

Symptomatik bei umweltmedizinisch Erkrankten: Analysen von Wohnraumbegehungen der Jahre 1998-2011

Josefine Barthel und Jens-Martin Träder

In einer statistischen Auswertung standardisierter Dokumentationsbögen von umweltmedizinisch begründeten Wohnungsbegehungen aus dem Zeitraum von 1998 bis 2011 wurden 2.413 Männer, Kinder und Frauen erfasst, die verschiedene Krankheitssymptome angaben. Es wurde der Fragestellung nachgegangen, inwiefern die aufgezeichneten Symptome mit den erfassten Schadstoffen korrelieren.

Zwei Gruppen von Noxen dominierten in der Auswertung die häusliche Exposition: Schimmelpilze und Biozide. Die Ergebnisse zeigen, dass Atemwegsbeschwerden in Verbindung mit einer erhöhten Schimmelpilzbelastung das häufigste Symptom waren, an zweiter Stelle stand eine Infektanfälligkeit. Bei einem Schimmelpilzbefall traten neben den bekannten Atemwegsbeschwerden auch zu einem gewissen Anteil neurotoxische Beschwerden auf.

Bei Belastung durch Biozide standen neurotoxische Beschwerden im Vordergrund, Atemwegsprobleme waren ebenfalls nachzuweisen, wenngleich in einem deutlich geringeren Maße. In einem größeren Anteil der Fälle musste man eine Mischexposition durch mehrere Substanzgruppen annehmen.

Der Anteil der Fälle mit einer Schimmelpilzexposition nahm im untersuchten Zeitraum von 31 % auf 77 % deutlich zu, während Biozide an Bedeutung verloren. Insgesamt scheint es bei Verdacht auf eine Symptomursache in häuslicher Umgebung trotz der Vielzahl möglicher innenraumrelevanter Schadstoffe bei entsprechender Symptomlage ratsam, zuerst an einen Schimmelpilzbefall zu denken.

Schlüsselwörter: Umweltmedizin, Innenraumbelastung, Schimmelpilze, Biozide.

Einleitung

Die Umweltmedizin betrachtet Schädigungen des Menschen in einem kausalen Zusammenhang mit Umweltgiften. Es ist problematisch, die Vielzahl der Chemikalien zu überblicken, welche über Luft, Wasser und Nahrung oder in direktem Kontakt den menschlichen Körper schädigen können. Zudem ist es schwierig, gesundheitliche Auswirkungen eindeutig bestimmten Stoffen zuzuordnen.

Menschen mit umweltbedingten Gesundheitsstörungen weisen meist sehr unspezifische Krankheitsbilder auf. Im Normalfall befragen diese Menschen ihre Hausärzte, wenn sie solche Störungen bemerken. Für uns Hausärzte ist es hilfreich, eine Entscheidungsmatrix an die Hand zu bekommen, nach der man die Wahrscheinlichkeit für das Vorliegen einer Schädigung durch eine chemische Stoffgruppe abschätzen kann.

Stand der Forschung

In der Umweltmedizin haben hinsichtlich der häuslichen Exposition drei Gruppen von Noxen große Aufmerksamkeit erfahren: Schimmelpilze, Biozide und Formaldehyd.

Seit ca. 20 Jahren wird den Auswirkungen durch die Existenz von **Schimmelpilzen** in Innenräumen große Aufmerksamkeit gewidmet. Schimmelpilze belasten den Wohnraum mit Sporen, mit flüchtigen organischen Verbindungen (microbial volatile organic compounds = MVOC) und Toxinen und beeinträchtigen damit die Gesundheit der betroffenen Menschen. Somit stellt die „feuchte Wohnung“ eine erhebliche Gefahr dar. Im Jahr 2009 wurde von der WHO eine Leitlinie veröffentlicht, die Feuchte sowohl in Wohnräumen, in Büroräumen wie auch in öffentlichen Einrichtungen bereits als potentiell gesundheitsschädlich deklariert (WHO 2009). Grenzwerte für den Zusammenhang zwischen Feuchtigkeit, Mikrobenwachstum und der gesundheitlichen Auswirkung sind jedoch nicht definiert.

Das Problem eines sichtbaren Schimmelpilzbefalls in Innenräumen wurde in zahlreichen Studien beschrieben (HARDIN et al. 2003, HERNBERG et al. 2014, JAAKKOLA et al. 2013, ZHANG et al. 2012). Nach der Empfehlung des Umweltbundesamtes sollte jeder Schimmelpilzbefall in Innenräumen als potentiell gesundheitsgefährdend und hygienisch bedenklich angesehen und umgehend entfernt werden (UBA 2002). Eine Vielzahl an möglichen krankheitsauslösenden Wirkungen, die im Zusammen-

hang mit Schimmelpilzen auftreten können, ist bekannt. Dazu zählen zum Beispiel Allergien, erhöhte Infektanfälligkeit, Schleimhautreizungen, Beeinträchtigungen durch Geruchsbelästigungen oder sogar systemische Mykosen (WIESMÜLLER et al. 2013).

In der Studie von Szewzyk et al. ergab sich bei einer Befragung, dass 15% der Wohnungen in Deutschland sichtbar schimmelpilzbelastet waren (SZEWZYK et al. 2011). Einen Begleitumstand einer Schimmelpilzexposition stellen die von Mikroorganismen produzierten flüchtigen organischen Verbindungen (MVOC) dar. Diese Stoffwechselprodukte verteilen sich im Innenraum und können auch durch Baumaterialien diffundieren und so als Anzeiger von verdecktem Schimmelpilzbefall fungieren. Es ist bekannt, dass auch von bereits abgestorbenen Mikroorganismen ganz bestimmte flüchtige organische Verbindungen und Toxine ausgehen und so auch getrocknete Altschäden ein bleibendes Gesundheitsrisiko darstellen können (UBA 2002).

Bewertungsmaßstäbe für die toxische Relevanz der MVOC liegen gegenwärtig nicht vor. Es finden sich in der Literatur jedoch mehrfach Hinweise auf Symptome wie Augenreizungen, Reizungen der oberen Luftwege, die in Verdacht stehen, durch eine MVOC-Belastung ausgelöst zu werden. Genannt seien hier eine Studie zu den Gesundheitsauswirkungen von MVOC (KORPI et al. 2009) und eine Studie über den Zusammenhang zwischen MVOC-Exposition und Allergieprävalenz (ARAKI et al. 2010).

Eine weitere große Gruppe der Schadstoffe in Innenräumen stellen die **Biozide** z.B. aus Teppichen, Einrichtungsgegenständen oder behandeltem Holz dar. Für die vorbeugende und aktive Schädlingsbekämpfung in Holz sind typische Wirkbestandteile **DDT, Lindan, Pentachlorphenol (PCP)** und **Permethrin**. In Teppichen findet man zur insektiziden Wirkung Pyrethroide wie Deltamethrin, Permethrin und Phenothrin sowie Piperonyl-butoxid zur Wirkungsverstärkung. Im Hausstaub, der als integraler Wohngiftspeicher bezeichnet werden kann, findet man häufig 1- und 2-Chlornaphtalin, Chlorpyrophos, DDT, Diazinon, Dichlofluanid, Lindan, Hexachlorbenzol, Methoxychlor, PCP, Permethrin, Propoxur, Tetrachlorvinphos und Tetramethrin (WWF DEUTSCHLAND 2002).

In der Öffentlichkeit ist besonders die PCP-Belastung in Innenräumen durch die Schädlingsbekämpfung von Holz und der daraus resultierenden gesundheitsschädigenden Wirkung in der Vergangenheit bekannt geworden. Sie verursacht unter anderem Hautreizungen, Kopfschmerzen, Abgeschlagenheit, Krämpfe und Unwohlsein. Bereits 1989 erließ die Bundesregierung eine Verordnung zum Verbot von Pentachlorphenol aufgrund des Verdachtes der gesundheitlichen Schädigung. Bei der Herstellung entstanden unter anderem Dioxine und Furane, so dass der Stoff in Abhängigkeit des Produktionsprozesses zusätzlich verunreinigt war (UBA 1997). Mit der Verordnung sind die Herstellung und Verwendung von PCP verboten, jedoch bleiben Altlasten erhalten und werden noch heute in Innenräumen nachgewiesen.

Formaldehyd ist ein weiterer Schadstoff, der bereits in den 1970er-Jahren aufgrund von Geruchsbelästigungen und gesundheitlichen Beschwerden bei der Benutzung von Spanplatten in Innenräumen in Verruf geriet. Betroffene klagten über Schleimhautreizungen. Ein Richtwert für die Innenraumluft von max.

Abstract

Symptoms in environmental medicine patients: analysis of housing inspections in the years 1998-2011

In a retrospective statistical analysis of recorded indoor inspections of the years 1998 - 2011 2,413 men, women and children with various symptoms were registered and the correlation between reported symptoms and indoor pollutants was evaluated.

Two main pollutants dominate the indoor exposure: molds and biocides. In this study respiratory symptoms combined with mold colonization in indoor environment was reported mostly, followed by susceptibility to infections. Furthermore if mold colonization was detected also neurotoxic complaints were reported.

In combination with biocides in indoor environment, neurotoxic complaints were dominant, while respiratory symptoms were reported less frequently. In many cases, exposition from more than one indoor pollutant were reported.

The amount of cases with mold exposure increases over the period from 1998-2011 from 31% to 77%, while biocides decrease. It seems advisable to first think about a mold colonization if patients report corresponding symptoms despite the many possible indoor pollutants.

Key words: mold, indoor air pollutants, neurotoxic symptoms, biocides.

- Atemwegserkrankungen (Asthmasymptome, laufende Nase, Hustenanfälle, chronische Bronchitis, Reizhusten, Halsbeschwerden, sonstige Beschwerden beim Atmen)
- Infektanfälligkeit
- Allergien, Unverträglichkeiten von Stoffen und Substanzen
- Müdigkeit/Antriebsstörung
- Kopfschmerzen
- Augenreizungen
- Hauterscheinungen (Jucken/Entzündung der Haut)
- Knochen-/Muskel-/Gelenkschmerz
- Konzentrationsstörung
- Unwohlsein/Übelkeit
- Schwindel
- Kribbeln/Taubheitsgefühle

Tab. 1: Abgefragte Krankheitssymptome.

- Herzprobleme
- Schlafstörung
- Haarausfall
- Schleimhautreizung
- Rheuma
- Darmbeschwerden
- erhöhte Leberwerte
- Unruhe/ Schwitzen
- Panikattacken/ Angstgefühle
- Krämpfe

Tab. 2: Symptommennung aus den Freitextkategorien.

0,1 ppm (124 mg/m³) gilt seit 1977 unverändert und ist nach Aussage des Umweltbundesamtes als sicher zu bewerten (UBA 2006). In der Stellungnahme von der IARC (International Agency for Research on Cancer) wurde Formaldehyd als Human-kanzerogen eingestuft (BFR 2004). Insofern ist die Verwendung von Formaldehyd für Dinge des alltäglichen Lebens wie Möbel etc. mit größter Skepsis zu beurteilen.

Formaldehyd wird industriell für die Herstellung von Klebstoffen, Kunststoffen, Düngestoffen, für die Weiterverarbeitung in Sperrholzplatten oder Isoliermaterial sowie für die Desinfektion verwendet. Die größte praktische Bedeutung erlangte Formaldehyd in der Vergangenheit bei der Herstellung von Spanplatten.

Material und Methoden

Es wurden Messergebnisse und Befunderhebungen aus einheitlichen Dokumentationsbögen von Wohnungsbegehungen eines ambulanten umwelttechnischen Messlabors der Jahre von 1998 bis 2011 standardisiert übertragen, zu Datensätzen geordnet und ausgewertet. Erfasst wurden die Datensätze von Männern,

Frauen und Kindern, die als Bewohner eines Hauses oder einer Wohnung Symptome angaben. Diese Symptomangaben und die Ergebnisse aus der jeweiligen Wohnungsbegehung wurden analysiert, dokumentiert und ausgewertet.

Die Messorte der Schadstoffbestimmung dieser Untersuchung sind die Hauptaufenthaltsräume der Personen mit Verdacht auf eine Belastung durch Umweltnoxen. In den meisten Fällen betraf es also die eigene Wohnung dieser Personen. Den Messergebnissen und Befunderhebungen lagen stets Hausbegehungen zugrunde. Dabei dokumentierte ein Umweltingenieur bauliche Auffälligkeiten, erfasste die gesundheitlichen Beschwerden der Bewohner in einem standardisierten Fragebogen und nahm bei einem bestehendem Verdacht Proben zur späteren Bestimmung der Konzentration verschiedener Innenraumschadstoffe. Dazu gehörten unter anderem Luftprobennahmen zur Analyse von MVOC oder flüchtigen organischen Verbindungen (volatile organic compounds = VOC) sowie Materialprobennahmen zur Analyse von Holzschutzmitteln oder einer Schimmelpilzbelastung.

Datenerhebung

Die geschilderten Symptome der Bewohner wurden in 12 vorgegebenen Hauptkategorien angegeben (Tab. 1).

Weitere aufgenommene Symptome wurden in Freitextfeldern erfasst (Tab. 2).

Eine Wohnungsbegehung dient dazu, mögliche Expositionen von Schadstoffen nachzuweisen und in Korrelation zu den erfassten Symptomen zu bringen.

Schadstoffe

Folgende Schadstoffe wurden bei Verdacht auf eine erhöhte Exposition der Bewohner gemessen:

Schimmelpilze und Bakterien

Zu der Registrierung einer Schimmelpilzbelastung gehörte die Sichtung des Pilzbefalls, die Bestimmung der Schimmelpilzsporenkonzentration in der Raumluft und/oder der Nachweis von verstecktem Schimmelpilzbefall durch eine MVOC-Messung. Bei einer Sporenkonzentrationsmessung wird üblicherweise die Außenluft und im Verhältnis dazu die Innenraumluft analysiert. Dieses Verfahren lässt die Quantifizierung der Exposition zu und ermöglicht zugleich qualitative Aussagen zu den Schimmelpilzarten.

Die Sporen sind in der Luft sehr diffus verteilt und hängen von unterschiedlichsten Faktoren wie der Lüftung, der Temperatur, der Feuchtigkeit etc. ab. Sie stellen so nur eine Momentaufnahme der aktuellen Sporenzirkulation dar. Vorrang bei der Untersuchung haben Probennahmen von befallenen Material, wie Tapeten oder Estrich. Schimmelpilze dienen hier als Oberbegriff für Fadenpilze, die unterschiedlichen Pilzgruppen angehören. Genannt seien hier zum Beispiel *Aspergillus restrictus*, *Aspergillus fumigatus*, *Aspergillus versicolor*, *Chaetomium*, *Cladosporien*, *Eurotium* oder bekannt für die Produktion von Mykotoxinen, *Stachybotrys chartarum* (BÖGE 2014, UBA 2002).

Erfahrungsgemäß treten Schimmelpilze und Bakterien gemeinsam auf. So werden Bakterien bei der Erfassung der Schimmelpilze ebenso analysiert. Die Gesamtzellzahlen der anzüchtbaren und nicht anzüchtbaren Pilze und Bakterien und/oder die keimbildenden Einheiten können so bestimmt werden. Zur Lokalisierung eines Schimmelpilzbefalls ohne sichtbaren Befund kann bei Verdacht auf einen Schimmelpilzbefall bei Wohnungsbegehungen auch ein ausgebildeter Schimmel-Spürhund zum Einsatz kommen.

MVOC (Microbial Volatile Organic Compounds)

Als Hinweis auf einen versteckten Schimmelpilzbefall führt die Umweltambulanz MVOC-Messungen durch. Hierbei werden die Stoffwechselprodukte von Schimmelpilzen und Bakterien über eine aktive Luftprobennahme erfasst. Dabei wird die Luft über ein Sammelmedium gezogen, wodurch die MVOC adsorbiert werden. Die Auswertung erfolgt über die Gaschromatographie.

Bauteilfeuchte

Die Feuchte der Bauteile wurde einerseits durch Sicht bewertet, teilweise wurde für die Messung der Tiefenfeuchte das elektronische Feuchtemessgerät „Trotec 2000 E“ mit dem Sensor TS 300 SDI (kapazitive Messmethode) verwendet.

Biozide

Für den Nachweis einer allgemeinen häuslichen Biozidbelastung dient der normale Hausstaub. Der entnommene Hausstaub wird im Labor gesiebt. Die Probe wird mit Toluol extrahiert, anschließend aufgereinigt und die gesuchten Verbindungen derivatisiert. Die Konzentration von Pentachlorphenol (PCP) wird mit einem Elektroneneinfangdetektor in Kombination mit einem Gaschromatographen gemessen, alle übrigen Biozid-Wirkstoffe werden mittels eines massenselektiven Detektors durch die Massenspektroskopie bestimmt.

Materialproben wurden entnommen und analysiert, wenn ein begründeter Verdacht für ein schadstoffemittierendes Objekt bestand. Die häufigsten Probennahmen erfolgten für Holz und Teppiche, die zum Schutz vor Mottenfraß mit Bioziden behandelt werden.

Phthalate

Phthalate haben als Weichmacher in PVC-Kunststoffen eine große Verbreitung gefunden. Laut dem Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR) werden jährlich in Westeuropa etwa eine Million Tonnen produziert. Die Substanzgruppe ist vorwiegend bekannt geworden durch ihre wichtigsten Vertreter, Diethylhexylphthalat (DEHP) und Di-n-butylphthalat (DBP). Phthalate können durch ihre hormonähnliche Wirkung Unfruchtbarkeit bei Männern verursachen. Selbst eine krebserzeugende Wirkung wird nicht mehr ausgeschlossen (BfR 2013). Die Messung der Phthalate erfolgte partikelgebunden im Hausstaub, die Auswertung im Labor unter Einsatz eines Gaschromatographen bzw. Massenspektrometers.

Formaldehyd

Formaldehyd ist ein giftiges, farbloses und brennbares Gas. Sein stechender Geruch ist sehr charakteristisch. In 37%iger wässriger Lösung ist Formaldehyd als Formalin bekannt. Für die Bestimmung der Formaldehydkonzentration in der Raumluft wird

eine festgelegte Luftmenge labortechnisch ausgewertet. Auch Materialproben können labortechnisch ausgewertet werden.

VOC (volatile organic compounds)

VOC sind flüchtige organische Verbindungen wie u.a. Aldehyde, Kohlenwasserstoffe oder Alkohole. Die am häufigsten auftretende Innenraumquelle für leicht flüchtige organische Substanzen sind Lösungsmittel. In der Luft treten Stoffgemische aus vielen Einzelverbindungen auf, die aus Produkten und Materialien in Innenräumen (Farben, Lacke, Möbel), sowie aus Reinigungsprodukten ausgedampft sind (UBA 2014). Die Messung erfolgte analog zu den MVOC.

Statistik

Die Auswertung erfolgte anhand deskriptiver Statistik aus den erstellten Datenbanken mit Microsoft Excel. Es wurden je nach Fragestellung relative Häufigkeiten berechnet und dargestellt.

Ergebnisse

Verteilung der Personen und der Innenraumanalysen

Aus den erhobenen Daten der Dokumentationsbögen von 1998 bis 2011 einer Umweltambulanz in Lübeck ergab sich ein Datensatz mit einer Gesamtzahl von 2.413 Personen, davon 1.231 (51 %) weibliche, 690 (29 %) männliche, erwachsene Bewohner und 492 (20 %) Kinder, die in die retrospektive Analyse einbezogen wurden. Diese Zufallsstichprobe stellt ca. ein Viertel aller von dieser Ambulanz durchgeführten Hausbegehungen dieser 14 Jahre dar.

Da die Messungen der Bauteilfeuchte, Schimmelpilze und MVOC weitgehend einer Emissionsquelle zugeordnet werden konnten, wurde eine „Expositionsgruppe Schimmelpilz“ gebildet. Am häufigsten ist der Nachweis eines Schimmelpilzbefalls dokumentiert worden. Dieser Nachweis erfolgte in 26 % aller Fälle durch einen gesichteten Befall und in 20 % aller Fälle anhand mikrobiologischer Analysen von Schimmelpilzen und Bakterien. In 24 % aller Fälle wurde die MVOC-Analyse angewandt. Die Methode der MVOC-Bestimmung kam meist dann zum Einsatz, wenn ein Verdacht auf einen verdeckten Schimmelpilzbefall bestand.

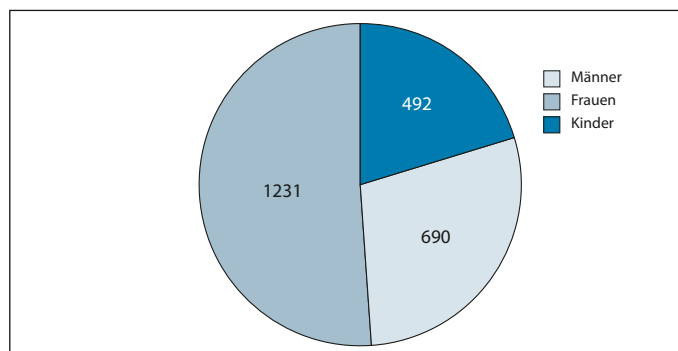


Abb. 1: Geschlechtsverteilung der Probanden.

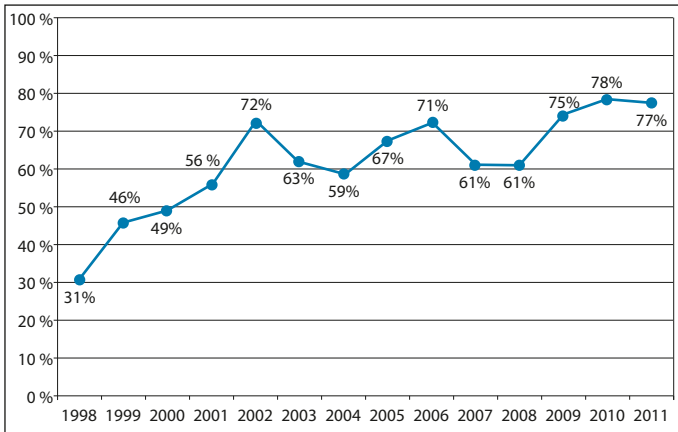


Abb. 2: Häufigkeit der Schimmelpilzexposition von 1998 bis 2011.

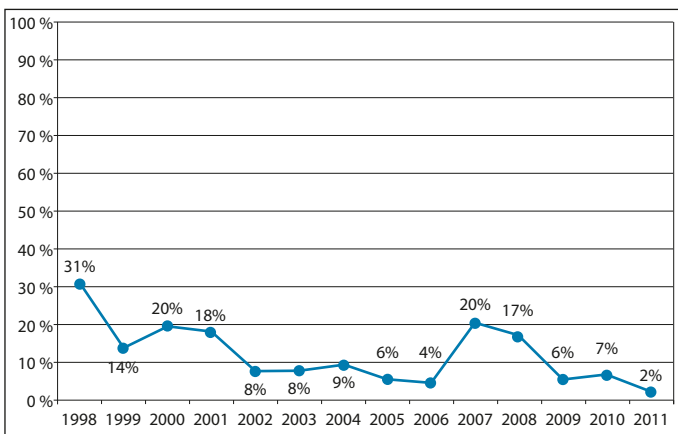


Abb. 3: Häufigkeit der Biozidexposition von 1998 bis 2011.

Der Nachweis von Bioziden erfolgte zu 17% aller Fälle im Hausstaub, zu 9% aller Fälle in Holzproben und zu 5% in Teppichproben. Eine VOC-Belastung wurde in 5% aller Fälle gemessen. Phthalate waren mit 1% der Fälle gering vertreten. Der Einfluss von Formaldehyd ist im betrachteten Zeitraum als unbedeutend anzusehen. Es wurde kein Wert dokumentiert, der über dem empfohlenen Richtwert von 0,1 ppm lag. Sowohl Phthalate als auch Formaldehyd wurden bei der weiteren Analyse aufgrund zu geringer Häufigkeit nicht weiter berücksichtigt.

Verlauf der Schadstoffexposition von 1998 bis 2011

Die Darstellungen des Anteils der Schadstoffe aus den Jahren 1998 bis 2011 in den Abbildungen 2 und 3 zeigen eine klare Veränderung über den betrachteten Zeitraum. Der Anteil der Fälle in der Schimmelpilzgruppe nahm von 1998 mit 31%, bis 2011 mit 77% zu. Dagegen verringerte sich der Anteil der Fälle in der Biozidgruppe in dem betrachteten Zeitraum von 20-30% am Anfang auf deutlich unter 10% am Ende. Vernachlässigt man die nicht lineare Steigung der Kurven und berechnet die Regression für beide Stoffgruppen, erhält man für die Fälle in der Biozidgruppe eine negative Steigung von -0,32, und für die Fälle in der Schimmelpilzgruppe einen Anstieg von +0,26.

Muster von Krankheitssymptomen und der Rückschluss auf bestimmte Schadstoffe

In Bezug auf die Hauptsymptome stellen die Atemwegsbeschwerden in Verbindung mit allen Schadstoffen das häufigste Symptom dar. Bei Belastungen mit Schimmelpilzen, Feuchte und MVOC war das zweithäufigste Symptom die Infektanfälligkeit. Bei Biozidbelastung hingegen wurden vermehrt Müdigkeit und Antriebsstörungen, Kopfschmerzen oder Parästhesien angegeben. Bei dem Schadstoff VOC waren die häufigsten Symptome neben den Atemwegsbeschwerden Kopfschmerzen und Augenreizungen.

Sowohl bei der Schimmelpilzgruppe als auch bei der Biozidgruppe machten die Atemwegsbeschwerden den größten Anteil der Beschwerden aus. Infektanfälligkeit wurde mit 29% bei der Schimmelpilzgruppe angegeben. Etwas weniger häufig wurden Augenreizungen, Allergien und Hautreizungen genannt. In der Schimmelpilzgruppe wurden neurotoxische Beschwerden wie Müdigkeit/Antriebsstörung mit 22% und Kopfschmerzen mit 18% benannt (Abb. 4).

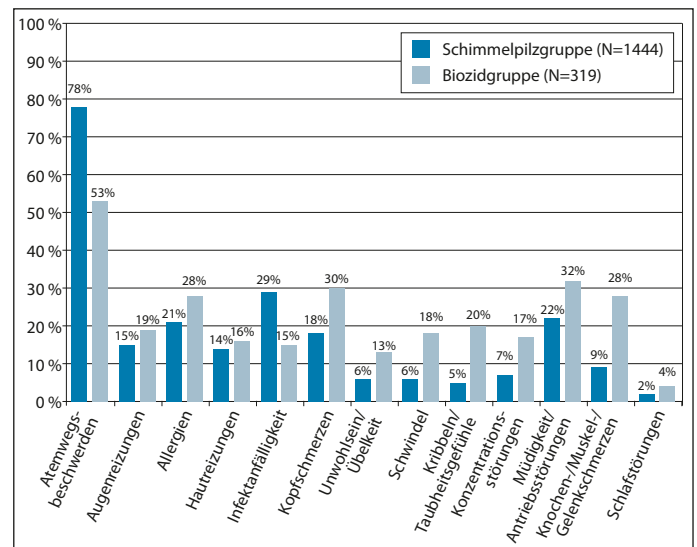


Abb. 4: Symptomhäufigkeit der Schadstoffgruppen.

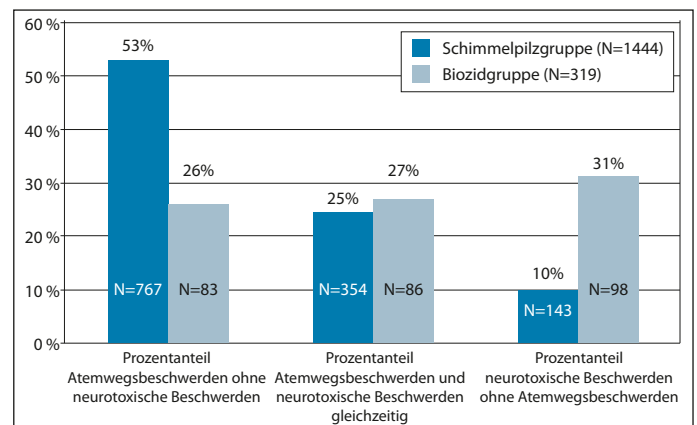


Abb. 5: Symptomhäufigkeit der Schadstoffgruppen im Hinblick auf neurotoxische Beschwerden.

Die neurotoxischen Beschwerden Schwindel, Parästhesien, Konzentrationsstörungen bestimmten das Beschwerdebild bei der Biozidgruppe. Hier wurden Müdigkeit und Antriebsstörung mit 32% als zweithäufigstes Symptom genannt. Die Symptome des Bewegungsapparates (Knochen-, Muskel- und Gelenkschmerz) traten seltener auf.

Die Differenzierung so unterschiedlicher Symptome ist aufgrund subjektiver Einschätzung, der Vielfalt der Symptome und der individuellen Empfindlichkeit kaum möglich. Daher wurden für die Datenauswertung Symptomkomplexe gebildet.

- Symptomkomplex 1 enthält Atemwegsbeschwerden und Infektanfälligkeit.
- Symptomkomplex 2 enthält vorwiegend neurotoxisch geprägte Symptome, die sich aus Kopfschmerzen, Schwindel, Parästhesien, Konzentrationsstörung sowie den Allgemeinsymptomen Müdigkeit/Antriebsstörungen und Schlafstörungen zusammensetzen.

Abbildung 5 stellt das Auftreten der beiden Symptomkomplexe in den zwei Expositionsgruppen dar. Dabei wird deutlich, dass Atemwegsbeschwerden und neurotoxische Beschwerden in beiden Gruppen zu etwa 25% gemeinsam auftraten.

In der Schimmelpilzgruppe traten Atemwegsbeschwerden ohne neurotoxische Symptome dominant mit mehr als 50% auf. In der Biozidgruppe wurden zwar ebenfalls in ca. 25% der Fälle Atemwegsbeschwerden erfasst. Wurden jedoch nur neurotoxische Beschwerden betrachtet, betraf das innerhalb der Biozidgruppe ca. 35% der Fälle und in der Schimmelpilzgruppe nur 10% der Fälle.

Diskussion

Die vorliegende Arbeit wurde mit dem Ziel durchgeführt, Symptom- und Schadstoffmuster anhand der Daten von Wohnungsbegehungen einer Umweltambulanz für den Zeitraum von 1998 bis 2011 herauszuarbeiten. Die Schlussfolgerungen und Ergebnisse aus der Häufigkeitsverteilung der Schadstoffe und Symptome sowie ihre Veränderung in dem betrachteten Zeitraum sollen praktikable Hinweise für die ärztliche Tätigkeit liefern. Es zeichneten sich bei der Analyse der erhobenen Daten zwei Schwerpunktgruppen ab: Zum einen die Patientengruppe mit Belastung durch Schimmelpilze und eine anderen mit Belastung durch Biozide. Beide Schadstoffgruppen für sich genommen ließen gruppenspezifische Symptommuster erkennen.

Aus den Daten geht hervor, dass der Schimmelpilzbefall und seine Begleitumstände in Innenräumen ein wachsendes Problem für den Menschen darstellen. Gezeigt werden konnte, dass ein Schimmelpilzbefall neben den bekannten Atemwegsbeschwerden auch zusätzliche und alleinig auftretende neurotoxische Symptome verursachen kann. Eine Einwirkung durch den Gesetzgeber zeigte im Falle der Innenraumschadstoffe, hier am Beispiel von Bioziden, langsame aber stetige Wirkung. Gleiches wird am Beispiel von Formaldehyd deutlich, welches praktisch in die Bedeutungslosigkeit verdrängt wurde und als Schadstoff in Innenräumen kaum mehr eine Rolle spielt.

Diese Arbeit basiert auf einer Datengrundlage von 2.413 Personen, die sich aufgrund verschiedenster Symptome mit dem Verdacht einer Ursache im häuslichen Bereich an eine Umweltambulanz in Lübeck wandten. Bei einer Wohnungsbegehung ist es der Umweltingenieur, der bei der Messung verschiedener Schadstoffe mit seiner Erfahrung die Prioritäten setzt. Ist beispielsweise der Fokus bereits auf Schimmelpilze gesetzt, ist es nicht ausgeschlossen, dass weitere Schadstoffe in der Umgebung vorhanden sein können. Kostengründe zwingen jedoch dazu, bei jeder Wohnungsbegehung fallspezifische Auswahlkriterien für die Schadstoffmessung vorzunehmen. Die Ausdehnung auf eine Vielzahl denkbarer Wohngifte wäre nicht zielführend. Es fehlt an wissenschaftlichen Erkenntnissen, Synergien von chemischen Stoffen im Wohnbereich und deren spezifischer Wirkung auf die menschliche Gesundheit im Einzelfall zu bewerten.

Häufigkeitsverteilung der Innenraumanalysen

Die Häufigkeitsverteilung wird vom Schimmelpilzbefall dominiert. Damit bestätigen die Ergebnisse die öffentliche Wahrnehmung. Ein Immobilienportal befragte 1.012 Personen zu ihrer Wohnung (IMMOWELT 2012). Nach den Aussagen der befragten Personen bestand im Jahr 2012 in 17% der deutschen Haushalte sichtbarer Schimmelpilzbefall. Bei Umfragen des statistischen Bundesamtes sind es 9% der Befragten in den Eigentümerhaushalten und 19% in den Miethaushalten, die nach eigenen Angaben Probleme mit Feuchtigkeit im Wohnbereich haben (SIKORSKI & KUCHLER 2011). Ein Schimmelpilzbefall zeigte sich im betrachteten Zeitraum von 1998-2011 in 60% aller untersuchten Fälle, eine Biozidbelastung wurde hingegen nur in 13% der Wohnungen festgestellt. Als Vergleich bieten sich die Ergebnisse der Auswertung umweltmedizinischer Dokumentations- und Verlaufsboegen in Schleswig-Holstein von 1995-1999 an (WASSERMANN et al. 2000). Dort wurde in nur 27% aller einbezogenen Fälle auf Schimmelpilzbefall verwiesen, jedoch in 32% aller Fälle auf Biozide. Erwähnenswert ist ebenfalls, dass für den Zeitraum 1995-1999 von Wassermann et al. noch zu 16% eine Belastung mit Formaldehyd nachgewiesen wurde. In der vorliegenden Arbeit wurde eine Formaldehydexposition in deutlich weniger als 1% aller Fälle dokumentiert, in keinem Fall wurde der gültige Richtwert von 0,1 ppm bzw. 124 µg/m³ überschritten. Phthalate als Schadstoffe in Innenräumen scheinen ebenso wie Formaldehyd keine wesentliche Rolle zu spielen.

Verlauf der Schadstoffexposition von 1998 bis 2011

Die Fallzahlen der Schimmelpilzexposition für die einzelnen Jahre nehmen fast kontinuierlich zu. Mit 31% für das Jahr 1998 ist dabei der niedrigste Wert dargestellt. Dieses Ergebnis korreliert gut mit dem Wert von 27% für die Jahre 1995 bis 1999 aus der o.g. Studie (WASSERMANN et al. 2000). In den darauffolgenden Jahren nahmen die Fallzahlen deutlich zu und erreichten ihr Maximum im Jahr 2011 mit 77%. Die Häufigkeit des Schimmelpilzbefalls in norddeutschen Wohnungen hat in den vergangenen Jahren wesentlich zugenommen. Man kann vermuten, dass die Belastung mit Schimmelpilzen auch zukünftig auf hohem Niveau erhalten bleibt. Die Gründe hierfür können in der Bauphysik der Häuser und Wohnungen und auch im Nutzerverhalten der Bewohner liegen.

Die Vorgaben aus der Energieeinsparverordnung, die zuletzt im Oktober 2013 geändert wurden, tragen dazu bei, dass das Innenraumklima beeinträchtigt wird. Um energiepolitische Ziele zu verwirklichen, fordert die Bundesregierung eine Verringerung des Primärenergiebedarfs von Häusern und Wohnungen. Hierzu dient unter anderem eine abgedichtete Gebäudehülle, die dazu beiträgt, dass der notwendige Luftwechsel häufig nicht mehr erreicht wird. So kann sich im Innenraum die relative Feuchte erhöhen, die dann an den Innenflächen der Außenwände kondensiert und die Voraussetzung für einen Schimmelpilzbefall schafft (BMJV 2013, MEIER 2002).

Kunststoffe, verarbeitet in Bodenbelegen und Oberflächenbeschichtungen an Wänden im Innenraum, weisen geringe oder gar keine Speicherfähigkeit für Feuchtigkeit aus der Raumluft auf. Dies führt zu einer verringerten Zwischenpufferung von Feuchtigkeit und damit zu kritischen Feuchtigkeitswerten, bei denen das Wachstum von Schimmelpilzkolonien auf der Wandoberfläche beginnt (MEIER 2002).

Von 1998 bis 2011 kann ein deutlicher Rückgang der Biozid-Fälle nachgewiesen werden. Auch für ihren Verlauf lohnt sich ein Vergleich mit der Studie von Wassermann et al. (WASSERMANN et al. 2000). Von 1995 bis 1999 gingen dort 32 % aller Fälle zu Lasten der Biozide. Die Ergebnisse dieser Arbeit lagen für 1998 bei 31 % und bilden damit einen guten Anschlusswert. In der Folge ging die prozentuale Verteilung bis auf 2 % im Jahr 2011 zurück. Der Rückgang der Fallzahlen der Biozidgruppe kann durchaus mit Aktivitäten durch den Gesetzgeber in Zusammenhang stehen. Bekannt sind hier unter anderem das Verbot von Pentachlorphenol von 1989, sowie die Biozidmittelverordnung, die im Juni 2002 in Kraft getreten ist und im September 2013 durch die neue Biozidverordnung ersetzt wurde (EU 2012).

In verschiedenen Studien werden die Wirkungen dieser Verordnungen deutlich. So zeigen die Daten der Umweltprobenbank einen deutlichen Rückgang der Konzentration von PCP in Blut und Urin der Probanden (KARCH et al. 2011).

Muster von Krankheitssymptomen und der Rückschluss auf bestimmte Schadstoffe

Es gibt Unterschiede innerhalb der Symptomangaben und der Exposition verschiedener Schadstoffe. Ein eindeutig verwertbares Symptommuster für einzelne Schadstoffe kann jedoch nicht gesichert ausgewiesen werden. Es ist jedoch möglich, praxisrelevante Zusammenhänge von Symptomen und den damit im Zusammenhang stehenden Schadstoffkontaminationen nach der Wahrscheinlichkeit ihres Auftretens darzustellen.

Für die Analyse wurden die jeweiligen Einzelsymptome zu Symptomkomplexen zusammengefasst. Der Gruppe 1 wurden alle Beschwerden, die in den Bereich der Atemwegserkrankungen (Husten, Infektanfälligkeit, Allergien) gehören, zugeordnet, der Gruppe 2 wurden alle neurotoxischen Beschwerden wie Kopfschmerzen, Schwindel, Parästhesien, Konzentrationsstörung, Müdigkeit/Antriebsstörung und Schlafstörungen subsummiert.

Ein durchaus erwartetes Ergebnis ist die Verteilung der Symptome in den Untergruppen. In der Schimmelpilzgruppe wurden Atemwegsbeschwerden bei einem dominanten Anteil von 53 % der Fälle nachgewiesen, jedoch nur zu 10 % neurotoxische Beschwerden. Innerhalb der Biozidgruppe herrscht eine Übergewichtung von neurotoxischen Beschwerden, gefolgt von Atemwegsbeschwerden, die hier nur 26 % der Fälle ausmachten.

Die Problematik, die in der Bewertung umweltassoziierter Gesundheitsstörungen liegt, wird auch darin deutlich, dass in der Vergangenheit in das medizinische Vokabular Syndrome wie die Multiple Chemikaliensensitivität (MCS), das Chronic-Fatigue-Syndrom (CFS) oder das Sick-Building-Syndrom (SBS) Eingang gefunden haben. Lohmann und Träder berichten unter anderem im Zusammenhang mit einer dauerhaften Holzschutzmittelexposition oder Pyrethroidexposition von neurotoxischen Beschwerden. Müdigkeit, Kopfschmerzen und Konzentrationsschwäche werden zu diesen neurotoxischen Beschwerden gezählt (LOHMANN & TRÄDER 1998).

Neurotoxische Beschwerden im Zusammenhang mit einer Schimmelpilzexposition beschrieben Rea et al.. Nach einer Studie an 100 Patienten mit häuslicher Schimmelpilzbelastung bemerkten die Autoren neben einer respiratorischen Belastung auch neurologische Symptome. 80 % der Patienten hatten respiratorische Symptome und 64 % der Patienten zeigten neurologische Symptome (REA et al. 2003). Für die Studie einer dänischen Forschungsgruppe um Ebbehøj et al. wurden 522 Lehrer aus Schulen mit und ohne Feuchteschäden untersucht und die Symptome festgehalten (EBBEHOJ et al. 2005). Auch diese Forschungsgruppe kam zu dem Schluss, dass Augenreizungen, Halsreizungen, Kopfschmerzen, Konzentrationsprobleme und Schwindel mit Schimmelpilzen, nachgewiesen im Hausstaub, assoziiert waren.

Neurotoxisch geprägte Symptome im Zusammenhang mit der Anwendung von Bioziden wurden zunächst im Zusammenhang mit der vielfachen Anwendung von Pentachlorphenol in den 1970er-Jahren auffällig, nachdem Personen nach Anwendung im häuslichen Bereich über diese Symptome klagten (STRUBELT 1996). Toxikologisch erklärt sind besonders die akuten Effekte auf die Gesundheit durch Biozideinwirkungen. Auch wenn ein eindeutiger Wirkzusammenhang der jeweiligen chronischen Expositionsbestandteile zu den gesundheitlichen Störungen nicht definiert werden kann, wurden doch unter langandauernder Biozidexposition in epidemiologischen Studien typische Symptome ermittelt (STROH 2008, VOLKHEIMER et al. 1993).

Dennoch kann die Schlussfolgerung nicht gezogen werden, dass es möglich ist, aus Symptommustern eine klare Zuordnung zu bestimmten Schadstoffen vorzunehmen. Besteht jedoch der Verdacht auf eine Verursachung der Symptome durch innenraumrelevante Schadstoffe, ist es durchaus berechtigt, unter der Anzahl an möglichen Schadstoffen in Innenräumen – aufgrund der relativen Häufigkeit – zuerst an einen Schimmelpilzbefall zu denken. Erkennbar wird, dass durch die Korrelation des Symptomkomplexes 1 (Atemwegsbeschwerden und Infektanfälligkeit) mit der Biozid- und der Schimmelpilzgruppe ca. 90 % des Symptomkomplexes 1 auf diese beiden Schadstoffgruppen

entfallen. Ebenfalls kann gezeigt werden, dass die neurotoxischen Beschwerden zu insgesamt 80% mit der Biozid- und der Schimmelpilzgruppe korrelierten. Atemwegsbeschwerden waren das überragende Symptom. Für zuverlässige Aussagen zu dieser Frage müsste eine klinische Studie durchgeführt werden, in der prospektiv, randomisiert und nach Möglichkeit verblindet untersucht würde.

Schlussbetrachtung

Das Robert Koch-Institut empfiehlt, bei unspezifischen Beschwerden wie Müdigkeit, Kopfschmerzen und Schleimhautreizungen differentialdiagnostisch die unterschiedlichsten Quellen bei der Untersuchung zu berücksichtigen (RKI 2007). Diese sehr allgemein gehaltene Empfehlung erhält durch vorliegende Arbeit eine praktische Unterstützung. Es wurden standardisierte Dokumentationsbögen von Wohnungsbegehungen einer Umweltambulanz in Lübeck aus dem Zeitraum von 1998 bis 2011 retrospektiv ausgewertet. Dabei wurden 2.413 Männer, Kinder und Frauen aufgenommen, die als Bewohner eines Hauses oder einer Wohnung entsprechende Krankheitssymptome angaben. Es wurde der Fragestellung nachgegangen, inwiefern die aufgezeichneten Symptome mit den erfassten Schadstoffen korrelieren.

Die Ergebnisse zeigen, dass Atemwegsbeschwerden in Verbindung mit erhobener Schimmelpilzbelastung das häufigste Symptom waren, an zweiter Stelle steht eine Infektanfälligkeit. Bei einem Schimmelpilzbefall treten neben den bekannten Atemwegsbeschwerden auch zu einem gewissen Anteil neurotoxische Beschwerden auf. Bei Belastung durch Biozide stehen neurotoxische Beschwerden im Vordergrund, Atemwegsprobleme sind ebenfalls nachzuweisen, wenngleich in einem deutlich geringeren Maße. In einem größeren Anteil der Fälle musste man eine Mischexposition gegen mehrere Substanzgruppen annehmen. Der Anteil der Fälle mit einer Schimmelpilzexposition hat im untersuchten Zeitraum deutlich zugenommen, während Biozide an Bedeutung verlieren.

Mit einfachen Fragen (Änderung der Beschwerden während eines längeren Urlaubs, Wiederauftreten der Beschwerden bei Re-Exposition) sollte es gelingen, einzelne Belastungsfaktoren aus- bzw. einzuschließen. Es ist ratsam, aufgrund wachsender Belastungen im Umfeld des Menschen, diese zwei großen Schadstoffgruppen im häuslichen Umfeld zu kennen, daran zu denken und bei bestimmten Symptomen die richtigen Fragen zu stellen. Besonders beim Vorliegen unspezifischer Beschwerden sollte an eine schädigende Ursache in häuslicher Umgebung gedacht werden. Bei einer gelungenen Ortung der gesundheitsgefährdenden Quelle sind meist Gegenmaßnahmen möglich.

Kontakt

Josefine Barthel, Ärztin
 Prof. Dr. med. Jens-Martin Träder (Korrespondenzanschrift)
 Arzt für Allgemeinmedizin
 Institut für Allgemeinmedizin
 Universität zu Lübeck
 Peter-Monnik-Weg 3
 D-23562 Lübeck
 dr-traeder@versanet.de

Nachweise

- ARAKI A, KAWAI T, EITAKI Y. et al. (2010): Relationship between selected indoor volatile organic compounds, so-called microbial VOC, and the prevalence of mucous membrane symptoms in single family homes. *Sci Total Environ* 408: 2208–2215.
- BÖGE P: (2014): Information 8 der Schimmelambulanz Böge über typische Mikroorganismen in Wohnungen. Lübeck [www.boege-ambulanz.de/pdf/Info_Nr.8_Mikroorganismen_in_Baumaterialien.pdf, Zugriff: 19.3.2015].
- BFR - BUNDESINSTITUT FÜR RISIKOBEWERTUNG (2004): Formaldehyd - Gefährlicher als bisher angenommen? Stellungnahme vom 29.11.2004 [http://www.bfr.bund.de/cm/343/formaldehyd_gefaehrlicher_als_bisher_angenommen.pdf, Zugriff: 19.3.2015].
- BFR - BUNDESINSTITUT FÜR RISIKOBEWERTUNG (2013): Fragen und Antworten zu Phthalat-Weichmachern. FAQ des BfR und des Umweltbundesamtes (UBA) vom 07.05.2013 [http://www.bfr.bund.de/cm/343/fragen-und-antworten-zu-phthalat-weichmachern.pdf, Zugriff: 19.3.2015].
- BMJV - BUNDESMINISTERIUM DER JUSTIZ UND FÜR VERBRAUCHERSCHUTZ (2013): Zweite Verordnung zur Änderung der Energieeinsparverordnung vom 18.11.2013. *Bundesgesetzblatt Jahrgang 2013 Teil I Nr. 67: 3951-3990* [http://www.bgbl.de/banzxaver/bgbl/start.xav?start=//*[@attr_id=%27bgbl113067.pdf%27]#__bgbl__%2F%2F*[%40attr_id%3D%27bgbl113067.pdf%27]__1426764482557, Zugriff: 19.3.2015].
- EBBEHOJ NE, MEYER HW, WÜRTZ H, et al. (2005): Members of a Working group under the Danish Mold in Buildings program (DAMIB). Molds in floor dust, building-related symptoms, and lung function among male and female schoolteachers. *Indoor Air* 15: 7-16.
- EU - EUROPÄISCHE UNION (2012): Verordnung (EU) Nr. 528/2012 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 22. Mai 2012 über die Bereitstellung auf dem Markt und die Verwendung von Biozidprodukten. *Amtsblatt der Europäischen Union*. Brüssel [http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2012:167:FULL:DE:PDF, Zugriff: 19.3.2015].
- HARDIN BD, KELMAN BJ, SAXON A. (2003): Adverse human health effects associated with molds in the indoor environment. *J Occup Environ Med* 45: 470-478.
- HERNBERG S, SRIPAIBOONKIJ P, QUANSAH R, et al. (2014): Indoor molds and lung function in healthy adults. *Respir Med* 108: 677-684.
- IMMOWELT (2012): Unterschätzte Gefahr: Jeder sechste Deutsche wohnt in einer Schimmelwohnung. *Immowelt Pressedienst* 28.6.2012. Nürnberg [http://presse.immowelt.de/pressedienst/immobilien-infos/artikel/artikel/unterschaetzte-gefahr-jeder-sechste-deutsche-wohnt-in-einer-schimmelwohnung-1.html, Zugriff: 19.3.2015].
- JAAKKOLA MS, QUANSAH R, HUGG TT, et al. (2013): Association of indoor dampness and molds with rhinitis risk: A systematic review and meta-analysis. *J Allergy Clin Immunol* 132: 1099-1110.
- KARCH H, DOBLER L, ECKARD R, et al. (2011): Umweltprobenbank des Bundes - Teilbank Humanproben und Datenbank. *Jahresbericht 2010/2011*. Münster.
- KORPI A, JÄRNBERG J, PASANEN AL. (2009): Microbial Volatile Organic Compounds. *Critical Reviews in Toxicology* 39: 139-193.
- LOHMANN K, TRÄDER JM. (1998): *Umweltfibel. Ein kleines Handbuch für die Praxis*. 3. Aufl. Lübeck: 33-91.

- MEIER C. (2002): Richtig bauen. Bauphysik im Widerstreit- Probleme und Lösungen. Expert Verlag, Renningen-Malmsheim: 134-149.
- REA WJ, DIDRIKSEN N, SIMON TR, et al. (2003): Effects of toxic exposure to molds and mycotoxins in building-related illnesses. Arch Environ Health 58: 399-405.
- RKI - ROBERT KOCH-INSTITUT (2007): Empfehlung des Robert Koch-Instituts: Schimmelpilzbelastung in Innenräumen - Befunderhebung, gesundheitliche Bewertung und Maßnahmen. Bundesgesundheitsbl - Gesundheitsforsch - Gesundheitsschutz 50: 1308-1323.
- SIKORSKI U, KUCHLER B. (2011): Wer muss worauf verzichten? Einschätzungen zur Wohn- und Lebenssituation der privaten Haushalte. Ergebnisse aus der Erhebung Leben in Europa 2009. Statistisches Bundesamt, Wirtschaft und Statistik. Wiesbaden [www.destatis.de/DE/Publikationen/WirtschaftStatistik/WirtschaftsrZeitbudget/LebenssituationHaushalte52011.pdf, Zugriff: 19.3.2015].
- WWF DEUTSCHLAND (Hrsg.) (2002): Gefahren durch hormonell wirksame Pestizide und Biozide. Schadstoffe in Lebensmitteln, Garten und Haus. Frankfurt am Main.
- STROH K. (2005): Umweltwissen Pentachlorphenol. Bayrisches Landesamt für Umwelt, Augsburg [http://www.lfu.bayern.de/umweltwissen/doc/uw_50_pentachlorphenol_pcp.pdf, Zugriff: 19.3.2015].
- STRUBELT O. (1996): Gifte in Natur und Umwelt. Pestizide und Schwermetalle, Arzneimittel und Drogen. Spektrum Akademischer Verlag. Heidelberg: 161-181.
- SZEWZYK R, BECKER K, HÜNKEN A, et al. (2011): Kinder-Umwelt-Survey 2003/06. Sensibilisierungen gegenüber Innenraumschimmelpilzen. Schriftenreihe Umwelt und Gesundheit. Umweltbundesamt. Dessau.
- UBA - UMWELTBUNDESAMT (1997): Stoffmonographie Pentachlorphenol- Referenz- und Human-Biomonitoring-Werte. Bekanntmachung des Umweltbundesamtes. Bundesgesundheitsbl- Gesundheitsforsch-Gesundheitsschutz 40: 212-222.
- UBA - UMWELTBUNDESAMT (2002): Leitfaden zur Vorbeugung, Untersuchung, Bewertung und Sanierung von Schimmelpilzwachstum in Innenräumen. Innenraumlufthygienekommission. Berlin.
- UBA - UMWELTBUNDESAMT (2006): Krebserzeugende Wirkung von Formaldehyd - Änderung des Richtwertes für die Innenraumluft von 0,1 ppm nicht erforderlich. Empfehlung des Umweltbundesamtes. Ad-hoc-AG aus Mitgliedern der Innenraumlufthygiene-Kommission des Umweltbundesamtes und Vertretern der Arbeitsgemeinschaft der Obersten Landesgesundheitsbehörden. Bundesgesundheitsbl-Gesundheitsforsch-Gesundheitsschutz 49: 1169.
- UBA - UMWELTBUNDESAMT (2014): Flüchtige organische Verbindungen (VOC), Dessau [http://www.umweltbundesamt.de/themen/gesundheit/umwelteinflusse-auf-den-menschen/chemische-stoffe/fluechtige-organische-verbindungen, Zugriff 19.3.2015].
- VOLKHEIMER B, ALSEN-HINRICHS C, WASSERMANN O. (1993): Gesundheitsschäden durch Anwendung Pentachlorphenol-haltiger Holzschutzmittel im Wohnbereich. Schriftenreihe des Instituts für Toxikologie der Universität Kiel Heft 25.
- WASSERMANN O, BAUER A, ALSEN-HINRICHS C. (2000): Ergebnisse der Auswertung umweltmedizinischer Dokumentations- und Verlaufsbögen in Schleswig- Holstein von 1995-1999. Verlag? Kiel.
- WIESMÜLLER GA, HEINZOW B, HERR CEW, et al. (Hrsg.) (2013): Gesundheitsrisiko Schimmelpilze im Innenraum. Ecomed MEDIZIN, Heidelberg: 33-60.
- WHO - WORLD HEALTH ORGANIZATION (2009): Guidelines for indoor air quality: dampness and mould. Genf.
- WWF DEUTSCHLAND (Hrsg.) (2002): Gefahren durch hormonell wirksame Pestizide und Biozide. Schadstoffe in Lebensmitteln, Garten und Haus, Frankfurt.
- ZHANG X, SAHLBERG B, WIESLANDER G, et al. (2012): Dampness and moulds in workplace buildings: associations with incidence and remission of sick building syndrome (SBS) and biomarkers of inflammation in a 10 year follow-up study. Sci Total Environ 430: 75-81.