

S. Brasche<sup>1</sup> · E. Heinz<sup>2</sup> · T. Hartmann<sup>3</sup> · W. Richter<sup>3</sup> · W. Bischof<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Klinikum der Friedrich-Schiller-Universität Jena

<sup>2</sup>Technische Universität Berlin

<sup>3</sup>Technische Universität Dresden

# Vorkommen, Ursachen und gesundheitliche Aspekte von Feuchteschäden in Wohnungen

## Ergebnisse einer repräsentativen Wohnungs- studie in Deutschland<sup>1</sup>

### Zusammenfassung

Mit dem Ziel, einen repräsentativen Überblick über die Situation in deutschen Wohnungen hinsichtlich Feuchteschäden und insbesondere Schimmelpilzbefall zu schaffen sowie deren Ursachen und Entstehungsbedingungen zu analysieren, wurde ein zufällig ausgewählter Querschnitt von 5.530 Wohnungen begutachtet und deren Nutzer mittels eines standardisierten Erhebungsinstruments befragt. Angaben zur Allergie- und Asthmaprävalenz wurden von den 12.132 Bewohnern erfasst. Von den 5.530 untersuchten Wohnungen wiesen 1.213 (21,9%) sichtbare Feuchteschäden (inklusive Schimmelpilz) und 513 (9,3%) Schimmelpilzschäden auf. Mit steigendem Feuchteintrag (OR=1,8; CI: 1,4–2,4), unzureichender Fensterlüftung (OR=1,7; CI: 1,2–2,3), dem Vorhandensein einer Außenwanddecke bzw. -kante (OR=1,4; CI: 1,2–1,7) und für die sozioökonomische Variable „kein Wohneigentum“ (OR=1,7; CI: 1,4–2,0) steigt das Risiko für einen Feuchteschaden signifikant. Das Vorhandensein einer Abluftanlage mit nutzerunabhängigem Betrieb (OR=0,5; CI: 0,3–0,8) oder einer Schachtlüftung (OR=0,7; CI: 0,6–0,9) und Merkmale eines modernen Bauzustandes wie mit umlaufendem Dichtprofil versehene Fenster (OR=0,7; CI: 0,6–0,8) bzw. Wärmedämmung (OR=0,9; CI: 0,7–1,0) sowie ein steigender Zimmer-Kopf-Index (OR=0,9; CI: 0,9–1,0) sind signifikante protektive Faktoren. Hinsichtlich des Schimmelpilzbefalls tritt die Bedeutung des Feuchteintrags zurück (OR=1,3; CI: 0,9–1,9), die Haltung eines Haustieres in der Wohnung erhöht das Risiko

(OR=1,4; CI: 1,2–1,8), und die sozioökonomischen Variablen gewinnen an Bedeutung (z. B. „kein Wohneigentum“ OR=2,0; CI: 1,6–2,6). Ein Zusammenhang zwischen den Schadensmerkmalen und der Prävalenz selbstberichteter allergischer und respiratorischer Erkrankungen konnte nachgewiesen werden.

### Schlüsselwörter

Schimmelpilzbefall · Feuchteschäden ·  
Wohnungen · Lüftung · Allergie

Eine feuchte Wohnung wird schon seit Pettenkofer [1] als Gesundheitsrisiko betrachtet. Neuere Untersuchungen weisen nach, dass mit Feuchte belastete Wohnungen mit einer höheren Prävalenz an allergischen Erkrankungen, auch an Asthma und an Infektionen der oberen Luftwege assoziiert sind [2]. Ob Feuchteschäden in deutschen Wohnungen im Jahre 2000 wirklich noch ein nennenswerter Faktor sind und damit ein Problem erzeugen, das Gesundheit und Wohlbefinden einer breiten Bevölkerungsgruppe betrifft, ist weitgehend unbekannt.

Da es für Deutschland bisher keine einschlägige Datenbasis gibt, hatte die durchgeführte Erhebung das Ziel, einen repräsentativen Überblick über die Situation in deutschen Wohnungen hinsichtlich Feuchteschäden und insbesondere Schimmelpilzbefall zu schaffen. Sie

sollte außerdem die Ursachen und Entstehungsbedingungen dieser Schäden analysieren und damit Möglichkeiten der Prävention erschließen. Nicht zuletzt wurde angestrebt, den in der Literatur beschriebenen Zusammenhang zwischen Feuchteschäden und Asthma und/oder allergischen Erkrankungen in einem deutschen Querschnitt nachzuvollziehen. Das in Abb. 1 dargestellte hypothetische Modell liegt den oben genannten Überlegungen zu Grunde.

### Methoden

#### Studiendesign und Stichprobe

Das hier beschriebene Projekt wurde unter der Maßgabe initiiert, für Deutschland gültige Aussagen über Feuchteschäden inklusive Schimmelpilzbefall in Wohngebäuden zu ermöglichen. So war ein bundesweit repräsentativer Querschnitt mit einem Umfang von mindestens 5.000 Wohnungen unverzichtbar. Da von einer Responserate unter 70% auszu-

© Springer-Verlag 2003

<sup>1</sup> Gefördert durch den Bundesverband des Schornsteinfegerhandwerks-Zentralinnungsverband (ZIV)

Dr. S. Brasche  
Klinikum der Friedrich-Schiller-Universität  
Jena, Institut für Arbeits-, Sozial- und Umwelt-  
medizin, Arbeitsgruppe Raumklimatologie  
Erfurt, Gustav-Freytag-Straße 1, 99096 Erfurt  
E-Mail: brasche@ark.ef.uni-jena.de

S. Brasche · E. Heinz · T. Hartmann  
W. Richter · W. Bischof

## Prevalence, causes, and health aspects of dampness and mold in homes. Results of a population-based study in Germany

### Abstract

With the aim of obtaining a representative overview of the situation in German homes regarding dampness and mold growth and also analyzing the causes and factors affecting the development of these signs of dampness, a random sample of 5,530 homes was investigated. A questionnaire relating to behavior in the home and other aspects of the living environment was presented to the occupants. In addition, the prevalence of asthma and allergic diseases of the 12,132 inhabitants was surveyed. There were visible signs of dampness (including mold) in 1,213 (21.9%) of the examined dwellings and mold spots in 513 (9.3%) of them. The risk of dampness was significantly greater for increasing moisture emission indoors (OR=1.8; CI: 1.4–2.4), inadequate user-related airing (OR=1.7; CI: 1.2–2.3), presence of edges or corners of outside walls (OR=1.4; CI: 1.2–1.7), and for the socioeconomic criterion „rented home.“ The existence of a user-independent exhaust ventilation system (OR=0.5; CI: 0.3–0.8) or of chimney ventilation (OR=0.7; CI: 0.6–0.9) and characteristics of modern state-of-the-art building such as sealed windows (OR=0.7; CI: 0.6–0.8) or thermal insulation (OR=0.9; CI: 0.7–1.0) as well as an increasing rooms-per-head index (OR=0.9; CI: 0.9–1.0) are significant protective factors. With regard to mold growth the critical factors are on the whole similar, with some differences: the importance of indoor moisture sources decreases (OR=1.3; CI: 0.9–1.9) while a pet in the home increases the risk of mold significantly (OR=1.4; CI: 1.2–1.8). Also, socioeconomic variables become more important (e.g., „rented home“ OR=2.0; CI: 1.6–2.6). All types of moisture-related damage are significantly associated with the self-reported prevalence of respiratory and allergic diseases.

### Keywords

Mold · Dampness · Homes · Ventilation · Allergy

## Originalien und Übersichtsarbeiten

gehen war, wurde eine Stichprobe von 8.000 Wohnungen angestrebt.

Dafür wurden in Abhängigkeit von der Gesamtzahl an Wohnungen in den einzelnen Bundesländern 403 Schornsteinfeger-Kehrbezirke ausgewählt und aus diesen Kehrbezirken (mithilfe der entsprechenden Postleitzahlen) durch das Studienzentrum jeweils 40 Adressen zufällig aus einer Telefon-CD gezogen. Diese Adressenliste sollte von den als „Interviewer“ fungierenden Bezirksschornsteinfegermeistern (BSM) der ausgewählten Kehrbezirke der Reihe nach abgearbeitet werden, bis 20 untersuchte Wohnungen erreicht waren. Diese relativ großzügige Adressenverteilung war notwendig, da sich hinter den aus der Telefon-CD gezogenen Namen häufig keine oder nicht mehr existente Adressen oder auch Firmen verbargen. Auf der anderen Seite erschien das Anschreiben von 403 Gemeindeämtern und die Erklärung und Sicherung der entsprechenden Modalitäten (Beschränkung auf bestimmte Postleitzahlenbereiche, manchmal auch nur auf eine Liste von Straßen in einem Postleitzahlenbereich) als zu aufwändig. Letztendlich wurde die Untersuchung nur in 357 Kehrbezirken durchgeführt. Statt der danach zu erwartenden 7.140 Wohnungen wurden nur 5.530 untersucht. Da die geforderte Dokumentation der Gründe a) des Überspringens einzelner Adressen der Liste und b) des Abbruchs der Untersuchung, bevor 20 Wohnungen abgearbeitet waren, nicht lückenlos in das Studienzentrum zurückgesandt wurden, kann keine exakte Responseberechnung vorgelegt werden. Im Vergleich mit den Angaben des Statistischen Bundesamtes Deutschland scheinen die Proportionen aber durch diese Mängel kaum verschoben zu sein (Abb. 2, Abb. 3).

### Erhebungsinventar und Durchführung

Dem BSM stand ein von einer interdisziplinären Expertengruppe erarbeitetes und in einer Pilotphase getestetes modular aufgebautes Erhebungsinstrument zur Verfügung, das sich den jeweiligen

Bedingungen der Wohnung (Anzahl und Art der Räume, Vorhandensein einer raumluftechnischen Anlage, Anzahl der aufgefundenen Schäden) anpassen ließ. Das Erhebungsinventar bestand aus den Modulen

- ▀ Gebäude (Art, Alter, Lage, Baumaterial, Bauzustand, Größe etc.),
- ▀ Wohnung (Größe, Lage, Eigentum u. a.),
- ▀ Wohnraum (Nutzung, Lage, Dichtigkeit, Lüftung etc.),
- ▀ Funktionsraum (wie Wohnraum, aber ausführlicher hinsichtlich Nutzergewohnheiten und Lüftung),
- ▀ Person (Geschlecht, Alter, Anwesenheitszeiten, Erkrankungen),
- ▀ Schaden (Ort, Art, Ursache, Oberflächenbeschaffenheit),
- ▀ Anlagentechnik (Betriebsweise, Inspektion und Wartung).

Die erforderlichen Angaben mussten z. T. nach eigenem Augenschein und Begutachtung eingetragen, z. T. vom Nutzer der Wohnung erfragt werden.

Die ausgewählten BSM wurden mittels eines Multiplikatorensystems geschult, hatten die Möglichkeit, während der Untersuchung eine spezielle Hotline zur Arbeitsgruppe Raumklimatologie der Universität Jena zu nutzen und erhielten ein Manual mit Durchführungshinweisen. Dies enthielt u. a. auch die Merkmale der zu erfassenden Feuchtezeichen. Dabei wurden Stockflecken als abgetrocknete Feuchtflecken definiert, die vor allem an den Rändern gelblich oder grünlich verfärbt sind und z. T. gewellte Oberflächen (Tapete) oder Blasenbildung aufweisen. Feuchtflecken sollten nicht nur durch Augenschein, sondern auch durch Berühren/Betasten verifiziert werden. Die Erscheinungsvarianten von Schimmelpilz sowohl an der Wand als auch auf Sanitärflächen wurde detailliert beschrieben und mit Bildmaterial belegt, auf mögliche Verwechslungen z.B. mit Verschmutzungen hingewiesen.

Die gesundheitlichen Effekte wurden in dem ebenfalls für diese Studie

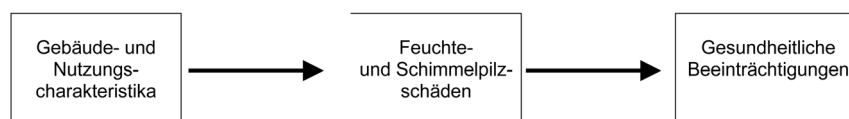


Abb. 1 ▲ Ursache-Wirkungs-Modell für Feuchte- und Schimmelpilzschäden

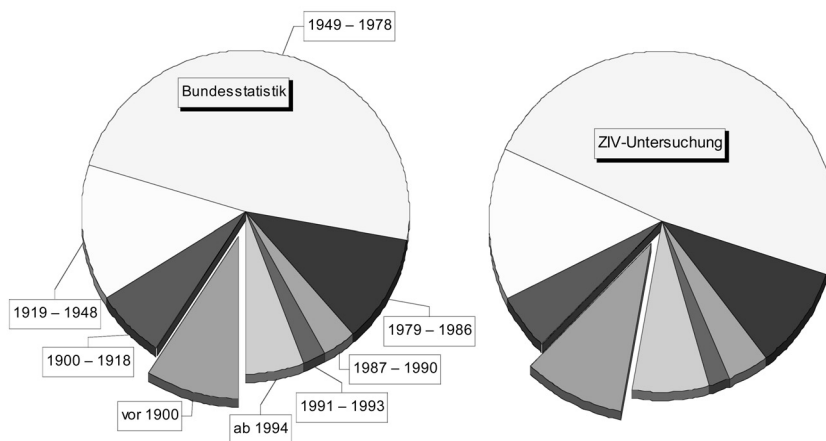


Abb. 2 ▲ Vergleich der untersuchten Stichprobe mit der Bundesstatistik 1998 am Beispiel des Gebäudealters. ZIV: Zentralinnungsverband des Schornsteinfegerhandwerks

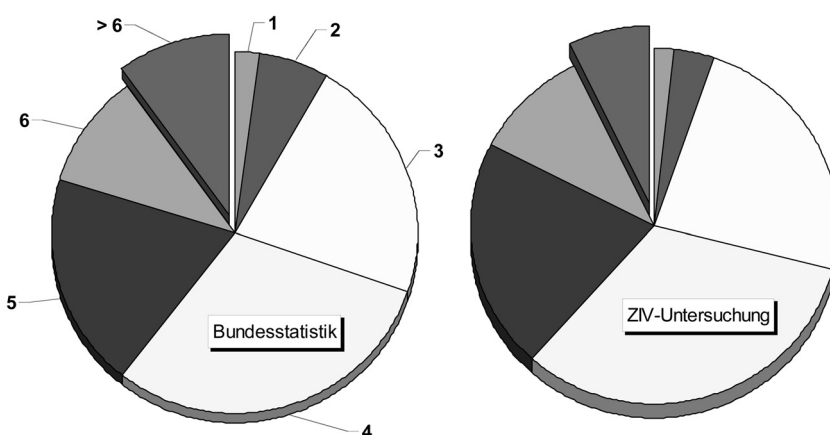


Abb. 3 ▲ Vergleich der untersuchten Stichprobe mit der Bundesstatistik 1999 am Beispiel Zimmerzahl (1->6) pro Wohnung. ZIV Zentralinnungsverband des Schornsteinfegerhandwerks

entwickelten und getesteten Modul „Person“ erfasst. Dabei wurde in der Regel der interviewte Bewohner gebeten, auch für alle anderen Mitbewohner auszusagen, ob diese unter einem ärztlich diagnostizierten Asthma und/oder einer ärztlich diagnostizierten Allergie leiden, um welche Art Allergie es sich handelt, und wie viele Erkältungskrankheiten sie in den letzten 12 Monaten hatten. Diese Angaben wurden neben Alter und Geschlecht und der durchschnittlichen täglichen Aufenthaltszeit in der Wohnung für jeden Bewohner getrennt erfasst.

Bei der Planung der Untersuchung wurde davon ausgegangen, dass dem Bezirksschornsteinfeger als überwiegend bekannter und gesetzlich legitimer Fachkraft der Wohnungszugang eher eröffnet würde als einem unbekannten Studienteam. Dies wurde neben dem Erhebungsinventar in der Pilotphase getestet. Die Nachteile wie erhöhter Aufwand bei der

Schulung, uneinheitliches Vorgehen bei der Aufnahme der Daten und möglicherweise höherer Anteil unkorrekt ausgefüllter Erhebungsbögen wurden dafür in Kauf genommen. Allerdings mussten die teilnehmenden BSM auch Wohnungen ohne Feuerstätten aufsuchen, wenn diese in der Stichprobe waren. Vor Beginn der Hauptphase wurde das Einverständnis von Mieter- und Vermieterverbänden eingeholt und auch auf dem Informationsblatt, das jedem ausgewählten Wohnungsnutzer vor der Untersuchung ausgehändigt wurde, vermerkt. Ob er die Wohnungsuntersuchung schriftlich, telefonisch oder durch persönlichen Kontakt ankündigte, war jedem BSM selbst überlassen.

### Statistische Auswertung

Die statistische Auswertung umfasste neben der Deskription der Verhältnisse in deutschen Wohnungen die Darstel-

lung von bivariaten Zusammenhängen, den Ausweis von Prävalenzraten und den Nachweis von Einfluss-Wirkungs-Beziehungen in multiplen logistischen Modellen (Odds Ratios und 95% Wald Confidence Intervals). Für die Risikoschätzung wurden die Angaben zu den Feuchteschäden dichotomisiert. Die verwendeten Variablen wurden folgendermaßen definiert:

- Feuchteschaden (gesamt): mindestens ein Feuchtefleck, Stockfleck oder Schimmelpilzschaden in der Wohnung,
- lüftungsrelevanter Feuchteschaden: wie oben, aber ohne die durch Leitungswasser, Regenwasser und aufsteigende Feuchte verursachte Schäden,
- Schimmelpilzbefall: mindestens ein sichtbarer Schimmelpilzbefall in der Wohnung.

## Ergebnisse

### Deskription der Wohnungsstichprobe

Im Rahmen des Projektes wurden bundesweit 5.530 Wohnungen untersucht und dabei

- 18.372 Wohn- und Schlafräume,
- 13.464 Funktionsräume (Küchen, Bäder, WC),
- 1.827 Wohnungen mit lüftungstechnischen Maßnahmen, davon 1.166 mit Anlagentechnik (z. B. zentrale Abluftanlage, Einzelventilatoren) sowie 661 mit freier Lüftung (z. B. Luftschächte, Außenluftdurchlässe) und
- 1.829 Feuchteschäden

erfasst. Darüber hinaus wurden Angaben von 12.132 Personen zur Allergie- und Asthmaprävalenz aufgenommen.

Tabelle 1 zeigt die Verteilung der untersuchten Wohnungen hinsichtlich Haustyp, Lage und Alter des Gebäudes, Baumaterial, Vorhandensein (irgend)einer Wärmedämmung, Wohneigentum, Raumanzahl, Anzahl Bewohner und lüftungstechnischer Maßnahmen.

### Feuchteschäden in den Wohnungen

In 1.213 Wohnungen wurden insgesamt 1.829 Schäden gefunden, davon 874 in Wohn- und Schlafräumen und 955 in Funktionsräumen. Dabei kann es sich

Tabelle 1

**Deskription der Wohnungsstichprobe**

Variable	Ausprägung	n	%
Gesamtzahl der untersuchten Wohnungen		5.530	100
Haustyp	Einfamilienhaus freistehend	1.752	31,7
	Einfamilienreihenhaus	790	14,3
	Mehrfamilienhaus (MFH)	2600	47,1
	MFH – Plattenbau	380	6,9
Lage	Dorf	1.507	27,5
	Stadttrand	2.767	50,4
	Stadtzentrum	1.216	22,2
Verkehrskategorie	Durchgangs- oder belebte Hauptstraße	1.562	28,5
	Straße mit wenig Verkehr	2.136	39,0
	Ruhige Nebenstraße, Weg	1.782	32,5
Baujahr	Vor 1900	514	9,5
	1900–1918	283	5,2
	1919–1948	785	14,5
	1949–1978	2.590	47,9
	1979–1986	531	9,8
	1987–1990	197	3,7
	1991–1993	117	2,2
	Ab 1994	385	7,1
Hauptbaumaterial	Ziegel	3.651	66,4
	Beton	592	10,8
	Porenbeton	789	14,4
	Holz	106	1,9
	Sonstiges	362	6,6
Wärmedämmung	Ohne	831	15,0
	Keine Information	2.418	43,7
	Vorhanden	2.281	41,2
Wohneigentum	Ja	2.752	50,2
	Nein	2.730	49,8
Gesamtzahl aller untersuchten Räume pro Wohnung	1–2	84	1,5
	3	235	4,3
	4	1.200	21,7
	5	1.511	27,3
	6	824	14,9
	7 und mehr	1.676	30,3
Anzahl Bewohner	1	1.525	27,6
	2	2.260	40,9
	3	877	15,9
	4	657	11,9
	5 bis 8	211	3,8
Lüftungstechnische Maßnahmen	Abluftanlage mit nutzerunabhängigem Betrieb	125	2,3
	Abluftanlage mit nutzerabhängigem Betrieb	610	11,2
	Sonstige Anlagentechnik	357	6,5
	Schachtlüftung	525	9,6
	Querlüftung mit Außenluftdurchlass	136	2,5
	Keine	3.703	67,9

nur um sichtbare bzw. dem Wohnungsinhaber bekannte Schäden handeln. Die Klassifizierung erfolgte nach Augenschein durch den geschulten BSM. Die Art des Schadens differiert erheblich nach Wohn- bzw. Funktionsraum. Während in den Wohnräumen Feuchteflecken dominieren, sind es in den Funktionsräumen Stellen mit Schimmelpilzbefall (Tabelle 2).

Der überwiegende Teil aller Schäden wurde an Außenwänden bzw. Außenwänden in Kombination mit anderen Stellen vorgefunden. Schimmel- und Stockflecken befinden sich auch relativ häufig am Fensterrahmen oder in der Fensterlaibung. Schimmelpilze stellen den höchsten Anteil der an Sanitäröbekten gefundenen Schäden (Tabelle 3).

Wenn eine eindeutige Schadensursache erkennbar war, sollte diese vermerkt werden, um später einen Ausschluss „nicht lüftungsrelevanter Schäden“ zu ermöglichen. Nur ca. ein Drittel der Schäden ließ sich einer eindeutigen Ursache zuweisen. Dies war bei Feuchteflecken (53,1%) am ehesten und bei Schimmel (18,6%) am seltensten möglich (Tabelle 4).

Schäden konnten in einer Wohnung mehrfach auftreten und wurden auch getrennt erfasst. Für die Risikoschätzung waren allerdings dichotome Schadenskriterien notwendig, die sich immer auf das Vorkommen mindestens eines Schadens der unten definierten Art in der Wohnung bezogen. Mindestens ein Schaden unabhängig von Art und Ursache fand sich in 1.213 (21,9%) der untersuchten 5.530 Wohnungen. Dabei handelte es sich in 513 (9,3%) Fällen um Schimmelpilzbefall. Ein potenziell lüftungsrelevanter Schaden (hier sind alle durch Leitungswasser, Regenwasser und aufsteigende Feuchte verursachten Schäden ausgeschlossen) wurde in 787 Wohnungen (14,2%) festgestellt und lüftungsrelevante Schimmelpilzschäden in 320 (5,8%). Dabei werden mit dem Begriff „lüftungsrelevant“ auch Schäden beschrieben, die aus einer ungeeigneten Abstimmung von Heizungs- und Lüftungsgewohnheiten sowie mangelnder Wärmedämmung resultieren.

**Ursachen der Feuchteschäden in Wohnungen (univariat)**

Tabelle 5 listet die wichtigsten mit Feuchteschäden zusammenhängenden Gebäude- und Wohnungsmerkmale auf und



weist den Bestand (Prävalenz) an Feuchteschäden gesamt, Lüftungsbedingten Feuchteschäden und Schimmelpilzbefall für die angegebenen Ausprägungen dieser Merkmale aus. So finden sich häufiger Schäden (gesamt) in Wohnungen, in denen auch Fenster ohne umlaufende Dichtungen vorhanden sind, die durch unzureichende nutzerseitige Fensterlüftung gekennzeichnet sind, die nicht dem Bewohner gehören, die sich in Mehrfamilienhäusern befinden, die Außenwanddecken oder -kanten aufweisen, die keinerlei Wärmedämmung haben und in denen Haustiere gehalten werden. Verglichen mit reiner Fensterlüftung ist das Vorhandensein von Abluftanlagen mit nutzerunabhängigem<sup>2</sup> Betrieb sowie von Schachtlüftung und Querlüftung mit Außenluftdurchlässen (ALD) mit einem selteneren, die Nutzung von Abluftanlagen mit nutzerabhängigem<sup>3</sup> Betrieb und sonstiger Technik<sup>4</sup> mit einem häufigeren Auftreten von Feuchteschäden verbunden.

Bei Betrachtung der potenziell lüftungsrelevanten Schadensfälle reduzieren sich die signifikanten Merkmale auf „alle Fenster mit umlaufenden Dichtprofilen“, Wohneigentum, Haustier und „lüftungstechnische Maßnahmen“. Allerdings heben sich hier nur noch die „Abluftanlage mit nutzerunabhängigem Betrieb“ und die „Schachtlüftung“ positiv von der reinen Fensterlüftung ab. Im Trend ähnlich, aber nicht mehr signifikant, stellen sich Lüftungstechnische Maßnahmen in Bezug auf Schimmelpilzbefall dar. Ebenfalls von Bedeutung sind

<sup>2</sup> Nutzerunabhängig werden Lüftungsanlagen betrieben, wenn eine dauerhafte Grundlüftung unbeeinflusst vom Nutzerverhalten realisiert wird. Eine solche Konstellation ist für Abluftanlagen mit Zentralventilator typisch.

<sup>3</sup> Mit „nutzerabhängigem Betrieb“ werden Regelungskonzepte bezeichnet, bei denen die Laufzeit der Anlagen maßgeblich durch den Nutzer bestimmt wird und keine nutzerunabhängige Grundlüftung gewährleistet ist. Dies ist beispielsweise in innenliegenden Bädern bei der Kopplung des Ventilators an den Lichtschalter der Fall.

<sup>4</sup> Unter „sonstiger Technik“ ist die wegen widersprüchlicher Antworten in den Fragebögen nicht eindeutig zuordenbare Anlagen-technik zusammengefasst. Dabei handelt es sich offensichtlich um eine sehr inhomogene Gruppe.

Tabelle 2

### Verteilung der Schadensart nach Wohn- und Funktionsraum

Raumart	Feuchtefleck		Stockfleck		Schimmel		Sonstiges	
	n	% <sub>z</sub>	n	% <sub>z</sub>	n	% <sub>z</sub>	n	% <sub>z</sub>
Wohnraum	357	40,9	187	21,4	315	36,0	15	1,7
Funktionsraum	272	28,5	222	23,3	436	45,6	25	2,6
Gesamt	629	34,4	409	22,4	751	41,1	40	2,2

%<sub>z</sub> Zeilenprozent

Tabelle 3

### Verteilung der Schadensart auf die Schadensorte im Raum

Schadensort <sup>a</sup>	Feuchtefleck		Stockfleck		Schimmel		Sonstiges	
	n	% <sub>sp</sub>	n	% <sub>sp</sub>	n	% <sub>sp</sub>	n	% <sub>sp</sub>
Außenwand	431	68,6	267	65,4	440	58,7	12	30,0
Innenwand	84	13,4	29	7,1	24	3,2	4	10,0
Fenster	56	8,9	75	19,4	153	20,4	2	5,0
Sanitärobjekt	4	0,6	25	6,1	114	15,2	10	25,0
Anderer Ort	53	8,4	12	2,9	18	2,4	12	30,0

<sup>a</sup> 4 Fälle ohne Angabe des Schadensortes.

%<sub>sp</sub> Spaltenprozent

Tabelle 4

### Verteilung der Schadensart auf sichtbare Schadensursachen

Schadensursache	Feuchtefleck		Stockfleck		Schimmel		Sonstiges	
	n	% <sub>sp</sub>	n	% <sub>sp</sub>	n	% <sub>sp</sub>	n	% <sub>sp</sub>
Leitungswasser	84	13,4	27	6,6	43	5,7	8	20,0
Regenwasser	137	21,8	46	11,3	24	3,2	6	15,0
Aufsteigende Feuchte	113	18,0	41	10,0	73	9,7	0	0
Ungeklärt	295	46,9	295	72,1	611	81,4	26	65,0

%<sub>sp</sub> = Spaltenprozent

„alle Fenster mit umlaufenden Dichtprofilen“, Wohneigentum, Haustyp, Außenwandkanten und die Haltung eines Haustieres in der Wohnung für den Schimmelpilzbefall (s. Tabelle 5).

Auch der, aus den Angaben zu Wasser/Trocknen, Duschen/Baden, Kochen/Backen, Aufenthalt von Menschen und Tieren und dem Ausbringen von Wasser zum Blumengießen, Befeuchten etc. in der Wohnung pro m<sup>2</sup> und Zeiteinheit (Tag) hochgerechnete Feuchteintrag und der Zimmer-Kopf-Index, ein eher soziales Merkmal, haben in der univariaten

Darstellung einen erheblichen Einfluss auf alle 3 Schadenskategorien (Tabelle 6).

Zwischen den in den Tabellen 5 und 6 aufgeführten Gebäude- und Wohnungsmerkmalen bestehen z. T. Abhängigkeiten (z. B. ist der Haustyp hochsignifikant mit dem Wohneigentum verbunden, d. h. Einfamilienhäuser werden zum überwiegenden Teil von den Eigentümern bewohnt, Wohnungen in Mehrfamilienhäusern überwiegend von Mietern). Da sich hinter dem Haustyp aber auch noch eine ganze Reihe anderer bekannter und unbekannter, mit der Scha-

Tabelle 5

**Prävalenzrate (PR) an Feuchteschäden in Abhängigkeit von verschiedenen Gebäude- und Wohnungsmerkmalen**

Einflussgrößen		Feuchteschäden gesamt		Lüftungsrelevante Feuchteschäden		Schimmelpilzbefall	
		n	PR [%]	n	PR [%]	n	PR [%]
Gesamt		1.213	21,9	787	14,2	513	9,3
Umlaufende	Ja	531	19,3	363	13,2	219	7,9
Dichtprofile an Fenstern und Wohnungstür	Nein	682	24,6	424	15,3	294	10,6
Fensterlüftung	Unzureichend	65	28,0	41	17,7	27	11,6
	Durchschnittlich	787	22,3	515	14,6	339	9,6
	Gut	360	20,3	231	13,0	147	8,3
Wohneigentum	Ja	515	18,7	331	12,0	195	7,1
	Nein	691	25,3	453	16,6	316	11,6
Haustyp	Mehrfamilienhaus	683	22,9	442	14,8	302	10,1
	Einfamilienhaus	526	20,7	342	13,5	210	8,3
Außenwandkante	Ja	888	22,7	571	14,6	383	9,8
	Nein	317	19,9	212	13,3	127	8,0
Wärmedämmung	Ja	446	19,6	300	13,2	175	7,7
	Nein	767	23,6	487	15,0	338	10,4
Haustier in der Wohnung	Ja	405	24,4	267	16,1	197	11,9
	Nein	808	20,9	520	13,4	316	8,2
Lüftungstechnische Maßnahme	Nutzerunabhängige Abluftanlage	20	16,0	10	8,0	9	7,2
	Nutzerabhängige Abluftanlage	157	25,7	105	17,2	57	9,3
	Sonstige Technik	84	23,5	58	16,3	36	10,1
	Schachtlüftung	98	18,7	60	11,4	37	7,1
	Querlüftung mit Außenluftdurchlass	27	19,9	20	14,7	13	9,6
	Keine	813	22,0	527	14,2	355	9,6

p ≤ 0,05 aus  $\chi^2$ -Test fett gedruckt

densproblematik assoziierter Sachverhalte verbirgt, wurde er zur Adjustierung in den multiplen logistischen Modellen mitgeführt.

### Ursachen der Feuchteschäden in Wohnungen im multiplen logistischen Regressionsmodell

Signifikante Risikofaktoren hinsichtlich aller 3 Schadenskategorien sind eine unzureichende, aber auch schon eine durchschnittliche Fensterlüftung im Vergleich zu einer guten Fensterlüftung, kein Wohneigentum im Vergleich zu Wohneigentum und das Vorhandensein von Außenwanddecken oder -kanten. Als durchgängig protektive Faktoren erscheinen ein möglichst hoher Zimmer-

Kopf-Index, Fenster mit umlaufenden Dichtprofilen in allen Räumen als Merkmal eines modernen Bauzustandes, das Vorhandensein von Abluftanlagen mit nutzerunabhängigem Betrieb und von Schachtlüftung.

Ein um 100 g pro Tag und m<sup>2</sup> Wohnfläche steigender Feuchteeintrag erhöht das Risiko für das Auftreten lüftungsbedingter Feuchteschäden um ca. 90%. Für Schäden durch Schimmelpilzbefall scheint die Höhe des Feuchteintrags mit einem Risiko von 30% (nicht signifikant) nicht so von Belang zu sein wie für die anderen beiden Kategorien.

Das Vorhandensein einer Wärmedämmung ist zwar für lüftungsrelevante Schäden kein signifikanter Einfluss mehr, weicht aber in Höhe und Trend

kaum von den anderen Odds Ratios ab. Das Halten von Haustieren in der Wohnung erhöht lediglich das Risiko für einen Schimmelpilzbefall signifikant. Für die allgemeinen Schadenskategorien ist es im multiplen Modell bedeutungslos (Tabelle 7).

### Gesundheitliche Auswirkungen von Feuchteschäden

Für eine optimale Risikoschätzung reichen die in der vorliegenden Studie erfassten Angaben zu den Bewohnern nicht aus. Die in der Tabelle 8 beschriebenen adjustierten Odds Ratios sind deshalb eher als ein im Vergleich mit der Literatur interessantes Zusatzergebnis, denn als regelrechte epidemiologische Erkenntnis

Tabelle 6

**Vergleich von Wohnungen mit und ohne Schäden hinsichtlich des Feuchteintrags und des Zimmer-Kopf-Index ( $p \leq 0,05$  signifikant)**

	Deskription	Feuchteschäden gesamt		Lüftungsrelevante Feuchteschäden		Schimmelpilzbefall	
		Ja	Nein	Ja	Nein	Ja	Nein
Feuchteintrag <sup>a</sup>	n	1.211	4.306	785	4.732	512	5.005
	Mittelwert	0,53	0,48	0,54	0,49	0,54	0,49
	STD	0,27	0,25	0,26	0,25	0,26	0,26
	Median	0,49	0,43	0,50	0,44	0,50	0,44
	95%-Perzentil	1,02	0,94	1,02	0,95	1,01	0,95
	p <sup>c</sup>		0,0001		0,0001		0,0001
Zimmer-Kopf-Index <sup>b</sup>	n	1.206	4.302	780	4.728	509	4.999
	Mittelwert	2,93	03,13	2,85	3,13	2,77	3,12
	STD	1,47	01,41	1,45	1,42	1,42	1,42
	Median	2,50	02,75	2,50	2,67	2,50	2,67
	95%-Perzentil	6,0	06,0	5,5	6,0	5,0	6,0
	p <sup>c</sup>		00,0001		0,0001		0,0001

<sup>a</sup> 100 g Feuchteintrag pro Tag und m<sup>2</sup> Wohnfläche.

<sup>b</sup> Anzahl Zimmer/Anzahl der Bewohner.

<sup>c</sup> Wilcoxon rank-sum-test

anzusehen. Es soll die Frage beantwortet werden, inwieweit (in der bekannten Weise definierte) Feuchteschäden in Wohnungen das Risiko für eine asthmatische, allergische oder Erkältungskrankheit erhöhen. Dazu wurden die selbst berichteten Angaben zu ärztlich diagnostizierten Asthma/Allergie bzw. zur Anzahl der Erkältungskrankheiten in den letzten 12 Monaten genutzt. Als zusätzliche potenzielle Einflussgrößen auf die Erkrankungen werden die folgenden in der Studie zur Verfügung stehenden Variablen ins Modell einbezogen:

- Alter und Geschlecht als demographische Merkmale,
- Wohneigentum und Zimmer-Kopf-Index als sozioökonomische Merkmale,
- die durchschnittliche tägliche Aufenthaltszeit in der Wohnung als Expositionsscharakteristikum,
- Lage des Gebäudes in eher ländlichem oder städtischem Gebiet, an verkehrsreichen Straßen bzw. in Industriegebieten (Außenluftverschmutzung) und das Halten von Haustieren als relevante Expositionsfaktoren,
- die Belastung durch Tabakrauch in der Wohnung als bekannter Risikofaktor für Erkrankungen der Atemwege.

Auf Basis des über 12.000 Personen umfassenden Probandendatensatzes waren die folgenden Angaben möglich (s. Tabel-

le 8): Eine ärztlich diagnostizierte Asthmaerkrankung wurde für 3,3% aller einbezogenen Personen berichtet. Das Vorhandensein von Feuchteschäden insgesamt, aber auch von ausschließlich Schimmelpilzschäden erhöht das Risiko, an Asthma zu erkranken, signifikant um 50%. Unter einer nach Aussage der Probanden ärztlich diagnostizierten Allergie litten 12,9% aller einbezogenen Personen. Durch das Vorhandensein von Feuchteschäden (gesamt) bzw. von Schimmelpilzschäden erhöht sich das Allergierisiko um 30%. Lüftungsrelevante Feuchteschäden erhöhen das Risiko um 20%. Im Einzelnen nehmen Feuchteschäden (gesamt) signifikanten Einfluss auf durch Milben (OR=1,5; CI: 1,2–1,9) und Schimmelpilze (OR=1,6; CI: 1,1–2,5) ausgelöste Allergien, aber auch auf Pollenallergien (OR=1,2; CI: 1,0–1,4). Milbenallergien werden in gleicher Weise auch durch Schimmelpilzschäden (OR=1,5; CI: 1,1–2,0) und etwas weniger durch lüftungsrelevante Feuchteschäden (OR=1,4; CI: 1,1–1,8) beeinflusst.

**Feuchteschäden erhöhen das Risiko, an Asthma zu erkranken, um 50%.**

Die definierten Schadenskategorien erhöhen signifikant das Risiko für eine Erkältungskrankheit um 50% (im Falle der lüftungsbedingten Feuchteschäden um

40%). Interessant ist in diesem Zusammenhang, dass das Risiko auf 70% (respektive 50% bei lüftungsbedingten Feuchteschäden) steigt, wenn als Zielgröße 3 und mehr Erkältungskrankheiten, also eine wirkliche Infektanfälligkeit steht. Diese wurde für 7,9% der einbezogenen Personen berichtet (56,7% der Probanden waren von einer Erkältungskrankheit innerhalb der letzten 12 Monate betroffen).

**Diskussion**
**Ursachen von Feuchteschäden einschließlich Schimmelpilzbefall**

In der vorliegenden Untersuchung wurden in 21,9% der untersuchten Wohnungen sichtbare Feuchteschäden ohne nähere Spezifizierung bzw. in 9,3% Schimmelpilzschäden registriert.

Vergleichbares Zahlenmaterial ist rar. Der Bauschadensbericht des Bundes weist keine konkreten Schäden aus, sondern eher den Instandsetzungsbedarf und dessen Kosten [3]. Allerdings befinden sich in der Abhandlung des Schwerpunktthemas II – Arbeiten am Bestand – Instandsetzung und Modernisierung auch statistische Angaben, so werden z. B. in einer Grafik über Schäden als Sanierungsfolge (S. 97) 12,7% Schimmelpilzschäden nach Fensteraustausch ausgewiesen. Allerdings bezieht sich dieser Wert nicht auf das Vor-

Tabelle 7

**Einflüsse auf Feuchteschäden im multiplen logistischen Modell. OR Odds Ratios, CI 95%-Wald-Confidence-Intervalle. Signifikante OR ( $p \leq 0,05$ ) im Fettdruck**

Einflussgrößen	Feuchteschäden gesamt		Lüftungsrelevante Feuchteschäden		Schimmelpilz- befall	
	OR	95%-CI	OR	95%-CI	OR	95%-CI
Feuchteintrag <sup>a</sup>	<b>1,8</b>	<b>1,4–2,4</b>	<b>1,9</b>	<b>1,4–2,6</b>	1,3	0,9–1,9
Zimmer-Kopf-Index <sup>b</sup>	<b>0,9</b>	<b>0,9–1,0</b>	<b>0,9</b>	<b>0,8–0,9</b>	<b>0,8</b>	<b>0,8–0,9</b>
Umlaufende Dichtprofile an Fenstern und Wohnungstür	<b>0,7</b>	<b>0,6–0,8</b>	<b>0,8</b>	<b>0,7–1,0</b>	<b>0,7</b>	<b>0,6–0,9</b>
Fensterlüftung						
Unzureichend	<b>1,7</b>	<b>1,2–2,3</b>	<b>1,6</b>	<b>1,1–2,4</b>	<b>1,6</b>	<b>1,0–2,6</b>
Durchschnittlich	<b>1,2</b>	<b>1,0–1,4</b>	<b>1,3</b>	<b>1,1–1,5</b>	<b>1,3</b>	<b>1,0–1,6</b>
Gut	1		1		1	
Kein Wohneigentum	<b>1,7</b>	<b>1,4–2,0</b>	<b>1,7</b>	<b>1,4–2,1</b>	<b>2,0</b>	<b>1,6–2,6</b>
Mehrfamilienhaus <sup>c</sup>	0,9	0,7–1,1	0,9	0,7–1,1	0,9	0,7–1,2
Außenwandkante	<b>1,4</b>	<b>1,2–1,7</b>	<b>1,3</b>	<b>1,1–1,6</b>	<b>1,6</b>	<b>1,2–2,0</b>
Wärmedämmung	<b>0,9</b>	<b>0,7–1,0</b>	0,9	0,8–1,1	<b>0,8</b>	<b>0,7–1,0</b>
Haustier	1,1	1,0–1,3	1,1	1,0–1,3	<b>1,4</b>	<b>1,2–1,8</b>
Lüftungstechnische Maßnahme						
Nutzerunabhängige Abluftanlage	<b>0,5</b>	<b>0,3–0,8</b>	<b>0,4</b>	<b>0,2–0,7</b>	<b>0,5</b>	<b>0,2–1,0</b>
Nutzerabhängige Abluftanlage	1,2	1,0–1,5	1,3	1,0–1,6	0,9	0,7–1,3
Sonstige Technik	1,0	0,8–1,3	1,1	0,8–1,5	0,9	0,6–1,4
Schachtlüftung	<b>0,7</b>	<b>0,6–0,9</b>	<b>0,7</b>	<b>0,5–0,9</b>	<b>0,6</b>	<b>0,4–0,9</b>
Querlüftung mit Außenluftdurchlass	0,8	0,5–1,3	1,0	0,6–1,6	1,0	0,6–1,8
Keine	1		1		1	

<sup>a</sup>100 g Feuchteintrag pro Tag und m<sup>2</sup> Wohnfläche.

<sup>b</sup>Anzahl Zimmer/Anzahl der Bewohner.

<sup>c</sup>Versus Einfamilienhaus

kommen in deutschen Gebäuden, sondern auf einen Rang innerhalb der möglichen Schäden, die bei einer Umfrage unter Schadenssachverständigen (Zahl der Befragten unbekannt) angegeben wurden. An anderer Stelle (S. 101) wird auf Basis einer Untersuchung an 3.249 Wohnungen in 504 vor 1960 errichteten Gebäuden in 2,4% der untersuchten Gebäude ein sicherer Befall und an 7,1% ein Verdacht des Befalls durch Hausschwamm festgestellt. Nach näherer Untersuchung erwiesen sich 43,5% dieser Verdachtsfälle als andere „zerstörende Pilze“. Das sind also ca. 3% der Gesamtstichprobe, wobei keine explizite Aussage zu Schimmelpilzen getroffen wird. Die am ehesten vergleichbare Angabe basiert auf dem Bundes-Gesundheits-survey 1998. Hier wurde eine Zufallsstichprobe von über 7.000 Personen u. a. nach „feuchten Wänden“ in der Wohnung gefragt. 7,7% beantworteten diese Frage mit „ja“, und 5,9% gaben an, eine „schimmelige Wand“ zu haben (unveröffentlichte Daten

des Robert Koch-Institutes). Diese deutlich geringere Prävalenz könnte darauf zurückzuführen sein, dass im vorliegenden Projekt nicht nur Wände, sondern auch kleinflächige Schäden an z. B. Sanitär-fugen, Fenstergewänden, Fußböden, Decken etc. von geschulten Kräften erfasst wurden.

Vergleichbare internationale Zahlen sind zumeist selbst berichtet und nicht durch unabhängige Begutachter erfasst. Sie bewegen sich von 8–9% Feuchteschäden im Haus [4] oder 22% in älteren Mehrfamilienhäusern [5] in Schweden, 14,8% Feuchtezeichen bzw. 9,1% Pilzschäden in den Wohnungen niederländischer Kinder [6], 15% Feuchte und/oder Pilze bei Studenten [7] bzw. 20% bei Vorschulkindern [8] in Finnland, 32,4% Pilzschäden und 14,1% Feuchte in den Wohnungen kanadischer Kinder [9], 36% Feuchtezeichen inklusive Pilzschäden in den Wohnungen US-amerikanischer Schulkinder [10], bis zu 72,3% Wohnungen mit Feuchtezeichen

(inklusive Pilzbefall) taiwanesischer Schulkinder [11].

Mit dem Entstehen von Schimmelpilzbefall im Gebäudeinneren ist dann zu rechnen, wenn a) ein bestimmtes Maß an Temperatur und Feuchtigkeit und b) eine ausreichende Nährstoffgrundlage für c) eine definierte Zeitdauer vorhanden sind [12]. Die Nährstoffgrundlage ist abhängig vom Baumaterial bzw. den darauf aufgetragenen Schichten. Organische Materialien sind naturgemäß anfälliger als anorganische. Letztendlich sind Unterschiede aber marginal, wenn der Verschmutzungsgrad erheblich ist und als alleinige Nahrungsgrundlage für den Schimmelpilz ausreicht [13]. Es gibt also auch einen hygienischen Aspekt, der sich in der vorliegenden Untersuchung nicht richtig einschätzen ließ, aber zumindest durch die Haltung eines Haustieres als Risikofaktor für Schimmelpilzschäden (OR=1,4; CI: 1,2–1,8) repräsentiert ist. Haustiere sind mit „Hygienemängeln“ in der Wohnung assoziiert. Es ist z. B. nachgewiesen, dass bei Vorhandensein von Haustieren Wohnungen höhere Endotoxin- und Milbenallergenkonzentrationen aufweisen [14, 15].

Die Feuchtigkeit, die der Pilz sowohl dem Substrat als auch der Luft entnehmen kann [16], wird durch verschiedenste Quellen ermöglicht, z. B. durch aufsteigende Feuchte und Baufeuchte, Rohrbrüche, undichte Dächer und Überschwemmungen, aber auch durch außenklimatische Verhältnisse mit hoher Feuchtebelastung und einen nutzungsbedingten Feuchteintrag. Kurzzeitige hohe Feuchtebelastungen führen in der Regel nicht zu sichtbaren Feuchteschäden oder Schimmelpilzbefall [13]. „Ideale“ Feuchte-, Temperatur- und Nährstoffkonditionen, wie sie z. B. im Labor eingestellt werden können, müssen mindestens 24 Stunden zusammenwirken, um ein Schimmelpilzwachstum zu ermöglichen [12]. „Reale“ Verhältnisse sind vor allem durch die Dynamik ihrer Feuchte- und Temperaturkonditionen gekennzeichnet. Nach einer Literaturzusammenstellung in [16] kann davon ausgegangen werden, dass für Schimmelpilzwachstum unter realen Wohnverhältnissen kritische Konditionen über mehrere Tage bis mehrere Wochen auftreten müssen. Hygroskopische Materialien haben in diesem Zusammenhang einen protektiven Effekt, da durch sie



Tabelle 8

**Einfluss von Feuchteschäden auf Asthma, Allergien und Erkältungshäufigkeit im multiplen logistischen Modell<sup>a</sup>.  $p \leq 0,05$  fett gedruckt**

Zielgrößen	Prävalenz [%]	Feuchteschäden gesamt		Lüftungsrelevante Feuchteschäden		Schimmelpilzbefall	
		OR	95%-CI	OR	95%-CI	OR	95%-CI
Asthma <sup>b</sup>	3,3	<b>1,5</b>	<b>1,2–1,9</b>	1,2	0,9–1,6	<b>1,5</b>	<b>1,1–2,0</b>
Mindestens eine (nicht näher spezifizierte) Allergie <sup>b</sup>	12,9	<b>1,3</b>	<b>1,1–1,4</b>	<b>1,2</b>	<b>1,0–1,4</b>	<b>1,3</b>	<b>1,1–1,5</b>
Milbenallergie <sup>b</sup>	3,1	<b>1,5</b>	<b>1,2–1,9</b>	<b>1,4</b>	<b>1,1–1,8</b>	<b>1,5</b>	<b>1,1–2,0</b>
Schimmelpilzallergie <sup>b</sup>	0,9	<b>1,6</b>	<b>1,1–2,5</b>	1,3	0,8–2,2	1,5	0,8–2,5
Pollenallergie <sup>b</sup>	7,2	<b>1,2</b>	<b>1,0–1,4</b>	1,1	0,9–1,3	1,2	0,9–1,4
Tierhaarallergie <sup>b</sup>	2,8	1,2	0,9–1,5	1,1	0,8–1,5	0,9	0,6–1,3
Mindestens <i>eine</i> Erkältungs- krankheit in den letzten 12 Monaten	56,7	<b>1,5</b>	<b>1,3–1,6</b>	<b>1,4</b>	<b>1,3–1,5</b>	<b>1,5</b>	<b>1,3–1,7</b>
Mindestens 3 Erkältungs- krankheiten in den letzten 12 Monaten	7,9	<b>1,7</b>	<b>1,4–2,0</b>	<b>1,5</b>	<b>1,3–1,8</b>	<b>1,7</b>	<b>1,4–2,1</b>

<sup>a</sup> Adjustiert auf: Geschlecht, Alter, Zimmer-Kopf-Index, Wohneigentum, durchschnittliche tägliche Aufenthaltszeit in der Wohnung, Lage des Gebäudes (Stadtzentrum, Stadtrand, Land), Außenluftverschmutzung, Haustier und Rauchen in der Wohnung.

<sup>b</sup> Selbst berichtet auf Frage nach ärztlich diagnostiziertem Asthma/Allergie.

OR Odds Ratios, CI 95%-Wald-Confidenceintervalle

temporär hohe Feuchten im Raum vermieden werden [17]. In der vorliegenden Auswertung wurde nicht mit Extrembelastungen, sondern mit einem durchschnittlichen täglichen Feuchteintrag pro m<sup>2</sup> Wohnfläche gerechnet. Je 100 g Feuchte pro Tag und m<sup>2</sup> steigt das Risiko für einen Feuchteschaden um 80%, für einen lüftungsbedingten Feuchteschaden um 90% und für einen reinen Schimmelpilzschaden um 30% (Letzteres nicht signifikant).

Das Schadenspotenzial des Feuchteintrags wird durch Baumängel erhöht, z. B. durch ungedämmte (kalte) Wände und Wärmebrücken besonders an Gebäudekanten [18, 19]. Bisweilen ermöglichen Baumängel erst den Eintritt von Feuchtigkeit in das Mauerwerk. Dies wird von Erhorn als häufigste Ursache für Feuchteschäden noch vor „Wärmebrücken“ und Nutzereinfluss ausgewiesen [20]. Der positive Effekt der Wärmedämmung nicht nur im Sinne einer Energieeinsparung, sondern auch im Zusammenhang mit Schimmelpilzschäden wird von Schumacher hervorgehoben [21]. Die vorliegende Untersuchung bestätigt die höhere Anfälligkeit von Außenwandkanten in Bezug auf alle 3 Schadenskriterien signifikant –

besonders aber für das Schimmelpilzrisiko (OR= 1,6; CI: 1,2–2,0). Die 2.281 (41,2%) mit einer Wärmedämmung versehenen Wohnungen weisen ein 10% geringeres Risiko für Feuchteschäden und ein 20% geringeres für Schimmelpilzschäden auf als die ohne jegliche Dämmmaßnahme.

### **Wärmedämmungen reduzieren das Risiko für Feuchteschäden und Schimmelpilzbefall.**

Ein weiterer modifizierender Faktor im Zusammenhang mit der Feuchte ist die Lüftung, die erst den Abtransport der Feuchtigkeit ermöglicht und somit entscheidenden Einfluss auf den oben angesprochenen Zeitfaktor hat. In der Praxis (von den untersuchten 5.530 Wohnungen waren 67,9% ausschließlich natürlich – und ohne zusätzliche Lüftungsmaßnahmen – gelüftet) kommt die größere Bedeutung der Fensterlüftung zu. Dies spiegeln auch die über alle Schadenskategorien konsistenten und mit einem eindeutigen Gradienten versehenen Odds Ratios im adjustierten multiplen Modell wider. Verglichen mit gut gelüfteten Wohnungen haben durchschnittlich gelüftete Wohnun-

gen ein um 20–30%, unzureichend gelüftete Wohnungen ein um 60–70% erhöhtes Risiko für einen Feuchteschaden, unabhängig von der Schadenskategorie. Im Vergleich zu ausschließlich natürlicher Lüftung ist das zusätzliche Vorhandensein einer Abluftanlage mit nutzerunabhängigem Betrieb von Vorteil und senkt das Risiko für jede der ausgewiesenen Schadenskategorien um die Hälfte. Dies ist in der Literatur unbestritten, wobei eine bedarfsabhängige Betriebsweise gegenüber einem Dauerbetrieb alternativ diskutiert wird [22]. Auch der Effekt der Schachtlüftung ist statistisch bedeutsam, aber ohne zusätzliche Fensterlüftung vermutlich nicht in allen Fällen ausreichend [23]. Alle anderen betrachteten lüftungstechnischen Maßnahmen waren ohne signifikanten Effekt auf das Schadensrisiko. Auf die inhomogene Zusammensetzung der „sonstigen Technik“ wurde bereits hingewiesen.

Der von Erhorn und Gertis unter Annahme eines vergleichsweise hohen Feuchteintrags modellhaft errechnete notwendige Luftaustausch in Wohnräumen liegt bei durchschnittlicher Nutzung der Räume im Tagesmittel bei 0,8 h<sup>-1</sup> in der Übergangszeit bzw. 0,5 h<sup>-1</sup> im Winter. Dabei sollten Spitzenbelastungen in den

Feuchträumen durch einen kurzfristig erhöhten Luftwechsel ( $5-8 \text{ h}^{-1}$ ) abgefangen werden. In vor 1969 errichteten, schlecht gedämmten Bauten muss dieser geringfügig höher sein; kontinuierlich hohe Feuchteemissionen erfordern Luftwechselwerte bis  $2,0 \text{ h}^{-1}$  [24]. Hartmann berechnete generell geringere Werte [22]. Diese Luftwechselwerte wurden in der Praxis offensichtlich auch durch Fensterlüftung annähernd erreicht [25, 26, 27].

Der Einfluss der In- bzw. Exfiltration durch Undichtheiten, wie beispielsweise Fugen, Risse oder Bauteilanschlüsse, auf den Luftwechsel und einen ausreichenden Abtransport von Feuchte wird in der Fachliteratur kontrovers diskutiert. Einerseits wird, basierend auf den technisch-physikalischen Zusammenhängen, die Meinung vertreten, dass durch Einbau von Fenstern mit umlaufenden Dichtprofilen In- und Exfiltration in starkem Maße behindert werden. Dies wiederum erhöht die Wahrscheinlichkeit für einen Anstieg der Raumluftfeuchte und das damit verbundene Risiko für Feuchte- und Schimmelpilzschäden. Berichte über ein gehäuftes Auftreten von Schimmelpilz nach dem Einbau dichter Fenster finden sich in [12, 20, 22 (S. 74)]. 1996 wurden von Clausnitzer und Jahn [28] 133 Wohnungsgesellschaften zum Problemkreis „Energieeinsparung versus Lüftung“ befragt. Von den 53 verwertbaren Rückantworten (40%) gaben alle an, dass es in Wohnungen der jeweiligen Gesellschaft in der Vergangenheit Probleme mit feuchten Wänden und Schimmelpilzen gab. Die Frage, ob solche Schäden vermehrt nach dem Einbau neuer Fenster auftraten, wurde von 37 Gesellschaften mit ja, von 12 mit nein und von 4 nicht beantwortet. Bezogen auf den von den Gesellschaften repräsentierten Wohnungsbestand von ca. 565.000 wurden Prozentklassen betroffener Wohnungen – Angaben für die Einzelwohnung fehlen – ermittelt. 29 (55%) der Gesellschaften schätzen ein, dass der Anteil betroffener Wohnungen 1–9% betrug, in keinem Fall lag der Anteil von Wohnungen mit Schimmelpilzschäden über 30%.

Andererseits wird anhand historischer Betrachtungen und Messungen, aber auch neuerer Untersuchungen geschlossen, dass der Luftwechsel durch Undichtheiten, wie beispielsweise Fugen, Risse oder Bauteilanschlüsse, keine Garantie für eine gute Raumluftqualität und damit auch für eine ausreichende Abfuhr der im Innenraum freigesetzten Feuchte

bietet [29, 30]. Weiterhin wird darauf hingewiesen, dass bei Neubauten trotz dichter Fenster nur in seltenen Ausnahmefällen Schimmel zu beobachten ist, wenn Wärmebrücken reduziert oder vermieden wurden ([30], S. 77). Diese Feststellungen zeigen, dass die simple Argumentation „dichte Fenster führen zu Schimmelpilzschäden“ fragwürdig ist. Vielmehr ist von einem komplexen Zusammenspiel vieler Einflussparameter (z. B. Bauzustand, Nutzungscharakteristika etc.) auszugehen. In diese Richtung weist auch das Ergebnis der vorliegenden Studie. In Wohnungen, deren Fenster in allen untersuchten Räumen mit umlaufenden Dichtprofilen versehen waren und die eine dichte Wohnungstür hatten, ist das Risiko für die Entstehung eines Feuchte- oder auch speziell Schimmelpilzschadens signifikant geringer als in solchen mit undichten Fenstern. Dieses Ergebnis ist konsistent über alle Auswertungen und hält auch der Adjustierung auf andere maßgebliche Einflussfaktoren stand (s. Tabelle 7), steht aber im Widerspruch zu den allgemein bekannten physikalisch-technischen Zusammenhängen. Offensichtlich ist davon auszugehen, dass das Vorhandensein moderner Fenster mit einer ganzen Reihe anderer protektiver Faktoren assoziiert sein dürfte (z. B. Heizverhalten und Temperaturverläufe), deren Ausprägung in der vorliegenden Untersuchung nicht erfasst wurde, und die dadurch nicht ins multiple Modell einbezogen werden konnten.

Die Frage der dichten Fenster ist nur im Gesamtkontext „Wohnungslüftung – baulicher Zustand – Nutzerverhalten“ zu beantworten und bedarf weitergehender, speziell auf diese Fragestellung eingehender Analysen.

### Krankheitsrelevanz von Feuchte- und Schimmelpilzschäden

Im 1998 repräsentativ für Deutschland durchgeführten Bundes-Gesundheitssurvey wurden 7.099 Männer und Frauen im Alter zwischen 18 und 79 Jahren im ärztlichen Interview nach der Lebenszeitprävalenz ärztlich diagnostizierter Allergien einschließlich Asthma bronchiale gefragt. Dabei berichteten 6% von Asthma und 15% von allergischer Rhinitis. 40% gaben an, mindestens eine ärztlich diagnostizierte Allergie im Verlauf ihres Lebens gehabt zu haben! Die Erkrankungshäufigkeit hat seit Mitte der 80er Jahre stetig zugenommen [31]. Diese Wer-

te liegen deutlich über den in der zu diskutierenden Studie beschriebenen Prävalenzraten z. B. von ärztlich diagnostizierten Allergien (12,9%, inklusive Asthma: 14,7%), Pollenallergie (7,2%) und Asthma (3,3%). Ursächlich für diese Divergenz könnte sein, dass in der vorliegenden Studie die Frage nach ärztlich diagnostizierten Allergien und Asthma nicht vom Arzt, sondern vom Schornsteinfeger gestellt wurde, dass eine Person aufgefordert war, für die ganze Familie zu antworten, und dass natürlich auch Kinder eingeschlossen waren. Deren Prävalenzraten bewegen sich zwischen 0,6% und 7,1% für Asthma und 1,2% bis 14% für Heuschnupfen [32]. Die in den deutschen Studienzentren der ECRHS-Studie (European Community Respiratory Health Survey) festgestellten Prävalenzraten für Asthma bei 20- bis 44-jährigen Männern und Frauen (Hamburg: 4,4%; Erfurt: 2,1%) liegen deutlich unter denen des Bundes-Gesundheitssurvey und stimmen recht gut mit denen der vorliegenden Studie überein. Dagegen sind die Raten für allergische Rhinitis/Heuschnupfen wieder höher (Hamburg: 22,9%; Erfurt: 13,3%) [33].

In der vorliegenden Analyse wurde eine von einem Außenstehenden vorgenommene (relativ objektive) Beobachtung einer Exposition einer selbst berichteten Erkrankung gegenübergestellt. Auch wenn nach einem „ärztlich diagnostizierten“ Befund gefragt wird, muss man davon ausgehen, dass diese Antwort nicht ganz unabhängig von der Kenntnis des Feuchteproblems ausfällt. Die Adjustierung auf verschiedene andere potenzielle Einflussgrößen, insbesondere auch auf sozioökonomische, schwächt diesen Mangel möglicherweise ab. Auf jeden Fall ist das vorliegende Ergebnis, der signifikante Nachweis, dass Bewohner von Wohnungen mit Feuchteschäden ein signifikant höheres Risiko für Asthma, Allergien, aber auch für mehr Erkältungen haben als solche, die nicht in mit diesem Makel versehenen Wohnungen leben, erwartungsgemäß. Dieser Zusammenhang ist vielfach nachgewiesen worden. Einen relativ aktuellen Überblick über die dazu verfügbare Literatur bieten Bornehag et al. [2]. Die meisten signifikanten Nachweise eines Zusammenhangs zwischen Feuchtezeichen, Feuchteschäden und/oder Schimmelpilz auf der einen Seite und gesundheitlichen Beeinträchtigungen wie Asthma, respiratorischen Symptomen, Husten u. a. m. leisten die Studien mit den großen Proban-

denzahlen, aber den qualitativ unsicheren Erhebungsmethoden [4, 5, 7, 8, 34, 35]. Dem methodischen Aufbau der vorliegenden Untersuchung vergleichbare Studien gibt es nur relativ wenige. Smedje et al. wiesen für schwedische Schüler, in deren häuslicher Umgebung Feuchtezeichen eruiert wurden, ein signifikant erhöhtes Asthmarisiko nach (OR=1,8) [36]. Martin et al. fanden in einem unterprivilegierten Wohnviertel Edinburghs in feuchten Wohnungen ein signifikant erhöhtes Risiko für respiratorische Erkrankungen bei Kindern, aber nicht bei deren Müttern [37]. Platt et al. untersuchten 597 Mietwohnungen in Schottland und London und berichteten Zusammenhänge zwischen Feuchte und/oder Schimmelpilzen und verschiedenen respiratorischen Erkrankungen sowohl bei Kindern als auch bei Erwachsenen [38]. Oie et al. ziehen die Ventilationsrate in ihre Betrachtung ein und stellen fest, dass häusliche Feuchteprobleme bei niedriger Ventilationsrate einen signifikant stärkeren Effekt (OR=9,6) auf Bronchialobstruktionen bei Kleinkindern haben als Feuchteprobleme bei hoher Ventilationsrate (OR=2,3) [39]. Auch Fallkontrollstudien, in denen sowohl die Exposition als auch die Wirkung durch objektive Untersuchungen gesichert sind, weisen einen Einfluss von Feuchte auf Asthma [40] und auf Bronchialobstruktionen [41] nach.

## Schlussfolgerungen

- Die vorliegenden Ergebnisse bestätigen den aus der Literatur bekannten gesundheitsschädigenden Einfluss von Feuchteschäden in Wohnungen generell und von Schimmelpilzschäden speziell und zeigen, dass es sich um ein für deutsche Wohnungen relevantes Problem handelt.
- Auch das nach vorhandenen Erkenntnissen zu erwartende Zusammenwirken von Feuchteeintrag, baulichen Gegebenheiten und Lüftung im Hinblick auf die Entstehung von Feuchteschäden konnte im multiplen logistischen Modell abgebildet und bewertet werden. Die Bedeutung sozioökonomischer Variablen wie Wohneigentum und Zimmer-Kopf-Index wurde nachgewiesen.
- In Wohnungen, deren Fenster vollständig mit umlaufenden Dichtprofilen versehen sind, fanden sich signifikant weniger Feuchte- und Schimmelpilzschäden. Dies widerspricht dem aus den phy-

sikalisch-technischen Zusammenhängen erwarteten Ergebnis. Die Ermittlung der hier zugrunde liegenden komplexen Zusammenhänge bedarf weitergehender gezielter Analysen.

- Die Bedeutung der Lüftung ist unumstritten. Die Untersuchung weist auch aus, dass neben natürlicher Lüftung zentrale Abluftanlagen und Schachtlüftung signifikant positive Effekte erzielen. Da der Anteil von Wohnungen, die über zusätzlichelüftungstechnische Maßnahmen verfügten, relativ gering, die Vielfalt der vorgefundenen Lösungen nur bedingt kategorisierbar war, erscheint es notwendig, diesen Problembereich in einem weiteren speziell auf Lüftungstechnische Maßnahmen zugeschnittenen Projekt (z.B. unter Zuhilfenahme eines Kohortenansatzes) zu klären.
- Durch Kenntnis wesentlicher Ursachen von Feuchte- und Schimmelpilzschäden in Wohnungen ist es möglich, gezielt Präventionsstrategien hinsichtlich Asthma bronchiale und allergischen Erkrankungen zu entwickeln.

## Literatur

1. Pettenkofer M v (1858) Über den Luftwechsel in Wohngebäuden. Cotta'sche Buchhandlung, München
2. Bornehag C, Blomquist G, Gyntelberg F et al. (2001) Dampness in buildings and health. *Indoor Air* 11:72–86
3. Bundesministerium für Raumordnung, Bauwesen und Städtebau (1995) Dritter Bericht über Schäden an Gebäuden. Eigenverlag, Bonn
4. Andrae S, Axelson A, Björkstén B et al. (1988) Symptoms of bronchial hyperactivity and asthma in relation to environmental factors. *Arch Disease Childhood* 63:473–478
5. Engvall K, Norrby C, Norbäck D (2001) Asthma symptoms in relation to building dampness and odour in older multifamily houses in Stockholm. *Int J Tuberc Lung Dis* 5:468–477
6. Dijkstra L, Houthuijs D, Brunekreef B et al. (1990) Respiratory health effects of the indoor environment in a population of dutch children. *Am Rev Respir Dis* 142:1172–1178
7. Kilpeläinen M, Terho EO, Helenius H, Koskenvuo M (2001) Home dampness, current allergic diseases, and respiratory infections among young adults. *Thorax* 56:462–467
8. Jaakkola JJK, Jaakkola N, Ruotsalainen R (1993) Home dampness and moulds as determinants of respiratory symptoms and asthma in preschool children. *J Exposure Analysis Environment Epidemiol* 3:129–142
9. Dales RE, Zwanenburg H, Burnett R, Franklin CA (1991) Respiratory health effects of home dampness and moulds among Canadian children. *Am J Epidemiol* 134:196–203
10. Spengler JD, Neas L, Nakai S et al. (1994) Respiratory symptoms and housing characteristics. *Indoor Air* 4:72–82
11. Chih-Shan L, Li-Yuan H (1996) Home dampness and childhood respiratory symptoms in a subtropical climate. *Arch Environment Health* 51:42–46
12. Sedlbauer K, Gabrio T, Krus M (2002) Schimmelpilze – Gesundheitsgefährdung und Vorhersage. *Gesundheitsingenieur* 123:285–336
13. Gertis K, Erhorn H, Reiß J (2000) Klimawirkungen und Schimmelpilzbildung bei sanierten Gebäuden. In: Tagungsband zum Internationalen Bauphysikkongress 1997. Bauphysik der Außenwände. Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart
14. Gross I, Heinrich J, Fahlbusch B et al. (2000) Indoor determinants of Der p 1 and der f 1 concentrations in house dust are different. *Clin Exp Allergy* 30:376–382

15. Bischof W, Koch A, Gehring U et al. (2002) Predictors of high endotoxin concentrations in the settled dust of german homes. *Indoor Air* 12:2–9
16. Sedlbauer K (2001) Vorhersage von Schimmelpilzbildung auf und in Bauteilen. Dissertation Universität Stuttgart
17. Simonson CJ, Salonvaara M, Ojanen T (2002) The effect of structures on indoor humidity – possibility to improve comfort and perceived air quality. *Indoor Air* 12:243–251
18. Erhorn H, Szerman M (1992) Überprüfung der Wärme- und Feuchteübergangskoeffizienten in Außenwänden von Wohnbauten. *Gesundheitsingenieur* 113:177–232
19. Lotz A, Hammacher P (2001) Schimmelschäden vermeiden. Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart, S 20–22
20. Erhorn H (1988) Schäden durch Schimmelpilzbildung im modernisierten Mietwohnungsbau. *Bauphysik* 10:129–134
21. Schumacher R (2001) Schimmelpilze in Wohnungen. In: VBN-Info Sonderheft Topthema Schimmelpilz. Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart, S 23–41
22. Hartmann T (2001) Bedarfsgerechte Wohnungslüftung. Ein Beitrag zur ganzheitlichen Bewertung von Lüftungskonzepten. Dissertation (Fakultät Maschinenwesen der TU Dresden)
23. Borsch-Laaks R (2000) Wohnen ohne Feuchteschäden, 2. Aufl. VWEW Energieverlag, Heidelberg Frankfurt, S 110–112
24. Erhorn H, Gertis K (1986) Mindestwärmeschutz oder/und Mindestluftwechsel? *Gesundheitsingenieur* 107:12–14, 71–76
25. Wegner J (1984) Schadstoffanfall, Luftwechsel in Wohnungen, freie Lüftung. *GI* 105:117–123
26. Hartmann P, Pfiffner I, Bargetzki S (1978) Luftwechsel-Messwerte von ausgewählten Wohnbauten in der Schweiz. *KI* 6:95–99
27. Panzhauser E et al. (1984) Die Luftwechselzahlen in österreichischen Wohnungen. Forschungsbericht F827 des österreichischen Bundesministeriums für Bauten und Technik, Wien
28. Clausnitzer KD, Jahn K (1997) Zur Notwendigkeit der Überprüfung und Reinigung von Lüftungsanlagen in Wohngebäuden. Bremer Energie-Institut (Hrsg) Bundesverband des Schornsteinfegerhandwerks (ZIV), Sankt Augustin/Bremen
29. Künzel H (1982) Lüftung in Wohnungen. Fenster Fassade 9:174–179
30. Eicke-Henning W (2000) Wohnungslüftung, Feuchte und Schimmel in Wohnungen – ein neues Problem? *Gesundheitsingenieur* 121:69–81
31. Hermann-Kunz E (2000) Allergische Krankheiten in Deutschland. Ergebnisse einer repräsentativen Studie. *Bundesgesundheitsbl* 43:400–406
32. Statistisches Bundesamt (2000) Spezialbericht Allergien. Metzler/Poeschel, Stuttgart
33. Heinrich J, Richter K, Frye C et al. (2002) Die Europäische Studie zu Atemwegserkrankungen. *Pneumologie* 56:297–303
34. Spengler J, Nakai S, Özkaynak H, Schwab M (1995) Housing factors and respiratory health symptoms: Kanawha Valley, West Virginia. In: Maroni M, Moravska L, Boffinger ND (eds) *Indoor air – an integrated approach*. Elsevier, Oxford, pp 189–195
35. Brunekreef B, Dockery DW, Speizer FE et al. (1989) Home dampness and respiratory morbidity in children. *Am Rev Respir Dis* 140:1363–1367
36. Smedje G, Norbäck D, Edling C (1997) Asthma among secondary schoolchildren in relation to the school environment. *Clinical Experimental Allergy* 27:1270–1278
37. Martin CJ, Platt SD, Hunt SM (1987) Housing conditions and ill health. *Br Med J* 294:1125–1127
38. Platt SD, Martin CJ, Hunt SM, Lewis CW (1989) Damp housing, mould growth, and symptomatic health state. *BMJ* 298:1673–1678
39. Oie L, Nafstad P, Botten G et al. (1999) Ventilation in homes and bronchial obstruction in young children. *Epidemiology* 10:294–299
40. Williamson IJ, Martin CJ, McGill G et al. (1997) Damp housing and asthma: a case-control study. *Thorax* 52:229–234
41. Nafstad P, Oie L, Mehl R et al. (1998) Residential dampness problems and symptoms and signs of bronchial obstruction in young Norwegian children. *Am J Respir Crit Care Med* 157:410–414