

# Schimmelpilze und Innenraumbelastungen in fünf Allergiker-Haushalten in der Ostthessischen Region

von Friedhelm Diel, Michael Fischer und Eva Diel

## Zusammenfassung

In fünf Schimmelpilz-belasteten Allergiker-Haushalten im Raum Fulda (Osthessen) werden von den erwachsenen Bewohnern spezifische IgE (RAST)-, Gesamt-IgE- und Gesamt-Immunglobulin (Ig)-Bestimmungen aus dem Blutserum sowie routinemäßige Allergie-, Ernährungs- und Wohnanamnesen erstellt. Im Innenraum werden Schimmelpilze mittels passiver Sporenfalle und zusätzlich Formaldehyd nachgewiesen.

Bei vier der fünf untersuchten freiwilligen, weiblichen Probandinnen zeigen sich spezifische IgE gegen intramurale Schimmelpilze der Gattungen *Penicillium*, *Cladosporium* und *Aspergillus* (RAST-Klasse 1 – 2). Bei der Probandin mit dem höchsten IgE-Wert (160 IE) und – verglichen mit den anderen Haushalten höchsten Formaldehyd-Wert ( $0,064 \text{ mg/m}^3$ ) – werden auch die stärksten Beschwerden beklagt wie Migräneanfälle, allergisches Asthma und Nahrungsmittelallergie, sowie diverse Kontaktallergien. Trotz der geringen Datenzahl wird eine signifikante Korrelation ( $p < 0,05$ , Wilcoxon) zwischen Stärke der allergischen Symptome und Keimbildungseinheit (KBE) ermittelt. Über die Ursächlichkeit der beklagten allergischen Beschwerden kann allerdings mit dieser Studie keine Aussage gemacht werden.

Schlüsselworte: Intramurale Schimmelpilze, Sporenfalle, innenraumbedingte Allergien, IgE, Formaldehyd

## Abstract

### **Indoor mould contaminations in five households of allergic families in the east Hessen region**

Friedhelm Diel, Michael Fischer und Eva Diel

*Specific IgE (RAST), total IgE and total immunoglobulins (Ig) were determined in the serum of five adults, all members of allergic families and users of mould contaminated dwellings in the east Hessen region. Allergy, nutrition and housing anamneses were performed using a routine questionnaire. Indoor moulds collected with a passive spore trap as well as indoor-air formaldehyde were measured additionally.*

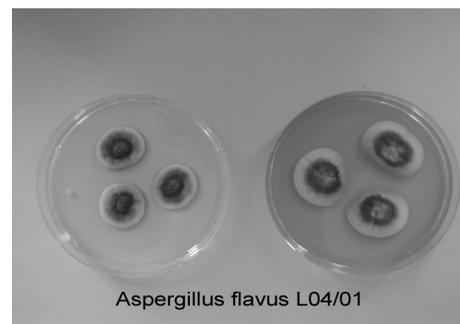
*In 4 (5) tested volunteers specific IgE of the genre *Penicillium*, *Cladosporium* and *Aspergillus* were positive (RAST classification 1 – 2). The volunteer with the highest total IgE (160 IU), and highest indoor air formaldehyde concentration  $0.064 \text{ mg/m}^3$ , suffered also from the worse allergic symptoms like headache attacks, allergic asthma and food allergy, and diverse contact allergies (Type IV) compared with the other tested subjects. In spite of the low number of data significant correlation ( $p < 0.05$ , Wilcoxon) between severeness of the symptoms and the CFU (colony forming unit) can be calculated. However, the question remains open whether the association of indoor moulds to specific fungi antibodies is causal for the allergic symptoms.*

*Key words: Indoor moulds, spore trap, indoor allergies, IgE, formaldehyde*

UMWELT & GESUNDHEIT 3 (2002) 98-103

## Einleitung

Immer häufiger klagen Menschen über verstärktes Schimmelpilzwachstum in Wohnungen und Gebäuden. Gleichzeitig nehmen Allergien in der Bevölkerung zu. Es besteht ein Zusammenhang zwischen gesundheitlichen Risiken und den sogenannten intramuralen Schimmelpilzen, die sowohl über mikrobiell produzierte flüchtige organische (gefährliche) Verbindungen (MVOC: microbiological volatile organic compounds) wie auch über ihre Sporen zu einer Innenraumluftbelastung führen können. (Ahlert/Bayas 1998, Lichtnecker 1998, Verhoff/Burge 1997) Allergologische Bedeutung kommt dabei insbesondere den *Aspergillus*-, *Penicillium*-, *Alternaria*-, *Cladosporium*- und *Mucor*-Species zu. (Abbildungen 1-3)

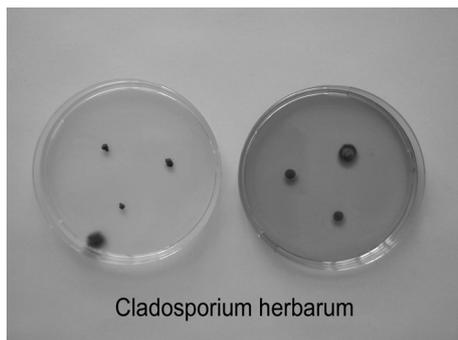


**Abbildung 1:** Mit *Aspergillus flavus* beimpfter Czapek-Dox- sowie Malz-Extrakt-Agar (mit 40% Saccharose) nach sieben Tagen Inkubation bei Standardbedingungen im mikrobiologischen Labor. (M. Ochs)

Hausstaub/Hausstaubmilbe und Tierepithelien sind je nach wohnklimatischen Bedingungen einerseits selbst als starke Innenraumallergene bekannt, anderer

# Schwerpunkt

seits stellen sie aber auch einen guten Nährboden für Mikroorganismen dar. (Fischer et al. 2000) Zunehmend erweisen sich energieoptimierte Bauweisen und damit verbundene geringe Luftwechsel (Lüftung), Kälte-Wärme-Gradienten, feuchte beziehungsweise nicht ausgetrocknete Baustoffe sowie Wassereintritte durch Rohrbruch als wichtigste Herde für das Wachstum von Pilzen.



**Abbildung 2:** Mit *Cladosporium herbarum* beimpfter Czapek-Dox- sowie Malz-Extrakt-Agar (mit 40% Saccharose) nach sieben Tagen Inkubation bei Standardbedingungen im mikrobiologischen Labor. (M. Ochs)

Auch Innenraumluftbelastungen durch VOC (volatile organic compounds) können wie im Falle des Formaldehyds (HCHO) starke Kontaktallergene (Diel 2000, Schrimpf/Diel 1998) sein oder stehen wie im Falle von Pyrethroid-Insektiziden im Verdacht, das menschliche Immunsystem zu schwächen. (Diel et al. 1999, Mitsche et al. 2000) Beachtenswert sind nicht zuletzt Kombinationseffekte der Schadstoffe in der Innenraumluft, die nicht nur additiv, sondern fakultativ gesundheitsschädigend wirken können. (Diel et al. 2000) Ausschlaggebend für die sachgerechte Sanierung der Gebäude und Behandlung der betroffenen innenraumbedingt erkrankten Bewohner sind sowohl die Innenraumuntersuchungen als auch die spezifische allergologische Diagnostik. (Heppert et al. 1998, Kröling 1993)

Mit der im folgenden beschriebenen kleinen Querschnittsstudie mit fünf ostthessischen Haushalten (Raum Fulda) soll herausgefunden werden, ob die in den Wohnungen festgestellten Schimmelpilzherde eine Ursache für die beklagten allergischen Beschwerden der Bewohner darstellen.

## Methoden

Nach Veröffentlichung des Projektes in der lokalen Presse kommen mehr als 60 Interessierte/Betroffene zu einer Informationsveranstaltung, bei der über das Ziel der Studie informiert wird und über einen Fragebogen eine standardisierte Allergie- und Wohnungsanamnese vorgenommen wird. (Diel/Diel 1996) Fünf freiwillige Teilnehmer werden nach folgenden Kriterien ausgewählt:

- mindestens ein Bewohner/eine Bewohnerin leidet an allergischen Beschwerden
- mindestens ein Wohnraum weist Schimmelpilzwachstum auf
- es besteht Bereitschaft für eine medizinische Untersuchung inkl. Blutabnahme und Innenraumbegutachtung

**Probanden:** Alle weiblich, im Alter von 33 – 43 Jahre (durchschnittliches Alter 39,4 Jahre); ein differenziertes Blutbild wird von jedem Probanden nach panoptischer Färbung (Pappenheimer) erstellt. Serum wird morgens nüchtern nach Blutabnahme aus der Armvene gewonnen, chargiert und bei  $-20^{\circ}\text{C}$  gelagert. Kurzzeitelektrophoresen werden auf Zelluloseacetatfolien zur Trennung der Serumproteine routinemäßig durchgeführt und die Immunglobulin (Ig)-Fraktion mit Hilfe des LabOffice 2000 GelScan Programms 4.0 quantifiziert. (Normalwert 10,9 - 22 %)

**Gesamt-IgE und spezifisches IgE:** Zur quantitativen Bestimmung der zirkulierenden und spezifischen Immunglobuline der Klasse E (IgE) wird die Magic Lite Methode der Firma Chiron verwendet. Hierbei werden aus dem Serum die IgE nach Markierung mit Metall magnetisch abgetrennt und im immunchemischen Testverfahren mittels Chemilumineszens nachgewiesen. Für spezifische IgE-Nachweise werden käufliche Antigene mit insgesamt acht der am häufigsten vorkommenden intramuralen Schimmelpilze verwendet. (Fischer et al. 2000) Bei Gesamt-IgE wird als Allergie-(Atopie-)Kriterium 100 IE festgesetzt. (Diel/Diel 1996)

**Schimmelpilzmessung:** Mindestens sechs Stunden vor Probennahme werden Türen und Fenster geschlossen. Bei Raumtemperatur ( $20^{\circ}\text{C}$ ) werden Petrischalen jeweils mit Malzextrakt- (Agar + 40 % Saccharose - MEA) und Czapek-

Nährmedium (CZA) an der zu untersuchenden Stelle für eine halbe Stunde offen - zur Kontrolle auch außen (extramural) - aufgestellt. Luftfeuchte und Temperatur werden protokolliert. Die Nährmedien inkubieren sieben Tage bei Raumtemperatur. Die Auswertung erfolgt nach routinemäßiger Klassifizierung im mikrobiologischen Labor, Quantifizierung als Keimbildende Einheiten (KBE). (Fischer et al. 2000)

**Formaldehydmessung:** Circa 100 l Raumluft werden mit Hilfe einer Membranpumpe durch 50 ml Wasser gezogen. Formaldehyd (HCHO) wird routinemäßig mittels der Pararosanilinnmethode nach VDI in Mikrotiterplatten photometrisch nachgewiesen. (Schrimpf/Diel 1998) Als Richtwerte dienen  $0,06\text{ mg/m}^3$  für Normergiker (WHO) und  $0,03\text{ mg/m}^3$  für Allergiker (IUG).

## Ergebnisse

In Tabelle 1 sind die Probandinnen mit den wichtigsten Beschwerden und Stärke ihrer Erkrankungen zusammengefasst dargestellt. Im folgenden sollen die fünf Fälle nach den Innenraumbegutachtungen und medizinischen Untersuchungen vorgestellt werden.

**Haushalt 1 (UK):** Die Probandin UK bezieht im September 2001 die neu renovierte Mietwohnung. Die Schimmelpilzherde hinter dem Heizkörper des Esszimmers existieren bereits vor dem Einzug. Intramural werden 50 KBE *Penicillium sp.* (außen 70 KBE), des weiteren *Cladosporien sp.* (39 KBE) und „steriles Mycel“ (Mycel ohne Sporenbildung 24 KBE) gemessen. Von einer speziellen Innenraumbelastung ist auszugehen, da die letzt genannten Keime im Außenbereich nicht gemessen werden. Die Formaldehydmessungen zeigen einen leicht erhöhten Wert von  $0,056\text{ mg/m}^3$ . Gesamt-IgE liegt im Normalbereich  $< 100\text{ IE}$ , dagegen wird für spezifische IgE bei Birke RAST-Klasse 1 und Lieschgras Klasse 3 nachgewiesen; Elektrophorese IgG normal. UK bewohnt die Wohnung erst kurzzeitig. Eine Sensibilisierung gegen die intramuralen Schimmelpilze ist nicht nachweisbar.

**Haushalt 2 (TH):** Die Probandin TH wohnt seit elf Jahren in der Mietwohnung, die zuletzt im Oktober 2001 teil-

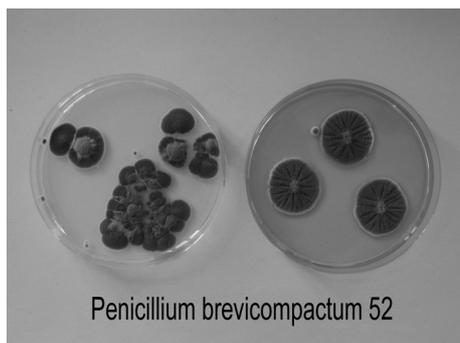
# Schwerpunkt

**Tabelle 1: Probanden und allergische Beschwerden**

Nr.	Proband	Allgemeine Syntome	allergische Symptome	Stärke
1	UK w 33	chron. Sinusitis	Heuschnupfen bei Hausstaub, Gräsern und Tierhaaren	+++
2	TH w 36	Reizhusten und Migräneanfälle	Heuschnupfen, allergisches Asthma und Verdacht auf Nahrungsmittelallergie	+++
3	PS w 42	Sinusitis, Magen-/Darm-Probleme und Reizhusten	Hausstauballergien und Pollinosen	++
4	GM w 42	Migräneanfälligkeit	Verdacht auf allergisches Asthma und Nahrungsmittelallergie, Fibromyalgie sowie Kontaktallergien gegen Thiomersal und Amoxicillin	++++
5	MW w 43	chron. Bronchitis und Reizhusten, Magen-/ Darm-Probleme	Heuschnupfen bei Hausstaub, Pollinosen	(x)

w = weiblich; (+) = sehr schwache, + = schwache, ++ = mittel, +++ = starke +++++ = sehr starke Symptomatik

weise renoviert wurde (neue Bodenbeläge Wohnzimmer). Das Schimmelpilzproblem besteht seit 1998 und ist auch von den Vormietern beobachtet worden: 6 KBE *Cladosporium sp.* und 5 KBE steriles Mycel (außen 10 KBE *Cladosporium sp.* und 1 KBE *Fusarium sp.*). Die Probandin behandelt den Schimmelpilzbefall an der Schlafzimerdecke circa zehn Tage vor Probennahme mit einem Soda-Wassergemisch. Die Formaldehyd-Bestimmung ergibt 0,042 mg/m<sup>3</sup> und ist damit relativ unauffällig. Gesamt-IgE liegt im Normalbereich (18 IE). Hinweise auf allergische Erscheinungsformen (Pollinose) geben die RAST-Werte 3 auf Birke und 1 auf *Cladosporium herbarum*. Ansonsten sind die Befunde nicht abweichend von Normalwerten.



**Abbildung 3:** Mit *Penicillium brevicompactum* beimpfter Czapek-Dox- sowie Malz-Extrakt-Agar (mit 40% Saccharose) nach sieben Tagen Inkubation bei Standardbedingungen im mikrobiologischen Labor. (M. Ochs)

**Haushalt 3 (PS):** Die Probandin PS zieht 1988/89 in ihr neugebautes Haus, wo sich bereits 1990 Schimmelpilzbewuchs an der Längskante zwischen Wand und Decke mit modrigem Geruch im Schlafzimmer zeigt, insbesondere

*Aspergillus glaucus* (10 KBE), außen überwiegend *Cladosporium sp.* (21 KBE). Ursache für das Wachstum von intramuralem *Aspergillus* wird in dem bei Einzug noch feuchten Baumaterial gesehen. Die HCHO-Analyse ergibt 0,035 mg/m<sup>3</sup>, ist also unauffällig. Die beklagten Reizungen der Augen können hiermit wohl nicht in Zusammenhang gebracht werden. Die Gesamt-IgE-Werte (13 IE) liegen ebenfalls im Normalbereich, wobei die positiven spezifischen IgE-Werte gegen die verschiedenen Schimmelpilze der Gattungen *Aspergillus*, *Cladosporium* und insbesondere auch gegen den häufig auftretenden – hier aber nicht nachgewiesenen – *Aspergillus niger* (M33) auffallen. Ein Korrelat besteht insbesondere bei *Aspergillus fumigatus* und verschiedenen *Aspergillus* Species. (Tab. 1 und 3) Die serodiagnostischen Befunde sind ansonsten unauffällig.

**Haushalt 4 (GM):** Die Probandin GM bezieht die neu renovierte Wohnung 1998. Seit dieser Zeit beobachtet sie Schimmelpilzwachstum zwischen Heizkörper und Fensterbrett. Intramural werden 2 KBE *Aspergillus sp.* (außen 2 KBE *Aspergillus sp.*, 4 KBE *Cladosporium sp.*, 1 KBE *Penicillium expansum*, 1 KBE *Penicillium sp.*) gefunden. Vor der Messung ist allerdings gereinigt worden. Die HCHO-Messung ergibt einen erhöhten Wert von 0,064 mg/m<sup>3</sup> (WHO-Grenzwert: 0,06 mg/m<sup>3</sup>). Die beklagte Migräne kann also gegebenenfalls hiermit in einen Zusammenhang gebracht werden. Gesamt-IgE-Wert ist erhöht (160 IE - die familiäre Vorbelastung wird aufgrund der Allergianamnese ebenfalls bestätigt: auch die Tochter leidet an allergischen Erkrankungen); spezifische IgE Klasse 2 bei

Schimmelpilzmischung (M3) und 1 auf Lieschgras (G6). Eine Korrelation zwischen spezifischem IgE und *Aspergillus*-Sporen ist also möglich. Ansonsten sind die Laborbefunde unauffällig.

**Haushalt 5 (MW):** Die Probandin MW lebt seit 18 Jahren in der Mietwohnung. Seit 13 Jahren besteht das Schimmelpilzproblem im Schlafzimmer, das im Frühjahr 2001 renoviert wird. Der Schimmelpilzbefall ist zwischen Wand und Decke, ebenso unter der Fensterbank. Gemessen werden 2 KBE *Cladosporium sp.* und 3 KBE Steriles Mycel. (außen 6 KBE *Cladosporium sp.*, 6 KBE Steriles Mycel, 1 KBE *Penicillium sp.* und 1 KBE *Wallemia sebi*). Es muss also davon ausgegangen werden, dass es sich um extramurale Kontaminationen handelt. Haustiere (Hund) werden in der Wohnung gehalten. Die HCHO-Bestimmungen ergeben einen Normalbefund von 0,025 mg/m<sup>3</sup>. Gesamt-IgE (7 IE) und spezifische IgE sind nicht erhöht. Hiermit wird gezeigt, dass bei Fehlen von intramuralen Schimmelpilzbelastungen auch spezifische Antikörper nicht nachweisbar sind. („Null-Kontrolle“) Der leicht erhöhte Elektrophorese-IgG-Wert bestätigt die beklagte Inflammation beziehungsweise Infektion bei chronischer Bronchitis und Reizhusten.

## Zusammenfassung der Ergebnisse

Wie in Tabelle 1 zusammengefasst, zeigen alle freiwilligen Teilnehmer an der Studie, dass sie akut an allergischen Beschwerden leiden mit schwacher bis sehr starker Symptomatik. Die meisten Familienangehörigen befinden oder befanden sich in ärztlicher allergologischer Behandlung. Hinzu kommen Erkrankungen der oberen Atemwege,

# Schwerpunkt

Migräneanfälle sowie Magen-/Darmprobleme, die ebenfalls mit der allergischen Diathese in einem Zusammenhang stehen können.

Alle Probandinnen gehen davon aus, dass die Beschwerden durch Innenraumbelastungen verursacht werden oder verstärkend wirken. Ausgenommen Probandin GM, leiden alle anderen an periodisch auftretenden Heuschnupfenanfällen, die als spezifische allergische Sensibilität bei Pollenflug gewertet wird. GM weist die stärkste Symptomatik auf mit ausgewiesenen kontaktallergischen Reaktionen. Bei MW wird eine relativ schwache Symptomatik protokolliert.

Bei den Innenraumbegutachtungen sind in allen Haushalten unterschiedlich starke Keimherde an verschiedenen Stellen sichtbar. In Tabelle 2 sind die Ergebnisse der passiven Probenahme dargestellt, ebenfalls die Belastungsdauer der Bewohner, die sich in den Zeiträumen zwei Monate (UK) bis maximal 18 Jahre (MW) bewegt.

Bei den Probandinnen TH, PS und MW findet man Schimmelpilzwachstum insbesondere in den Schlafzimmern,

**Tabelle 2: Innenraumbelastungen**

Nr.	Belastungsdauer	Keimherde	(KBE)	HCHO (mg/m <sup>3</sup> )
1	2 Monate	zwischen Heizung und Fensterbank im Esszimmer; - <i>Penicillium sp.</i> , - - <i>expansum</i> , - - <i>camemberti</i>	14 15 12	0,056
2	3,5 Jahre	Schlafzimmerdecke; - <i>Cladosporium sp.</i> - Steriles Mycel - Hefen/Bakterien	5 2 3	0,042
3	11 Jahre	Schlafzimmerdecke; - <i>Aspergillus sp.</i> - - <i>glaucus</i> - <i>Penicillium expansum</i> - - <i>verrucosum</i> - Sonstige	1 10 2 1 1	0,035
4	3,5 Jahre	zwischen Heizkörper und Fenster; - <i>Cladosporium sp.</i> - <i>Aspergillus sp.</i> - Hefen/Bakterien	1 2 5	0,064 (!)
5	18 Jahre	Schlafzimmer; (Haustiere: Hund), - <i>Cladosporium sp.</i> - Steriles Mycel - Hefen/Bakterien	2 3 3	0,025

**Tabelle 3: Serodiagnostik**

Nr.	Gesamt IgE (IE ± σ)	Spezifisches IgE (RAST-Klasse) <sup>1)</sup>	Serum-Elektrophorese (Immunglobuline %)
1	36 ± 30	G6 = 3 T3 = 1	12
2	18 ± 3	M2 = 1 T3 = 3	15
3	13 ± 10	G6 = 1 M*1 = 1 M*3 = 1 M33 = 1	18
4	160 ± 28 ↑	G6 = 1 M*3 = 2	22
5	7 ± 1	k.B.	23

IE = Internationale Einheiten, σ = Standardabweichung (n = 5), k.B. = kein Befund, ↑ = erhöht im Vergleich zu Normalwert, „%“ bezogen auf Gesamtprotein, <sup>1)</sup>Chemoluminiszenz nach magnetischer Trennung (Chiron-Bayer): G6 = Lieschgras, T3 = Birke, M\*1 = Mix (*Penicillium notatum*, *Cladosporium herbarum*, *Aspergillus fumigatus*, *Alternaria alternata*), M2 = *Cladosporium herbarum*, M\*3 = Hausstaub + Schipi (*Penicillium notatum*, *Aspergillus fumigatus*, *Mucor racemosus*, *Rhizopus nigricans*), M33 = *Aspergillus niger*

wobei davon ausgegangen werden muss, dass sich die inhalative Belastung durch Mycotoxine und Sporen über Jahre Nacht für Nacht hingezogen hat. Hinzu kommt - zumindest bei Probandin GM - eine zusätzliche Belastung durch leicht erhöhte Formaldehyd-Konzentrationen (0,064 mg/m<sup>3</sup>).

Mit Hilfe der Serodiagnostik werden IgE-Konzentrationen in Tabelle 3 dargestellt, wobei lediglich Probandin GM mit einem leicht erhöhten Gesamt-IgE-Wert von 160 IE auf eine familiäre Allergie-Vorbelastung schließen lässt. Hier sind auch die Immunglobulin-Werte in der Elektrophorese leicht erhöht, ein Hinweis auf die chronische Entzündlichkeit nach allergischer Reaktion oder bronchialer Entzündung wie bei Probandin MW (22 % IgG – oberer Normalbereich). Ansonsten können die Laborbefunde insgesamt als „normal“ gewertet werden. Ausgenommen Probandin MW weisen alle Untersuchungen spezifische IgE-

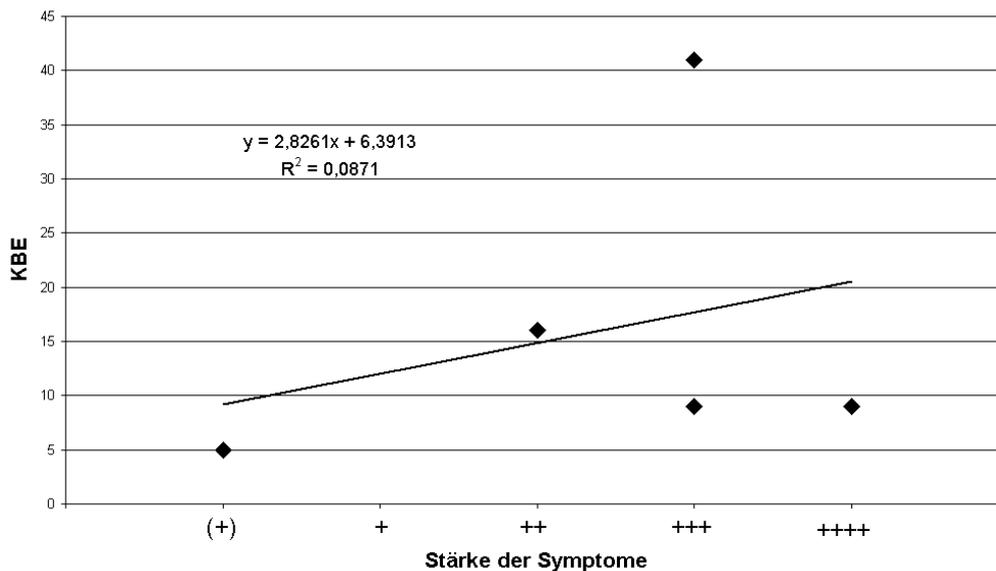
Konzentrationen auf. Die Werte liegen nach der „RAST-Klassen“-Einteilung von 0 bis 4 zwar meistens im schwächeren Bereich und sind wie bei Probandinnen UK, PS und MW auch gegen Gräserpollen (G6) gerichtet. Bei TH, PS (RAST-Klassen 1) und bei GM mit RAST-Klasse 2 korrelieren die spezifischen IgE mit der intramuralen Schimmelsensibilisierung (M). (Tab. 3)

In Abbildung 1 sind die Korrelate zwischen RAST-Klasse, Anzahl der Keime (KBE) und Dauer der Belastung, sowie Stärke der Beschwerden mit der Anzahl der Keime (KBE) dargestellt. Bei letztem ergibt sich eine Signifikanz von P < 0,05 und damit der Nachweis, dass die Stärke der zumeist allergischen Symptomatik in einem Zusammenhang mit der Schimmelpilzbelastung steht.

## Diskussion

Mit der vorliegenden Studie kann gezeigt werden, dass in vier von fünf ausgewählten Haushalten eine Schimmelpilzbelastung sich in spezifischen IgE-Messungen widerspiegelt und die Stärke der Symptome mit den KBE korrelieren. (Abb. 1) In diesen Fällen liegt eine allergische Diathese vor, wobei lediglich in einem Fall der erhöhte Gesamt-IgE-Wert (160 IE) auf eine familiäre Allergie-Vorbelastung schließen lässt. Obwohl nur wenige Antigene (acht) in die Studie einbezogen werden und statistische Berechnungen bei der niedrigen Anzahl der begutachteten Haushalte kaum möglich sind, kann in drei Fällen eine Assoziation der Exposition und IgE-Antikörper bei den Gattungen *Penicillium* (ein Haushalt), *Cladosporien* (zwei Haushalte) und *Aspergillen* (zwei Haushalte) festgestellt werden.

In verschiedenen früheren Arbeiten wird auf die krankheitsverursachende Wirkung dieser Pilze – insbesondere der Atemorgane bei Einatmen der Pilzsporen – hingewiesen. (Lichtnecker 1998, Verhoff/Burge 1997, Elliott/Taylor 1997) Während hier allerdings unspezifische Entzündungserkrankungen vermutet werden, zeigen Lander et al. (2001), dass spezifische IgE-vermittelte Histamin-Freisetzung bei Exposition mit intramuralen Schimmelpilzantigenen als Typ I-Mechanismus der anaphylaktischen Reaktion auftreten kann. Als Quelle für die Hauptallergene werden



**Abbildung 4** Korrelation zwischen der Stärke der allergischen Symptome und den Keimbildenden Einheiten (KBE) von intramuralen Schimmelpilzen der Gattungen *Penicillium*, *Cladosporium* und *Aspergillus* in fünf kontaminierten osthessischen Haushalten. (fünf erwachsene Probandinnen)

hier *Penicillium chrysogenum*, *Aspergillus sp.*, *Cladosporium sphaerospermum* und *Stachybotrys chartorum* identifiziert.

Wie an der Gräser- und Birkenpollen-Sensibilität der vier positiv reagierenden Probandinnen sowie anhand der Allergie-Anamnese gezeigt wird, handelt es sich um typische Allergiker-Familien, die überzeugte Nicht-Raucher sind. Das ist von Bedeutung, denn selbst Passivrauchen und Verkehrsabgase können zu spezifischer Sensibilisierung der IgE und zu spezifischen Pollinosen führen. (Taskinen et al. 2002, Myiamoto 1995)

Wie Taskinen et al. (2002) in ihrer Untersuchung an Schulen mit Feuchteschäden und Schimmelpilzbefall zeigen, sind allerdings bei 93 Kindern und 24 charakterisierten Schimmelpilzen keine signifikanten Unterschiede der Immunglobuline G (IgG) sowie unterschiedliche allergische Reaktionen zwischen den belasteten und nicht-belasteten Gruppen feststellbar. Überhaupt findet man offensichtlich bei Kindern keine eindeutigen Hinweise auf Schimmelpilzsensibilisierung verglichen mit Erwachsenen.

An der vorliegenden Studie beteiligten sich fünf erwachsene Frauen. Wobei die stärksten Symptome sich im Falle der 42-jährigen GM ergeben. Hier handelt es sich auch um den am stärksten mit

HCHO-Emissionen belasteten Haushalt. Die gemessene Stichprobe mit  $0,064 \text{ mg/m}^3$  übertrifft leicht den WHO-Richtwert von  $0,06 \text{ mg/m}^3$ . Ob diese Innenraumluftkonzentrationen bereits ein Gesundheitsrisiko für die Probandin darstellen oder andere VOC und MVOC als zusätzliche Belastung mit einbezogen werden müssen, kann in dieser Studie nicht geklärt werden. Beachtet werden sollte, dass Kombinationswirkungen einen zusätzlich fakultativ pathogenen Langzeiteffekt bewirken können, wie es zum Beispiel bei Exposition von humanen Lymphozyten mit Pyrethroid-Insektiziden nachgewiesen wird. (Diel et al. 1999b, Mitsche et al. 2000)

In der vorliegenden Studie kann aufgrund der passiven Sporenfallen keine Aussage über die tatsächliche Sporenkonzentration in der Innenluft gemacht werden. Für die quantitative Beurteilung der Schimmelpilzkontamination ist der Einsatz differenziert aktiver Luftkeimsammler notwendig. (Fiedler 2002) Allerdings stehen dafür bisher keine standardisierten Verfahren zur Verfügung. Leistungskenngrößen von Luftkeimsammlern stellen sich sehr unterschiedlich dar. (Senkpiehl/Ohgke 2001 in Fiedler 2002) Es ist davon auszugehen, dass nur wenige Gebäude eine durchschnittliche Sporenkonzentration von  $100.000 \text{ Sporen/m}^3$  aufweisen, die

für eine Sensibilisierung notwendig ist. (Eduard 1995)

Da die wechselnden klimatischen Bedingungen in den Innenräumen ohnehin ausschlaggebend sind für die Anzahl der tatsächlich inhalierten Keime und mit der vorliegenden Studie nur eine Momentaufnahme der Kontaminationsbedingungen erfasst wird, werden die „halbquantitativen“ Nachweise, wie sie in den untersuchten Haushalten durchgeführt werden, als ausreichend angesehen. Zu beachten ist, dass erst ab 80 % relative Luftfeuchte intramurale Schimmelpilze bevorzugt wachsen (Moriske 2001), aber erst bei trockener Luft die Sporen gebildet (Überlebensstrategie von Pilzen) und bei Konvektion in die Innenraumluft verteilt werden. Die Keimherde sind insbesondere an den Fenstern in der Nähe von Heizkörpern lokalisiert und in drei Haushalten deutlich sichtbar im Schlafbereich. Trotz Reinigung und Renovierung werden sie eindeutig nachgewiesen. Die Kontaminationen im Schlafzimmer können einen besonderen Nachteil bedeuten, wenn in der kalten Jahreszeit die Wärmeluftströmung in der Nähe der Radiatoren und zusätzliche Fensterlüftung während der Nacht die Sporen in die Innenluft treibt und diese während des Schlafes eingeatmet werden. Mikrobielle Belastungen von Hausstaub, Einrichtungsge-

# Schwerpunkt

genständen und Baumaterialien sollten ebenfalls in die Gebäudebeurteilung mit einfließen. (Übersicht: *Pasanen* 2001)

Trotz niedriger Fallzahl kann in Abbildung 1 dargestellt werden, dass die Stärke der beklagten Symptome mit der ausgezählten Gesamt-KBE-Zahl signifikant korreliert. ( $P < 0,05$ ,  $n = 5$ ; Wilcoxon) Obwohl mit dieser Studie keine Aussage über die Ursächlichkeit der Sensibilisierungsfälle gemacht werden kann, ist ein Zusammenhang mit den Gattungen *Penicillium*, *Cladosporium* und *Aspergillus* (Abbildungen 1-3) zu vermuten und eine Assoziation mit den von den Nutzern der kontaminierten Wohnungen beklagten allergischen Erkrankungen feststellbar.

Der kürzlich erschienene Leitfaden über Schimmelpilze in Gebäuden wird für die Beurteilung der Risiken intramuraler mikrobieller Keime sicherlich weiteren Aufschluss geben. (*Moriske* 2001)

## Literatur

- Ahlert B, Bayas N*: Schimmelpilze im Innenraum – Eine Einführung. *UMWELT&GESUNDHEIT* **9** 4 (1998) 118-123
- Diel F*: Allergiker reagieren empfindlich auf Stoffe, die bisher nicht als Allergene gelten. *UMWELT&GESUNDHEIT* **11** 1 (2000) 15-19
- Diel F, Diel E*: Allergien. Moewig/ECON (Düsseldorf 1996) 2. Auflage 181 ff
- Diel F, Horr B, Borck H, Savtchenko H, Mitsche T, Diel E*: Pyrethroids and piperonylbutoxide affect human T-lymphocytes in vitro. *Tox Letters* **107** (1999a) 65-74
- Diel F, Horr B, Detscher M, Sosnikova, Borck H*: Pyrethroids and the synergist piperonyl-butoxide (PBO) affect T-cells and basophils. *Inflamm Res* **48** (1999b) 15-16
- Eduard M*: Immunoglobulin G antibodies against moulds and actinomycetes as biomarkers of exposure in the work environment. *Occup Hyg* **1** (1995) 247-260
- Fiedler F*: Nachweismethoden, gesundheitliche Bewertung und Bekämpfung von Schimmelpilzen in Räumen (Teil I). *Wohnmedizin* **1** (2002) 3-10
- Fischer M, Gürke-Lang B, Diel F*: Textile Bodenbeläge. CF Müller (Heidelberg 2000) 115 ff
- Elliott MW, Newman Taylor AJ*: Allergic bronchopulmonary aspergillosis. *Clin Exp Allergy* **27** S1 (1997) 55-59
- Heppt W, Renz H, Röcken M* (Hrsg): Allergologie. Springer (Berlin 1998)
- Kröling P*: Das Sick-Building-Syndrom in klimatisierten Gebäuden: Symptome, Ursachen und Prophylaxe. In *Diel F* (Hrsg): Innenraumbelastungen. Bauverlag (Wiesbaden, Berlin 1993) 22-37
- Lichtnecker H*: Gesundheitliche Risiken durch Schimmelpilze im Innenraum. *UMWELT&GESUNDHEIT* **9** 4 (1998) 124-130
- Lander F, Meyer HW, Norn S*: Serum IgE specific to indoor moulds, measured by basophil histamine release, is associated with building related symptoms in damp buildings. *Inflamm Res* **50** (2001) 227-231
- Mitsche T, Borck H, Horr B, Bayas N, Hoppe HW*: Pyrethroid syndrome in an animal keeper. *Allergy* **55** 1 (2000) 53-54
- Miyamoto T*: Environmental impact on hypersensitivity and allergy. In *Johansson* (Ed): Progress in allergy and clinical immunology. *Hogrefe&Huber Publ* (Stockholm 1995) 81-82
- Moriske H-J*: Mikrobielle Verunreinigungen in Innenräumen. *Umwelt-Medizinischer Informations Dienst* **1** (2002) 10-12
- Pasanen AL*: A review: Fungal exposure assessment in indoor environments. *Indoor air* **11** (2001) 87-98
- Schrimpf D, Diel F*: Evaluierung chemisch-analytischer Methoden zur Formaldehydbestimmung, in *Diel F* et al.: Ökologisches Bauen und Sanieren, C.F. Müller (Heidelberg 1998) 143-148
- Taskinen TM, Laitinen S, Nevalainen A, Vepsäläinen A, Meklin T, Reiman M, Korppi M, Husman T*: IgG antibodies to moulds in school-children from moisture problem schools. *Allergy* **57** (2002) 9-16
- Verhoff AP, Burge HA*: Health risk assessment of fungi in home environments. *Ann Allergy Asthma Immunol* **78** (1997) 544-556

## Danksagung

Die Autoren bedanken sich für die Unterstützung durch die Projekte am Fachbereich Haushalt und Ernährung, insbesondere bei den Studierenden im Projekt „Umwelttoxikologie – UTox“, bei den Innenraum- und serologischen Bestimmungen sowie der Schimmelpilzcharakterisierung sowie bei *Margit Ochs* und *Hannelore Borck* für die kritische Durchsicht der Arbeit.

Prof. Dr. *Friedhelm Diel*,  
Dr. *Michael Fischer* und Dr. *Eva Diel*  
Institut für Umwelt und Gesundheit  
(IUG)  
Petersgasse 27,  
D-36037 Fulda