



Wenn Sie als Bauwilliger, Planer, Ausführer oder Händler mehr über gesundes und umweltverträgliches Bauen mit nachwachsenden Rohstoffen wissen wollen – wir informieren und beraten Sie!

**KOMPETENZZENTRUM
BAUEN MIT NACHWACHSENDEN
ROHSTOFFEN** **KNR**

im Handwerkskammer Bildungszentrum Münster
Echemeyerstraße 1–2, 48163 Münster

Beratung/Information:
Dr. Susanne Diekmann, Tel. 02 51/7 05-13 64
Dipl.-Ing. Markus Hemp, Tel. 02 51/7 05-13 55

Sachbearbeitung und Lehrgangsorganisation:
Sandra Mildenerger, Tel. 02 51/7 05-13 18

Fax 02 51/7 05-13 50
info@knr-muenster.de
www.knr-muenster.de

Gefördert durch die Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. aus Mitteln des Bundesministeriums für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft. Die Verantwortung für den Inhalt tragen die Autoren.



**HANDWERKSKAMMER
BILDUNGSZENTRUM
MÜNSTER** **HBZ**

**KOMPETENZZENTRUM
BAUEN MIT NACHWACHSENDEN
ROHSTOFFEN** **KNR**



■ Schadstoffe in Gebäuden – Sanierung und Vermeidung

Vorwort

Ein bedeutender Schritt zum nachhaltigen Bauen ist der verstärkte Einsatz von Baustoffen aus nachwachsenden Rohstoffen. Diese Materialien benötigen in aller Regel weniger Energie zu ihrer Herstellung als konventionelle Produkte aus fossilen Rohstoffen. Die Naturprodukte tragen wesentlich zum gesunden Wohnen bei, weil sie weitgehend frei von Schadstoffen sind und durch ihre Feuchte regulierenden Eigenschaften das Raumklima positiv beeinflussen. Darüber hinaus bieten sie teilweise handfeste bauphysikalische Vorteile. Bislang sind diese Bauprodukte vielen Planern und Handwerkern zu wenig bekannt. Vor allem diesen Fachleuten, aber auch engagierten

Laien sollen die Themenbroschüren aus der KNR-Reihe dienen. Sie informieren jeweils über bestimmte Materialien oder Produkte aus nachwachsenden Rohstoffen und ihren bautechnisch und bauphysikalisch richtigen Einsatz. Vorliegendes Werk legt die Basis für gesundes Bauen und Wohnen, weil es vor allem von den Gefährdungen handelt, die Bau- und Bauhilfsstoffe für Verarbeiter und Nutzer mit sich bringen können. Einführend wird die Bedeutung gebäudebedingter Erkrankungen aufgezeigt, die jeden am Bausehen beteiligten Planer, Handwerker und Bauherren motivieren soll, seine Verantwortung für die Wohngesund-

heit wahrzunehmen. Die wichtigsten Gebäudeschadstoffe und ihre Quellen werden an anschaulichen Beispielen vorgestellt. Spätestens nach einer fachgerechten Sanierung, aber auch bei jedem Neubau und jeder Renovierung stellt sich die Frage, wie Gesundheitsprobleme beim Bauen und Wohnen zu vermeiden sind. Einen gewichtigen Beitrag können dabei Baustoffe aus nachwachsenden Rohstoffen leisten. Welche Produkte aus nachwachsenden Rohstoffen zu einem gesunden Raumklima beitragen, wird insbesondere in den ersten vier der nachfolgend gelisteten Hefte ausführlich beschrieben.

Impressum

Herausgeber und Copyright:

KNR – Kompetenzzentrum
Bauen mit Nachwachsenden
Rohstoffen
Autor: Dr. Gerhard Führer,
Institut peridomus, Himmelstadt

Text überarbeitet und gekürzt
durch das KNR

Das KNR übernimmt keine
Gewähr für die Richtigkeit und
Vollständigkeit der Informatio-
nen.

Titelbilder:
Schumacher, vbn 2001;
Schünemann;
BIOFA

2. Auflage 2007

Zu folgenden Themen erscheinen Broschüren in dieser Reihe:

- **Natürliche Fußböden I: Untergründe und Holzböden**
- **Natürliche Fußböden II: Linoleum, Kork und Teppichboden**
- **Oberflächenbeschichtungen und Naturfarben**
- **Innenwandgestaltung – gesundes Wohnen mit Naturprodukten**
- **Dachausbau mit nachwachsenden Rohstoffen**
- **Konstruktionen mit Baustoffen aus nachwachsenden Rohstoffen**
- **Holzhauskonzepte**
- **Schadensfreie Installation im Holzhaus**
- **Schadstoffe in Gebäuden – Sanierung und Vermeidung**
- **Das Kompetenzzentrum Bauen mit Nachwachsenden Rohstoffen (KNR)**

Inhaltsverzeichnis

Vorwort

| | |
|--|-----------|
| 1. Schadstofffreies Wohnen | 2 |
| 2. Gebäudebedingte Erkrankungen | 3 |
| 2.1 Stand der medizinisch-wissenschaftlichen Diskussion | 3 |
| 2.2 Entwicklung und Ursachen | 4 |
| 2.3 Fallbeispiele | 6 |
| 2.4 Volkswirtschaftliche Schäden | 7 |
| 3. Schadfaktoren in Innenräumen | 8 |
| 3.1 Chemische Verbindungen | 8 |
| 3.2 Physikalische Faktoren | 14 |
| 3.3 Biologische Faktoren | 14 |
| 3.4 Stäube | 19 |
| 3.5 Gerüche | 21 |
| 4. Sanierungskonzepte für den Altbau | 22 |
| 4.1 Nachweis von Schadfaktoren | 22 |
| 4.2 Bewertung der Raumqualität | 25 |
| 4.3 Sanierungsmöglichkeiten und Sanierungskontrolle | 28 |
| 4.4 Schutz der Bauarbeitnehmer | 34 |
| 4.5 Brände und Entsorgung | 35 |
| 5. Richtige Auswahl von Baumaterialien bei Neubau und Renovierung | 36 |
| Abkürzungsverzeichnis | 38 |
| Quellen-/Autorenangaben | 38 |
| Literaturempfehlungen | 39 |
| Weitere Informationsquellen/Internetadressen | 39 |
| Adressen von qualifizierten Institutionen, die Innenraumanalysen durchführen . | 40 |

1. Schadstoffreies Wohnen

Die Veränderungen in unserer Umwelt, vor allem technische Neuerungen, werden von Menschen zunehmend als (gesundheitliches) Risiko eingeschätzt. Besondere Beachtung finden

dabei Belastungen, denen man ohne Einflussmöglichkeiten ausgesetzt ist. Das direkte Lebensumfeld als täglicher Belastungsfaktor wird in aller Regel unterschätzt oder gar ausge-

blendet, vielleicht oder gerade weil es unbequem ist. – Aber gerade hier kann jeder selbst etwas tun und quasi Gesundheitsvorsorge hinter der eigenen Haustüre betreiben.

Gesundes Wohnen

Aussen hui

Innen ...?

der Wohnbereich gehört dazu !

Studien belegen, dass 75% - 80% unserer gesundheitlichen Risiken im Bereich unserer eigenen Verantwortung liegen.

1
Außen hui,
innen...?
(Institut peridomus,
2002)

Ihre Kunden bauen mit Ihnen und bauen auf Sie! Unterstützen Sie Ihre Kunden mit Ihrer Kompetenz, Risiken objektiv

einzuschätzen und geben Sie Hilfestellung bei der verantwortlichen Gestaltung einer gesunden Wohnumgebung.

2. Gebäudebedingte Erkrankungen

Die Enquete-Kommission „Schutz des Menschen und der Umwelt“ des 13. Deutschen Bundestages hat im Jahr 1998 eine Studie veröffentlicht mit dem

Titel „Bauprodukte und gebäudebedingte Erkrankungen“. Die Studie leitet Grundlagen für Empfehlungen zum künftigen Umgang mit Bauprodukten ab,

vor dem Hintergrund auftretender Befindlichkeitsstörungen in Gebäuden. Gliederung und Inhalt dieses Kapitels lehnen sich an diese Studie an.

2.1 Stand der medizinisch-wissenschaftlichen Diskussion

Seit ca. 20 Jahren wird von Nutzern neuer oder renovierter Amts- oder Bürogebäude über eine Reihe von Beschwerden geklagt, die in ihrer Gesamtheit als „Sick-Building-Syndrom“ (SBS) bezeichnet werden. In Privatwohnungen fehlt wegen der individuellen Unterschiede die Grundlage für wissenschaftliche

Studien. Deshalb werden diese üblicherweise nicht mit SBS in Verbindung gebracht. Die häufigsten Beschwerden bei SBS sind Reizung von Augen, Nase oder Rachen, Hautreizungen, neurotoxische Symptome, unspezifische Überempfindlichkeit, Geruchs- und Geschmackswahrnehmungen.

Die beschriebenen Symptome sind dabei sehr schwer objektiv nachprüfbar. Viele Menschen, die darunter leiden, haben große Probleme, die Zusammenhänge glaubhaft zu machen (Höppe, 1994). Bis zu 40% an Gebäudenutzern klagten über solche Befindlichkeitsstörungen (Bullinger, 1994).

Hintergrund

Chemische Verbindungen in Innenräumen werden hauptsächlich über die Raumluft aufgenommen. Da wir 90% unserer Zeit in geschlossenen Räumen verbringen, ist eine GUTE, SCHADSTOFFARME INNENLUFTQUALITÄT von großer gesundheitlicher Bedeutung.

Pollen, schwerer Staub
Lungengängiger Staub
Schwebstoffe, Gase

2
Aufnahme von
Luftschadstoffen und
ihre Verteilung im
Körper
(Institut peridomus,
2002)

Gebäudebedingte Erkrankungen - ein „Kind“ unserer Zeit?

| Damals | Heute |
|--|--|
| ca. 50 versch. Baustoffe (Anfang des 20. Jh) | Mehrere hundert Baustoffe Tausende chemische Verbindungen |
| saubere Außenluft | Außenluft bereits belastet |
| undichte Bauweise | Dichte Häuser, kein Luftaustausch |
| ausgeprägte Hauspflege- und Lüftungsgewohnheiten | Häuser sollen pflegeleicht sein |
| Lebenserwartung bei ca. 45 J. | Lebenserwartung bei ca. 75 J. |
| Leiden wurden als gegeben hingenommen | Anspruch an Gesundheit und Wellness |
| Nachhaltigkeit durch Sparsamkeit | viele Neuanschaffungen bei Möbeln, Innenausstattung und -dekoration; Konsum vieler „Lebensmittel“, Reinigungs- und Hygieneprodukte |

3
Gebäudebedingte
Erkrankungen:
Früher und heute
(Institut peridomus,
2002)

Unbestritten ist die Zunahme von Erkrankungen, die früher unbekannt waren oder äußerst selten vorkamen. Eine Zusammenfassung bietet Frau Dr. Petra Thorbrietz in Natur + Umwelt 2/2002: „Zum Beispiel Allergien, Asthma, Neurodermitis und Heuschnupfen: Über 30 Millionen Deutsche müssen eines oder mehrere dieser Leiden ertragen. Mindestens jeder Vierte, so das Robert-Koch-Institut in Berlin, ist Allergiker – Tendenz immer noch steigend. Das Immunsystem streikt

angesichts der Vielzahl chemischer Reize: Etwa 30.000 Schadstoffe, schätzen Experten, belasten Boden, Luft und Wasser in sehr unterschiedlichen Konzentrationen. 60 bis 70% der Bevölkerung werden durch Schadstoffe in Gebäuden krank, so die Schätzungen des Frankfurter Instituts für Ökotoxikologie. Allein auf zwei Drittel der industriellen Klebstoffe, so Arbeitswissenschaftler, reagieren viele Menschen überempfindlich. Waren Allergien in Ostdeutschland vor der Wende

kaum bekannt, haben sie nach 10 Jahren mit Westdeutschland gleichgezogen. Über die Gründe für dieses Phänomen wurde viel spekuliert, schienen doch die Ost-Kinder einer viel höheren Umweltverschmutzung durch die DDR-Industrie ausgesetzt. Das Beispiel zeigt, dass unter Umwelteinflüssen nicht nur Abgase und verseuchtes Wasser zu verstehen sind, sondern auch die näheren Lebensumstände, beispielsweise veränderte Innenraumverhältnisse.“

2.2 Entwicklung und Ursachen

„Im Unterschied zu früher wird heute dichter gebaut und mehr Chemie in Innenräume eingebracht. Das chronische und

langzeitige Einwirken von Schadstoffen führt aber zwangsläufig zu einer erhöhten Belastung der Raumnutzer. Nachfolgend

können gesundheitliche Beeinträchtigungen mit völlig neuen Beschwerdebildern entstehen. Die ärztlichen Therapien

schlagen hier fehl, da nur Symptome behandelt, nicht aber die Ursache für die Befindlichkeitsstörungen erkannt und beseitigt werden.“ (Zitat Dr. Gerhard Führer, von der IHK Würzburg-Schweinfurt öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger für Schadstoffe in Innenräumen in der Fachzeitschrift „Der Sachverständige“ 5/2002). Die Addition verschiedenster Einflüsse bringt das Immunsystem an den

Rand seiner Kapazität. Dafür sprechen viele Faktoren: Zum Beispiel die Zunahme diffuser Krankheitsbilder wie MCS (vielfache Chemikalienunverträglichkeit), oder das chronische Müdigkeitssyndrom (CFS). Gemeinsam sind diesen eine allgemeine Erschöpfung, Nervenschwächen und verschiedenste Hautreaktionen. „Die Zunahme von Krankheiten wie Asthma und Allergien aufgrund von Umwelteinflüssen ist alarmierend“

so Prof. Dr. Troge, Präsident des Umweltbundesamtes (UBA) bei der Vorstellung des UBA-Jahresberichtes 1999. „Für annähernd die Hälfte der Bevölkerung gehört die Konfrontation mit Allergierkrankungen zum Alltag. Eine zentrale Rolle spielt die Belastung der Luft mit Schadstoffen – sowohl in der Außenluft als auch in Innenräumen“ so die Presse-Info 27/2000 des UBA.



4
Jeder Mensch ist
täglich verschieden-
sten Belastungs-
faktoren ausgesetzt
(Institut peridomus,
2002)

Jeder Mensch ist täglich verschiedensten Belastungsfaktoren ausgesetzt. Wesentlich ist die Innenraumqualität, da sich der durchschnittliche Mitteleuropäer mittlerweile etwa 90% seiner Zeit in Innenräumen aufhält, im

Schlafbereich etwa 8 Stunden pro Tag. Speziell hier, aber auch an Büroarbeitsplätzen sollte eine möglichst schadstoffarme Raumluft vorherrschen. Geringere Ausfallszeiten der Mitarbeiter bei gleichzeitig

höherer Motivation sind erhebliche betriebswirtschaftliche Größen. Wie hoch liegen in Ihren Büroräumen die Ausfallszeiten Ihrer Mitarbeiter, verglichen mit dem Branchendurchschnitt?

2.3 Fallbeispiele

1. Fallbeispiel: Kind mit Neurodermitis

Die Ursache für die Neurodermitis ist unbekannt, es ist eine chronische Erkrankung mit unspezifischer Symptomatik, Heilungsversuche verschiedener Art sind bisher erfolglos geblieben. Ernährungsbedingte

Ursachen konnten ebenso ausgeschlossen werden wie Kleidung, Wasch- und Pflegemittel. 6 Ärzte und 2 Kurkliniken behandeln die Symptome, aber keiner erwähnt als mögliche Ursache eine Wohnraumbelastung.

Eine vollständige ärztliche Anamnese muss den Wohnraum mit einbeziehen!

Und:

Ursachen erkennen und beseitigen hat Vorrang vor Symptome kurieren.



5
Neurodermitis-Kind
(Institut peridomus,
2002)

2. Fallbeispiel: Holzschutzmittel

Frau Z. aus B. leidet seit Jahren an verschiedensten Befindlichkeitsstörungen. Eine Vielzahl medizinischer Untersuchungen wird durchgeführt – ohne Ergebnis. Nach ca. 50 Facharztbesuchen und zwei Aufenthalten in Universitätskliniken stand das medizinische Urteil fest: „Sie sind gesund!“ Die Kosten für

die Solidargemeinschaft Krankenkasse betragen geschätzt 50.000–100.000 €. Frau Z. läßt sich ihre Beschwerden nicht ausreden, wird selbst aktiv und veranlasst auf eigene Rechnung eine Innenraumuntersuchung in Höhe von etwa 1.000 €. Der Befund einer starken Holzschutzmittelbelastung der

Wohnung war eindeutig, ein Zusammenhang mit den Beschwerdebildern von Frau Z. sehr wahrscheinlich. Der Frankfurter Holzschutzmittelprozess lieferte tiefe Einblicke in die Vielzahl an möglichen Schadfaktoren in Innenräumen und deren Auswirkung auf das biologische System Mensch.

3. Fallbeispiel: Auswertung von 916 Fällen aus der Umweltmedizin

In einer von Bauer und Hinrichs (1999, 2002) vorgestellten Dokumentation wurden 916 Dokumentations- und 508 Verlaufsbögen in die Auswertung aufgenommen. Beteiligt waren 85 Ärzte in den Jahren 1995 bis 1999. Die Studie kam zu folgenden Ergebnissen:

Die häufigsten umweltmedizinisch relevanten Expositionsfaktoren waren Biozide, Schimmelpilze, Amalgam, Lösemittel/VOC und Formaldehyd. Mischexposition lag bei 42% der Fälle vor. Bei 19% der Patienten war die umweltmedizinische Erkrankung durch eine Allergie oder Überempfindlichkeitsreaktion gegenüber Schadstoffen bedingt. Deutliche

Besserungen (65%) oder teilweise Besserungen (35%) des Gesundheitszustandes wurden vor allem bei den Patienten dokumentiert, bei denen eine Beendigung der Exposition

gegenüber relevanten Schadstoffen erfolgte. Die Besserungen hielten an und wurden auch noch nach mehr als sechs Monaten beobachtet.



6
Zusammenfassung
der Studien von
Bauer und
Alsen-Hinrichs,
1999, 2002
(Institut peridomus,
2002)

2.4 Volkswirtschaftliche Schäden

Konkrete Zahlen für volkswirtschaftliche Schäden durch das „Sick-Building-Syndrom“ stehen nicht zur Verfügung. Eine Studie für die USA trifft folgende Schätzung (Dorgan, 1994): Herstellung von Mindeststandards für Luftqualität am Arbeitsplatz in gewerblichen, nicht-industriell genutzten Gebäuden sollte jährlich 54,5 Milliarden US Dollar Produktionssteigerung und 435 Millionen US Dollar Einsparungen im Gesundheits-

wesen bringen. Im Gegensatz zu den USA wird SBS in Deutschland nur sehr zögerlich von Medizinern akzeptiert. Schätzungen für Deutschland gehen von 20–40% der Beschäftigten in Bürogebäuden aus, die unter dem „Sick-Building-Syndrom“ leiden. Volkswirtschaftliche Verluste in Milliardenhöhe entstehen durch Fernbleiben vom Arbeitsplatz und durch schlechte Motivation. Dazu kommen Kosten, die durch

belastete Privaträume entstehen: Arbeitsausfallzeiten, Krankenkassenkosten, Eigenanteil. Aber es sind Grobschätzungen, die in keiner Statistik auftauchen und deshalb auch nicht zur Kenntnis genommen werden. Zu diesem Thema sind reichlich Wissenslücken vorhanden, die es dringend zu schließen gilt – zum Wohl der Betroffenen, zum Vorteil für die Unternehmen und zum Gewinn für unsere Gesellschaft.

3. Schadfaktoren in Innenräumen

Die Innenraumqualität ist verglichen mit einem Dämmstoff oder Fußbodenbelag ein abstraktes, nicht greifbares Produkt.

Zudem gibt es bundesweit nur wenige Experten, die sich fachkompetent mit der Innenraumproblematik beschäftigen und

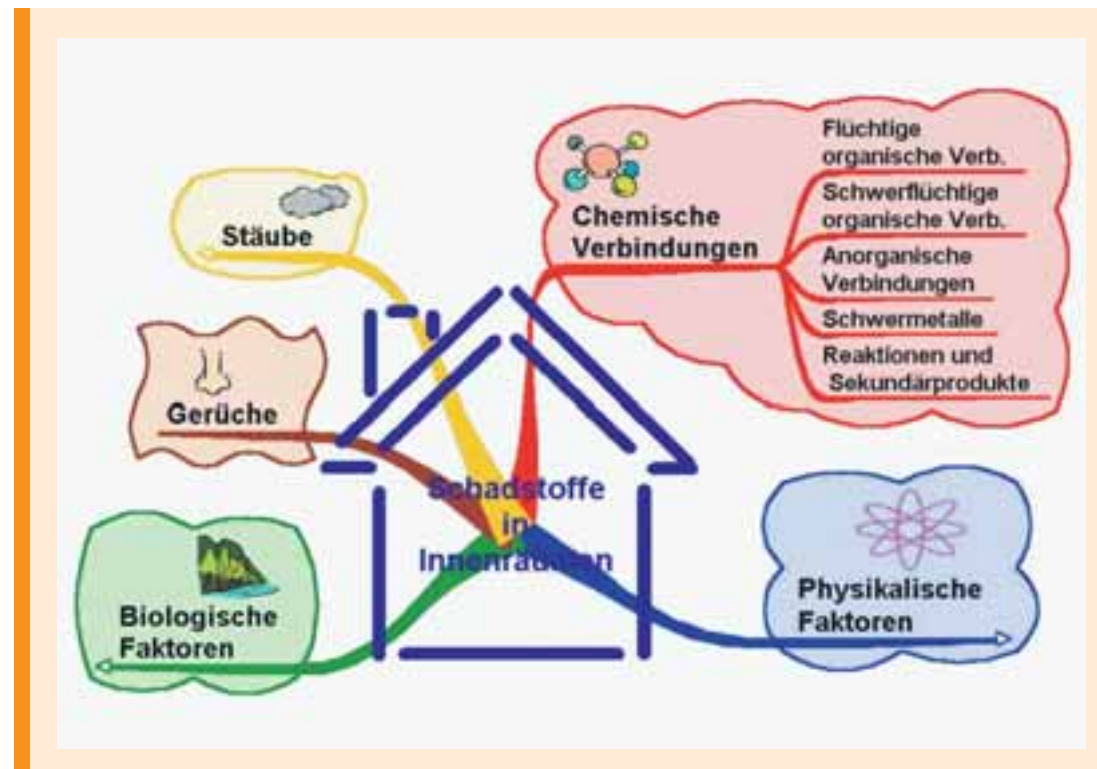
ihre wissenschaftlichen Erkenntnisse einer breiten Öffentlichkeit zugänglich machen.

3.1 Chemische Verbindungen

Das Fach Chemie beschreibt Verbindungen und ihre Wechselwirkungen auf der molekularen Ebene, also auch Reaktionen von

Verbindungen im menschlichen Körper. In Innenräumen wurden bisher ca. 8.000 chemische Verbindungen nachgewiesen.

Potentielle Schadstoffe sind in jedem Raum nachweisbar.



7
Überblick
über Schadfaktoren
in Innenräumen
(Institut peridomus,
2002)

Ob eine Verbindung ein Schadstoff ist und die Gesundheit beeinträchtigt oder sogar nachhaltig schädigt, hängt von verschiedenen Faktoren ab:

- Raumluftkonzentration der Verbindung
- Chemisch-physikalische Eigenschaften der jeweiligen Verbindung
- Wechselwirkungen mit weiteren Faktoren
- Aufenthaltsdauer in den Räumen (Expositionszeit).

Im Folgenden werden beispielhaft chemische Verbindungen vorgestellt, die häufig als Schadstoffe in Innenräumen vorkommen. Leichtflüchtige Kom-

ponenten mit niedrigem Siedepunkt führen in der Regel zu höheren Konzentrationen in der Raumluft und zu kürzeren Ausgasungszeiten. Schwerflüchtige

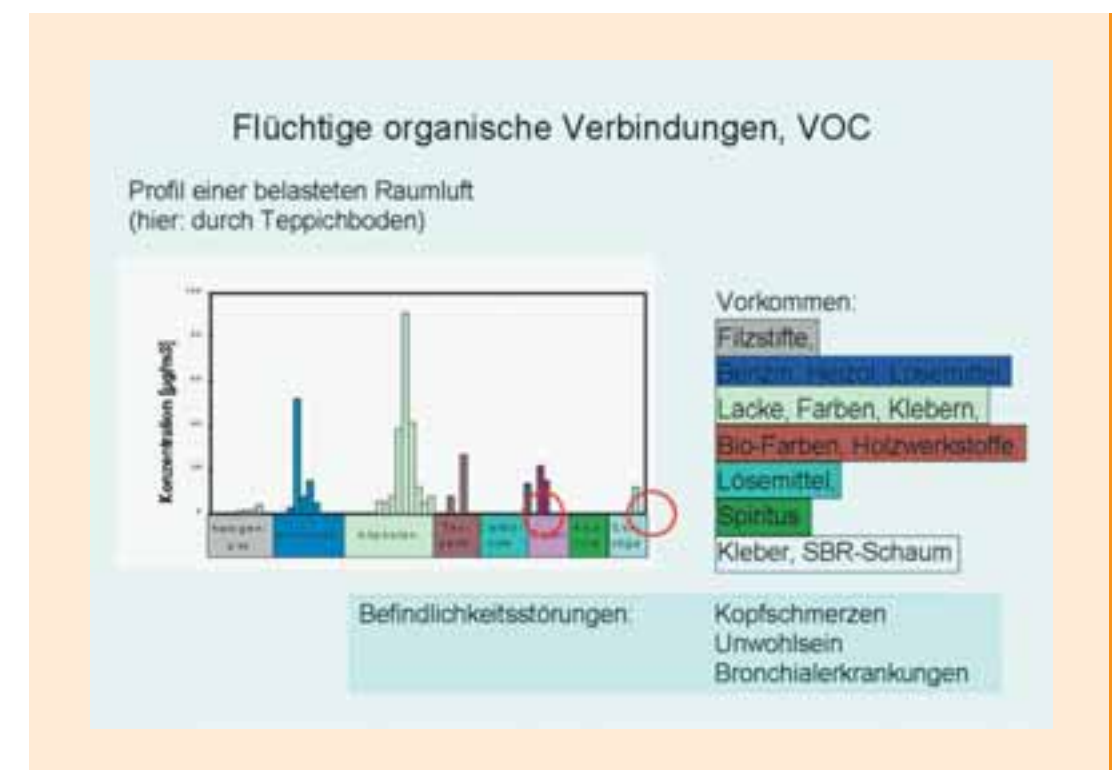
Verbindungen wie Holzschutzmittel sind in der Raumluft in geringerer Konzentration nachweisbar. Ihre Ausgasungszeit ist dafür deutlich länger.

Flüchtige organische Verbindungen

Flüchtige organische Verbindungen (VOC = volatile organic compounds) kommen in Innenräumen in großer Vielfalt vor und sind mittlerweile in jeder Wohnung nachweisbar. Es lassen sich vorübergehende

und dauerhafte VOC-Quellen unterscheiden. Erhöhte Konzentrationen, die beispielsweise durch Raumluftsprays, Parfüms oder lösemittelhaltige Filzstifte in Innenräume eingebracht werden, lassen sich gut „weglüften“.

Dauerhafte Quellen wie Bodenbeläge können dagegen über Jahre die Raumluft mit VOC belasten. Lüften bringt in diesen Fällen nur eine kurzzeitige Entlastung der Raumluft, beseitigt aber nicht die Quelle(n).



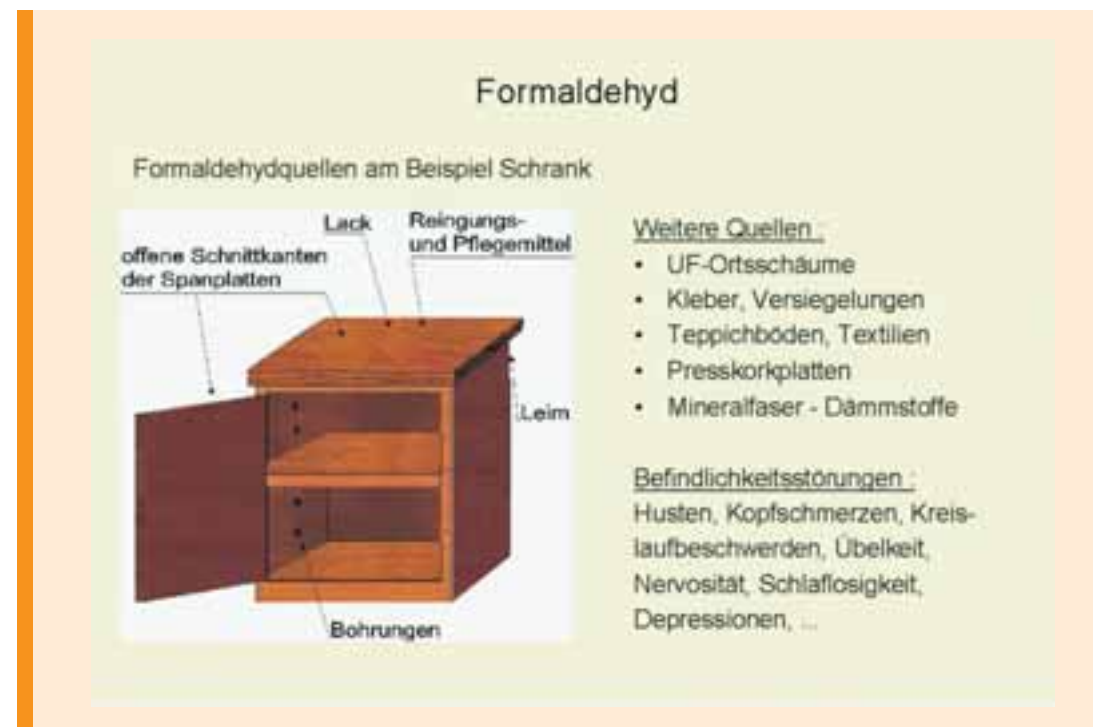
8
Flüchtige organische
Verbindungen
(VOC) in einer
belasteten Raumluft
(Institut peridomus,
2002)

Formaldehyd

kann sich aus verschiedensten Quellen in Innenräumen anreichern. Aus Spanplatten (auch der Emissionsklasse E1) entweicht es wegen der Kleberbestandteile. Formaldehydhaltige Harze spalten unter dem Einfluß von Luftfeuchte und Temperatur kontinuierlich Formaldehyd ab. Im Extremfall solange, bis kein Kleber mehr vorhanden ist und sich die Platten wieder in die

einzelnen Holzspäne auflösen. In Deutschland gefertigte Spanplatten müssen der E1-Klassifizierung entsprechen, d.h. diese Platten dürfen nur eine begrenzte Menge Formaldehyd an die Raumluft abgeben. Dieser Materialkennwert ermöglicht aber keine Aussage über eine tatsächliche Raumluftbelastung. Steht beispielsweise eine Schrankwand aus formalde-

hydhaltigen E1-Spanplatten in einem kleinen Schlafzimmer, so kann es zu einer erhöhten Konzentration in der Raumluft kommen. Derselbe Schrank in einer Turnhalle führt aufgrund eines Verdünnungseffektes (großes Raumvolumen) zu keiner wesentlichen Erhöhung der Konzentration.



9
Formaldehydquellen
und Befindlichkeits-
störungen durch
Formaldehyd
(Institut peridomus,
2002)

Isocyanate

sind chemische Verbindungen mit einem gesundheitlichen Risikopotential, die zusammen mit Flammschutzmitteln in Mon-

tageschäumen enthalten sind. Isocyanate können in niedrigsten Konzentrationen Befindlichkeitsstörungen auslösen und

sind deshalb mit Routineanalytik nur schwer nachweisbar. Der MAK-Wert (Maximale Arbeitsplatzkonzentration) von

Diphenylmethan-4,4'-diisocyanat (0,005 ppm) ist um den Faktor 100 niedriger als bei Formaldehyd (0,5 ppm), was dessen Schädlichkeit belegt (je toxischer ein Stoff für den Menschen ist, um so niedriger ist

sein MAK-Wert). Die leichtflüchtigen und schnell abreagierenden Isocyanate stellen primär eine Gesundheitsgefährdung für die Verarbeiter dar. Im Gegensatz dazu kann das mit teilweise über 50 Gewichtsprozent

enthaltenen Flammschutzmittel Tris(monochlorpropyl)phosphat (TCCP) aufgrund seines hohen Siedepunktes den Innenraum über Jahre belasten.



10
Problemstoff
Montageschaum
(Institut peridomus,
2002)

Flammschutzmittel

vom Typ organische Phosphorsäureester (Organophosphate) sind Weichmacher mit brandhemmenden Eigenschaften. Beim chemischen Brandschutz bleibt die Entstehung von giftigen Gasen in der Regel unberücksichtigt. Flammschutzmittel sind weit verbreitete Verbindungen in Kunststoffen, hauptsächlich in Polyurethan (PU) und PVC. Bei einer akuten Belastung treten als Beschwerdebilder Reizungen von Haut, Schleimhäuten und Atemwegen auf. Bei langzeitiger chronischer Einwirkung sind Befindlichkeitsstörungen ähnlich

denen nach Holzschutzmitteleinwirkung beschrieben. Von den Verbindungen dieser Stoffklasse sind die Anwendungs- und Einsatzgebiete im Bereich von Baumaterialien teilweise nicht bekannt. Flammschutzmittel ohne Chloranteile sind TBEP (Bodenpflegemittel), TPP (Schwertextilien, Elektronikindustrie), TCP (Synthetikteppichböden), TNBP und TEHP (Herkunft in Innenräumen unbekannt). Mit Chloranteilen: TCCP (Montageschaum, Elektronikindustrie), TDPP (Herkunft in Innenräumen unbekannt), TCEP.

TCEP (Tris(2-chlorethyl)phosphat) ist das in Innenräumen wichtigste Flammschutzmittel. Es wurde bisher nachgewiesen in Holzlasuren, Tapeten, Schallschutzplatten/Akustikdecken, Teppichrücken, Polstermöbeln, Schaumstoffmatratzen, Elektrogeräten wie Monitoren, Fernsehgeräten und Videorecordern. Im Jahr 2002 hat das Umweltbundesamt für TCEP erstmals Richtwerte für die Raumluft angegeben (Sagunski und Roßkamp, 2002), obwohl diese Verbindung bereits seit 1929 technisch gewonnen wird.

Holzschutzmittel

werden schon sehr lange eingesetzt. Waren sie früher auf den Außenbereich beschränkt, wurden sie ab den 60er Jahren verstärkt in Innenräume eingebracht. Viele Millionen Quadratmeter Holz außen und innen wurden mit giftigen Holzschutzmittelwirkstoffen behandelt. Betroffen sind heute mehrere Millionen Privathaushalte und eine Vielzahl öffentlicher Gebäude (Zwiener 1997). Zwischenzeitlich war chemischer Holzschutz Pflicht und fand Eingang in verschiedene einschlägige Regelwerke (z. B. DIN 68 800). Es waren Pressemeldungen, die 1977 die Bevölkerung auf mögliche Gesundheitsschäden durch die Chemikalien PCP (Pentachlorphenol) und Lindan aufmerksam machten. Mittlerweile ist eine Vielzahl mehr oder weniger giftiger Verbindungen bekannt.

PCP und Lindan gehören zur Gruppe der mittel- bis schwerflüchtigen organischen Holzschutzmittelwirkstoffe. Schwermetallhaltige Holzschutzmittel sind in der Regel Salze, zu denen auch Fluorverbindungen gehören. Zu unterscheiden sind wasserlösliche und ölige Holzschutzmittel. War in den ersten Mitteln nur jeweils ein Wirkstoff enthalten, wurden später fungizide (gegen Pilze) und insektizide Wirkstoffe (gegen Insekten) kombiniert. In der Anfangszeit der PCP-Anwendung betrug der Wirkstoffgehalt 5% vom Holzschutzmittel. Bei einem Holzhaus oder einer größeren Dachkonstruktion kamen etwa 100l Holzschutzmittel zum Einsatz, womit 5 kg reines PCP eingebracht wurden. Die Halbwertszeit, also die Zeit, nach der die Hälfte eines Stoffes abgebaut ist,

beträgt bei PCP ca. 7 Jahre. Nach 7 Jahren sind 2,5 kg, nach 14 Jahren 1,25 kg, nach 21 Jahren noch über ein Pfund reines PCP in diesem Haus enthalten.

Das sind große Werte verglichen mit Analysen, bei denen noch tausendstel Gramm PCP pro kg Holz nachgewiesen und als gesundheitlich bedenklich erachtet werden. Im Frankfurter Holzschutzmittelprozess wurde dieses düstere Kapitel der Baugeschichte aufgearbeitet. Das Leid der Betroffenen konnte dadurch nicht gelindert werden. Seit 1996 ist der Umgang mit PCP-belasteten Hölzern durch die PCP-Richtlinie eindeutig geregelt. Ganze Häuser einschließlich Inventar wurden von einem auf den nächsten Tag zu Sondermüll.

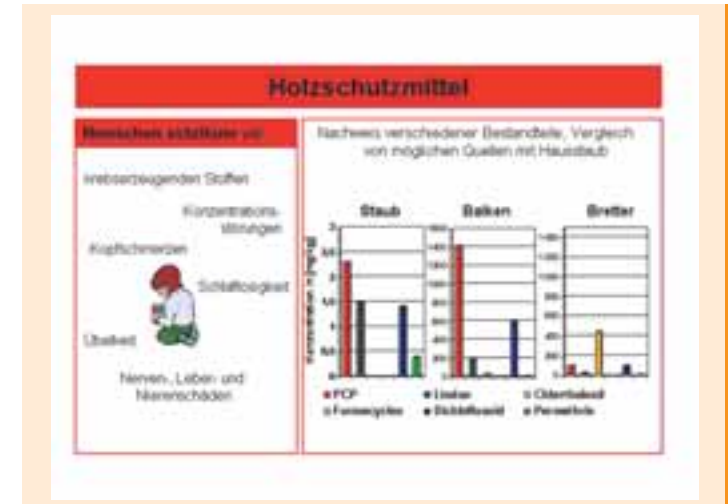
Heute sind andere Holzschutzmittel aktuell: Als Insektizide werden beispielsweise Pyrethroide (z. B. Permethrin), als Fungizide Fluanide (z. B. Dichlofluanid gegen Bläue), Azole wie Propiconazol oder verschiedenste Salzverbindungen eingesetzt. Ammonium- und Borverbindungen wie Borsäure, Borax und Polyborate bewirken wegen ihres salzartigen Charakters keine gasförmige Raumluftbelastung. Mittlerweile gibt es die Empfehlung vom Bundesgesundheitsamt, Holzschutzmittelwirkstoffe nicht großflächig in Innenräumen einzusetzen.



11
Kleine
Geschichte des
Holzschutzes
(Institut peridomus,
2002)

Folgendes gilt es zu beachten:

- In Innenräumen ist chemischer Holzschutz überflüssig
- Konstruktiver baulicher Holzschutz hat Vorrang vor chemischem Holzschutz.



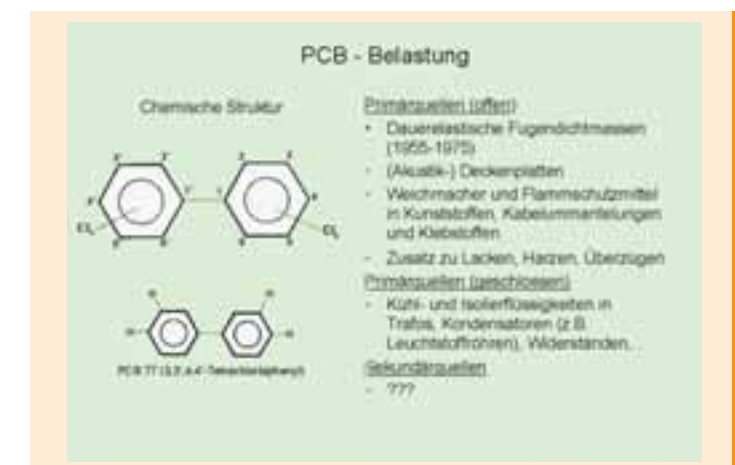
12
Beispiel von mit
Holzschutzmitteln
belasteten Bauteilen
(Institut peridomus,
2002)

Polychlorierte Biphenyle (PCB)

sind eine Verbindungsklasse von 209 Einzelverbindungen, die man als Kongenere bezeichnet. Je nach Anzahl und Bindungsort der Chloratome am Biphenylmolekül werden sie mit Zahlen numeriert. Es handelt sich bei dieser Verbindungsklasse um typische „Altlasten“, deren Einsatz heute verboten ist. Aufgrund der preisgünstigen Herstellung und interessanter technischer Eigenschaften wie Schwerentflammbarkeit, guter elektrischer Isolation und guter Alterungsbeständigkeit wurden weltweit etwa 1,5 Millionen Tonnen PCB eingesetzt. Wegen der hohen Beständigkeit in Wasser und Boden sind heute praktisch überall PCB in Spuren nachweisbar. Sie werden über die Nahrung, über die Atemwege und über die Haut in den Körper aufgenommen. Wegen der guten Fettlöslichkeit dieser

Verbindungen lagern sie sich hauptsächlich im Fettgewebe ab. Bedingt durch eine schlechte Abbaubarkeit im Körper kommt es dort zu einer Anreicherung (KATALYSE, 1995a). Einige PCB wie die Nr. 77 haben eine strukturelle Ähnlichkeit mit einem Dioxin und zeigen infolgedessen ein vergleichbares biochemisches Verhalten. Bei einer chronischen PCB-

Belastung stehen Schädigungen am Nerven- und Immunsystem im Vordergrund. Diese Verbindungsklasse wird auch mit einer Beeinträchtigung der Fortpflanzungsfähigkeit und mit vorgeburtlichen und frühkindlichen Entwicklungsstörungen in Verbindung gebracht. Schließlich wurden PCB in die MAK-Liste der Gruppe IIIB der karzinogenen Arbeitsstoffe eingestuft.



13
Chemische Struktur
und Vorkommen
von Polychlorierten
Biphenylen (PCB)
(Institut peridomus,
2002)

Diese Einstufung besagt, dass ein begründeter Verdacht auf krebserzeugendes Potential besteht. Man unterscheidet in Innenräumen geschlossene Primärquellen (z. B. alte Starter-

kondensatoren in Neonlampen) und offene Anwendungen wie dauerelastische Dichtungsmassen. Die aus den Primärquellen ausgasenden PCB-Moleküle können ursprünglich PCB-freie

Materialien belasten. Diese werden dann zu sogenannten Sekundärquellen und können ihrerseits PCB an die Raumluft abgeben.

3.2 Physikalische Faktoren

Elektrosmog und weitere physikalische Faktoren wie Lärm, Asbest, künstliche Mineralfasern

oder Radon und Radioaktivität seien an dieser Stelle nur der Vollständigkeit halber erwähnt,

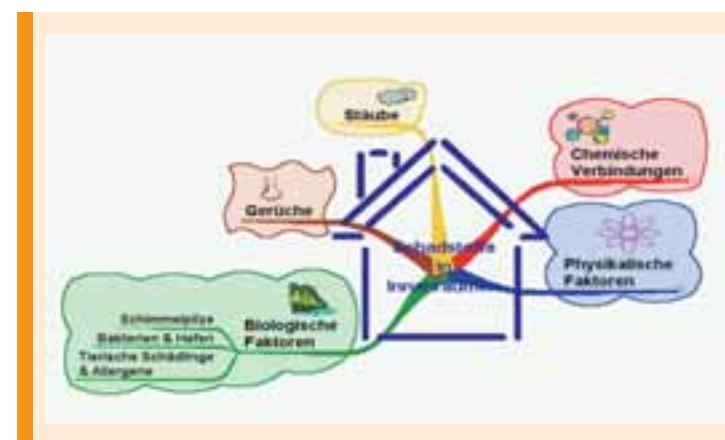
ohne in dieser Broschüre näher behandelt zu werden.

3.3 Biologische Faktoren

Schimmelpilze beseitigen organische Rückstände und tragen zur Humusbildung und Mineralisierung bei. Sie haben damit einen festen Platz im biologischen Stoffkreislauf. Der Mensch ist deshalb an ein Vorkommen von Schimmelpilzen in seiner Umgebung angepasst: Er weist gegenüber diesen Mikroorganismen eine hohe natürliche Resistenz auf. Es gibt über

100.000 Schimmelpilzarten, wovon die wenigsten eine gesundheitliche Relevanz besitzen. Viele ihrer Stoffwechselleistungen werden technologisch und medizinisch genutzt. Schimmelpilze können aber auch Menschen und Materialien schädigen. Problematisch wird es dann, wenn die Pilzzahlen im Innenraum zunehmen, gefährliche Arten vorkommen

und das Immunsystem der Raumnutzer schwach ist. Für **Hefepilze und Bakterien** gilt sinngemäß vieles, was nachfolgend über Schimmelpilze gesagt wird. Im Vergleich zu Schimmelpilzen besiedeln sie feuchtere und nasse Standorte in Küche oder Bad, in Abflüssen und Rohren. Überall, wo Pilze sich wohl fühlen, ist auch mit hohen Bakterienzahlen zu rechnen. **Tierische Schädlinge und Allergene:** Oberflächliche Eiweißstrukturen beispielsweise von Katzenhaaren oder andere tierische Eiweiße können zu allergischen Reaktionen führen. Die Hausstauballergie wird von Pilzen ausgelöst, die sich bei Hausstaubmilben besonders im Darm anreichern. Diese sind allergologisch relevant, wenn sie mit dem Kot ausgeschieden werden.



14
Überblick über
biologische
Schadfaktoren in
Innenräumen
(Institut peridomus,
2002)

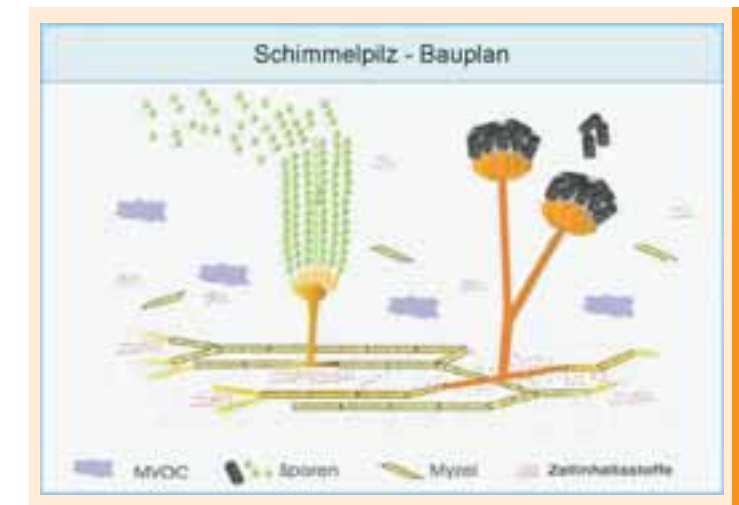
Schimmelpilze: Aufbau

Schimmelpilze setzen sich aus drei wesentlichen Bestandteilen zusammen: Dem Myzel = wurzelähnliches Geflecht, dem Fruchtkörper und den Sporen = Verbreitungseinheiten.

Pilze und Bakterien sind Lebewesen. Sie haben einen Stoffwechsel, nehmen also Nahrung auf und geben Stoffwechselprodukte ab. Dabei handelt es sich überwiegend um höhere Alkohole. Bekannt ist dieser Vorgang beim Bier: Die Bierhefe (ein Pilz) produziert aus Malzzucker Alkohol und Kohlensäure. In der Mikrobiologie werden diese Alkohole MVOC (= microbial volatile organic compounds) genannt. Diese flüchtigen organischen Verbindungen gehen in

die Raumluft über. MVOC treten bei einem Schimmelpilzbefall auch dann auf, wenn in der Raumluft keine Sporen nachweisbar sind. Mit der Bestimmung von MVOC können versteckte

„nicht-sichtbare“ Schimmelpilzschäden erkannt werden. Daneben sind Zellinhaltsstoffe, die als Schimmelpilzgifte (Mykotoxine) wirken können, für die weitere Betrachtungsweise wesentlich.



15
Schematischer
Aufbau von
Schimmelpilzen
(Trautmann, vbn,
2001)

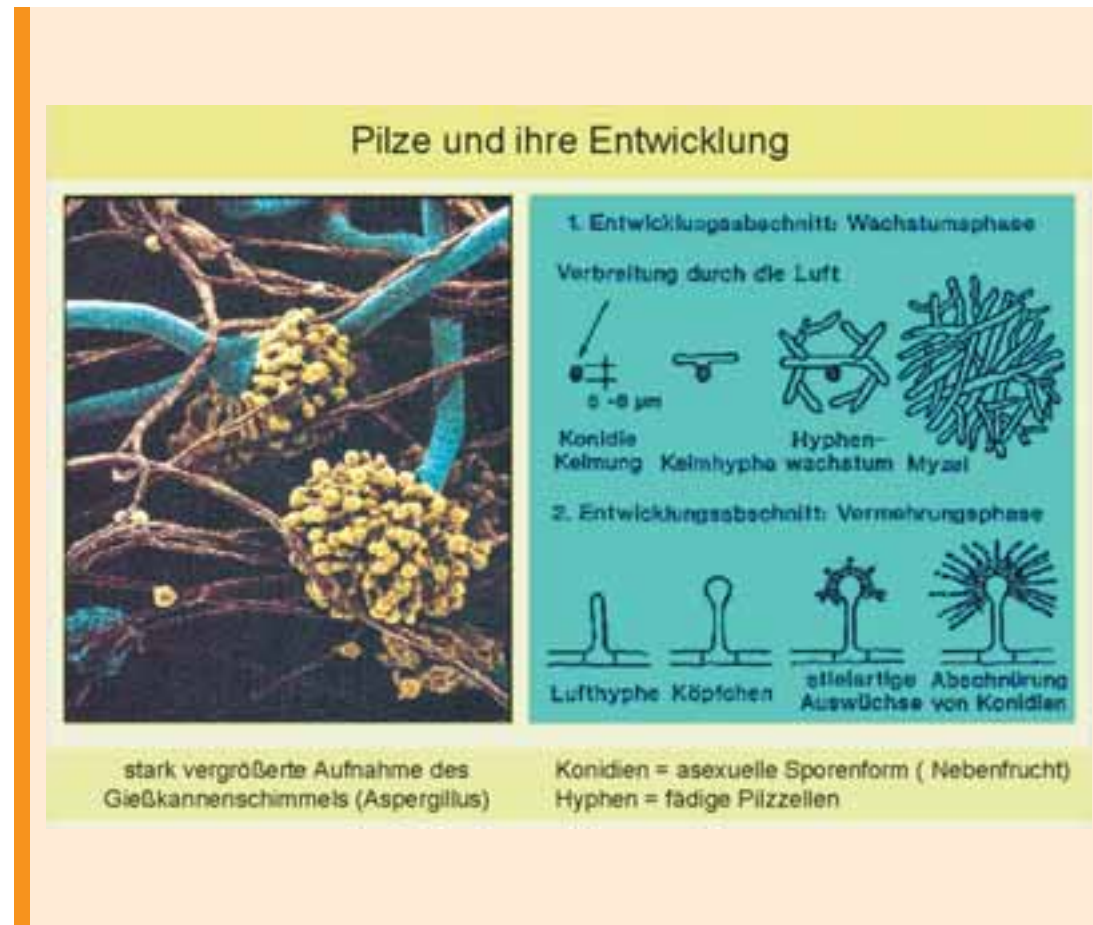
Schimmelpilze: Wachstumsbedingungen und Entwicklungsphasen

Pilze und Bakterien benötigen drei Dinge zum Leben und Wachsen: Energiereiches organisches Material als Nahrungsquelle und Wärme sind in Innenräumen immer ausreichend vorhanden. In einem intakten Gebäude fehlt allein das Wasser. Kommt es zu einem Feuchteschaden, ist es folglich nur eine Frage der Zeit, wann der mikrobielle Schaden eintritt. Oft sind aber auch mineralische

Baustoffe (anorganisch, energiereich) wie beispielsweise Glas- oder Mineralwolle schimmelpilzbelastet: Zur technischen Verbesserung der Materialeigenschaften (u. a. zur Bindung der losen Fasern) werden derartige Baustoffe z. B. mit Phenolformaldehyd-Kunstharzen ausgerüstet. Diese organischen Verbindungen sind energiereich und können Schimmelpilzen als Nahrungsgrundlage dienen.

Bei Feuchtigkeitsaufkommen kann ein sofortiges Schimmelpilzwachstum beginnen. Die meisten Schimmelpilze leben bevorzugt im Hausstaub. Der größte Teil der Hausstauballergiker ist nicht gegen den Hausstaub selbst, sondern gegen die mit dem Staub verbundenen Schimmelpilze, Pilzsporen, Pilzgifte, Pilzbestandteile, Milbenexkremente oder chemischen Verbindungen allergisch.

16
Schimmelpilz-
entwicklung mit
Originalbild eines
Gießkannen-
schimmels
(Institut peridomus,
2002)



Schimmelpilze wachsen nach Feuchteschäden in Innenräumen oft sichtbar als schwarze, graue oder grünliche Flecken und als watteähnliche Rasen auf Wänden und Oberflächen. Ein solcher Befall ist aber nur die Spitze des Eisberges. Bereits in einem frühen „nicht-sichtbaren“ Stadium der Pilzentwicklung können Befindlichkeitsstörungen auftreten. **„Kein Schimmel sichtbar“ heißt nicht „Kein Schimmelpilz da“.** Schimmelpilze können Millionen Sporen pro Minute (!) produzieren und an die Luft abgeben. Die Pilze selbst sind empfindlich und relativ einfach

zu beseitigen. Die Sporen überleben jedoch extreme Bedingungen wie Trockenheit und Nässe, Frost und Hitze und überdauern Jahre und Jahrzehnte. Schimmelpilze sind aufgrund ihrer Sporen äußerst widerstandsfähige Überlebenskünstler. Wenn Sporen entsprechende Keimbedingungen vorfinden, wachsen nach der Mycelbildung Fruchtkörper heran. Nachfolgend beginnt erneut die Sporenproduktion. Die Sporenbildung findet in tageszeitlich, jahreszeitlich und witterungsabhängig unterschiedlichen Perioden statt. Günstig für die Entwicklung der Sporen ist

feuchtwarmes Klima. Günstig für deren Verbreitung sind Staub, trockene Luft und dauerhafte leichte Lüftung. Im Freien sind die Schimmelpilzzahlen in der Luft im Hochsommer am höchsten, vom späten Herbst bis zum frühen Frühjahr am niedrigsten. Hauptwachstumszeit in schimmelpilzbelasteten Wohnungen ist Frühjahr und Herbst. In diesen Jahreszeiten wird noch nicht oder nicht mehr so viel gelüftet und geheizt, was zusammen mit häufig vorhandenen Wärmebrücken zu einem erhöhten Feuchtigkeitsgehalt in Innenräumen führen kann.

Schimmelpilze: Schäden

Ein Verdacht auf mikrobielle Aktivität besteht bei sichtbarem Befall, bei Geruchsauffälligkeiten, nach Feuchteschäden und/oder bei gesundheitlichen Beschwerden der Gebäudenutzer.

Die Grundlage für jeden Schimmelpilzbefall ist auftretende Feuchtigkeit. Die Ursachen für Feuchtigkeitsvorkommen können sehr vielschichtig sein. Neben Leitungshavarien

und fehlerhaften Bauausführungen kann auch falsches Nutzerverhalten verantwortlich sein. Oftmals kommen mehrere Faktoren zusammen.



Schimmelschäden

Pilze brauchen Feuchtigkeit z.B. durch

- mangelhafte Lüftung
- Wärmebrücken
- Wasserschäden

Pilze wachsen

- auch unter Luft- und Lichtabschluss
- unsichtbar in Baumasse

Kunststoffoberflächen begünstigen hohe Raumluftfeuchte, sie nehmen im Gegensatz zu Naturmaterialien kein Wasser auf.

17
Schadensbilder
durch Schimmelpilze und Feuchtigkeitsursachen
(Institut peridomus,
2002)

Mikroorganismen: Gesundheitliche Gefährdungspotentiale

Es gibt Hefepilze, die völlig harmlos sind. Manche Schimmelpilzarten und einige wenige Bakterien sind ausgesprochen gesundheitsschädlich. Für den Schimmelpilz *Stachybotrys chartarum* gibt es ein Handelsverbot. Er darf nur unter strengen Auflagen zu Forschungszwecken verschickt werden. Er fällt auch unter das Kriegswaffenkontrollgesetz, weil er als biologische Waffe einsetzbar ist.

Und – *Stachybotrys* kommt auch in Innenräumen vor. **Allergien:** Grundsätzlich sind alle Schimmelpilze geeignet, Allergien hervorzurufen. Eingeatmete Sporen von vielen Schimmelpilzen können bei entsprechend sensibilisierten Personen zu Allergie-Symptomen (z.B. Asthma, Schnupfen, Augenreizungen) führen. **Toxische Wirkungen:** Schimmelpilze können ebenso wie Zerfalls-

produkte aus ihrer Zellwand (Glucane) toxische Wirkung auf Haut und Schleimhäute haben. Auch MVOC und Mykotoxine stehen im Verdacht von toxischen Wirkungen. **Infektionen** durch Schimmelpilze sind sehr selten und erfolgen am ehesten über die Atemwege. Betroffen sind überwiegend Personen mit einer Abwehrschwäche des Immunsystems.

18
Schimmelpilze und
gesundheitliche
Gesichtspunkte
(Institut peridomus,
2002)

| Einwirkung auf den Menschen | |
|---|--|
| <p>Beschwerden</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mykosen entzündliche Erkrankungen des Organsystems Haut, Nägel Haare, Atmungsorgane • Mykotoxikosen Vergiftungen durch aufgenommene Stoffwechselprodukte (Nahrungsmittel) • Sporen sind Auslöser von Allergien vom Typ I, III, IV. | <p>Studie der Mount Sinai School of Medicine, New York:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Hautreizungen, grippeähnliche Beschwerden, schwere Erschöpfungszustände, Schwindel • Gedächtnis- und Sprachstörungen • Atemwegserkrankungen, allergisches Asthma |

Der Grad einer Gesundheitsgefährdung hängt u. a. ab vom Schadensausmaß bzw. der Konzentration von Sporen und anderen Pilzbestandteilen in der Raum-/Atemluft, von der

Aufenthaltsdauer in einem befallenen Raum und von dem Grad der Vorschädigung der Raumnutzer. Die biologisch-medizinische Relevanz einer Schimmelpilzbelastung wird

Zur Ökologie der Hausstaubmilbe

Die Hausstaubmilbe ist ein Spinnentier mit vier Beinpaaren (Insekten haben drei Bein-

paare). Im Hausstaub kommen bis zu 40 verschiedene Arten vor mit einer Größe zwischen

von vielen Bausachverständigen unterschätzt und von diesen auf die reine Bauphysik beschränkt (Motto: Feuchtigkeit getrocknet – Problem gelöst). Für die Einschätzung des gesundheitlichen Gefährdungspotentials und des Sanierungsaufwandes sind Innenraumanalysen auf Sporen, sterile Partikel, Mykotoxine und/oder MVOC aber unentbehrlich.

Erst durch eine interdisziplinäre Herangehensweise durch Bausachverständige und Innenraumanalytiker kann ein Schimmelpilzproblem sach- und fachgerecht gelöst werden.



19
Hausstaubmilben
und ihr Vorkommen
(Institut peridomus,
2002)

0,1 und 0,5 mm. Drei sehr häufig vorkommende Arten sind für allergische Erkrankungen von Bedeutung. Die Nahrungsgrundlage für Hausstaubmilben bilden Hautschuppen, Schimmelpilze, Sporen und Pollen. Günstige Lebensbedingungen sind 70–80% relative Luftfeuchtigkeit und Temperaturen von 25–30 °C. Die umgebende Feuchtigkeit ist für Milben ein entscheidender und begrenzender Faktor. In unseren Wohnungen halten sie sich in textilen Gegenständen (Matratzen, Polstermöbel, Teppichböden) in tieferen Bereichen auf (Riedel, 1993).

3.4 Stäube

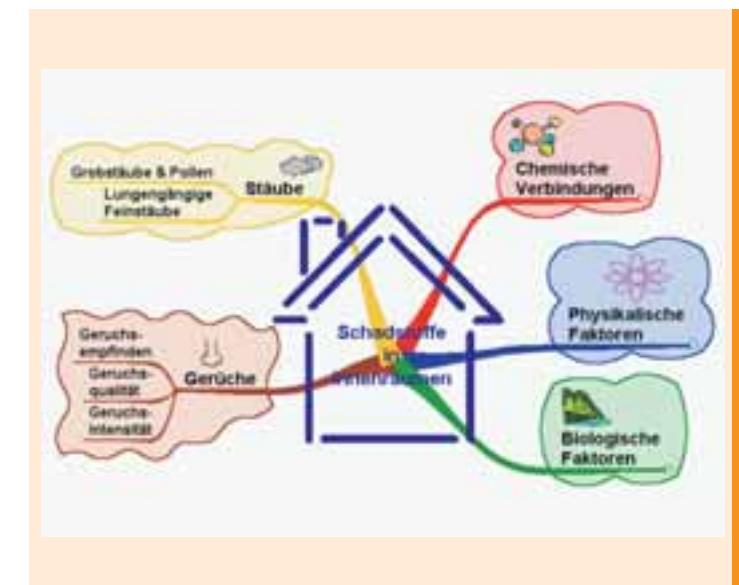
Die Aufnahme von Festpartikeln in die Atemwege hängt wesentlich von der Größe, der Form und der Dichte der Teilchen ab.

Während Feststoffe sowohl bei der Atmung abgeschieden, deponiert oder ausgeatmet werden können, besteht bei lös-

lichen Stoffen die Gefahr der Aufnahme in das Blutgefäß- bzw. Lymphsystem. Damit ist das Risiko einer systemischen Wirkung

Das Abwehrsystem der Atemwege basiert auf drei Prinzipien:

- Mechanische Elimination in den oberen und mittleren Atemwegen
- Flüssigkeiten auf den Oberflächen der Atemwege als Reinigungsfaktor
- Immunmechanismen



20
Überblick über
Schadfaktoren
in Innenräumen:
Stäube und Gerüche
(Institut peridomus,
2002)

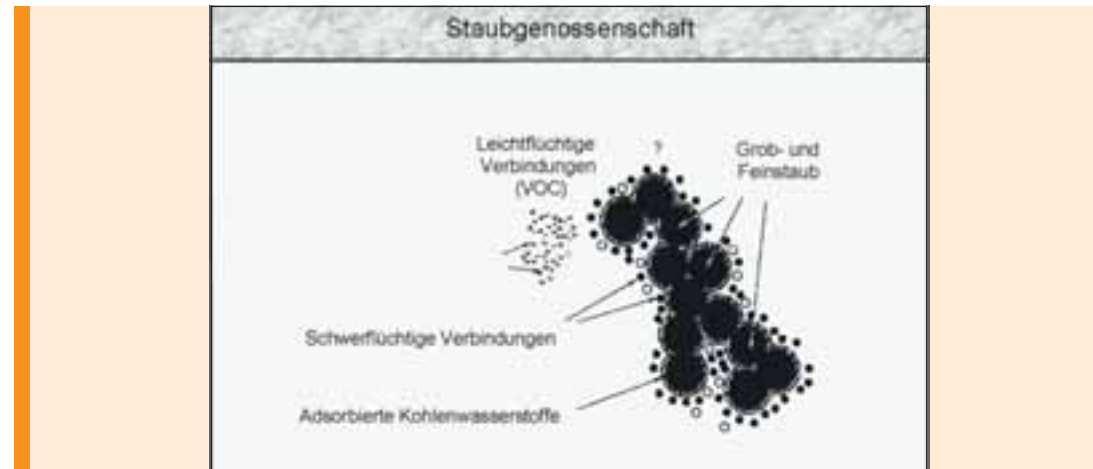
Eine Vielzahl von epidemiologischen Studien zeigt übereinstimmend eine Beziehung zwischen einem Anstieg der Partikelkonzentration in der Außenluft und einem vermehrten Auftreten von Schädigungen der menschlichen Gesundheit

(erhöhte Anzahl von Sterbefällen sowie von Erkrankungen, in erster Linie der Atemwege). Bei Zeitreihenuntersuchungen besteht ein statistischer Zusammenhang zwischen Partikelkonzentrationen und gesundheitlichen Wirkungen schon

bei sehr geringen Expositionskonzentrationen. Diese Erkenntnisse wurden bei Untersuchungen der Außenluft gewonnen und sollten direkt auf Innenraumverhältnisse übertragbar sein.

21

Hausstaub und
anhängende
Partikel
(Institut peridomus,
2002)



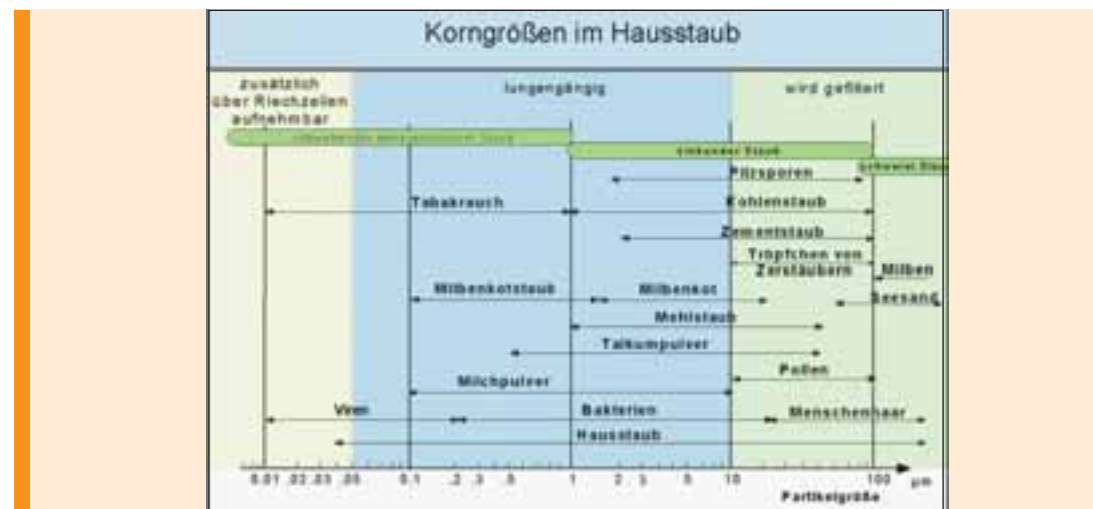
Die gesundheitlichen Auswirkungen von Schwebstäuben sind abhängig von der Größe der Partikel und von deren Zusammensetzung. Partikel mit einem Durchmesser von mehr als 10 µm (Grobstaub) werden im

Nasenraum zurückgehalten. Kleinere Staubpartikel unter 10 µm (Feinstaub) gelangen in die Luftröhre und solche mit einem Durchmesser unter 3 µm in die Lungenbläschen. Stäube sind Träger zahlreicher anorganischer und

organischer Verbindungen. Manche Stoffe, die im flüssigen Medium der Mundschleimhaut abregieren würden, gelangen mit dem Transportvehikel Feinstaub in die innersten Lungenbereiche (z. B. Formaldehyd).

22

Korngrößen-
verteilung und
Eindringtiefen
(Institut peridomus,
2002)



Einflussfaktoren für die Staubbildung in Innenräumen

Je nach Heizsystem wird mehr oder weniger Staub in die Raumluft eingebracht. Bei Konvektionsheizungen (Umluftheizungen) entstehen auf kleiner

Fläche hohe Temperaturen. Dies führt zu einer Luftumwälzung, da warme Luft nach oben steigt und kalte nach unten fällt. Mit dieser entste-

henden Luftwalze gelangen Stäube verstärkt in die Raumluft und nachfolgend in die Atemwege. Vorzuziehen sind deshalb Strahlungsheizsysteme,

bei denen bereits bei niedrigen Temperaturen genügend Wärmestrahlung produziert wird. Im Gegensatz zu Konvektionsheizungen wird nicht die Luft, sondern werden Wandoberflächen erwärmt. Diese Heizmethode führt auch zu einem behaglichen Wohlfühlklima. Zum Vergleich: Ein, bezogen auf die Lufttemperatur, kühler

Herbsttag wird bei Sonneneinstrahlung als von der Temperatur her angenehm empfunden. Ursache hierfür ist die Sonne, die quasi eine Wandoberfläche darstellt. Durch Staubsaugen kann jede Menge Staub in die Raumluft gelangen. Bei Staubsaugern ist auf gute Feinfilter zu achten, die den Feinstaub sicher zurück-

halten. Glatte Bodenbeläge sollten möglichst feucht gewischt werden, wodurch vorhandene Stäube gebunden werden. Eine Alternative stellen zentrale Staubsaugeranlagen dar. Bei diesen sammelt ein an zentraler Stelle stehendes Gefäß alle Stäube ein. Das Sammelgefäß steht typischerweise außerhalb der Wohnung, z. B. im Keller.

3.5 Gerüche

Gasförmige oder an Feinstäube angelagerte Substanzen können ungehindert über die Lungenbläschen in das Blutgefäßsystem gelangen. Ein weiterer unkontrollierter Aufnahmeweg von Gasen in den Körper ist die direkte Aufnahme über die Riechzellen der Nasenschleimhaut ins Gehirn.

Geruchsauffällig sind eine Vielzahl an chemischen Verbindungen. Beispielfhaft erwähnt sind flüchtige organische Verbindungen wie Terpene und aromatische Kohlenwasserstoffe, länger-kettige Aldehyde, schwefel-/stickstoffhaltige Verbindungen, polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK), Chlornaphthaline, Schimmelpilze, usw. Die Ermittlung der stofflichen Grundlage einer Geruchsbelästigung gestaltet sich manchmal schwierig, da die geruchsbildenden Stoffe nicht immer eindeutig identifiziert

werden können. Oftmals sind verschiedene stofflich-chemische Komponenten bei der Geruchsbildung beteiligt. Zu unterscheiden sind langfristig auftretende Geruchsemissionen aus der Bausubstanz und der Ausstattung und kurzzeitig auftretende lokale Geruchsverunreinigungen. Während letztere gut weglüftbar sind, beseitigt Lüften nicht die Ursache für langandauernde Geruchsauffälligkeiten.

Geruchsbelastungen bzw. -belästigungen in Innenräumen führen zu einer Minderung der Wohnqualität. Dies wurde in verschiedensten Zivilprozessen bestätigt. Gerüche können in der Folge eine nicht zu unterschätzende Wirkung auf das Wohlbefinden der Raumnutzer haben. Verschiedene nachgewiesene Verbindungen können jeweils alleine (bei höheren Konzentrationen), aber auch

bei niedrigen Konzentrationen aufgrund von Kombinations- und Wechselwirkungen geruchsbildend sein. Oft sind Geruchsschwellen von Einzelstoffen unterschritten, die in der Raumluft nachweisbaren Stoffe sind aber dennoch giftig. Ein Bauprodukt ist bereits dann als potentiell problematisch anzusehen, wenn Emissionen von Gerüchen zu befürchten sind und wenn es großflächig in Innenräumen eingesetzt wird (sinngemäß in Enquete-Kommission, 1998). Die Konsequenz aus dieser Feststellung lautet: **Geruchsstoffe in Innenräumen sind zu minimieren.** Sind nach einem Urlaub in der Wohnung oder nach dem Wochenende im Büro Geruchsauffälligkeiten vorhanden, so besteht entsprechend dieser Vorgabe bereits Handlungsbedarf im Sinne einer gesundheitlichen Vorsorge.

4. Sanierungskonzepte für den Altbau

PCB, PAK, Holzschutzmittel, Flammschutzmittel, ... sind in aller Munde. Weder Verharmlosung noch Panikmache, sondern ein sach- und fachgerechter Umgang mit diesen Problemstoffen ist bei Modernisierungsmaßnahmen nötig. Viele Baumaterialien und chemische Verbindungen wurden

unwissentlich eingebracht oder haben sich konstruktionsbedingt eingestellt (z. B. Schimmelpilze). Nach heutigen Gesichtspunkten stellen verschiedene Faktoren ein Gefährdungspotential für die Gesundheit dar. Zur Sicherheit für Raumnutzer und Verarbeiter/Handwerker incl. der Eingrenzung von Arbeits-

schutzmaßnahmen, als Grundlage für die Erarbeitung eines Sanierungskonzeptes und zur Kostensicherheit ist vor Beginn einer Umbaumaßnahme eine Bestandsaufnahme nötig.

4.1 Nachweis von Schadfaktoren

Wesentlich für den Nachweis von Schadfaktoren ist eine Innenraumbegehung und eine

präzise Erfassung der Verdachtsmomente. Nachfolgend wird eine Untersuchungsstrategie

erarbeitet, die auf das Objekt und die Bedürfnisse der Bauherrenschaft abgestimmt ist.



23
Untersuchungs-
methoden in
Innenräumen
(Institut peridomus,
2002)

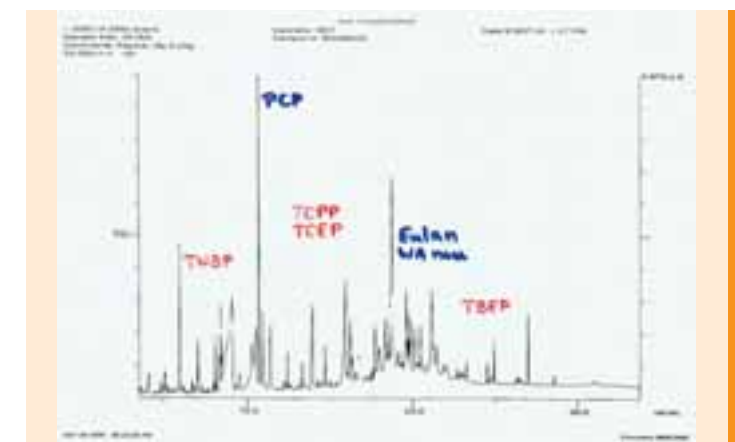
Nach der Durchführung von entsprechenden Analysen sind die Ergebnisse vor dem Hintergrund einer gesundheitlichen Vorsorge zu bewerten. Wurden hohe oder auffällige Schad-

faktoren nachgewiesen, ist nach Abschluss der Sanierungsmaßnahme zur Überprüfung des Sanierungserfolges eine Kontrolluntersuchung durchzuführen. Aufgrund der komplexen

Thematik ist für ein qualifiziertes innenraumanalytisches Arbeiten eine interdisziplinäre Ausbildung mit Fachwissen und Erfahrung nötig.

Chemisch-analytische Bestandsaufnahme

Es macht heute keinen Sinn mehr, nur auf einen Stoff X zu testen. Moderne Innenraumanalytik zeichnet sich durch den Einsatz von Screening-Verfahren aus. Bei diesen Methoden wird routinemäßig auf eine Vielzahl innenraumrelevanter chemischer Verbindungen mit ähnlichen chemisch-physikalischen Eigenschaften getestet. So ist der Hausstaub ein ideales Sammelmedium, an den sich **mittel- bis schwerflüchtige organische Verbindungen** mit einem höheren Siedepunkt anlagern. Im gezeigten Beispiel konnten Flammschutzmittel, PCP und Eulan WA neu nachgewiesen



24
Chromatogramm
einer Haus-
staubprobe mit
auffälligen
Verbindungen
(Institut peridomus,
2002)

werden. Bei auffälligen und hohen Konzentrationen wird in einem nächsten Schritt durch Materialanalysen die Ursache für die erhöhte Staubkonzentration eindeutig bestimmt bzw.

eingegrenzt. Erst wenn die Quelle bekannt ist, können Sanierungsmaßnahmen geplant und unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten kalkuliert und durchgeführt werden.

| Probenahmeart | Material/Träger | Substanzerfassung | Zweck |
|------------------------|-------------------------------------|---------------------------------------|---|
| Aktive Luftprobenahme | - DNPH- Kartusche | - Aldehyde, z. B. Formaldehyd | Ermittlung des Belastungsgrades in der Raumluft |
| | - Aktivkohleröhrchen NIOSH, Typ B/G | - lipophile VOC wie Lösemittel, MVOC | |
| | - Tenax-Röhrchen | - lipophile VOC wie Lösemittel, MVOC | |
| | - Silikagel-Röhrchen | - hydrophile Verbindungen wie EEMA | |
| | - Polyurethanschaum- (PUF) Röhrchen | - SVOC wie Biozide, Flammschutzmittel | |
| Passive Luftprobenahme | - Agars/Pilzfangschalen | - Sporen/Keime | Ermittlung der durchschnittlichen Belastung |
| | - Aktivkohleröhrchen Typ ORSA | - VOC wie Lösemittel, EEMA, MVOC | |
| | - Open Petri Dish (OPD) | - Sporen/Keime | |

25
Messverfahren für
die Raumluft
(Institut peridomus,
2002)

Manche schwerflüchtigen organischen Verbindungen reichern sich aufgrund von physiko-chemischen Eigenschaften nicht im Staub an. Bei Verdacht auf eine Holzschutzmittelbelastung müssen Holzbauteile unabhängig

von einer Staubuntersuchung untersucht werden. **Leichtflüchtige Verbindungen** mit niedrigem Siedepunkt sind besser in der Raumluft nachzuweisen, da sie sich dort anreichern. Verglichen mit Laboruntersuchungen

sind direktanzeigende Methoden in der Regel kostengünstiger, aber bezüglich der Messgenauigkeit und der Aussagekraft nur eingeschränkt zu empfehlen.

Nachweisverfahren für Schimmelpilze

Die ersten Innenraumanalytiker bedienten sich ihrer Augen und ihrer Nase als Schimmelpilz-Erkennungssysteme. Nachdem aber bekannt wurde, dass nicht jeder Schimmelpilzbefall visuell oder olfaktorisch (geruchlich) zu belegen ist, kamen weitere Prüfungssysteme auf. Das einfachste ist das OPD-Verfahren (open petri dish): Dabei werden offene Petrischalen über eine gewisse Zeitspanne aufgestellt und die sedimentierten und auswachsenden Sporen als koloniebildende Einheiten (kbE) gezählt sowie die Gattung bzw. die Art bestimmt. Der Nachteil dieser Methode ist das Überbewerten von schweren Sporen, während leichte Sporen schlecht sedimentieren und damit unterrepräsentiert sind. Zur Behebung dieser Mängel wurden nachfolgend Sammelsysteme entwickelt, bei denen

mit einer aktiven Probenahme definierte Luftmengen über Nährböden oder Filter gezogen werden. Die Wahl des Nährbodens kann dabei entscheidend sein, da es feuchtigkeitsliebende Schimmelpilzarten gibt, die auf einem Nährboden für trockenheitsliebende Arten nicht wachsen. Mit einer aktiven Probenahme und speziellen Probenträgern können auch sterile, nicht keimfähige Schimmelpilzpartikel untersucht werden. Mittels Staubproben können flächenbezogene Aussagen über Sporenverbreitung getroffen werden. Schließlich gibt es auch verdeckte Schimmelpilzschäden, bei denen die Freisetzung von Sporen und Partikeln in die Raumluft durch Bauteile behindert ist (z. B. aus dem Unterbodenbereich oder durch abgehängte Deckenkonstruktionen).

Die Methode der Wahl zur Indikation eines „nichtsichtbaren“ Schimmelpilzbefalls ist der Nachweis von Stoffwechselprodukten, sogenannten MVOC (microbial volatile organic compounds). Diese sind oft auch die Ursache für Geruchsauffälligkeiten in schimmelpilzbelasteten Innenräumen. Der direkte Einfluss von MVOC auf die Gesundheit wird aktuell diskutiert. Da der MVOC-Nachweis „nur“ eine indirekte Nachweismethode für einen Befall darstellt, ist dieser mit Materialproben zu belegen und die Schimmelpilzquelle räumlich einzugrenzen. Darüber hinaus wird mit Materialproben auch das Gefährdungspotential eingegrenzt: Handelt es sich um Schimmelpilze mit allergischem Potential oder sind auch humanpathogene Arten gewachsen? Die Materialien werden je nach Fragestellung nach Anfärbung lichtmikroskopisch und/oder mittels Kulturtechniken untersucht. Unter Umständen kann die Eingrenzung des Schimmelpilzwachstums oder die Auffindung der Geruchsquelle schwierig werden. In solchen Fällen ist der Einsatz eines Schimmelhundes sinnvoll. Diese Hunde sind auf den Geruch von Schimmelpilzen und Bakterien abgerichtet. Bei Markierung durch den Hund müssen Materialproben zur Bestätigung genommen werden.



26
Vergleich der
Kultivierbarkeit von
Mikroorganismen
auf unterschiedlichen
Nährmedien
(Trautmann, vbn,
2001)

4.2 Bewertung der Raumqualität

Bewertung von chemischen Verbindungen in Innenräumen

Für chemische Verbindungen gibt es nur in eingeschränktem Umfang Grenz-, Richt- oder Orientierungswerte. Sind keine derartigen Bewertungskriterien vorhanden, wird auf Bewertungen zurückgegriffen werden, die vom Umweltbundesamt oder ähnlichen Institutionen publiziert

wurden. Wenn Bewertungskriterien gänzlich fehlen, erfolgt eine Bewertung aus Erfahrungen und Forschungsprojekten, dem Erfahrungsaustausch mit fachkompetenten Instituten, umfangreichen Datensammlungen und einschlägigen Literaturquellen. Nachfolgend werden einige Ein-

zelverbindungen und Verbindungsklassen beispielhaft bewertet, um einen Einblick in mögliche Vorgehensweisen zu geben. Eine vollständige Bewertung aller bisher in Innenräumen nachgewiesenen ca. 8000 chemischen Verbindungen würde den vorgegebenen Rahmen sprengen.

Beispiel Formaldehyd

In jedem Innenraum ist Formaldehyd in der Raumluft nachweisbar. Entsprechend stellt sich nur noch die Frage nach der Konzentration und deren Bewertung. Der MAK-Wert (maximale Arbeitsplatzkonzentration) für Formaldehyd liegt bei 500 ppb (0,5 ppm). Vom ehemaligen Bundesgesund-

heitsamt (BGA) wurde 1984 ein Eingreifwert von 100 ppb festgelegt. Die Weltgesundheitsorganisation (WHO) hat 1987 einen Richtwert von 50 ppb angegeben, ab dem häufiger Gesundheitsbeeinträchtigungen beschrieben werden. In typischerweise unbelasteten Innenräumen treten Formaldehyd-

konzentrationen von weniger als 30 ppb auf. Bei besonders sensiblen oder vorgeschädigten Personen (z. B. Allergiker/innen, Asthmatiker/innen) können Konzentrationen oberhalb von etwa 25 ppb zu gesundheitlichen Reaktionen führen.

Beispiel flüchtige organische Verbindungen (VOC)

Im Jahr 1986 wurden durch das Bundesgesundheitsamt 479 Wohnungen untersucht, um einen Überblick über Vorkommen und Konzentration von flüchtigen organischen Verbindungen zu erhalten. Aufgrund dieser Studie wurde von Seifert (1990) ein Zielwert für die Gesamtsumme an VOC für Innenräume von $300 \mu\text{g}/\text{m}^3$ längerfristig im Sinne einer

gesundheitlichen Vorsorge nicht überschritten werden. Einen anderen Ansatz zur Bewertung von VOC wählte Molhave (1990): Er untersuchte die Wirksamkeit eines VOC-Gemisches aus 22 ausgewählten Einzelkomponenten. Diese ließ er in unterschiedlichen Konzentrationsabstufungen auf Probanden einwirken. Er kam zu der Schlussfolgerung, dass eine Gesamtsumme an VOC (=TVOC) von

$200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ bei den Testpersonen keine Beschwerden auslösen sollte. Trotz eines gänzlich anderen Versuchsansatzes entspricht dieser Wert der Größenordnung von $300 \mu\text{g}/\text{m}^3$, die Seifert als Zielwert angibt (beachte: Bei den Untersuchungen von Molhave wurden keine vorgeschädigten und sensiblen Personen, Kinder, alte und kranke Menschen einbezogen).

Tab. 1.1 und 1.2
Bewertungs-
konzepte für
flüchtige organische
Verbindungen in
der Raumluft
(Institut peridomus,
2002)

| Zielwerte für einzelne Substanzgruppen sowie für die Summe VOC nach Seifert | | TVOC-Konzentrationen und erwartete gesundheitliche Effekte nach Molhave | |
|---|---------------------------------------|---|--|
| Substanzklasse | Zugebilligter Beitrag am TVOC (µg/m³) | TVOC-Konzentration (µg/m³) | Mögliche gesundheitliche Effekte |
| Alkane | 100 | < 200 | Keine |
| Aromatische Kohlenwasserstoffe | 50 | | |
| Terpenoide | 30 | 200–3.000 | Unbehaglichkeitsgefühl |
| Halogenierte Kohlenwasserstoffe | 30 | | |
| Ester | 20 | 3.000–25.000 | Geruchsbelästigungen, Kopfschmerzen |
| Carbonyle (außer Formaldehyd) | 20 | | |
| Andere | 50 | > 25.000 | Kopfschmerzen, weitere neurotoxische Effekte |
| Summe VOC in µg/m³ (TVOC) | 300 | | |

VOC-Konzentrationen in Innenräumen liegen in der Regel über den jeweiligen Außenluftkonzentrationen. Ausnahmen können verkehrstypische VOC in der Nähe von Hauptverkehrsstraßen sein. In der Arbeitsstättenverordnung wird Folgendes bemerkt: „Ausreichend gesund-

heitlich zuträgliche Atemluft ist in Arbeitsräumen dann vorhanden, wenn die Luftqualität im wesentlichen der Außenluftqualität entspricht, es sei denn, dass außergewöhnliche Umstände die Außenluftqualität beeinträchtigen ...“. Dieser Ansatz sollte auch bei privaten Innen-

räumen Anwendung finden. In Ergänzung zu Grenz-, Richt- und Orientierungswerten oder wenn für chemische Verbindungen keine Bewertungskriterien vorhanden sind, erfolgt eine Bewertung des Instituts peridomus und anderer Organisationen nach folgenden Grundsätzen:

Tab. 2
Bewertung von
chemischen
Verbindungen in
Staub und Raumluft
unter dem
Gesichtspunkt einer
gesundheitlichen
Vorsorge
(Institut peridomus,
2002)

| Hintergrundbelastung | Normale Belastung | Auffällige Belastung | Hohe Belastung |
|---|---|---|---|
| Sie beschreibt Schadstoffkonzentrationen, die durch die allgemeine Umweltbelastung allgegenwärtig nachweisbar sind. | Sie beschreibt Schadstoffkonzentrationen, die häufig in Innenräumen auftreten und durch diffuse Quellen verursacht werden. Ursachen für diese Belastungen können meist nicht eindeutig festgestellt werden. | Hier besteht ein Verdachtsmoment auf eine Schadstoffquelle in den untersuchten Räumen. Diesem Verdachtsmoment sollte nachgegangen werden, um bei Bedarf die erforderlichen Minimierungsmaßnahmen ergreifen zu können. | Sie deutet auf eine eindeutige Schadstoffquelle hin. Diese sollte gesucht und nach Möglichkeit beseitigt oder fachgerecht saniert werden. |

Bewertung von Schimmelpilzbelastungen

Die Umgebungsanalyse umfasst Luft, Staub- und Materialanalysen, die quantitativ ausgewertet werden. Durch eine Artdifferenzierung kann eine Abgrenzung zwischen haus-internen und haus-externen Schimmelpilzquellen erfolgen. In der Regel sind Schimmelpilzbelastungen in Innenräumen auf kontaminierte Materialien zurückzuführen. Sofern eine gezielte Entnahme von belasteten Materialien erfolgt, ist zwischen einem aktiven Befall, einem abgetrockneten Altschaden oder einer Sporenkonzentration zu unterscheiden. Wesentliche Kriterien für die Beurteilung sind die Artzusammensetzung und die Stärke des Befalls. Die Zusammensetzung von Luft- und Staubproben wird stark von der Außenluft beeinflusst. Grundsätzlich sollte der Sporengehalt einer Innenraumluftprobe unter dem einer Außenluftprobe liegen. Von besonderer Bedeutung ist die qualitative Analyse von Schimmelpilzproben. So ist das Vorhandensein von fakultativ pathogenen Pilzarten wie *Aspergillus versicolor* und von Arten mit besonders problematischer Toxinproduktion wie z. B. *Stachybotrys chartarum* zu berücksichtigen. Neben dem Nachweis von kultivierbaren Schimmelpilzen in der Luft kommt der direkt mikroskopischen Partikelanalyse von Luftproben eine große

Bedeutung zu. Mit dieser Methode werden kultivierbare und nicht kultivierbare Schimmelpilze gemeinsam erfasst. Gleiches gilt für Staubproben. Für beide Untersuchungsmethoden wurden umfassende komplexe Bewertungskriterien erarbeitet (Landesgesundheitsamt Baden-Württemberg, Umweltbundesamt). In Einzelfällen können Ergebnisse von Luftkeim- und Partikel-sammlungen negativ ausfallen,

obwohl ein Schimmelpilzschaden vorliegt. Dies ist dann der Fall, wenn die Freisetzung von Sporen/Partikeln in die Raumluft durch Bauteile behindert ist (z. B. aus dem Unterbodenbereich oder durch abgehängte Deckenkonstruktionen). Eine Untersuchung auf typische Stoffwechselprodukte von Schimmelpilzen (MVOC) kann dann zur Indikation eines verdeckten Schimmelpilzschadens herangezogen werden.

| Schimmelpilz | Feuchteanspruch | insbesondere assoziiert mit: |
|-----------------------------------|-----------------|------------------------------|
| <i>Acremonium</i> sp. | Hoch | Tapete, Holz |
| <i>Aspergillus penicillioides</i> | Gering | Tapete, Papier, Holzmöbel |
| <i>Aspergillus restrictus</i> | Gering | Tapete, Papier, Holzmöbel |
| <i>Aspergillus versicolor</i> | Gering-mittel | Putz, Tapete, Holz |
| <i>Chaetomium</i> sp. | Hoch | Tapete, Papier, Holz |
| <i>Doratomyces</i> sp. | Hoch | Holzspanplatten |
| <i>Eurotium</i> sp. | Gering | Tapete, Leder |
| <i>Gliomastix murorum</i> | Hoch | Tapete, Gipskarton |
| <i>Penicillium brevicompactum</i> | Mittel-hoch | Diverse Materialien |
| <i>Penicillium chrysogenum</i> | Mittel-hoch | Diverse Materialien |
| <i>Penicillium expansum</i> | Hoch | Diverse Materialien |
| <i>Scopulariopsis</i> sp. | Mittel-hoch | Putz, Estrich |
| <i>Stachybotrys chartarum</i> | Hoch | Tapete, Gipskarton |
| <i>Trichoderma</i> sp. | Hoch | Holz, Tapete |
| <i>Tritirachium album</i> | Mittel-hoch | Putz, Estrich |
| <i>Wallemia sebi</i> | Gering | Textilien, Putz |

Tab. 3
In Innenräumen häufig vorkommende Schimmelpilze, die als Indikatoren für Feuchteschäden zu werten sind (Trautmann, vbn, 2001)

4.3 Sanierungsmöglichkeiten und Sanierungskontrolle

Je mehr Erkenntnisse im Vorfeld einer Sanierung gewonnen werden, um so einfacher stellt sich die eigentliche Sanierung dar. Im Rahmen der Informationsbeschaffung sind entsprechende Analysen durchzuführen, um die Belastung in Bezug auf Schadfaktor(en), Konzentration, Quel-

le(n) u. ä. eindeutig zu bestimmen. Dadurch können unnötige Sanierungskosten vermieden werden. Mittlerweile steht eine ganze Reihe an Sanierungsmöglichkeiten zur Verfügung, die vor Ort an die jeweiligen Verhältnisse angepasst werden müssen. Dabei ist neben

einer effizienten Verminderung des Schadfaktors auch auf ein realistisches Kosten-/Nutzenverhältnis zu achten. Nach jeder größeren Sanierungsmaßnahme sind zur Überprüfung des Sanierungserfolges entsprechende Kontrolluntersuchungen der Raumluft durchzuführen.

Chemische Verbindungen

Beim Nachweis von erhöhten Konzentrationen sollten zunächst Sofortmaßnahmen zur kurzfristigen Verringerung der Belastung durchgeführt werden. Als Zwischenlösung kann ein Zimmer (in der Regel der Schlafbereich) von Schadstoffen befreit werden.

Bei einer Grundsanierung werden die Belastungsquellen nach Möglichkeit entfernt, wobei auf Sekundärkontaminationen zu achten ist (siehe S. 32). Die einfachste und sicherste Maßnahme ist immer die Beseitigung von belasteten Materialien – was entfernt wurde, kann auch nachfolgende Gebäudebesitzer oder Raumnutzer nicht mehr finanziell oder gesundheitlich belasten. Während dies bei Einrichtungsgegenständen in der Regel problemlos machbar ist, sind bei größeren Bauteilen entsprechende Planungen auch unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten nötig. Bei

Fertighäusern der 70er Jahre wurden Spanplatten in großer Menge eingebaut. Langanhaltende Formaldehydbelastungen verursachen Harnstoff-, Melamin- oder Phenol-Formaldehydharze, die in den Spanplatten als Klebstoffkomponenten eingesetzt wurden. In einem Fertighaus sind dementsprechend alle Raumumschließungsflächen potentielle Quellen für Formaldehydemissionen. Eine angepasste Sanierung muß die Formaldehyd-Ausgasung der Spanplatten zuverlässig über lange Zeit zurückhalten.

Im Falle einer Raumluftbelastung mit Formaldehyd wurde die Sanierungsmaßnahme z. B. wie folgt geplant:

→ Vorab: Bestandsaufnahme, chemische Untersuchungen zur Klärung des gesundheitlichen Gefährdungspoten-

tials, Einbezug bauphysikalischer Gegebenheiten.

→ Gasdichtes Abtrennen der Formaldehydquellen zur Raumluft durch Anbringen einer Aluminiumfolie. Durchdringungsstellen im Mauerwerk: Einbau von winddichten Schalter- und Steckdoseneinsätzen, Abdichtung der Türrahmen mit dauerelastischem Fugendichtungsmaterial. Beispielhafte Sanierung von zunächst nur einem Zimmer zum Sammeln von Erfahrungen und zur Optimierung der Sanierungsarbeiten.

→ Zur Verbesserung des Raumklimas (Aluminiumfolie ist auch undurchlässig für Wasserdampf): Einbau einer Vorsatzschale bestehend aus Gipsfaserplatte und

Raufasertapete, die mit einer Naturfarbe gestrichen wurde.

→ Abschließend: Überprüfung des Sanierungserfolges durch Kontrollmessung, gegebenenfalls Nachbesserungsarbeiten. Für die Sanierung formaldehydbelasteter Gebäude ist alternativ die Verwendung von Ausbauplatten denkbar, die mit dichtvernadelter Schafwolle kaschirt sind. Formaldehyd diffundiert über die Wolloberfläche in das Faserrinnere.

Neben Formaldehyd werden auch andere Schadstoffe in Schafwolle gebunden. Im Rahmen einer PCP-Sanierung können nach Entfernung der Primär-

quelle(n) Sekundärkontaminationen (siehe unten) von großflächigen Bauteilen mit Schafwolle

saniert werden.



27
Schadstoffsanierung
mit Spezial-Schaf-
wollvlies
(Doppelmayer)

Ein Fallbeispiel aus neuerer Zeit

Frau D. aus R. hatte seit Monaten gesundheitliche Beschwerden. Es bestand der Verdacht auf eine gebäudebedingte Erkrankung, obwohl das Haus 1993 ohne Einsatz von Holzschutzmitteln in Innenräumen gebaut wurde. Nach einer chemisch-analytischen Bestandsaufnahme stand folgender Befund fest: im Vergleich zu typischerweise unbelasteten Innenräumen sind die Konzentrationen an flüchtigen organischen Verbindungen und

Formaldehyd erhöht. In Innenräumen können verschiedenste Quellen die Schadstoffe an die Raumluft abgeben. Angepasst auf die Vor-Ort-Situation wurden entsprechende Sanierungsempfehlungen in die Tat umgesetzt. Im konkreten Fall wurde das Schlafzimmer beispielhaft wie folgt renoviert:

→ PVC-Fußboden incl. Kleberresten entfernt, unversiegelter Linoleumboden (ohne synthetische Oberflächen-

vergütung) mit Naturharzkleber verlegt

→ mit synthetischen Lacken beschichtete Spanplattenmöbel gegen unbehandelte Vollholzmöbel ausgetauscht

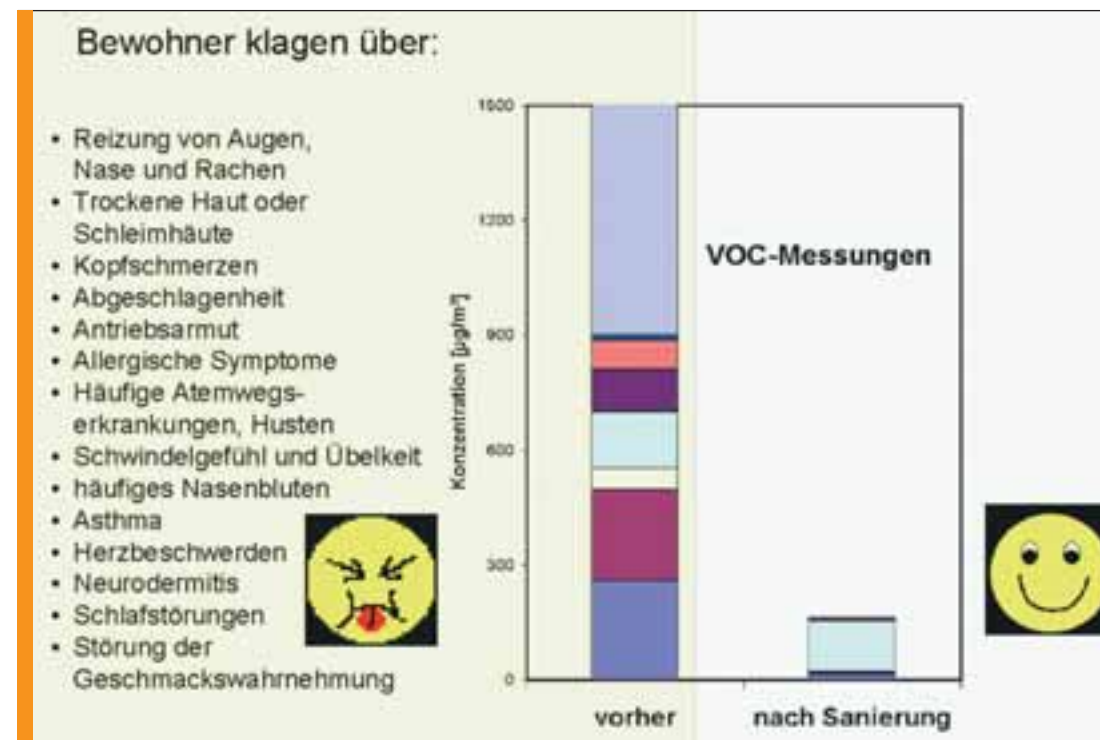
→ Vinyl-/Schaumtapete durch eine Papiertapete ersetzt

→ Deckenanstrich mit Naturfarben ausgeführt (Lösemittelkomponente: Isoaliphaten).

Etwa 6 Wochen nach der Renovierung wurde eine Kontrollmessung durchgeführt, bei der eine deutliche Verbesserung der Raumluftqualität eingetreten war. Nach der Sanierung am stärksten vertreten waren Isoaliphaten (Alkane), die durch eine voll-deklarierte Anstrichfarbe als Lösemittel neu in die Räume eingebracht wurden. Es ist davon auszugehen, dass deren

Konzentration mit fortschreitender Trocknung weiter abnehmen wird. Die Beschwerden von Frau D. aus R. gingen mehr oder weniger vollständig zurück. Ein unfreiwilliger Kontrollversuch ereignete sich nach der Anlieferung einer neu gekauften Sofagarnitur: Mit dem Aufstellen der Sitzmöbel stellten sich die Befindlichkeitsstörungen sofort wieder ein. Das Beson-

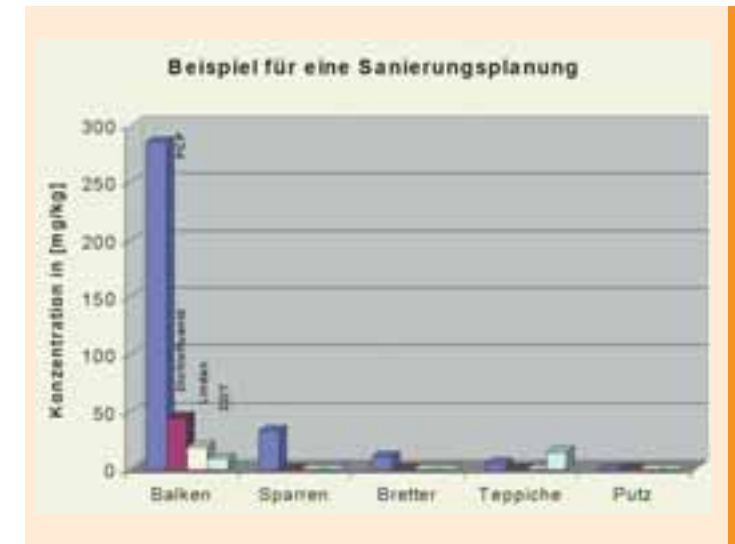
dere an diesem einen von bundesweit tausenden ähnlichen Fällen: Die auftretenden chemischen Verbindungen und Konzentrationen vor und nach der Sanierung sind wissenschaftlich dokumentiert. Dieses Fallbeispiel wurde in der ARD-Sendung „Ratgeber Bauen und Wohnen“ am 25.05.2002 einem breiten Publikum vorgestellt.



28
VOC-Gehalte und Befindlichkeitsstörungen vor und nach einer Sanierung (Institut peridomus, 2002)

Holzschutzmittel

In einer Wohnung bestand nach einer Staubuntersuchung der Verdacht auf eine Holzschutzmittelbelastung. Um mögliche Schadstoffquellen eindeutig abzuklären, wurden von verdächtigen Bauteilen Materialuntersuchungen durchgeführt. Nach der chemisch-analytischen Bestandsaufnahme stand fest: Der zentrale große Holzpfeiler (Balken in Abb. 29), der die Dachkonstruktion unterstützte, war die einzige Primärquelle.



29
Holzschutzmittelbelastung: Bestimmung der Quelle und Maskierung mit einem Lacksystem auf Schellackbasis (Institut peridomus, 2002)

Wollte der Eigentümer vor der chemischen Untersuchung seinen gesamten Dachstuhl ersetzen, konnte er aufgrund der Analyseergebnisse mit einem Beschichtungssystem auf Schellackbasis eine Maskierung erreichen. Nach einer Grundie-

rung, mittels der das PCP in eine nichtflüchtige Komponente überführt wird, erfolgten zwei weitere Anstriche zur Versiegelung. Die Behandlung sollte wegen möglicher Rissbildungen des Holzes ca. alle zwei Jahre wiederholt werden. Statt ur-

sprünglich geplanter 50.000 € für die Ersetzung des sichtbaren Dachstuhls waren 1.000 € für die Streifarbeiten incl. Materialkosten zu veranschlagen. Großflächige und aus Nut- und Federbrettern bestehende Decken können nicht maskiert

| Eigenschaften | Modifizierte Schafwolle | Aktivkohletapete | Aluminiumfolie |
|--------------------------|----------------------------------|-----------------------|--|
| Sanierungsg geeignet für | z. B. Formaldehyd, Aldehyde, PCP | z. B. PCB, PCP, Radon | prinzipiell alle Schadstoffe, z. B. Per, Tri, PCB, PCP, Chlornaphthaline, Formaldehyd, Nitrosamine |
| Feuchtigkeitsverhalten | diffusionsoffen | diffusionsoffen | gasdicht und wasserdampfundurchlässig |
| Verarbeitung | einfach | einfach | sorgfältiges Arbeiten nötig (gasdicht!) |
| Erfahrung | relativ kurz | mittel | relativ lang |

Tab. 4
Vergleich verschiedener Sanierungssysteme (Institut peridomus, 2002)

werden, da die Übergänge zwischen den Brettern Durchtrittstellen für die Schadstoffe darstellen. In diesen Fällen sind absperrende Konstruktionen denkbar. Dabei besteht immer das mögliche Problem von auftretender Undichtigkeit, was durch sorgfältiges Arbeiten verhindert werden kann: Hinter der gasdichten Absperrung bildet sich ein Dampfdruck. Sobald eine Rissbildung erfolgt, bläst wie aus einem Luftballon die

schadstoffbeladene Luft in den Innenraum. Alternativen bestehen in der Anbringung von adsorbierenden Materialien, wie z. B. von Aktivkohletapeten. Aktivkohle hat eine sehr große innere Oberfläche und bindet Schadstoffe wie Holzschutzmittel und PCB. Das Konzentrationsgefälle zwischen schadstoffhaltigem Material und einer Aktivkohleschicht setzt einen Diffusionsprozess in Gang: Die Schadgasmoleküle wandern

unaufhörlich in die Aktivkohle ein und werden dort sicher und dauerhaft gebunden. Der Prozess kommt erst dann zum Stillstand, wenn das Bauteil schadstofffrei ist. Die große Aufnahmekapazität der Tapete schließt eine Überfrachtung der Aktivkohleschicht mit dem Schadstoff aus. Als Vorteile sind zu nennen: keine Gasdichtigkeit erforderlich und bauphysikalisch unproblematisch, weil diffusionsoffen für Wasserdampf.

Die folgenden Ausführungen stellen Empfehlungen und Anregungen für das allgemeine Vorgehen dar. Sie orientieren sich an dem Leitfaden vom Landesgesundheitsamt Baden-Württemberg, 2001. **Kurzfristige Maßnahmen:** Wenn nicht sofort mit den Sanierungsmaßnahmen begonnen werden kann, sollten befallene Stellen übergangsweise möglichst ohne Staubaufwirbelung gereinigt und desinfiziert (80%iger Alkohol) werden. Alternativ können befallene Stellen abgedeckt, abge-

schottet oder vernetzt werden. Die häufig zitierte saure Essiglösung ist nicht sinnvoll, da viele Baustoffe basisch sind (insbesondere Kalk) und eine Neutralisation bewirken. Außerdem gelangen mit Essig für Schimmelpilze u.U. verwertbare organische Nährstoffe auf das Material. Durch gezieltes Heizen und Lüften kann die Feuchtigkeit an der befallenen Stelle reduziert und ein weiteres Schimmelpilzwachstum eingeschränkt werden. Diese Maßnahme darf jedoch

nur durchgeführt werden, wenn vorhandene Schimmelpilzsporen vorher entfernt wurden. Ansonsten sind hohe Konzentrationen in der Raumluft und die Entstehung von Sekundärquellen zu erwarten. Durch ein Abrücken der Möbel von Außenwänden kann die Gefahr von Taupunktunterschreitung im Raum ebenso verringert werden wie durch erhöhtes Heizen und Lüften. Mit diesen Maßnahmen wird einem Schimmelpilzwachstum vorgebeugt.

Sekundärkontaminationen

Bei flüchtigen organischen Verbindungen (VOC) einschließlich Formaldehyd ist nach Entfernen der Quelle in der Regel das Schadstoffproblem gelöst. Gegebenenfalls vorhandene Reste an VOC oder Aldehyden können über Lüften weitestgehend beseitigt werden. Anders bei schwerflüchtigen organischen Verbindungen wie Holzschutz-

mitteln, PCB, PAK, Flammschutzmitteln und Pyrethroiden. Bauteile, die mit diesen Schadstoffen behandelt wurden, werden als Primärquelle bezeichnet. Durch die Emission dieser Verbindungen aus dem Material werden auch andere Bauteile und Gegenstände in den Räumen belastet. Man bezeichnet dies als sogenannte Sekundär-

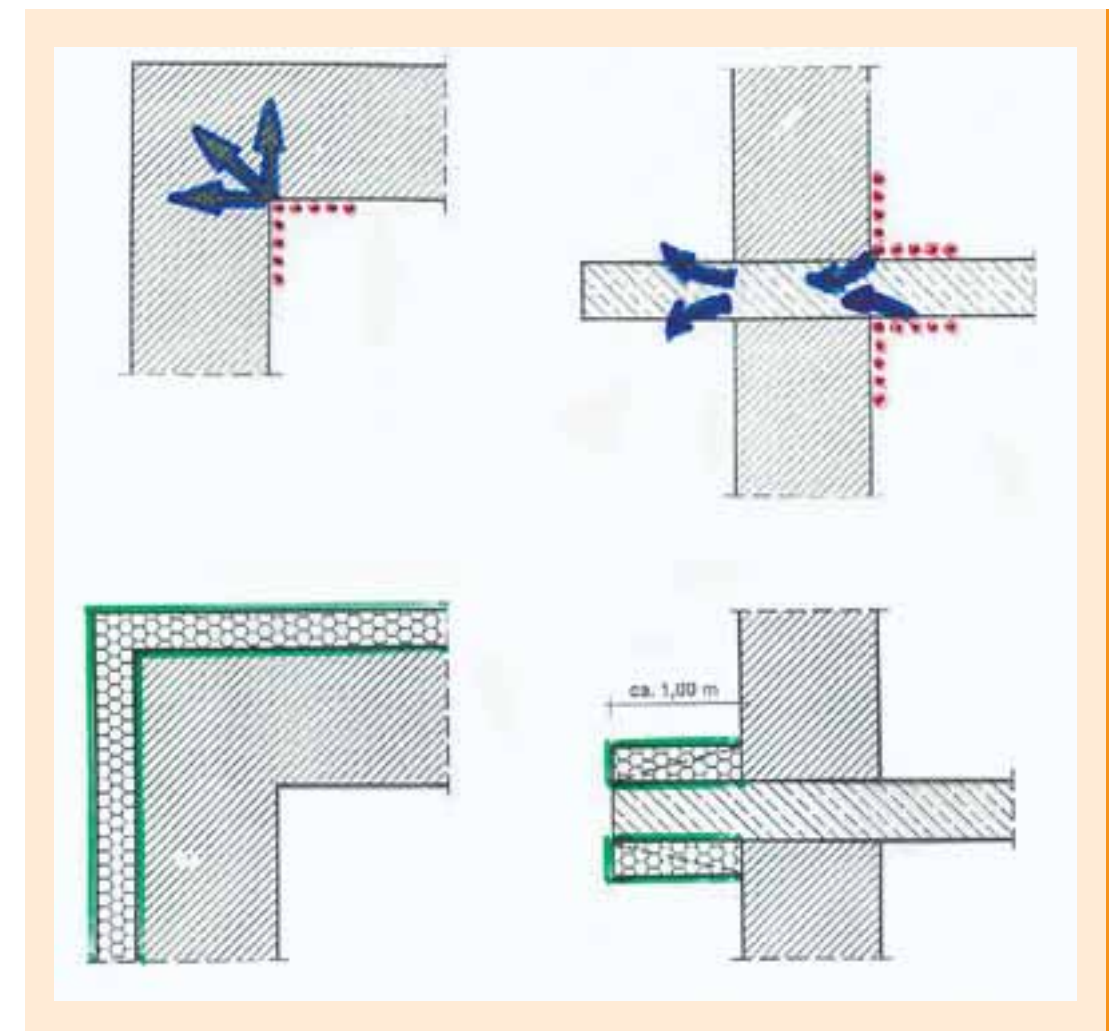
kontamination. Derartig belastete Materialien geben auch nach Entfernung der Primärquelle Schadstoffe ab. Die Belastung durch Sekundärkontaminationen kann bei empfindlichen Menschen zu gesundheitlichen Problemen führen, weshalb diese bei einer Sanierung ebenso berücksichtigt werden müssen.

Schimmelpilzsanierung

Eine Beseitigung des Schimmelpilzbefalls hat nur dann einen Sinn, wenn zuvor die Ursache für die auftretende Feuchtigkeit als Grundlage für jedes Schimmelpilzwachstum geklärt und beseitigt wurde. Ohne diese Maßnahme ist eine erneuter Befall vorpro-

grammiert. Falsches Lüftungs- und Heizverhalten, Wärmebrücken oder Wasserrohrbrüche können zu einem erhöhten Feuchtigkeitsaufkommen führen. Die Sanierung von schimmelpilzbelasteten Materialien muss das Ziel haben, die Schimmelpilze vollständig zu entfernen.

Eine bloße Abtötung von Schimmelpilzen reicht nicht aus, da auch von abgetöteten Material allergische und reizende Wirkungen ausgehen können. Es fehlen bis heute fundierte Untersuchungen und Daten auf dem Gebiet der Schimmelpilzsanierung.



30
Wärmebrücken
als Ursache von
Schimmelpilzbefall
und deren
Sanierung
(Institut peridomus,
2002)

Langfristige Maßnahmen: Bei glatten Oberflächen (Metall, Keramik, Glas) kann eine Entfernung mit Wasser und normalem Haushaltsreiniger erfolgen. Befallene Möbelstücke mit geschlossener Oberfläche (Stühle, Schränke) sind oberflächlich feucht zu reinigen, zu trocknen und ggf. mit 80% igem Alkohol zu desinfizieren. Stark befallene Einrichtungsgegenstände mit Polsterung (Sessel, Sofa) und Haushaltstextilien sind nur selten mit vertretbarem Aufwand sinnvoll zu sanieren und sollten daher im Normalfall entsorgt werden. Befallene offene porige

Materialien (Tapete, Gipskartonplatte, 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. 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 durchgeführt werden (siehe nächstes Kapitel). Von dem Einsatz von chemischen Antischimmelmitteln wird dringend abgeraten, da hiermit keine Ursachenbeseitigung, sondern nur eine kosmetische Symptomkuriererei erfolgt. Derartige Maßnahmen bieten keine dauerhafte Problemlösung, weil bei vorhandener Feuchtigkeit das Schimmelpilzwachstum nach einiger Zeit wieder einsetzt. Antischimmelmittel können zu erheblichen gesundheitlichen Nebenwirkungen führen.

Filter der Schutzklasse P3 erforderlich. Empfehlenswert ist diese Maßnahme auch bei anderen schwerflüchtigen organischen Schadstoffen wie Flammschutzmittel vom Typ organische Phosphorsäureester. Zur Vermeidung gesundheitlicher Risiken ist bei derartig schadstoffbelastetem Material

auch Hautschutz unerlässlich. Mit Schadstoffen belastete Bauteile oder Schimmelpilzbeaufschlagungen sind, wenn möglich, zu beseitigen oder fachgerecht zu sanieren. Nachfolgend ist eine Feinreinigung aller Raumumschließungsflächen durchzuführen, um Sekundärkontaminationen bzw. be-

lastete Stäube zu entfernen. Dabei muss ein K1-Staubsauger/HEPA-Filter eingesetzt oder der Staub mittels Rohrleitung direkt nach außen befördert werden. Nach erfolgter Sanierung sind Kontrollmessungen zur Überprüfung des Sanierungserfolges unerlässlich.

4.4 Schutz der Bauarbeitnehmer

Bauarbeitnehmer unterliegen neben Unfallrisiken dem Risiko von Berufskrankheiten durch Gefahrstoffe. Bei den in Frage kommenden Gefahrstoffen handelt es sich teilweise um die gleichen, die auch für die Belastung der Innenraumluft von Bedeutung sind. Risiken für Bauarbeitnehmer am Arbeitsplatz bestehen primär durch den Umgang mit ätzenden, reizenden, sensibilisierenden und/oder giftigen Gefahrstoffen.

Im Gegensatz zu den Bewohnern von Gebäuden werden Arbeitnehmer zumindest auf dem Papier durch ein relativ dichtes Regelwerk vor gesundheitlichen Beeinträchtigungen geschützt (Chemikalienverbots-

verordnung (ChemVerbotsV), Chemikaliengesetz (ChemG), Arbeitsstättenverordnung (ArbStättV), ...). Probleme liegen in der teilweise unzureichenden Umsetzung der Bestimmungen. Diese Vollzugsdefizite führen nach Angaben der Berufsgenossenschaft der Bauwirtschaft dazu, dass häufig ohne Atemschutz und ohne Hautschutz gearbeitet wird. Der Arbeitgeber ist verpflichtet, die Einhaltung der von der Senatskommission zur Prüfung gesundheitsschädlicher Arbeitsstoffe festgelegten Maximalen Arbeitsplatzkonzentrationen (MAK), Technischen Richtkonzentrationen (TRK, im Falle krebserzeugender Stoffe) und Biologischer Arbeitsplatztoleranzwerte (BAT)

zu gewährleisten. Bei Umbauarbeiten oder Sanierungsarbeiten können Schadstoffe verstärkt freigesetzt werden. Aus diesem Grund ist vor Beginn der Arbeiten eine mögliche Materialbelastung mittels chemisch-analytischer Bestandsaufnahme abzuklären. Entsprechend den Untersuchungsergebnissen sind Arbeitsschutzmaßnahmen eingrenzbar. Ein Arbeiten ohne Staubentwicklung ist nur selten möglich. Beim Auftreten von unbelasteten Stäuben sind entsprechende Atemschutzmaßnahmen nötig (Staubmaske der Schutzklasse P1). Wurden die Materialien mit Holzschutzmittelwirkstoffen oder PCB behandelt, so ist eine Atemschutzmaske mit einem



31
Sanierung einer
PCB-Belastung
(Zwiener, 1997)

4.5 Brände und Entsorgung

Bei Bränden in Gebäuden werden je nach vorhandenem Material verschiedene Schadstoffe erzeugt oder freigesetzt. Bei der Verbrennung halogenhaltiger oder stickstoffhaltiger Verbindungen sind unter anderem die sehr giftigen Schadstoffe Blausäure und Phosgen bedeutsam. Blausäure entsteht aus Polyurethan (PU), das als Montageschaum oder Dämmmaterial teilweise in erheblichem Umfang als Baumaterial eingesetzt wird. Phosgen wird im Brandfall aus chlorhaltigen Kunststoffen gebildet, die

typischerweise als PVC in Fußbodenbelägen und Abwasserrohren oder als Flammschutzmittel in Innenräumen vorhanden sind. Häufig sind die Brandopfer durch diese giftigen Verbindungen erstickt (nicht verbrannt!), bevor sie gerettet werden konnten. Die Entsorgung von Asbest und von Materialien, die mit polycyclischen aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAK), polychlorierten Biphenylen (PCB) oder Holzschutzmittelwirkstoffen belastet ist, ist eindeutig geregelt. Derartig belastete

Gebäude heute zu sanieren, stellt wegen der hohen Entsorgungskosten eine wirtschaftliche Herausforderung dar. Die als Dämmstoffe in großen Mengen eingesetzten PUSchäume oder Styroporplatten werden in der Zukunft ebenfalls hohe Kosten für die Materialentsorgung verursachen. Nachwachsende Rohstoffe sind im Idealfall in den Naturkreislauf rückführbar und stellen deshalb für spätere Renovierer und Modernisierer kein finanzielles Risiko dar.

5. Richtige Auswahl von Baumaterialien bei Neubau und Renovierung

In neuerrichteten Gebäuden treten immer öfter gesundheitliche Beschwerden auf. Die Befindlichkeitsstörungen können im Extremfall so stark sein, dass die neue Wohnung nicht bezogen werden kann.

Häufiger zu beobachten sind verzögerte Reaktionen, die innerhalb der ersten Wochen bis Monate zunächst schleichend beginnen und sich nachfolgend verstärken. Durch eine Auswahl der Baustoffe und

Materialien unter gesundheitlichen Gesichtspunkten können derartige Beschwerdebilder und damit verbundene gesundheitliche und finanzielle Risiken ausgeschlossen werden.

Volldeklaration aller Inhaltsstoffe

Bei Untersuchungen der Raumluft in Innenräumen werden mittlerweile immer chemische Verbindungen nachgewiesen. Heute stellt sich nur noch die Frage, welche Schadstoffe in welcher Konzentration und in welcher Kombination vorhanden sind. Man stelle sich vor, dass alle eingebrachten Baumaterialien bezüglich ihrer

Stoffzusammensetzung bekannt wären. Dann wäre es ein Leichtes, die Quelle für eine erhöhte Raumluftbelastung eines Stoffes eindeutig zu benennen.

Ein anderer Fall: Ein Allergiker besitzt einen Allergiepass. Aufgrund der für diese Person relevanten chemischen Verbindungen können durch eine

Volldeklaration aller Inhaltsstoffe die für sein Immunsystem relevanten Allergene elegant und ohne Aufwand ausgeklammert werden. In Deutschland werden alle Bauprodukte bezüglich ihrer technisch-physikalischen Eigenschaften von verschiedenen Institutionen in einer für den Laien kaum nachvollziehbaren Komplexität charakterisiert. Für die gesundheitliche (Un-)Verträglichkeit von Baustoffen fühlt sich dagegen niemand zuständig. Für eine gesundheitliche Überprüfung von Baumaterialien wäre aber ebenso eine Normierung hin zu einer Offenlegung aller Inhaltsstoffe wünschenswert. Jeder Mensch kann damit selbst entscheiden, welche chemischen Verbindungen er seinem Immunsystem zumutet. Eine Volldeklaration aller Inhaltsstoffe von Baumaterialien sollte einen großen Beitrag zur „Entgiftung“ unserer Innenräume leisten.



32
Volldeklaration:
Richtig und falsch
(Institut peridomus,
2002)

Gesundes Wohnen mit nachwachsende Rohstoffen

„Diese unsere Umwelt schonenden Produkte sind in einen natürlichen Stoff- und Energiekreislauf eingebunden. Sie sind klimafreundlich und werden rasch und vollständig biologisch abgebaut“ (Quelle: Renate Künast, Bundesministerin für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft). Baumaterialien – aus dem Naturkreislauf entnommen – schonen die fossilen Ressourcen. Gerade im Baubereich lassen sich Holz, Flachs, Hanf, Wolle, Schilf mit ihren guten raumklimatischen und gesundheitsverträglichen Eigenschaften nahezu überall einsetzen. Setzt man voraus, dass keine petrochemischen Konservierungsmittel, Lösemittel, Biozide, Brandschutzmittel und andere Additive verwendet wurden, kann man davon ausgehen, dass sie für „Gesundes Bauen und Renovieren“ bestens geeignet sind.

Die Vorteile liegen weiterhin in den guten gebäudetechnischen und raumklimatischen Eigenschaften:

- Verbesserte Wasseraufnahme-/Abgabevermögen (Schimmelvermeidung)
- Keine Schadstoffabgabe
- Keine Trocknungszeiten durch Holzbau

- Geruchsneutralisation
- Kein „Fogging“ auf Oberflächen (Kondensat/TVOCs)
- Geringe elektrostatische Aufladungen.

Ein weiterer Vorteil der Baustoffe aus nachwachsenden Rohstoffen ist die **Aufnahme von Problemstoffen aus der Innenraumluft**. Bedingt durch die optimale Kapillarwirkung des Materialaufbaus aller Naturfaserrohstoffe, die sowohl tierischen als auch pflanzlichen Ursprungs sein können, entsteht ein optimales Raumklima. Das große miteinander verbundene Kapillarsystem (die innere Oberfläche) absorbiert nicht nur Wasserdampf, sondern auch andere Stoffe wie Gase, Dämpfe und Staub – entweder in Form einer Adsorption oder einer Absorption. Bei Diffusionsvorgängen durch absorptionsfähige Wände und Decken wird die Luft teilweise gefiltert und gereinigt. Diese Absorptionseigenschaften besitzen Holz und andere natürliche Materialien aus nachwachsenden Rohstoffen wie Hanf, Flachs, Wolle usw. Die besondere Fähigkeit der Schafwolle, Formaldehyd und andere schädliche Gase dauerhaft zu binden und damit aus der

Raumluft zu beseitigen, wurde im Kapitel „Sanierung“ bereits beschrieben. Vergleichbare positive Eigenschaften besitzen auch mineralische Naturbaustoffe wie Gips, Kalk und Lehm, sofern die Oberflächen nicht mit synthetischen Beschichtungen abgesperrt werden.

Ausführliche Beschreibungen der Baustoffe aus nachwachsenden Rohstoffen und ihren richtigen Einsatz, insbesondere beim wohngesunden Gestalten von Innenwänden, Oberflächen und Fußböden, geben andere KNR-Themenbroschüren (siehe Vorwort).

Es besteht die begründete Aussicht, dass nach der Zunahme gebäudebedingter Erkrankungen in den letzten Jahren zukünftig mehr Wert auf die gesundheitliche Unbedenklichkeit von Baustoffen gelegt wird.

Mit dem Wissen um die Gesundheitsverträglichkeit und den Nutzen der ökologischen Baustoffe aus nachwachsenden und nachhaltigen Rohstoffen ergeben sich für die land- und forstwirtschaftlichen Produkte völlig neue Marktchancen. Ein breites Spektrum an empfehlenswerten Produkten steht jedenfalls bereit, um Gesundheit und Behaglichkeit im Wohnbereich zu ermöglichen.

Abkürzungsverzeichnis

| | |
|---|---|
| CFS: Das Chronische Müdigkeitssyndrom | PCB: polychlorierte Biphenyle |
| KW: Kohlenwasserstoffe | PCP: Pentachlorphenol |
| MAK: Maximale Arbeitsplatz-Konzentration | PU-Schaum: Polyurethan-Schaum |
| MCS: Multiple Chemikalien-Sensibilität | SBR: Styrol-Butadien-Kautschuk (engl. rubber = Kautschuk) |
| PAK: polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe | SBS: Sick-Building-Syndrome; Befindlichkeits- und Gesundheitsstörungen, die |

überwiegend in modernen, meist klimatisierten Gebäuden beobachtet werden

UF-Ortschaum:
vor Ort eingesetztes Harnstoff-Formaldehyd-Harz (engl.: urea = Harnstoff); problematisch wg. Formaldehyd-Emissionen und gesundheitsgefährdender Hilfsstoffe

VOC:
Volatile Organic Compounds;
flüchtige organische Verbindungen

Quellen-/Autorenangaben

Bullinger M, 1994:
Erfassung des Befindens in Innenräumen. In: Luftverunreinigungen in Innenräumen – Herkunft, Messung, Wirkung, Abhilfe, VDI-Berichte 1122, Düsseldorf, 633 ff
Wiesbaden und Berlin

Dorgan C, Willman AJ, Dorgan CB, 1994:
Productivity Link to the Indoor Environment Estimated Relative to ASHRAE 62-1989. In Healthy Buildings '94, Proceedings of the 3rd International Conference, Budapest

Enquete-Kommission „Schutz des Menschen und der Umwelt“ des 13. Deutschen Bundestages (Hrsg.), 1998:
Bauprodukte und gebäudebedingte Erkrankungen, Springer-Verlag Berlin, Heidelberg, New York

Höppe P, 1994:
Raumklima und Sick-Building-Syndrome. In: GSF – Forschungszentrum für Umwelt und Gesundheit (Hrsg.), Innenraumluft, GSF-Bericht 5/94, Neuherberg, 7–17

KATALYSE, 1995a:
PCB-Belastung in Gebäuden: Erkennen, bewerten, sanieren. Bauverlag Wiesbaden und Berlin

LFU, UMEG, 1998
(Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg, UMEG Gesellschaft für Umweltmessungen und Umwelterhebungen mbH): Schwebstaubbelastung in Baden-Württemberg, Karlsruhe

Riedel L, 1993:
Sind Hausstaubmilben schädlich? In: Zeitbombe Wohn- und Schlafräum, Artiana-Verlag Bad Ems, 194–197

Sagunski H, Roßkamp E, 2002:
Richtwerte für die Innenraumluft: Tris(2-chlorethyl)phosphat, Bundesgesundheitsblatt-Gesundheitsforschung-Gesundheitsschutz 45: 300-306

Umweltbundesamt, 2000:
Feinstaub – Die Situation in Deutschland nach der EU-Tochter-Richtlinie, Berlin

Zwiener G, 1997:
Handbuch Gebäudeschadstoffe, Verlagsgesellschaft Rudolf Müller, Köln

Literaturempfehlungen

BG BAU (BGI 858):
Gesundheitsgefährdungen durch biologische Arbeitsstoffe bei der Gebäudesanierung – Handlungsanleitung zur Gefährdungsbeurteilung nach Biostoffverordnung (BIOStoffV)

Botzenhart K, Müller HE, Strubelt, O, 2001:
Innenraum-Luftverunreinigungen, expert-Verlag, Renningen

Fernlehrgang Baubiologie IBN,
Institut für Baubiologie und Ökologie, Neubeuern

Gliesmann S, Hermanns-Sellen M, 1988:
Ungeziefer im Haushalt, Hrsg.: Wissenschaftsladen Gießen, 6. Auflage, 1996

Landesgesundheitsamt Baden-Württemberg, 2001:
Schimmelpilz in Innenräumen – Nachweis, Bewertung, Qualitätsmanagement, abgestimmtes Arbeitsergebnis des Arbeitskreises „Qualitätssicherung – Schimmelpilze in Innenräumen“ am Landesgesundheitsamt Baden-Württemberg

Landesgesundheitsamt Baden-Württemberg, 2004:
Handlungsempfehlung für die Sanierung von mit Schimmelpilzen befallenen Innenräumen

Moriske HJ, Turowski E, 1998:
Handbuch für Bioklima und Lufthygiene, ecomed verlagsgesellschaft, Landsberg/Lech

Mücke W, Lemmen Ch, 2004:
Schimmelpilze, ecomed Verlagsgesellschaft, Landsberg/Lech

Neuburger N, 1996:
Kompendium Umweltmedizin, medi Verlagsgesellschaft, Hamburg

ÖKO-TEST,
Öko-Test GmbH & Co KG, Frankfurt

Schöndorf E, 1998:
Von Menschen und Ratten, Verlag Die Werkstatt, Göttingen

Umweltbundesamt, 2000:
Leitfaden für die Innenraumlufthygiene in Schulgebäuden

Umweltbundesamt, 2002:
Leitfaden zur Vorbeugung, Untersuchung, Bewertung und Sanierung von Schimmelpilzwachstum in Innenräumen

Umweltbundesamt, 2005:
Leitfaden zur Ursachensuche und Sanierung bei Schimmelpilzwachstum in Innenräumen („Schimmelpilzsanierungs-Leitfaden“)

Umwelt & Gesundheit,
Allergie-Verein in Europa e. V., Fulda

Umwelt medizin gesellschaft,
UMG Verlagsgesellschaft, Fedelhören

vbn, 2001:
Topthema Schimmelpilz, Hrsg.: Verband der Bausachverständigen Norddeutschland e. V., VBN-Seminare GmbH, Mörkenstr. 18, 27572 Bremerhaven

Wohnung + Gesundheit,
Institut für Baubiologie und Ökologie Neubeuern e.V.,

Zeitschrift für Umweltmedizin,
Promedico Verlag, Hamburg

Zwiener G., Mötzl H., 2006:
Ökologisches Baustofflexikon, C.F. Müller Verlag, Heidelberg

Weitere Informationsquellen/Internetadressen

www.peridomus.de
www.baubiologie-ibn.de
www.dguht.de
www.dbu-online.de
www.uis.de
www.landesgesundheitsamt.de

www.agoef.de
www.umweltmedizin.de
www.kst.portalu.de
www.baubiologie.net
www.uba.de
www.umweltjournal.de

Deutsche Gesellschaft für Umwelt- und Humantoxikologie (DGUHT e. V.),
Mausbergstr. 9,
97267 Himmelstadt,
Tel. (0 93 64) 8 13 97 47

**Deutscher Berufsverband der
Umweltdozenten (dbu e. V.),**

Geschäftsstelle Siemensstr. 26 a,
12247 Berlin,
Tel. (030) 77 15-484

**Interessengemeinschaft der Holz-
schutzmittelgeschädigten e. V. (IHG),**

Im Heiteren Tal 19,
57250 Netphen,
Tel. (027 37) 59 25 08

**Interdisziplinäre Gesellschaft für
Umweltdozenzen e. V. (IGUMED),**

Frielinger Str. 31,
28215 Bremen,
Tel. (04 21) 4 98 42 51

**Selbsthilfegruppe Chemikalien- und
Holzschutzmittelgeschädigte (SHG),**

Rudolf-Clausius-Str. 4,
97080 Würzburg,
Tel. (09 31) 96 08 88

Adressen von qualifizierten Institutionen, die Innenraumanalysen durchführen

Es gibt eine Vielzahl an Messinstitutionen. Messen ist einfach. Was aber ist aus den Messergebnissen zu schlussfolgern, welche Empfehlungen sind zu geben und was muss konkret getan werden bei Verdacht auf eine gebäudebedingte Erkrankung oder im Sinne einer gesundheitlichen Vorsorge?

Das praktische Umsetzen der Analyseergebnisse beim Bauen, Modernisieren oder Sanieren ist nicht einfach. Für derartige Fragestellungen werden Spezialisten mit Erfahrung benötigt, die die wissenschaftlichen Untersuchungsmethoden und -ergebnisse für die Baupraxis aufbereiten und

umsetzen können. Als Bindeglieder zwischen Medizin und Architektur haben sich Innenraumanalysen bewährt, die interdisziplinär und wissenschaftlich arbeiten. Einige Institutionen, deren Fachkompetenz bekannt ist, sind nachfolgend aufgeführt.

Dr. Gerhard Führer,

Institut peridomus, von der IHK
Würzburg-Schweinfurt öffentlich
bestellter und vereidigter Sachverständiger für Schadstoffe in Innenräumen,
Mausbergstr. 9,
97267 Himmelstadt bei Würzburg,
Tel. (093 64) 89 60 01

Umwelteinstitut Stuttgart,

von der IHK Stuttgart
öffentlich bestellte und vereidigte
Sachverständige u. a.
für Innenraumanalytik,
Herdweg 14,
79174 Stuttgart,
Tel. (07 11) 162 72-0

**Arbeitsgemeinschaft ökologischer
Forschungsinstitute (AGÖF e. V.),**

im Energie- und Umweltzentrum
am Deister,
31832 Springe-Eldagsen

Dr. Detlef Bock,

IBBU-Institut,
Millrather Weg 105,
40699 Erkrath,
Tel. (02 11) 28 80 387

**Berufsverband Deutscher
Baubiologen (VDB e. V.),**

Geschäftsstelle
Reindorfer Schulweg 42
21266 Jesteburg
Tel. (041 81) 2 03 94 50

**Arbeitskreis „Gesundes Wohnen“
der Deutschen Gesellschaft für
Umwelt- und Humantoxikologie
(DGUHT e. V.),**

Infotelefon (093 64) 89 60 01