

Kriterien zur Beurteilung der Allergenität von Baustoffen

von *Friedhelm Diel, Hans Schubert und Michael Fischer*

Zusammenfassung

Allergene Baustoffe stellen nicht nur im Arbeitsschutz ein zunehmendes Problem dar, sondern sind mehr und mehr auch die mögliche Ursache für (wohn)innenraumbedingte Allergien. Insbesondere familiär vorbelastete Menschen mit einem erhöhten Sensibilisierungsrisiko bedürfen eines besonderen Schutzes sowie praktikabler Kriterien zur Beurteilung der Allergenität von Baustoffen.

In der vorliegenden Arbeit wird erstmals der Versuch unternommen, mittels eines Punkte-Scores zum Beispiel die formaldehydhaltige Holzspanplatte, einen verklebten Schurwollteppich oder den nickelhaltigen Lehmputz zu beurteilen.

Daraus ergeben sich für Betroffene (Allergiker), wie auch für Baufachleute vier einfach verständliche Beurteilungskategorien: **Keine** beziehungsweise **geringe, relevante, erhöhte** und **stark erhöhte Allergenität**. Unterschieden wird zwischen direkter Allergenität, also (pseudo-) allergenen Stoffen, die aus den Baumaterialien in die Innenluft emittieren und über die Atemwege aufgenommen werden, sowie indirekter Allergenität wie Schimmelpilz-Sporen, Hausstaubmilben-Exkrementen und Tierepithelien, die also nicht direkt aus Baumaterialien stammen, sondern durch Konstruktionsmängel, wie erhöhte Luftfeuchtigkeit eine allergene Belastung entwickeln können. Struktur-wirkungs-analytische Kenntnisse aus den arbeitsmedizinischen Stofflisten und der Gefahrstoffverordnung müssen auf die umweltmedizinischen Beurteilungen innenraumbedingter Allergenität übertragen werden.

Schlüsselworte: Allergene, Baustoffe, Innenraumluft, Umweltmedizin, Gefahrstoff-Prüfung

Abstract

Criteria Allergic Building Materials
Friedhelm Diel, Hans Schubert and Michael Fischer

Allergenic building materials are increasingly problematic. This is true not only in occupational health, but can also be the reason for the increasing prevalence

of indoor allergies. Particularly in individuals with family heredity of increased sensitising potential are in need of special protection and practical criteria for the assessment of allergens in building materials. The presented paper attempts to present a point scale scoring the allergenic potential of e.g. wooden chipboard containing formaldehyde, fixed virgin wool fitted carpet and/or loamy plaster containing nickel. Four easily understandable scores that are practical for patients as well as building experts are suggested: **No or low – relevant – increased** - and **highly increased** allergenic potential. "Direct allergens" have to be differentiated from the "indirect allergens". Direct allergens are defined as (pseudo-) allergenic compounds, which are emitted from building materials into the indoor air. "Indirect allergens" are defined as spores from moulds, excrements from house dust mites and animal epithelia. These allergens are induced by building defects like increased humidity. Structure-response-analytical knowledge and occupational hazard management serves as basic data for the assessment of indoor air allergenic potential.

Key-words: Allergens, building material, indoor air, environmental health, hazard assessment

UMWELT & GESUNDHEIT 2 (2001) 55-62

Einführung

In der Arbeitsmedizin sind Allergene in Baustoffen ein lang bekanntes Thema. Insbesondere die Resorption allergener Arbeitsstoffe über die Haut, wie zum Beispiel Chrom bei Bauarbeitern, führten zu Schutzmaßnahmen sowohl bei der Exposition – Minimierung der Chromgehalte in Zement, als auch im persönlichen Arbeitsschutz – Tragen von Arbeitsschutzkleidung. Mit der Entwicklung der Umweltmedizin unserer heutigen Tage sind es verstärkt die inhalativen, durch chronische Emissionen inkorporierten innenraumbedingten Allergene, die im Mittelpunkt des Interesses stehen. Dabei ist zu unterscheiden zwi-

schon **Arbeitsmedizin/Arbeitsschutz** = relativ hohe Belastung, häufig kurzfristig bei definiertem Klientel: acht Stunden arbeitende gesunde Erwachsene und **Umweltmedizin/Umweltschutz** = relativ geringe Belastung, dafür aber häufig langfristig 24 Stunden pro Tag durch chronische Immission inkorporierter innenraumbedingte Allergene, schwer quantifizierbar: alle Bevölkerungs- und Risikogruppen. Letztes trifft zu für allergene Stoffe, insbesondere bei der Risikogruppe der 25–30 % Allergiker in der deutschen Bevölkerung.

Nicht zuletzt wegen der Komplexität der Vorgänge – „bis heute lassen sich weder für die Induktion einer Allergie (Sensibilisierung) noch für die Auslösung einer allergischen Reaktion beim Sensibilisierten allgemein gültige Grenzwerte angeben.“ (DFG 2000) In der MAK-Liste wird in einer besonderen Spalte unterschieden zwischen „H“ (Hautreaktion) und „S“ (sensibilisierend) und im Besonderen „Sa“ für atemwegssensibilisierend, „Sh“ hautsensibilisierend, „Sah“ beides und „SP“ photosensibilisierend.

Die Senatskommission bei der DFG beurteilt die sensibilisierende Wirkung, auch wenn der Pathomechanismus weitgehend unbekannt ist oder eine pseudo-allergische Reaktion vorliegt. Bei der Pseudo-Allergenität liegt keine Antigen-Antikörper-Erkennung zu Grunde. Das finden wir bei kleineren Molekülen wie Sulfid, Benzoesäure, Acetylsalizylsäure sowie bei Triazinen und ihren Derivaten. Interessant erscheint, dass die Senatskommission neben den Untersuchungen am Menschen und Tierexperimenten auch struktur-wirkungs-analytische Überlegungen bei der Allergenitätsbewertung zulässt.

Dabei wird unterschieden zwischen dem „Sensibilisierungsvermögen“ eines Stoffes und der „Sensibilisierungsfrequenz“, also der Inzidenz und Prävalenz der durch ein bestimmtes Allergen sensibilisierter Menschen. Das Potential des Sensibilisierungsvermögens am Arbeitsplatz ist höher einzuschätzen als in der „privaten Umwelt“. Das gilt nicht unbedingt auch für die Sensibilisierungsfre-

quenz wie am Beispiel einer „Zementallergie“ dargestellt werden kann. *Während des Aufbringens von Estrich kniete ein Bauarbeiter im frischen Estrich und stellte am nächsten Tag Verätzungen an beiden Knien fest. Diese waren so gravierend, dass es zu einer Hauttransplantation kam.*

Dieses Beispiel zeigt, dass noch in der Bearbeitung befindliche Baustoffe wie der Zement gefährlich sind, nach Fertigstellung des Hauses das spezielle Gefahrenpotential aber nicht mehr aufweisen. Abgesehen davon, dass es sich bei dem geschilderten Fall nicht unbedingt um eine allergische Reaktion sondern um eine Verätzung handelt, zeigt es doch: Nicht nur die Eingangspforte für das vermeintliche Allergen (bei diesem Beispiel die Außenhaut), sondern auch der Zustand des Baustoffes (bei diesem Beispiel die wässrige Phase) sind ausschlaggebend. Auf Dauer können natürlich auch im privaten Bereich Abrieb und Alterung zur chronischen subkonzentrierten Aufnahme der Schadstoffe führen. Insoweit kann die Sensibilisierungsfrequenz in Wohnungen und Privathäusern höher ausfallen, als gemein hin angenommen. Hier ist auch von einer beträchtlichen Dunkelziffer auszugehen, weil epidemiologische Untersuchungen bei der Komplexität des Problems schier undurchführbar sind.

Sicherlich ist auch die Frage nach der Bedeutung des Hobby-Bereiches zu stellen. Welche Risiken sind zu beachten beim Heimwerken und Selber-Bauen? Inwieweit wird der persönliche Arbeitsschutz im Hobby-Bereich beachtet? Andererseits ist heute wenig bekannt über die chronischen Sensibilisierungsmechanismen, wenn allergene Baustoffe über die Haut mit Immunfaktoren oder –körperzellen in Berührung kommen.

Noch umfassender ist die Problematik, wenn direkt über die Gasphase oder indirekt über aufgewirbelte Trägerstoffe (Staub) Allergene eingeatmet werden oder sogar über die Schleimhäute der Sinnesorgane aufgenommen werden. Wenn Allergene zum Beispiel mit der Augenbindehaut in Kontakt kommen, kann es bei sensibilisierten Menschen zu Augentränen beziehungsweise konjunktivischen Reaktionen (typische allergische Augenbindehautreaktionen) kommen. Selbst in das Verdauungssystem können Baustoff-Allergene gelangen und zu allergischen Reaktionen führen. Ein immer noch sehr häufiges Beispiel – zwar nicht direkt aus dem Baubereich, wo sich aber Arbeitsmedizin/Arbeits-

schutz und Umweltmedizin/Umweltschutz überlappen – soll diesen Umstand beleuchten: Bei der Berufskrankheit des Bäckerasthmas oder des Bäckerekezems wird klar, dass aufgrund der familiären Vorbelastung viele angehende Bäcker oder Auszubildende ihre Lehre abbrechen, weil sie feststellen, dass sie sich gegen die bekannten Allergene in der Backstube sensibilisiert haben. Immer wenn sie morgens in der Frühe die Backstube betreten, beginnt ihr Leiden: Fließschnupfen, Asthmaanfälle und Juckreiz. Nicht nur die Expositionswahrscheinlichkeit am Arbeitsplatz (zum Beispiel Mehlstaub in der Backstube) sondern ihre Prädisposition (Atopie) geben den Ausschlag für den Berufswechsel. Hier gibt es eine hohe Dunkelziffer.

Obwohl davon ausgegangen werden muss, dass die Schwierigkeiten bei der Ursache-Wirkungssuche die Grenzwertfestlegung zweifelhaft machen und das erst recht für die Umweltmedizin bezüglich der niedrigen Innenraumluftkonzentrationen gilt, wird im folgenden der Versuch unternommen, eine Allergenitätseinstufung für Baustoffe und –materialien vorzunehmen.

Das begründet sich einerseits mit der eingangs dargestellten zunehmenden Betroffenheit in der Bevölkerung, andererseits mit der jahrzehntelangen wiederholten Feststellung innenraumbedingter Hauptallergen-Quellen, den **Schimmelpilzen, Hausstaubmilben und Tierepithelien**. Dabei wird die Allergenität und der Umstand der Pseudo-Allergenität anderer durch die zunehmende Chemisierung im Bausektor verursachte Innenraumbelastungen weitgehend ignoriert.

In den folgenden Kapiteln soll deshalb die direkte Allergenität (direkt durch penetrierende Emittenten verursacht) von der indirekten Allergenität (zum Beispiel Schimmelpilze nach Feuchtigkeit) unterschieden werden. Es werden dann Überichten über die heute bekannten relevanten Allergen-Gruppen zusammengefasst und ein erster Versuch unternommen, Richtwerte für einige typische Allergene in Baustoffen zu formulieren. Diese Richtwerte sind allergotoxikologisch schwer begründbar, stellen aber eine Zumutbarkeitsgrenze dar, wie sie sich nach 20 Jahren Innenraumbegutachtungen des IUG in Deutschland als anwendbar herausgestellt haben. Bei „Allergenen“ wie Formaldehyd (*Schrimpf/Diel* 1998), Nickel (*Schubert* 1989), Pyrethrum (BRUMI 1993), Terpenen (*Seifert* 1990) und Isocyanaten

(*Weis* 1994) wird auf einschlägige Literatur verwiesen, die eine Richtvorgabe ohnehin plausibel macht. Aufgrund einschlägiger Untersuchungen der Wirkungen von Pyrethroiden auf das menschliche Immunsystem gibt es Anhalte für „No observed effect levels“ (NOEL) zusammenhängend mit der veränderten Signaltransduktion von Lymphozyten. (*Diel et al.* 1996, 1998, 1999, *Mitsche et al.* 2000, *Horr et al.* 2000) In Anbetracht der relativ jungen Forschung auf diesem Gebiet, wird die weitere Entwicklung mechanistischer Modelle allergener (Bau-)Stoffe noch etwas Zeit benötigen und sich die hier diskutierten Richtwerte modifizieren lassen müssen. Auch die in den abschließenden Kapiteln beschriebenen Vorgehensweisen bei der „Allergenitätsbeurteilung von Baustoffen“ werden sich den rasant entwickelnden allergotoxikologischen Nachweistechiken weiter anpassen müssen. Doch ohne Endgültigkeits- und Vollständigkeitsanspruch zu fordern, bieten die Autoren einen Punkte-Score an, nach dem die Allergenität von Baustoffen in vier Klassen eingruppiert wird:

- Keine beziehungsweise geringe Allergenität;
- Relevante Allergenität;
- Erhöhte Allergenität;
- Stark erhöhte Allergenität.

Mag dieses Schema eine Hilfe darstellen für alle, die mit Baustoffen umgehen. Seien es Bau-Profis wie Architekten, Ingenieure oder Hersteller, Bauunternehmer oder Bauherren, Behörden oder Richter. Im Sinne der Interdisziplinarität in der Umweltmedizin ist es ein Ziel, dass sich Mediziner und Chemiker beziehungsweise Toxikologen und Baufachleute einigen und eine Hilfe anbieten zur besseren Orientierung in der Bauwirtschaft zum Wohle der betroffenen Menschen. Inwieweit hieraus ein neuer Beruf – der **Innenraumbegutachter** – entstehen kann, muss der zukünftigen Entwicklung auf dem Bauproduktmarkt und den Verbraucherinteressen vorbehalten bleiben.

I Direkte Allergenität

In Anlehnung an die GefStoffV (Anhang I), insbesondere TRGS 540, 907/8 (*Rühl/Kluger* 1998) und die diesbezüglichen Verlautbarungen des Ausschusses für Gefahrstoffe (AGS) werden folgende Kriterien an Baustoffe hinsichtlich ihrer allergenen Wirkungspotentiale gelegt. Dabei kommt es im wesentlichen darauf an, inwieweit die Nutzer eines Hauses zu den Personengruppen mit erhöhtem

Sensibilisierungsrisiko (Atopiker) gehören. Zur Abgrenzung der sogenannten familiären Vorbelastung dienen die medizinisch/klinischen Definitionen der Allergien wie sie von Ring (1988) in seinem Buch „Angewandte Allergologie“ dargestellt sind. Als wichtigstes Korrelat wird bei Atemwegsallergien die Gesamt-IgE-Konzentration im Serum herangezogen. Sie gilt bei Erwachsenen im Bereich bis 100 IU/ml Serum als normal. Bei allergischen Hauterkrankungen ist davon auszugehen, dass IgE-Werte auch weitgehend normal sein können. Man findet jedoch spezifische Überreaktionen auf einzelne Substanzen (Allergene). Diese können zum Teil ebenfalls mit Blutuntersuchungen objektiviert werden. Einfacher, sicherer und billiger sind allerdings Hauttests (Epikutantest, Pricktest unter anderem). Des Weiteren wird davon ausgegangen, dass ein erheblicher Teil in der Bevölkerung zwar keine erhöhten Gesamt-IgE-Spiegel, dagegen auf einzelne Stoffe spezifische Überreaktionen aufweist. Diese können ebenfalls über serodiagnostische Untersuchungen objektiviert werden.

Nach Erhebungen der Krankenkassen ist bei zunehmender Tendenz davon auszugehen, dass bis zu 30 % der deutschen Bevölkerung in irgendeiner Form an Allergien leidet, Kinder mehr als Erwachsene. In neueren Publikationen wird heute bereits bei jedem zweiten Menschen mindestens ein Stoff vermutet, gegen den dieser allergisch reagiert. (Frenkel et al. 2000)

Erschwerend für die Ermittlung des Gefahrenpotentials ist die Tatsache, dass einige Allergene auch kanzerogene Wirkung aufweisen. Prominentes Beispiel für den Innenraumbereich ist Formaldehyd, bei dem zumindest in höheren Konzentrationen im Tierversuch auch Krebs an den Atemwegsorganen nachgewiesen wurde. Hier muss die hohe chemische Reaktivität des ansonsten kleinen Formaldehyd-Moleküls beachtet werden, das zwar selbst keine antigene Struktur, nach Reaktion mit basischen Proteinseitenketten aber durchaus als Immunogen vom menschlichen Abwehrsystem erkannt werden kann. Schwer-/Buntmetalle wie Nickel, Chrom und Palladium haben eine allergene und kanzerogene Wirkseite. Diese hängt von der Oxidationszahl ab. Chrom penetriert durch die Haut mit der Oxidationsstufe VI. Die gefährliche auch kanzerogene Wirksamkeit des Chroms liegt bei der Oxidationsstufe III. Die folgende Ta-

belle 1 ist unter Berücksichtigung sich überlagerter Toxizität erstellt.

Die Prognose für eine die Innenraumluft beziehungsweise Hausstaub und Material-/Produktabrieb belastende „Allergenität“ basiert auf den Erfahrungen aus Innenraumbegutachtungen, wie sie insbesondere in den Veröffentlichungen des IUG diskutiert werden. (Diel E 1993, Diel F 1993, Grün 1993, Diel/Diel 1996, Diel et al. 1998, Fischer et al. 2000 und viele mehr) Dabei ist prioritär zu unterscheiden: (Tabelle 1)

Tabelle 1: Innenraumbedingte Allergenität – Schematische Einteilung und Beispiele

- 1. Allergene mit zusätzlich anderem toxischen Potential (insbesondere Kanzerogenität)** zum Beispiel Epoxide, Azofarbstoffe, Formaldehyd (Fischer et al. 2000)
- 2. Anaphylaktische- und Kontaktallergene (Typ I und Typ IV)** zum Beispiel Formaldehyd (Coombs/Gell 1963)
- 3. Nur Typ I** nach Coombs/Gell (1963) zum Beispiel Caseine in Naturfarben, Tier- und Pflanzenallergene
- 4. Hauptsächlich Kontaktallergene (Typ IV)** (Hausen et al. 1992) zum Beispiel Ni in Armaturen, Amine (Hannuksela 1989)
- 5. Pseudoallergene** zum Beispiel diverse sogenannte Histamin-Liberatoren (Diel/Diel 1996)

Ausgehend von der Wirkungsseite sind die bedeutendsten Allergene diejenigen, die zu einer Sensibilisierung mit nachfolgender **anaphylaktischer** Sofortreaktion oder ekzematöser Spätreaktion wie bei Schock, Nesselfieber, Heuschnupfen und Bronchialasthma oder zu einem Ekzem führen können. (Typ I und IV nach Coombs/Gell 1963) Typ I sind zirka 70 % allergischer Betroffenheit aus klinischer Sicht. Eine Sensibilisierung ist aber nur dann möglich, wenn das menschliche Immunsystem das Allergen molekular erkennen kann und es an der Zelloberfläche bis hin zum Zellkern zu einer Signalübermittlung bei den für das Abwehrsystem kompetenten Zellen kommen kann. Zwei Kriterien sind die Voraussetzung:

1. Die Größe des Moleküls ($M_r > 500$)
2. Die spezifisch allergene Molekülseite (Epitop, Determinante)

Weitere Faktoren – die Immunogenität betreffend – spielen für die Stärke der Reaktion eine zusätzliche Rolle:

- Chemische Sekundärfaktoren (zum Beispiel Azofarbstoffe entwickeln allergene Amine, Metalle bilden allergene Organo-Metall-Komplexe, Aldehyde reagieren mit körpereigenen Proteinen und bilden so „allergene“ Fremdanigene und viele mehr);
- mitogene Faktoren (in Gegenwart von zum Beispiel Lipopolysacchariden oder pflanzlichen Alkaloiden zum Beispiel im Hausstaub kann die Allergenität zusätzlich angeregt werden);
- Carrier (Antigene, zum Beispiel Pollen, werden an Staub, Protein oder anderen Aerosolen adsorbiert und gelangen in die gereizten Schleimhäute der Atemwege);

Am gefährlichsten sind zweifelsohne reaktive Schadstoffe wie

- Epoxide (zum Beispiel als Restmonomere in Kunststoffen) und
- Azofarbstoffe, die selbst als fettlösliche Metabolite bis zum Zellkern vordringen können beziehungsweise einen Langzeiteffekt auslösenden Einfluss auf die Genaktivität aufweisen (zum Beispiel Kanzerogene).

Als rein sensibilisierende (Aero-)Allergene können zum Beispiel Caseine in Naturfarben genannt werden. Einmal verstrichen und getrocknet, haben sie grundsätzlich keine Möglichkeit mehr, in den Organismus zu gelangen. Bei Tier- und Pflanzenallergenen kann je nach Oberflächenbeschaffenheit, Verwitterung und Abrieb ein gefährlicher Mix von Allergenen inhalativ inkorporiert werden. Das ist zum Beispiel bei naturtextilen Oberflächen (zum Beispiel Baumwollteppichen) oder Rieddächern (Stroh, Sisal, Bambus und andere) der Fall.

Insbesondere im Arbeitsschutz kennt man eine Reihe auch kleinerer reaktiver Stoffe, die als Kontaktallergene (Typ IV nach Coombs/Gell 1963) geführt werden. Bestimmte Stoffe wie Nickel mit der Oxidationszahl II aus korrodierenden Armaturen oder Formaldehyd aus Spanplatten sind hierzu zu zählen. Diesen beiden Stoffen muss aber zusätzlich ein sensibilisierendes Potential aufgrund ihrer chemischen Reaktivität mit Fremd- oder körpereigenen Proteinen zugeschrieben werden, wie es oben bereits angedeutet wurde.

Kontaktallergene vermögen eine verzögerte oft erst nach etwa zwei Tagen auftretende allergische Symptomatik auszulösen. Das ursächliche Allergen

kann mit Provokationstests an der Haut (Epikutantest) nachgewiesen werden. Bei den Pseudoallergenen handelt es sich um Stoffe, die Symptome wie bei einer echten Allergie auslösen können. Im Gegensatz zu den anaphylaktischen Reaktionen handelt es sich um sogenannte **anaphylaktoide** Reaktionen. Die meisten dieser Stoffe können den Organismus nicht sensibilisieren und erzeugen deshalb auch nicht den für Allergien typischen Langzeiteffekt. (Diel/Diel 1996) Sie stimulieren unter Umgehung der immunologischen Reaktionskette die sogenannten Mediatorzellen direkt oder wirken als Biogene Amine selbst wie Histamin. Diese und andere aus den Zellen ausgeschüttete Mediatoren lösen bei Pseudoallergie unmittelbar unterschiedlich heftige Reaktionen aus. Pseudoallergene sind zum Beispiel leichtflüchtige Säuren, Ketone oder Amine, insbesondere basische Peptide, aber auch Formaldehyd – das nach Tabelle I zu allen Gruppen zu zählen ist. Es gibt auch Stoffe wie bestimmte Alkane oder Kohlenmonoxid, die Mediatorzellstabilisierend wirken.

II Indirekte Allergenität

Zu den klassischen Innenraum-Allergenen zählen:

1. Mikroorganismen (Schimmelpilze und Bakterien);
2. Hausstaubmilben (-Exkrememente);
3. Tierepithelien, Haare und Sekrete;
4. Sonstige andere organische Bestandteile (aus der Küche, von Zimmerpflanzen und andere).

Zu den indirekt allergen wirkenden Baustoffen zählen alle, die Wachstum/Verbreitung von Mikroorganismen und den anderen oben angegebenen klassischen Innenraumallergenen zulassen oder fördern, die durch folgende Vorgänge im Bau oder der Wohnung eintreten können:

Kältebrücken → Kondenswasser

Undichtigkeit → Wasseraufnahme
→ Allergenaufnahme

Oberfläche → große Oberfläche
→ Schmutzresorption
→ schwer zu reinigen
(textile Beläge)

Substrat für Mikroorganismen

→ nach Verrottung

Akkumulation von Staub,

Tierepithelien → Elektrostatik

Sonstige

Die Baustoffe, die selbst oder über die Konstruktion eine Mikroökologie für das Wachstum von Keimen oder Keim-

Tabelle 2: Relevante Allergen-Gruppen

Allergene	Beispiele
Aldehyde/ Dialdehyde	- Formaldehyd - Glutardialdehyd
Anhydride	- 1,1-Cyclohexandicarbon-säureanhydrid - Phthalsäureanhydrid - 1,2,4,5-Benzoltetracarbonsäuredianhydrid - Tetraphthalsäureanhydrid
Metalle/ Metallkomplexe	- organische Hg-Verbindungen - Buntmetalle (Cr, Ni, Co) und ihre Komplexe
Amine/ Ammonium- verbindungen/ Amide	- 4-Aminodiphenylamin - Ammoniumpersulfat - 2-Chloracetamin - N-(2-hydroxyethyl)-3-methyl-2-chinoxalin-carboxamid-1,4-dioxid - N-isopropyl-N'-phenyl-4-phenylendiamin
Thiazin/Thiazole	- 2-Chlor-10-(3-dimethyl-aminopropyl)-phenthiazin - MCI/MI (3:1) - 2-Mercaptobenzothiazol - N-cyclohexylbenzothiazylsulfenamid - Benzisothiazolinon
Thiurame	- Tetramethylthiuram-disulfid - Dipentamethylthiuram-disulfid
Thiocarbamate	(siehe Metallkomplexe des Zn)
Nitrile/Cyane/Nitro/ Parastoffe	- 1,2-Dibrom-2,4-dicyanobutan
Triazine	- N,N',N''-tris(2-hydroxyethyl)-hexahydro-1,3,5-triazin
Gemische	- Hölzer (gem. TRGS 907) - Pyrethrum/Pyrethroide - Naturlatex - Terpentinöl - Polyurethane (Isocyanate) - Kolophonium - Lanolin - Farbstoffe (BIFAU 1998)

herden (Bakterien und Pilze), Nahrungsgrundlage für Kleinstlebewesen wie allergene Hausstaubmilben, bis hin zu Nagern (Mäuse) bilden, sind zu vermeiden und bei Atopikern auszuschließen. Im Holzfertigbau können das auch konstruktive Baumaterialien sein, die von außen durchfressen beziehungsweise durchnagt werden.

III Relevante Allergen-Gruppen

Anders als in der GefStoffV wird in dem vorliegenden Kriterienkatalog nicht unterschieden zwischen Atemwegs-, Haut- oder anderen Allergenen. Die Eingangspforte für Allergene ist ohnehin häufig schwer zu beurteilen, da eine Exposition über die Gasphase – weniger als Gas, vielmehr als Aerosol beziehungsweise partikelgebunden – sowie gleichzeitig über die Haut/Schleimhäute und das unterschiedlich in Abhängigkeit von dem akuten Zustand (zum Beispiel bei Ekzem, Wunden, entzündeter Haut) erfolgen kann.

Für die in der Tabelle 2 genannten Allergene gilt, dass sie möglichst aus Baustoffen herauszuhalten sind oder wenn nicht anders machbar in möglichst geringen Konzentrationen eingesetzt werden.

Zu beachten sind dabei zwar die Richtlinien wie sie beispielsweise für Chromat-armen Zement bestehen. Abgebundene Metalle in Beton oder Putz können wie oben bereits erwähnt selbst für Allergiker keine Gesundheitsgefährdung mehr darstellen. Ähnlich bei Hölzern: Eingetmeter Holzstaub gilt insbesondere für Tropenhölzer als Allergen (auch als Kanzerogen!). Verbautes Holz stellt als Baustoff kein Gesundheitsrisiko mehr dar. Hier ist allerdings mit größerer Wahrscheinlichkeit als bei Beton ein besonderes Risiko für zu Allergie-neigende Menschen vorhanden, die als Selbsthausbauer oder bei späterer Renovierung sich mit Holzstaub kontaminieren. Diese oder ähnliche Szenarien müssen immer in die Gesamtbeur-

teilung der Baustoff-Allergene mit einbezogen werden.

Im folgenden werden für einige Baustoff-relevante Allergene Richtwerte vorgegeben, die zwar immunotoxisch nicht quantifizierbar sind, aber aufgrund langjähriger Erfahrungen im IUG bei Innenraumbegutachtungen für Atopiker und Chemie-sensible Menschen einzuhalten empfohlen werden: (Tab. 3)

Tabelle 3: Richtwerte für Allergene in Baustoffen*

Allergen	(Bau)Stoff	Richtwert (für Atopiker)
Formaldehyd	Acryl-, Phenyl-Harze, Spanplatten etc.	30 µg/m ³ (0,025 ppm) (IUG 1998)
Ni und andere Buntmetalle	Armaturen, Trinkwasserrohre	frei beziehungsweise 10 mg/ kg Material
Pyrethrum/Pyrethroide	Holz, Textile Beläge	3 mg/kg (BRUMI 1993)
Terpene	Holz Kleber	max. 30 µg/m ³ (Seifert 1990)
Isocyanate	Ortschäume, Polyurethanverkleidungen	0,14 µg/m ³ (0,02 ppb) (Weis 1994)

* erster Vorschlag

IV Vorgehen bei der Allergenitäts-Beurteilung von Baustoffen

Die auf ihre Allergenität zu prüfenden Baustoffe werden nach Tabelle 1 geprüft:

1. Funktion und Expositionsrelevanz;
2. Vorliegende Daten und Stoffkenntnisse (Sicherheitsdatenblätter und so weiter);
3. Allergenitäts-Tests (Allergotoxikologische Prüfung – IV 1. und Immunologische Tests ex vivo – IV 2. und Prüfung der kontaktallergenen Potenz – IV 3. und Immunologische Tests in vivo – IV 4.)

Das Vorgehen bei Innenraumbegutachtungen wird an anderer Stelle beschrieben. (Diel 1993)

Das Prüfinstitut stellt die Belastung nach Vielfalt, Konzentration und Perforationsfähigkeit fest. Ein einzelnes Hauptallergen, aber auch die Vielfalt der Allergene, sowie Mitogenität und Adjuvant-Eigenschaften von Trägerstoffen können zu einer Abwertung der Baumaterialien führen. Sollten nach dem jeweiligen Stand der Wissenschaften auch oder erst die Metabolite zur Allergenität führen (zum Beispiel die Abspaltung von Formaldehyd oder para-Nitrophenolen aus Harzen beziehungsweise inhalierten Antigenen), müssen diese in die Beurteilung mit einbezogen werden; ebenso die Kombinationswirkungen bei Vorliegen von Synergisten (zum Beispiel Piperonyl-Butoxid in Pyrethrum imprägnierten Baumaterialien). Wie in anderen Bereichen sind bei Bedarf struktur-wirkungsanalytische sowie toxikokinetische beziehungsweise -dynamische Prüfungen vorzunehmen.

Die photoallergische Sensibilisierung ist zu beachten sowie die spezielle Kreuzreaktivität wie sie bei Allergenen häufig beobachtet wird. Im Zweifelsfall müssen Prüfungen nach ChemG von 1980 (Anhang V) durchgeführt oder in Auftrag gegeben werden.

IV 1. Allergotoxikologische Prüfung

Die allgemeinen allergotoxikologischen Prüfungen erfolgen zumeist im standardisierten Prüfkammerverfahren. Dabei werden insgesamt zirka 200 Einzelstoffe erfasst. Von diesen weisen zirka 50 ein allergenes beziehungsweise pseudo-allergenes Potential auf. Die Prüfungen

erstrecken sich auf folgende Belastungs-Gruppen:

1. Olfaktorische Bestimmungen (in Anlehnung an VDI 3881); (Fischer et al. 2000)
2. VOC und SVOC (im standardisierten Prüfkammerverfahren);
3. Glykole und andere polare Verbindungen (wie oben angegeben);
4. Aldehyde und Ketone (wie oben angegeben);
5. Weichmacher und Flammschutzmittel (Prüfkammerverfahren/Materialanalytik) Bewertung nach dem TVOC-Konzept unter besonderer Berücksichtigung allergener oder pseudoallergener Inhaltsstoffe;
6. Schwer- und Buntmetalle (aus der Festkörperanalytik);
7. Ausgewählte Biozide.

Die Prüfkammerverfahren werden in Anlehnung an CEN/TC 264 Air Quality – Indoor Air Quality (Dezember 1997) durchgeführt. Bei verschiedenen Luftwechselraten wird in 100 L- und 250 L-Edelstahlkammern auf Sammelröhrchen resorbiert und nach Desorption zumeist im GC-MS getrennt und analysiert. Metalle werden je nach Probenmaterial mittels ICP-MS, zerstörungsfreier AAS oder Polarographie (bei toxikologisch relevanten unterschiedlichen Oxidationszahlen zum Beispiel Cr) nachgewiesen.

Die toxikologische Bewertung erfolgt nach den Grundsätzen der AGÖF und ChemG, GefStoffV, TRGS beziehungsweise den entsprechenden VO aus dem LMBG sowie den oben angegeben Richtlinien.

IV 2. Immunologische Tests ex vivo

Zur allergotoxikologischen Bewertung werden immunologische Testverfahren mit Blutzellfraktionen von Atopikern und Nichtatopikern in Inkubaten und Zellkulturen durchgeführt. Diese ex vivo-Verfahren sind in peer reviewed Zeitschriften veröffentlicht worden. (unter anderem Diel et al. 1998, Diel et al. 1999a und b) Hierzu zählen:

1. der Histamin-Liberations-Test HLT (zur Simulierung der anaphylaktischen und anaphylaktoiden Sofortreaktion),
2. der Lymphozyten-Stimulationstest (zur Testung der Lymphozyten-Proliferation, unter anderem MTT-Test nach Stimulation verschiedener Mitogene wie PHA, LPS, Con A, anti-CD 3),

3. der Basophilen-Degranulations-Test (Panoptische Bestimmung degranulierter basophiler Granulozyten von Atopikern und Nicht-Atopikern zur Einschätzung der Belastung zirkulierender Mediatorzellen).

Die Liste der Allergene in der MAK- und BAT-Liste der DFG-Senatskommission gilt als qualitative Bewertungsgrundlage, da es sich hier zumeist um inhalative (Kontakt)-Allergene handelt. (Tabelle 4)

IV 3. Prüfung der kontaktallergenen Potenz

Hierfür gibt es bisher keine in vitro-Methoden, das heißt man ist nach wie vor auf die Testung am Menschen oder an Versuchstieren angewiesen, wobei die üblichen Versuchstiere – Maus, Meerschweinchen – leichter zu sensibilisieren sind als der Mensch schlechthin.

Die Prüfung der sensibilisierenden Potenz am Menschen ist aus ethischen Gründen (selbst bei freiwilligen Probanden) in den Ländern der Europäischen Union nicht zulässig. Aus den USA liegen jedoch zahlreiche derartige Testergebnisse vor.

Bewährt haben sich folgende Tests bei Tieren:

1. Meerschweinchen-Maximisationstest (Magnusson/Kligmann 1969);
2. Lymphknotentest an Mäusen (Kimber et al. 1986);
3. TINA-Test am Meerschweinchen (Ziegler 1977);
4. Passive cutane Anaphylaxie (PCA) mit (Knock-out)-Ratten.

Wenn eine Substanz unter Zuhilfenahme von Freund'schem Adjuvans bei 30 % und mehr der Versuchstiere zu einer Sensibilisierung der Haut (allergisches Kontaktekzem) beziehungsweise zu typischen Veränderungen des Lymphknotens führt, der der Teststelle nahe liegt, dann ist diese Substanz als **sensibilisierend durch Hautkontakt** („Sa“ siehe oben) und am Arbeitsplatz mit dem Gefahrenhinweis **R 43** zu kennzeichnen. (Anhang 1, Nr.1.1.2.4.10., Abs. 4, GefStoffV)

IV 4. Immunologische Tests in vivo

(noch nicht weiter ausgeführt)

Tabelle 4: Die Allergene in der MAK- und BAT-Werte-Liste (DFG 2000)

Acrylnitril [107-13-1] (Sh)	Thuja plicata (D. Don.) Donn. (Sah), Riesenlebensbaum, Rotzeder, Western Red Cedar
1-Allyloxy-2,3-epoxypropan [106-92-3] (Sh)	Triplochiton scleroxylon K. Schum. (Sah), Abachi, Obeche
o-Aminoazotoluol [97-56-3] (Sh)	Hydrazin [302-01-2] (Sh)
α -Amylase (Sa)	Hydrazinhydrat [7803-578] und Hydrazinsalze (Sh)
1,2-Benzisothiazol-3(2H)-on [2634-33-5] (Sh)	Hydroxyethylacrylat [818-61-1] (Sh)
Bisphenol A (4,4'-Isopropylidendiphenol) [80-05-7] (SP)	2-Hydroxyethylmethacrylat [868-77-9] (Sh)
Bisphenol-A-diglycidylether [1675-54-3] (Sh)	N-(2-Hydroxyethyl)-3-methyl-2-chinoxalincarboxamid-1,4-dioxid (Olaquinoxid) [23696-28-8] (SP)
Bithionol [97-18-7] (SP)	Hydroxypropylacrylat (alle Isomeren) [25584-83-2] (Sh)
2-Brom-2-(brommethyl)pentandinitril (1,2-Dibrom-2,4-dicyanbutan) [35691-65-7] (Sh)	2-Hydroxypropylmethacrylat [923-26-2] (Sh)
Butanonoxim [96-29-7] (Sh)	Isophorondiisocyanat [4098-71-9] (Sah)
1-n-Butoxy-2,3-epoxypropan [2426-08-6] (Sh)	Limonen (Sh):
1-tert-Butoxy-2,3-epoxypropan [7665-72-7] (Sh)	- d,1-Limonen [138-86-3] und ähnliche Gemische,
n-Butylacrylat [141-32-2] (Sh)	- d(+)-Limonen [5989-27-5]
N-Carboxyanthranilsäureanhydrid [118-48-9] (Sh)	- l(-)-Limonen [5989-54-8]
2-Chlor-10-(3-(dimethylamino)propyl)phenothiazin (Chlorpromazin) [50-53-3] (SP)	Maleinsäureanhydrid [108-31-6] (Sah)
1-Chlor-2,4-dinitrobenzol [97-00-7] (Sh)	Merbromin [129-16-8] (Sh)
Chloressigsäuremethylester [96-34-4] (Sh)	Mercaptobenzothiazol [149-30-4] (Sh)
5-Chlor-2-methyl-2,3-dihydroisothiazol-3-on [26172-55-4] und	Methylacrylat [96-33-3] (Sh)
2-Methyl-2,3-dihydroisothiazol-3-on [2682-20-4] Gemisch im Verhältnis 3:1 (Sh)	N-Methyl-bis(2-chlorethyl)amin [51-75-2] (Sh)
Chlorthalonil [1897-45-6] (Sh)	Methylisocyanat [624-83-9] (Sh)
Chrom(VI)-Verbindungen [18540-29-9] (Sh)	Methylmethacrylat [80-62-6] (Sh)
Cobalt [7440-48-4], seine Legierungen und wasserlöslichen Salze (Sah)	N-Methylolchloracetamid [2832-19-1] (Sh)
Colophonium [8050-09-7] (Sh)	Methyltetrahydrophthalsäureanhydrid [11070-44-3] (Sa)
4,4'-Diaminodiphenylmethan [101-77-9] (Sh)	N-Methyl-2,4,6-N-tetranitroanilin [479-45-8] (Sh)
1,3-Dichlorpropen [542-75-6] (cis- und trans-) (Sh)	Methylvinylketon [78-94-4] (Sh)
Diglycidylresorcinether [101-90-6] (Sh)	Monomethylhydrazin [60-34-4] (Sh)
1,1-Dimethylhydrazin ¹⁹⁾ [57-14-7] (Sh)	Naphthalsäureanhydrid [81-84-5] (Sh)
1,2-Dimethylhydrazin ¹⁹⁾ [540-73-8] (Sh)	1,5-Naphthylendiisocyanat [3173-72-6] (Sa)
Diphenylmethan-4,4'-diisocyanat [101-68-8] (Sah)	Natriumdiethylthiocarbamat [148-18-5] (Sh)
Disulfiram ¹⁷⁾ [97-77-8] (Sh)	Naturgummilatex [9006-04-6] (Sah)
Ethylacrylat [140-88-5] (Sh)	Nickel [7440-02-0], seine Legierungen und wasserlöslichen Salze (Sah)
Ethylenglykoldimethacrylat [97-90-5] (Sh)	4-(2-Nitrobutyl)-morpholin [2224-44-4] (70 Gew. %) und 4,4'-(2-Ethyl-2-nitro-1,3-propandiylo)bis-morpholin [1854-23-5] (20 Gew. %) (Gemisch) (Sh)
2-Ethylhexylacrylat [103-11-7] (Sh)	2-Nitro-p-phenylendiamin [5307-14-2] (Sh)
Ethylmethacrylat [97-63-2] (Sh)	2-n-Octyl-2,3-dihydroisothiazol-3-on [26530-20-1] (Sh)
Formaldehyd [50-00-0] (Sh)	4,4'-Oxydianilin [101-80-4] (Sh)
Getreidemehlstäube (Sa):	Pentaerythrittriacrylat [3524-68-3] (Sh)
Roggen	o-Phenylendiamin [95-54-5] (Sh)
Weizen	p-Phenylendiamin [106-50-3] (Sh)
Glutardialdehyd [111-30-8] (Sh)	Phenylglycidylether [122-60-1] (Sh)
Glycerylmonothioglykolat [30618-84-9] (Sh)	Phenylhydrazin [100-63-0] (Sh)
Glycidyltrimethylammoniumchlorid [3033-77-0] (Sh)	Phthalsäureanhydrid [85-44-9] (Sa)
Glyoxal [107-22-2] (Sh)	Piperazin [110-85-0] (Sah)
Gummiinhaltsstoffe:	Platinverbindungen (Chloroplatinate) (Sah)
Dithiocarbamate (Sh)	„Polymeres MDI“ [9016-87-9] (in Form atembare Aerosole) (Sah)
p-Phenylendiaminverbindungen (Sh)	Pyrethrum [8003-34-7] (Sh)*
Thiazolgruppe (Sh)	Quecksilber [7439-97-6] und seine organischen Verbindungen (Sh)
Thiurame (Sh)	Quecksilberverbindungen, organische (Sh)
Hexahydrophthalsäureanhydrid [85-42-7] (Sa)	Rizinusproteine (Sa)
Hexamethylendiisocyanat [822-06-0] (Sah)	Sojabohneninhaltsstoffe (Sa)
Hexamethylentetramin [100-97-0] (Sh)	Terpentinöl [8006-64-2] (Sh)
1,6-Hexandioldiacrylat [13048-33-4] (Sh)	Thioharnstoff [62-56-6] (Sh SP)
Hölzer:	Thiomersal [54-64-8] (Sh)
Acacia melanoxylon R.Br. (Sh), tropische Akazie	Thiram [137-26-8] (Sh)
Brya ebenus DC. (Sh), Cocusholz, westindisches Grenadillholz	Tierhaare, -epithelien und andere Stoffe tierischer Herkunft (Sah)
Chlorophora excelsa (Welw.) Benth. & Hook (Sh), Iroko, Kambala	Tolylendiisocyanate (Diisocyanatoluole) : (Sa)
Dalbergia latifolia Roxb. (Sh), ostindischer Palisander	2,4-Tolylendiisocyanat [584-84-9]
Dalbergia melanoxylon Guill. et Perr. (Sh), afrikanisches Grenadillholz:	2,6-Tolylendiisocyanat [91-08-7]
Dalbergia nigra Allem. (Sh), Rio Palisander	Triethylenglykoldimethacrylat [109-16-0] (Sh)
Dalbergia retusa Hemsl. (Sh), Cocobolo	Trimellitsäureanhydrid [552-30-7] (Sa)
Dalbergia stevensonii Standley (Sh), Honduras Palisander	Trimethylolpropantriacrylat [15625-89-5] (Sh)
Distemonanthus benthamianus Baill. (Sh), Ayan, Movingui	2,4,6-Trinitrophenol [88-89-1] (Sh)
Grevillea robusta A.Cunn. (Sh), australische Silbereiche	N,N',N"-Tris(β -hydroxyethyl)-hexahydro-1,3,5-triazin [4719-04-4] (Sh)
Khaya anthotheca C.D.C. (Sh), Acajou blanc, afrikanisches Mahagoni	Vinylcarbazol [1484-13-5] (Sh)
Machaerium scleroxylon Tul. (Sh), Jacaranda pardo, Santos Palisander	Zinkchromat [13530-65-9] (Sh)
Mansonia altissima A.Chev. (Sh), Bé	Zirkon [7440-67-7] und seine unlöslichen Verbindungen (Sah)
Paratecoma peroba (Record) Kuhlm. (Sh), Peroba do campo, Peroba jaune	Zirkonverbindungen (löslich) (Sah)
Tectona grandis L.f. (Sh), Teak	
Terminalia superba Engl. u. Diels (Sa), Frakè, Limba	

(Quelle: Deutsche Forschungsgemeinschaft (Hrsg.): MAK und BAT-Werte-Liste. Verlag Wiley-VCH, Weinheim 1999)

*Gilt nur für die in der Droge und deren Extrakte enthaltenen α -Methylsacquitripenlactone (Pyrethrosin unter anderem)

Sa = atemwegssensibilisierende Stoffe; Sh = hautsensibilisierende Stoffe; Sah = atemwegs- und hautsensibilisierende Stoffe; SP = photosensibilisierende Stoffe

Soweit Baustoff-Allergene als Aerosole nach Abrieb oder Alterung in den Organismus gelangen können, führt das zu einer weiteren Abwertung. (Siehe oben → Trägerstoffe)

Bei der Prüfung sind die Grundsätze und Definitionen aus der MAK-Liste (DFG 1999, 157 ff, Tab. 4) anzuwenden. Zusätzlich werden mitogene Wirkungen der Trägerstoffe aus Stäuben, Faserabrieb, Rauche und Nebel als ultrafeine Teilchen mit einem Diffusions-Äquivalentdurchmesser < 100 nm gekennzeichnet.

Bewertungsscore

Bei der Bewertung der Allergenität von Baustoffen wird folgendes Punkteschema nach Tabelle 5 angewandt:

Tabelle 5: Punkteschema für die Allergenität von Baustoffen (siehe auch Tabelle 1)

Allergenität	Maximale Basispunktzahl
Sensibilisierend + andere Toxizität (zum Beispiel Kanzerogenität)	5
Sensibilisierend (Typ I + Typ IV)	4
Sensibilisierend (Typ I)	3
Kontaktallergen (Typ IV)	2
Pseudoallergenität (anaphylaktoid)	1
Indirekte Allergenität (Kap. II)	1
Anderer Typ der allergenen Wirkung	1

Aus diesem Schema ist die zutreffende Höchstpunktzahl zu ermitteln und je nach Kontaminations- (Kontakt-) Wahrscheinlichkeit mit folgenden Faktoren zu multiplizieren:

- Inhalativ und/oder als Aerosol x 2
- Kombinationswirkung (Synergist) x 1,5
- Aerosolbildung aufgrund von Alterung und/oder Abrieb x 1,5
- Sonstige die allergischen Symptome fördernde Wirkungen x 1,5

Nach diesem Schema gibt es einen Allergenitätsscore von max 5 x 2 x 1,5 x 1,5 x 1,5 = 33,75. Das wird aufgerundet auf 34 (es wird grundsätzlich auf beziehungsweise abgerundet!).

1. Beispiel: Formaldehyd (HCHO)

Eine Formaldehyd-haltige (> 0,03 ppm) leicht zerbröselnde Holzspanplatte mit Terpen-haltigen (zum Beispiel

d,l-Limonen) Anstrich kann folgende Punktzahl erreichen: (*Diel F* 1993) **5** (sensibilisierend bei chemischer Veränderung von körpereigenen Proteinen + Verdacht auf Kanzerogenität) x **2** (inhalativ) x **1,5** (Terpene gelten als stark allergen) x **1,5** (Aerosolbildung durch Alterung der Holzspanplatte – weniger intensiv) x **1,5** (Formaldehyd zählt chemisch als sehr reaktives leichtflüchtiges Kontaktallergen zu den gefährlichsten arbeits- und umweltmedizinischen Umwelttoxinen)

Gesamtpunktzahl für die Holzspanplatte: 34

2. Beispiel: Nickel (Ni)

Ein Lehmputz an der Außenwand enthält > 500 mg/kg Nickel (Ni) sowie Chrom (Cr) und Kobalt (Co). Hier wird eine Punktzahl vergeben von: **2** (Kontaktallergen) x **1,5** (andere nicht zur Wirkung kommende Kontaktallergene)

Gesamtpunktzahl für Lehm-Außenputz: 3

3. Beispiel: Pyrethrum

Ein mit Pyrethrum/PBO eulanisierter Schurwolleppichboden, verklebt mit SVOC emittierenden Klebstoff erhält die Punktzahl: (*Fischer et al.* 2000)

3.1 ohne Lanolin (allergenes Wollfett): **2** (schwaches Kontaktallergen) x **2** (eingesaugt als Aerosol im Hausstaub) x **1,5** (Kombinationswirkung mit PBO)
Gesamtpunktzahl für verklebten Teppichboden ohne Lanolin: 6

3.2 mit Lanolin
6 (wie oben angegeben) x **1,5** (zusätzliches Hauptallergen)

Gesamtpunktzahl für verklebten Teppichboden mit Lanolin: 9

Für einen Bewertungsscore wird die Einteilung in Tabelle 6 vorgeschlagen:

Tabelle 6: Bewertungsscore für die Allergenität von Baustoffen

Punkte	Bewertung
1 – 4	keine beziehungsweise geringe Allergenität
5 – 10	relevante Allergenität
11 - 20	erhöhte Allergenität
> 20	stark erhöhte Allergenität

Damit gilt folgende Bewertung für die oben angegebenen Beispiele:

Beispiel 1: Formaldehyd-haltige Spanplatte „stark erhöhte Allergenität“

Beispiel 2:

Buntmetall-haltiger Lehmaußenputz „keine Allergenität“

Beispiel 3:

Eulanisierter verklebter Schurwolleppichboden „relevante Allergenität“

In Tabelle 5 wird eine Basispunktzahl aufgrund der Prioritätenliste nach Tabelle 1 vorgegeben. Diese ist aus allgemeinen allergotoxikologischen Überlegungen begründet. Für die Abschätzung des Erkrankungsrisikos, das man bei Verwendung von Baustoffen mit einem allergenen Gefahrenpotential einget, ist wie bei anderen Gefahrstoffen die Exposition, die Art und Struktur (Molekül) des Allergens selbst →Basispunktzahl, wie aber auch die Art und Weise der Inkorporation einschließlich Randbedingungen sowie die (anatomische) Eingangspforte →Faktor, von Bedeutung.

Anders als bei anderen Gefahrstoffen gilt es bei Allergenen zu beachten, dass die Individualität (Sensibilität) des Zielorganismus (Mensch) von entscheidender Bedeutung sein kann. Die familiäre Vorbelastung, das Vorhandensein einer Atopie – ja oder nein – können letztlich den Ausschlag für die allergotoxikologische Bewertung darstellen. Im Extremfall kann die Belastung mit einem Allergen aus Baustoffen für die eine Familie eine ernsthafte Krankheitsursache darstellen, für die andere aber irrelevant sein. Erhöhte Nickel-Konzentrationen können bei einer sensibilisierten Atopiker-Familie mit Neigung zu kontaktallergischen Reaktionen gegen Buntmetalle zu chronischen Magen-Darm-erkrankungen führen mit allen Komplikationen, die zu diesen manchmal schwer diagnostizierbaren Beschwerden dazu gehören. Eine andere Familie ohne derartige Prädisposition ist hier völlig unberührt. Wie soll man also Baustoffe/materialien bewerten?

Die oben vorgeschlagene Punktevergabe kann als grobe Orientierung im Sinne der **Vorsorge** dienen. Erfahrungswerte aus Innenraumbegutachtungen und Kenntnisse aus der Literatur zeigen, dass das Risiko an Allergien zu erkranken, wie es im Formaldehyd-Beispiel dargestellt ist, ungleich höher ist, als im Beispiel des eulanisierten Schurwolleppichs. Hier könnte allerdings das allergisierende Wollfett (Lanolin) ausschlaggebend für eine verstärkte Symptomatik sein – allerdings auch wieder nur bei

entsprechendem Hautkontakt oder Inkorporation des Abriebs.

Die ausgewählten Beispiele sollen das Vorgehen verdeutlichen, wie die Basispunkte zu wählen sind und mit welchen Faktoren sie belegt werden müssen. Es wird deutlich, dass der Prüfer beziehungsweise das Prüfinstitut einen gewissen Bewertungsspielraum ausnutzen können. Damit ist eine „Nach-dem-Komma“-Genauigkeit ausgeschlossen. Der Prüfer sollte über die ausreichenden chemischen, toxikologischen und medizinischen Vorerfahrungen verfügen. Die allergotoxikologische Fortbildung ist wesentlicher Bestandteil auf dem Weg zum **Zertifizierten Innenraumbegutachter – IUG**. Es gibt kein endgültiges Kriterium beziehungsweise Maß für die allergotoxikologische Beurteilung von (Bau)Stoffen. Das schließt sich allein dadurch aus, dass die Sensibilisierbarkeit nicht nur zeitlichen sondern auch geo-sozialen und ethnischen Schwankungen unterworfen ist.

Die Entscheidung, ob Baustoffe/-materialien verwendet werden dürfen oder inwieweit das allergene Gefahrenpotential minimiert werden kann, muss unter Beachtung der umweltmedizinischen Prognose auf der Basis der Einschätzung individueller familiärer Vorbelastung erfolgen.

Prof. Dr. *Friedhelm Diel*

Institut für Umwelt und Gesundheit - IUG
Petersgasse 27
D-36037 Fulda

Literatur:

BIFAU: Textilallergie. Berliner Institut für Analytik und Umweltforschung e.V., Umweltheft **15** (Berlin 1999)

BRUMI: Pyrethroide – Pestizide in Innenräumen. Bremer Umweltinstitut e.V. (Bremen 1995)

Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG): MAK- und BAT-Werte-Liste. Wiley VCH (Weinheim 1999)

Diel F: Innenraumbedingte Allergien und ihre Vermeidung. In *Diel F* (Hrsg.) Innenraumbelastungen. Bauverlag (Wiesbaden 1993) 60-67

Diel E: Hausstaub als Allergenpotential und Möglichkeiten der Vermeidung. In *Diel F* (Hrsg.) Innenraumbelastungen. Bauverlag (Wiesbaden 1993) 48-51

Diel F/Diel E: Allergien. Moewig Pabel (Rastatt 1996)

Diel et al.: Ökologisches Bauen und Sanieren. C.F.Müller (Heidelberg 1998a)

Diel et al.: In vitro effects of the pyrethroid S-Bioallethrin on lymphocytes and basophils from atopic and non-atopic subjects. *Allergy* **53** (1998b) 1052-1059

Diel et al.: Pyrethroids and the synergistic PBO affect T-cells and basophils. *Inflamm Res* **48** (1999a) 15-16

Diel F et al.: Pyrethroids and piperonyl-butoxide affect human T-lymphocytes in vitro. *Tox Letters* **107** (1999b) 65-74

Coombs/Gell: The classification of allergic reactions underlying disease. In *Coombs/Gell* (Ed) *Clinical aspects of immunology*. Davis (Philadelphia 1963) 317

Fischer M et al.: Textile Bodenbeläge. C.F.Müller (Heidelberg 2000)

Fregert/Grubberger: Solubility of cobalt in cement. *Contact Dermatitis* **4** (1978) 14-18

Frenkel et al.: Early response transcription factors in activated mast cells. *Mod Asp Immunobiol* **1/2** (2000) 57-58

Grün L: Allergene im Innenraum. In *Diel F* (Hrsg.): Innenraumbelastungen. Bauverlag (Wiesbaden 1993) 41-47

Hannuksela M: Occupational Dermatoses: Appropriate diagnosis and theory. *Allergologie* **12** (1989) 71-74

Hausen et al.: Lexikon der Kontaktallergene. Ecomed (Landsberg 1992) Loseblattsammlung

IUG: IUG-interne Bewertungskriterien (Fulda 1998)

König/Kollmeyer: Vorstufen einer verbesserten arbeitsmedizinischen Allergiediagnostik. Wissenschaftsverlag NW (Bremerhaven 1989)

Kimber et al.: Development of murine local lymph node assay for the determination of sensitizing potential. *Food Chem Toxicol* **24** (1986) 585-591

Magnusson/Kligmann: The identification of contact allergens by animal assay. The guinea pig maximization test. *J Invest Dermatol* **52** (1969) 268-274

Maibach/Menne: Nickel and the skin. *Immunology and Toxicology*. CRC Press Inc. (Boca Raton 1989)

Menne et al.: Patch test reactivity to nickel alloys. *Contact Dermatitis* **16** (1987) 255-259

Mitsche et al.: Pyrethroid syndrome in an animal keeper. *Allergy* **55** (2000) 93-94

Ring J: Angewandte Allergologie. MMV Medizin Vlg (München 1988)

Rühl/Kluger: Handbuch der Bau-Chemikalien. Ecomed (Landsberg 1998)

Schneider et al.: The nickel status of human beings. In *Anke et al.* (Ed) Spurenelemente Symposium Nickel, VEB-Kongress- und Werbedruck (Jena 1980) 277-283

Schrumpf D/Diel F: Evaluierung chemisch-analytischer Methoden zur Formaldehydbestimmung. In *Diel F et al.* Ökologisches Bauen und Sanieren. C.F.Müller (Heidelberg 1998a) 143-148

Schubert et al.: Nickel dermatitis in construction workers. In *Frosch et al.* (Ed) Current Topics in Contact Dermatitis. Springer (Berlin 1989) 191-194

Seifert B: Regulation indoor air. In *Walkinshaw D S* (Hrsg.): Indoor Air '90, Proceedings of the 5th International Conference on Indoor Air Quality and Climate **5** (Toronto 1990) 35-49

Weis N: Toxikologie und Nachweis monomerer Isocyanate in der Innenraumluft. Verlag Shaker (Aachen 1994)

Ziegler V: Der tierexperimentelle Nachweis allergener Eigenschaften von Industrieprodukten. *Dermatol Monatsschr* **163** (1977) 387-391

Glossar:

Epitop: Die Seite des Moleküls zur immunologischen Erkennung.

Inzidenz: Zahl der neu auftretenden Erkrankungsfälle pro Zeiteinheit (meist pro Jahr), bezogen auf den noch nicht erkrankten Teil der Bevölkerung.

Konjunktivitis: Bindehautentzündung mit Rötung, Brennen und Fremdkörpergefühl, oft mit Schwellung und vermehrter Sekretion, unter Umständen Eiterbildung, Bindehautblutung oder Bildung fibrinöser Membranen.

Prävalenz: Zustandsbeschreibung einer Krankheit. Man unterscheidet Punkt-Prävalenz und Perioden-Prävalenz. Die Punkt-Prävalenz gibt die Zahl der Erkrankungsfälle zu einem bestimmten Zeitraum an, bezogen auf die betrachtete Bevölkerung. Sie ist aussagekräftig bei chronischen, langandauernden Krankheiten. Die Perioden-Prävalenz ist die Zahl der Erkrankungsfälle in einem bestimmten Zeitabschnitt, bezogen auf die Bevölkerung. Sie ist eine geeignete Maßzahl bei akuten, rezidierend auftretenden Erkrankungen.