

AGÖF – Arbeitsgemeinschaft Ökologischer Forschungsinstitute (Hrsg.)

Umwelt, Gebäude & Gesundheit:

Schadstoffe, Gerüche und schadstoffarmes Bauen



AGÖF - Arbeitsgemeinschaft Ökologischer  
Forschungsinstitute (Hrsg.)

# **Umwelt, Gebäude & Gesundheit**

**Schadstoffe,  
Gerüche  
und  
schadstoffarmes Bauen**

Ergebnisse des 10. Fachkongresses der Arbeitsgemeinschaft Ökologischer  
Forschungsinstitute (AGÖF) am 24. und 25. Oktober 2013 in Nürnberg

**2013**

AGÖF – Springe-Eldagsen

In diesem Buch werden die Beiträge des 10. Fachkongresses der Arbeitsgemeinschaft Ökologischer Forschungsinstitute (AGÖF) vom 24. und 25. September 2013 in Nürnberg veröffentlicht.

**Herausgeber:**

Arbeitsgemeinschaft Ökologischer Forschungsinstitute (AGÖF)

**Geschäftsstelle:**

im Energie- und Umweltzentrum am Deister  
D - 31832 Springe-Eldagsen

**Vorstand der AGÖF**

Axel Wichmann, Sachverständigenbüro für Baubiologie und Umweltanalytik, Berlin  
Dr. Wigbert Maraun, Arguk-Umweltlabor GmbH, Oberursel  
Jörg Thumulla, anbus analytik GmbH, Fürth

**In Kooperation mit dem Umweltreferat der Stadt Nürnberg,**

Dr. Peter Pluschke

**Redaktion:** Sabine Weber-Thumulla

**Veranstalter:**

Analyse und Bewertung von Umweltschadstoffen (AnBUS) e.V.  
Mathildenstraße 48  
D - 90762 Fürth

---

**Umwelt, Gebäude & Gesundheit:** Schadstoffe, Gerüche und schadstoffarmes Bauen;  
Tagungsband des 10. AGÖF-Fachkongresses 2013 / AGÖF - Arbeitsgemeinschaft Ökologischer  
Forschungsinstitute (AGÖF) e.V.; Bearb. Sabine Weber-Thumulla - Springe: AGÖF, 2013

---

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung auch von Teilen außerhalb des Urheberrechtgesetzes ist ohne Zustimmung des Verlages unzulässig und strafbar. Dies gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Autoren, Herausgeber und Verlag, redaktionelle Mitarbeiter und Herstellungsbetriebe haben das Werk nach bestem Wissen und mit größtmöglicher Sorgfalt erstellt. Inhaltliche und technische Fehler sind jedoch nicht vollständig auszuschließen. Die Wahl der Rechtschreiberegeln lag bei den Autoren.

© 2013 Arbeitsgemeinschaft Ökologischer Forschungsinstitute (AGÖF) e.V.,  
Springe-Eldagsen  
Umschlagsgestaltung: Harald Hans Vogel, Fürth  
Titelfoto: Martin Wesselmann, Ponton im Hamburger Hafen

ISBN 978-3-930576-09-8

# Inhaltsverzeichnis

<b>Vorwort</b>	<b>4</b>
<b>I. Schadstoffe in Innenräumen – neueste Entwicklungen</b>	<b>7</b>
AGÖF-Orientierungswerte für flüchtige organische Verbindungen in der Raumluft	8
<i>Arbeitsgemeinschaft Ökologischer Forschungsinstitute e.V.</i>	
Bewertung von krebserregenden Stoffen in Innenräumen	37
<i>Helmut Sagunski</i>	
PAK - Sanierungen: Zur Umsetzbarkeit von ambitionierten Zielwerten für die Raumluft	43
<i>Michael Köhler, Yvonne Kranz, Jörg Mertens, Heidrun Hofmann, Norbert Weis</i>	
Vorkommen von Mineralöl (mineral oil saturated hydrocarbons / MOSH) und Polyolefin-Oligomeren (polyolefin oligomeric saturated hydrocarbons / POSH) in Hausstaub und Raumluft	56
<i>Wigbert Maraun und Herbert Obenland</i>	
<b>II. Schadstoffarmes Bauen</b>	<b>73</b>
Handlungsanweisungen für die Freimessungen nach Neu-, Um- und Erweiterungsbauten der Stadt Nürnberg	74
<i>Bernd Tilgner</i>	
Katastererstellung in der Praxis: Folgen unvollständiger Untersuchungen und mangelhafter Dokumentation von Gefahr- und Schadstoffen in Gebäuden	83
<i>Matthias Friedel</i>	
Emissionen und deren gesundheitliche Effekte während der Bauphase eines Holzhauses	94
<i>Julia Hurraß, Freya Schulte-Hubbert</i>	
Energetische Sanierung der Außenwand unter Berücksichtigung des Gefahrstoffpotenzials	105
<i>Johanna Hochrein</i>	
Referenzprojekt in Holzbauweise mit optimaler Innenraumhygiene und Elektroschutz	124
<i>Peter Bachmann, Volker C. Gutzeit, Stefan Schindele</i>	

Schadstoffmessungen in Museen – begleitende Untersuchungen einer neuen Ausstellungshalle im Germanischen Nationalmuseum	130
<i>Annika Dix, Markus Raquet, Jürgen Wolff, Matthias Schmidt</i>	
<b>III. Gerüche in Innenräumen</b>	<b>143</b>
Gerüche in Innenräumen - Sensorische Bestimmung und Bewertung: Ein Vergleich zwischen AGÖF-Leitfaden und VDI-Richtlinie 4302 / ISO 16000-30	144
<i>Jörg Thumulla</i>	
Vorbereitungen zur Einführung der normierten Geruchsprüfung im AgBB-Schema	151
<i>Ana Maria Scutaru und Christine Däumling</i>	
Geruchsbelastungen in Innenräumen durch Phenol und Kresole aus PVC-Fußbodenbelägen - Vergleich olfaktorischer und chemischer Untersuchungen von Raumluft und Material	157
<i>Martina Clemens-Ströwer</i>	
Rechtliche Konsequenzen von Geruchs- und sonstigen Belastungen, ausgelöst durch Sanierungsmaßnahmen	167
<i>Jochen Kern</i>	
Geruchsprobleme durch Ammoniak und Amine in der Innenraumluft	178
<i>Jörg Thumulla, Martin Wesselmann</i>	
<b>IV. Schimmelpilze</b>	<b>191</b>
Mykotoxine in Innenräumen	192
<i>Carmen Kroczeck, Jörg Thumulla</i>	
Diskussion aus Sachverständigensicht zur neuen Richtlinie des Umweltbundesamtes: Handlungsempfehlung zur Beurteilung von Feuchteschäden in Fußbodenaufbauten	202
<i>Nicole Richardson</i>	
Schimmel und Lüftung im Bau- und Mietrecht	210
<i>Elke Schmitz</i>	

## **V. Raumlufqualität und Lüftung** **227**

Ist in Schulen eine freie Fensterlüftung möglich? Erste Ergebnisse einer Feldstudie der Stadt Nürnberg **228**

*Norbert Nix*

Zukunftstaugliche Komfortlüftungssysteme – Aktuelle Untersuchungen zu Hygiene und Reinigungsmöglichkeit kontrollierter Wohnraumlüftungen **242**

*Felix Twrdik, Peter Tappler*

Raumlufqualitätsbewertung nach multiplen Kriterien für die Optimierung von Lüftungssystemen **250**

*Gabriel Rojas-Kopeinig, Rainer Pfluger und Wolfgang Feist*

Bewohnergesundheit und Raumlufqualität in neu errichteten, energieeffizienten Wohnhäusern **260**

*P. Tappler, U. Muñoz-Czerny, B. Damberger, F. Twrdik, W. Ringer, H.-P. Hutter*

Überprüfung und Bewertung von partikulären und chemischen Verbindungen in einem Hubschrauber während des Flugbetriebes **268**

*Martin Wesselmann*

## **Verzeichnis der Autoren** **277**

## **Anhang**

**AGÖF Leitfaden „Gerüche in Innenräumen  
– sensorische Bestimmung und Bewertung** **279**

# Bewertung von krebserregenden Stoffen in Innenräumen

*Helmut Sagunski*

Wie bei anderen Verunreinigungen in der Umwelt üblich erfolgt auch die gesundheitliche Bewertung krebserzeugender Stoffe in der Innenraumluft in vier Schritten (**Tabelle 1**):

**Tabelle 1:** Risikoabschätzung von krebserzeugenden Stoffen in der Umwelt

Stufe	Ziel	Fragestellung
1	Wirkungsabschätzung	Erzeugt ein Stoff unter bestimmten Bedingungen Krebs?
2	Expositionsabschätzung	Liegt eine relevante Exposition vor?
3	Exposition-Risikobeziehung	Dosis-abhängiger Mechanismus der Krebsentstehung?
4	Risikocharakterisierung	Resultiert aus der Exposition ein relevantes Krebsrisiko?

Zur Wirkungsabschätzung (im Englischen als „hazard assessment“ bezeichnet) liegen für eine Reihe von Stoffen nationale, europäische und internationale Einstufungen vor. Rechtlich verbindlich sind in Deutschland die Einstufungen nach der europäischen Verordnung über Einstufung, Kennzeichnung und Verpackung von Stoffen (sog. CLP-Verordnung von 2008). Daneben bestehen in Deutschland zusätzliche Anforderungen zum Schutz von Beschäftigten im Umgang mit Gefahrstoffen [IFA 2012]. Von den internationalen Einstufungen sind vor allen die Bewertungen der Internationalen Behörde für Krebsforschung (IARC) erwähnenswert.

Wenn man sich die Frage stellt, welche der in der Innenraumluft vorkommenden krebserzeugenden Stoffe nach der CLP-Verordnung beim Menschen als bekanntermaßen krebserzeugend (Kanzergenitätskategorie 1A), als wahrscheinlich krebserzeugend (Kanz. 1B) oder als vermutlich krebserzeugend (Kanz. 2) eingestuft sind, ergibt eine erste Übersicht, dass der überwiegende Teil der Stoffe mit einem krebserzeugenden Potenzial in der Innenraumluft als krebserzeugend (K 2) eingestuft ist (**Tabelle 2**). Hingegen ist die Anzahl von K 1A- bzw. K1B-Stoffen deutlich geringer. Zudem wird diese Gruppe durch die vier- und mehrringigen PAK geprägt (**Tabelle 3**). In Tabelle 3 wurde auch Radon mit aufgenommen, das die Weltgesundheitsorganisation als eine gesundheitlich bedeutsame krebserzeugende Substanz in der Innenraumluft bewertet hat [WHO 2010].

Die gesundheitliche Bewertung krebserzeugender Stoffe hat sich in den letzten Jahrzehnten weiter entwickelt. In den siebziger und achtziger Jahren des vorigen Jahrhunderts wurde vielfach angesichts ungenügender Kenntnisse zur Entstehung von Tumoren hilfswise eine lineare Extrapolation favorisiert. In den neunziger Jahren sank die Akzeptanz dieser Vorgehensweise und es setzte sich zunehmend eine Diskussion möglicher Wirkungsmechanismen durch [z. B. Bolt et al. 1988].



# PAK - Sanierungen: Zur Umsetzbarkeit von ambitionierten Zielwerten für die Raumluft

*Michael Köhler, Yvonne Kranz, Jörg Mertens,  
Heidrun Hofmann, Norbert Weis*

## Einleitung

Obgleich teerige und somit PAK-haltige Baustoffe eine hohe Anwendungsbreite bis in die 70er Jahre des vergangenen Jahrhunderts gefunden haben, lenkte erst 1997/1998 die "Wiederentdeckung" der Teerkleber in den sog. US-Housings die Aufmerksamkeit auf staubgetragene PAK-Belastungen in Innenräumen. Ausgehend von dieser Problematik wurde ein Bewertungsschema<sup>1</sup> etabliert, das u.a. die Analyse von Benzo(a)pyren (BaP) als Leitsubstanz im Staub voraussetzt.

In Untersuchungen der Folgejahre wurden durch verschiedene Autoren<sup>2,3</sup> jedoch auch Belastungssituationen beschrieben, bei denen vor allem auch gasförmige PAK in höheren Konzentrationen in Innenräumen nachgewiesen werden. Unterschiedliche Materialien weisen hierbei teilweise unterschiedliche PAK-Muster auf, die auch zu entsprechender Musterbildung in der Innenraumluft führen.

Zur Bewertung der auftretenden Belastungen wurden verschiedene Bewertungsschemata für gasförmige PAK veröffentlicht<sup>2,4,5,6</sup>. Von besonderer Bedeutung sind hierbei die gesundheitsbezogenen Bewertungsschemata.

So nennt beispielsweise die Ad-Hoc-Arbeitsgruppe "Innenraum" seit 2004<sup>5</sup> für Naphthalin einen vorsorgeorientierten Richtwert RW I für Naphthalin von 0,002 mg/m<sup>3</sup> bzw. einen interventionsorientierten Richtwert RW II von 0,02 mg/m<sup>3</sup>. Den jüngsten Protokollen der Kommission ist zu entnehmen, dass es hier zu Veränderungen der Richtwerte kommen könnte und dass Methyl- und Dimethylnaphthaline ggf. in die Richtwertermittlung einbezogen werden sollen<sup>7</sup>. Zur Zeit gilt als Sanierungsziel jedoch noch ein Messwert von 0.002 mg/m<sup>3</sup> (entspricht 2.000 ng/m<sup>3</sup>).

Ein durch das Bremer Umweltinstitut erarbeitetes Schema<sup>6</sup> legt für die 16 EPA-PAK (EPA= Environmental Protection Agency) gemeinsam Richtwerte für luft- bzw. schwebstaubgetragene Belastungen fest. Basis des Schemas ist die Verwendung rel. Kanzerogenitätsequivalentfaktoren (KE) im Bezug für die 16 PAK nach EPA im Vergleich zu BaP und die Bildung einer toxikologisch gewichteten KE-Summe. Das hier festgelegte Sanierungsziel liegt bei einer KE-Summe von 2.

Die genannten Sanierungsziele für Naphthalin bzw. die KE-Summe gelten als ambitioniert, bislang in der Literatur beschriebene Sanierungen enden teilweise mit höheren Luftkonzentrationen<sup>8</sup>.

Anhand von Fallbeispielen werden im Folgenden Sanierungen unterschiedlicher PAK-Quellen beschrieben, um darzustellen, dass auch die ambitionierten Zielwerte nach Wiederaufbau der Räume erreichbar sind. Gleichzeitig wird auf Schwierigkeiten bei Sanierungen hingewiesen.

# **Vorkommen von Mineralöl (mineral oil saturated hydrocarbons / MOSH) und Polyolefin-Oligomeren (polyolefin oligomeric saturated hydrocarbons / POSH) in Hausstaub und Raumluft**

*Wigbert Maraun und Herbert Obenland*

## **1. Einleitung**

Mineralöle sind die durch Destillation des Erdöls und gegebenenfalls auch anderen mineralischen Rohstoffen hergestellten Öle. Im Gegensatz zu Fetten und fetten Ölen (Triglyceride, auch Trifettsäureester des Glycerins) bestehen die in ihren physikalischen Eigenschaften ähnlichen Mineralöle und Mineralfette aus paraffinischen (gesättigte kettenförmige Kohlenwasserstoffe), naphthenischen (gesättigte ringförmige Kohlenwasserstoffe) und aromatischen (ringförmige Kohlenwasserstoffe mit aromatischem Doppelbindungssystem) Bestandteilen. Mineralöle enthalten daneben auch noch Alkene (Olefine) sowie je nach Provenienz schwankende geringe Mengen an schwefelhaltigen und stickstoffhaltigen organischen Verbindungen.

Siehe auch <http://de.wikipedia.org/wiki/Mineral%C3%B6l> (Stand 30.06.2013)

Weithin bekannt sind sie u.a. als Diesel-Treibstoff, Heizöl, Schmieröle sowie Paraffinöle und -waxe. In den Wohn- oder Büroumgebungen können Mineralöle z.B. anlässlich der Emissionen naheliegender Tankstellen oder bei Undichtigkeiten in ölbetriebenen Heizungsanlagen gelangen und dort auch zu typischen Geruchsbelastungen führen. Aufgrund der vielfältigen Verwendung von Paraffinölen und -wachsen im Innenraum, z.B. als Möbel- und Fußbodenpflegemittel, sind auch zahlreiche Quellen im Innenraum gegeben.

Eine breitere Aufmerksamkeit, auch in den Medien, erhielt das Vorkommen von Mineralölen durch die Untersuchungen von karton-verpackten Lebensmitteln in den Kantonalen Laboren Zürich und St. Gallen. Von Droz und Grob wurden 1997 erste Nachweise einer Lebensmittel-Belastung durch Mineralölkohlenwasserstoffe vom Schmieröl-Typus mitgeteilt (Droz & Grob 1997). Dies betraf in Recyclingpapier verpackte Lebensmittel wie Reis, Mehl, Gries oder Müsli. Weitere Ergebnisse veröffentlichte das Kantonale Labor Zürich in seinem Jahresbericht 2009 (Kantonales Labor Zürich, 2009). Von Lorenzini et al. 2010 wurden auch Abschätzungen der Migration von Mineralölkohlenwasserstoffen aus der Verpackung in die Lebensmittel vorgenommen. Diese Berichte lösten bei den deutschen und europäischen Fachbehörden rege Aktivitäten aus, die demnächst zu einer entsprechenden Aktualisierung der sog. „Mineralölverordnung“ (Gesetzesgrundlage: Lebensmittel-, Bedarfsgegenstände- und Futtermittelgesetz) führen werden. Nach Ansicht des deutschen Bundesinstituts für Risikobewertung (BfR) ist angesichts der Sachlage eine Minimierung des Übergangs von Mineralölen aus Verpackungen auf Lebensmittel dringend geboten (BfR, 2009). Das Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV) hat 2011 den Entwurf einer 22. Verordnung zur Änderung der Bedarfsgegenständeverordnung (BedGegStV) vorgelegt, der Migrationshöchstwerte für Mineralöl aus Recycling-Verpackungen vorsieht. Eine Studie zur Migration u.a. von MOSH aus Verpackungsmaterialien in Lebensmittel (u.a. Nudeln, Reis) zeigte Gehalte an MOSH der Kohlenstoffanzahl größer 16 im Bereich von < 1 mg/kg bis maximal 54 mg/kg [CVUA Stuttgart 2012)

# Handlungsanweisungen für die Freimessungen nach Neu-, Um- und Erweiterungsbauten der Stadt Nürnberg

*Bernd Tilgner*

Da wir einen erheblichen Teil unserer Zeit in Innenräumen verbringen, ist eine gute Innenraumluftqualität für das Wohlbefinden von besonderer Bedeutung. Flüchtige organische Verbindungen (VOC), Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>), aber auch Gerüche und Staub tragen wesentlich zu einer schlechten Raumluftqualität bei. Mit eigenen Maßnahmen kann der Raumnutzer bei hohen Konzentrationen an CO<sub>2</sub>, vielen unangenehmen Gerüchen oder bei Staub etwas entgegensetzen. Bei den VOC und einigen Gerüchen ist die Sache schon vielschichtiger.

Flüchtige Organische Verbindungen sind Stoffe aus den Gruppen der Alkane, Aromaten, Terpenen, Ester, Alkohole, Ketone, Aldehyde und halogenierten Kohlenwasserstoffen. Diese Verbindungen sind Bestandteile von Bau- und Bauhilfsstoffen, Einrichtungsgegenständen und Ausstattungsmaterialien, (u.a. auch Pflegemittel). Sie können aber auch durch Reaktionen der Baustoffe, Bauhilfsstoffe und Ausstattungsmaterialien untereinander entstehen. Bei Umnutzung von gewerblich genutzten Räumen oder Liegenschaften ist auch eine Freisetzung aus der Gebäudesubstanz auf Grund vorhandener Altlasten möglich. Die VOC werden in die Raumluft freigesetzt und beeinträchtigen dadurch die Raumluftqualität. Auch Gerüche sind nichts anderes als VOC, allerdings mit einem sehr hohen Geruchspotential bei gleichzeitig sehr geringen Konzentrationen. Durch die belastete Raumluft kann es zu Befindlichkeitsstörungen oder zu gesundheitlichen Beeinträchtigungen, wie z.B. Geruchsbelästigungen, Reizwirkungen auf Haut, Schleimhäute und Atemwege kommen.

So ergibt sich häufig bei Neubauten und Umbaumaßnahmen, Erweiterungsbauten, aber auch bei Renovierungen alleine durch das Ausgasen von Bau- und Bauhilfsstoffen eine nicht unerhebliche VOC-Belastung der Raumluft. Bei Umbaumaßnahmen im Zuge von Umnutzungen kann zusätzlich auch eine für Innenräume relevante Belastung der Raumluft mit VOC auf Grund der ehemaligen Nutzung der Räume, z.B. als Lager, als technischer Betrieb, etc. auftreten. Nicht selten ergeben sich in den letzten Jahren aber auch maßgebliche Belastungen der Raumluft mit VOC durch den Einsatz von Pflege- und Reinigungsmitteln

Bei der Stadt Nürnberg ist es aus vorgenannten Gründen üblich, nach Beendigung der Baumaßnahmen in allen Neu-, Um- und Erweiterungsbauten sowie nach umfassenden Renovierungsmaßnahmen durch die Umweltanalytik Nürnberg (SUN/U) Messungen der Raumluft durchzuführen zu lassen.

Negative Ergebnisse aus Raumluftmessungen werden bewertet, dokumentiert und fließen über Baustoffberatungen in die tägliche Baupraxis der Stadt Nürnberg ein.

Um für die Freimessungen innerstädtisch zu werben und die Problematik der Freimessungen von Grunde auf zu erläutern wurden die nachfolgende Handlungsanweisung, im Stil von FAQ (Frequently asked Questions) erstellt. Diese Handlungsanweisung richtet sich vor allem an alle Mitarbeiter in Baudienststellen und dem Gebäudemanagement.

# **Katastererstellung in der Praxis: Folgen unvollständiger Untersuchungen und mangelhafter Dokumentation von Gefahr- und Schadstoffen in Gebäuden**

*Matthias Friedel*

## **Vorwort**

Vor umfangreichen Umbaumaßnahmen, Abriss oder zur Klärung einer möglichen Gefährdung der Nutzer in älteren Gebäuden sind Voruntersuchungen in Bezug auf Gefahr- und Schadstoffe durchzuführen, welche die Möglichkeit einer Gefährdung von Arbeitern, Nutzern und Umfeld minimieren sollen.

Diese Anforderungen ergeben sich aus dem Landesbaurecht, den Regeln der Bau-genossenschaften sowie der Gefahrstoffverordnung und den damit verbundenen technischen Regeln.

Wie eine umfassende Untersuchung durchgeführt und dokumentiert wird, ist nicht einheitlich festgelegt und obliegt je nach Anforderungen dem Sachverständigen.

In den meisten Fällen wird ein Kataster erstellt, welches neben Wort und Bild auch Kartenmaterial mit entsprechenden Einzeichnungen enthält.

In der VDI/GVSS 62002 Blatt 1<sup>1</sup> wird erstmals aus einer Synthese der Kernaussagen verschiedener Grundlagen zur Schadstoffsanierungen aus geltenden Richtlinien, Gesetzen und technischen Regeln eine Grundstruktur beschrieben, die die Mindestanforderungen an eine Katastererstellung erfüllen.

Ältere Kataster weisen oft Lücken in der Dokumentation auf, bei neu anstehenden Beurteilungen oder Sanierungen sind diese ohne erneute Untersuchungen meist nicht durchführbar.

Aber auch bei Vorgehen nach o.g. VDI/GVSS können Versäumnisse bei der technischen Erkundung vorkommen, die mangels Erfahrung der Sachverständigen, fehlendem Interesse des Auftraggebers oder terminlich begründetem Druck vorkommen, die zu falschen Interpretationen der vorliegenden Gefahrstoffsituation führen kann.

Folgen einer unvollständigen Katasterführung können zu Fehleinschätzungen der Gefahrensituation und zu Kostenmehrungen bzw. Bauzeitverlängerungen bei Umbau- und Abrissmaßnahmen führen, die jeweils dem Katasterersteller bzw. seinem Auftraggeber angelastet werden müssen.

## **Vorgehen bei einer Katastererstellung**

### **Festlegung der Untersuchungsaufgabe**

Vor Beginn der Untersuchungen ist noch zur Angebotserstellung die Klärung des Motivs der Katastererstellung unter Berücksichtigung der weiteren Nutzung des Gebäudes festzuhalten. Insbesondere die Einhaltung bzw. Unterschreitung von Grenzwerten - soweit vorhanden - ist im Vorfeld mit dem Auftraggeber zu vereinbaren. In wieweit bisherige

---

<sup>1</sup> Sanierung schadstoffbelasteter Gebäude und Anlagen Blatt 1, Verein Deutscher Ingenieure/ Gesamtverband Schadstoffsanierung, Entwurf Juni 2012, Ausgabedatum Oktober 2013

# Emissionen und deren gesundheitliche Effekte während der Bauphase eines Holzhauses

*Julia Hurraß, Freya Schulte-Hubbert*

## Zusammenfassung

Während des 19-wöchigen Innenausbaus eines neu gefertigten Holzhauses wurde die Raumluft zu acht Zeitpunkten auf flüchtige organische Verbindungen (VOC) und niedermolekulare Aldehyde und Ketone analysiert. Bei einem Luftwechsel von  $0,2 \text{ h}^{-1}$  traten die höchsten holztypischen Emissionen in der zweiten Messwoche auf. Die Summenkonzentrationen der aliphatischen Aldehyde ( $\text{C}_4\text{-C}_{11}$ ) und der bicyklischen Terpene erreichten  $862 \mu\text{g}/\text{m}^3$  bzw.  $823 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Parallel dazu wurden Raumluftproben mittels zellbiologischer Testverfahren auf zytotoxische Effekte und die Freisetzung von Entzündungsmarkern untersucht. Diese zellbiologischen Messungen wurden zudem für Emissionen der für den Bau verwendeten OSB-Platten und des Thermo-Hanf-Isolationsmaterials vorgenommen, die unter kontrollierten Bedingungen in einer Emissionsprüfkammer erzeugt wurden. Die zellbiologischen Untersuchungen zeigten weder für die Raumluft noch für die einzelnen Baustoffemissionen signifikante zytotoxische Effekte.

## Einleitung

Flüchtige organische Substanzen können die Innenraumluftqualität maßgeblich beeinträchtigen. Die möglichen biologischen Wirkungen sind stoffspezifisch vielfältig und reichen von der reinen geruchlichen Wahrnehmung - positiv wie negativ - über unterschiedlich ausgeprägte Befindlichkeitsstörungen und irritative Effekte bis hin zu neurotoxischen Effekten und schweren organischen Erkrankungen.

In Deutschland stehen zur Einschätzung und Bewertung von Emissionen im Innenraum in erster Linie die Richt- und Leitwerte der am Umweltbundesamt (UBA) tagenden Ad-hoc-Arbeitsgruppe Innenraumrichtwerte der IRK/AOLG (Innenraumluftthygiene-Kommission / Arbeitsgemeinschaft der Obersten Landesgesundheitsbehörden, kurz Ad-hoc AG "Innenraumrichtwerte") zur Verfügung [1]. Die herausgegebenen Werte sind toxikologisch abgeleitet und begründet [2]. Neben diesen Richtwerten sind von der Ad-hoc AG "Innenraumrichtwerte" für TVOC (Total-VOC, Summenwert), Kohlendioxid und Feinstaub Leitwerte herausgegeben worden, die toxikologisch weniger gut begründet sind als die Richtwerte. Es sind Erfahrungswerte, aus denen die Wahrscheinlichkeit nachteiliger Gesundheitswirkungen abgeleitet werden kann. Auch die Weltgesundheitsorganisation WHO hat Richtwerte für die Innenraumluft herausgegeben [3].

Liegen keine Richtwerte vor, so können die Orientierungswerte der Arbeitsgemeinschaft ökologischer Forschungsinstitute (AGÖF) herangezogen werden [4]. Mittels dieser statistisch abgeleiteten AGÖF-Orientierungswerte kann beurteilt werden, ob ein vorliegender Messwert auffällig erhöht ist. Der AGÖF-Auffälligkeitwert entspricht dem 90 %-Perzentil aller der Statistik zugrunde liegenden Innenraumluftmessungen der beteiligten AGÖF-Mitglieder. Die Werte lassen keinerlei Rückschlüsse auf mögliche gesundheitliche Beeinträchtigungen zu.

Erhöhte Emissionen sind besonders für Neubauten charakteristisch. Sie sind mit dem Eintrag von Baustoffen verbunden, die über einen gewissen Zeitraum die noch enthaltenen



# Energetische Sanierung der Außenwand unter Berücksichtigung des Gefahrstoffpotenzials

*Johanna Hochrein*

## 1. Einleitung und Zielsetzung

Die Bundesrepublik Deutschland hat sich die Aufgabe gestellt, umfassende Klimaschutzmaßnahmen durchzuführen. Für den Gebäudesektor bedeutet dies, dass der Endenergiebedarf bis 2050 um 90 % gesenkt werden muss. Vor allem sind bei diesen Bemühungen die Bestandsgebäude relevant, die noch vor der ersten Wärmeschutzverordnung 1978 errichtet wurden und ungefähr 66 % des Gesamtbestandes ausmachen (IWU 2011). Deren ungedämmte Außenwände verursachen hohe Transmissionswärmeverluste. Eine energetische Sanierung dieser Wände reduziert den Brennstoffbedarf sowie die damit verbundenen Treibhausgasemissionen.

Der Dämmstoffmarkt für solche nachträgliche Sanierungsarbeiten ist bislang sehr einseitig geprägt. Dabei gibt es durchaus Alternativen zu den konventionellen, nicht nachwachsenden Materialien. Im Rahmen einer Masterthesis am Öko-Institut e.V. werden daher innerhalb der verschiedenen Dämmvarianten der Außenwand (Außen-, Innen- und Kerndämmung) konventionellen Dämmstoffen Nachwachsende und Hochleistungsfähige gegenübergestellt. Neben der Wirtschaftlichkeit, die für den Hauseigentümer von höchster Relevanz ist, werden vor allem die Auswirkungen auf Umwelt und Mensch untersucht.

## 2. Vorgehen und Methodik

### 2.1 Dämmvarianten und Dämmstoffe

Bei der Auswahl der Dämmstoffe für die Dämmvarianten werden die Materialien ermittelt, die am Markt am stärksten repräsentiert sind. Nachwachsende und hochleistungsfähige Dämmstoffe, die als marktfähig betrachtet werden, ergänzen diese Liste. Innerhalb der Außendämmung (AD) wird zudem nach der Konstruktion differenziert. Bei einem Wärmedämmverbundsystem (WDVS) werden die Dämmstoffe direkt auf die Wand geklebt und/oder verdübelt und verputzt. Bei einer hinterlüftete Vorhangfassade (VHF) sind die Dämmstoffe hinter einer Unterkonstruktion verbaut, die mit einer Holzverkleidung versehen wird. Bei der Variante der Innendämmung (ID) werden aufgrund der Schimmelproblematik nur kapillaraktive Dämmstoffe untersucht, die an der Innenwand verklebt, verdübelt und verputzt werden. Bei der Kerndämmung (KD) sind keine zusätzlichen Hilfsmittel nötig. Das untersuchte Dämmsystem besteht jeweils aus Dämmstoff und nötigen Zusatzmaterialien zur Befestigung, Verkleidung, etc..

### 2.2 Beispielgebäude

Als Beispielgebäude für die Untersuchung dient ein freistehendes Einfamilienhaus (EFH\_E), das die Baualtersklasse 1958-68 repräsentiert und damit zugleich die wohnflächenstärkste und mit energieintensivste Gebäudeklasse in Deutschland darstellt. Für Raumwärme und zur Warmwasserbereitung wird ein zentraler Gas-Niedertemperaturkessel als Kombinationsgerät gewählt, der in 77 % aller Fälle die Energiebereitstellung in deutschen Wohngebäuden übernimmt (IWU 2011).

# Referenzprojekt in Holzbauweise mit optimaler Innenraumhygiene und Elektroschutz

*Peter Bachmann, Volker C. Gutzeit, Stefan Schindele*

## Das Projekt



Referenzobjekt Büro- und Wohngebäude in Uetendorf bei Thun im Kanton Bern, erstellt durch die Baufritz GmbH & Co. KG, Erkheim.

Das Referenzobjekt wurde komplett in Holzständerbauweise gebaut. Die Bausumme beträgt ca. 3.030.000,- CHF (2.500.000,- €).

- ⇒ Energiebezugsflächen Gewerbebereich (Büro- und Ausstellungsräume):
- ⇒ Gesamtfläche: 258 m<sup>2</sup> aufgeteilt in Galeriegeschosse
- ⇒ Umbauter Raum = 899 m<sup>3</sup>
- ⇒ Energiebezugsflächenflächen Wohnbereich (3 Mietwohnungen):
- ⇒ Wohnung EG = 154 m<sup>2</sup>
- ⇒ Musterwohnung/Probewohnen OG1 = 143 m<sup>2</sup>
- ⇒ Wohnung OG2 inkl. DG Galerie = 240 m<sup>2</sup>
- ⇒ Umbauter Raum = 1469 m<sup>3</sup>

Das Projekt wurde von ETH Zürich im Rahmen eines Forschungsprojektes begleitet und neben dem Schweizer Niedrigenergiestandard MINERGIE-A-ECO mit dem Sentinel-Haus-Gesundheitspass zertifiziert.

Das Projekt vereint ökologische Systembauweise, ein energetisch optimiertes Gebäude mit Pelletheizung, Solarspeicher und 3-fach verglasten Fenstern, RLT-Anlage mit Wärmerückgewinnung mit gesunder Bauweise: die Verwendung von schadstoffarmen

# Schadstoffmessungen in Museen – begleitende Untersuchungen einer neuen Ausstellungshalle im Germanischen Nationalmuseum

*Annika Dix, Markus Raquet, Jürgen Wolff, Matthias Schmidt*

## Die Schadstoffproblematik ist in Museen angekommen

Themen wie Nachhaltigkeit, Schadstoffvermeidung und Energieeinsparung in Museen sind in den vergangenen Jahren verstärkt in den Fokus der Museumsverantwortlichen gerückt. In Forschungsverbänden, Projekten an Hochschulen, Vortragsreihen und gestellter Forschungsanträge zu diesen Themenkomplexen ist dies besonders gut zu erkennen<sup>1</sup>. Die Schwerpunkte in der Vergangenheit lagen dabei meist auf Untersuchungen zu Schadstoffbelastungen der Raumluft in Museen. Gleichwohl fehlt die Festsetzung von Grenzwerten für Vitrininnenräume. Publikationen, die sich speziell mit der Schadstoffproblematik eingesetzter Baumaterialien in Museen bezüglich des Schädigungspotentials für Kunstwerke befassen sind noch selten anzutreffen. Die wohl zwei umfangreichsten Publikationen der letzten Jahre, die sich mit den Schadenspotentialen in Museen eingesetzter Werkstoffe beschäftigten, sind die Dissertationen von Alexandra Schieweck<sup>2</sup> und Elise Spiegel<sup>3</sup>.

Wie 2010 im Aufsatz von Arnulf v. Ulmann<sup>4</sup> schon beschrieben, war und ist die Festsetzung von Untersuchungsmethoden und/oder –standards ein Problem, da die existierenden und gültigen Normen und Regeln der speziellen Situation in Museen nicht gerecht werden. Kann man bei allgemeinen Schadstoffmessungen der Raumluft in Museen auf die Orientierungswerte der AGÖF-Liste zurückgreifen, so fehlen diese speziell für Vitrininnenräume. Das gleiche galt bislang für Museumsausstattungs-materialien, z.B. für den Vitrinenbau. Der Notwendigkeit einer Beprobung stehen oft, besonders an kleineren Museen, fehlende Finanzmittel oder aber das Unverständnis der Museumsverantwortlichen gegenüber. Ausstellungsmacher, Architekten und Handwerker gaben deshalb die Verantwortung zur Auswahl geeigneter Materialien gerne an Restauratoren ab. Diese sind bei der Auswahl geeigneter Materialien, kostengünstiger Untersuchungsmethoden,

---

<sup>1</sup> Forschungsallianz Kulturerbe (Allianz aus den 15 Fraunhofer-Instituten, 8 Leibniz-Forschungsmuseen und 5 Haupteinrichtungen der Stiftung Preußischer Kulturbesitz), Leibniz-Gemeinschaft, Fraunhofer Gesellschaft (WKI), Grünes Museum (Risikomanagement und Notfallplanung in Museen), EU\_Research Project MEMORI (Measurement, Effect Assessment and Migration of Pollutant on Movable Cultural Assets).

<sup>2</sup> Alexandra Schieweck/ Tunga Salthammer: Schadstoffe in Museen, Bibliotheken und Archiven. Raumluft, Baustoffe, Exponate. Braunschweig 2006.

<sup>3</sup> Elise Spiegel: Emissionen im Museum. Ein Gütezeichen für emissionsarme Ausstellungsmaterialien und Vitrinen als mögliches Instrument zur Schadstoffbegrenzung. Köln 2012.

<sup>4</sup> Arnulf von Ulmann: Kunst kennt keinen Urlaub und kann sich nicht erholen oder, von den Unwegsamkeiten Prävention durchzusetzen. In: Umwelt, Gebäude & Gesundheit. Schadstoffe, Gerüche, Sanierung. Ergebnisse des 9. Fachkongresses der Arbeitsgemeinschaft Ökologischer Forschungsinstitute (AGÖF) am 23. und 24. September 2010 in Nürnberg. Springe 2010, S. 38-49.



# Geruchsbelastungen in Innenräumen durch Phenol und Kresole aus PVC - Fußbodenbelägen - Vergleich olfaktorischer und chemischer Untersuchungen von Raumluft und Material

*Martina Clemens-Ströwer*

## 1. Hintergrund

Die Mieter von 23 Wohnungen meldeten ihrer Wohnungsbaugenossenschaft vor 5 bis 6 Jahren auffallende Geruchsentwicklungen, kurz nachdem in den Wohnungen neue PVC-Fußbodenbeläge verlegt worden waren. Die Geruchsentwicklungen halten bis heute unvermindert an. Es handelt sich um Wohnungen in verschiedenen Mehrfamilienhäusern aus den 1950/60-er Jahren.

20 der 23 Wohnungen verfügen über einen Fußbodenaufbau aus Estrich. Der PVC-Belag wurde jeweils auf die gespachtelte Estrichfläche geklebt. Der alte Fußbodenbelag wurde zuvor entfernt, die alte Kleberschicht verblieb. In zwei dieser 20 Wohnungen ist der PVC-Belag zwischenzeitlich durch das Produkt eines anderen Herstellers ausgetauscht worden, nachdem der Estrich angeschliffen worden war. In einer der Wohnungen war der Estrich vollständig entfernt worden. In zwei Wohnungen war der PVC-Belag auf Spanplatten verklebt. In einer weiteren Wohnung war der Estrich angeschliffen und mit einer Epoxidharzschicht vollflächig überdeckt worden.

## 2. Vorgehensweise

Die Wohnungen wurden im Rahmen von Ortsterminen zunächst olfaktorisch von der Sachverständigen und ihrem Mitarbeiter begutachtet. Die Bewohner waren im Vorfeld des Termins gebeten worden, die Fenster ihrer Wohnung für die Dauer von 8 Stunden geschlossen zu halten.

Die Bewertung der Geruchsintensität erfolgte anhand folgender Skala:

Kein Geruch = 0

Schwacher Geruch = 1

Deutlicher Geruch = 2

Starker Geruch = 3

In allen betroffenen Wohnungen wurden Raumluftproben auf TENAX TA gezogen und nach thermischer Desorption mittels Kapillargaschromatographie und Massenspektrometer (GC/MS) nach DIN ISO 16000-6 GC/MS auf Phenol und Kresole untersucht. Zusätzlich wurden Materialproben des PVC-Belags, des Estrichs und der Tapeten aus den Wohnungen entnommen. 15 Personen beurteilten diese Materialproben in Bezug auf Geruchsauffälligkeiten und deren Geruchsintensität anhand einer Benotungsskala von 0 bis 3 (s.o.). Zusätzlich wurden die Materialproben nach Extraktion mittels GC/MS analysiert.

# Rechtliche Konsequenzen von Geruchs- und sonstigen Belastungen, ausgelöst durch Sanierungsmaßnahmen

*Jochen Kern*

Nach der Durchführung von Sanierungsmaßnahmen kommt es immer wieder zu Beschwerden der Raumnutzer, die den Zustand der Räume beanstanden. Es werden vielfältige Rügen erhoben, mögen sie berechtigt oder unberechtigt sein.

Es soll der Versuch unternommen werden, berechtigte Beanstandungen auf ihren rechtlichen Gehalt hin zu untersuchen und die damit verbundenen Konsequenzen darzustellen.

## Fallbeispiel 1

In einem Einfamilienhaus kommt es zu einem Wasserschaden, ausgelöst durch ein undichtes Wasserrohr unter der Duschwanne. Nachdem Schimmelpilzbildung im angrenzenden Schlafzimmer an der Trennwand zum Bad bemerkt wird, kommt es zu einer Benachrichtigung der Gebäudeversicherung. Deren daraufhin erscheinender Regulierer befürwortet die Entfernung des Befalls an der Wand und deren Trocknung. Eine Öffnung, Prüfung oder Bearbeitung des Fußbodenaufbaus hält er nicht für erforderlich.

Das (vom Regulierer einbezogene und instruierte) Sanierungsunternehmen führt die Arbeiten wie vom Regulierer befürwortet und mangelfrei aus. Nach Abschluss der Arbeiten ist ein deutlicher Geruch mikrobiellen Ursprungs in den Räumen feststellbar.

Der Unternehmer betrachtet sich als nicht zuständig, da sein Auftrag nicht den Fußbodenaufbau erfasst habe.

## Fallbeispiel 2

Nach einem Wasserschaden in einem Einfamilienhaus werden umfangreiche Sanierungsarbeiten - in (aufwendiger) Abstimmung mit der Gebäudeversicherung - durchgeführt. Die Sanierungskontrolle verläuft erfolgreich, ein ungewöhnlicher Geruch besteht nicht.

Beim Wiederaufbau der Räume wird von einem Raumausstatter in zwei Zimmern ein hochpreisiger Teppichboden verlegt. Anschließend kommt es in diesen beiden Räumen zu einer Geruchsbelastung chemischer Art. Nachgewiesen werden insbesondere Aldehyde.

Der Unternehmer bezeichnet sich als nicht verantwortlich, da seine verwendeten Produkte allesamt Markenprodukte seien und diese die beanstandeten chemischen Substanzen nicht ausgasen würden. Untersuchungen gleichartiger Materialien bestätigen diese Behauptung.

Die Eigentümer lassen den nach rund 12 Monaten immer noch riechenden Teppichboden schließlich wieder ausbauen, nach Abschleifen des Estrichs und Entfernung der Tapeten lässt der Geruch in den darauf folgenden Wochen nach und ist heute nicht mehr feststellbar.

# Geruchsprobleme durch Ammoniak und Amine in der Innenraumluft

*Jörg Thumulla, Martin Wesselmann*

## Problemstellung

Zur Aufklärung der Ursachen von Gerüchen sowie der toxikologischen Beurteilung der geruchsverursachenden Substanzen sind neben sensorischen Methoden auch analytische notwendig. Zur Untersuchung auf Gerüche werden dabei die üblichen Untersuchungsverfahren zur Untersuchung auf VOC (DIN EN ISO 16000-6) eingesetzt. Polare Verbindungen und reaktive Komponenten wie organische Säuren, Aldehyde oder Amine werden dabei nicht oder nur mit hohen Minderbefunden erfasst. Ammoniak kann nur mit speziellen Messmethoden erfasst werden. Häufig bleiben deshalb Geruchsprobleme mit Ammoniak und Amine ungelöst, zumal aufgrund der oft großflächigen Quellen eine geruchsensorische Ortung ebenfalls schwierig ist. Diese Veröffentlichung soll deshalb über die Vorstellung zweier Fallbeispiele dazu anregen, das Wissen zur Aufklärung von Geruchsproblemen, die durch Ammoniak und Amine verursacht werden, weiterzuentwickeln.

## Ammoniak

Ammoniak ( $\text{NH}_3$ ) ist ein farbloses, stechend riechendes Gas, welches stark reizend auf Augen- und Rachenschleimhäute wirkt. Die Inhalation kann abhängig von den Konzentrationen zu Husten, Übelkeit und Brechreiz führen. Bei Inhalation großer Mengen kurzzeitig, oder kleinerer Mengen längerfristig kann es zur Bildung von Lungenödemen führen. Die Maximale Arbeitsplatz-Konzentration (MAK-Wert) für Ammoniak beträgt  $35 \text{ mg/m}^3$  (50 ppm) als Kurzzeitgrenzwert bzw.  $14 \text{ mg/m}^3$  (20 ppm) als 8 Stundenmittelwert.

In der Außenluft hat Ammoniak ( $\text{NH}_3$ ) in Mitteleuropa heutzutage keine große Bedeutung mehr. In der unbeeinflussten Außenluft liegt die Konzentration bei etwa  $1 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ . Ammoniak wird vor allem in der Landwirtschaft (Tierhaltung) sowie durch die Düngemittelindustrie und die chemische Industrie in die Umgebungsluft emittiert. In der Nähe solcher Großbetriebe kann die Konzentration bis zu  $100 \text{ } \mu\text{g/m}^3$  und mehr betragen, was eine geruchliche Belästigung für die Anwohner darstellen kann.<sup>1</sup>

In Gebäuden mit früherer landwirtschaftlicher Nutzung kann Ammoniak aus der Tierhaltung noch nach Jahren aus dem Boden ausgasen, wenn der Estrich nicht ausreichend abgedichtet wurde und Urinbestandteile in das Baumaterial eindringen konnten. Ammoniak gelangt so in die Raumluft, auch bei späterer, anderweitiger Nutzung.

Durch Menschen verursachte Ammoniakkonzentrationen in der Innenraumluft können ca.  $30 - 80 \text{ } \mu\text{g/m}^3$  betragen. Hierbei spielt bspw. Tabakrauch eine bedeutende Rolle.<sup>2</sup>

---

<sup>1</sup> Heinz-Jörn Moriske, Elisabeth Turowski: Handbuch für Bioklima und Lufthygiene, ecomed Verlagsgesellschaft 1998

<sup>2</sup> Ebd.

# Mykotoxine in Innenräumen

*Carmen Kroczek, Jörg Thumulla*

## Einleitung

In Innenräumen mit Feuchteschäden und Schimmelpilzbelastungen kommt es häufig vor, dass sich bei den exponierten Personen nicht nur typische gesundheitliche Beschwerden, wie die oftmals zitierten und beschriebenen allergischen Reaktionen, zeigen, sondern Beschwerden und gesundheitliche Befunde, die auf eine nichtallergische Pathologie hinweisen, z. B. toxische, neurologische und irritative Belastungen und Veränderungen u. a. des Atemtraktes, des Immunsystems und der Haut.

Epidemiologische Studien bezüglich mikrobieller Schäden in Innenräumen und ihrer gesundheitlichen Relevanz belegen eindeutig einen Zusammenhang zwischen den von Schimmelpilzen gebildeten Mykotoxinen und den beschriebenen gesundheitlichen Beschwerden, sei es direkt durch ihre toxischen Wirkungen oder indirekt durch eine verstärkende Wechselwirkung mit anderen Sekundärmetaboliten oder in Verbindung mit Exotoxinen, die beispielsweise von Bakterien gebildet werden (Multitoxineffekt).

Mykotoxine sind natürliche sekundäre Stoffwechselprodukte, die im Wesentlichen von Schimmelpilzen gebildet werden. Es handelt sich dabei um Stoffe unterschiedlicher chemischer Struktur, die für Menschen und Tiere toxisch sind. Bislang sind weit über 300 verschiedene Mykotoxine bekannt, die etwa 25 Strukturtypen zugeordnet sind (Weidenbörner, 1999).

In einer kürzlich veröffentlichten Studie konnte gezeigt werden, dass bei exponierten Personen sowohl in Human- als auch in Umweltproben meist mehr als nur ein Mykotoxin nachgewiesen werden konnte. Als für gesundheitliche Beeinträchtigungen relevante Mykotoxine in Innenräumen bei schimmelpilzexponierten Personen konnten hierbei in Staubproben vorwiegend zwei Mykotoxintypen identifiziert werden: makrozyklische Trichothecene und Ochratoxin A (Brewer, 2013). Dies deckt sich auch mit früheren Ergebnissen anderer Forschungsgruppen z.B. von Johanning, 2012 und Pestka, 2008.

Insbesondere makrozyklische Trichothecene sind für die Innenraumdiagnostik relevant, da speziell die in Innenräumen als Feuchteindikator vorkommenden Schimmelpilzgattungen *Acremonium*, *Stachybotrys* und *Trichoderma* diese Mykotoxine bilden (Brasel, 2005) und sie ein hohes gesundheitsgefährdendes Potential aufweisen. Den bekanntesten Hauptproduzent der makrozyklischen Trichothecene stellt *Stachybotrys chartarum* dar, der vorwiegend auf feuchten zellulosehaltigen Materialien wie Tapete und Gipskartonwänden wächst und dort auch Toxine produzieren kann (Gottschalk, 2008).

Makrozyklische Trichothecene sind biologisch hochpotente Mykotoxine, die als Neurotoxine gelten. Zur Gruppe der makrozyklischen Trichothecene gehören u. a. die Mykotoxine Satratoxin G, Satratoxin H, Isosatratoxin F, Verrucarol, Verrucaridin A, Verrucaridin J, Roridin L-2, Roridin E und Roridin H. Sie induzieren u. a. Proteinsynthesehemmungen und Immunsuppressionen bei betroffenen Personen. Ebenso konnten neurotoxische Effekte, dermatotoxische Effekte und toxische Effekte im Lungen- und Nasenbereich sowie immunmodulatorische Effekte wie die Hochregulierung von proinflammatorischen (entzündungsfördernden) Zytokinen, wie z. B. TNF (Tumor-

# **Diskussion aus Sachverständigensicht zur neuen Richtlinie des Umweltbundesamtes: Handlungsempfehlung zur Beurteilung von Feuchteschäden in Fußbodenaufbauten**

*Nicole Richardson*

## **Einleitung**

Im Sommer 2013 hat das Umweltbundesamt die Handlungsempfehlung zur Beurteilung von Feuchteschäden in Fußböden als Entwurf zur öffentlichen Diskussion veröffentlicht (Stand 21.05.2013).

Vorangegangen waren Arbeitssitzungen von 2008 bis 2011 des Unterarbeitskreises Schimmelpilzes (IRK) im Umweltbundesamt. In Abstimmung mit Vertretern aus dem Sachverständigenwesen, Laboren, Forschungseinrichtungen, Berufsgenossenschaft, Sanierungen, Rechtsanwälten, öffentliche Hand wurde ein Konzept zur Bewertung von Feuchteschäden in Fußbodenaufbauten erarbeitet. Dieses Konzept wurde von der Innenraumkommission abgelehnt. Das Umweltbundesamt hat daraufhin den Auftrag erhalten, das in grundlegenden Teilen abzuändern zu veröffentlichen.

Nachfolgend wird das neue Konzept insbesondere im entscheidenden Punkt Bewertung dargestellt und anschließend wird aufgezeigt, bei welchen Aspekten Sachverständige, Anwender und Betroffene herausgefordert, bzw. wo es Diskussionen geben wird und wo das Papier nicht vollständig ist.

## **Ziele der Handlungsempfehlung**

Die Handlungsempfehlung zur Beurteilung von Feuchteschäden in Fußböden wurde entwickelt mit dem Ziel einer einheitlichen Beurteilung typischer Schadensfälle. Die Kriterien sollen dabei insbesondere den Schutz der Raumnutzer berücksichtigen, aber auch übertriebene Bewertungen und unnötige Rückbaumaßnahmen vermeiden.

Die Empfehlungen richten sich an Sachverständige für Schimmelpilz, Bauchsachverständige, Versicherungssachverständige und andere Fachleute, die in ihrer täglichen Praxis vor der Entscheidung stehen, ob ein Fußboden aufgrund eines Feuchteschadens aus hygienischer Sicht ausgebaut werden muss.

Bislang wird in der Öffentlichkeit zwar viel über Bewertungen von Feuchteschäden in Hohlräumen diskutiert, eine allgemein anerkannte Bewertung von Feuchteschäden in Fußböden lag bislang jedoch noch nicht vor. In den Schimmelpilzleitfäden des Umweltbundesamtes wird vorsorglich empfohlen bei der Sanierung von Feuchteschäden Materialien mit mikrobiellem Wachstum zu entfernen um eine Exposition der Raumnutzer zu vermeiden. Diese Empfehlung berücksichtigt nicht angemessen die Komplexität, die sich bei der Bewertung von Feuchteschäden ergeben. Aus diesem Grund wurde die Handlungsempfehlung geschrieben.

# Schimmel und Lüftung im Bau- und Mietrecht

*Elke Schmitz*

## Kurzfassung

Wie stellt sich die Mangelbeurteilung bei Schimmelpilzbefall im Lichte aktueller Rechtsprechung im Bau- und Mietrechtsprozess dar? Welche Bedeutung hat insbesondere DIN 1946-6:2009-05<sup>1</sup> für die Mangelbeurteilung im Bau- und Mietrechtsprozess?

Gerade in gerichtlichen Auseinandersetzungen um Gewährleistungsrechte wegen Schimmelpilzbefall wird deutlich, wie komplex das Zusammenspiel zwischen bauphysikalischen Rahmenbedingungen und spezifischem Nutzerverhalten ist. Bedeutung erlangt diese Thematik sowohl bei Beurteilung von Baumängeln als auch Mietmängeln. Strittig ist regelmäßig die Ursache für die Entstehung des Schimmels und damit die Frage, wer in rechtlicher Hinsicht die Verantwortung für Schäden zu tragen hat.

Sind Baumangel bzw. schadensempfindlicher Bauzustand oder aber ein „falsches“ Nutzerverhalten der Auslöser für den Befall? Wer muss was beweisen? Welches Heizen und Lüften ist zur Schadensvermeidung erforderlich - welches jedoch ist „rechtlich zumutbar“?

Seit Einführung der sog. Lüftungsnorm stellt sich jedoch die weitere Frage, welche Bedeutung die DIN 1946-6:2009-05 für die Mangelbeurteilung im Bau- und Mietrechtsprozess hat. Ist der zum Feuchteschutz erforderliche Mindestluftwechsel zwingend nutzerunabhängig sicherzustellen? Wie stellt sich die Rechtslage für Bauherren und Auftragnehmer dar, wenn in Abweichung von der Norm auf kontrollierte Wohnungslüftung verzichtet wird?

Bei bauseits bedingtem Schimmelpilzbefall infolge Fensteraustauschs ohne gleichzeitige Installation einer nutzerunabhängigen Wohnungslüftung wirft die Existenz der DIN 1946-6 die weitere Frage auf, ob allein dieser Tatbestand einen Mangel der Mietsache begründen kann.

Der Beitrag thematisiert diese aktuellen Fragestellungen auf Basis der durch die Rechtsprechung entwickelten Grundsätze für die Zuweisung von Verantwortlichkeit bei Schimmelpilzschäden.

## SCHLÜSSELWÖRTER

SCHIMMEL, LÜFTUNG, NUTZERVERHALTEN, BAU- UND MIETVERTRAG, DIN 1946-6:2009-05, BEWEISLASTVERTEILUNG

---

<sup>1</sup> DIN 1946-6:2009-05 - Raumlufttechnik - Teil 6: Lüftung von Wohnungen - Allgemeine Anforderungen, Anforderungen zur Bemessung, Ausführung und Kennzeichnung, Übergabe/Übernahme (Abnahme) und Instandhaltung Bemessung, Ausführung und Kennzeichnung, Übergabe/Übernahme (Abnahme) und Instandhaltung, im Folgenden DIN 1946-6



# Ist in Schulen eine freie Fensterlüftung möglich? Erste Ergebnisse einer Feldstudie der Stadt Nürnberg

*Norbert Nix*

## Ausgangslage

Untersuchungen zur Raumluftqualität in den im Zuge des Konjunkturpaket II energetisch sanierten Schulgebäuden der Stadt Nürnberg zeigten, dass die Raumluftqualität bedingt durch die dichten Fenster und dem kaum noch stattfindenden Luftaustausch deutlich abnahm. Erste Anzeichen ergaben sich schon mit dem Einbau neuer und dichter Fenster ab den 1990er Jahren. Mit den 2011 durchgeführten Maßnahmen hat sich die Situation noch erheblich verschärft.

Als Indikatorgröße zur Beschreibung der Raumluftqualität eignet sich die Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>) Konzentration in der Raumluft. Die Quelle der CO<sub>2</sub>-Belastung ist in diesem Falle der Nutzer. Da jeder Mensch auch Wärme und Feuchtigkeit abgibt, verändern sich auch diese Parameter. Innerhalb von 45 Minuten kann der CO<sub>2</sub>-Gehalt in der Raumluft eines Klassenzimmers bei normaler Belegung von 400 ppm (Außenluftkonzentration) auf ca. 1500 ppm und deutlich darüber hinaus ansteigen.

Vorgaben und Empfehlungen für das Lüftungsverhalten wurden von verschiedenen behördlichen Stellen und Fachgremien herausgegeben, zwingende gesetzliche Vorgaben aber fehlen. Ausschlaggebend für die Bewertung der CO<sub>2</sub>-Konzentration in der Innenraumluft sind die von der Ad-hoc-Arbeitsgruppe Innenraumrichtwerte<sup>1</sup> festgelegten Leitwerte, die der Tabelle 1 zu entnehmen sind. Diese Werte wurden in die Technischen Regeln für Arbeitsstätten - ASR A3.6, Lüftung - übernommen<sup>2</sup>. Die ASR A3.6 gibt auch die Mindestöffnungsfläche vor, die notwendig für eine einwirksame kontinuierliche Lüftung bzw. Stoßlüftung ist.

In drei der energetisch sanierten Objekte waren raumluftechnische Anlagen (RLT-Anlagen) installiert worden. Messungen der CO<sub>2</sub>-Konzentrationen in diesen Objekten hatten ergeben, dass, wie auch aus anderen Städten bekannt, z. B. aus systematischen Untersuchungen in Frankfurt, zusätzlich zur mechanischen Lüftung auch die Möglichkeit einer freien Fensterlüftung genutzt werden muss, um die Empfehlungen der betreffenden DIN<sup>3</sup> einhalten zu können.

Im März 2012 beschlossen Vertreter des Geschäftsbereich 3.BM, des Umweltreferates und des Baureferates die Durchführung eines CO<sub>2</sub>-Untersuchungsprogramm, das zum

---

<sup>1</sup> Gesundheitliche Bewertung von Kohlendioxid in der Innenraumluft, Mitteilung der Ad-hoc-Arbeitsgruppe Innenraumrichtwerte der Innenraumluftthygiene-Kommission des Umweltbundesamtes und der Obersten Landesgesundheitsbehörden; Bundesgesundheitsbl – Gesundheitsforsch – Gesundheitsschutz 2008 – 51:1358-1369

<sup>2</sup> Technische Regeln für Arbeitsstätten – Lüftung – ASR A3.6, Ausgabe: Januar 2012, geändert und ergänzt GMBI 2013, S.359

<sup>3</sup> Nach DIN EN 13779 gilt für Räume mit RLT-Anlage ein Kohlendioxidrichtwert von 0,15% (entsprechend 1500 ppm). Nach DIN EN 15251:2007 ist in Räumen ohne RLT bei Kohlendioxidkonzentrationen von weniger als 0,08 % (800 ppm) die Raumluftqualität als hoch, zwischen 0,08 (800) und 0,10 % (1000 ppm) als Mittel, zwischen 0,10 (1000) und 0,14 % (1400 ppm) als mäßig und bei über 0,14 % (1400 ppm) als niedrig zu bewerten.

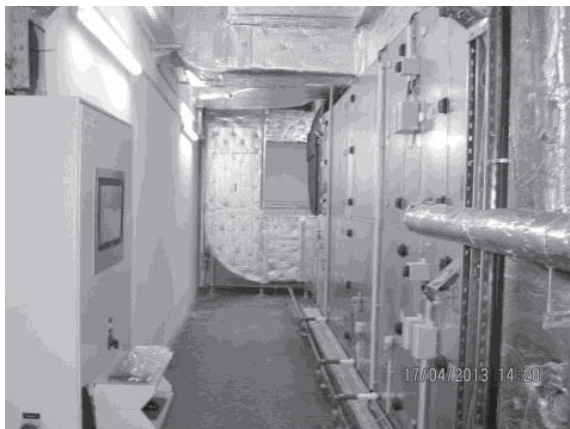
# Zukunftstaugliche Komfortlüftungssysteme – Aktuelle Untersuchungen zu Hygiene und Reinigungsmöglichkeit kontrollierter Wohnraumlüftungen

*Felix Twrdik, Peter Tappler*

In Österreich werden derzeit etwa 20 % aller neu errichteten Wohneinheiten mit kontrollierter Wohnraumlüftung mit Wärmerückgewinnung ausgestattet. Mit der Verbreitung dieser Technologie wurden immer wieder Fragen der Langzeithygiene, der Reinigbarkeit und den damit verbundenen Kosten aufgeworfen. Diese konnten aber bislang nicht von unabhängiger Seite und wissenschaftlich fundiert beantwortet werden. In der Lüftungsbranche wurde die Thematik bisher eher vermieden oder vielleicht sogar verdrängt. Nicht zuletzt beschäftigt diese Fragestellung auch Bauträger und private Bauherrn in Hinblick auf die Systemwahl und die damit in Zusammenhang stehenden Wartungs- und Instandhaltungskosten.

## Was sagen die Normen zur Notwendigkeit einer Reinigung?

Die ÖNORM H 6038 für kontrollierte Wohnungslüftungen mit Wärmerückgewinnung fordert eine Reinigung und Instandhaltung nach Bedarf und verweist auf die ÖNORM H 6021 - Reinhaltung und Reinigung. Letztere umfasst unter anderem Festlegungen zu laufenden Kontrollen lüftungstechnischer Anlagen in Gebäuden. Anhand der Normaussagen lassen sich jedoch keine konkreten oder zeitlich verbindlichen Vorgaben für Reinigungsintervalle ableiten. In der Ende 2011 erschienenen europäischen Norm EN 15780 „Luftleitungen – Sauberkeit von Lüftungsanlagen“ wird erstmals der Ansatz der quantitativen Messung der Stauboberflächendichte in  $g/m^2$  zur Beurteilung der Sauberkeit von luftführenden Bauteilen verfolgt. Für eine hygienische Beurteilung ist jedoch grundsätzlich nicht nur die Ablagerungsmenge, sondern vielmehr auch die Art und Mobilisierbarkeit der Ablagerung von Bedeutung. Die Stauboberflächendichte und die in der Norm daran gekoppelte „Sauberkeitsklasse“ sind zumindest ein erster, für Wohnraumlüftungen durchaus zweckmäßiger Ansatz, um den Reinigungsbedarf objektiv und rasch beurteilen zu können.



**Abb. 1:** Typische zentrale und dezentrale Lüftungsgeräte aus dem Untersuchungsumfang



# Raumluftqualitätsbewertung nach multiplen Kriterien für die Optimierung von Lüftungssystemen

*Gabriel Rojas-Kopeinig, Rainer Pfluger und Wolfgang Feist*

## Abstract

Für die Bewertung der Raumluftqualität können und müssen verschiedene Kriterien herangezogen werden. Speziell bei der Entwicklung und Optimierung neuer Lüftungssysteme bzw. Lüftungsstrategien stellt sich die Frage, wie die einzelnen Bewertungskriterien (z.B. CO<sub>2</sub>, Feuchte, TVOC) in eine Gesamtbewertung der Raumluftqualität einfließen sollen. Bei der planerischen Vorgabe für die Zuluftmengen für die einzelnen Räume ergibt sich in Klimazonen mit trockenen, kalten Wintern die zum Teil widersprüchliche Anforderung der Raumluftqualität (Schadstoffe, Gerüche) einerseits und der ausreichenden Raumluftfeuchte andererseits. Mit Hilfe einer gesamtheitlichen Bewertung der einzelnen Größen können Dimensionierungsempfehlungen objektiv abgeleitet werden. Diese Arbeit stellt einen Summenparameter für CO<sub>2</sub>, relative Feuchte und TVOC vor, und ermittelt so die „optimale“ Zuluftmenge speziell für „low-tech“-Wohnraumlüftungssysteme.

## Einleitung

Diverse Normen und Richtlinien (Baldinger et al., 2011; „EN 13779,“ 2008; Heinzow & Sagunski, 2007; Lahrz, Bischof, & Sagunski, 2008) geben vor wie bestimmte Raumluftwerte (wie z.B. CO<sub>2</sub>, VOC bzw. TVOC) zu bewerten sind. Dabei wird meist der Wertebereich kategorisiert. (z.B. „Zielwert / hygienisch unbedenklich“, „hygienisch auffällig“, usw., bzw. „hohe, mittlere, mäßige und niedrige RLQ“). Damit lassen sich Messwerte (oder Simulationswerte) der einzelnen Bewertungsparameter relativ gut bewerten. Bei der Optimierung eines Lüftungskonzeptes sollten aber alle relevanten Bewertungsparameter einfließen. Somit stellt sich die Frage, wie die Einzelparameter zu einer objektiven Gesamtgröße zusammengeführt werden können.

In dem folgenden Text wird ein Summenparameter konkret für CO<sub>2</sub>, TVOC und relative Feuchte vorgestellt. Damit können die Vorzüge dieser Methode bei den widersprüchlichen Anforderungen in Bezug auf Schadstoffe und Raumluftfeuchte (speziell bei der Auslegung der Zuluftmengen) gezeigt werden.

## Bewertungsmethode

Als erstes wird eine kumulative Häufigkeitsverteilung für die einzelnen Parameter für den Auswertzeitraum erstellt. Als Maß für „wie lange“ und „wie stark“ ein Zielwert überschritten wurde, wird die sich ergebende Fläche zwischen Zielwert und kumulativer Häufigkeitskurve ermittelt (siehe Abb. 1). Diese entspricht auch einer Fläche die sich bei einem konstantem Wert „A“ über Zielwert (z.B. 162 ppm CO<sub>2</sub> in Abb. 1) ergeben würde. Es sei an dieser Stelle angemerkt, dass die Verwendung der genannten Fläche implizit eine lineare Gewichtung zwischen Überschreitungswert und Überschreitungsdauer bedeutet. Für den Parameter „CO<sub>2</sub> über Außenluft“ (Abb. 1) würde das z.B. bedeuten, dass konstante 700ppm während des gesamten Auswertzeitraums gleich bewertet werden wie 1600 ppm während 10% des Auswertzeitraums (und keine Zielwertüberschreitung

# **Bewohnergesundheit und Raumluftqualität in neu errichteten, energieeffizienten Wohnhäusern**

***P. Tappler, U. Muñoz-Czerny, B. Damberger, F. Twardik,  
W. Ringer, H.-P. Hutter***

## **Einleitung und Fragestellung**

Aus der Literatur ergeben sich deutliche Hinweise, dass eine bessere Belüftung von Räumen (in Einfamilienhäuser mit dem Einbau von Lüftungstechnischen Anlagen verbunden) zu einer signifikanten Verbesserung der subjektiven Einschätzung der Luftqualität, zur Reduktion von Beschwerden und zur Steigerung der Leistungsfähigkeit führen (Leech et al. 2004; Wargocki et al. 2000). Allgemein wird angenommen, dass die mit Lüftungstechnischen Anlagen in Wohnungen verbundenen erhöhten Außenluftmengen in der Regel zu einem verstärkten Abtransport von Schadstoffen aus Materialien und damit insgesamt zu einer Verbesserung der hygienischen Situation in Innenräumen führen. Es existiert allerdings auch die in Fachkreisen weit verbreitete Befürchtung, dass die mit technischen Anlagen verbundenen potentiellen Risiken diesen Vorteil wieder aufheben könnten.

Einige Befürchtungen in Hinblick auf humantoxische Wirkungen, die mehrfach von Personen genannt wurden, die sich nicht für eine Lüftungstechnische Anlage entschieden hatten, waren (Rohracher et al. 2001): Angst vor Entstehung von Zugluft und Lärm sowie Zweifel in Hinblick auf die hygienischen Bedingungen in den Rohrleitungen.

Befragungen zeigten andererseits, dass knapp 80 % der Nutzer von Wohnraumlüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung ihre Anlagen als „gut“ bis „sehr gut“ einstufen (Greml et al. 2004), „Lüftungsanlagen“ werden von BewohnerInnen vor allem mit Komfort, Ökologie und Gesundheit identifiziert (Rohracher et al. 2001). Dennoch existieren in breiten Bevölkerungsschichten Unsicherheiten, Skepsis und zum Teil Ablehnung in Bezug auf derartige Anlagen. Die Ursachen dafür liegen zum einen in real auftretenden Problemen in Zusammenhang mit der allgemeinen Konzeption, unzureichenden Anlagenkomponenten und steuerungstechnischen Schwierigkeiten (Greml et al. 2004), andererseits werden auch gesundheitliche Auswirkungen derartig unzureichender Anlagen befürchtet.

Im Rahmen der Studie „Bewohnergesundheit und Raumluftqualität in neu errichteten, energieeffizienten Wohnhäusern“ wurde erstmals der Zusammenhang zwischen dem Gesundheitszustand und der Luftqualität in mechanisch sowie in natürlich belüfteten Wohnobjekten (Einfamilienhäuser und Wohnungen) wissenschaftlich untersucht. Aus den Ergebnissen von umfangreichen Messungen wurde ermittelt, inwieweit sich die Konzentrationen der einzelnen Raumluftkomponenten in den unterschiedlich belüfteten Objekten voneinander unterscheiden.

Im Zuge der Begehungen wurde weiters die Zufriedenheit mit der installierten Lüftungsanlage ermittelt und kritische Bereiche abgefragt. Es wird aufgrund der Raumluftuntersuchungen abgeleitet, inwieweit der subjektiv wahrgenommene Gesundheitsstatus mit den Ergebnissen der objektiven Schadstoffmessungen in Beziehung steht. Anhand der Studie sollte weiters festgestellt werden, ob sich signifikante Einflüsse des Haustyps auf Veränderungen des Gesundheitsstatus nach einem Jahr zeigen (derzeit noch in Bearbeitung).

# Überprüfung und Bewertung von partikulären und chemischen Verbindungen in einem Hubschrauber während des Flugbetriebes

*Martin Wesselmann*

## Einleitung und Aufgabenstellung

Unser Büro wurde von einer Bundesbehörde beauftragt, die Raumluft in einem neuen Hubschraubermodell vor und während des Flugbetriebes zu überprüfen. Bei dem Hubschrauber handelt es sich um einen Transport- bzw. Truppentransporthubschrauber mit insgesamt 18 Sitzplätzen zzgl. beider Piloten.

Hintergrund der beauftragten Untersuchung waren Beschwerden von mehreren Piloten dieser Maschinen über sehr starke Geruchsbelästigungen im Flugbetrieb. Neben den als unangenehm empfundenen Gerüchen wurde zudem von teils gravierenden Gesundheitsbeschwerden wie Übelkeit, allgemeinem Unwohlsein und insbesondere Atemwegsbeschwerden sowie Schleimhautreizungen berichtet. Auch von Seiten der Fluggäste wurde mehrfach die Luftqualität beanstandet.

Auftragsgemäß sollten daher Luftqualitätsmessungen zum Nachweis oder zum Ausschluss einer vorhandenen Schadstoffbelastung durchgeführt werden, die insbesondere während der Flugphase auftreten. Es sollten ferner zielführende Hinweise zur Ursache dieser Belastungen gegeben werden.



**Abb. 1:** Ansicht des untersuchten Hubschraubers