

## Krank durch Sparen – gesundes Wohnen und die Grenzen der Energieökonomie

Prof. Dr. Klaus Fiedler

### 1. Problemstellung

Der Klimawandel ist seit langem im Gange und trotz vieler eingeleiteter Maßnahmen nur schwer aufzuhalten. Zur Begrenzung der Folgen für den Menschen, die Natur und Umwelt, müssen die Treibhausemissionen und damit die Immissionen drastisch begrenzt werden. Insbesondere ist es erforderlich, dass das klimaschädliche Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>) erheblich reduziert wird. Energiesparen ist hierbei eine wirksame Methode um den CO<sub>2</sub>-Ausstoß zu verringern. Jede Energieerzeugung aus fossilen Ressourcen wie Öl, Gas oder Kohle erzeugt Kohlendioxid. In Deutschland werden durch die Produktion von Heizwärme und Warmwasser ca. 120.000.000 t CO<sub>2</sub> jährlich produziert, das entspricht 14 % der gesamten Treibhausemissionen in unserem Land. Es erscheint logisch, dass man durch eine bessere Wärmedämmung der Hauswände und moderne gut isolierende und dicht schließende Fenster den Energiebedarf der Gebäude deutlich senken will. Allerdings sollten diese Maßnahmen gut geplant und ausgeführt werden und mit einer entsprechenden Aufklärung der Bevölkerung parallel laufen, damit sich keine gesundheitlichen Probleme bei den Bewohnern dieser Häuser durch eine Absenkung der Lüftung, sowie der Temperatur der Heizung und Warmwasserversorgung entwickeln.

### 2. Gesundheitsgefahren durch Schimmelpilze

#### 2.1 Schimmelpilzbildung in Wohnungen

Eine dichtere Gebäudehülle bedingt eine geringere natürliche Lüftung und damit einen verringerten Luftaustausch zwischen den Innenräumen des Gebäudes und der Außenluft. Daraus resultiert eine verminderte Abfuhr der in den Wohnräumen entstehenden Luftfeuchtigkeit sowie der Innenraumemissionen einschließlich des von Menschen und Tieren produzierten Kohlendioxids.

Eine häufige Energiesparmaßnahme in Wohnungen ist auch die Absenkung der Heiztemperatur. Damit wird nicht nur die Temperatur der Innenraumluft, sondern auch die Oberflächentemperatur der Raumwände abgesenkt. Wenn diese Temperatur, insbesondere an einer schlecht gedämmten Außenwand oder in Raumecken die Taupunkttemperatur unterschreitet, kommt es zum Feuchtigkeitsniederschlag an den Wänden.

Beide Maßnahmen, die erhöhte Raumluftfeuchtigkeit infolge verringerter Lüftung und die Feuchtigkeitskondensation an den Wänden durch Absenkung der Raumlufttemperatur verstärken sich gegenseitig und können schon nach wenigen Tagen zum Schimmelpilzbefall führen. Neben den meist sichtbaren Fruchtkörpern weist auch ein modrig-

muffiger Geruch in den Räumen auf das Problem hin. Schimmelpilze können Allergien, Asthma und andere Gesundheitsstörungen und Erkrankungen hervorrufen.

#### 2.1.1 Allergien

Eine Allergie ist eine spezifische Änderung der Reaktionsfähigkeit des Immunsystems gegenüber körperfremden Substanzen, die als Allergen erkannt werden. Durch die Allergie entsteht eine überschießende Abwehrreaktion des Immunsystems auf bestimmte, normalerweise harmlose Umweltstoffe (Allergene), die sich in typischen, oft mit entzündlichen Prozessen einhergehenden Symptomen äußert.

Schimmelpilzallergene können die sogenannte Typ I-Allergie (Allergie vom Soforttyp) auslösen. Hierbei werden beim ersten Kontakt IgE-Antikörper (Immunglobulin-E-Antikörper) gebildet. Erst bei erneuten oder wiederholten Kontakten mit dem Antigen treten typische Krankheitserscheinungen bei hierzu disponierten Personen auf. Eine Neigung zu Allergien vom Typ I nennt man Atopie. Es handelt sich hierbei um eine erblich bedingte krankhafte Überempfindlichkeitsreaktion des Körpers auf den Kontakt mit ansonsten harmlosen Substanzen aus der Umwelt mit einer stark erhöhten Bildung von IgE-Antikörpern.

# Wohnmedizinische Einflusspyramide

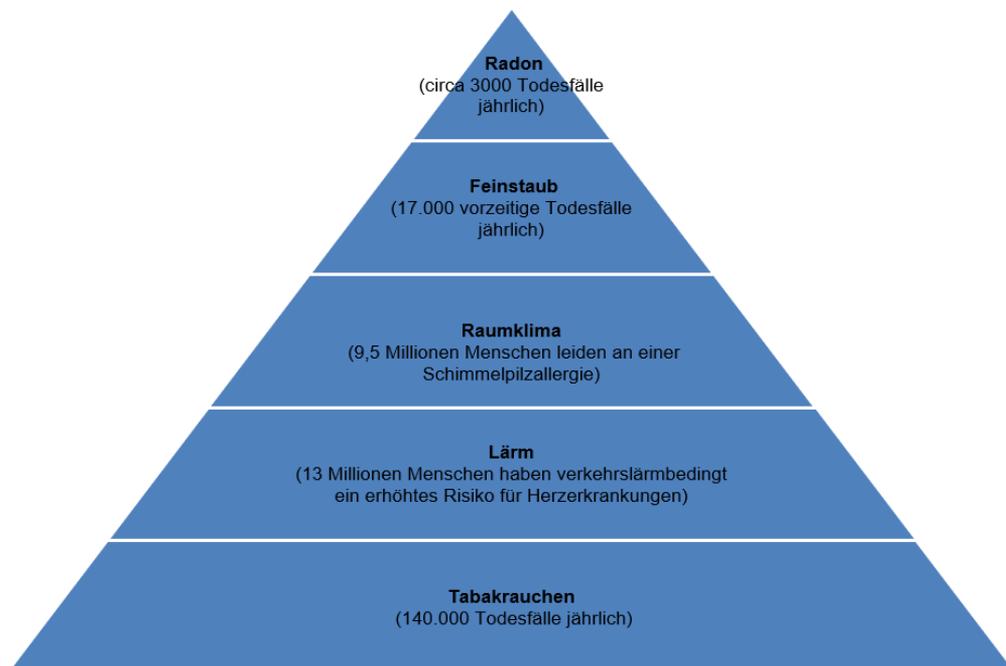


Abb. 1: Die fünf wichtigsten wohnmedizinischen Einflussfaktoren auf die Gesundheit in Deutschland

Man schätzt die Zahl der Schimmelpilzarten weltweit auf über 1.000.000 von denen ca. 100.000 wissenschaftlich erfasst sind. Hiervon werden 80 bis 340 Spezies als allergologisch relevant eingestuft (Wiesmüller et al., 2013). Die in Schimmelpilzen gefundenen und offiziell anerkannten Allergene sind der Allergen-Nomenklatur zu entnehmen (WHO/IUIS Allergen). Hieraus kann jedoch nicht auf die wirkliche Zahl potenziell sensibilisierender Schimmelpilze geschlossen werden.

Problematisch ist, dass nur für wenige Schimmelpilze Testallergenlösungen verfügbar sind und insb. Allergenextrakte für typische Innenraumpilze fehlen (Zahradnik et al., 2013; Kespohl et al., 2014). Manche Tests erfassen nur typische Außenluftarten der Schimmelpilze mit denen sich Allergien gegen Schimmelpilze

im Innenraum nicht nachweisen lassen.

Die Rate der Sensibilisierungen in der Bevölkerung gegen Schimmelpilze wird unterschiedlich beurteilt. Nach Gabrio (2003) sowie Mücke und Lemmen (2010) konnte bei etwa 5 % der Bevölkerung in Deutschland auf der Basis üblicherweise angewandter Nachweisverfahren eine Sensibilisierung gegenüber Schimmelpilzen nachgewiesen werden. Bei den Atopikern sind es vermutlich 20%, bei den Asthmatikern noch deutlich mehr. Reiß (1997) schätzt ein, dass 20% aller Menschen gegen Schimmelpilzallergene bei entsprechend hoher Exposition sensibilisiert werden können.

Im Kinder-Umwelt-Survey 2003/2006 waren 8,3 % der getesteten 3 bis 14-jährigen Kinder gegenüber Innenraumschimmelpilzen (in-

klusive *Cladosporium herbarum*) sensibilisiert. Die höchste Sensibilisierungsrate ergab sich gegenüber *Penicillium chrysogenum* (4,8 %) und *Aspergillus versicolor* (2,3 %). Für die Außenluftpilze fand die Untersuchung eine Sensibilisierungsrate bei *Alternaria alternata* von 5,0 %. Gegen *Aspergillus fumigatus* – einem Keim der sowohl in der Innenraumluft als auch in der Außenluft vorkommt, waren 2,6 % der Untersuchten sensibilisiert. Bei 3 Kindern (0,2 %) konnte eine Sensibilisierung gegenüber *Wallemia sebi* nachgewiesen werden, einem Schimmelpilz, von dem bisher keine Allergenität bekannt war.

Von den 5 wichtigsten wohnmedizinischen Einflussfaktoren auf die Gesundheit, steht das Raumklima an 3. Stelle (Abb. 1)

### 2.1.2 Asthma

Zum Zusammenhang zwischen Schimmelpilzexposition im Innenraum und Asthma wurden die aussagekräftigsten Studien aus der Literatur überprüft (WHO-Guidelines for Indoor Air Quality: Dampness and Mould, 2009, und Kanchongkittiphon et al., 2015). Die Ergebnisse der Untersuchung sind in der Tab. 1 zusammengefasst.

### 2.1.3 Reizende, toxische und sonstige Wirkungen

Bei Schimmelpilzbefall in Innenräumen wird immer wieder über Reizungen der Schleimhäute der Augen, der Nase und des Rachens

berichtet. Die Symptome sind hierbei unspezifisch und vielfältig, z.B. Brennen und Tränen der Augen, Niesreiz, verstopfte Nase oder Schnupfen sowie Trockengefühl im Hals. Ursächlich hierfür könnten Bestandteile von Schimmelpilzen (z. B. Mykotoxine, MVOC, 1,3-β-D-Glucan) oder von Bakterien (z.B. Endotoxine) bzw. synergistische Wirkungen sein. Da es bis jetzt noch keine standardisierten Methoden und Bewertungsmaßstäbe für diese Substanzen gibt, von denen man reizende oder toxische Wirkungen vermutet, werden sie auch bei Untersuchungen auf Schimmelpilzbefall routinemäßig nicht erfasst. Bei verschiedenen Aktivitäten im Raum werden unterschiedlich

hohe Konzentrationen gemessen. Erschwerend kommt hinzu, dass die Konzentration der Schimmelpilztoxine in der Innenraumluft häufig unter bzw. nahe der Nachweisgrenze liegt und es für verschiedene Toxine noch kein, oder kein valides analytisches Nachweisverfahren gibt.

Tiesler et al. (2015) untersuchten in Deutschland >1700 10-Jahre alte Kinder hinsichtlich ihres Schlafverhaltens mit und ohne Schimmelpilzexposition.

Bei 13 % der Studienpopulation gaben die Eltern sichtbaren Schimmelbefall oder Feuchtigkeit in den Wohnungen an. Bei diesem exponierten Personenkreis

Stärke des Zusammenhangs	Symptome
ausreichende Hinweise für einen ursächlichen (kausalen) Zusammenhang	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verschlimmerung und Verstärkung der Symptome einer bestehenden Asthmaerkrankung bei Kindern</li> </ul>
ausreichende Hinweise für einen Zusammenhang (Daten lassen Zusammenhang als wahrscheinlich erscheinen)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verschlimmerung und Verstärkung der Symptome einer bestehenden Asthmaerkrankung</li> <li>• Symptome der oberen Atemwege</li> <li>• Husten</li> <li>• Keuchende Atemgeräusche</li> <li>• Entwicklung einer Asthmaerkrankung</li> <li>• Atemnot</li> <li>• Aktuell bestehendes Asthma</li> <li>• Atemwegsinfektionen</li> </ul>
begrenzte Hinweise für einen Zusammenhang (Daten lassen Zusammenhang als möglich, aber nicht gesichert erscheinen)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vorkommen von Bronchitis</li> <li>• Vorliegen von Symptomen des allergischen Schnupfens (Heuschnupfen)</li> </ul>
unzureichende Hinweise für einen Zusammenhang (Daten wurden geprüft, sind aber nicht ausreichend, um einen Zusammenhang zu belegen)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• veränderte Lungenfunktion</li> <li>• Auftreten einer Allergie oder Atopie</li> <li>• Auftreten von Asthma jemals im gesamten Leben (muss nicht aktuell vorliegen und Symptome verursachen) <sup>5</sup></li> </ul>

Tabelle1: Stärke des Zusammenhangs zwischen Allergie und Asthma

wurde signifikant häufiger über Probleme hinsichtlich Durchschlafstörungen und zu kurzen Schlafzeiten berichtet. Auch der Ausschluss von Asthmatikern und Kindern mit Ekzemen bei der Berechnung führten zu ähnlichen Ergebnissen.

Norbäck et al. (2011) führten eine Studie zum Einfluss des Innenraums auf die Inzidenz von Erkältungskrankheiten durch und ermittelten als Risikofaktoren Schimmelpilzbefall im Innenraum, Wasserschäden, Feuchtigkeit, Kondensation an den Fensterscheiben, das Auftreten von Schaben sowie das Halten von Hunden und Katzen.

In der Abb. 2 sind die wichtigsten Gesundheitsgefahren durch Schimmelpilzbefall grafisch dargestellt:

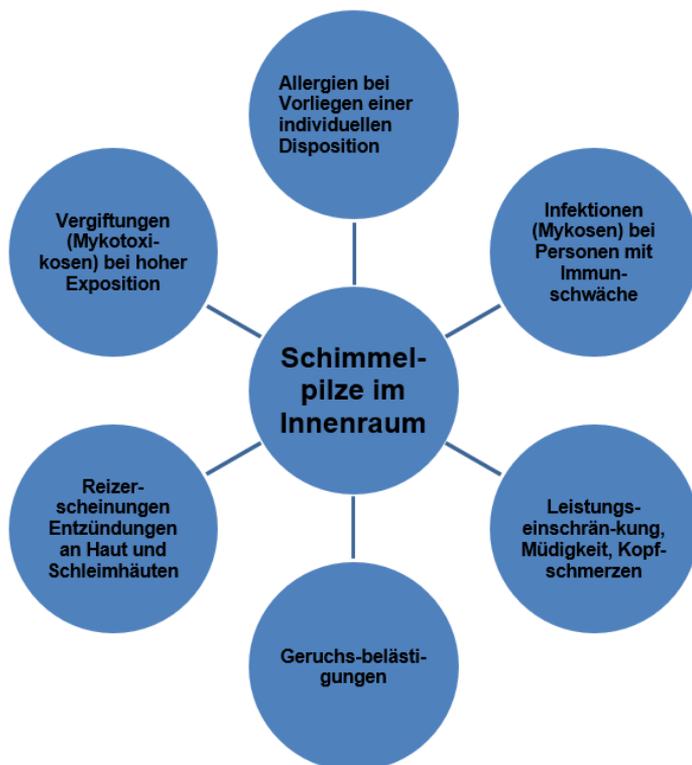


Abb. 2: Gesundheitsgefahren durch Schimmelpilz in Innenräumen

### 2.1.4 Ökonomie und Schimmelpilze

Nicht zuletzt ist auch die ökonomische Seite der Gesundheitsschäden durch Feuchtigkeit und Schimmelpilzbefall zu beachten.

Mudarri (2016) schätzt die jährlichen Gesamtkosten für die Gesellschaft infolge Feuchtigkeit und Schimmelpilzbefall in Milliarden Dollar für die USA auf durchschnittlich

- 3,7 (2,3-4,7) für die allergische Rhinitis,
- 1,9 (1,1-2,3) für die akute Bronchitis,
- 15,1 (9,4-20,6) für Asthmaerkrankungen und
- 1,7 (0,4-4,5) für die Asthmamortalität.

Danach belaufen sich die Gesamtkosten nur für die USA jährlich auf 22,4 (13,2-32,1) Milliarden Dollar!!!!

### 3. Luftschadstoffe im Innenraum

Das Maß für die Erneuerung der Luft in einem Raum ist die Luftwechselzahl oder der Luftwechselkoeffizient  $n$ . Das ist der Quotient aus dem ausgetauschten Zuluftvolumenstrom (in  $m^3/h$ ) in einem Raum und dem Raumvolumen (in  $m^3$ ). Eine Luftwechselzahl von  $1 h^{-1}$  bedeutet, dass rein rechnerisch das gesamte Raumluftvolumen eines Raumes innerhalb von einer Stunde vollständig ausgetauscht wird. Hierbei wird zwischen dem natürlichen Luftwechsel, welcher durch Winddruckdifferenz und thermischem Auftrieb entsteht und dem mechanischen Luftwechsel mittels Lüftungsgeräten unterschieden.

Der Mensch scheidet mindestens 0,25 l Kohlendioxid in der Minute, das heißt  $0,015 m^3$  in der Stunde aus. Diese Mengen an Kohlendioxid, andere Innenraumemissionen und die anfallende Feuchtigkeit müssen ständig aus den Innenräumen entfernt werden.

Die Relevanz des Kohlendioxids für die menschliche Gesundheit wurde schon vor mehr als 160 Jahren von Max von Pettenkofer entdeckt. Dieser bedeutende Wissenschaftler war Inhaber des ersten Lehrstuhls für Hygiene in Deutschland in München und veröffentlichte bereits 1858 Beobachtungen, nach denen sich Personen in Räumen mit  $CO_2$ -Konzentrationen unter 0,1 Prozent

behaglich, in Räumen mit CO<sub>2</sub>-Konzentrationen über 0,2 Prozent aber unbehaglich fühlten. Er setzte daraufhin einen akzeptablen CO<sub>2</sub>-Grenzwert als Kriterium für gute Innenluftqualität auf 0,1 Prozent CO<sub>2</sub> (1000 ppm) fest, der bis heute aktuell ist!

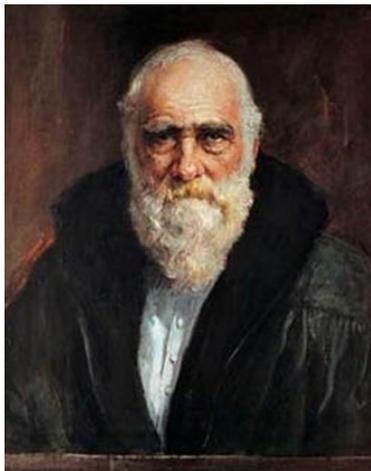


Abb. 3: Max von Pettenkofer – Gemälde von Kaulbach (Quelle: <http://www.kunst-fuer-alle.de>)

Zur Entfernung des Kohlendioxids aus den Räumen und zur Begrenzung der Raumluftfeuchte ist ein etwa 0,5-facher Luftwechsel je Stunde erforderlich, bei denen das Luftvolumen aller Räume innerhalb von zwei Stunden einmal komplett ausgetauscht wird.

Die gemäß Energiesparverordnung sanierten Fensterfronten lassen aber in der Praxis nur eine Luftwechselzahl von 0,2 h<sup>-1</sup> und weniger zu. Deshalb muss von den Bewohnern zusätzlich zur Grundlüftung eine Fensterlüftung von mindestens 0,3 h<sup>-1</sup> durchgeführt werden, um die Differenz bis 0,5 auszugleichen. Das zeigt, wie wichtig eine Information der Nutzer zum Lüftungsverhalten ist.

Es ist evident, dass der Nutzer einer Wohnung mit gut abgedichteten Fenstern diesen zusätzlichen Luftwechsel nicht sichern kann, denn er müsste alle zwei bis drei Stunden (insbesondere auch nachts) einen Stoßlüftung durchführen. Die Forderung zur ständigen Anwesenheit und Aktivität eines „Lüfters“ ist selbstverständlich nicht zumutbar. Auch im Urlaub des Benutzers müsste ja erhöhte Feuchtigkeit, zum Beispiel durch Zimmerpflanzen, abgeführt werden. Dieses Dilemma führte schon in der Vergangenheit dazu, dass in Deutschland bei hochgedämmten Fenstern nachträglich die Lippendichtungen undicht gemacht wurden.

Die Lüftung eines Raumes ist das wesentliche Kriterium dafür, ob ein Raum trocken wird, oder feucht bleibt und ob Schadstoffkonzentrationen überschritten werden, oder nicht. Die Lüftung eines Raumes ist das Zünglein an der Waage, das darüber entscheidet, ob die klassischen wohnmedizinischen Kriterien Feuchtigkeit und Innenraumemissionen gesundheitsrelevant werden.

Die Luft darf auch nur über die vorgesehenen Lüftungsmöglichkeiten den Innenraum verlassen. Strömt Raumluft, welche meist feucht ist, durch baubedingte Mängel (Fugen, Ritzen, Schlitze) ins Freie, entstehen in vielen Fällen Bauschäden mit Schimmelbildung. Strömt z.B. feuchte Raumluft durch eine Mineralwoll- oder andere Innendämmschicht, dann wird sie auf der raumabgewandten Außenseite der Dämmschicht im Winter abkühlen. Wenn hier-

durch der Taupunkt unterschritten wird, ist Tauwasseranfall die Folge. Die einzige Möglichkeit dies zu verhindern ist eine sorgfältige luftdichte Ausführung der Konstruktion auf der Innenseite („Dampfbremse“).

Die Ad-hoc-Arbeitsgruppe der Innenraumlufthygienekommissionen des UBA und der Obersten Landesgesundheitsbehörden (Ad-hoc AG IRK/AOLG) hat eine Bewertung für Kohlendioxid in der Innenraumluft vorgelegt (Umweltbundesamt 2007). Danach werden folgende Leitwerte für die Kohlendioxidkonzentrationen in der Innenraumluft festgelegt:

- < 1000 ppm - hygienisch unbedenklich
- 1000-2000 ppm - hygienisch auffällig
- > 2000 ppm - hygienisch inakzeptabel

In einer Studie (Zhang et al. 2017) stellte man in einem Experiment fest, dass reduzierte Lüftungsraten mit einem Anstieg auf 3000 ppm CO<sub>2</sub> mit einem Anstieg von Müdigkeit, schnellerer Erschöpfung, Schwierigkeiten klar zu denken und reduzierter Geschwindigkeit bei der Durchführung von Rechenaufgaben verbunden waren.

Fehlmann und Wanner (1993) untersuchten Schlafzimmer, welche in den 15-20 Jahren davor gebaut oder erneuert wurden und fanden bei unterschiedlichen Lüftungs- und Belegungsbedingungen Medianwerte der CO<sub>2</sub>-Konzentration für jeweils eine Nacht zwischen

519 und 2973 ppm. Die gemessenen Lüftungsraten betragen bei geschlossenen Fenstern zwischen  $0,01 \text{ h}^{-1}$  und  $0,5 \text{ h}^{-1}$ .

Bei Belegung des Schlafzimmers mit zwei Personen und bei geschlossenen Fenstern und Türen wurden  $\text{CO}_2$ -Konzentrationen bis zu 4300 ppm gemessen. 1500 ppm wurde häufig überschritten.

Nach Münzenberg und Mitarbeitern (2003) wird in einem durchschnittlichen Schlafzimmer das mit zwei Personen belegt ist, bei einer Luftwechselzahl von 0,2 bereits nach einer Stunde der Richtwert von 1000 ppm  $\text{CO}_2$  erreicht.

Ein Raum von  $50 \text{ m}^3$ , der mit zwei Personen belegt ist erfordert bei geschlossenen Fenstern und Türen bereits ein Luftwechsel von  $1,0 \text{ h}^{-1}$  um den Richtwert einzuhalten. Das heißt in der Praxis, dass bei dicht schließenden Fenstern und einem mit zwei Personen belegten Schlafzimmer, wenn über Nacht die Fenster nicht geöffnet werden, „hygienisch inakzeptable Zustände“ gemäß Klassifizierung des Umweltbundesamtes durch erhöh-

te  $\text{CO}_2$ -Konzentrationen auftreten können. Hierbei ist zu beachten, dass das Schlafzimmer der Raum ist, in dem wir die meiste Zeit des Tages verbringen.

Verbrennungsprozesse in Innenräumen erhöhen natürlich noch die  $\text{CO}_2$  Konzentration. Auch andere Innenraumemissionen z.B. flüchtige organische Verbindungen (VOC) können sich zu gesundheitlich bedenklichen Konzentrationen akkumulieren, wenn der Luftwechsel in den Räumen stark reduziert ist.

#### 4. Legionellenvermehrung in Trinkwasserinstallationen

Neben der Verringerung der Lüftungsraten und der Absenkung der Raumlufttemperatur ist die Reduzierung der Warmwassertemperaturen in Haushalten die dritte, oft praktizierte Maßnahme zur Energieeinsparung. So warnte vor zwei Jahren der Deutsche Verein der qualifizierten Sachverständigen für Trinkwasserhygiene e.V. davor, dass bei niedrigen Warm-

wassertemperaturen unter  $50 \text{ }^\circ\text{C}$  eine ernst zu nehmende Gefahr für die Gesundheit der Benutzer besteht, weil hierdurch ideale Bedingungen für das Wachstum von Legionellen und anderen krankheitserregenden Keimen geschaffen werden (DVQST, 2022). In den weiteren Ausführungen heißt es: „Zwar werde seit vielen Jahren an verschiedenen Techniken geforscht, die einen hygienisch sicheren Betrieb bei geringen Warmwassertemperaturen ermöglichen sollen, nach Auskunft des Umweltbundesamtes und seiner amtlichen Mitteilung zur Kollisionsregelung zwischen Trinkwasser-erverordnung und Gebäudeenergiegesetz, liegt jedoch bisher für keine dieser technischen Lösungen eine stichhaltiger Nachweis vor, dass sie in der Praxis ebenso sicher funktionieren, wie die Einhaltung der vorgegebenen Temperaturen. Der DVQST betont, dass jede Trinkwasserinstallation mit ihrer Warmwasserbereitungsanlage individuell auf die Erfordernisse des Gebäudes abzustimmen und betreiben ist, um jedem Verbraucher hygienisch einwandfreies Trinkwasser zur Verfügung zu stellen. Eine Kontamination mit krankmachenden Mikroorganismen aufgrund falsch umgesetzter Energiesparmaßnahmen müsse anschließend mit erheblichem technischem oder organisatorischem Aufwand bekämpft werden, um eine Gesundheitsgefährdung der Nutzer zu verhindern. „Demzufolge sind unbedachte, laienhafte Handlungen und Eingriffe in solche Systeme für alle Nutzer des Gebäudes als gesundheitsgefährdend einzustufen und gegebenenfalls mit unkalkulierbaren



Abb. 4: Legionellen im Trinkwasser (Quelle: <https://www.pcc-umwelttechnik.de/wissenswertes/wissenswertes-legionellen/>)

Folgekosten verbunden“. Wenn man eine Anlage wieder in einen bestimmungsgemäßen Betrieb setzen will, sind aufwändige Gefährdungsanalysen, Reinigungen, Desinfektionen und Sanierungen nötig, deren Kosten schnell den Spareffekt übersteigen.

Wissenschaftler der Universität Zürich haben systematisch untersucht, mit welcher Geschwindigkeit sich Legionellen bei unterschiedlichen Temperaturen vermehren (Hochstrasser et al. 2021): Bei 18 °C konnte nur langsames Wachstum beobachtet werden. Ab einer Wassertemperatur von 40 °C verdoppelt sich die Anzahl der Legionellen in einer nährstoffreichen Umgebung sechsmal an einem Tag, also alle 4 Stunden. Steigt die Temperatur auf 50 °C, stoppt das Legionellenwachstum abrupt.

## 5. Brandgefahr durch Wärmedämmung

Bei der heute üblichen Wärmedämmung der Gebäude mit Styropor besteht ein nicht unerhebliches Problem. Mit Polystyrolplatten lassen sich Fassaden billig dämmen – doch selbst ein Zimmerbrand kann das ganze Haus abbrennen lassen. 80 % aller Dämmstoffe sind aus expandiertem Polystyrol (EPS). Dieser Dämmstoff ist ein Erdölprodukt, welches relativ preisgünstig herzustellen, einfach zu verarbeiten ist und sehr gute Dämmeigenschaften hat.

Polystyrol ist brennbar und wird

deshalb bei der Anwendung in Dämmplatten mit einem Flammschutzmittel versetzt, das die Zeit verzögert, bis der Dämmstoff zu Brennen anfängt.

Eine Alternative könnten Dämmplatten aus Mineralwolle sein. Auch Mineralschaumplatten brennen nicht, jedoch sind sie in den dämmenden Eigenschaften nicht so gut wie Polystyrol.

Die größte Gefahr besteht dann, wenn das Feuer aus der Wohnung auf eine gedämmte Fassade übergreift. Problematisch ist, dass sich beim Brand von Polystyrol starker Rauch und giftige Dämpfe entwickeln, welche die Rettung behindern können. Eine zusätzliche Gefahr bildet brennendes, abtropfendes Polystyrol, welches sich auf dem Boden, Fensterbrettern, oder anderen Oberflächen sammeln kann.

So entstand z.B. 2013 ein großer Brand an einem Plattenbau in Rostock, wobei die Fassade des Mehrfamilienhauses im Stadtteil Lütten Klein vom Erdgeschoss bis zum Dach in Flammen stand (Abb. 5).

Weiterhin ist zu beachten, dass in Dämmplatten das Flammschutzmittel HBCD (Hexabromcyclododexan) enthalten ist. HBCD ist weit in der Umwelt verbreitet und kann sich in der Nahrungskette des Menschen anreichern. Man findet diese chemische Verbindung in Muttermilch, Fischen, Vögeln und Eisbären. HBCD ist seit 2016 in der EU verboten, ein weltweites Verwendungsverbot ist geplant. Der Stoff ist giftig für Gewässerorganismen, z.B. für Algen und reichert sich in Fischen, Meeressäugern und Raubvögeln an (Bioakkumulation).



Abb. 5: Fassadenbrand im März 2013 an einem Plattenbau in Rostock (Quelle: youtube.com, NonstopNewsChannel, 2011, <https://www.nonstopnews.de/meldung/16610>)

HBCD gilt als „besonders besorgniserregender Stoff“ nach den Kriterien der europäischen Chemikalienverordnung REACH. Im Tierversuch wurde die embryonale und Säuglingsentwicklung gestört sowie die Fortpflanzung beeinträchtigt. Für Menschen ist der Stoff nicht als akut toxisch eingestuft, es kann aber zu einer Akkumulation im Körper über einen längeren Zeitraum kommen.

Ein weiterer Nachteil von Wärmedämmverbundsystemen ist, dass sich auf hiermit gedämmten Fassaden leicht Algen entwickeln. Chemische Zusätze die dieses verhindern sollen, könnten bei ihrer Auswaschung weitere Umweltprobleme mit sich bringen. Lösungen werden in speziellen feuchtigkeitsabweisenden Putzen (Lotuseffekt), aber auch in hydrophilen Fassadenputzen gesehen, welche die Feuchtigkeit aufnehmen, in den obersten Schichten verteilen und rasch wieder abgeben.

Nur erwähnt werden soll hier das Problem, dass Spechte, insb. im norddeutschen Raum inzwischen die Fassadendämmung nach Durchpicken des Außenputzes als ideale Nesthöhlen entdeckt haben. Durch die hierdurch eröffnete Dämmfassade kann Feuchtigkeit eindringen, was die Dämmwirkung erheblich verringert (Abb. 6).

## 6. Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

Energiesparmaßnahmen an Gebäuden durch Absenkung der Heiztemperatur und Verringerung der Lüftung können die Luftfeuchtigkeit in Räumen erhöhen, Schimmelpilzbildung verursachen und damit Gesundheitsstörungen und Erkrankungen wie Allergien und Asthma begünstigen.

Eine verringerte Lüftung führt zu einer deutlichen Erhöhung der Raumluftfeuchtigkeit sowie

der Innenraumimmissionen einschließlich der Konzentration von Kohlendioxid durch die Atmungsaktivitäten von Tieren und Menschen. Hieraus resultieren vor allem Befindlichkeitsstörungen mit verringerter Leistungsfähigkeit, Anstieg von Müdigkeit und schnellerer Erschöpfung

Eine Absenkung der Temperaturen in Warmwasserleitungen lassen Legionellenkonzentration ansteigen, was durchaus eine Gesundheitsgefahr für hierfür disponierte Personen bedeutet.

Eine Wärmedämmung mit Styropor ist aus brandschutztechnischer Sicht nicht unbedenklich und kann sich im Brandfall katastrophal für die Bewohner eines Gebäudes auswirken.

Die langfristige, unbedenkliche Entsorgung der großen Mengen an Styropor, die den letzten Jahrzehnten verbaut wurden, ist ein noch ungelöstes Problem der Abfallwirtschaft.



Abb. 6: Spechtlöcher an einem mit WDVS verkleideten Tagungshotel in Norddeutschland (Quelle:<http://www.konrad-fischer-info.de/2134bau.htm>)

Bei den oben genannten Maßnahmen zur Senkung der Verbrauchenergie von Gebäuden ist neben dem ökonomischen Nutzen dieser Maßnahmen einzuschätzen, welche gesundheitliche Folgen hieraus resultieren.

Es besteht kein Zweifel, dass zur Sicherung der Gesundheit der Bewohner sowie zum Schutz der Bausubstanz vor Feuchtigkeit an der Forderung des Luftwechsels von  $0,5 \text{ h}^{-1}$  festgehalten werden muss. Ein Unterschreiten dieser Luftwechselzahl ist durch adäquate Lüftungstechnik und -frequenz zu verhindern. Wenn der erforderliche Luftwechsel durch individuelle Maßnahmen nicht gesichert werden kann, sind technische Lüftungslösungen wie Fensterfalzlüfter, dezentrale Lüftungsanlagen bis hin zu raumluftechnischen Anlagen mit Wärmerückgewinnung angebracht.

Eine Hilfestellung zur Ermittlung des Lüftungsbedarfes stellen Sensoren dar, die den  $\text{CO}_2$ -Gehalt der Raumluft messen und akustisch und/oder optisch den Lüftungsbedarf bei Überschreiten eines Richtwertes signalisieren oder eine Warnmeldung an das Handy des Nutzers schicken, wenn sich die Kohlendioxidkonzentration der Grenze von 1000 ppm nähert.

Die Sensoren könnten auch mit einer automatischen Be- und Entlüftungsanlage gekoppelt werden, oder mit einer Mechanik, die in der Lage ist, selbstständig ein Fenster zur Lüftung zu öffnen.

Auch die Messung des Feuchtigkeitsgehaltes in der Wohnung

kann mit ähnlichen Warnmeldungen und technischen Reaktionen verbunden werden.

Zur Verhinderung der Legionellenvermehrung in den Warmwasserversorgungssystemen sind die einschlägigen Vorschriften sowie die Hinweise der Fachfirmen zu beachten und die Anlagen gemäß Vorschriften in den festgelegten Zeiträumen zu warten.

Schließlich sind kostengünstige, effektive und brandsichere Wärmedämmstoffe einzusetzen und langfristige Konzepte zu erarbeiten, um den in den in Zukunft anfallenden Styroporabfall sicher zu beseitigen.

Da die Kenntnis der Zusammenhänge zwischen Energieeinsparung und deren mögliche Auswirkungen auf die Gesundheit noch nicht zum Allgemeingut geworden ist, muss auf diesem Gebiet noch große Aufklärungsarbeit geleistet werden. Das betrifft vor allem die Bauplanung und -ausführung aber auch die Verwaltung und Nutzung der Wohnungen.

Jedem technischen Gerät das wir kaufen ist eine ausführliche Gebrauchsanweisung beigegeben. Eine Wohnung ist aber viel mehr als ein technisches Gerät, es ist ein komplexes Habitat, das auf Veränderung seiner Funktionsbedingungen wie Lüftung, Heizung und Warmwasserversorgung oft empfindlich, auch zum Schaden der Bewohner reagiert. Das gestalten können einer gesunden Wohnumwelt, das „Wohnenlernen“, ist daher im Zeitalter des Energiesparen noch von viel

größerer Bedeutung, als vor dieser Zeit. Hier müssen alle ihre Verantwortung wahrnehmen, die bei der Planung, Herstellung, Wartung und Verwaltung von Wohnungen beteiligt sind. Letztlich hat aber auch jeder in einer Wohnung Lebende selbst seinen aktiven Beitrag zur Gestaltung seiner gesunden Wohnumwelt zu leisten. Hierzu muss ihm aber auch das nötige Rüstzeug, d. h. das Wissen über Lüftungs- und Heizungserfordernisse vermittelt werden. In eine energieökonomisch gebaute oder sanierte, hochgedämmte Wohnung sollte man erst dann einziehen können, wenn man ausreichend darüber informiert ist, wie trotz starker Abdichtung des Gebäudes ein hygienisch gesundes Innenraumklima geschaffen werden kann, ohne kostbare Energie zu verschwenden. Die Prämisse aller dieser Aktivitäten ist jedoch:

Gesundheit geht vor Energieökonomie!

#### Literatur

DVQST (2022): *Gefährliches Spiel mit der Gesundheit*. HLH 73, H. 07-08,21.

Fehlmann J, Wanner H (1993) *Indoor climate and indoor air quality in residential buildings*. *Indoor Air* 3:41–50

Gabrio, T., Dill, I., Fischer, G., Grün, L., Rabe, R., Samson, R., Seidl, H.-P., Szewzyk, R., Trautmann, C., Warscheid, T., Weidner, U. (2003): *Ringversuch –Differen-*

- zierung von innenraumrelevanten Schimmelpilzen. *Allergologie* 26: 95–102
- Hochstrasser, R., Hilbi, H. (2022): *The Legionella Lqs-LvbR Regulatory Network Controls Temperature-Dependent Growth Onset and Bacterial Cell Density. Applied and Environmental Microbiology* 88(5): e0237021 <https://doi.org/10.1128/aem.02370-21> PMID: 34985976 PMCID: PMC8904048
- Kanchongkittiphon W., Mendell MJ., Gaffin JM., Wang G., Phipatanakul W. (2015): *Indoor environmental exposures and exacerbation of asthma: an update to the 2000 review by the Institute of Medicine. Environ. Health Perspect.* 123: 6-20.
- Kespohl S., Raulf M. (2014). *Mould allergens: How far has molecular allergy diagnosis come? Part 13 of the series Molecular Allergology. Allergo. J. Int.* 23: 120-125
- Kinder-Umwelt-Survey (KUS) 2003/2006: <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/kinder-umwelt-survey-kus-200306-2>
- Mücke W, Lemmen C (2010): *Duft und Geruch: Wirkungen und gesundheitliche Bedeutung von Geruchsstoffen. ecomed Verlagsgesellschaft, Landsberg/Lech*
- Münzenberg, U., Weithaas, T., Thumulla, J. (2003): *Luftwechsel im Gebäudebestand. 7. Pilztagung des VDB, „Sicher erkennen – sicher sanieren“, Stuttgart.*
- Mudarri DH (2016): *Valuing the Economic Costs of Allergic Rhinitis, Acute Bronchitis, and Asthma from Exposure to Indoor Dampness and Mold in the US. J Environ Public Health.* 2386596. doi: 10.1155/2016/2386596. Epub 2016 May 29.
- Norbäck D, Zock JP, Plana E, Heinrich J, Svanes C, Sunyer J, Künzli N, Villani S, Olivieri M, Soon A, Jarvis D. (2011): *Lung function decline in relation to mould and dampness in the home: the longitudinal European Community Respiratory Health Survey ECRHS II. Thorax.* 2011 66(5):396-401. doi: 10.1136/thx.2010.146613. Epub 2011 Feb 16.
- Reiß, J. (1997): *Schimmelpilze, Lebensweise, Nutzen, Schaden, Bekämpfung. 2. Aufl. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York.*
- Tiesler CM, Thiering E, Tischer C, Lehmann I, Schaaf B, von Berg A, Heinrich J. (2015): *Exposure to visible mould or dampness at home and sleep problems in children: Results from the LISA-plus study. Environ Res.* 2015 Feb;137:357-63. doi: 10.1016/j.envres.2014.11.023. Epub 2015 Jan 17.
- UBA-Umweltbundesamt (2007): *Beurteilung von Innenraumluftkontaminationen mittels Referenz- und Richtwerte. Handreichung der Ad-hoc-Arbeitsgruppe der Innenraumlufthygiene-Kommission des Umweltbundesamtes und der Obersten Landesgesundheitsbehörden. Bundesgesundheitsblatt-*
- Gesundheitsforschung-Gesundheitsschutz* 50 H. 7, S. 990-1005
- Wiesmüller GA, Heinzow B, Herr CEW, (2013): *Befindlichkeitsstörungen in Innenräumen. Umweltmed Hygiene Arbeitsmed* 18, 30-34
- WHO-World Health Organization, Regional Office for Europe (2009): *Guidelines for indoor air quality: dampness and mould, Scherfigsvej 8, DK-2100 Copenhagen, Denmark: Regional Office for Europe 1-228*
- WHO/IUIS Allergen Nomenclature (2018): *Sub-Committee: Allergen Nomenclature. <http://www.allergen.org>*
- Zahradnik E, Kespohl S et al. (2013): *A new immunoassay to quantify fungal antigens from the indoor mould Aspergillus versicolor. Environ Sci Process Impacts* 15(6): 1162-1171rsi
- Zhang X, Wargocki P, Lian Z, Thyregod C. (2017): *Effects of exposure to carbon dioxide and bioeffluents on perceived air quality, self-assessed acute health symptoms, and cognitive performance. Indoor Air.* 2017 Jan; 27(1):47-64. doi: 10.1111/ina.12284. Epub 2016 Mar 7.