

Schimmelpilze im Innenraum - eine Einführung

von *Burkhard Ahlert* und *Natalie Bayas*

Zusammenfassung

Schimmelpilze sind ubiquitär, das heißt sie sind im Boden, Wasser, Luft sowie in und auf Lebewesen vorhanden. Schimmelpilze sind Mikropilze, die durch ihre speziellen Lebensansprüche auch im Innenraum vorkommen.

Die Innenraumluft spiegelt in niedrigerer Konzentration den natürlichen Schimmelpilzgehalt der Außenluft wider. Liegt diese Innenraumkonzentration höher als die der Außenluft, ist von einer Innenraumkontamination auszugehen. Je nach Prädisposition der Bewohner und Höhe der Pilzbelastung, können intramurale Schimmelpilze zu Gesundheitsbeeinträchtigungen führen. Diese können sich in Form von infektiösen und entzündlichen Erkrankungen von Befindlichkeitsstörungen bis hin zu Allergien äußern. Die Bewertung einer „krankmachenden Dosis“ der intramuralen Schimmelpilzkonzentration ist allerdings von vielen Faktoren abhängig.

abstract **Indoor moulds – an introduction** *Burkhard Ahlert, Natalie Bayas*

Moulds are ubiquitous; i.e. they are present in the ground, water, air as well as in and on living creatures. Moulds are microscopic fungi, which are also found indoors because of their particular requirements. Indoor air mirrors, in lower concentrations, the natural moulds found in the outside air. If the indoor concentrations are higher than the outside concentrations then a contamination of the indoor air must be assumed. Moulds in walls can cause health problems depending on the predisposition of the occupant and the amount of mould present. The health problems can take the form of infectious or inflammatory illnesses, general malaise or allergies. Since there are no legal thresholds for indoor mould concentrations, the evaluation of a concentration which causes illness is dependent on many factors.

UMWELT & GESUNDHEIT 4 (1998) 118-123

Einleitung

Schimmelpilze sind ubiquitär, das heißt sie kommen überall vor - in Boden, Wasser, Luft, Materialien, wie Holz, Lebensmitteln und letztlich auch in und auf Mensch und Tier. Sie sind fest in den ökologischen Kreislauf eingebunden. Über die Nahrung, das Einatmen oder über offene Wunden können sie in den Organismus gelangen.

In den letzten Jahren werden Schimmelpilze immer öfter als Problem im Innenraum beschrieben. Beginnend mit der Energiekrise in den siebziger Jahren wurde versucht, Energie durch unzureichendes Lüften der Wohn- und Arbeitsräume einzusparen. Die daraus entstandene Verschlechterung des Innenraumklimas begünstigt das Wachstum der Schimmelpilze.

Normalerweise spiegelt die im Innenraum vorhandene Vielfalt an Pilzarten das Artenspektrum der Außenluft wider, wobei die Konzentration der Schimmelpilze im Innenraumbereich in der Regel niedriger liegt. (*Pehkon et al. 1993*) Ist die Konzentration der Pilze im Innenraum höher als die der Umgebungsluft, ist von einer Innenraumkontamination auszugehen. (*Senkpiel/Ohgke 1994*)

Vorkommen von Schimmelpilzen

Pilze bilden keinen einheitlichen Verwandtschaftskreis. Daher ist eine umfassende und eindeutige Definition schwierig. Schimmelpilze zählen zu den Eukaryonten, da sie einen echten Zellkern besitzen. Zur Fotosynthese und zur aktiven Fortbewegung sind sie nicht fähig. Schimmelpilze leben in nahezu allen klimatischen Regionen der Erde. (BGC 1998) Sie zeichnen sich durch ihr spezifisches Oberflächenwachstum mit verzweigtem Pilzgeflecht (Myzel) aus, aus dem Sporenträger (auch als Konidienträger bezeichnet) und Sporen (auch als Konidien bezeichnet) hervorkommen. (*Webster 1983*)

Pilze werden in verschiedene Gruppen und Untergruppen eingeteilt - dem Reich, der Abteilung, Unterabteilung, Klasse, Ordnung, Familie, Gattung, wie in Abbildung 1 dargestellt. (Hawksworth et al. 1993)

Die Entwicklung von Schimmelpilzen verläuft in zwei wesentlichen Haupt-Phasen: erstens die Wachstums-beziehungsweise vegetative Phase, in der die Pilze direkt nach der Keimung ein der Nährstoffversorgung dienendes Myzel, das Substratmyzel bilden; zweitens die Vermehrungs-beziehungsweise fruktifikative Phase, in der die Pilze oft innerhalb weniger Stunden ein gut sichtbares, sich über die Substratfläche erhebendes Luft-beziehungsweise Oberflächenmyzel mit Konidienträgern und Konidien bilden. Das Luftmyzel dient der Vermehrung. (Reiß 1986) Die

Konidien werden nach ihrer Reifung in die Luft abgegeben und können so unter gewissen Bedingungen zu einer Innenraumbelastung werden.

Lebensansprüche von Schimmelpilzen

Durch die geringen Lebensansprüche von Schimmelpilzen können Innenräume zu ihren Lebensräumen werden.

Schimmelpilze sind auf die Verwertung organischer Substanzen angewiesen, da sie mit ihrem Enzymsystem Kohlenhydrate nicht selbst synthetisieren können, das heißt sie sind kohlenstoffheterotroph. Als Saprophyt leben sie überwiegend vom Abbau toter organischer Substanzen oder als Parasiten in und auf lebenden Organismen. (Senkpiel/Ohgke 1994) So dienen Schimmelpilze der notwendigen Rückführung gebundenen Kohlenstoffs und Stickstoffs im Rahmen des natürlichen Stoffkreislaufs. (BGC 1998)

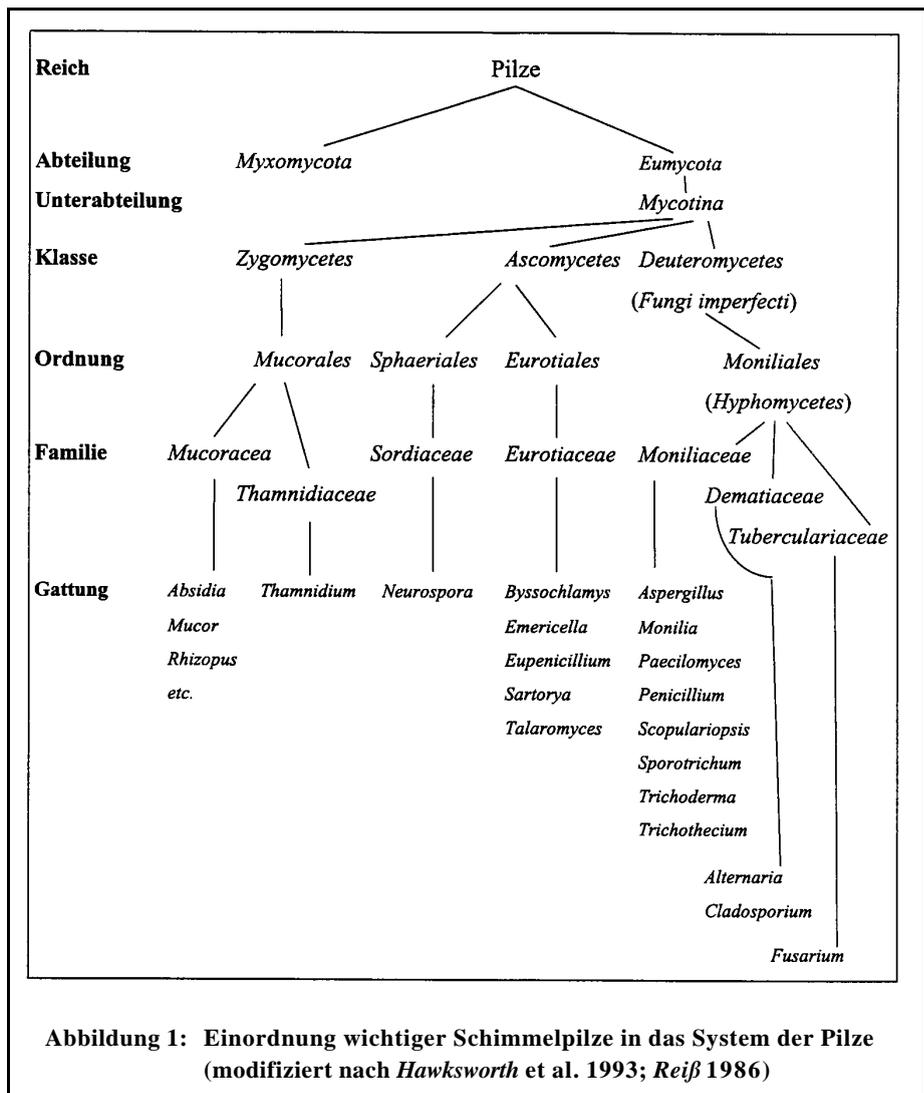


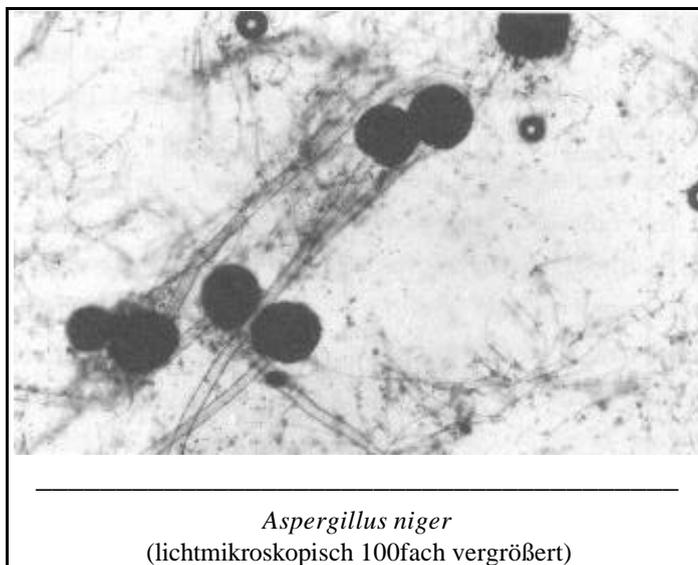
Abbildung 1: Einordnung wichtiger Schimmelpilze in das System der Pilze (modifiziert nach Hawksworth et al. 1993; Reiß 1986)

Die Nährstoffansprüche von Schimmelpilzen sind so minimal, daß beispielsweise dem „Hauschimmel“ schon der unvermeidliche Hausstaub zum Überleben ausreicht. (Schrodt 1997) Deshalb findet man Pilze im Innenraum häufig an Hausstaub angelagert; diese Verbindung wird auch als Staubaggregat bezeichnet. (Göttlich 1996) Ferner treten im Innenraum verschiedene Schimmelpilze auf unterschiedlichen Materialien auf, die im folgenden beschrieben werden: Im Holz findet man vorwiegend *Aureobasidium pullulans*, *Alternaria*-, *Penicillium*- und *Fusarium*-Arten. Im Mauerwerk und Putz sind *Alternaria alternata*, *Cladosporium herbarum* und *Aureobasidium pullulans* am häufigsten. In Tapeten und Anstrichen sind es vermehrt die Arten der Gattungen *Alternaria*, *Aspergillus* (*Asp. glaucus* Gr., *Asp. niger*, *Asp. versicolor*), *Aureobasidium*, *Cladosporium*, *Fusarium*, *Mucor*, *Penicillium* und *Stachybotrys sp.* Im Hausstaub finden sich überwiegend *Aspergillus*, *Wallemia* und *Xeromyces sp.*, vor allem auf Möbeln, ungetragener Kleidung, Fußboden, Bettzeug und Matratzen. Bei

Zimmerpflanzen ist besonders die Blumenerde ein Problembereich; in ihr siedeln sich bevorzugt die Gattungen *Aspergillus*, *Alternaria* und *Cladosporium* an. Bei einer solchen Kontamination können Sporen in die Innenraumluft abgegeben werden. (Reiß 1991) Diese Kontaminationen sind wiederum von zahlreichen Faktoren, wie Lüftungsverhalten der Raumbewohner, klimatologischen Bedingungen, Wärmedämmung der Wände etc., abhängig, unter anderem benötigen Schimmelpilze Feuchtigkeit. (Dorschky 1998; Senkpiel et al. 1998)

Aufgrund dessen sind durchfeuchtete Baumaterialien eine der Hauptursachen mikrobiellen Wachstums. (Senkpiel/Ohgke 1994) Die notwendige

Feuchtigkeitsmenge wird mit der Wasseraktivität, dem a_w -Wert, angegeben und bestimmt den für Mikroorganismen verfügbaren Wasseranteil, der nicht durch lösliche Substanzen gebunden ist. Meistens liegt dieser Wert bei intramuralen Schimmelpilzen zwischen 0,8 und 0,98. Bezüglich der relativen



Luftfeuchtigkeit liegt das Optimum xerophiler Spezies bei 55 bis 65 % (z.B. *Wallemia sebi*), mesophiler Arten zwischen 65 und 85 % (z.B. *Cladosporium herbarum*) und hydrophiler Pilzspezies zwischen 80 und 98 % (z.B. *Alternaria alternata*). (Steneberg 1991) Der Mensch dagegen fühlt sich in dem Bereich 30 bis 65 % relative Luftfeuchtigkeit wohl. (Schulze Darup 1996; Senkpiel/Ohgke 1994)

Pilze bevorzugen ein leicht saures Milieu mit pH-Werten zwischen 4,5 und 6,5. Viele Arten sind allerdings fähig, den pH-Bereich ihrer Umgebung durch Ausscheidungen zu manipulieren. (Schrodt 1997) Sie können außerdem starken Temperaturschwankungen standhalten und benötigen im Vergleich zum Menschen geringe Sauerstoffkonzentrationen (ca. 1% O_2 in der Umgebungsluft). (Senkpiel/Ohgke 1994)

Neben Innenraumschadstoffen, wie Radon, Formaldehyd, Pyrethroiden etc., sind es immer öfter Schimmelpilze, die zu gesundheitlichen Gefährdungen und allergischen Reaktionen beim Menschen führen, beispielsweise in Form von Pilzallergien, exogen-allergischem Asthma, exogen allergischer Alveolitis, allergischer Rhinitis, chronischer Sinusitis, Sick Building Syndrome, Mykosen, Mykotoxikosen, Mucous Membrane Irritation sowie Organic Dust Toxic Syndrome. (Jorde 1997) Besonders Aspergillose gewinnen zunehmend an Bedeutung. (UBA 1997)

Die Inhalation von Pilzaerosolen aus der Luft stellt bei Gesundheitsbeeinträchtigungen bis hin zu Erkrankungen den häufigsten Übertragungsweg im Innenraum dar.

Das gesundheitsbeeinträchtigende Potential vieler Pilzarten wird durch entzündungsauslösende und immunmodulierende Pilzzellwandkomponenten, Mykotoxine, flüchtige Toxine sowie Geruchsstoffe vieler Pilzarten, wie den Microbial Volatile Organic Compounds (MVOC's; s.a. Beitrag von Lichtnecker in dieser

U&G), ausgelöst. (Morschhäuser et al. 1996; UBA 1998) Wenn Befindensstörungen auftreten, ist es wichtig, zwischen Unwohlsein, Reizerscheinungen und manifester Erkrankung zu unterscheiden. Die Prädisposition (unter anderem aufgrund einer familiäre Vorbelastung) ist ein für die Ausbildung von Erkrankungen durch intramurale Schimmelpilze wesentlicher Faktor. Das Ausmaß der Emissionsquelle - hier die Anzahl und Art der Schimmelpilzsporen, die allergische und toxische Potenz der auftretenden Pilze sowie die Zeitdauer der Exposition - sind ausschlaggebend für die Wirkung. (Göttlich 1996; Senkpiel/Ohgke 1994)

Die Symptome der Bewohner in belasteten Räumen sind häufig nasale Trockenheit, Nasenverstopfung, Nasenlaufen, Atembeschwerden, andere pharyngeale Beschwerden, Hautreizungen, Kopfschmerzen, Lethargie und Konzentrationsschwäche sowie oftmals Augenirritationen. (Ring 1994) Diese Symptome werden im

Schimmelpilze als Innenraumbelastung

Zusammenhang mit klimatisierten Innenräumen als Sick Building Syndrom (SBS) bezeichnet. (Elixmann 1985)

Bei Patienten mit Immundefekt können insbesondere durch thermotolerante *Aspergillus*-Spezies Infektionen verursacht werden. (Kurowski 1997) Sich aus Zahnwurzelfüllungen lösendes Zinkoxid fördert das Wachstum zahlreicher *Aspergillus*-Arten und begünstigt somit eine lokale Aspergillose. (Willinger et al. 1996) Mykotoxine, pilzliche metabolische Produkte, können schwere Erkrankungen wie Mykotoxikosen verursachen. (Bayer 1997) Sie können unter anderem im menschlichen Organismus Kopfschmerzen, grippale Symptome (Engelhart/Exner 1996), aber auch Fruchtbarkeitsstörungen hervorrufen. (Bayer 1997) Ferner können sie generell zytotoxisch (Gareis 1995), nephrotoxisch, kanzerogen (Bayer 1997) sowie neurotoxisch wirken. Letzteres wird mit dem sogenannten Chronischen Müdigkeits-Syndrom (Chronic Fatigue Syndrome - CFS) in Verbindung gebracht. (Auger 1995) Zu den hauptsächlich berufsbedingt erworbenen Erkrankungen zählen die exogen-allergische Alveolitis und das Organic Dust Toxic Syndrome (ODTS). (Göttlich 1996) Die Innenraum-relevantesten Pilze sind den Klassen der *Ascomycetes*, *Basidiomycetes*, *Zygomycetes* und *Deuteromycetes* (= *Fungi imperfecti*, das anamorphe oder vegetative Stadium der *Ascomycetes*) zuzuordnen (vgl. Abb. 1). Zu den bedeutensten Arten gehören *Alternaria sp.*, *Aspergillus sp.*, *Aureobasidium sp.*, *Botrytis sp.*, *Cladosporium sp.*, *Fusarium sp.*, *Mucor sp.* und *Penicillium sp.* (Elixmann 1991) sowie *Rhizopus sp.* und *Wallemia sp.* (Elixmann 1985; Jorde/Kalveram 1992)

Schimmelpilzallergien

Allergische Erkrankungen haben in den letzten Jahrzehnten in vielen industrialisierten Ländern stark zugenommen. Die meisten Menschen verbringen 90 % ihrer Zeit im Innenraum. Die Luftqualität im Innenraum, speziell im Wohnbereich, ist daher besonders wichtig.

Laut Statistik leiden in den alten Bundesländern circa 22 bis 25 % der Bevölkerung an allergischen Erscheinungen; davon reagieren circa 35 bis 40 % im Provokationstest allergisch auf Schimmelpilze, die Mehrzahl bei Inhalation. (Elixmann et al. 1987)

Als die häufigsten Inhalationsallergene wurden Pollen, Exkremente der Hausstaubmilbe, die mit Schimmelpilzen in Symbiose lebt, Tierepithelien und Schimmelpilzsporen herausgearbeitet. (UBA 1998; UBA 1997) Saprophytische

Pilze wie *Cladosporium*-, *Alternaria*-, *Mucor*-, *Rhizopus*-, *Aspergillus*- und *Penicillium*-Arten gehören zu den meist aufgeführten Allergenträgern. Bis heute werden über 80 Pilzgattungen mit einer Respirationsallergie assoziiert. (Steneberg 1991)

Etliche Pilze, die als sensibilisierend eingestuft werden, lassen ein saisonales Freisetzungsmuster der Sporen erkennen, wie zum Beispiel Pilze der Arten *Alternaria*, *Cladosporium* und *Fusarium*. *Aspergillus sp.* und *Penicillium sp.* weisen im Gegensatz dazu keine deutliche Saisonalität auf. (Wilken-Jensen/Gravesen 1984) Bei der „Hausschimmelallergie“ werden in der Regel die Sporen der Pilze als wesentliche Allergene betrachtet. Aber auch in der Luft vorkommende Myzelien und metabolische Pilzprodukte können allergen wirken. (Elixmann 1991)

Die meisten pilzsensibilisierten Menschen reagieren auf mehrere Pilzextrakte und zusätzlich noch auf andere Inhalationsallergene. Demzufolge sind Monosensibilisierungen selten, wodurch die Beurteilung der Relevanz der einzelnen Pilzsensibilisierungen erschwert wird.

Daß Asthma ein Leitsymptom der Pilzallergie ist, erklärt sich durch die Sporengröße, die bei zahlreichen im Innenraum vorkommenden Pilzarten unter 10 µm liegt; das impliziert eine Durchgängigkeit in den Bronchien. (s.a. Beitrag von Lichtnecker in dieser U&G)

Messung und Orientierungswerte

Für die Messung einer intramuralen Pilzbelastung existieren zahlreiche Methoden; so zum Beispiel die Sedimentationsmethode, Dilutionsmethode (Elixmann 1991), Impinger-, Impaktions- und Filtrations-Methoden zur Untersuchung des Schimmelpilz-Sporengehalts in der Raumluft. (Senkpiel 1997) Zur Untersuchung von MVOC's in der Raumluft wird häufig die Gaschromatographie eingesetzt. (Keller/Groh 1997; Keller et al. 1997)

Um Mykotoxine im Material zu analysieren, verwendet man Dünnschichtchromatographie (DC), High Performance Liquid Chromatographie (HPLC) sowie Säulenchromatographie (Schleibinger et al. 1997), aber auch Bioassay. (Gareis 1995; Griffith et al. 1996)

Zur molekularbiologischen Analytik und zur Detektion humanpathogener Pilze wird in jüngsten Studien vermehrt die Polymerasekettenreaktion (PCR) eingesetzt. (Einsele et al. 1997)

Zur Bewertung einer intramuralen Schimmelpilzkontamination sind die Rahmenbedingungen der gesamten Untersuchung zu definieren. (Diel 1993)

Entscheidend sind bezüglich der Komplexität der intramuralen Schimmelpilzproblematik Kriterien und Faktoren, wie die angewandte Methode, die Art des Probenahmeegerätes beziehungsweise Probensammlers, Angaben zum verwendeten Nährmedium, Dauer der Probenahme, Beschreibung des Probenumfelds sowie klimatische Angaben.

Bei der Bewertung der Pilzbelastung in der Luft ist aufgrund dessen eine Grenzwertbestimmung der Maximalen Arbeitsplatz- (MAK) sowie der Maximalen Innenraum-Konzentration (MIK) sehr schwierig. Zur Bestimmung der Schimmelpilzkonzentration in der Luft am Arbeitsplatz hat das Bundesministerium für Arbeit und Sozialordnung (BMA) nach Beratung im Ausschuß für Biologische Arbeitsstoffe (ABAS) zwei Technische Regeln (TR) veröffentlicht: die TRBA 405 zur „Anwendung von Meßverfahren für luftgetragene Biologische Arbeitsstoffe“ und die TRBA 430 zum „Verfahren zur Bestimmung der Schimmelpilzkonzentration in der Luft am Arbeitsplatz“. (BGC 1998) Für den Innenraumbereich existieren lediglich Richt- und Orientierungswerte. Grundlage für die meisten Orientierungswerte ist in erster Linie die Keimbelastung in „krankmachenden“ Räumen und vergleichsweise die Räume, in denen keine gesundheitliche Beeinträchtigung der Bewohner festgestellt werden kann. Diese Orientierungswerte werden hauptsächlich zur Ursachenfindung von intramuralen Keimbelastungen angewandt. (Göttlich 1996)

Schlußbetrachtung

Das gesundheitliche Risiko durch Schimmelpilze in Innenräumen wird kontrovers diskutiert. Die Tatsache, daß eine Wirts-Dosis-Abhängigkeit besteht, macht eine genaue Risiko-Bewertung sehr schwierig.

Daher ist es empfehlenswert, eine Kontamination des Innenraums durch Schimmelpilze erst gar nicht entstehen zu lassen oder bei vorliegender Kontamination so bald wie möglich mit entsprechenden Sanierungsmaßnahmen zu reagieren (s.a. Beitrag von Lichtmecker in dieser U&G). Ein erhöhtes Gesundheitsrisiko ist besonders bei prädisponierten Personen gegeben. Eine nachgewiesene Kontamination kann aber auch Nicht-Allergiker schädigen und sollte nicht - wie dies noch häufig geschieht - als

belanglos abgetan werden. Denn verschiedene Pilzspezies bergen unterschiedliche Risiken einer möglichen Gesundheitsschädigung.

Prof. Dr. Burkhard Ahlert,
Bönnigerstr. 29, D-30974 Wennigsen;
Dipl. oec. troph. (FH) Natalie Bayas,
Institut für Umwelt & Gesundheit,
Petersgasse 27, D-36037 Fulda

Literatur:

- Auger P: Mycotoxins and neurotoxicity. In: *Johanning E, Yang CS* (Hrsg.): Fungi and bacteria in indoor air environments. Proceeding of the International Conference Saratoga Springs in NY 1994, Eastern NY Occupational Health Program (New York 1995) 161-167
- Bayer W: Mykotoxine - ein relevantes umweltmedizinisches Problem für den Menschen? *Zeitung für Umweltmedizin* 3/97 (1997) 152-157
- BGC - Berufsgenossenschaft der chemischen Industrie (BG Chemie): Sichere Biotechnologie - Eingruppierung biologischer Agenzien: Pilze. BG Chemie unter Mitarbeit von Ahlert B, Böhm KH, Hoffmann P, Meinhof W, Schlösser E, Stalpers JA, Merkblatt B 007
- Diel F (Hrsg.): Innenraum-Belastungen. Bauverlag (Wiesbaden 1993)
- Dorschky S Schimmelpilze als Krankheitsauslöser - Ursache: Luftdurchströmte Fußbodendämmung. In: *Diel F, Feist W, Krieg H-U, Linden W* (Hrsg.): Ökologisches Bauen und Sanieren. C.F. Müller Verlag (Heidelberg 1998) 164-169
- Elixmann J: Allergenträger in Klimaanlage. In: *Jorde W*: Allergologische Fortbildung. Band 1, Dustri-Verlag (Deisenhofen 1985) 121-132
- Elixmann J, Linskens F, Schata M, Jorde W: Can airborne fungal allergens pass through an air conditioning system? In: *Proceeding of Indoor Air '87* (Berlin 1987)
- Elixmann J: Das Experiment: Untersuchung von Hausstaub. *Biologie in unserer Zeit*, VCH 4/91 (Weinheim 1991) 205-210
- Engelhart S, Exner M: Kasuistik 3 Schimmelpilze. In: *Beyer A, Eis D* (Hrsg.): Praktische Umweltmedizin - Klinik, Methoden, Arbeitshilfen. Springer Verlag (Berlin 1996)
- Ensele H, Hebart H, Roller G, Löffler J, Rothenhöfer I, Müller C, Bowden R, Burik van J-A, Engelhard D, Kanz L, Schumacher U: Detection and identification of fungal pathogens in blood by using molecular probes. *Journal of clinical microbiology* (June 1997) 1353-1360
- Gareis M: Cytotoxicity testing of samples originating from problem buildings. In: *Johanning E, Yang CS* (Hrsg.): Fungi and bacteria in indoor air environments, Mabuse-Verlag (Frankfurt 1995) 139-144
- Göttlich E: Untersuchungen zur Pilzbelastung der Luft an Arbeitsplätzen in Betrieben zur Abfallbehandlung. *Stuttgarter Berichte zur Abfallwirtschaft* 63, Institut für Siedlungswasserbau, Wassergüte und Abfallwirtschaft der Universität Stuttgart (Stuttgart 1996)
- Griffith B, Rea W, Johnson J, Ross G: Mitogenic effects of mycotoxins on T4 lymphocytes. *Microbios* 86/96 (1996) 127-134

Hawksworth DL, Sutton BC, Ainsworth GC (Hrsg.): Ainsworth & Bisby's dictionary of the fungi. 7. Aufl., Commonwealth Agriculture Bureaux (Kew, Surrey 1993)

Jorde W: Allergene in Innenräumen. U&G 2/97 (Mannheim 1997) 50

Jorde W, Kalveram CM: Hausstaub - ein definierbares Allergen? In: *Jorde W, Schata M* Mönchengladbacher Allergie-Seminar. Band 5, Dustrri-Verlag (Deisenhofen 1992) 103-115

Keller R, Groh J Nachweis und quantitative Bestimmung von MVOC's in pilzbelasteten und -unbelasteten Innenräumen. In: *Keller R* (Hrsg.): Biogene Luftschadstoffe in Wohn- und Aufenthaltsräumen. Schriftenreihe der Med. Mikrob. u. Hyg. Univ. zu Lübeck (Lübeck 1997) 193-217

Keller R, Sönnichsen R, Ohgke H: Untersuchung der flüchtigen organischen Stoffwechselprodukte von ausgewählten Schimmelpilzen zur Erkennung von nicht sichtbarem Schimmelpilzbefall in Innenräumen. U&G 2/97 (Mannheim 1997) 64-65

Kurowski V: Klinische Untersuchungen und Bewertungen inhalativer Allergien. In: *Keller R* (Hrsg.): Biogene Luftschadstoffe in Wohn- und Aufenthaltsräumen. Schriftenreihe der Med. Mikrob. u. Hyg. Univ. zu Lübeck (Lübeck 1997)

Morschhäuser J, Köhler G, Hacker J: Gibt es Pathogenitätsfaktoren bei Pilzen? *Mycoses* 39 (1996) 51-54

Pehkonen E, Rantio-Lehtimäki A, Yli-Panula E: Submicroscopic antigenic particles in outdoor air: a contamination source of indoor air. In: Proceedings of Indoor Air '93. Vol. 4 (Helsinki 1993) 231-236

Reiß J Innenräume als ökologische Nische für Schimmelpilze. *BIOforum* 11/91 (Bad Kreuznach 1991) 407-411

Reiß J: Schimmelpilze. Springer-Verlag (Berlin 1986)

Ring J Allergische Erkrankungen durch Innenraum-Luftverunreinigung. In: Kommission Reinhaltung der Luft im VDI und DIN (Hrsg.): Luftverunreinigung in Innenräumen. VDI-Bericht 1122, VDI-Verlag (Düsseldorf 1994) 645-657

Schleibinger H, Richter A, Böck R, Rüden H Vorkommen von MVOC auf Filtermaterialien aus Klimateanlagen. In: *Keller R* (Hrsg.): Biogene Luftschadstoffe in Wohn- und Aufenthaltsräumen. Schriftenreihe der Med. Mikrob. u. Hyg. Univ. zu Lübeck (Lübeck 1997) 133-160

Schrodt J: Baubiologische Aspekte zum Auftreten von Schimmelpilzen sowie Sanierungsmaßnahmen. In: *Keller R* (Hrsg.): Biogene Luftschadstoffe in Wohn- und Aufenthaltsräumen. Schriftenreihe der Med. Mikrob. u. Hyg. Univ. zu Lübeck (Lübeck 1997) 11-84

Schulze Darup B: Bauökologie. Bauverlag (Wiesbaden 1996) 54-74

Senkpiel K Biogene Belastung im Innenraum unter besonderer Berücksichtigung der Bestimmungsmethoden und der mikrobiellen Wachstumsfaktoren. In: *Keller R* (Hrsg.): Biogene Luftschadstoffe in Wohn- und Aufenthaltsräumen. Schriftenreihe der Med. Mikrob. u. Hyg. Univ. zu Lübeck (Lübeck 1997) 85-114

Senkpiel K, Ohgke H: Gesundheitliche Schädigungen durch Inhalation von Schimmelpilz- und *Thermoactinomyces*-Sporen in der Raumluft. In: Kommission Reinhaltung der Luft im VDI und DIN (Hrsg.): Luftverunreinigung in Innenräumen. VDI-Bericht 1122, VDI-Verlag (Düsseldorf 1994)

Senkpiel K, Veldung J, Ohgke H: Bioaerosole in der Innenraumluft, ihre gesundheitliche Relevanz und Bewertungsproblematik. In: *Diel F, Feist W, Krieg H-U, Linden W* (Hrsg.): Ökologisches Bauen und Sanieren. C.F. Müller Verlag (Heidelberg 1998) 170-180

Steneberg A: Schimmelpilzallergien. *Allergothek* 1/91 (Heidelberg 1991) 7-10

UBA - Umweltbundesamt (Hrsg.): Jahresbericht 1997. 4. WaboLuft-Tage - Stäube in Innenräumen - unbelebte und belebte Staubinhaltsstoffe (Berlin 1997)

Wilken-Jensen K, Gravesen S (Hrsg.): Atlas of Moulds in Europe causing respiratory Allergy. Foundation for Allergy Research in Europe, ASK Publishing (Copenhagen 1984)

Willinger B Wirkung von Zinkoxid auf *Aspergillus*-Arten: Eine mögliche Ursache der lokalen nichtinvasiven Kieferhöhlen-Aspergillose. *Mycoses* 39 (1996) 20-25

Glossar:

Aerosol: kleine, un stabile, luftgetragene Partikelansammlungen;
Allergie: Überempfindliche Reaktion des Immunsystems, ausgelöst durch sogenannte Antigene beziehungsweise Allergene tierischer, pflanzlicher, chemischer oder mikrobieller Strukturen;
extramural: im Außenbereich;
hydrophil: „wasserliebend“;
intramural: im Innenraum;
Myzel: Pilzkörper aus mikroskopisch kleinen Zellfäden (Hyphen);
pharyngeal: im Rachenbereich;
Substrat: Grundlage, Nährmedium (im allgemeinen und biologischen Sinn);
xerophil: Trockenheit bevorzugend.