A.;(2)		k.A.	
Fusarium sp.	1	hoch		W -3; 25; 31; (3)	W 0,87 - 0,89; k.A.; (2)	34-80 x 5-7 (2)	Trichothecen, Zearalenon, Chryogin, Fusapyron, Fusarin, Fumonisin, Butenolid, Moniliformin, Naphtoquinon Nivalenol, T2-Toxin (3) Pigmente (2)	glatt
Geomyces pannorum	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
Gliocladium roseum	1-2	hoch		k.A.; k.A.; k.A.;	k.A.; k.A.;	k.A:	k.A.	
Hefen (u.a. Rhodotorula sp.)	2	mittel-hoch		k.A.; k.A.; k.A.;	k.A.; k.A.;	k.A.	k.A.	glatt,schleimig
Mucor hiemalis	2	hoch		W 5; 25; 30; (3)	k.A.; k.A.;	5,7-8,7 x 2,7-5,4 (2)	k.A.	glatt
Mucor plumbeus	2	hoch		W 4-5; 20-25; 35; (3)	W 0,93; k.A.; SK 0,93; k.A.; (3)	D 7-10 (2)	k.A.	leicht rauh
Mucor racemosus	2	hoch		W –4 bis -3; 20-25; 30-33; (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
Oidiodendron sp.	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
Paecilomyces variotii und Byssochlamys Westling	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
Penicillium brevicompactum	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, Botryodiploidin, Mycophenolsäure (2)	glatt
Penicillium chrysogenum	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
Penicillium citrinum	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
Penicillium expansum	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
Penicillium glabrum	3	mittel-hoch		k.A.; k.A.; k.A.;	k.A.; k.A.;	D 3,0–3,5 (2)	Citromycetin (2)	glatt-rauh
Phialophora 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
Phoma glomerata	1-2	hoch		k.A.; 20-22; k.A.; (2)	k.A.; k.A.;	5-9 x 2,5-3 (2)	k.A.	
Rhizopus stolonifer	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
Scopulariopsis brevicaulis	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
Scopulariopsis fusca	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
Stachybotrys chartarum	1-2	hoch	Tapete, Gipskarton	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
Trichoderma harzianum	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
Trichoderma viride	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
Trichothecium roseum	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
Tritirachium (Engyodontium) album	2-3	mittel–hoch	Putz, Estrich	k.A.; k.A.; k.A.;	k.A.; k.A.;	2-3 x 2,5 (2)	k.A.	
Ulocladium chartarum	2			k.A.; k.A.; k.A.;	k.A.; k.A.;	18-38 x 11-20 (2)	k.A.	glatt-angerauht
Verticillium lecanii	2	hoch		k.A.; k.A.; k.A.;	W 0,90; k.A.; (2)	k.A.	k.A.	glatt
Verticillium luteoalbum (tenerum)	2	hoch		k.A.; k.A.; k.A.;	W k.A.; k.A.;	k.A.	k.A.	glatt
Wallemia sebi	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)	Walleminol 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 Schimmelcutures, 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 (=**V**olatile **O**rganic **C**ompounds) bezeichnet werden, wurde für die von den Mikroorganismen produzierten VOC der Begriff MVOC (**M**icrobial **V**olatile **O**rganic **C**ompounds) 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 *et al.* 1993	Ström *et al.*, 1994	Larsen and Frisvad, 1994b	Keller *et al.*, 1998	Fiedler *et al.*, 1998	Geruchs-schwelle ($\mu g/m^3$)	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,	2, 3
3-Octanon		+	+	+	+	30,000	mild, fruchtig	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_2-Laser-Pyrolyse; 3 = Autoxidation von Lipiden; 4 = Actinomyzeten; 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 Sensbilisierungsvermögen 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-Antiköper (AGS).

Für Personen mit Schimmelpilzallergie ist für Alternaria ab Sporenkonzentrationen von 100 /m^3 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 10^3 Sporen/m^3 festgestellt (LEA Advisory 1993).

In Einzelfällen reichten 50 Sporen/m^3 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^3 /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^3 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 >10^6 KBE /m^3 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 Verdachtdiagnose " 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 marneffei
- 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 Bernadino 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 ODTS (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/Partikelauswertung (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^3 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) ODTS 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, Bünger 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^3 Luft beobachtet wurden (Tilkes et alii 1999, Sorenson et alii 1987, Nikulin et alii 1994, Johanning 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^3 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 Getreidemühlen 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 Johanning in einem Bürogebäude mit Feuchteschaden zu einer Sick building - Symptomatik mit Konjunktivitis, Dermatitis, Rhinitis und Grippesymptomatik. 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 niedrig sein, um 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 Infekteabwehr 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 Cortisontherapie 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 geringerem Masse von der Stärke der Exposition abhängig. Zu den klassischen systemischen Infektionen gehören (Hahn et alii1999) 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

Schimmelpilze, die Infektionen über den Luftweg hervorrufen:			
Species	**RG***	**Erkrankung**	**Patientengruppe**
Absidia species	1	Mucorinfektion in Lunge, Nasennebenhöhlen, ZNS, Auge, Haut	Abwehrschwache
Aspergillus fumigatus	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	
Aspergillus nidulans	1	Invasive Aspergillose	Abwehrschwache
Aspergillus niger	1	Invasive Aspergillose sehr selten	Abwehrschwache
		Otitis externa	
		Aspergillose (Lunge und Nasennebenhöhlen)	Patienten mit Bronchieaktasen, Kavernen, Cysten durch vorbestehende Lungenerkrankungen

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

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

hen 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 Hintergrundswerte 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

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 Untersuchungsprogamms 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, insbesondere zur Beweissicherung zu einem späteren Zeitpunkt nicht mehr möglich oder sinnvoll sind.

Das nachfolgende Raster unterscheidet weiterhin zwischen Untersuchungs-methoden

- 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 Schimmelpilzschaden, 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 Auseinandersetzung 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 Spezienzusammensetzung) 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. Parallelunter-suchungen 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 Partikelauswertung oder MVOC) sowie die Untersuchung von sedimentiertem Staub überprüft werden, ob ein Schimmelpilzbefall wahrscheinlich ist. Zur Objektivierung des subjektiv wahrgenommen 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 blossem 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, Partikelauswertung) 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 Schlafraum.

Ergeben die Luft und Staubuntersuchungen einen Hinweise 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 Pilzkonzentrationenn 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 direktmikroskopischen 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 **Schimmelspürhund, Feuchtigkeits-messungen, etc.**
1	sichtbarer Schimmel-befall*	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	Material-feuchte ohne sichtbaren Befall	III a, b, c	II a, b, c bei grossfl. Schäden oder wenn Material-probe negativ ist.	I a,b,c	II a, b, c wenn Material-probe negativ	I a,b,c	I a,b,c
4	Problemkon-struktion, z.B. Fertigbau-weise, bau-physikalische Auffälligkeiten	nach Lokali-sierung 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 Staub-analyse ein pos. Befund: III a,b,c
5	Gesundheit-liche Be-schwerden ohne Hinweise auf Feuchtig-keit oder Befall	I a,b,c	III b,c	III b,c	III b,c	III b,c	wenn bei einer Luft- oder Staub-analyse ein pos. Befund: III a,b,c
6	Sanierungs-kontrolle	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 vor-her gleiche Methode eingesetzt wurde III a,b,c	wenn zur Quellen-suche glei-che 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, Raumlufttechnische 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 Klimaanlagen, 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
Luftfeuchtigkeit und Temperatur	Datenlogger für Luftfeuchtigkeit und Temperatur	elektrophysikalische Messung	Erfassung der Raumtemperatur und -feuchte. (Kurzzeitmessungen sind ungeeignet, daher empfiehlt sich die Verwendung von Datenloggern)
Feuchtigkeit in Hohlräumen	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)
Wärmebrücken	Infrarotthermometer	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)
Luft- und Windundichtigkeiten	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)
Aufsteigende Feuchte	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.

Baufeuchte	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 abzusichern. Das Verfahren ist vor allem zur Messung der Holzfeuchte anwendbar.
	Gravimetrische Material-Feuchtegehaltsbestimmung	gravimetrische Trockenmassebestimmung	Ermittlung des Material-Feuchtegehaltes mittels gravimetriemetrischer Bestimmung der Trockenmasse (Standardverfahren)
Nutzerverhalten	Datenlogger für Luftfeuchtigkeit und Temperatur	elektrophysikalische Messung	Beurteilung des Lüftungszyklus der Nutzer, der Art der Durchführung der Lüftung (z. B. Querlüftung, Stosslüftung und Kipplüftung), der Heiz- sowie allgemeine Nutzungsgewohnheiten (z. B. Nachtabsenkung, Wasch und Kochgewohnheiten).
Luftwechsel	Tracergas	Messung der Abbaurate eines Markierungsgases	Ermittlung der Luftwechselrate unter normalen Nutzungsbedingungen (Ergebnisse sind von den Witterungsverhältnissen zum Untersuchungszeitpunkt abhängig)
Undichte Gebäudehülle	Elektrische Baufeuchtemessgeräte	Messung des elektrischen Widerstandes bzw. der Kapazität	Erfassung von Unterschieden der Materialfeuchte innerhalb der gerätespezifischen Grenzen, gute Nachweismöglichkeit
Leitungswasserschäden	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, Probenaufarbeitung und Nachweisverfahren kann eine sinnvolle Beurteilung der Ergebnisse nur bei Beachtung folgender Vorgaben erfolgen:

6.1.2 Materialprobe

6.1.2.1 Probenahme

6.1.2.1.1 Voraussetzungen

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

- Bei der Bestimmung bzw. der späteren Verdünnung ist darauf zu achten, dass mindesten 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 Materialprobe

  erfolgen. 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.

6.1.2.2 Probenaufarbeitung

6.1.2.2.1 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_2PO_4	1 g
$MgSO_4 \times 7H_2O$	0,5 g
Dichloran (0,2 % in Ethanol)	1 ml
Glycerol	220 ml
Chloramphenicol	0,1 g
Agar	15 g
dest. Wasser	1000 ml
a_w-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 ± 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.

6.1.2.3 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 $\underline{+}$ 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

- <u>Klebe-Filmabrisspräparat</u>
  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.

- <u>Mikroskopie Materialprobe</u>
- **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 µm 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^3) 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 Raumlufttechnischen 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 Aussenluft-

probe 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^3 sind die Filter für das direkte Verfahren mit 0,1 bis 1,0 m^3 und für das indirekte Verfahren mit ca. 10 bis 20 m^3 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 ± 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 Filtrationverfahren
  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 $\underline{+}$ 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

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^2 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^2 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 ± 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 ± 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 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. 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.

6.2 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 als1-1,2 m
- Das Probevolumen 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 Lufkeimsammlung 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 Luftkeimsammmlung 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 Lufkeimsammlung 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 Parallellmessungen 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 Adsorbtionsröhrchen

(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 Adsorbtionsröhrchen 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
Trägergas:	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
Adsorbtionsröhrchen:	Tenax TA, GR (60/80)

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

Desorption mittels Thermodesorption

Desorptionsbedingungen:	250°C für 3 min,
Ventil-Temperatur:	180°C
Kryo-Fokusierung 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
Trägergas:	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 bruchsicher 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 Material-schäden	**Kategorie 1**	**Kategorie 2**	**Kategorie 3**
Schadensausmass	keine bzw. sehr geringe Biomasse (z. B. geringe Oberflächen-schäden < 20 cm^2)	mittlere Biomasse; oberflächliche Ausdehnung < 0,5 m^2, tiefere Schichten sind nur lokal begrenzt betroffen	grosse Biomasse; grosse flächige Ausdehnung > 0,5 m^2 , 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 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 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 Innenraumen 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 $1m^3$). 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**[1)]	**Innenraumquelle wahrscheinlich** [2)]
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 $I_{typ\ A} \leq A_{typ\ A}$ *x 0,7 (+0,3)*	Wenn die KBE einer Gattung in der Innenluft unter dem 1,5 ± 0,5 – fachen der Aussenluft liegen $I_{typ\ A} \leq A_{typ\ A}$ *x 1,5 (± 0,5)*	Wenn die KBE einer Gattung in der Innenluft über dem 2-fachen der Aussenluft liegen $I_{typ\ A} > A_{typ\ A}$ *x 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)

Σuntyp 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 Verglei-

ches 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 Partikelauswertung, mit der die kultivierbaren und nicht kultivierbaren Schimmelpilze gemeinsam erfasst werden, eine grosse Bedeutung zu.

Tabelle 3: Bewertungshilfe von Luftproben (Partikelauswertung)
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**[1)]	**Innenraumquelle wahrscheinlich** [2)]
Sporentypen die in der Aussenluft erhöhte Konzentrationen erreichen z.B. Typ Ascosporen Typ Alternaria/Ulocladium Typ Basidiosporen Cladosporium spp.	Wenn die Summe eines Sporentyps in der Innenluft unter dem 1 (+ 0,4) -fachen der Aussenluft liegt $I_{typ\ A} \leq A_{typ\ A}$ *x 1 (+0,4)*	Wenn die Summe eines Sporentyps in der Innenluft unter dem 1,6 (± 0,4) -fachen der Aussenluft liegt $I_{typ\ A} \leq A_{typ\ A}$ *x 1,6 (± 0,4)*	Wenn die Summe eines Sporentyps in der Innenluft über dem 2 -fachen der Aussenluft liegt $I_{typ\ A} > A_{typ\ A}$ *x 2*
Typ Penicillium/Aspergillus	Wenn die Differenz Aussen- zu Innenluft für den Sporentyp Penicillium/Aspergillus nicht über 300 liegt $I_{\Sigma P+A} \leq A_{\Sigma P+A}$ *+ 300*	Wenn die Differenz Aussen- zu Innenluft für den Sporentyp Penicillium/Aspergillus nicht über 800 liegt $I_{\Sigma P+A} \leq A_{\Sigma P+A}$ *+ 800*	Wenn die Differenz Aussen- zu Innenluft für den Sporentyp Penicillium/Aspergillus über 800 liegt $I_{\Sigma P+A} > A_{\Sigma P+A}$ *+ 800*
Typ Chaetomium 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 $I_{Chaetom} > A_{Chaetom} + 5$
Stachybotrys chartarum	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 $I_{Stachy} > A_{Stachy} + 2$
diverse Pilzsporen , die nicht dem Typ Basidiosporen oder Ascosporen angehören	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 $I_{divers} > A_{divers} + 800$
Myzelstücke	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 Myzelnstücke nicht über 300 liegt $I_{Myzel} \leq A_{Myzel} + 300$	Wenn die Differenz Aussen- zu Innenluft der Myzelstücke 300 übersteigt $I_{Myzel} > A_{Myzel} + 300$

[1)] **Indiz für Quellensuche** [2)] **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 Expertengruppe am Landesgesundheitsamt Baden-Württemberg (LGA) bemüht sich in absehbarer Zeit, die entsprechenden Daten zu erheben.

Bei einer geringen Sporenkonzentration (Indiz für Quellensuche) kann eine Beurteilung 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 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, 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 Staub-

proben 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[1)]**	**Innenraumquelle wahrscheinlich [2)]**
Konzentrationen häufiger Pilzgattungen bzw. Arten im Staub KBE/m²			
Cladosporium 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
Penicillium spp.	< 40 000	> 40 000 ≤ 80 000	> 80 000
Aureobasidium spp.	< 10 000	> 10 000 ≤ 20 000	> 20 000
Aspergillus spp.	< 20 000	> 20 000 ≤ 40 000	> 40 000
Aspergillus fumigatus	< 3 000	> 3 000 ≤ 15 000	> 15 000
Aspergillus niger	< 3 000	> 3 000 ≤ 15 000	> 15 000
Aspergillus versicolor	< 5 000	> 5 000 ≤ 20 000	> 20 000
Alternaria spp.	< 10 000	> 10 000 ≤ 30 000	> 30 000
Eurotium 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 Mischpopulation	Konzentration an Feuchte-Indikatoren erhöht	Überwiegend Indikatorkeime
Gesamt-KBE **ohne** **Aureobasidium spp.** **Cladosporium spp.** Penicillium spp. Hefen sterile Kolonien	< 20 000	> 20 000 ≤ 60 000	> 60 000
Gesamt-KBE (Winter) **Gesamt-KBE (Sommer)**	< 50 000 < 250 000	> 50 000 ≤ 120 000 > 250 000 ≤ 600 000	> 120 000 > 600 000

[1)] Indiz für Quellensuche
[2)] 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)

Staubuntersuchung Proben gesiebt, Korngrösse < 125 µm	**Hintergrund-belastung** **Innenraumquelle unwahrscheinlich**	**Innenraumquelle nicht auszuschliessen**[1)]	**Innenraumquelle wahrscheinlich** [2)]
Konzentrationen häufiger Pilzgattungen bzw. Arten im Staub KBE/g			
Cladosporium 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
Penicillium spp.	<120.000	>120.000	>300.000
Aureobasidium spp.	<70.000	>70.000	>300.000
Aspergillus spp.	<15.000	>15.000	>60.000
Aspergillus fumigatus	<5.000	>5.000	>30.000
Aspergillus niger	<5.000	>5.000	>30.000
Aspergillus versicolor	<9.000	>9.000	>40.000
Alternaria spp.	<15.000	>15.000	>60.000
Eurotium 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 ohne Aureobasidium spp. Cladosporium spp. Penicillium spp. Hefen sterile Kolonien	<60.000	>60.000	>150.000
Gesamt-KBE	*<500.000	>500.000	> 2.000.000

[1)] Indiz für Quellensuche
[2)] Indiz für kurzfristige intensive Quellensuche
* In den Sommermonaten können bei hohen Cladosporiumkonzentrationen auch Werte um 1x 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 überwiegendem 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-Metylfuran, 2-Pentylfuran, 2-Methyl-1-propanol, 2-Pentanol, 3-Metyl-1-butanol, 2-Metyl-1-butanol, 1-Okten-3-ol, 3-Oktanol, Dimethylsulfid, Dimetyldisulfid, Dimethylsulfoxid, 2-Hexanon, Etyl-2-metylbutyrat, 2-Heptanon, 3-Oktanon, 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, 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)

	Kein Nachweis eines Hauptindikators	**0,05 bis 0,10 µg/m³ bei mindestens einem Hauptindikator**	**> 0,10 µg/m³ bei mindestens einem Hauptindikator**
Summenkonzentration ≤ 0,5 µg/m³	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.
Summenkonzentration > 0,5 bis 1,0 µg/m³	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.
Summenkonzentration > 1,0 µg/m³	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.

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 *et al.*, 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	+	+	
Gesamtwert bzw. Gesamtbewertung	**2.96**	Richtwert für unbelastete Räume = ≤ 0,3 µg/m³. Hier 3 Hauptindikatoren > 0,1 µg/m³, Gesamtwert > 0,6 µg/m³ ⇒ **Mikrobieller Schaden sehr wahrscheinlich! Hier: Konstruktionsschaden des Fussbodens wahrscheinlich**	Sofern MVOC Hintergrund in der Aussenluft < 0,01µg/m³ und Innenraum > 0,05µg/m³ ⇒ **Hinweis auf mikrobiellen Schaden, starker Schimmelgeruch wahrscheinlich!**	Kategorie 3 für Summenkonzentration, Kategorien 1 und 2 für Einzelverbindungen: ⇒ **Mikrobieller Befall muss vorhanden sein!**
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	Autoxidations-produkte von Lipiden	Produkt bei der CO_2-Laser-Pyro-lyse	VOC aus Schweinefleisch
Alkane:				
(D, L)-Limonen	+	–	+	+ (h)
Toluol	+	+	+	+ (r, c, h)
Styrol	–	–	+	–
Schwefelverbindung:				
Dimethyldisulfid	+	–	+	+ (c, h)
Dimethyltrisulfid	+	–	+	+ (c, h)
Ketone:				
2-Hexanon	+	+	–	+ (h)
3-Hexanon	–	–	–	+ (r)
2-Heptanon	+	+	+	+ (r, h)
2-Octanon	+	+	–	+ (h)
3-Octanon	+	–	–	+ (h)
2,5-Dimethylfuran	–	–	+	–
Alkohole:				
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
Ether:	
Anisol (Methoxybenzol)	*Aspergillus candidus, Penicillium olsonii*
1,2-Dimethoxybenzol	*A. versicolor, P. fellutanum*
Kohlenwasserstoffe:	
3-Methyl-1-hepten	*A. candidus, P. roqueforti*
Terpene und Terpen-Derivate:	
2-Methyl-bornan	*A. niger, P. crustosum, P. polonicum*
2-Methyl-2-bornen	*A. niger, P. polonicum*
γ-Cadinen	*Paecilomyces variotii, P. polonicum, P. fellutanum*
Camphen	*A. fumigatus, P. brevicompactum*
β-Caryophyllen	*P. clavigerum, P. roqueforti*
Elemol	*P. expansum, P. glabrum*
β-Elemol	*P. roqueforti, P. clavigerum*
β-Fenchylalcohol	*Emericella nidulans, P. roqueforti*
α-Phellandren	*Paec. variotii, P. roqueforti*
α-Pinen	*A. fumigatus, A. niger, P. brevicompactum*
α-Terpinen	*Paec. variotii, P. clavigerum, P. roqueforti*
α-Terpinolen	*E. nidulans, P. brevicompactum, P. roqueforti*
α-Thujon-ähnlich	*P. brevicompactum, Trichoderma citrinoviride*

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

Spezies / Verbindung	Fit (%)	1. Experiment	2. Experiment	Verbindung gebildet auf:		
		YES	CMC / YES	CEA I	CEA N	COMPOST
Aspergillus fumigatus						
Aromadendren	95	-	-	-	-	+
Camphen	R	+	- / +			
α-Copaen	91	-	-	-	-	+
α-Farnesen	83	+	- / +	+	+	-
trans-β-Farnesen	91	+	+ / +	+	+	+
2,4,5-Trimethyl-phenol-ähnlich	75	-	+ / +	+	+	+
2-Methyl-5-isopropyl-pyrazin	79	-	- / +	+	+	+
Unknown AF1	-	-	+ / +	+	+	+
Paecilomyces variotii						
α-Amorphen	94	-	-	-	-	+**
α-Copaen	95	-	-	-	-	+**
α-Copaene-ähnlich	88	-	-	-	-	+**
αMuurolene	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	-	- / +	+	+	-
Penicillium crustosum						
Geosmin	74	-	- / +	+	+	+
Limonen	R	+	+ / +	+	+	+
1-Octen-3-ol	R	-	+ / +	+	+	+
β-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 Hefeextract, 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 8th 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

(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.

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 Gutachtachters 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 Bundesseuchengesetz
- 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 Analysenmethoden, 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 gegebenem 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%tigem 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 Ringversuche 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
8) Herr Dr. Warscheid, MPA Bremen, 28199 Bremen

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
Acremonium kiliense
Acremonium murorum
Gliocladium roseum
Hefen
Memnoniella echinata

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

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.

10 Anhang:

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

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

10.2 Spezifische toxische Effekte einzelner Mykotoxine:

Folgende Schimmelpilze können Mykotoxine bilden: zitiert nach Fischer et alii 1999, Bünger et alii 2000, Schönherr		
Species	**Mykotoxin**	**Wirkung im Tierversuch**
Acremonium species	Trichothecen	immunsuppressiv, hämorrhagisch
Alternaria alternata	Tenuazonic acid	
Aspergillus candidus	Petulin	
Aspergillus clavatus	Petulin	
Aspergillus flavus, Aspergillus parasiticus Aspergillus nomius	Aflatoxin B1, B2, G1 M1, Asperfuran Aspergillinsäure Kojsäure Nitropropionsäure	hepatotoxisch, cancerogen (auch beim Menschen)
Aspergillus fumigatus	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
Aspergillus nidulans	Sterigmatocystin	nephro- und hepatotoxisch, cancerogen
Aspergillus niger	Naphtho – γ-pyron-ähnliche Tetracyclin-ähnliche verbindungen	
Aspergillus ochraceus	Ochratoxin A	Nephrotoxisch (auch beim Menschen), cancerogen, immunsuppressiv
Aspergillus sydowii	Sterigmatocystin	nephro- und hepatotoxisch, cancerogen
Aspergillus terreus	Patulin	Haemorrhagien
Aspergillus versicolor	Sterigmatocystin Aversin Versicolorin A Versicolorin B	nephro- und hepatotoxisch, cancerogen
Bipolaris species	Sterigmatocystin	nephro- und hepatotoxisch, cancerogen
Chaetomium species	Chetomin	
Emericella nidulans	Sterigmatocystin	nephro- und hepatotoxisch, cancerogen
Fusarium species	Sterigmatocystin Zearalenon	nephro- und hepatotoxisch, cancerogen

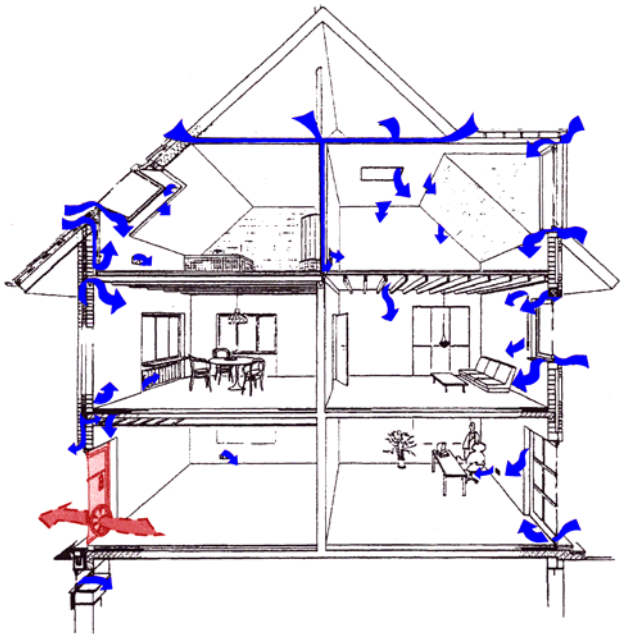
	T2-Toxin	potentiell cancerogen, östrogen potentiell cancerogen, immunsuppressiv
Fusarium cerealis	Zearalenon Deoxynivalenol	östrogen cancerogen?
Fusarium culmorum	Fusarenon X Deoxynivalenol	immunsuppressiv cancerogen?
Fusarium graminearum	Zearalenon Fusarenon X Deoxynivalenol	östrogen immunsuppressiv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

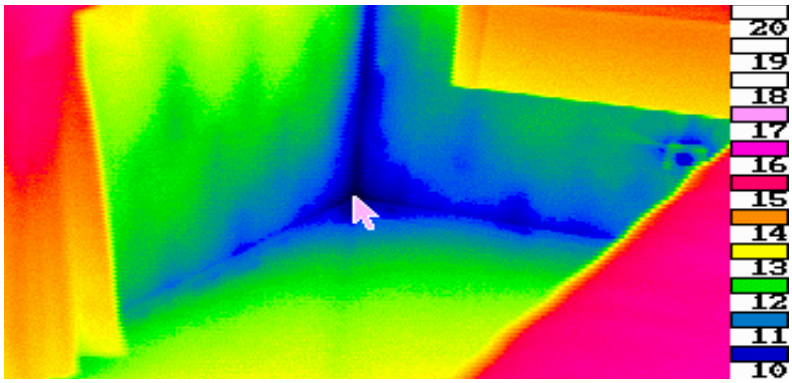
Folgende Problematik muss dabei insbesondere bei Planung und Ausführung berücksichtigt werden:
Je dichter eine Gebäudehülle gebaut wird, desto höher ist der Luftdurchsatz durch einzelne Fugen. Bisher haben die Häuser sehr viele Leckagen aufgewiesen, so dass sich die Leckrate über fast die gesamte Gebäudehülle 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 (Nachtabschaltung, Wachgewohnheiten, etc.),
- Feuchteauffälligkeiten der Bausubstanz (Neubaufeuchte, Undichtigkeiten und aufsteigende Feuchte),
- Visualisierung der Taupunktprobleme (Raumluft- und Wandoberflächentemperatur),
- Nachweis der für mikrobielles Wachstum verfügbaren Feuchtigkeit (Berechnung der Wasseraktivität),
- Hinweise auf den natürlichen Luftwechsel (Infiltration),
- Berechnung des Luftwechsels mit der Tracergasmethode,
- Datengrundlage für die Berechnung des notwendigen individuellen Luftwechsels, je nach Gebäudenutzung,
- Wärmeeigenschaften der Gebäudehülle,
- Datengrundlage zur Entscheidung über sinnvolle Sanierungsmassnahmen (Erhöhung von Raumtemperatur, Wandtemperatur, Dämmstandard der Hülle, Luftwechsel, 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 aus-treibbar 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

Introduction to food- and airborne fungi 6. Edition, R.Samson, Printed by Ponsen & Looyen, Wageningen, Holland, ISBN 90-70351-42-0

Atlas of clinical fungi, 2. Edition, G.S. de Hoog, ISBN 90-70351-43-9

Microorganisms in home and indoor work environments (diversity, health impacts, investigation and control), B. Flannigan, R.Samson, ISBN 0-415-26800-1

On certain species of Mucor with a key to all accepted species, On the genera Rhizomucor and Parasitella, Studies in Mycology Nr. 17, M.A.A. Schipper, Centraalbureau voor Schimmelcultures, Utrecht

Paecilomyces and some allied Hyphomycetes, Studies in Mycology Nr. 6, R.A. Samson, Centraalbureau voor Schimmelcultures, Utrecht

Revision of the subsection Fasciculata of Penicillium and some allied species, Studies in Mycology Nr. 11, R.A. Samson, Centraalbureau voor Schimmelcultures, Utrecht

A compilation of the Aspergillii described since 1965, Studies in Mycology Nr. 18, R.A. Samson, Centraalbureau voor Schimmelcultures, Utrecht

List of cultures, fungi and yeasts, Centraalbureau voor Schimmelcultures, Utrecht

More Dematiaceous Hyphomycetes, M.B.Ellis, CABI Publishing, CAB international, ISBN 0851983650

The Genera of Fungi Sporulating in Pure Culture, J.A. von Arx, Lubrecht&Cramer, ISBN 3768206939

Notes on Mucorales,especially Absidia, Mycologia 53, Hesseltine, C.W. & Ellis, J.I. 1961

The Deuteromycetes, Mitosporic Fungi, Classification and Generic Keys. 2000, E.Kiffer and M.Morelet.Science Publishers,Inc., P.O.Box 699, Enfield, NH 03748

The Genus Aspergillus, Raper&Fennell 1977,, ISBN : 0-88275-109-3

The Genus Penicillium, Pitt,J.I.,1979 Academic Press, ISBN: 0-12-557750-7

Fusarium species, an illustrated manual for identification, Nelson,P.E. Tousson, T.A.&Marasas 1983, Pennsylvania state Univ.Press, Univ. Park, London

Schimmelpilze, Jürgen Reiß, ISBN:3-540-63019-8, Springer Verlag

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:

❑$_1$ Innenluft	❑$_2$ Aussenluft	❑$_3$ Fussbodenstaub
❑$_4$ Bettenstaub	❑$_5$ Altstaub	❑$_6$ Abklatsche
❑$_7$ Abrisspräparat (Tesa)	❑$_8$ Wischprobe	❑$_9$ Wasserprobe aus RLT
❑$_{10}$ Materialprobe, welche:_____		❑$_{11}$sonstige

Entnahmeort der jeweiligen Probe

Art der Luftmessung:	Volumen	Nährmedium	Art d. Filters	direkt	indirekt
Impaktion ❑	l_l_l_l l	_____			
Filtration ❑	l_l_l_l l	_____	_____	❑	❑

Art der Staubgewinnung:		welcher	gesiebt	nicht gesiebt
spez. Staubsammelkopf	❑	_____	❑	❑
Staubsaugerbeutel	❑	_____	❑	❑

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	___ %	❑$_1$	❑$_2$	❑$_3$	❑$_4$	❑$_5$	❑$_6$ ❑$_7$
Raum 2: _____	___ °C	___ %	❑$_1$	❑$_2$	❑$_3$	❑$_4$	❑$_5$	❑$_6$ ❑$_7$
Raum 3: _____	___ °C	___ %	❑$_1$	❑$_2$	❑$_3$	❑$_4$	❑$_5$	❑$_6$ ❑$_7$
Raum 4: _____	___ °C	___ %	❑$_1$	❑$_2$	❑$_3$	❑$_4$	❑$_5$	❑$_6$ ❑$_7$
Raum 5: _____	___ °C	___ %	❑$_1$	❑$_2$	❑$_3$	❑$_4$	❑$_5$	❑$_6$ ❑$_7$

Tag der Begehung l_l_l_l_l_l_l

Uhrzeit der Begehung l_l_l

Teilnehmer an der Begehung:_____

Probenummer:_____

Bemerkung: _____

Sind in dem Objekt folgende Auffälligkeiten gegeben:

mit Schimmel befallenes Material ja ❑ nein ❑

wo_____

Grösse < 20 cm^2 ❑ < 0,5 m^2 ❑ > 0,5 m^2 ❑ geschätzte m^2 ___

Art des Befalls

- punktförmiges Wachstum ❑
- rasenartiges Wachstum ❑
- hinter einer geschlossenen Fläche z. B. Fussbodenbelag ❑
- sonstiger, wenn ja welcher _____

sichtbare Feuchteflecken (aktiv) ❑

wo_____ Grösse [cm^2]_____

sichtbare Feuchteflecken (abgetrocknet) ❑

wo_____ Grösse [cm^2]_____

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 langzeitig 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	**ja**
Kopfschmerzen	❑
Augenreizung	❑
Schnupfen	❑
Hautreizung	❑
Kurzatmigkeit	❑
Symptome wie bei grippalen Infekten	❑

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 ❑

12. allergisches Asthma bronchiale ❑
13. exogen allergische Alveolitis ❑
14. allergische bronchopulmonale Aspergillose ❑
13. Aspergillom ❑
14. Aspergillose ❑
15. sonstige Pilz- bedingte Infektionen ❑
16. Organisches Staubsyndrom ❑
17. Mucous Membrane irritation ❑
18. weitere_____ ❑

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^2 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^2 ❑ < 0,5 m^2 ❑ > 0,5 m^2 ❑ geschätzte m^2 ___

Art des Befalls

punktförmiges Wachstum ❑

rasenartiges Wachstum ❑

hinter einer geschlossenen Fläche z. B. Fussbodenbelag ❑

sonstiger, wenn ja welcher _____

sichtbare Feuchteflecken ja ❑ nein ❑
wo_____
Grösse < 20 cm^2 ❑ < 0,5 m^2 ❑ > 0,5 m^2 ❑ geschätzte m^2 ___

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 □ Kaltdach □

Innenwandisolierung

nicht vorhanden □ vorhanden □ woraus_____

Möblierung
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^2

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:

☐ Hauptverkehrsstrassen	☐ <500m	☐ <2000m	☐ ≥2000m
☐ landwirtsch.Betriebe	☐ <500m	☐ <2000m	☐ ≥2000m
☐ Gewerbebetriebe	☐ <500m	☐ <2000m	☐ ≥2000m
☐ Industrieanlagen	☐ <500m	☐ <2000m	☐ ≥2000m
☐ andere			

2.1 Haustyp
- ☐ EFH
- ☐ Mehrfamilienhaus
- ☐ Doppelhaushälfte
- ☐ Reihenhaus
- ☐ 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 Hauptaufenthaltsort der Tiere
- ☐ WZ
- ☐ SZ
- ☐ Küche
- ☐ Ki.Z.
- ☐ Garten
- ☐ Keller
- ☐ Nachbarwohnung

3.4 Nutzung % Gewerbe
% Wohnung

3.5 Wohnfläche m²

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^2 ☐ < 0,5 m^2 ☐ > 0,5 m^2 ☐ geschätzte m^2 ___
Art des Befalls
punktförmiges Wachstum ☐
rasenartiges Wachstum ☐
hinter einer geschlossenen Fläche z. B. Fussbodenbelag ☐
sonstiger, wenn ja welcher _____

sichtbare Feuchteflecken ja ☐ nein ☐
wo_____
Grösse < 20 cm^2 ☐ < 0,5 m^2 ☐ > 0,5 m^2 ☐ geschätzte m^2 ___

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 m²

Alter Jahre

Reinigungsintervall
mal täglich
mal wöchentlich
mal monatlich

Reinigungsart
☐ saugen
☐ shampoonieren
☐ klopfen

4.12 Teppich vorhanden ☐ ja ☐ nein

wenn ja Material
☐ Wolle
☐ Synthetik
☐ Mischgewebe

Grösse m²

Alter Jahre

Reinigungsintervall
mal täglich
mal wöchentlich
mal monatlich

Reinigungsart
☐ saugen
☐ klopfen
☐ kehren
☐ shampoonieren

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) m²

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 m²

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:

❑$_1$ Innenluft ❑$_2$ Aussenluft ❑$_3$ Fussbodenstaub
❑$_4$ Bettenstaub ❑$_5$ Altstaub ❑$_6$ Abklatsche
❑$_7$ Abrisspräparat (Tesa) ❑$_8$ Wischprobe ❑$_9$ Wasserprobe aus RLT
❑$_{10}$ Materialprobe welche:_____ ❑$_{11}$sonstige

1.6 Art der Luftmessung:

		Volumen	Nährmedium	Art d. Filters	direkt	indirekt
Impaktion	❑	l_l_l_l l	_____			
Filtration	❑	l_l_l_l l	_____	_____	❑	❑

1.7 Art der Staubgewinnung:

		welcher	gesiebt	nicht gesiebt
spez. Staubsammelkopf	❑	_____	❑	❑
Staubsaugerbeutel	❑	_____	❑	❑

1.8 Bemerkung: _____

1.9 Zu beurteilende Räume:

		UG	EG	1.E	2.E	>2.E	u.DG	DG
1.9.1	Raum 1: _____	❑$_1$	❑$_2$	❑$_3$	❑$_4$	❑$_5$	❑$_6$	❑$_7$
1.9.2	Raum 2: _____	❑$_1$	❑$_2$	❑$_3$	❑$_4$	❑$_5$	❑$_6$	❑$_7$
1.9.3	Raum 3: _____	❑$_1$	❑$_2$	❑$_3$	❑$_4$	❑$_5$	❑$_6$	❑$_7$
1.9.4	Raum 4: _____	❑$_1$	❑$_2$	❑$_3$	❑$_4$	❑$_5$	❑$_6$	❑$_7$
1.9.5	Raum 5: _____	❑$_1$	❑$_2$	❑$_3$	❑$_4$	❑$_5$	❑$_6$	❑$_7$

1.10 Tag der Begehung l_l_l_l_l_l_l

1.11 Uhrzeit der Begehung l_l_l

1.12 Teilnehmer an der Begehung:_____

1.13 Probenummer:_____

1.14 Bemerkung: _____

1.15 Liegt eine bekannte Schadstoffbelastung vor? ❑

1.16 Wenn ja, welche? _____

1.17 Bemerkungen: _____

2 Ort der Probenahme bzw. Messung

2.1 Gebäudetyp/Nutzung

❑$_1$ Wohngebäude ❑$_2$ Schule ❑$_3$ Kindergarten
❑$_4$ Bürogebäude ❑$_5$ Sporthalle ❑$_6$ Krankenhaus
❑$_7$ Waren-/Geschäftshaus ❑$_8$ Werkstatt ❑$_9$ 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?

❑$_1$ Gärtnerei ❑$_2$ Bauernhof ❑$_3$ Kompostierung
❑$_4$ Lederverarbeitung ❑$_5$ Archiv ❑$_6$ Bibliothek
❑$_7$ Deponie ❑$_8$ Abfallsortierung ❑$_9$ Lebensmittelabfälle (Betriebe)
❑$_{10}$ 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]	I_I_I h	I_I_I h	I_I_I h	I_I_I h	I_I_I h
2.7.2	Fenster/Türen geschlossen gehalten [Dauer]	I_I_I h	I_I_I h	I_I_I h	I_I_I h	I_I_I h
2.7.3	Übliches Lüftungsverhalten der Bewohner	❑	❑	❑	❑	❑
2.7.4	Geschätzte Luftwechselrate	I_I_I h	I_I_I h	I_I_I h	I_I_I h	I_I_I h

		Raum 1	Raum 2	Raum 3	Raum 4	Raum 5
2.8	**Raumtemperatur**:	I_I_I$_1$ °C	I_I_I$_2$ °C	I_I_I$_3$ °C	I_I_I$_4$ °C	I_I_I$_5$ °C
2.9	**relative Luftfeuchte:**	I_I_I$_1$ %	I_I_I$_2$ %	I_I_I$_3$ %	I_I_I$_4$ %	I_I_I$_5$ %

2.10 Räume mit Raumlufttechnischer Anlage:

		Raum 1	Raum 2	Raum 3	Raum 4	Raum 5
2.10.1	Anlage in Betrieb seit [Dauer]	I_I_I$_1$ h	I_I_I$_2$ h	I_I_I$_3$ h	I_I_I$_4$ h	I_I_I$_5$ h
2.10.2	Anlage ausser Betrieb seit [Dauer]	I_I_I$_1$ h	I_I_I$_2$ h	I_I_I$_3$ h	I_I_I$_4$ h	I_I_I$_5$ h
2.10.3	hat die Anlage einen Filter	❑$_1$	❑$_2$	❑$_3$	❑$_4$	❑$_5$

2.11 Aussenluftkontrolle

2.11.1	Temperatur	I_I_I$_1$ °C				
2.11.2	relative Luftfeuchte:	I_I_I$_1$ %				
2.11.3	Regen					
2.11.4	Wind					
2.11.5	Abstand vom Haus	I_I_I$_1$ m				
2.11.6	Befindet sich im Messbereich	Biotonne	Kompost	Gärtnerei	Stallung	Tiere
		❑$_1$	❑$_2$	❑$_3$	❑$_4$	❑$_5$

2.12 Aufstellung der Messgeräte: (siehe Skizze 3.32)

2.13	**Aktivitäten bei der Probennahme**	Spielen	Putzen	Ventilator	Betten machen	Reno-vierung
			❑$_1$	❑$_2$	❑$_3$	❑$_4$ ❑$_5$

2.12 Bemerkungen: _____

3 Räume allgemein

3.1	In welchem **Jahr** wurde das Gebäude gebaut?	Neubau ≤ 6 Monate	❑$_1$			
		nach 1990	❑$_2$			
		1981 bis 1990	❑$_3$			
		1971 bis 1980	❑$_4$			
		1961 bis 1970	❑$_5$			
		1946 bis 1960	❑$_6$			
		1900 bis 1945	❑$_7$			
		vor 1900	❑$_8$			

		Raum 1	Raum 2	Raum 3	Raum 4	Raum 5
3.2	Renovierung/Sanierung, wann?	I_I_I_I_I$_1$	I_I_I_I_I$_2$	I_I_I_I_I$_3$	I_I_I_I_I$_4$	I_I_I_I_I$_5$
3.3	Isolierung, wann?	I_I_I_I_I$_1$	I_I_I_I_I$_2$	I_I_I_I_I$_3$	I_I_I_I_I$_4$	I_I_I_I_I$_5$
3.4	Feuchtigkeitisolierung, wann?	I_I_I_I_I$_1$	I_I_I_I_I$_2$	I_I_I_I_I$_3$	I_I_I_I_I$_4$	I_I_I_I_I$_5$
3.5	Geruchswahrnehmung	❑	❑	❑	❑	❑
3.6	wonach?	_____	_____	_____	_____	_____

3.7 Bemerkungen: _____

3.8	Um was für einen **Typ** Haus handelt es sich?		
3.8.1	Ein- oder Zweifamilienhaus, freistehend		❑
3.8.2	Ein- oder Zweifamilienhaus, nicht freistehend		❑
3.8.3	Mehrfamilienhaus bis 5 Etagen		❑
3.8.4	Mehrfamilienhaus mit mehr als 5 Etagen		❑

3.9 Bemerkungen: _____

3.10	Weist das Haus eine der folgenden **baulichen Besonderheiten** auf? *Mehrere Antworten möglich!*	
3.10.1	Energiesparhaus	❑
3.10.2	Öko-Haus (z.B. Holzhaus)	❑
3.10.3	Flachdachhaus	❑
3.10.4	Fertighaus	❑
3.10.5	Bauernhaus mit direkt angebautem Stallgebäude, in dem Tiere gehalten werden	❑
3.10.6	Bauernhaus, in dem in der Vergangenheit Tiere gehalten wurden	❑

3. 11 Bemerkungen: _____

3.12 **Baumaterial** des Hauses? *Bei mehreren Materialien bitte das überwiegende Baumaterial nennen!*

3.12.1	Ziegelbau	❑
3.12.2	Klinkerbau	❑
3.12.3	Hohlblock	❑
3.12.4	Beton	❑
3.12.5	Lehm/Fachwerkhaus	❑
3.12.6	Holz	❑
3.12.7	Sonstiges	❑
3.12.8	und zwar_____	
3.12.9	nicht bekannt	❑

3.13 Bemerkungen: _____

3.14 Ist das Haus **unterkellert**?

3.14.1	voll unterkellert	❑
3.14.2	teilweise unterkellert	❑
3.14.3	kein Keller	❑

3.15 Bemerkungen (z. B. Feuchtigkeitsdämmung, Horizontalsperre):_____

3.16 Wie sind die **Aussenmauern** des Hauses isoliert?

3.16.1	keine Isolierung	❑
3.16.2	Hohlblockbauweise	❑
3.16.3	Aussenisolierung (z. B. durch Verkleidung)	❑
3.16.4	Innenisolierung (z. B. durch gedämmte Gipskartonplatten)	❑
3.16.5	nicht bekannt	❑

3.17 Wie sind die **Aussenmauern** bzw. das **Dach** des Hauses isoliert?

3.17.1	keine Isolierung	❑
3.17.2	Isolierung vorhanden	❑
3.17.3	nicht bekannt	❑

3.18 Bemerkungen (z. B. Risse im Putz, verdeckte Wasserschäden, Salzausblühungen, defekte Regenrinne/-fallrohre bzw. Dachziegel):_____

3.19	In welcher **Umgebung** befindet sich das Haus/Gebäude (≤ 2 km) ?	
3.19.1	ländlich	❑
3.19.2	städtisch (Vorort)	❑
3.19.3	städtisch (Zentrum)	❑
3.19.4	schwacher Verkehr	❑
3.19.5	starker Verkehr	❑
3.19.6	Schwerindustrie	❑
3.19.7	Chemische Industrie	❑
3.19.8	Industriegebiet	❑
3.20	Bemerkungen: _____	

3.21	Befindet sich in der **Umgebung** des Hauses	
3.21.1	bis zu 20 m Entfernung	
3.21.1.1	ein Komposthaufen	❑
3.21.1.2	ein Misthaufen	❑
3.21.1.3	eine Biomülltonne	❑
3.21.1.4	sonstige Quellen	❑
3.21.1.5	wenn ja, welche _____	
3.21.2	bis zu 500 m Entfernung	
3.21.2.1	ein Kompostwerk	❑
3.21.2.2	eine Gärtnerei	❑
3.21.2.3	eine Kläranlage	❑
3.21.2.4	sonstige Quellen	❑
3.21.2.5	wenn ja, welche _____	
3.22	Bemerkungen: _____	

3.23	**Bebauungsdichte** *Mehrere Antworten möglich!*	
3.23.1	ländlich	❑
3.23.2	geringe Bebauung (mit grossen unbebauten Flächen)	❑
3.23.3	lockere Bebauung (Ein- und Mehrfamilienhäuser)	❑
3.23.4	dichte Bebauung (Mehrfamilienhäuser) ohne Gewerbebetriebe	❑
3.23.5	dichte Bebauung (Mehrfamilienhäuser) mit Gewerbebetrieben	❑
3.23.6	Strassenschlucht	❑
3.24	Bemerkungen: _____	

		Raum 1	Raum 2	Raum 3	Raum 4	Raum 5
3.25	Fläche des Raumes	l_l_l_l$_1$ m^2	l_l_l_l$_2$ m^2	l_l_l_l$_3$ m^2	l_l_l_l$_4$ m^2	l_l_l_l$_5$ m^2
3.26	Höhe des Raumes	l_l_l_l$_1$ cm	l_l_l_l$_2$ cm	l_l_l_l$_3$ cm	l_l_l_l$_4$ cm	l_l_l_l$_5$ cm

3.27 Anzahl der Räume insgesamt l_l_l

3.28 Fläche der Räume insgesamt l_l_l_l_l m^2

3.29 Bemerkungen: _____

3.30 In welcher **Etage** des Hauses befinden sich die zu beurteilenden Räume?

		Raum 1	Raum 2	Raum 3	Raum 4	Raum 5
3.30.1	Souterrain/Keller	❑$_1$	❑$_2$	❑$_3$	❑$_4$	❑$_5$
3.30.2	Erdgeschoss	❑$_1$	❑$_2$	❑$_3$	❑$_4$	❑$_5$
3.30.3	1. Etage	❑$_1$	❑$_2$	❑$_3$	❑$_4$	❑$_5$
3.30.4	2. Etage	❑$_1$	❑$_2$	❑$_3$	❑$_4$	❑$_5$
3.30.5	3. Etage	❑$_1$	❑$_2$	❑$_3$	❑$_4$	❑$_5$
3.30.6	4. Etage oder höher	❑$_1$	❑$_2$	❑$_3$	❑$_4$	❑$_5$
3.30.7	unter dem Dach	❑$_1$	❑$_2$	❑$_3$	❑$_4$	❑$_5$
3.30.8	im ausgebauten Dachgeschoss	❑$_1$	❑$_2$	❑$_3$	❑$_4$	❑$_5$

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	❑1	❑2	❑3	❑4	❑5
3.34.2	Ost	❑1	❑2	❑3	❑4	❑5
3.34.3	West	❑1	❑2	❑3	❑4	❑5
3.34.4	Süd	❑1	❑2	❑3	❑4	❑5

3.35 Bemerkungen: _____

		Raum 1	Raum 2	Raum 3	Raum 4	Raum 5
3.36	Ist der untersuchte Raum ein Eckraum?	❑1	❑2	❑3	❑4	❑5
3.37	Die Aussenwände sind in diesem Raum nach Himmelsrichtung(en) ausgerichtet					
3.37.1	Nord	❑1	❑2	❑3	❑4	❑5
3.37.2	Ost	❑1	❑2	❑3	❑4	❑5
3.37.3	West	❑1	❑2	❑3	❑4	❑5
3.37.4	Süd	❑1	❑2	❑3	❑4	❑5
3.38	Der Raum ist innenliegend ohne Fenster	❑1	❑2	❑3	❑4	❑5

3.39 Bemerkungen: _____

3.40 Art der **Fenster**

		Raum 1	Raum 2	Raum 3	Raum 4	Raum 5
3.40.1	Fensterfläche	l_l_l_l1m²	l_l_l_l2m²	l_l_l_l3m²	l_l_l_l4m²	l_l_l_l5m²
3.40.2	Einscheibenfenster	❑1	❑2	❑3	❑4	❑5
3.40.3	Kastendoppel-/2-Rahmenfenster	❑1	❑2	❑3	❑4	❑5
3.40.4	Isolierverglasung, Thermofenster, Schallschutzfenster	❑1	❑2	❑3	❑4	❑5
3.40.5	keine Fenster	❑1	❑2	❑3	❑4	❑5
3.40.6	Wintergarten	❑1	❑2	❑3	❑4	

3.41 Wie erfolgt die Belüftung der Räume ohne Fenster

3.41.1	aktive Lüftung:	❑1	❑2	❑3	❑4	❑5
3.41.2	passiv (Kaminanschluss):	❑1	❑2	❑3	❑4	❑5

3.41.3 Wie und wann erfolgte die Reinigung des Lüftungsschachtes: _____

3.42 Bemerkungen: _____

3.43 Womit ist der **Fussboden** des Zimmers belegt?

		Raum 1	Raum 2	Raum 3	Raum 4	Raum 5
3.43.1	Stein, Fliesen, Estrich	❑1	❑2	❑3	❑4	❑5
3.43.2	Parkett, Kork, Stirnholz	❑1	❑2	❑3	❑4	❑5
3.43.3	Linoleum, PVC etc.	❑1	❑2	❑3	❑4	❑5
3.43.4	kurzfloriger Teppichboden	❑1	❑2	❑3	❑4	❑5
3.43.5	hochfloriger Teppichboden	❑1	❑2	❑3	❑4	❑5
3.43.6	Laminat	❑1	❑2	❑3	❑4	❑5
3.43.7	lose Teppiche (m²)	l_l,l_l1	l_l,l_l2	l_l,l_l3	l_l,l_l4	l_l,l_l5m²
3.43.8	Gumminoppen	❑1	❑2	❑3	❑4	❑5

3.44 Bemerkungen: _____

3.45 Material der **Innenwand**:

		Raum 1	Raum 2	Raum 3	Raum 4	Raum 5
3.45.1	Beton	❑$_1$	❑$_2$	❑$_3$	❑$_4$	❑$_5$
3.45.2	Putz	❑$_1$	❑$_2$	❑$_3$	❑$_4$	❑$_5$
3.45.3	Gips	❑$_1$	❑$_2$	❑$_3$	❑$_4$	❑$_5$
3.45.4	Holz	❑$_1$	❑$_2$	❑$_3$	❑$_4$	❑$_5$
3.45.5	Dämmaterial	❑$_1$	❑$_2$	❑$_3$	❑$_4$	❑$_5$
3.45.6	Glasfasertapete	❑$_1$	❑$_2$	❑$_3$	❑$_4$	❑$_5$
3.45.7	Schaumstoff(Vinyl-)tapete	❑$_1$	❑$_2$	❑$_3$	❑$_4$	❑$_5$
3.45.8	sonstige Tapeten	❑$_1$	❑$_2$	❑$_3$	❑$_4$	❑$_5$
3.45.9	Fliessen, Kacheln	❑$_1$	❑$_2$	❑$_3$	❑$_4$	❑$_5$
3.45.10	Ziegel-, Backsteine	❑$_1$	❑$_2$	❑$_3$	❑$_4$	❑$_5$
3.45.11	Glasbausteine	❑$_1$	❑$_2$	❑$_3$	❑$_4$	❑$_5$
3.45.12	Kalksandstein	❑$_1$	❑$_2$	❑$_3$	❑$_4$	❑$_5$
3.45.13	Teppiche (m^2)	I_I,I_I$_1$	I_I,I_I$_2$	I_I,I_I$_3$	I_I,I_I$_4$	I_I,I_I$_5$m²
grosser Schrank bzw. Schrankwand an der Aussenwand		❑$_1$	❑$_2$	❑$_3$	❑$_4$	❑$_5$
3.45.14	sonstige:	❑$_1$	❑$_2$	❑$_3$	❑$_4$	❑$_5$

3.46 Bemerkungen: _____

3.47 Material der **Decke**:

		Raum 1	Raum 2	Raum 3	Raum 4	Raum 5
3.47.1	Beton	❑$_1$	❑$_2$	❑$_3$	❑$_4$	❑$_5$
3.47.2	Putz	❑$_1$	❑$_2$	❑$_3$	❑$_4$	❑$_5$
3.47.3	Gips	❑$_1$	❑$_2$	❑$_3$	❑$_4$	❑$_5$
3.47.4	Holz	❑$_1$	❑$_2$	❑$_3$	❑$_4$	❑$_5$
3.47.5	Dämmaterial	❑$_1$	❑$_2$	❑$_3$	❑$_4$	❑$_5$
3.47.6.	Pressspann	❑$_1$	❑$_2$	❑$_3$	❑$_4$	❑$_5$
3.47.7	Deckenplatten	❑$_1$	❑$_2$	❑$_3$	❑$_4$	❑$_5$
3.47.8	Kunststoff	❑$_1$	❑$_2$	❑$_3$	❑$_4$	❑$_5$
3.47.9	Heraklitplatten	❑$_1$	❑$_2$	❑$_3$	❑$_4$	❑$_5$
3.47.10	sonstige:	❑$_1$	❑$_2$	❑$_3$	❑$_4$	❑$_5$

3.48 Bemerkungen: _____

3.49 Material der **abgehangenen Decke**:

		Raum 1	Raum 2	Raum 3	Raum 4	Raum 5
3.49.1	Gips	❑$_1$	❑$_2$	❑$_3$	❑$_4$	❑$_5$
3.49.2	Holz	❑$_1$	❑$_2$	❑$_3$	❑$_4$	❑$_5$
3.49.3	Dämmaterial	❑$_1$	❑$_2$	❑$_3$	❑$_4$	❑$_5$
3.49.4	Pressspann	❑$_1$	❑$_2$	❑$_3$	❑$_4$	❑$_5$
3.49.5.	Deckenplatten	❑$_1$	❑$_2$	❑$_3$	❑$_4$	❑$_5$
3.49.6	Kunststoff	❑$_1$	❑$_2$	❑$_3$	❑$_4$	❑$_5$
3.49.7	Heraklitplatten	❑$_1$	❑$_2$	❑$_3$	❑$_4$	❑$_5$
3.49.8	Metallamellen	❑$_1$	❑$_2$	❑$_3$	❑$_4$	❑$_5$
3.49.9	sonstige:	❑$_1$	❑$_2$	❑$_3$	❑$_4$	❑$_5$

3.50 Bemerkungen: _____

3.51	Was befindet sich unter dem **Boden** der Wohnung?	
3.51.1	Bewohnte Wohnung	❑
3.51.2	unbewohnte Wohnung, bzw. Souterrain, Keller	❑
3.51.3	Fundament, Erde	❑
3.52	Bemerkung (z. B. Maisonette): _____	

3.53	Was befindet sich oberhalb der **Decke** der Wohnung?	
3.53.1	bewohnte Wohnung	❑
3.53.2	unbewohnte Wohnung bzw. Dachboden	❑
3.53.3	Aussenluft, Decke ist Teil der Dachkonstruktion	❑
3.54	Bemerkungen: _____	

4 Raumnutzer allgemein

4.1 Raumnutzer und ihre Aktivitäten

4.1.1	Personenzahl	
4.1.1.1	übliche Wohnungs-/Raumbelegung Personen	I_I_I_I_I_I
4.1.1.2	während der Probenahme hielten sich Personen in der Wohnung bzw. den Räumen auf	I_I_I_I_I_I
4.1.2	Tabakrauch	
4.1.2.1	wieviel Raucher befinden sich in der Wohnung bzw. den Räumen	I_I_I_I_I_I
4.1.2.2	durchschnittlich pro Tag in der Wohnung bzw. in dem Gebäude konsumierte Tabakmenge	
4.1.2.2.1	Zigaretten	I_I_I_I_I_I
4.1.2.2.3	Zigarren	I_I_I_I_I_I
4.1.2.2.4	Pfeifen	I_I_I_I_I_I
4.1.2.3	Es wurde vor Beginn der Untersuchung im Raum geraucht	❑
4.1.2.4	Es wurde während der Untersuchung im Raum geraucht	❑

4.2	Wieviele Menschen schlafen in den einzelnen Räumen?
4.2.1	Raum 1: I_I
4.2.2	Raum 2: I_I
4.2.3	Raum 3: I_I
4.2.4	Raum 4: I_I
4.2.5	Raum 5: I_I
4.3	Bemerkungen (z. B. schlafen mehrere Personen in einem Bett): _____

4.4	Art der **Schlafgelegenheit**					
		Raum 1	Raum 2	Raum 3	Raum 4	Raum 5
4.4.1	Bett	❑1	❑2	❑3	❑4	❑5
4.4.2	Stockbett	❑1	❑2	❑3	❑4	❑5
4.4.3	Liege oder ähnliches	❑1	❑2	❑3	❑4	❑5
4.4.4	Matratze direkt auf dem Boden	❑1	❑2	❑3	❑4	❑5
4.5	Bemerkungen: _____					

		Raum 1	Raum 2	Raum 3	Raum 4	Raum 5
4.6	**Fläche** der Matratze bzw. Schlaffläche	l_l,l_l1	l_l,l_l2	l_l,l_l3	l_l,l_l4	l_l,l_l5m²
4.7	Materialien der Matratze					
4.7.1	Schaumstoff	❑1	❑2	❑3	❑4	❑5
4.7.2	Rosshaar	❑1	❑2	❑3	❑4	❑5
4.7.3	Federkern	❑1	❑2	❑3	❑4	❑5
4.7.4	Latex	❑1	❑2	❑3	❑4	❑5
4.7.5	Wasserbett	❑1	❑2	❑3	❑4	❑5
4.7.6	weiss nicht	❑1	❑2	❑3	❑4	❑5
4.8	Alter d. Matratze	l_l_l1	l_l_l2	l_l_l3	l_l_l4	l_l_l5Jahre
4.9	Gesamtfläche der Matratzen?	l_l_l,l_l1	l_l_l,l_l2	l_l_l,l_l3	l_l_l,l_l4	l_l_l,l_l5m²
4.10	Besteht **Luftzirkulation** zwischen der Matratze und dem Fussboden?	❑1	❑2	❑3	❑4	❑5
4.11	Ist die Matratze mit einem **allergen- und milbendichten Bezug** umhüllt?	❑1	❑2	❑3	❑4	❑5
4.12	Bemerkungen: _____					

		Raum 1	Raum 2	Raum 3	Raum 4	Raum 5
4.13	Befinden sich **Sessel** oder andere **Polstermöbel** in	❑1	❑2	❑3	❑4	❑5
4.14	Falls **ja**, aus welchem Material sind diese?					
4.14.1	glatte Oberfläche, Kunststoff, Skai	❑1	❑2	❑3	❑4	❑5
4.14.2	gewobener Stoff, Wolle, Baumwolle	❑1	❑2	❑3	❑4	❑5
4.14.3	Kunstfaser	❑1	❑2	❑3	❑4	❑5
4.15	Wurden neue Möbel innerhalb der letzten 3 Monate aufgestellt?					
4.16	Wenn ja welche: _____					
4.17	Bemerkungen: _____					

		Gibt es **Haustiere** in der Wohnung?	Gab es in der Vergangenheit **Haustiere** in der Wohnung?
4.18	Ja	❑1	❑2
4.19	Falls **ja**, welche?		
4.19.1	Hund	❑1	❑2
4.19.2	Katze	❑1	❑2
4.19.3	Vogel	❑1	❑2
4.19.4	Aquarium	❑1	❑2
4.19.5	andere (z.B. Ratte, Meerschweinchen)	❑1	❑2

4.20 Bemerkungen: _____

5 Reinigungsgewohnheiten/Müllentsorgung

5.1 Wie häufig wird die Wohnung bzw. Räume **gereinigt** ❑1 **bzw. desinfiziert** ❑2?

		Fussboden saugen	Fussboden wischen	Staub wischen der Möbel
5.1.1	Mehr als zweimal die Woche	❑1	❑2	❑3
5.1.2	ein- bis zweimal die Woche	❑1	❑2	❑3
5.1.3	weniger als einmal die Woche	❑1	❑2	❑3

5.2 Reinigungsmittel _____

5.3 Desinfektionsmittel _____

5.4 Bemerkungen: _____

		Raum 1	Raum 2	Raum 3	Raum 4	Raum 5
5.5	Sind **Gardinen** vorhanden?	❑1	❑2	❑3	❑4	❑5
5.6	Falls **ja**, wie häufig werden diese gewaschen?					
5.6.1	monatlich oder häufiger				❑	
5.6.2	1 mal im Quartal				❑	
5.6.3	2 mal jährlich				❑	
5.6.4	1 mal jährlich				❑	
5.6.5	seltener				❑	

5.7 Bemerkungen: _____

5.8 Bei welcher **Temperatur** waschen Sie die Bettwäsche überwiegend?

5.8.1	kochend 90° C	❑
5.8.2	heiss 60 °C	❑
5.8.3	warm 30°C - 40°C	❑
5.8.4	kalt	❑
5.8.5	Bettwäsche wird ausser Haus gewaschen	❑
5.8.6	weiss nicht	❑

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	$❑_1$	$❑_2$	$❑_3$
5.17.2	1 - 2 Wochen	$❑_1$	$❑_2$	$❑_3$
5.17.3	mehr als 2 Wochen	$❑_1$	$❑_2$	$❑_3$
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	**Fussbodenheitzung**	❑
6.9	Bemerkungen: _____	

6.10	Haben Sie in Ihrer Wohnung einen offenen **Kamin**, einen **Kaminofen** oder **Beistellherd**?	❑
6.11	Falls **ja**, wie oft benutzen Sie ihn während der Monate von Oktober bis April?	
6.11.1	(fast) nie	❑
6.11.2	1-2 mal im Monat	❑
6.11.3	1-2 mal in der Woche	❑
6.11.4	(fast) täglich	❑
6.12	Bemerkungen: _____	

6.13	Benutzen Sie **Gas**	
6.13.1	zum Kochen?	❑
6.13.2	zum Warmwasserbereiten (mittels Boiler/Durchlauferhitzer)?	❑
6.14	Gibt es für den Kochherd einen besonderen Abzug (Dunstabzug) nach draussen?	❑
6.15	Bemerkungen: _____	

6.16	Wird eine **Raumlufttechnische Anlage**/**Klimaanlage** verwendet?	❑
6.17	Wird ein PASSIVER Luftbefeuchter (mit Wasser gefüllte Gefässe, oder ein Zimmerspringbrunnen) verwendet?	❑
6.18	Wird ein AKTIVER Luftbefeuchter (Verdunster, Vernebler) verwendet?	❑
6.19	Welches Prinzip? _____	
6.20	Falls ein aktiver Luftbefeuchter verwendet wird, wie häufig wird er benutzt?	
6.20.1	täglich	❑
6.20.2	mehrmals die Woche	❑
6.20.3	1 mal pro Woche	❑
6.20.4	1 mal pro Monat	❑
6.20.5	seltener	❑
6.21	Wird die Anlage gewartet	❑

6.22		das Filter gewechselt	das Filter gereinigt	Luftbe-/entfeuchtung ausgetauscht	Luftbe-/entfeuchtung gereinigt
	Wie oft				
6.22.1	wöchentlich	❑$_1$	❑$_2$	❑$_3$	❑$_4$
6.22.2	monatlich	❑$_1$	❑$_2$	❑$_3$	❑$_4$
6.22.3	2 mal jährlich	❑$_1$	❑$_2$	❑$_3$	❑$_4$
6.22.4	jährlich	❑$_1$	❑$_2$	❑$_3$	❑$_4$
6.22.5	alle 5 Jahre	❑$_1$	❑$_2$	❑$_3$	❑$_4$
6.22.6	andere Abstände	_____	_____	_____	_____

6.23	Wo befindet sich die Luftansaugung für die Raumlufttechnische Anlage? _____	
6.24	Befindet sich Restwasser in der Anlage?	❑
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	❑$_1$	❑$_2$	❑$_3$	❑$_4$	❑$_5$	❑$_6$	❑$_7$	❑$_8$	❑$_9$	❑$_{10}$
6.30.2	ca. 20°C	❑$_1$	❑$_2$	❑$_3$	❑$_4$	❑$_5$	❑$_6$	❑$_7$	❑$_8$	❑$_9$	❑$_{10}$
6.30.3	> 22°C	❑$_1$	❑$_2$	❑$_3$	❑$_4$	❑$_5$	❑$_6$	❑$_7$	❑$_8$	❑$_9$	❑$_{10}$

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 **Feuchtigkeitsflecken** wahrnehmbar?

		Raum 1	Raum 2	Raum 3	Raum 4	Raum 5
7.4.1	Ja, gesamte Fläche kleiner als 200 cm^2	❑1	❑2	❑3	❑4	❑5
7.4.2	Ja, gesamte Fläche zwischen 200 bis 500 cm^2	❑1	❑2	❑3	❑4	❑5
7.4.3	Ja, gesamte Fläche zwischen 500 cm^2 bis 1 m^2	❑1	❑2	❑3	❑4	❑5
7.4.4	Ja, gesamte Fläche grösser als 1m^2	❑1	❑2	❑3	❑4	❑5
7.4.5	Nein, nicht wahrnehmbar	❑1	❑2	❑3	❑4	❑5

7.5 Sind abgetrocknete **Feuchtigkeitsflecken** wahrnehmbar?

7.5.1	Ja, gesamte Fläche kleiner als 200 cm^2	❑1	❑2	❑3	❑4	❑5
7.5.2	Ja, gesamte Fläche zwischen 200 bis 500 cm^2	❑1	❑2	❑3	❑4	❑5
7.5.3	Ja, gesamte Fläche zwischen 500 cm^2 bis 1 m^2	❑1	❑2	❑3	❑4	❑5
7.5.4	Ja, gesamte Fläche grösser als 1m^2	❑1	❑2	❑3	❑4	❑5
7.5.5	Nein, nicht wahrnehmbar	❑1	❑2	❑3	❑4	❑5

7.6 Bemerkungen: _____

7.7 Sind **Schimmelflecke** wahrnehmbar?

		Raum 1	Raum 2	Raum 3	Raum 4	Raum 5
7.7.1	Ja, gesamte Fläche kleiner als 20 cm^2	❑1	❑2	❑3	❑4	❑5
7.7.2	Ja, gesamte Fläche grösser als 20 cm^2 kleiner als 0,5 m^2	❑1	❑2	❑3	❑4	❑5
7.7.3	Ja, gesamte Fläche grösser als 0,5 m^2	❑1	❑2	❑3	❑4	❑5
7.7.4	geschätzte	m^2 ___	m^2 ___	m^2 ___	m^2 ___	m^2 ___
7.7.4	Art des Befalls					
	punktförmiges Wachstum	❑1	❑2	❑3	❑4	❑5
	rasenartiges Wachstum	❑1	❑2	❑3	❑4	❑5
	hinter einer geschlossenen Fläche z. B. Fussbodenbelag	❑1	❑2	❑3	❑4	❑5
	sonstiger, wenn ja welcher _____					
7.7.5	Nein, nicht wahrnehmbar	❑1	❑2	❑3	❑4	❑5

7.7.6 Bemerkungen: _____

8 Schädlingsbekämpfungsmassnahmen

8.1 Wurden Massnahmen zur **Bekämpfung** von **Schädlingen** (z.B. Ameisen, Küchenschaben) in den Räumen durchgeführt? ❑

8.2Wenn ja, wann und womit? _____

8.3Wurde eine Holzschutzmittel-Behandlung der Dachkonstruktion vorgenommen? ❑

8.4Wenn ja, wann und womit? _____

8.5Bemerkungen: _____

8.6	Haben Sie einen **Elektroverdampfer** mit Pellets gegen Insekten verwendet, die beispielsweise in die Steckdose gesteckt werden?	Raum 1	Raum 2	Raum 3	Raum 4	Raum 5
		❑$_1$	❑$_2$	❑$_3$	❑$_4$	❑$_5$
8.7	Wenn ja, wann? _____					
8.8	Bemerkungen: _____					

8.9	Haben Sie in den letzten 2 Monaten Mittel zur **Abtötung von Hausstaubmilben** angewandt?	❑
8.10	Wenn ja, wann? _____	
8.11	Bemerkungen: _____	

9 Ausstattung und Besonderheiten

9.1	Wieviele **Topfpflanzen** befinden sich im Raum?	Raum 1	Raum 2	Raum 3	Raum 4	Raum 5
9.1.1	Hydrokultur					
9.1.1.1	unter 5	❑$_1$	❑$_2$	❑$_3$	❑$_4$	❑$_5$
9.1.1.2	5 - 10	❑$_1$	❑$_2$	❑$_3$	❑$_4$	❑$_5$
9.1.1.3	mehr als 10	❑$_1$	❑$_2$	❑$_3$	❑$_4$	❑$_5$
9.1.2	Erde					
9.1.2.1	unter 5	❑$_1$	❑$_2$	❑$_3$	❑$_4$	❑$_5$
9.1.2.2	5 - 10	❑$_1$	❑$_2$	❑$_3$	❑$_4$	❑$_5$
9.1.2.3	mehr als 10	❑$_1$	❑$_2$	❑$_3$	❑$_4$	❑$_5$

9.2 Bemerkungen: _____

10 andere Belastungen

10. 1	Liegen weitere Schadstoffbelastungen vor?	❑
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 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 m2, 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 Arbeitschutzes (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.

Schutzmassnamen 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 Arbeitsschutzmassnamen 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 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. $3m^2$ 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 Leitfaden „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^2. 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 Ölofen 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 verwahrlosten 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 ±3°C sowie bei 37°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 dichtschliessende Gefässe bzw. dichtschliessende Tüten verpackt. Die Tapetenstücke wurden ebenfalls mit Einmalhandschuhen und mit Hilfe einer Spachtel und einer Pinzette von der Wand abgenommen und in eine dichtschliessende Tüte verpackt. Die Probenahme wird mit sterilen Geräten und Verpackungsmaterialen 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 ±3°C bebrütet und nach 3, 5 und 7 Tagen ausgewertet.

4.3 Klebefilmabrisspräparat

Im Gegensatz zu den Abklatschproben wurden mit dem Klebefilmabrisspräparat 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 ±3°C sowie bei 37°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 Standardpilzährboden. 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 1m^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 ±3°C sowie bei 37°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
Probevolumen:	120 bis 240 l

Direkt nach der Probenahme wurden die Adsorbtionsröhrchen 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
Trägergas:	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 ^{2} ; 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 ^{2} ; 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^2

P2.3 Abklatschprobe : Wohnzimmer; Entnahmestelle: Aussenwand unter dem Fenster in der Mitte; über der Sockelleiste; entspricht ca. 2,5 m^2

5.3 Klebefilmabrisspräparat:

P3.1 Wohnzimmer, Wand zwischen Fenster und Schrank, ca. in 1,5 m Höhe

5.4 Luftmessungen

Probe	Probenahmeort	Nährmedium					
		DG 18		Malzextrakt-Agar			
		Bebrütungstemperatur					
		28±3°C		28±3°C	37°C	28±3°C	37°C
		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	Aspergillus versicolor Penicillium chrysogenum Alternaria alternata Rhizopus stolonifer Acremonium strictum Cladosporium herbarum	3000 800 500 200 400 100
P1.1 Tapete	MEA	Aspergillus versicolor Trichoderma viride **Stachybotrys chartarum** Penicillium chrysogenum Chaetomium globosum Alternaria alternata Rhizopus stolonifer	- 200 **500** - 200 - -
Summe KBE/g			**5900**
P1.2 Gipsputz 0-1cm Tiefe	DG-18	Aspergillus versicolor Penicillium spezies Aspergillus niger Trichoderma viride Alternaria spezies Cladosporium spezies Chaetomium globosum Acremonium strictum	2500 500 300 300 100 100 100 100

P1.2 Gipsputz 0-1cm Tiefe	MEA	Trichoderma viride Aspergillus versicolor Penicillium spezies Fusarium spezies Chaetomium globosum Eurotium amstelodami	- - - 100 - 300
Summe KBE/g			**4400**
P1.3 Ziegelstein 1-3 cm	DG-18	Aspergillus versicolor Penicillium chrysogenum Trichoderma viride Mucor plumbeus Acremonium strictum	1200 500 400 200 200
P1.3 Ziegelstein 1-3 cm	MEA	Chaetomium globosum Rhizopus stolonifer Cladosporium spezies	100 100 200
Summe KBE/g			**2900**
P1.2 Gipsputz 1-3 cm	DG-18	Aspergillus versicolor Penicillium chrysogenum Trichoderma viride Eurotium herbariorum Acremonium strictum	1000 500 300 100 100
P1.2 Gipsputz 1-3 cm	MEA	Aspergillus versicolor Eurotium amstelodami Penicillium spezies Chaetomium globosum Trichoderma viride	- 100 200 200 -
Summe KBE/g			**2400**
P1.3 Ziegelstein 3-5 cm	DG-18	Penicillium chrysogenum Penicillium spezies Aspergillus versicolor Trichoderma viride	200 200 800 100
P1.3 Ziegelstein 3-5 cm	MEA	Aspergillus versicolor Penicillium spezies Ulocladium spezies Fusarium spezies Trichoderma viride	- - 100 200 -
Summe KBE/g			**1600**
P1.2 Gipsputz 3-5 cm	DG-18	Aspergillus versicolor Penicillium spezies Aspergillus niger Cladosporium spezies	400 200 100 100
P1.2 Gipsputz 3-5 cm	MEA	Aspergillus versicolor Penicillium spezies Aspergillus niger	- - -
Summe KBE/g			**800**

7.1.2 Abklatschproben (kultivierbare Pilze)

Probe	Nährmedium	Geschätzte Gesamt KBE/25 cm^2	Differenzierte Pilze	Geschätzte KBE
P2.1 Schlafzimmer Kleiderschrank/ Rückwand innen	Rosa-Bengal-Agar	Rasenbildung	Aspergillus versicolor Penicillium spezies, Alternaria spezies, Cladosporium spezies **Stachybotrys chartarum,** Chaetomium globosum, Fusarium spezies, Trichoderma viride	viel viel wenig wenig wenig wenig wenig wenig
P2.2 Schlafzimmer, Fensterlaibung	Rosa-Bengal-Agar	Rasenbildung	Alternaria spezies, Ulocladium spezies Cladosporium spezies, Aspergillus versicolor Chaetomium globosum, Penicillium spezies, Fusarium spezies	mäßig viel wenig viel mäßig viel mäßig viel mäßig viel wenig
P2.3 Wohnzimmer, unter Fenster	Rosa-Bengal-Agar	Rasenbildung	Aspergillus versicolor, Chaetomium globosum, Penicillium spezies, Cladosporium spezies, Aspergillus fumigatus	viel mäßig viel mäßig viel viel wenig

7.1.3 Klebefilmabrisspräparat (mikroskopische Differenzierung)

Probe	Differenzierte Pilze	Geschätzte KBE
P3.1 Wohnzimmer, Wand zwischen Fenster und Schrank	**Sporen von Stachybotrys chartarum,** **Chaetomium globosum,** Cladosporium spezies, Alternaria spezies, Fusarium spezies, steriles Mycel, nicht identifizierbare Sporen von Aspergillus- und Penicillium spezies	mäßig viel mäßig viel viel wenig wenig wenig viel

7.1.4 Luftproben kultivierbare Pilze

Probe	**Nährmedium**	**Differenzierte Pilze**	**KBE pro m^3**
P4.1 Wohnzimmer	DG18	Aspergillus versicolor Penicillium spezies Eurotium amstelodami	ca. 6000 ca. 1000 ca. 1000
	MEA	Aspergillusversicolor Penicillium spezies Penicillium chrysogenum Mucor racemosus	- - 500 200
Summe KBE/m^3			**Ca. 8700**
P4.2 Schlafzimmer	DG18	Aspergillus versicolor Eurotium amstelodami Penicillium spezies	ca. 6000 ca. 1000 ca. 1000
	MEA	Aspergillus versicolor Penicillium chrysogenum Mucor racemosus Penicillium spezies	- 500 200 -
Summe KBE/m^3			**Ca. 8700**
P4.3 Küche	DG18	Aspergillus versicolor Penicillium spezies Eurotium amstelodami	300 300 100
	MEA	Penicillium spezies Fusarium spezies Cladosporium spezies Aspergillus spezies	- 100 200 100
Summe KBE/m^3			**1100**
P4.4 Aussenluft	DG-18	Cladosporium spezies Penicillium spezies Sterile Kolonien	150 30 20
	MEA	Cladosporium spezies Penicillium spezies Sterile Kolonie	- - -
Summe KBE/m^3			**200**

7.1.5 Staubproben (kultivierbare Pilze)

Probe	Nährmedium	Differenzierte Pilze	KBE/g Staub
P5.1 Wohnzimmer Teppichboden, Auslegware, geschlossene Schlinge	DG-18	Aspergillus versicolor Eurotium herbariorum Hefen Aspergillus niger Penicillium spezies Acremonium spezies Cladosporium spezies Fusarium spezies Trichoderma viride Alternaria spezies	100 000 50 000 50 000 60 000 30 000 30 000 20 000 10 000 10 000 40 000
	MEA	Aspergillus versicolor Hefen Aspergillus niger Acremonium spezies Penicillium spezies, Fusarium spezies, Trichoderma viride	- - - - - - -
Summe KBE/g			**400000**
P5.2 Schlafzimmer, Matratze	DG-18	Aspergillus versicolor Hefen Mucor spezies Penicillium brevicompactum Cladosporium spezies Aspergillus spezies Penicillium spezies Rhizopus stolonifer Alternaria spezies	200 000 100 000 40 000 50 000 20 000 20 000 30 000 30 000 30 000
	MEA	Aspergillus versicolor Hefen Mucor spezies Penicillium brevicompactum Aspergillus niger Cladosporium spezies Eurotium amstelodami Penicillium spezies Rhizopus stolonifer Bysochlamys spezies	- - - - 500 - 1000 - - 500
Summe KBE /g			**522000**

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^2 nachgewiesen.
- Die Bestimmung der Einzel-MVOC ergab folgende Werte (Hauptindikatoren **fett**)

Verbindungen	Menge (µg/m³)
3-Methylfuran	**0,052**
Dimethyldisulfid	**0,019**
2-Pentanol	0,034
3-Methyl-1-butanol	**0,089**
1-Octen-3-ol	**0,067**
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[1] (Material-%)	u_f[2] (Material-%)	u/ u_f[3] (%)
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

sichtbare und nicht sichtbare Material-schäden	***Kategorie 1***	***Kategorie 2***	***Kategorie 3***
Schadensausmass	*keine bzw. sehr geringe Biomasse (z. B. geringe Oberflächen-schäden < 20 cm^2)*	*mittlere Biomasse; oberflächliche Aus-dehnung < 0,5 m^2, tiefere Schichten sind nur lokal begrenzt betroffen*	*grosse Biomasse; grosse flächige Ausdehnung > 0,5 m^2 , 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 sicht-bare Materialschäden	Kategorie 1	Kategorie 2	Kategorie 3
Schadensausmass	keine bzw. sehr geringe Biomasse (z. B. geringe Oberflächenschäden < 20 cm^2)	mittlere Biomasse; oberflächliche Ausdehnung < 0,5 m^2, tiefere Schichten sind nur lokal begrenzt betroffen	**grosse Biomasse; grosse flächige Ausdehnung > 0,5 m^2, auch tiefere Schichten sind betroffen**

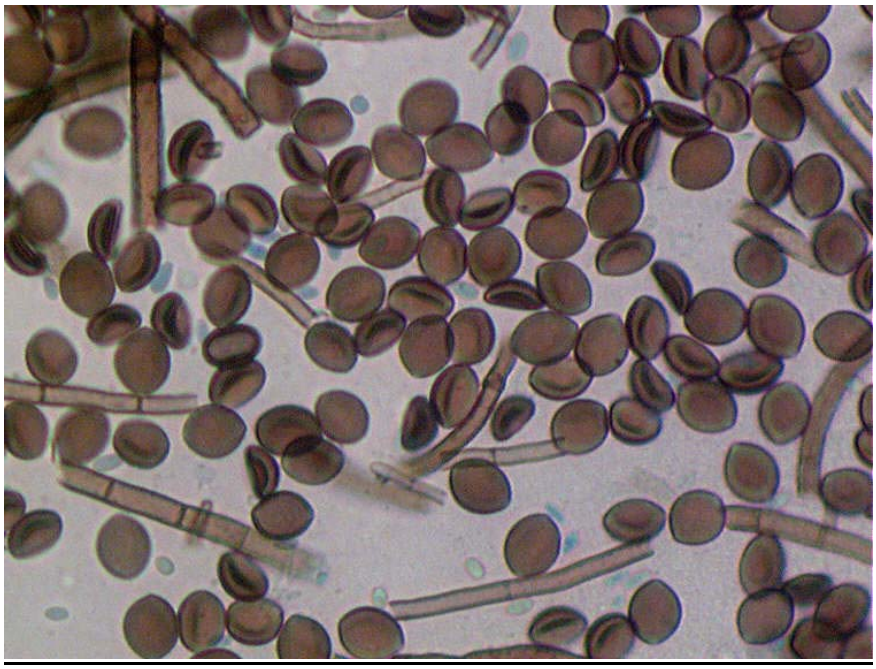
8.1.3 Beurteilung der Materialproben

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 Innenraumen 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^3). 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*** [1)]	***Innenraumquelle wahrscheinlich*** [2)]
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* $I_{typ\ A} \leq A_{typ\ A}$ *x 0,7 (+0,3)*	*Wenn die KBE einer Gattung in der Innenluft unter dem 1,5 ± 0,5 – fachen der Aussenluft liegen* $I_{typ\ A} \leq A_{typ\ A}$ *x 1,5 (± 0,5)*	*Wenn die KBE einer Gattung in der Innenluft über dem 2-fachen der Aussenluft liegen* $I_{typ\ A} > A_{typ\ A}$ *x 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)*

Σuntyp 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$^{3)}$)

Innenluft	Innenraumquelle unwahrscheinlich	Innenraumquelle nicht auszuschliessen[1)]	Innenraumquelle wahrscheinlich [2)]
Cladosporium sowie andere Pilzgattungen, die in der Aussenluft erhöhte Konzentrationen erreichen können z.B. sterile Myzelien, Hefen Alternaria, Botrytis	Wenn die KBE einer Gattung in der Innenluft unter dem 0,8 (+ 0,4) - fachen der Aussenluft liegen (Cladosporium) $I_{typ\ A} \leq A_{typ\ A}$ *x 0,8 (+0,4)*	Wenn die KBE einer Gattung in der Innenluft unter dem 1,5 ± 0,5 - fachen der Aussenluft liegen $I_{typ\ A} \leq A_{typ\ A}$ *x 1,5 (± 0,5)*	**Wenn die KBE einer Gattung in der Innenluft über dem 2-fachen der Aussenluft liegen ,** $I_{typ\ A} > A_{typ\ A}$ **x 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 (Aspergillus versicolor, Chaetomium spezies) $I_{Euntyp\ A} \leq A_{Euntyp\ A}$ *+ 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 *(KÜCHE)***	**Wenn die Differenz der KBE von Aussen- zu Innenluft der untypischen Aussenluft-Spezies über 100 liegt** $I_{Euntyp\ A} > A_{Euntyp\ A}$ **+ 100 *(WOHN-SCHLAFZIMMER)***

[1)] Indiz für Quellensuche, [2)] 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, 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[1)]***	***Innenraumquelle wahrscheinlich [2)]***
Konzentrationen häufiger Pilzgattungen bzw. Arten im Staub KBE/m²			
Cladosporium 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*
Penicillium spp.	*< 40 000*	*> 40 000 ≤ 80 000*	*> 80 000*
Aureobasidium spp.	*< 10 000*	*> 10 000 ≤ 20 000*	*> 20 000*
Aspergillus spp.	*< 20 000*	*> 20 000 ≤ 40 000*	*> 40 000*
Aspergillus fumigatus	*< 3 000*	*> 3 000 ≤ 15 000*	*> 15 000*
Aspergillus niger	*< 3 000*	*> 3 000 ≤ 15 000*	*> 15 000*
Aspergillus versicolor	*< 5 000*	*> 5 000 ≤ 20 000*	*> 20 000*
Alternaria spp.	*< 10 000*	*> 10 000 ≤ 30 000*	*> 30 000*
Eurotium 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 Mischpopulation*	*Konzentration an Feuchte-Indikatoren erhöht*	*Überwiegend Indikatorkeime*
*Gesamt-KBE **ohne** **Aureobasidium spp.** **Cladosporium spp.** Penicillium spp. Hefen sterile Kolonien*	*< 20 000*	*> 20 000 ≤ 60 000*	*> 60 000*
Gesamt-KBE (Winter)	*< 50 000*	*> 50 000 ≤ 120 000*	*> 120 000*
Gesamt-KBE (Sommer)	*< 250 000*	*> 250 000 ≤ 600 000*	*> 600 000*

[1)] Indiz für Quellensuche
[2)] 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 1m²)

Staubuntersuchung Proben ungesiebt,	**Hintergrund-belastung** **Innenraumquelle unwahrscheinlich**	**Innenraumquelle nicht auszuschliessen**[1)]	**Innenraumquelle wahrscheinlich** [2)]
Konzentrationen typischer Pilzgattungen bzw. Arten im Staub KBE/m²			
Cladosporium 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
Penicillium spp. *	< 40 000	> 40 000 ≤ 80 000	> 80 000
Aureobasidium spp. *	< 10 000	> 10 000 ≤ 20 000	> 20 000
Aspergillus spp. *	< 20 000	> 20 000 ≤ 40 000	> 40 000
Aspergillus fumigatus	< 3 000	> 3 000 ≤ 15 000	> 15 000
Aspergillus niger	< 3 000	> 3 000 ≤ 15 000	**> 15 000**
Aspergillus versicolor	< 5 000	> 5 000 ≤ 20 000	**> 20 000**
Alternaria spp.	< 10 000	> 10 000 ≤ 30 000	**> 30 000**
Eurotium 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 Mischpopulation	Konzentration an Feuchte-Indikatoren erhöht	Überwiegend Indikatorkeime
Gesamt-KBE ohne Aureobasidium spp. Cladosporium spp. Penicillium spp. **Hefen** sterile Kolonien	< 20 000	**> 20 000 ≤ 60 000**	**> 60 000**
Gesamt-KBE (Winter) **Gesamt-KBE (Sommer)**	< 50 000 < 250 000	**> 50 000 ≤ 120 000** > 250 000 ≤ 600 000	> 120 000 > 600 000

[1)] Indiz für Quellensuche
[2)] 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 $1m^2$)

Staubuntersuchung Proben ungesiebt,	**Hintergrund-belastung** **Innenraumquelle unwahrscheinlich**	**Innenraumquelle nicht auszuschliessen**[1)]	**Innenraumquelle wahrscheinlich** [2)]
Konzentrationen typischer Pilzgattungen bzw. Arten im Staub KBE/m^2			
Cladosporium 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
Penicillium spp. *	< 40 000	**> 40 000 ≤ 80 000**	> 80 000
Aureobasidium spp. *	< 10 000	> 10 000 ≤ 20 000	> 20 000
Aspergillus spp. *	< 20 000	> 20 000 ≤ 40 000	> 40 000
Aspergillus fumigatus	< 3 000	> 3 000 ≤ 15 000	> 15 000
Aspergillus niger	< 3 000	> 3 000 ≤ 15 000	> 15 000
Aspergillus versicolor	< 5 000	> 5 000 ≤ 20 000	**> 20 000**
Alternaria spp.	< 10 000	> 10 000 ≤ 30 000	**> 30 000**
Eurotium 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 Mischpopulation	Konzentration an Feuchte-Indikatoren erhöht	Überwiegend Indikatorkeime
Gesamt-KBE ohne Aureobasidium spp. Cladosporium spp. Penicillium spp. **Hefen** sterile Kolonien	< 20 000	**> 20 000 ≤ 60 000**	**> 60 000**
Gesamt-KBE (Winter) **Gesamt-KBE (Sommer)**	< 50 000 < 250 000	**> 50 000 ≤ 120 000** > 250 000 ≤ 600 000	> 120 000 > 600 000

[1)] Indiz für Quellensuche
[2)] 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 überwiegendem 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-Metylfuran, 2-Pentylfuran, 2-Methyl-1-propanol, 2-Pentanol, 3-Metyl-1-butanol, 2-Metyl-1-butanol, 1-Okten-3-ol, 3-Oktanol, Dimethylsulfid, Dimetyldisulfid, Dimethylsulfoxid, 2-Hexanon, Etyl-2-metylbutyrat, 2-Heptanon, 3-Oktanon, 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, 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").

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

	Kein Nachweis eines Hauptindikators	***0,05 bis 0,10 µg/m³ bei mindestens einem Hauptindikator***	***> 0,10 µg/m³ bei mindestens einem Hauptindikator***
Summenkonzentration ≤ 0,5 µg/m³	*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.*
Summenkonzentration > 0,5 bis 1,0 µg/m³	*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.*
Summenkonzentration > 1,0 µg/m³	*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

	Kein Nachweis eines Hauptindikators	**0,05 bis 0,10 µg/m³ bei mindestens einem Hauptindikator**	**> 0,10 µg/m³ bei mindestens einem Hauptindikator**
Summenkonzentration ≤ 0,5 µg/m³	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.
Summenkonzentration > 0,5 bis 1,0 µg/m³	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.
Summenkonzentration > 1,0 µg/m³	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 ermöglich allerdings keine Aussage darüber ob in der Küche ein aktiver Befall vorliegt**.**

9 Zusammenfassung der Ergebnisse

Die gravimetrische Bestimmmung 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 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 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 m2, 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 Arbeitschutzes (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.

Schutzmassnamen 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 Arbeitsschutzmassnamen 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 *15, 80, 81*
2-Heptanon *15, 80, 81, 82*
2-Hexanon *15, 80, 81, 82*
2-Methyl-1-propanol *15, 80, 82*
2-Methylfuran *15, 80*
2-Metyl-1-butanol *15, 80*
2-Pentanol *15, 80, 81*
2-Pentylfuran *80*
3-Metyl-1-butanol *15, 80, 81, 82*
3-Metylfuran *15, 80, 81*
3-Oktanol *15, 80*
3-Oktanon *15, 80, 81, 82*
Abklatsch *35, 43, 44, 45*
Acremonium spp. *69, 73, 90. 91. 94*
Adenosintriphosphat (ATP) *47*
Adsorbtionsröhrchen *64, 65, 66*
aerodynamischer Durchmesser *49*
Aflatoxin *21,22,28, 29, 94*
AFPA-Agar *53*
Agar *43, 44,45,53,59,84,89,91*
Aktivkohle *64, 65*
Allergie *7, 9, 10, 16, 17, 18, 19, 20, 26, 27, 30, 42, 70, 93, 96, 104, 105, 107*
Allergie-Diagnostik *19, 93*
Allergiescreening *104*
Alternaria *11, 18, 28, 29, 30, 63, 75, 76, 77, 79, 91, 93, 94*
Anflugsporen *9, 32, 43, 47, 48*
Ansaugvolumen *49*
Arbeitsschutz *5, 27, 28, 135, 136*
Ascosporen *62, 76, 77*
Aspergillus flavus *11, 22, 25, 53, 72, 73, 94*
Aspergillus fumigatus *11, 21, 23, 24, 27, 30, 46, 72, 73, 78, 79, 83, 84, 91, 93, 94*
Aspergillus niger *11, 24, 46, 54, 59, 78, 79, 83, 91, 93, 94*
Aspergillus penicillioides *11, 69, 91*
Aspergillus restrictus *11, 69, 91*
Aspergillus spp. *77, 78, 79*
Aspergillus versicolor *11, 69, 78, 79, 83, 91, 93, 94*
Aureobasidium spp. *11, 78, 79, 91, 93*
Aussenluft *7,14, 34, 42, 49, 50, 54, 55, 62, 63, 68, 69, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 80, 81, 97, 107, 116, 117, 125*
aw-Wert *9, 11, 44*
Bakterien *7, 8, 14, 21, 44, 53, 58, 62, 63, 69, 70*
Basidiosporen *62, 76, 77*
Baufeuchte *99*
Baumwollblau *47, 55, 61*
bauphysikalisch *31, 33, 34, 36, 37, 38, 39, 68, 72, 86, 97*
Bebrütungstemperatur *46, 50, 51, 54, 60, 67*

Bebrütungszeit *45, 46, 55, 60*
befallenes Material *33, 34, 86, 102, 103, 106, 113*
Befeuchterwasser *18, 44, 45*
Begehungsprotokoll *37, 70, 86, 87, 116*
beta-Glukane *7, 9, 10, 20*
Bewertung *7, 8, 9, 14, 20, 28, 31, 32, 41, 46, 54, 55 ,57, 60, 64, 68, 70, 71, 72, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 84, 85, 86, 87, 88, 99, 100*
BIA *41*
Blindwert *51, 65, 66*
Blower-Door *39, 97, 98*
Botrytis *46, 54, 59, 75, 76, 91, 93*
Chaetomium spp. *11, 46, 55, 60, 62, 63, 69, 76, 77, 91, 93, 94*
Chloramphenicol *44*
Cladosporium *11, 12, 17, 18, 68, 75, 76, 77, 78, 79, 91, 93*
Cladosporium sphaerospermum *12, 68, 91*
Creatin-Saccharose-Agar *53*
cut-off-Wert *9*
Dematiaceae - Schwärzepilze *47, 55, 60*
DG18 *44, 45, 47, 53, 54, 55, 59, 61*
Dichloran *44*
Differenzierung *43, 45, 46, 47, 48, 54, 55, 59, 60, 68, 90, 92, 101*
Differenzierungsschlüssel *47, 55, 60*
Dimethylsulfid *80*
Dimethylsulfoxid *80*
Dimetyldisulfid *15, 80, 81, 82*
direkte Bestimmung *50, 53, 67*
Elution *64, 65, 80*
Emissionsquellen *49, 56*
endo-Borneol *80*
Ergosterol *9, 10*
Etyl-2-metylbutyrat *80*
Eurotium spp. *12, 78, 79, 91*
Feuchteindikatoren
Feuchtigkeit *8, 31, 33, 36, 37, 39, 40, 42, 99, 107, 108, 118, 119, 130, 131*
Feuchtigkeitsmessungen *36, 39, 40*
Filter *9, 51, 53, 56, 57, 58, 59, 67*
Filtration *50, 51, 52, 53, 99, 116*
Flugfähigkeit *9, 42, 73, 75*
Fortbildung *87, 92*
Fragebogen *37, 70, 87, 102, 104, 106, 110*
GC/MS *64, 65, 66*
Gelatinefilter *51, 53, 56*
Geosmin *14, 15, 80, 84*
Geruch *7, 14, 15, 31, 33, 36, 37, 45, 64, 81, 102, 103, 118*
Gesamt-KBE *46, 47, 54, 55, 59, 60, 68, 72, 75, 78, 79*
Gesamtzellzahl *21*
Glukose *44*
Glycerol *44*
Gutachten *31, 32, 37, 86, 137*

Gutachter *32, 64, 81, 86*
Hefen *8, 46, 47, 54, 55, 60, 75, 76, 77, 78, 79, 90, 93*
Hemmstoffe *44, 45, 53, 58*
hydrophob *9*
Identifizierung *43, 91*
immuntoxisch *7, 20, 42*
Impaktion *50, 51, 52, 53, 58, 59, 116*
Indikatororganismen *30, 54, 55, 60, 68, 73, 75*
indirekte Bestimmung *53, 67*
Infektion *16, 17, 22, 23, 24, 25, 26, 35, 86, 92, 104, 105*
infektiös *7*
Infrarot-Thermografie *39, 40, 98*
Infrarotthermometer *39*
Innenraum *7, 16, 18, 19, 20, 27, 31, 41, 42, 44, 45, 49, 50, 54 56, 57, 59, 63, 68, 69, 70, 72, 73, 74, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 88, 90, 102, 103, 104, 112*
Innenraumquelle *7, 16, 27, 68, 73, 74, 75, 76, 78, 79*
KH_2PO_4 *44*
Klebefilmabrisspräparat *47, 55, 61*
Konidiengrösse *11-13*
Kontamination *34, 56, 72, 88, 89*
kultivierbar *32, 35, 44, 48, 74, 75, 76, 77*
Lactophenolblau *47, 62*
Lagerung *38, 52, 67, 87*
Lebensfähigkeit *45, 72*
Leckagenachweis *97, 98*
Luftkeimsammlung *32, 33, 34, 63, 72, 73, 77*
Luftpartikelsammlung *62, 63, 72*
Luftproben *41, 49, 52, 62, 63, 72, 74, 74, 75, 76*
Luftwechsel *40, 99, 117*
Luftzirkulation *42, 126*
Malz-Agar - MEA *43, 44, 45, 47, 53, 54, 55, 59, 60, 61, 91*
Materialproben *9, 32, 36, 42, 43, 44, 47, 48, 67, 68, 70, 71, 72*
$MgSO_4 \times 7H_2O$ *44*
Mikroorganismen *14, 21, 23, 28, 29, 31, 49, 64, 69, 70, 72, 80, 82*
Mikroskopie *44, 47, 48*
Mittelwert *46, 54, 60*
Morphologie *43, 47, 55, 60*
MVOC *9, 14, 15, 20, 23, 26, 30, 32, 33, 34, 36, 64, 65, 66 67, 72, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 87*
Mykotoxine *7, 20, 21, 27, 30, 63, 85, 94*
Myzel *47, 62, 75, 76, 77*
NaCl *53, 59*
Nährmedium *41, 43, 46, 50, 52, 54, 55, 58, 59, 60, 116*
Nutzerverhalten *31, 99*
Partikel *9, 32, 33, 34, 35, 36, 49,, 50, 51, 56, 58, 62, 63, 67, 72, 76*
Partikelauswertung *21, 32, 33, 34, 35, 36, 62, 76*
pathogen *8, 16, 23, 29, 46, 54, 59, 63, 70, 92*
Penicillium expansum *10, 13, 68, 83, 91, 93*
Penicillium spp. *77, 78, 79*

Pepton *44*
Perjod-Schiffreagenz (PAS) *47*
Petrischale *44, 53, 59, 89*
Phialophora spp. *13, 69*
pH-Wert *44, 45, 53, 58*
physikalische Abscheidung *49*
Platinnadeln *47, 55, 61*
Polycarbonatfilter *53, 59*
Probenahme *9, 31, 41, 42, 44, 48, 49, 50, 52, 55, 56, 57, 58, 62, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 74, 86, 87, 107, 108, 117, 125*
Probenaufarbeitung *9, 41, 42, 44, 50, 51, 52, 58, 62, 64, 70*
Probenlagerung *52, 67, 87*
Probenversand *67, 88*
Problemkonstruktion *31, 33, 36*
Qualitätsmanagement *86, 88*
Qualitätssicherung *86, 87, 88*
Quellen *15, 16, 19, 32, 34, 36, 37, 49, 55, 56, 60, 68, 70, 73, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 82, 120*
Rast-Test *19, 20*
Raumklima *8, 39, 99*
Raumlufttechnische Anlage (RLT) *37, 56, 129*
Referenzlabor *83, 89, 90, 92*
Referenzmaterial *43*
Reinkultur *15, 83, 89, 90, 91, 92*
Ringversuch *87, 88, 89, 90, 92*
Rosabengalagar *43*
Salzbestimmung *39*
Sammelstress *41, 49, 50, 51, 52, 56*
Sanierung *8, 27, 31, 34, 35, 62, 70, 71, 99, 118, 133*
Sanierungskontrolle *32, 34, 35*
Sanierungskonzept *31, 32, 34, 73*
Schimmelspürhund *36*
Scopulariopsis brevicaulis *13, 69, 91*
Scopulariopsis fusca *13, 69, 91*
sec-Butyl-methylether *80*
Sedimentation *49, 107*
Selektivnährmedium *45, 53, 59, 61*
sichtbarer Schimmel *36, 42, 43*
sieben *56, 57, 58, 78, 79, 102, 116*
spezielles Staubprobenamesystem *56, 57*
Sporen *7, 9, 10, 16, 17, 18, 20, 21, 22, 26, 27, 30, 32, 34, 35, 36, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 52, 53, 54, 56, 58, 59, 60, 62, 63, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 89*
Sporenflug *78, 79*
Sporengrösse *9, 11, 12, 13*
Sporulationszustand *42*
Stachybotrys chartarum *10, 13, 21, 22, 26, 27, 28, 29, 46, 55, 62, 63, 69, 72, 73, 76, 77, 91*
Staub *9, 16, 20, 21, 22, 26, 32, 33, 34, 36, 41, 43, 55, 56*

	57, 58, 59, 62, 63, 67, 68, 72, 73, 76, 77, 78, 79, 86, 102, 107, 108, 111, 116
Staubsauger	*56, 57, 58, 102, 108, 111, 116*
Stereomikroskop	*47*
sterile Kolonien	*78, 79*
sterile Myzelien	*75, 76*
Stoffwechselprodukte	*7, 9, 14, 23, 34, 41, 64, 70, 80, 86*
Streuung	*41, 46, 54, 60*
Summenparameter	*46, 47, 48*
Suspension	*43, 45, 51, 53, 54, 56, 58, 59*
Temperatur	*23, 31, 33, 37, 39, 40, 41, 45, 46, 49, 50, 51, 52, 54, 59, 60, 65, 66, 67, 70, 89, 97, 98, 99, 100, 102, 107, 108, 112, 117, 127*
Temperaturanspruch	*9*
Tenax	*64, 65, 66*
Thermodesorption	*64, 65, 66 80*
Thermographie	*39, 40, 97*
thermotolerant	*46, 54, 60, 75*
Toxin	*7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 21, 22, 23, 26, 27, 28, 29, 62, 63, 70, 84, 85, 87, 94, 95*
toxisch	*7, 16, 20, 21, 23, 26, 42, 46, 54, 59, 70, 73, 94, 95, 96, 104*
trans-beta-Farnesen	*84*
Transport	*52, 67, 87, 88*
TRBA	*20, 23, 25, 26, 41, 53*
TRGS	*7, 16, 17, 20*
Trichoderma spp.	*13, 69*
Tritirachium (Engyodontium) album	*13, 69*
Tween 80	*53, 59*
Typ I-Allergie	*16, 17, 19, 26*
Typ III-Allergie	*16, 18, 26*
Typ IV-Allergie	*16, 18, 26*
Ulocladium chartarum	*13, 68, 91*
Untersuchungsplanung	*31, 36, 87*
VDI	*15, 41, 42, 49, 56, 64, 79, 80, 84*
Verdünnung	*42, 45, 49, 51, 52, 53, 55, 59, 60*
Versand von Ringversuchsmaterial	*89, 90, 91, 92*
Wallemia sebi	*68, 91, 95*
Windgeschwindigkeit	*49, 50*
Zellbestandteile	*9, 10, 34, 86*
Zupfmethode	*47, 55, 61*