

DGZfP-Berichtsband BB 69-CD
Vortrag/Poster ??

Schimmelpilze im Innenraum: Wachstumsbedingungen, gesundheitliche Gefährdung, Bekämpfung

J. Egert, Büro für Holzschutz und Wohnraumhygiene, Potsdam

Zusammenfassung:

Schimmelpilze wachsen im Innenraum bei einer Temperatur von 0°C bis ca. 50°C, bei einer Luftfeuchte auf der Bauteiloberfläche ab 65% bis 100%. Die Luftfeuchtigkeit und Temperatur müssen mindestens 3 Stunden/Tag gegeben sein. Der Nährboden ist meist ausreichend im Staub vorhanden. Schimmelpilze sind in der Lage, bereits über der Taupunkttemperatur zu wachsen, was durch ihre Wasseraktivität bestimmt wird.

Schimmelpilze können die Gesundheit des Menschen beeinträchtigen durch das Auslösen von Allergien, Abgabe von Mykotoxinen, Abgabe von MVOC und durch eine Infektion. Für eine gesundheitliche Bewertung eines Schimmelpilzbefalls sind die Kenntnis der Sporenkonzentration in der Raumluft im Vergleich zur Außenluft und die Identifizierung der Schimmelpilzarten erforderlich. Eine Bekämpfung ist nur durch Beseitigung der Ursache der Schimmelpilzentwicklung möglich. Bei Sanierungsmaßnahmen ist auf Gesundheitsschutz zu achten.

1. Charakteristik der Schimmelpilze in Innenräumen

Unter dem Begriff Schimmelpilze werden eine Vielzahl mikroskopisch kleiner Pilze zusammengefaßt, die z. T. unterschiedlichen systematische Gruppen angehören. Den Schimmelpilzen werden die Ascomyceten (Schlauchpilze), die Zygomyceten (Jochpilze) und die Deuteromyzeten (Fungi imperfecti) zugerechnet. Die vegetative Vermehrung erfolgt durch Sporen, die in die Luft abgegeben werden.

Die Schimmelpilze gewinnen ihre Energie durch Abbau organischer Substanzen (organische Kohlenwasserstoffverbindungen). Nahrungsquellen im Wohnbereich sind Holz und Holzbestandteile (z. B. Tapeten) sowie Bestandteile von Wandfarben und Blumentopferde und abgestorbene Teile von Zimmerpflanzen. Synthetische Fußbodenbeläge, Leder und Leime können von Schimmelpilzen bewachsen und geschädigt werden. Günstige Wachstumsbedingungen finden Schimmelpilze in den Poren des Putzes und Betons. Die für die Entwicklung der Schimmelpilze notwendigen organischen Substanzen sind bereits in ausreichender Menge in Form von Staubablagerungen auf fast allen Bauteiloberflächen vorhanden.

Die Schimmelpilze können in einem weiten Temperaturbereich gedeihen. Das Minimum liegt etwa bei 0°C, das Maximum bei ca. 50°C. Der Schimmelpilz *Cladosporium* kann jedoch noch unter 0°C wachsen, während *Aspergillus fumigatus* sein Maximum bei 55°C besitzt. Die Optimaltemperatur für die mesophilen Schimmelpilze, zu denen die meisten Schimmelpilze im Innenraum gehören, liegt bei 25- 35 °C (2). Im Innenraum werden auch thermotolerante Schimmelpilze angetroffen, deren Wachstumsoptimum bei 30-

40°C liegt. Diese sind von besonderer gesundheitlicher Bedeutung, weil sie bei 37°C wachsen und sich damit auch im menschlichen Organismus vermehren können.

Entscheidend für ein Wachstum der Schimmelpilze ist der Wassergehalt in den Poren der Bauteiloberflächen. Für die Schimmelpilze und die anderen Mikroorganismen steht nicht der gesamte Wasseranteil an der Oberfläche zur Verfügung. Nur der Teil des Gesamtwassergehaltes, der nicht durch Substanzen an der Oberfläche gebunden ist, kann von den Schimmelpilzen genutzt werden. Für den frei verfügbaren Anteil des Wassers wurde die Wasseraktivität (a_w) eingeführt. Die Wasseraktivität stellt den Quotienten aus dem Wasserdampfdruck des Substrates (P_D) und dem Sättigungsdruck (P_S) des reinen Wassers dar. Die Wasseraktivität kann im Gleichgewichtszustand auch als relative Luftfeuchtigkeit (%) an der Bauteiloberfläche ausgedrückt werden. Tauwasser kann an der Bauteiloberfläche zur Entwicklung eines Schimmelpilzrasens führen. Die kritische Oberflächentemperatur t_c , bei der Schimmelpilzbildung entstehen kann, beträgt unter Ansatz der in DIN 4108 vorgegebenen Randbedingungen von 20°C und 50% relativer Luftfeuchte im Raum kritisch $t_c = 9,3$ °C.

Bei den meisten Schimmelpilzen liegt das Minimum für ein Wachstum bei einer Wasseraktivität a_w von 0,8- 0,85. Bei einer Wasseraktivität von 0,8 erhöht sich damit die kritische Oberflächentemperatur für die Schimmelpilzbildung auf kritisch $t_c = 12,6$ °C. Schimmelpilze können sich also bereits bei einer um ca 3°C höheren Temperatur als der Taupunkttemperatur entwickeln.

Schimmelpilze vermögen sich in einem Bereich von 65% bis 100% relative Luftfeuchte an der Bauteiloberfläche zu entwickeln. Auf Materialproben mit hoher Wasseraktivität ($a_w > 0,9$ bis 0,95) wachsen bevorzugt die hydrophilen Schimmelpilze (*Aspergillus fumigatus*, *Stachybotrys*, *Trichoderma*, *Ulocladium* u.a.), mit mittlerer Wasseraktivität ($0,9 > a_w > 0,85$) die mesophilen Schimmelpilze (*Aspergillus versicolor* u.a.) und geringer Wasseraktivität die xerophilen Schimmelpilze (*Wallemia*, *Penicillium chrysogenum* u.a.). Das vermehrte Vorkommen spezieller Schimmelpilzarten kann zur Charakterisierung der Feuchtesituation herangezogen werden.

In der Regel reichen bei mesophilen Schimmelpilzen 3-4 Tage Kondenswasseranfall zur Auskeimung und Bildung von Substratmyzel unter optimalen Umgebungsbedingungen aus. Die Bildung der oftmals gefärbten Fruktifikationsorgane kann in wenigen Stunden erfolgen. Mindestens 3 Stunden /Tag müssen für eine Schimmelpilzentwicklung die entsprechende Luftfeuchte und Temperatur vorhanden sein (5).

Der optimale pH- Wert für ein Schimmelpilzwachstum liegt im leicht saurem Milieu bei 4,5 bis 6,5. Einige Schimmelpilze vermögen noch unter pH 2 oder bis pH 8,0 zu wachsen. Der Sauerstoffgehalt der Atmosphäre ist für eine normale Schimmelpilzentwicklung ausreichend. Licht beeinflusst das Wachstum der Schimmelpilze nur unwesentlich. Die Schimmelpilzentwicklung wird weiterhin von der Luftbewegung und der Jahreszeit bestimmt.

2. Gesundheitliche Gefährdung durch Schimmelpilze

Schimmelpilze können durch verschiedenen Art und Weise auf die menschliche Gesundheit einwirken:

1. Auslösen von Allergien über die Pilzsporen oder Mycelpartikel
2. Abgabe von Mykotoxinen in den Innenraum
3. Abgabe leicht flüchtiger organischer Substanzen (MVOC)
4. Infektion des Menschen.

Aber auch Bakterien, z. B. Actinomycten, stehen in Verdacht, das gesundheitliche Befinden des Menschen zu beeinträchtigen

Die Schimmelpilzsporen fungieren als Allergenträger, die Allergien (Typ I und Typ III) hervorrufen können. Auch nicht mehr vermehrungsfähige Sporen oder Mycelpartikel können Allergene sein. Die Ausbildung einer Allergie bei Typ I (Soforttyp) setzt eine gewisse Veranlagung (Konstitution) der Personen voraus. Diese Immunglobulin E vermittelte Allergie verursacht Asthma bronchiale. Innerhalb von kurzer Zeit (Minuten) kommt es zu einem Ausschlag, Kreislaufstörungen, Atemnot oder Durchfall. Dazu kann nur der einmalige Kontakt mit dem Allergen führen. Die Allergie vom Typ III entsteht bei überhöhter und langandauernder Allergenexposition. Diese Immunglobulin G- und T-Zellvermittelte Reaktion verursacht eine exogen- allergische Alveolitis. Bestimmte Berufsgruppen sind von der Allergie Typ III betroffen. Durch eine Schimmelpilzbelastung über die Klimaanlage kann z.B. die „Befeuchterlunge“ hervorgerufen werden. Schimmelpilze sollten generell als potent allergen angesehen werden. Bei einigen Arten ist dabei mehr über die allergisierende Wirkung bekannt ist, als bei anderen Arten.

Die Mykotoxine sind Stoffwechselprodukte der Schimmelpilze, die entweder im Nährsubstrat oder auf der Spore zu finden sind. Über die Spore können sie in den Atemtrakt aufgenommen werden. Einer Gesundheitsgefährdung durch inhalativ aufgenommene Toxine (z.B. Trichothecene- Mykotoxine) wird in der letzten Zeit eine größere Bedeutung beigemessen. Die Mykotoxine können im Organismus sog. Mykotoxikosen verursachen. Eine inhalativ verursachte Mykotoxikose ist das sog. Organic Dust Toxic Syndrom (ODTS). Bei Massenaufreten des Toxinbildners *Stachybotrys chartarum* wurden z. B. Einwirkungen auf die Lunge und auf das Zentralnervensystem beschrieben (1). Wichtige Toxinbildner für den Innenraum sind: *Stachybotrys chartarum*, *Aspergillus versicolor*, *Aspergillus niger*, *Aspergillus fumigatus*, *Aspergillus flavus* usw.

Bei den von den Schimmelpilzen aber auch von einigen Bakterien abgegebenen leichtflüchtigen organischen Substanzen (MVOC = microbial volatile organic compounds) handelt es sich um Alkohole, Ketone, Kohlenwasserstoffe (Terpene) und Aromate (spezifischer Geruch der Schimmelpilze). Diese Substanzen können das gesundheitliche Wohlbefinden beeinträchtigen. Allerdings scheint dazu eine relativ hohe Konzentration an MVOC notwendig zu sein. Wichtige MVOC- Bildner finden sich bei den *Aspergillus*- und den *Penicillium*-Arten.

Zu den gefährlichsten Schimmelpilzen gehören die opportunistisch pathogenen Arten. Sie dringen in den menschlichen Organismus ein und können sich dort unter bestimmten Bedingungen vermehren. Sie verursachen sog. Mykosen. Besonders begünstigt werden Infektionen bei Personen mit einem geschwächten Immunsystem (immunsuppressive Patienten). Im Vergleich zu anderen Schimmelpilzen ist ein massenhaftes Auftreten von pathogenen Schimmelpilzen im Innenraum relativ selten. Als Beispiel für pathogene Schimmelpilze sei *Aspergillus fumigatus* genannt, welcher z.B. Infektionen in der Lunge verursachen kann oder *Aspergillus niger*, von dem Infektionen im Ohr beschrieben sind.

Mehrere Einwirkungen auf den Menschen (Allergene, Toxine, MVOC u.a.) werden für das „Sick- building syndrome „ und das „Damp- building syndrome“ verantwortlich gemacht. Die Krankheitssymptome dabei sind vielfältig (Kopfschmerzen, Konzentrationsschwierigkeiten, Lethargie, Entzündung der Schleimhäute von Nase, Mund und Hals usw.)

3. Untersuchung und Bewertung eines Schimmelpilzbefalls

Ist ein Schimmelpilzbefall nach seiner Gesundheitsbeeinträchtigung zu beurteilen, sollten der Luftsporengehalt und die Schimmelpilzart bestimmt werden. In einigen Fällen kann auch eine Untersuchung des Hausstaubs notwendig sein. Für das Arbeiten mit Krankheitserregern muß die entsprechende Erlaubnis vorhanden sein.

Bei der Untersuchung des Luftsporengehaltes im Innenraum ist stets zum Vergleich eine Messung an der Außenluft durchzuführen. Die Luftsporenmessung erfolgt mit einem Sporensammler. Dabei wird ein bestimmtes Luftvolumen mit Schimmelpilzsporen angesaugt und auf eine Nährbodenplatte geleitet. Auf der Platte bilden sich Schimmelpilzkolonien. Diese Kolonien werden ausgezählt. Die Luftsporenmenge wird in koloniebildende Einheiten KBE / m³ Luft angegeben.

Es wird empfohlen, sich bei der Luftsporenmessung im Innenraum nach dem „Verfahren zur Bestimmung der Schimmelpilzkonzentration in der Luft am Arbeitsplatz“ -TRBA 430- zu richten (6). Nach 7 Tagen kann die Messung meist ausgewertet werden.

Zur Schimmelpilzidentifizierung der Schimmelpilzart wird eine Pilzprobe meist unmittelbar vor Ort auf eine Nähbodenplatte verimpft. Die Kultivierung erfolgt auf z.T. unterschiedlichen Spezialnähböden (Agar) bei verschiedenen Temperaturen. Die Ergebnisse sind meist nach ca. 10 Tagen zu erwarten. Die Schimmelpilzart wird hauptsächlich nach ihren morphologischen Merkmalen mit Hilfe des Mikroskops bestimmt. Weitere Methoden der Schimmelpilzidentifizierung z.B. über Gensonden oder mit Hilfe des Immunoassay sind in der Entwicklung.

Gegenwärtig gibt es keine verbindlichen Richtwerte für eine gesundheitliche Bewertung eines Schimmelpilzbefalls.

Nach Raumluftmessung ist eine Abschätzung der gesundheitlichen Gefährdung durch einen Vergleich der im Innenraum ermittelten Kolonien mit denen der Außenluft möglich. Nach SENKPIEL und OHGKE (1992) liegt der Erfahrungsrichtwert für eine Schimmelpilzbelastung im Innenraum bei 100 KBE/m³ Luft (4). Dies bedeutet, daß mit einem gesundheitlichen Risiko gerechnet werden kann, wenn die Sporenkonzentration im Innenraum 100KBE/m³ Luft höher als in der Außenluft ist. Der Wert darf aber nicht isoliert betrachtet werden. In dem EU Report No 12 (1993) finden sich Richtwerte, wann eine Sporenkonzentration (KBE/m³ Luft) als hoch oder gering im Innenraum zu betrachten ist (3). Die WHO Richtlinie (1988) geht u.a. auf spezielle Schimmelpilzarten ein (7). Sie weist darauf hin, daß pathogene und toxische Schimmelpilze in der Innenraumluft nicht akzeptabel sind.

Mit der Kultivierung der Sporen auf Nähbodenplatten können allerdings nur lebende Sporen erfaßt werden. Nach einer chemischen Behandlung ist oft eine mikroskopische Bestimmung der „toten“ Sporen notwendig. Verdeckte Schimmelpilzherde sind mit dem Sporensammler nicht zu erfassen. Durch Bestimmung der MVOC kann ein verdeckter Schimmelpilzherd untersucht werden. Die Erfassung der MVOC ist z.B. über einen Aktivkohle- Sammler möglich. Die Auswertung erfolgt dann im chemischen Labor (GC/MS- Detektion).

4. Bekämpfung der Schimmelpilze

Ein Schimmelpilzbefall kann nur durch Beseitigung der Ursachen seiner Entstehung bekämpft werden. Entscheidend ist eine gründliche Untersuchung. Besondere Beachtung verdient das Aufspüren von verdeckten Schimmelpilzherden (hinter Gipsplatten, unter der Dielung, hinter Holzpaneel usw.) Mängel in der Bauweise sind zu beseitigen. In vielen Fällen ist eine Änderung des Nutzerverhaltens der Bewohner erforderlich.

Das Bauwerk bzw. die Schadstellen müssen ausgetrocknet werden. Die mit Schimmel befallenen Materialien Tapete und Putz sind vorsichtig zu entfernen. Besonderer Wert ist auf Beseitigung von Staub zu legen, da dieser oft stark mit Schimmelpilzen versetzt ist.

Während der Arbeiten sollte eine Partikelschutzmaske getragen werden. Bei der Sanierung von besonders belasteten Gebäuden (z. B. bei massenhaftem Auftreten von *Stachybotrys chartarum*) sind spezielle Sicherheitsvorschriften zu beachten.

Glatte Oberflächen können mit einem alkoholhaltigen Reinigungsmittel abgewischt werden (nicht versprühen). In Ausnahmefällen kann, nach Ursachenbekämpfung, ein Abtöten von Schimmelpilz und Schimmelpilzsporen vorgenommen werden. Für das Gebäude gibt es kein geprüftes Bekämpfungsmittel. Geeignet ist für die lokale Behandlung z.B. hochprozentiger Alkohol oder konzentrierter Essig. Ein hundertprozentiger Erfolg ist nicht garantiert.

Nach Abschluß der Sanierungsarbeiten sollte die Unbedenklichkeit der Schimmelpilzsporen in der Raumluft überprüft werden.

Literatur:

- (1) Johanning, E., Biagini, R., Hull, D., Morey, P., Jarvis, B., Landsbergis P. Health and immunology study following exposure to toxigenic fungi (*Stachybotrys atra*) in a water-damaged office environment. Int. Arch Occup Environ Health 68/4 (1996) 207- 218
- (2) Reiß, J. Schimmelpilze: Lebensweise, Nutzen, Schaden, Bekämpfung; Springer Verlag Berlin Heidelberg 1986
- (3) Report No 12: „Biological Particles in Indoor Environments“ (1994); Commission of the European Communities, Luxembourg
- (4) Senkpiel, K., Ohgke H.: Beurteilung der „Schimmelpilz“- Sporenkonzentration in der Innenraumluft und ihre gesundheitlichen Auswirkungen. Festlegung eines Erfahrungsrichtwertes. Ges. Ing. 113(1992) 42- 45
- (5) Sedlbauer K., Oswald D., König N. Schimmelgefahr bei offenen Luftkreisläufen Ges. Ing. 119(1998) 240-247
- (6) Verfahren zur Bestimmung der Schimmelpilzkonzentration am Arbeitsplatz TRBA 430, Bundesarbeitsblatt 10 (1997) 74-77
- (7) WHO Regional Publications European Series, No 31: Indoor Air Quality: Biological Contaminants; Report on a WHO Meeting; WHO: Copenhagen, Denmark, 1988