

Ursachen und Auswirkungen von Feuchtigkeit und mikrobiellen Belastungen in Innenräumen

Feuchteschäden in Gebäuden:

Für Feuchteschäden in Gebäuden gibt es viele Ursachen:

- Leitungsschäden an Wasser- Abwasser- oder Heizungssystem,
- Undichten von Dach, Keller oder Fassade,
- Bauphysikalische Mängel die zu Wärmebrücken und damit zur Tauwasserbildung auf der Innenoberfläche des Gebäudes führen.
- Mängel z.B. in der Dampfsperre gedämmter Dach- oder Bodenkonstruktionen, die zu riesigen Tauwassermengen in der Dämmung führen können.
- Baurestfeuchte in Neubauten

Bei Feuchteschäden besteht häufig **massive** Gesundheitsrelevanz!! (s.u.). Sowohl chemische Prozesse als auch das Wachstum von Schimmelpilzen und anderen Mikroorganismen können zu massiven Gesundheitsschäden durch deren Emissionen führen.

Die Ursache von Feuchteschäden muss **schnell ermittelt und beseitigt** werden. Hier zählen Tage, da sich Mikroorganismen unter geeigneten Bedingungen rasend schnell vermehren.

Nach fachgerechter Schadensursachenbeseitigung müssen alle Bauteile fachlich korrekt und **schnell bis zur normalen Ausgleichsfeuchte getrocknet** werden. Dazu ist in vielen Fällen die Aufstellung eines Raumluftkondensrockners absolut unzureichend, da:

- Oberflächen oft versiegelt sind (Fliesen, Vinyltapeten, dichte Öl- oder Latexfarbanstriche), so dass trockene Luft zu keinerlei Trocknung des Bauteiles führt
- die Feuchte oft **in der Konstruktion** (auf der Betondecke unter der Estrichdämmung, entlang von Fachwerksbalken oder Dachsparren,...) riesige Entfernungen zurücklegt und weitab vom Schadensort zu massiver Durchfeuchtung führt,
- Speichernde Bauteile (Balken, Lehm, Gips,...) die Feuchte hält und sehr lange (Monate bis Jahre) speichern können

Gefährlich ist der Einsatz von Gasheizgeräten, da diese beim Betrieb durch chemische Reaktion zu massivem Feuchteerneintrag führen können! Elektroheizgeräte sorgen zwar über die Erwärmung der Luft für eine erhöhte Feuchteaufnahmefähigkeit. Diese Feuchte in der Luft kann dann jedoch, wenn sie nicht schnell und gerichtet abgeführt wird zu massiven Tauwasserproblemen an anderen Stellen der Konstruktion führen.

Neben der Trocknung muss bei Schäden, die älter sind als ca. 2 Wochen oder bei denen Abwässer beteiligt sind, untersucht werden, welche weiteren Massnahmen zur toxikologisch korrekten Sanierung notwendig sind.

Sind bereits Schimmelpilze oder andere Materialveränderungen sichtbar, muss in jedem Fall sofort geprüft werden, ob Gesundheitsrelevanz besteht und welche kurzfristigen Massnahmen (Luftreinigung (Kombinationsfilter HEPA-Partikelfilter Klasse 12/13 und ausreichend dimensionierte Chemikalienadsorber), Nutzungsverzicht, Abschottung,...) notwendig sind, um Gesundheitsschäden zu vermeiden. Dabei sind Bauchfachleute, Trocknungsunternehmen u.a. als Fachunternehmen in der Pflicht, diese Belastungsmöglichkeiten zu erkennen und anzuzeigen.

Entfernung belasteter Bauteile und -materialien, Versiegelungen und/oder Geruchs- und Wirkstoffbindung sind ggf. notwendig und nach den gültigen Richtlinien und ggf. Gesetzen vorgeschrieben. (UBA 2002, LGA-Baden-Württemberg 2001, VBD)



Mikrobielle Belastungen im Zusammenhang mit Feuchteschäden in Gebäuden:

Grundlage für das Wachstum von Mikroorganismen, d.h. Bakterien und sog. Mikropilze, landläufig Schimmelpilze genannt (zur Systematik s. z.B. Schats in Keller 1997,1998), sind Feuchtigkeit, organische Nährstoffe, Temperatur sowie das Fehlen von fungiziden oder repellenten Stoffen. Insbesondere Baustoffe mit organischen Anteilen, wie Holz, Stroh, Lehm mit organischen Beimengungen, Tapeten oder andere zellulosehaltige Materialien oder auch Materialien mit organisch beschichteten Oberflächen (z.B. Mineralfasern mit Extruderölfilm und Kunststoffe) enthalten normalerweise geringe Mengen lebensfähiger Dauerformen von Schimmelpilzen oder Bakterien. Die Anzahl liegt nach Materialart und Vorgeschichte bei $10^1 - 10^4$ KBE/ Gramm (KBE = Koloniebildende Einheit, Maß für den Gehalt lebensfähiger Keime). Desweiteren werden Mikroorganismen über die Raumluft auf zugängliche Bauteiloberflächen aufgebracht. Normale Gehalte lebensfähiger Formen von Mikroorganismen liegen hierbei zwischen 10^3 und 10^6 / m^3 Raumluft in normal genutzten Wohn- Büro- und Praxisräumen (Keller 1997, 1998). Der Nährstoffgehalt und deren Zugänglichkeit in diesen Materialien für das Wachstum von Mikroorganismen ist ausreichend bis oft übermäßig. Notwendige Wachstumstemperaturen - teilweise schon ab 2-4 °C, meist aber von 20-35 °C im Optimum - werden in Mitteleuropa im Innenraumbereich oft ganzjährig erreicht. Limitierend für das Wachstum und die Vermehrung in oder auf den o.g. Baumaterialien ist somit ausreichende Feuchtigkeit.

Hierbei benötigen Schimmelpilze i.a. eine höhere Feuchtigkeit für das Wachstum als viele Bakterien. Für Schimmelpilzwachstum sind i.d. Regel Materialfeuchtigkeiten von über 80% relativer Luftfeuchte notwendig. Dazu muss kein freies Wasser vorhanden sein, auch entsprechendes kapillares Aufziehen von Feuchtigkeit reicht aus. Für Bakterien ist oftmals bereits eine Materialfeuchtigkeit ausreichend, die in der Luft in den Materialporen zu einer relativen Luftfeuchte von 75-80 % (relative Ausgleichsdiffusionsfeuchtigkeit) führen. (Kummer et. al. 1999, Oxley und Gobert 1992, Fischer et. al. 1997).

Bei Raum- bzw. Materialtemperaturen von ca. 20 °C setzt bei ausreichendem Nährstoffgehalt nach ausreichender Feuchtigkeitszufuhr das Wachstum von Bakterien dabei nach ca. 2 Tagen von Schimmelpilzen nach ca. 5-7 Tagen merklich ein.

Nach 10 - 14 Tagen ist bei anhaltend ausreichender Feuchtigkeit damit von einer massiven mikrobiellen Besiedelung nährstoffhaltiger Materialien auszugehen (vergleiche auch Böge 1998, Oxley und Gobert 1992, Weiß und Ungerer 1995, Sedlbauer, 2001).

Als problematisch wird heute in diesem Zusammenhang das Vorgehen bei der Sanierung von Feuchtigkeitsschäden in Gebäuden angesehen. Feuchtigkeit von Bauteilen, in denen sich organisches Material befindet „in der Nähe der Sättigung“, d.h. in Bereichen einer rel. Ausgleichsdiffusionsfeuchtigkeit von 75 - 85 % und mehr, führt unweigerlich in Abhängigkeit von Temperatur, Grundkeimzahl und Nährstoffgehalt nach ca. 10-14 Tagen zu mikrobiellem Wachstum, das neben geruchlichen auch massive gesundheitliche Beeinträchtigungen zur Folge haben kann (s.u.). Meist werden Wasserschäden, die zu einer massiven Durchfeuchtung bis Feuchtesättigung von Bauteilen und Materialien führen, spät erkannt. Trocknungsmaßnahmen werden nicht sofort eingeleitet. Viele Versicherungen lassen Trocknungsmaßnahmen einleiten, obwohl ein Abwasserschaden vorliegt oder ein Wasserschaden, der schon länger besteht. Hier muss vor einer Sanierung in jedem Fall eine Untersuchung des Materials auf mikrobiellen Befall erfolgen, um eine Sanierungsplanung durchführen zu können. Häufig lassen sich Versicherungen Abtretungserklärungen unterzeichnen, mit dem Hinweis, der Versicherte müsse sich dann um nichts mehr kümmern. Die Versicherungen bestimmen dann ihnen genehme Trocknungsfirmer, die häufig sogar zum Konzern gehören. Diese Abtretung muss nicht unterzeichnet werden. Auftraggeber und damit bestimmend, welche Trocknung- und Sanierungsfirma eingesetzt wird ist der Versicherungsnehmer.



Die oft eingesetzten Trocknungen durch Feuchtigkeitsentzug aus der Raumluft (z.B. Kondensationstrockner) sind dabei meist nicht in der Lage, schnell die Feuchtigkeit aus tiefergelegenen Bauteilen zu entziehen. Sind nicht alle durchfeuchteten Bauteile, die organisches Material und eine Grundkeimanzahl enthalten innerhalb von ca. 14 Tagen ausreichend getrocknet, ist eine mikrobielle Belastung dieser Materialien eine unausweichliche Folge.

Mikrobielle Schäden in Gebäuden werden heute aufgrund der potentiellen Gesundheitsgefährdungen als Gebäudemängel anerkannt. Es muss bei einer mikrobiellen Belastung entweder eine Entfernung des befallenen Materials oder bei leichtem Befall eine Geruchs- und Wirkstoffbindung erfolgen. Welche Maßnahmen erforderlich sind sollte ein Sachverständiger für mikrobielle Belastungen entscheiden, die Sanierung selbst von Fachfirmen durchgeführt werden.

1.3: Chemische Belastungen im Zusammenhang mit Feuchteschäden in Gebäuden:

Beim Kontakt sonst trockener Bauteile mit Feuchtigkeit können je nach Materialart, Materialkombination und Umgebungsbedingungen vielfältige chemische Reaktionen einsetzen. Nur wenige dieser Reaktionen innenraumrelevanter Materialien sowie kaum die Auswirkung der entstehenden Reaktionsprodukte sind bekannt.

Hydrolytische Zerfallsvorgänge, wie die Freisetzung von Formaldehyd aus Phenol-Formaldehydharz-gebundenen Holzprodukten (z.B. die meisten Spanplatten) oder alkalische Zersetzungsvorgänge von Dispersionsklebstoffen und anderen Materialien auf stark basischen Zementen oder Zementestrichen sind ebenso beschrieben wie erhöhte Freisetzungen von Hilfsstoffen aus Kunststoffen (Lorenz et. al. 1999). Oxidative Vorgänge, wie der Zerfall organischer Stoffe werden ebenfalls häufig beschleunigt. Es kommt bei längerer oder starker Durchfeuchtung häufig zu Bauteilschäden, wie Korrosion von Rohrsystemen (z.B. bei Fußbodenheizungen) oder Zerstörung von Anhydritmörtel etc.

Desweiteren werden bei Bauteildurchfeuchtungen ganz oder teilweise wasserlösliche Verbindungen aus vielen Bauteilen ausgewaschen und können in den Innenraum gelangen.

Mit einer länger anhaltenden Durchfeuchtung von nährstoffhaltigen Bauteilen ist in den meisten Fällen wie oben dargestellt mikrobielles Wachstum verbunden. Hierbei können in Folge der Verstoffwechslung chemischer Komponenten der Baumaterialien je nach Wachstums- umgebung, Materialart und Art der Mikroorganismen eine Vielzahl von Verbindungen entstehen, die als Nebenprodukte oder Stoffwechselendprodukte teils flüchtig, teils wasserlöslich in den Innenraum gelangen können. Hierbei handelt es sich meist um relativ kurzkettige organische Verbindungen wie Alkohole, Aldehyde, Ketone oder Säuren.

Desweiteren werden von Mikroorganismen chemische Verbindungen abgegeben, die ökologische Funktionen erfüllen. Die flüchtigen dieser Stoffe werden unter dem Begriff MVOC (microbial volatile organic compounds) zusammengefaßt (Ström et. al. 1994).



1.4: Beschwerden im Zusammenhang mit Feuchteschäden in Gebäuden:

1.4.1: Chemische Belastungen

Die Belastungen von Räumen mit chemischen Substanzen aufgrund von Feuchtigkeitsschäden sind - abhängig von der Art der betroffenen Bauteile und der Rahmenbedingungen - in vielen Fällen gravierend. Häufig werden kurzkettige organische Aldehyde und Amine gebildet, die aufgrund ihrer Flüchtigkeit, Reaktivität und relativen Wasserlöslichkeit zu vielfältigen Reizerscheinungen, insbesondere auf Schleimhäuten der Augen und Atemwege führen können. Substanzen dieser Stoffgruppen sind häufig auch geruchlich sehr intensiv. Gleiches gilt für die oft in Folge von Zerfall organischer Baumaterialien entstehenden mittelkettigen organischen Säuren.

Besonders muß hier auf die Bedeutung der Hydrolyse formaldehydabspaltender Verbindungen und die meist daraus resultierenden massiven Belastungen der Innenraumluft in den betroffenen und angrenzenden Räumen mit Formaldehyd eingegangen werden. Formaldehyd ist ein stechend riechender kurzkettiger organischer Aldehyd. Er ist als krebserregend K3 (Stoffe, die wegen möglicher krebserregender Wirkung beim Menschen Anlaß zur Besorgnis geben,...) eingestuft. Für den Innenraum existiert ein Richtwert des ehem. BGA von 0,1 ppm (= part per million) Pro m³ Innenraumluft. Er gilt als sensibilisierend, da der Stoff aufgenommen wird und aufgrund der Reaktivität in der Lage ist, körpereigene Eiweiße zu binden und zu verändern. In der Umweltmedizin sind vielfältige Gesundheitsbeschwerden für eine Formaldehydexposition beschrieben (Seidel 1996, Popp 1998, BIA 1998).

Bei den aufgrund von Feuchteschäden entstehenden Raumluftbelastungen handelt es sich meist um Mischbelastungen mehrerer chemischer Verbindungen. Die Wechselwirkungen dieser verschiedenen chemischen Verbindungen und deren gemeinsame Wirkungen auf den Menschen sind kaum untersucht. Es ist bekannt, daß bei Mischexpositionen häufig Raumluftbelastungen, bei denen jeder einzelne Stoff in Konzentrationen auftritt, die in der Regel für die Mehrzahl von Personen nach toxikologischen Erkenntnissen keine gesundheitlichen Probleme bereiten, doch massiv Probleme bereiten. Krankheitsbilder wie das sogenannte sick building syndrom (Kopfschmerz, Augenreizungen, Müdigkeit, Husten, Heiserkeit, Übelkeit) werden als Folge solcher Mischexpositionen beschrieben (Ashford und Miller 1997).

In vielen Fällen wird bereits wenige Stunden nach Einsetzen der Durchfeuchtung von Bewohnern über starke Geruchsempfindungen, Augenbrennen, Tränenfluß, Hustenreiz, Brechreiz, starken Kopfschmerz, Benommenheit bis hin zu Sehstörungen und andere neurologische Symptome geklagt, die im Zusammenhang mit der Wirkung dieser gebildeten oder ausgewaschenen Verbindungen stehen (Altmann-Brewe 1997, Oxley und Gobert 1992).

Dabei ist festzustellen, daß die Reaktionen von Exponierten Personen stark von weiteren Faktoren wie der individuellen Entgiftungskapazität, der Vorbelastung des Individuums sowie der physiologischen Versorgungssituation abhängen. Die Reaktionen auf o.g. Reizstoffe sind von dieser individuellen Reagibilität aufgrund der direkten Wirkung auf Haut und Schleim-



häute kaum betroffen. Die letztgenannten eher im neurotoxischen Bereich anzusiedelnden Reaktionen unterliegen dagegen einer besonders starken intraindividuellen Schwankungsbreite.

Mögliche Beschwerden aufgrund der oft durch mikrobielle Tätigkeit entstehenden chemische Raumluftbelastungen werden im folgenden Abschnitt mitbehandelt.

1.4.2 Mikrobielle Belastungen

Nach neuesten Erkenntnissen sind mikrobielle Belastungen in Innenräumen - insbesondere mit Schimmelpilzen - als Ursache für eine Reihe von Gesundheitsstörungen möglicherweise ursächlich (Eikmann, Kämpfer 1999). Mikrobielle Belastungen von Innenräumen durch Schimmelpilze, Hefen oder Bakterien können gar zu massiven gesundheitlichen Beeinträchtigungen von Bewohnern oder Nutzern führen. Schleimhautreizungen, Infektanfälligkeit, chronische Stirn- und Nebenhöhlenprobleme, Störungen des Immunsystems, Kopfschmerz, Übelkeit, Geruchsbelästigungen, schnelle Ermüdung, Konzentrationsprobleme oder Reizbarkeit können die Folgen einer solchen Belastung sein. Ebenfalls ist lange bekannt, daß mikrobielle Partikel wie z.B. Schimmelsporen Allergien und allergische Folgeerscheinungen wie Asthma auslösen können.

Ursache für diese Beschwerden können die Keime selbst, deren Sporen, abgegebene Toxine oder andere auch von toten Mikroorganismen in die Raumluft abgegebene flüchtige organische Stoffwechselprodukte - sogenannte MVOC's - sein.

Man unterscheidet vier Wirkmechanismen von Mikroorganismen auf die Gesundheit (z.B. Keller 1997,1998; Keller et al., 2004):

1. Aufwachsen pathologisch relevanter Keime auf dem menschlichen Körper
Beispiel: sogenannte Mycosen wie die Aspergillose. Diese können insbesondere auftreten, wenn so große Mengen von potentiell auf dem Menschen lebensfähige Mikroorganismen auf den menschlichen Körper gelangen, daß die körpereigenen Abwehrmechanismen ein Anwachsen nicht verhindern können oder aber wenn die Abwehrkräfte exponierter Personen geschwächt sind. Die Mikroorganismen durchdringen hierbei die äußeren Grenzschichten des Organismus. Bei großflächigen mikrobiellen Schäden in Wohn- und Arbeitsräumen mit großflächigem Luftkontakt und resultierenden hohen Keimbelastungen der Luft wird von solchen Erkrankungen berichtet (Herr et. al. 1999). In abgeschwächter Form kann das Aufwachsen von Mikroorganismen zu sogenannten Dysbiosen, d.h. Störungen der Normalflora auf der Haut oder im Darm führen, die durchaus massive gesundheitliche Folgen haben können (z.B. ZFU 3/97), Herr et.al. 1999, Eckernförder Therapietage 4 1996 3 1995).



2. Einwirken von Giftstoffen, sogenannten Toxinen, die von Mikroorganismen oft gebildet werden können. Diese werden meist über die Atemwege mit mikrobiellen Partikeln aufgenommen und können vielfältige Wirkungen entfalten. Beschrieben sind Herzgifte, Hautgifte, Gifte, die Erbrechen oder Halluzinationen auslösen, Lebergifte, Gifte, die Krebs auslösen, Nierengifte, Nervengifte, Photosensibilisatoren, Terratogene, Tremogene, Gifte, die Ulcus auslösen und Zellgifte. Die Bildung dieser Gifte ist artspezifisch und hängt von Nahrungs- und Wachstumsbedingungen ab. (Bayer 1997).
3. Allergieauslösende und -promovierende Wirkungen
Insbesondere Schimmelpilze können Allergien auslösen. Die allergieauslösende Potenz ist zwischen verschiedenen Arten unterschiedlich. Die sog. Allergene werden in Abhängigkeit von Nahrungs- und Wachstumsbedingungen gebildet (s.u.).
4. Auswirkungen auf die Gesundheit durch sogenannte MVOC (s.o., s.u.)

Zu Punkt 3:

Schimmelpilze können verschiedene Allergieformen und damit verschiedene Symptome auslösen. Man unterscheidet vier Allergietypen mit verschiedenen Wirkmechanismen und typischen Symptomen (Maushagen-Schnaas, Waldmann 1996, Abbas et. al. 1996):

Typ I- Allergien Sofort-Typ-Allergie:

IgE-vermittelt; Reaktion unmittelbar auf Haut, Schleimhäuten oder, bei Eindringen der Allergene, lokal;

Symptome: Haut: Rötung (Erythem, Urtikaria), weiche, lokale Schwellungen (Quaddeln)
Schleimhäute: Tränen, Rötung, Niesen, Schleimfluß, Jucken, Schwellung
Lunge: oft asthmatisch, d.h. durch Mediatorwirkung induzierte krampfartige Kontraktion der Bronchialmuskulatur
systemisch: sog. anaphylaktischer Schock mit Blutdruckabfall, Verengung der Luftwege, Überempfindlichkeit und Schleimbildung am Darm, Nesselfieber

Typ II- Allergien Cytotoxische Reaktion:

IgG-/IgM-vermittelt; Reaktion durch Veränderung körpereigener Eiweiße durch Fremdstoffe, s.d. diese als körperfremd erkannt werden;

Symptome: Hämolyse, Gewebeabstoßungen,...

Typ III- Allergien Immunkomplexreaktionen:

IgG-vermittelt; Reaktion aufgrund der Ablagerung von Antigen-Antikörperkomplexen in Gelenken oder Organen wie Niere, Lunge oder Herz;

Symptome: Gelenks- oder Organentzündungen wie auch die sogenannte Bauern- oder Vogelzüchterlunge



Typ IV- Allergien Spättyp-Reaktionen:

Immunzellvermittelt, nach einer Sensibilisierungsphase, die der Betroffene nicht bemerkt, werden bei Allergenkontakt und Bindung des Allergens an Immunzellen spezielle Effektorzellen aktiviert, die über Mediatoren zu einer Entzündungsreaktion führen.

Symptome: Ekzembildung z.B. Kontaktekzem, Tuberkulinreaktion, sonstige Entzündungsreaktionen

Schimmelpilze können sowohl Typ I als auch Typ III und Typ IV-Reaktionen auslösen. Die Reaktion des Individuums ist auch hier wiederum stark abhängig von genetischer Prädisposition, der individuellen Belastungslage sowie der individuellen Leistungsfähigkeit der Abwehrsysteme, so daß bezüglich allergischer Symptomatik bei gleich Exponierten hohe intraindividuelle Variabilität zu erwarten ist.

Zu Punkt 4:

Die toxikologische Bedeutung der o.g. MVOC wird zunehmend auch von der mitteleuropäischen Schulmedizin erkannt (LGA 2001, UBA 2002).

Die kurzkettigen, leichtflüchtigen Kohlenwasserstoffe, wie kurzkettige Alkohole, Ketone und Aldehyde haben bei inhalativer Aufnahme typische Lösemittelwirkung. Sie führen zum einen aufgrund ihrer lipophilen Eigenschaften zu Störungen im Nervensystem. Insbesondere sind dies Störungen im Bereich des Frontalhirns lokalisiert, da die Resorption neben der pulmonalen Aufnahme und dem Transport über die Blutbahn auch über den sog. bulbus olfaktorius erfolgen kann. Die Wirkungen können Kopfschmerzen, Benommenheit, Müdigkeit, Beeinflussung der kognitiven Fähigkeiten, Störungen der Motorik bis hin zu dauerhaften Schädigungen im Nervensystem sein. Nach Expositionsende treten häufig Beschwerden auf, die dem „Kater“ nach Alkoholgenuß ähnlich sind. Desweiteren werden im Entgiftungsbereich der Leber und Nieren oft Störungen gesetzt.

Neben einer weiterhin oft vorhandenen massiven potentiellen Geruchsbelastung treten hier Stoffe auf, die biologische Signalfunktionen besitzen. Beeinträchtigungen der Befindlichkeit sowie die Potenz zur Beeinflussung von Stoffwechsel, Immunsystem etc. sind beschrieben. zu den MVOC gehören sogenannte Pheromone, die z.B. als Lockstoffe (z.B. das Androstenon der Trüffel = Sexuallockstoff des Ebers) oder als Alarm-, Angriffs- oder Flucht-Pheromon (1-Hexanol, 2-Hexenal, Alkyl-Pyrazine, (3-methyl)Butanol im Insektenreich) wirken. Stoffe wie 1-Octen-3-ol kommen ebenfalls im menschlichen Stoffwechsel als Überträgersubstanzen des Linolsäurestoffwechsels vor. Diese Substanzen haben regulatorische Funktionen im Immun- und Nervensystem (Lipoxine, Leukotriene, Prostaglandine und Tromboxane).

Insbesondere bei verringertem Luftwechsel, langen Aufenthaltszeiten in belasteten Räumen oder bei anfälligeren Personen wie Kindern, Kranken oder alten Menschen können Gesundheitsbeschwerden auftreten. Infektanfälligkeit, Autoimmunerkrankungen, Verstärkung von Allergien und andere Symptomkomplexe werden im Zusammenhang mit dieser Substanzgruppe gesehen. Es gilt für die intraindividuelle Variabilität der Reaktionen das oben gesagte.



Aufgrund der Tatsache, daß auch abgetötete Mikroorganismen oder Mikroorganismen in tieferen Materialschichten ohne direkten partikulären Kontakt zur Innenraumluft durch diese Verbindungen gesundheitliche Beeinträchtigungen bewirken können, wird es heute als notwendig angesehen, bei großflächigen mikrobiellen Schäden alle anhand von Materialanalysen als befallenen Materialien zu entfernen (UBA 2002, LGA 2004, VBD 2004).

Eine Trocknung und anschließende Desinfektion der Oberfläche ist keinesfalls als ausreichend anzusehen, die Besorgnis gesundheitlicher Schäden auszuschließen.

Auch muss darauf hingewiesen werden, dass bei alleiniger Trocknung mikrobiell belasteter Materialien oft durch die verbleibende Biomasse und deren späteren Zerfall (z.B. durch Sauerstoff, oxidativer Zerfall) massiv Geruchsstoffe entstehen können, die langsam aus Bauteilen in den Innenraum gelangen können. Weiterhin stellen verbleibende mikrobiell belastete Bauteile einen Mangel dar, da sich ein solches Bauteil spätestens bei einem nächsten Wasserschaden deutlich different zu einem unbelasteten Bauteil verhält.

Lufthygienemaßnahmen als Sofortschutz für Bewohner oder Nutzungsverzicht sind oft selbst bei kleineren Schäden die einzige Möglichkeit, schnell Gesundheitsschutz zu gewährleisten.

Bei Verunreinigung von Räumen und Einrichtung mit Lebend- und/oder Totsporen sind ggf. spezielle Reinigungsmassnahmen notwendig – dies insbesondere, wenn bereits Allergien bestehen - um fachgerecht zur Gesundheitsneutralität zu sanieren.

Eine Zusammenfassung der heute gültigen Kriterien zur Messung, Bewertung und Sanierung von Schimmelpilzbelastungen sowie von gesundheitlichen Wirkungen finden sich in zwei zusammenfassenden Werken "Qualitätsleitfaden" (Landesgesundheitsamt 2001) sowie "Schimmelpilz-Leitfaden" (Umweltbundesamt 2003) sowie in den Sanierungsleitfäden des LGA (2004) und VBD.

(Wessen und Schoeps 1996, Wessen und Schoeps 1996 2, Wessen und Schoeps 2004, Keller 1997 1998 2004, Baudisch et. al. 1997, Ström et.al. 1994, Alsen-Hinrichs et. al. 1998, Tilkes et. al. 1999, Göttlich et. al. 1999, Kämpfer et. al. 1999, LGA 2001, UBA 2002, LGA 2004, VBD 2004)



Information Feuchte / mikrobielle Belastungen

Literatur

- Abbas, A. K., Immunologie, Verlag Hans Huber 1996
- Alsen-Hinrichs, C. et. al., Fortsetzung der Dokumentation umweltmedizinischer Daten in Schleswig-Holstein, Schriftenreihe des Instituts für Toxikologie der Universität Kiel, Selbstverlag, 1998
- Altmann-Brewe, J., Schimmelpilze und Pilzinfekte, Ehrenwirth 1997
- Ashford, N., Miller, C., Chemical Exposures, Van Nostrand Reinold 2nd. ed. 1997
- Bayer, W., Mycotoxine - ein relevante umweltmedizinisches Problem für den Menschen, Zeitschrift für Umweltmedizin S. 152 3/1997
- Becker, R. Verhütung von Schimmelbildung in Gebäuden, Teil 1: bauphysikalische Zusammenhänge bei der Tauwasserbildung. Bauphysik 9 1987, 3, S. 79 ff.
- Becker, R. , Putermann, M. Verhütung von Schimmelbildung in Gebäuden. Teil 2: Eionfluss von Oberflächenmaterialien, Bauphysik 9 (1987), 4 S. 107 ff.
- Berliner Ärztekammer, KV Berlin Hrsg., Qualitätssicherung in der Umweltmedizin, Selbstverlag 1997
- BIA Hrsg. Gefahrstoffliste 1998, E. Schmidt-Verlag 1998
- Böge, K.-P., Mikrobielle Belastungen in Innenräumen, Zeitschrift für Umweltmedizin S. 3296/1998
- Bundesgesundheitsamt Bewertung der Luftqualität in Innenräumen in Bekanntmachungen des Bundesgesundheitsamtes (BGA), Bundesgesundheitsblatt 3/1993, S. 117 ff.
- Eckernförder Therapietage 3., Störungen der Darmökologie und Ihre Behandlung; Dermatophytosen Tagungsband 3, medi-Verlag, 1995
- Eckernförder Therapietage 4., Mycologie, Umweltmedizin, Orthomolekulare Medizin, Tagungsband 4, medi-Verlag, 1996
- Eikmann, T., Kämpfer, P., Problemstellungen im Bereich der mikrobiellen Luftverunreinigungen, S. 201 in Gefahrstoffe Reinhaltung der Luft, BIA Hrsg., Springer Verlag 1999
- Erhorn, H. Schimmelpilzanfälligkeit von Baumaterialien. IBP-Mitteilung 17, 1990, 196, Stuttgart
- Fischer, H.-M. et. al., Lehrbuch der Bauphysik, B.G. Teubner 1997
- Gertis, K. etal. Klimawirkung und Schimmelpilzbildung bei sanierten Gebäuden, Proceedings Bauphysik-Kongress, Berlin 1997, S. 241
- Göttlich, E., et. al, Erfassung von luftgetragenen kultivierbaren Mikroorganismen aus Kompostierungsanlagen - Emissionen und Immissionen, S. 209 in Gefahrstoffe Reinhaltung der Luft, BIA Hrsg., Springer Verlag 1999
- Hankammer, G.; Lorenz, W. Schimmelpilze und Bakterien ind Gebäuden, Rudolf Müller Verlag, Köln 2003
- Heizmann, W. R., Nolting, S., Candida Intestinaltrakt Immunsystem Allergie, Promedico 1999
- Herr, C., et. al., Wirkung von mikrobiellen Aerosolen auf den Menschen, S. 229 in Gefahrstoffe Reinhaltung der Luft, BIA Hrsg., Springer Verlag 1999



- Jenisch, R. Tauwasserschäden, Schadensfreies Bauen Bd. 16, IRB-Verlag 1996 Kämpfer, P., et. al., Neuere Methoden zum Nachweis und zur Identifizierung luftgetragener Mikroorganismen, S. 219 in Gefahrstoffe Reinhaltung der Luft, BIA Hrsg., Springer Verlag 1999
- Keller, R., Biogene Luftschadstoffe in Wohn- und Aufenthaltsräumen, Schriftenreihe des Instituts für Medizinische Mikrobiologie und Hygiene der Medizinischen Universität zu Lübeck, Selbstverlag, 1997 Keller, R., Gesundheitliche Gefahren durch biogene Luftschadstoffe, Schriftenreihe des Instituts für Medizinische Mikrobiologie und Hygiene der Medizinischen Universität zu Lübeck, Selbstverlag, 1998
- Keller, R., Senkpiel, K., Samson, R. A, Hoekstra, E.S., Erfassung biogener und chemischer Schadstoffe des Innenraumes und die Bewertung umweltbezogener Gesundheitsrisiken. Universität zu Lübeck, 2004
- Kuklinski, B., Umwelteinflüsse auf die Darmflora und die Entstehung von Candidosen, ZfU 3/187, 146 ff, Promedico
- Landgericht Berlin Urteil AZ 67S87/187 13 C 165/185, 1998
- Landesgesundheitsamt Baden-Württemberg Hrsg. Schimmelpilze in Innenräumen - Nachweis, Bewertung, Qualitätsmanagement, Berichte Eigenverlag LGA 12/2001
- Landesgesundheitsamt Baden-Württemberg Hrsg. Handlungsempfehlungen für die Sanierung von mit Schimmelpilzen befallenen Innenräumen Berichte Eigenverlag LGA 02/2004
- Lorenz, W. et. al., Feuchtigkeitsinduzierte Emissionen aus weichmacherhaltigen Werkstoffen und deren Wirkungen, Zeitschrift für Umweltmedizin S. 32 1/1999
- Lorenz, W. Zur Bewertung von MVOC-Messungen im praktischen Einsatz, Zeitschrift für Umweltmedizin S. 33 1/2001
- Lutz, P. et al. Lehrbuch der Bauphysik, 4. Aufl. 1997, Teubner Stuttgart Maushagen, Schnaas, E., Waldmann, M W., Allergien, Trias Verlag 1996
- Marchl, D. Raumluftbelastungen durch Glycolverbindungen, Beitrag Fachkongress der AGÖF Mai 1997
- Mücke, W., Lemmen, Ch., Schimmelpilze, ecomed 1999
- Oppl, R. et al. Innenraumluft und TVOC: Messung, Referenz- und Zielwerte, Bewertung: Ein Diskussionsbeitrag zum TVOC-Konzept, Bundesgesundheitsblatt 7/2000, S. 513 ff.
- Oxley, T. A., Gobert, E. G. Feuchtigkeit in Gebäuden, 2. Aufl. Rudolf Müller Verlag 1992
- Popp, W., Diagnoselexikon Arbeits- und Umweltmedizin, Thieme Verlag 1998
- Reiss, J. Schimmelpilze, Springer 1998
- Sagunski, H. et al. Organisch-chemische Luftverunreinigungen in Innenräumen – Aspekte der umwelttoxikologischen Beurteilung, Öffentl. Gesundheitswesen 52 1990
- Salthammer, T. Luftverunreinigende organische Substanzen in Innenräumen, Chemie in unserer Zeit 28-6, S 280 ff. 1994
- Schmidt, Olaf, Holz- und Baumpilze , Springer-Verlag 1994
- Scholz, H. Vorkommen ausgewählter VOC in Innenräumen und deren Bewertung, GfU Gesellschaft für Umweltchemie mbH, München, 4. AGÖF-Fachkongress 1998



- Sedlbauer, K. Vorhersage von Schimmelpilzbildung auf und in Bauteilen. Dissertation an der Universität Stuttgart, 2001
- Seidel, H. J., Umweltmedizin, Thieme Verlag 1996
- Seifert, B.: Flüchtige organische Verbindungen in der Innenraumluft, BgBl. 3/1990, S. 111 – 115
- Seifert, B. Richtwerte für die Innenraumluft, Bundesgesundheitsblatt 3/1999, S. 270 ff.
- Ström, G. et. al. Quantitative Analysis Of Microbial Volatiles In Damp Swedish Houses, in Samson et. al. Health Applications Of Funghi In Indoor Environments Vol. 2, Elsevier 1994
- Tilkes et. al. Mikrobielle Luftverunreinigungen - Verfahren zur Erfassung und Diagnose von Endotoxinen Mycotoxinen und MVOC, S. 205 in Gefahrstoffe Reinhaltung der Luft, BIA Hrsg., Springer Verlag 1999
- Umweltbundesamt (Hrsg.) Leitfaden zur Vorbeugung, Bewertung und Sanierung von Schimmelpilzwachstum in Innenräumen ("Schimmelpilz-Leitfaden), Umweltbundesamt Innenraumluftthygiene-Kommission, Eigenverlag, Berlin 12/2002
- VBD Verband der Bausachverständigen Deutschlands e.V.Hrsg. Schimmelpilz(schäden) beseitigen Kongress ¾ Göttingen, selbstverlag
- VDA-Richtlinie 270: Bestimmung des Geruchsverhaltens von Werkstoffen der Kraftfahrzeug-Innenausstattung, Verband der Automobilindustrie, Frankfurt a.M. 1993
- VDI-Richtlinie 3881 Bl. 1, Olfaktometrie; Geruchsschwellenbestimmung; Grundlagen Beuth-Verlag, Berlin 1986
- VDI-Richtlinie 4300 Blatt 1, Messen von Innenraumluftverunreinigungen – Allgemeine Aspekte der Messstrategie, Kommission Reinhaltung der Luft im VDI und DIN, Dez. 1995
- VDI-Richtlinie 4300 Blatt 3, Messen von Innenraumluftverunreinigungen – Messtrategie für Formaldehyd, Kommission Reinhaltung der Luft im VDI und DIN, Dez. 1997
- VDI-Richtlinie 4300 Bl. 6, Messen von Innenraumluftverunreinigungen - Messtrategie für flüchtige organische Verbindungen (VOC) Kommission Reinhaltung der Luft im VDI und DIN, Entwurf 1999
- VDI-Richtlinie 3482 Bl. 3, Messen gasförmiger Immissionen- November 1984
- VDI-Richtlinie 3482 Bl. 4, Messen gasförmiger Immissionen- gaschromatographische Bestimmung organischer Verbindungen mit Kapillarsäulen, Probenahme durch Anreicherung auf Aktivkohle, November 1984
- Verband der Bausachverständige Deutschlands e.V. Hrsg.: , Schimmelpilz(schäden) beseitigen, Seminar der VBD Seminare GmbH, Seminarband, Göttingen 06.03.2004
- Weiß, S., Ungerer, K., Feuchtemeßverfahren, Verlag Lauth & Partner GmbH 1995
- Wessén, B., Schoeps, K.-O., Mikrobial Volatile Organic Compounds - What Substances Can Be Found In Sick Buildings, Analyse 121 S. 1203 ff., 1996



- Wessén, B., Schoeps, K.-O., MVOC-Ratios-An Aid For Remediation Of Sick Buildings, Indoor Air 7th Int. Conference On Indoor Air Quality And Climate Vol. 3, 1996
- VDI-Richtlinie 4300 Bl. 6, Messen von Innenraumluftverunreinigungen - Messstrategie für flüchtige organische Verbindungen (VOC) Kommission Reinhaltung der Luft im VDI und DIN, Entwurf 1999
- VDI-Richtlinie 3482 Bl. 3, Messen gasförmiger Immissionen- November 1984
- Weiß, S., Ungerer, K., Feuchtemeßverfahren, Verlag Lauth & Partner GmbH 1995
- Wessén, B., Schoeps, K.-O., Mikrobial Volatile Organic Compounds - What Substances Can Be Found In Sick Buildings, Analyse 121 S. 1203 ff., 1996
- Wessén, B., Schoeps, K.-O., MVOC-Ratios-An Aid For Remediation Of Sick Buildings, Indoor Air 7th Int. Conference On Indoor Air Quality And Climate Vol. 3, 1996

GAEA

Gesellschaft für Umweltconsulting

Mainzer Strasse 42
55437 Ockenheim

Fon 06725 / 30 12 -0
Fax 06725 / 30 12 -11
e-mail: info@gaea-umweltconsulting.de