

# Gesunde Raumluf

Schadstoffe in Innenräumen -  
Prävention und Sanierung

Tagungsband



12. und 13. Februar 2004

Internationaler Kongress - Messezentrum Wien Neu



**IBO – Österreichisches Institut für Baubiologie und -ökologie GmbH  
(Hrsg.)**

# **Gesunde Raumluf**

**Schadstoffe in Innenräumen  
Prävention und Sanierung**

**Internationaler Kongress – MessezentrumWienNeu  
12. – 13. Februar 2004**

**IBO Verlag**

Das Werk ist urheberrechtlich geschützt.

Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, der Entnahme von Abbildungen, der Funksendung, der Wiedergabe auf photomechanischem oder ähnlichem Wege und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei nur auszugsweiser Verwertung, vorbehalten.

Die Inhalte der Referate stellen ausnahmslos die persönliche Meinung der Referenten dar. Eine Instituts-Meinung oder -Empfehlung kann nicht zwingend abgeleitet werden. Der Herausgeber weist darauf hin, dass bei Drucklegung dieses Tagungsbandes nicht alle Beiträge vorlagen. Für den Inhalt und die Bildrechte zeichnet der jeweilige Verfasser verantwortlich.

© 2004 IBO-Verlag, Wien  
Printed in Austria

Redaktion: Barbara Bauer, Hildegund Mötzl, Peter Tappler  
Fachliche Unterstützung: ExpertInnengruppe „Medizin und Umweltschutz“ (mus)  
Layout: Gerhard Enzenberger  
Druck: gugler print & media, Melk  
Gedruckt mit Pflanzenfarben auf Cyclus Print

ISBN 3-900 403-34-1

Eine Veranstaltung von:



IBO – Österreichisches Institut für Baubiologie und -ökologie GmbH



Innenraum  
Mess- und Beratungsservice



Ärztinnen und Ärzte  
für eine gesunde Umwelt  
anlässlich des 15-jährigen Bestehens



lebensministerium.at

Arbeitskreis Innenraumlufte  
am BMLFUW



Institut für Umwelthygiene  
der Medizinischen Universität Wien

Großzügig gefördert von:

MA 50 / Land Wien; Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit; Bundesministerium für Verkehr Innovation und Technologie; Bundesministerium für Land und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft; Haus der Zukunft; Wiener Umwelthanwaltschaften; Ökobau Cluster NÖ; Verband Österreichischer Farbenfachhändler; Reed Messe Wien



# Inhaltsverzeichnis

## Plenarvorträge

Innenraum und Gesundheit Michael Kundi	5
Wo stehen wir heute? Geschichten aus dem Innenraum Peter Tappler, Felix Twrdik	7
A Procedure to Estimate the Cost Effectiveness of the Indoor Environment Improvements in Office Work Olli Seppänen	17
Are we measuring the right indoor things? Peder Wolkoff	31

## Qualitätssicherung im Objektbereich

Innenraum und Gesundheit – der Beitrag von Gebäudepässen zu einem gesunden Innenraum Bernhard Lipp	37
Erste Erfahrungen mit dem Qualitätszeichen natureplus für Naturbaustoffe Thomas Schmitz-Günther	43
Datenbankgestütztes Chemikalienmanagement zur Minimierung der VOC-Belastung der Innenraumluft Thomas Belazzi	47
SIBAT – vorsorgende Sicherstellung der Innenraumluftqualität durch Anwendung von Toxizitätskriterien in der Materialbewertung Manfred Klade	51

## Innenraumrelevante Themen A

Programmlinie „Haus der Zukunft“ im Rahmen des Impulsprogramms Nachhaltig Wirtschaften des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie Herbert Greisberger	57
Luftströmungen in Gebäuden, Kleine Ursache – große Wirkung Bernhard Damberger, Peter Tappler, Felix Twrdik	63
Innenraumluftmessungen: Fallbeispiele und vergleichende Labormessungen Alberto Pagani, Leopold Kranner, Bernhard Weidinger	69
Emissions- und Geruchverhalten von Fußbodenaufbauten – Vorgaben der europäischen Bauprodukterichtlinie Gerald Saleschak	71
Faserförmige Stäube in der Innenraumluft Heinz Kropiunik	73

## Klimaanlagen, Lüftung und Hygiene

Machen Klimaanlagen krank? Hygienische Aspekte von RLT-Anlagen Johann Mattes	77
Mechanische Raumbelüftung als Problemlöser? Reinhard Weiss	79
„Gute Luft braucht saubere Lüftungskanäle“ Übersicht Reinigungsablauf Lüftungssysteme Guido Bortoli	85
Belüftung in Schlafräumen – CO <sub>2</sub> und Schlafqualität Gabriele Rohregger	89
Beste Luft für eine Wiener Gemeindebauwohnung Georg W. Reinberg	97

## Recht auf gesunde Raumluft

ÖkoKauf – ökologischer Einkauf der Stadt Wien Gesunde Raumluft durch ökologische Kriterien Alfred Brezansky	103
ÖkoKauf Wien Projektgruppe für umweltgerechte Leistungen Georg Patak	107
Recht auf gesunde Raumluft? Gesetzliche Vorgaben für die Innenraumluft Silvia Baldinger	109
Innenraumluft und ArbeitnehmerInnenschutzrecht Joe Püringer	117

EU-Richtlinie über die Begrenzung der Emissionen flüchtiger organischer Verbindungen aus Farben und Lacken (Produktbezogene VOC-Richtlinie) Paul Krajnik	123
Environmental Due Diligence – Relevanz von Innenraumschadstoffen in der Immobilienbewertung Silvia Estermann	125
<b>Öffentlicher Gesundheitsdienst als Konfliktmanager</b>	
Umgang mit innenraumbezogenen Beschwerden (Schwerpunkt Geruchswahrnehmungen) H. Sagunski	129
Erfahrungen mit Innenraumproblemen in der Steiermark Michael Köck	135
Innenraumluf – Erfahrungen aus Salzburg Viel Lärm um Nichts ? Othmar Glaeser, Katja Krämer, Stefan Kleiner	137
<b>Schimmel – Ursachen, Diagnostik und Sanierung</b>	
Schimmelvermeidung durch richtige bauphysikalische Planung Mathias M. Stani	141
Gesundheitliche Gefährdung durch Schimmelpilze Hans-Peter Hutter, Hanns Mooshammer	145
Probleme bei der Probennahme und Bewertung von luftgetragenen Schimmelpilzen im Innenraum F.F. Reinthaler, G. Wüst, D. Haas, I. Wendelin, R. Schlacher, E. Marth	149
Diagnostik und Bewertung von Schimmel in Innenräumen Felix Twrdik	153
<b>Luftqualität in Innenräumen</b>	
Gesunde Luft in Oberösterreichs Schulen Ergebnisse des Schul- und Kindergartenprojekts in Oberösterreich 1999–2003 Robert Kernöcker	157
Gute Luft zum Lernen? Felix Twrdik, Peter Tappler	165
Erfahrungen mit kontrollierter Raumbelüftung an Schulen – Komfort, Energie und Kosten Christoph Muss	175
<b>Radon – Vorkommen und Vorsorge</b>	
Radon in Österreich Physikalische Grundlagen und Vorkommen Harry Friedmann	183
Umgang mit Radon bei Sanierung, Neubau und Schulen – die ÖNORMen Reihe S 5280 Franz Josef Maringer	187
Vorsorgestrategien und Erfahrungen mit Radon in Oberösterreich Sigrid Sperker	195
<b>Beschwerden in Innenräumen – was tun?</b>	
Umweltmedizinische Richtwerte für Schadstoffe in Innenräumen Michael Kundi	199
MCS, SBS und Co. – unspezifische Beschwerdebilder durch Innenraumlufbelastung – Horrorvision oder Herausforderung für Ärzte? Hans-Peter Hutter	201
Innenraum und mehr - der Blick über den Tellerrand Renate Cervinka, Ernst Neudorfer	205
<b>Innenraumrelevante Themen B</b>	
Ist Natur gesund? Mögliche Raumlufprobleme durch Naturstoffe Peter Tappler	209
Naturstoffe richtig anwenden – Schadstoffe vermeiden Hildegund Mötzl	217
Tabakrauch in Innenräumen Hanns Mooshammer	221
Aufatmen mit dem Österreichischen Umweltzeichen Arno Dermutz	225
Reine Luft trotz Reinigung? Susanna Stark	227
Referenten	231



# Vorwort

Wohlbefinden, Lebensfreude und Leistungsfähigkeit in Wohnungen, Schulen und Betrieben werden durch eine hohe Innenraumlufthqualität gefördert.

Nach wie vor ist gesunde Raumlufth aber keine Selbstverständlichkeit. Viele Themen, die beim letzten derartigen Kongress in Österreich vor über zehn Jahren erörtert wurden, wie z.B. Belastungen der Raumlufth durch Radon, Schimmelpilze, Lösungsmittel oder Raumlufthtechnische Anlagen haben auch heute noch große Bedeutung. Andere Aspekte sind hinzugekommen: Multiple Chemikaliensensitivität, Duftstoffe, Prüfzeichen für Baustoffe, ökologische Beschaffung oder innenraumspezifische Rechtsvorschriften.

Namhafte ExpertInnen aus Wissenschaft und Praxis gehen sowohl auf Maßnahmen während der Errichtung als auch der Nutzung von Gebäuden ein. An erfolgreichen Modellen, etwa Ökokauf Wien oder IBO-Ökopass sind Möglichkeiten für qualitativ hochwertiges Bauen bei unwesentlichen Mehrkosten ablesbar. Gesundes Bauen wirkt sich letztendlich in einer gesundheitsförderlichen Raumlufthqualität aus. Wenn aber bereits Probleme vorliegen, können Messungen in Innenräumen helfen, Ursachen für Schadstoffbelastungen zu erkennen und zu beseitigen. Im Rahmen der Vorträge werden zahlreiche Fallbeispiele vorgestellt. Auch das öffentliche Gesundheitswesen ist gefordert. Gerade hier muss ärztlicher mit technischem Sachverstand eng verknüpft werden, um den Betroffenen adäquate Beratung zukommen zu lassen. Fundiertes Wissen über wichtige Schadstoffe in Innenräumen wie beispielsweise flüchtige Kohlenwasserstoffe oder Passivrauch hilft PlanerInnen, ÄrztInnen, GutachterInnen und BeraterInnen in ihrer täglichen Arbeit.

Wir freuen uns, Ihnen den vorliegenden Tagungsband zum internationalen Kongress „Gesunde Raumlufth“ zu präsentieren. Er bietet einen aktuellen Überblick über den Stand des Wissens aus verschiedensten Fachgebieten zum Thema „Schadstoffe in Innenräumen“.

Barbara Bauer  
IBO – Österreichisches Institut für  
Baubiologie und -ökologie GmbH

Peter Tappler  
Innenraum Mess-  
und Beratungsservice

Hans-Peter Hutter  
Ärztinnen und Ärzte  
für eine gesunde Umwelt





# Innenraum und Gesundheit

## Michael Kundi

In unserem Kulturkreis halten sich Menschen zu einem hohen Anteil in Innenräumen auf. Insbesondere für Kleinkinder, Kranke und andere Personengruppen mit erhöhter Empfindlichkeit gegenüber Belastungen der Raumluft ist durch ihre vergleichsweise lange Aufenthaltsdauer in bestimmten Innenräumen die Qualität der Innenraumluft wesentlich. Die Innenraumluft hat eine wichtige Funktion für die Wohn- und Lebensqualität, weshalb bei in Innenräumen auftretenden Luftschadstoffen auch Eigenschaften der Beeinträchtigung des Wohlbefindens und belästigende Eigenschaften (z.B. unangenehme Gerüche) zu berücksichtigen sind. Darüber hinaus ist die Funktion der Wohnumwelt als Erholungsraum (z.B. von Belastungen am Arbeitsplatz) hervorzuheben.

In Anlehnung an die Richtlinie VDI 4300 Blatt 1 werden als Innenräume bezeichnet:

- Private Wohn- und Aufenthaltsräume wie Küche, Wohn-, Schlaf- und Badezimmer, Bastel-, Sport- und Kellerräume
- Räume in Gebäuden, die nicht im Hinblick auf Luftschadstoffe arbeitnehmerschutzrechtlichen Bestimmungen unterliegen
- Öffentliche Gebäude (Schulen, Kindergärten, Krankenhäuser, Sporthallen u.a.)
- Fahrgasträume von Verkehrsmitteln

Wegen der langen Aufenthaltsdauer und der Funktion von Innenräumen des Wohnbereichs als Stätte der Erholung und Restitution sind an die Innenraumluft besonders hohe Anforderungen an Qualität und Freiheit von Schadstoffen zu stellen.

Die Qualität der Innenraumluft wird durch zahlreiche Einflüsse gefährdet: Zum Einen ist die Qualität der Außenluft eine limitierende Größe, denn abgesehen von wenigen Ausnahmen kann die Innenraumluft bestenfalls die Qualität der Außenluft erreichen, zum Anderen sind die Aktivitäten der Menschen selbst sowie deren Atemluft und von der Hautoberfläche abgegebene Stoffe und die aus Hausrat, Einrichtungs- und Baumaterialien abgegebenen Stoffe als potentielle Quellen der Luftverunreinigung zu berücksichtigen. Darüber hinaus sind Mikroorganismen und deren Stoffwechselprodukte in der Innenraumluft von Bedeutung.

Eine gesunde Raumluft im Wohnbereich muss mehr sein als bloß frei von gesundheitsschädlichen Kontaminationen. Sie darf darüber hinaus die Erholung von Belastungen nicht beeinträchtigen, nicht für Erkrankungen sensibilisieren und den Zyklus von Erholung und Leistung nicht stören. Angesichts der Vielzahl von Stoffen, die im Wohnbereich durch menschliche Aktivitäten und Abgabe aus Innenraumquellen auftreten, scheint eine rationale Vorgangsweise bei der Entwicklung von Empfehlungen in diesem Bereich kaum möglich. Dem ist aber entgegen zu halten, dass man auch hinsichtlich der Außenluft ähnlichen Problemen gegenüber stand. Für die Innenraumluft wird es notwendig sein, einerseits durch Betrachtung bestimmter Einzelstoffe, die unter ganz bestimmten Umständen in der Innenraumluft auftreten, und die toxikologisch und umwelthygienisch relevant sind, eine Empfehlung über Immissionskonzentrationen und Vermeidungsstrategien anzugeben, andererseits durch die Untersuchung von Indikatorstoffen, die für eine mehr oder weniger einheitliche Mischung von Schadstoffen stehen können, eine Beurteilung zu ermöglichen und schließlich durch ein systematisches Vorgehen bei einer konkreten Situation die Beurteilung zu erleichtern.

Das Ziel aller dieser Überlegungen ist es, auch bei einem langfristigen Aufenthalt in den Räumen die Entstehung von Beeinträchtigungen des Wohlbefindens und der Gesundheit auszuschließen und darüber hinaus die Gesundheit über eine adäquate Erholung zu fördern. Demgegenüber steht der Wunsch der Wirtschaft auf Deregulation und Ausweitung der Produkte, die in den Haushalten Verwendung finden sollen. Es ergibt sich daraus ein gesellschaftliches Problem des Wertekonfliktes, das nur politisch gelöst werden kann.



# Wo stehen wir heute?

## Geschichten aus dem Innenraum

Peter Tappler, Felix Twrdik

### Eine kurze Geschichte der schlechten Luft

Die Beschäftigung mit Schadstoffen in Innenräumen ist keine Erfindung des 20. Jahrhunderts. Rauchgase waren z.B. über Jahrtausende ein bedeutender Innenraumschadstoff - durch technische Entwicklungen wie die des Kamins konnte diese Belastung in unseren Breiten signifikant verringert werden. In zahlreichen Ländern der dritten Welt wurde dieser Wandel jedoch noch nicht vollzogen, die Folge sind Atemwegserkrankungen, die durch fehlende Abführung der Verbrennungsgase verursacht werden.

Seit dem 18. Jahrhundert sind Geruchsbelästigungen und gesundheitliche Probleme durch schlechte Luft ein Thema. Der deutsche Hygieniker Max von Pettenkofer postulierte schon 1858 0,1 Vol% CO<sub>2</sub> als Richtwert für die maximale CO<sub>2</sub>-Konzentration in Wohn- und Aufenthaltsräumen [Pettenkofer 1858], da er erkannte, dass hohe CO<sub>2</sub>-Konzentrationen mit hygienisch unzureichender Luft korreliert waren. Der Richtwert von 0,1 Vol% CO<sub>2</sub> ist noch immer aktuell, er wird in der Klimatechnik zur Dimensionierung von Frischluftvolumina verwendet.

Seit den 70er Jahren rückte in unseren Breiten die Verringerung von den Menschen belastenden Umweltfaktoren zunehmend in den Mittelpunkt des politischen und wissenschaftlichen Interesses. Die Konzentration an Luftschadstoffen im Außenbereich konnten durch Reduzierung der Emissionen im Bereich Industrie, Verkehr, bei Müllverbrennungsanlagen und bei Kraftwerken deutlich gesenkt werden. In dieser Zeit wurden auch die Bezeichnungen synthetischer Chemikalien wie Formaldehyd oder Pentachlorphenol aufgrund von öffentlichen Berichten über Nutzerbeschwerden in Innenräumen allgemein bekannt.

In der Folge trat die Tatsache ins Bewußtsein, dass speziell in Innenräumen anzutreffende Luftverunreinigungen existieren, die sowohl durch menschliche Aktivitäten, wie zum Beispiel Zigarettenrauchen, Reinigungstätigkeiten oder Verbrennungsvorgänge (z.B. Freisetzung von Formaldehyd und Stickoxiden), als auch durch die Emission von Baustoffen und Materialien der Innenausstattung verursacht werden [Seifert 1990]. Es wurde in zahlreichen vergleichenden Studien nachgewiesen, dass die Belastung durch bestimmte innenraumtypische Luftschadstoffe in nicht gewerblich genutzten Innenräumen im Durchschnitt die Belastung im Außenbereich um ein Vielfaches überschreitet [De Bortoli et al. 1986; Wallace et al. 1986].

Als Alternative zu synthetischen Materialien wurden natürliche, zum Teil traditionelle Baustoffe, Materialien und Konstruktionen in den Markt eingeführt, die jedoch in Einzelfällen, meist als Folge falscher Anwendung, ebenfalls zu raumlufthygienischen Problemen führen können. Die österreichische Entwicklung war seit den siebziger Jahren stark mit der in der damaligen BRD verknüpft. Der noch heute angewandte Richtwert für Formaldehyd von 0,1 ppm wurde 1977 veröffentlicht [Bundesgesundheitsamt 1977]. Der in Deutschland 1990 publizierte Grenzwert für Tetrachlorethen (TCE, Perchlorethylen) von 0,1 mg/m<sup>3</sup> [Bundesimmissionsschutzgesetz 1990] bewirkte in der Folge einen starken Rückgang der Raumluftkonzentrationen dieses Schadstoffes. In Österreich wurde dieser Wert nicht übernommen. Mitte der neunziger Jahre publizierte in Deutschland eine multidisziplinäre Arbeitsgruppe ein wegweisendes Richtwertesystem für Innenräume [Ad-hoc Arbeitsgruppe 1996], in der Folge erschienen Richtwerte für einige wichtige Schadstoffe in der Innenraumluft [Sagunski 1998].

In Österreich wurden in Innenräumen vorkommende gesundheitsschädliche Chemikalien wie Asbest, Formaldehyd oder PCB's durch diverse Verordnungen des Chemikaliengesetzes verboten bzw. in ihrer Anwendung beschränkt. Für die Raumluft wurde für Formaldehyd in Wohnungen eine Empfehlung von 0,1 ppm ausgesprochen [Produktsicherheitsbeirat 1985].

## Wo stehen wir heute?

### Schadstoffprävention im Innenraum als Gesundheitsdienstleistung

Das Thema „Gesundheit“ gewinnt wie in anderen Lebensbereichen auch im Baubereich immer mehr an Bedeutung. (In Österreich bieten seit kurzem mehrere Versicherungsunternehmen Innenraumbegutachtungen als Bonus-Leistung für ihre Kunden an). Dies mag mit dem demografischen Wandel zusammenhängen, der uns in seiner vollen Auswirkung erst in einigen Jahren treffen wird. Mit steigendem Durchschnittsalter der Bevölkerung steigt auch der Bedarf nach Gesundheitsdienstleistungen an. Nachdem in der Öffentlichkeit immer mehr bekannt wird, dass die Hauptmenge an Luftschadstoffen im Innenraumbereich aufgenommen wird und daraus Gesundheitsbeeinträchtigungen entstehen können, ist insgesamt zu erwarten, dass der Bedarf an auf Risikofaktoren geprüften Innenräumen ansteigen wird.

Innenraumbegutachtungen und gebäuediagnostische Untersuchungen werden sich daher, wie sich schon jetzt abzeichnet, zu einer allgemein anerkannten Gesundheitsdienstleistung entwickeln. Bei bestimmten innenraumtypischen Beschwerden und vorhandener Kausalität wird durch ein Zusammenwirken von spezialisierten Fachleuten wie z.B. Hygienikern oder Allergologen, Analytikern und Baufachleuten abgeklärt, ob ein Zusammenhang dieser Beschwerden mit Schadstoffen oder anderen Innenraumfaktoren besteht. Eine Anerkennung dieser speziellen Untersuchungen durch die Krankenkassen in Form einer zumindest teilweisen Kostenübernahme ist anzustreben.

### Regulierung der Innenraumluft – Richtwerte und Normen

Um auch in Österreich Rechtssicherheit zu schaffen, begann 1999 am Lebensministerium eine interdisziplinär zusammengesetzte Arbeitsgruppe, eine Richtlinie zur Bewertung der Innenraumluft zu erarbeiten. Die Richtlinie wird als Lose-Blatt Sammlung herausgegeben und laufend ergänzt bzw. aktualisiert. Derzeit stehen der allgemeine Richtlinienteil sowie die speziellen Teile „VOC-Tetrachlorethen“ und „VOC-Allgemeines“ zur Verfügung (BMLFUW 2003). Eine für den Sachverständigen hilfreiche, umfangreiche Auflistung innenraumrelevanter Regelwerke ist Teil der Richtlinie. Die Richtlinienteile „VOC-Styrol“, „VOC-Toluol“ und „VOC-Summenparameter“ stehen kurz vor der Publikation. Derzeit sind die Richtlinienteile „CO<sub>2</sub> als Lüftungspareparameter“ und „Formaldehyd“ in Bearbeitung.

Ein Abonnement für die schon erschienenen und neu publizierten Teile der Richtlinie kann als Hardcopy beim Umweltservice des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (BMLFUW) kostenfrei bestellt werden (email: karin.seifert@bmlfuw.gv.at oder Tel: 0800 240 260). Weiters stehen die fertigen Richtlinienteile als pdf-files auf der homepage des BMLFUW zur Verfügung ([www.lebensministerium.at/umwelt](http://www.lebensministerium.at/umwelt) → Luft, → Innenraumluft).

Die – bis jetzt nur sehr vage formulierten – gesundheitsbezogenen Anforderungen der jeweiligen Landesbauordnungen werden durch eine derartige detaillierte Regulierung mit Leben erfüllt. Nicht zuletzt beinhaltet auch die in Österreich als Bauproduktegesetz übernommene EU-Bauproduktenrichtlinie (1988) in ihrem Kapitel „Hygiene, Gesundheit und Umweltschutz“ Anforderungen eines Bauwerkes in Bezug auf Schadstoffe in Innenräumen (Auszug):

„Das Bauwerk muß derart entworfen und ausgeführt sein, dass die Hygiene und die Gesundheit der Bewohner und der Anwohner, insbesondere durch folgende Einwirkungen nicht gefährdet werden:

- Freisetzung giftiger Gase
- Vorhandensein gefährlicher Teilchen oder Gase in der Luft
- Emission gefährlicher Strahlen“

Auch die Landesbauordnungen fordern sinngemäß die Vermeidung gesundheitsschädlicher und raumluftbelastender Baustoffe, die Arbeitsstättenverordnung fordert „ausreichend frische, von Verunreinigungen möglichst freie Luft“.

Einige richtungsweisende Normen, die sich im weitesten Sinn mit der Vermeidung gesundheitsgefährdender Substanzen in Innenräumen beschäftigen, sind derzeit in Ausarbeitung oder schon vor kurzem publiziert worden. Dies betrifft das Thema Radonvorsorge und -sanierung [ÖNORM S 5280 Teil 2], Hygiene in Lüftungstechnischen Anlagen [ÖNORM H 6021], sowie die Messung von VOCs [ÖNORM M 5700 Teil 2].

## Schadstoffprävention und Qualitätskontrolle bei Neu- und Umbau

Seit Jahren wird in Österreich von öffentlichen Bauträgern wie z.B. der niederösterreichischen Landesregierung, aber auch von privaten Bauträgern (z.B. [Mischek 2004]) mit Hilfe von Muster- raumuntersuchungen und Freimessungen vor Bezug des Gebäudes die Qualität in Hinblick auf Belastungsfaktoren aus dem Innenraumbereich geprüft.

Ein wichtiger Teil solcher Konzepte der Qualitätskontrolle bei Errichtung oder Umbau von Gebäuden ist die Erfassung von Risikofaktoren und -materialien schon zum Zeitpunkt der Auswahl der zu verwendenden Stoffe und Konstruktionen. Für die Bewertung humantoxischer Wirkungen von Bauprodukten stehen eine nicht unerhebliche Anzahl unterschiedlicher Methoden zur Verfügung. Das Spektrum reicht dabei von Prüfkammertests, Produktklassifizierungen und Arbeitsschutztools bis zu Umweltzeichen und Gütesiegeln.

Das in der Bauproduktenrichtlinie allgemein formulierte Ziel, die Gesundheit von Gebäudenutzern zu schützen, wird in einem vom deutschen Ausschuss zur gesundheitlichen Bewertung von Bauprodukten (AgBB) herausgegebenen Dokument [AgBB 2003] in Hinblick auf die Emission flüchtiger organischer Verbindungen aus Bauprodukten präzisiert. Zu diesem Zweck werden für Bauprodukte Prüfkammeruntersuchungen durchgeführt, die dabei gemessenen Emissionen werden mit festgelegten Leistungswerten für VOC, TVOC, SVOC und kanzerogene Stoffe verglichen. Damit soll sichergestellt werden, dass Mindestanforderungen zum Schutz der Gesundheit erfüllt werden. Eine Schwäche des Schemas ist die Tatsache, dass Geruchsstoffe derzeit nicht berücksichtigt werden bzw. eine sensorische Beurteilung nicht vorgesehen ist. Das System weist zwar noch weitere Lücken und Widersprüche auf, ist jedoch als erster Ansatz zu begrüßen. Auf Bauprodukte finden eine Reihe weiterer Kennzeichnungssysteme und Prüfzeichen, wie GISCODE oder EMICODE Anwendung, die zu dem Ersatz stark emittierender Produkte beitragen [EMICODE 2004, GISBAU 2004].

Bei den Prüfzeichen werden, um Produktvergleiche zu ermöglichen, die Kriterien auf Produkte mit gleichem Verwendungszweck bezogen. Beurteilt wird dabei einerseits nach den im Produkt vorhandenen Inhaltsstoffen oder Verunreinigungen (Ausschlusskriterien, Grenzwerte), andererseits nach den vom Produkt verursachten Emissionen, häufig erhoben über Prüfkammermessungen. Zahlreiche Zeichen kombinieren diese Zugänge in ihren Kriterien [natureplus 2004].

## Innenraumluft und Leistung

Die mit Luftschadstoffen und Belüftung assoziierten Produktivitätsverluste werden in den letzten Jahren zunehmend erforscht. Aufgrund der Komplexität der beteiligten Faktoren und des beschränkten Wissens über Zusammenhänge existieren jedoch in diesem Bereich noch keine allgemein anerkannten, durchgängigen Bewertungskriterien [Tuomainen et al. 2002]. Einzelne Arbeiten weisen jedoch nach, dass diese Zusammenhänge existieren und dass verunreinigte Raumluft einen nicht zu unterschätzenden Kostenfaktor in Gebäuden darstellt [Wargotzki et al. 1999]. Es konnte z.B. experimentell bestätigt werden, dass die Emissionen von Computern (Desktops) eine starke Wirkung auf die subjektiv wahrgenommene Luftqualität zeigen sowie die Leistungsfähigkeit signifikant absinken lassen [Bakó-Biró et al. 2002].

Bekannte Risikobereiche sind vor allem der Bereich der Belüftung konventionell belüfteter, dicht belegter Innenräume sowie die Materialauswahl im Bereich des Neu- und Umbaus von Gebäuden. Mit zunehmendem Wissen werden in Zukunft weitere Risikobereiche identifiziert, quantifiziert und gezielt Maßnahmen zur Verbesserung der Situation gesetzt werden können.

## Lüftung

Obwohl flächendeckende Studien fehlen, ist anzunehmen, dass der durchschnittliche Luftwechsel in österreichischen Innenräumen und damit die entsprechenden Frischluftvolumenströme durch den Einbau von den Lüftungswärmeverlust verringernden Fenstern mit der Zeit immer stärker abnimmt. Vor allem bei dichter Belegung von Räumen wie in natürlich belüfteten Schulklassen oder Vortragsräumen ist oft nur ein Bruchteil der Frischluftmenge vorhanden, die für eine optimale Leistungsfähigkeit (Produktivität) und Vermeidung von Beschwerden (Hygiene) nötig wäre.

Eine Untersuchung der CO<sub>2</sub>-Konzentration als Marker für menschliche Emissionen in oberösterreichischen Schulen und damit der Qualität der Raumluft ergab in einem nicht zu unter-

schätzenden Teil der Schulräume Konzentrationen, die hygienische Richtwerte signifikant überschritten [Brandl et al. 2001]. Die Ergebnisse dieser Pilotstudie wurden durch punktuelle Messungen in anderen österreichischen Schulen bestätigt. Ein kritischer Bereich ist immer auch das Schlafzimmer in Gebäuden mit dichten Fenstern.

Untersuchungen ergaben signifikante Zusammenhänge zwischen dem personenbezogenen Frischluftvolumenstrom und diversen Befindlichkeitsstörungen. Höhere Ventilationsraten reduzierten den Anteil der Personen, die mit der Luftqualität und der Geruchsintensität unzufrieden waren und erhöhten die subjektiv empfundene Frische der Luft. Weiters wurden Zusammenhänge zwischen den personenbezogenen Frischluftvolumenströmen und der Leistungsfähigkeit nachgewiesen [Wargocki et al. 2000].

Eine Zusammenschau von Studien zu gesundheitlichen Wirkungen und Kohlendioxid zeigte, dass sich in 50 % der Untersuchungen mit abnehmender CO<sub>2</sub>-Konzentration die sogenannten Sick-Building-Syndrom-assoziierten Beschwerden (z.B. Reizungen und Trockenheit von Schleimhäuten, Müdigkeit, Kopfschmerzen) verringern [Seppänen et al. 1999].

Die besten Effekte zur Verbesserung der Luft in stark belegten Innenräumen lassen sich durch Stoßlüftung (weit geöffnete Fenster) oder Querlüftung (Durchzug) erreichen. Lüftungszeiten von einigen Minuten können die CO<sub>2</sub>-Belastung kurzfristig stark absenken, eine ausreichende Zufuhr von Frischluft ist jedoch bei stark belegten Innenräumen allein durch Fensterlüftung nicht möglich. In Zukunft wird eine befriedigende Belüftungssituation durch Einbau von kontrollierten Belüftungsanlagen erreicht werden.

### **Kontrollierte Raumbelüftungsanlagen – Benefits und mögliche Risiken**

Ausgelöst durch Bestrebungen zur Energieeinsparung werden in Österreich immer mehr energieoptimierte Gebäude errichtet, die in der Regel mit Belüftungsanlagen (zum Teil mit Erdwärmetauschern) ausgestattet sind. Durch die mit derartigen Belüftungsanlagen verbundenen erhöhten Frischluftvolumina pro Person und pro Fläche führen zu einer Verbesserung der hygienischen Situation in Innenräumen und zu einem verstärkten Abtransport von Schadstoffen aus Materialien.

Welche Risiken allerdings mit diesen neuen Technologien verbunden sein können, ist noch weit gehend unbekannt. Lange Rohrleitungen bringen prinzipiell gewisse Risiken sowohl bei Montage als auch im Betrieb mit sich. In Diskussion stehen dabei vor allem Kontaminationen von Erdwärmetauschern durch biogene Luftschadstoffe und durch Radon bei undichter Verrohrung in Radonrisikogebieten. Es ist auch zu erwägen, dass unter Umständen in bestimmten, kurzen Lebensphasen in der frühen Kindheit eine völlige Abwesenheit von Allergenen zu einem erhöhten Risiko der Entstehung von Allergien im weiteren Leben führen könnte [Wohnen und Gesundheit 2004]. Diese Tatsache sollte bei kontrollierten Belüftungsanlagen in Wohnhäusern, bei denen eine praktisch vollständige Filterung dieser Stoffe stattfindet, in Betracht gezogen werden.

### **Luftströmungen in Gebäuden**

Durch Undichtigkeiten in der Gebäudehülle, aber auch durch Lüftungsschächte können Schad- und Geruchsstoffe von einem Bereich eines Gebäudes in andere Bereiche strömen (interzonaler Schadstofftransfer). In mehreren Fallbeispielen konnte z.B. ein Schadstofftransfer von Garagenluft aus Tiefgaragen in Wohnräume bzw. Büros nachgewiesen werden [Tappler, Damberger 1998]. Ähnliche Situationen traten in der Praxis bei Messungen in einem Betonplattenbau auf, wobei eine Nicht-raucherfamilie massiv mit Tabakrauch belastet wurde. Ursache dafür waren Fugen in der Decke einer darunterliegenden Cafeteria.

Das Phänomen von plötzlich in Wohnungen auftretenden schwarzen Staubniederschlägen (magic dust) wurde ebenfalls in zahlreichen Fällen auf Luftströmungen in Gebäuden – konkret zwischen Garage oder Heizraum und betroffenem Innenraum – zurückgeführt [Tappler, Damberger, Twrdik 1998]. Andere Ursachen für Schwarzstaubbelastungen können Kerzen, Tabakrauch oder undichte Kamine darstellen, auch mittelflüchtige organische Substanzen werden als Ursache in Betracht gezogen.

Luftströmungen in Gebäuden stellen neben der Belästigung ein nicht zu unterschätzendes Brandschutzproblem dar, da im Brandfall in relativ kurzer Zeit Rauchgase von einem Brand-

abschnitt in den anderen strömen können. Gebäude, deren Undichtigkeit ein bestimmtes (derzeit noch nicht genau festgelegtes Maß) überschreiten, erfüllen nicht mehr die Vorgaben der Bauordnung hinsichtlich Brandschutz.

### Klassische Luftschadstoffe

Die in den achziger Jahren bekannt gewordenen Schadstoffe Asbest, polychlorierte Biphenyle (PCB) oder Pentachlorphenol (PCP) spielen beim Neubau keine Rolle mehr, man findet sie jedoch (bei den Luftschadstoffen auf Grund ihrer geringen Flüchtigkeit) nach wie vor als „Altlasten“ vor allem in Gebäuden aus den sechziger bis siebziger Jahren in teilweise hohen Konzentrationen bzw. größeren Mengen.

Die durchschnittliche Konzentration an Formaldehyd in Innenräumen hat sich vor allem durch das in Kraft treten der Formaldehydverordnung 1990 stark verringert, im Einzelfall treten jedoch immer noch hohe Werte in der Raumluft auf. Ursachen dafür ist einerseits der (rechtswidrige) Einsatz von säurehärtenden Lacken zur Holzbodenbeschichtung in Innenräumen, andererseits der Import von nicht der Formaldehydverordnung entsprechenden Holzwerkstoffen. Überschreitungen der in Österreich derzeit angewandten Richtwerte für die Raumluft ergeben sich auch dann, wenn alle raumumschließenden Flächen mit Holzwerkstoffen ausgestattet sind und der Luftwechsel gering ist. Dies wurde in der Praxis bei einem neu erbauten Wohngebäude nachgewiesen, dessen als Wandbaustoff eingesetzten Spanplatten die erlaubte Qualität E1 aufwiesen [Damberger 2003]. Aus einer Studie, die in österreichischen Fertigteilhäusern durchgeführt wurde, zeigte sich, dass auch ältere Spanplatten schlechter Qualität noch nach Jahrzehnten zu Richtwertüberschreitungen in den betreffenden Gebäuden führten [Tappler et al. 1997].

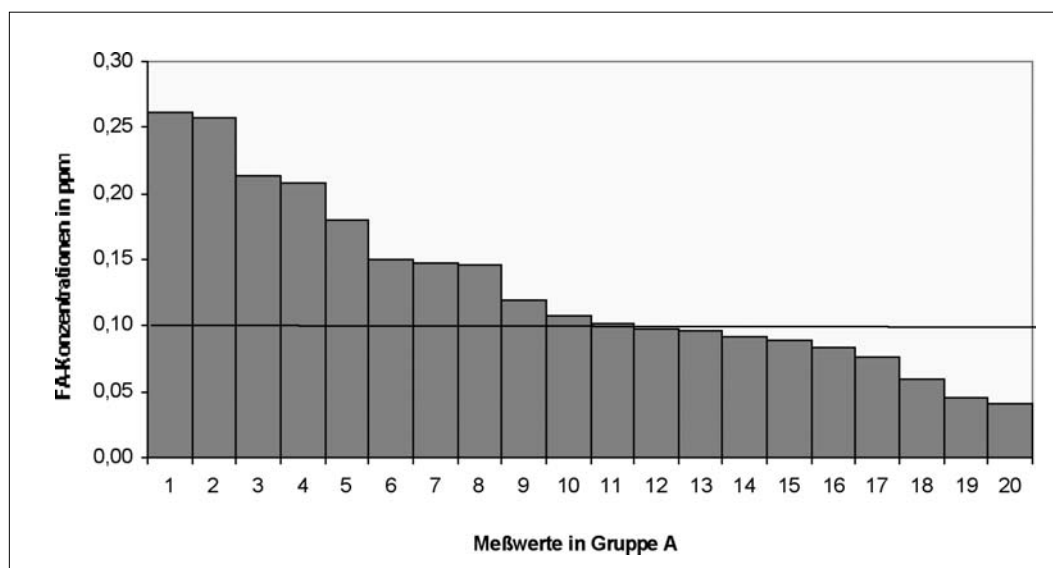


Abb. 1: Formaldehydkonzentrationen in Fertigteilhäusern bis Baujahr 1985, nach Andersen-Formel auf durchschnittliche Raumklimabedingungen korrigierte Werte [Tappler et al. 1997]

Im Lauf der Zeit wurden immer wieder neue Substanzen wie z.B. Flammschutzmittel entdeckt, denen ein relevantes gesundheitliches Risiko zugesprochen wurde [Salthammer, Wensing 2002]. Für das Flammschutzmittelmittel Tris(2-chlorethyl)phosphat wurde beispielsweise ein offizieller deutscher Richtwert festgelegt [Sagunski, Roßkamp 2002]. Andere schon länger in Verwendung stehende Substanzgruppen wie z.B. Phthalate wurden neu bewertet, hier steht die hormonähnliche Wirkung im Vordergrund.

Einen guten Überblick über die Schadstoffsituation in Hinblick auf VOC, Partikel sowie die durchschnittlichen Aufenthaltszeiten in Innenräumen gibt die EXPOLIS-Studie [Jantunen 1998].

### Innenraumluftchemie: Reaktive Substanzen, Partikel

Aus der Außenluft stammende Luftbestandteile wie Ozon und andere reaktive Verbindungen können in der Gasphase oder an Materialoberflächen mit im Innenraum emittierten Stoffen reagieren und neue Verbindungen erzeugen. Art und Menge dieser so genannten sekundären



Emissionsprodukte sind stark von den Vorläufersubstanzen und den klimatischen Parametern abhängig. Zahlreiche im Innenraum gebräuchliche Produkte emittieren herstellungsbedingt stark reaktive Verbindungen [Salthammer 2000], die als Vorläufersubstanz dieser Sekundärprodukte zu betrachten sind. Solche Verbindungen können schon in niedrigen Konzentrationen durch ihre Geruchsintensität oder ihre irritative Wirkung das menschliche Wohlbefinden negativ beeinflussen [Wolkoff et al. 1997, Wolkoff et al. 1999].

Für den Nachweis dieser Verbindungen ist zum Teil eine über Routinemethoden hinausgehende, spezielle Analytik notwendig, manche Substanzen können derzeit überhaupt noch nicht analytisch erfasst werden. Vorläufige Ergebnisse zeigen, dass bei der Reaktion von VOC wie Limonen, Pinenen und Ozon ultrafeine Partikel entstehen [Weschler und Shields 1999]. Die gesundheitliche Relevanz derartiger reaktiver Mischungen wird zur Zeit vor allem von nord-europäischen Arbeitsgruppen intensiv untersucht, es ist jedoch schon abzusehen, dass diese Substanzen eine nicht zu unterschätzende Wirkung vor allem im Bereich der oberen Atemwege und der Augen haben [Klenø und Wolkoff 2002, Rohr et al. 2002].

### **Lösungsmittel**

Flüchtige und mittelflüchtige organische Verbindungen (VOC und SVOC), welche die Hauptbestandteile synthetischer Lösungsmittel darstellen, haben sich in ihrer Zusammensetzung stark verändert. Man findet weniger Aromaten und deutlich weniger chlorierte Verbindungen in der Raumluft als früher. Der 1985/86 in Deutschland durchgeführte Umwelt-Survey zeigt die durchschnittliche Belastung für Wohnungen in den Achtzigerjahren [Krause et al. 1991], die angegebenen Werte entsprechen jedoch nicht mehr der heutigen Situation [BMLFUW 2003]. Eine kürzlich in Österreich durchgeführte Untersuchung zeigte die durchschnittlichen Konzentrationen an VOC in Innenräumen [Hutter et al. 2003].

Mit in Kraft treten der Lösungsmittelverordnung [1995] wurde der Einsatz von lösungsmittelhaltigen Zubereitungen bei der Beschichtung von Holzböden und anderer Oberflächen in Innenräumen stark beschränkt. Insgesamt ist die Verwendung von lösungsmittelhaltigen Rezepturen bei der Raumausstattung (Lacke, Kleber) auch auf Grund von Konsumentenwünschen rückläufig. Aus der zum Teil rechtswidrigen Verwendung von stark lösungsmittelhaltigen Holz- und Metallbeschichtungen sowie Bautenschutzanstrichen (beispielsweise Bitumenanstriche) seitens von Professionisten ergeben sich jedoch im Einzelfall erhöhte Raumluftkonzentrationen an VOC sowie als Folge davon entsprechende, typische Beschwerden bei den Betroffenen.

In zunehmendem Ausmaß werden Ester und Ether mehrwertiger Alkohole eingesetzt, die sich als Bestandteil lösungsmittelarmer Rezepturen von Wandfarben und so genannter „Wasserlacke“ finden. Bei den in der Raumluft häufiger detektierten Substanzen handelt es sich durchwegs um Glykole, Glykolether und deren Acetate [Plieninger 1998]. Einige Vertreter dieser Substanzgruppe fallen nicht mehr in die Lösungsmitteldefinition der österreichischen Lösungsmittelverordnung, wodurch es keine Mengenbeschränkungen für diese Substanzen gibt. Der Begriff „lösungsmittelfrei“ bei einer Rezeptur bedeutet in diesem Zusammenhang, dass keine organischen Lösungsmittel mit einem Siedepunkt unter 200 °C eingesetzt werden. Da die Vertreter der Ester und Ether mehrwertiger Alkohole in der Mehrzahl schwerer flüchtig sind als klassische Lösungsmittel, können relevante Mengen dieser Substanzen auch längere Zeit nach Anwendung in der Raumluft nachgewiesen werden.

### **Wo gehen wir hin?**

Die in Zukunft zu erwartende Entwicklung ist aufgrund der derzeit behandelten Themenkreise in groben Zügen absehbar. Insgesamt wird der Bereich der Innenraumhygiene in immer stärkerem Ausmaß den Platz einnehmen, der ihm aufgrund der Aufenthaltszeiten und Expositionsmuster zukommt.

Im Bereich der Lüftung von Gebäuden werden die in Kürze erscheinenden Richtlinien für CO<sub>2</sub> und andere Schadstoffe eine Neubewertung des bisher eingeschlagenen Weges nötig machen. Bei dicht belegten Räumen wird voraussichtlich eine mechanische Lüftungsmöglichkeit unumgänglich werden, die allerdings den strengsten hygienischen Maßstäben genügen muss.

Mit der neuen, schon beschlossenen EU-Lösungsmittelverordnung im Jahre 2007 werden die

strengen Bestimmungen der österreichischen Lösungsmittelverordnung zum Teil außer Kraft gesetzt, es ist dann zu erwarten, dass wieder in verstärktem Maß Produkte eingesetzt werden, die zu einer hohen Lösungsmittelkonzentration in Innenräumen führen. Obwohl es nicht zu erwarten ist, dass neue Stoffe mit spektakulären Wirkungen im Innenraum aufgefunden werden, wird sicher eine Neubewertung schon bekannter Stoffe stattfinden. Es zeigt sich, dass sich der Focus des wissenschaftlichen Interesses von eher wenig hin zu stärker reaktiven Substanzen wie Limonen verlagert. Der Bereich der komplexen Innenraumchemie, das heißt der Bereich der erst nach der Anwendung eines Baumaterials neu entstehenden Substanzen und seine Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit wird mit Sicherheit großen Raum einnehmen.

## Literatur

Ad-hoc Arbeitsgruppe (1996): Richtwerte für die Innenraumluft: Basisschema, Bundesgesundheitsblatt 39 (11), 422-426

AgBB (2003): Vorgehensweise bei der gesundheitlichen Bewertung der Emissionen von flüchtigen organischen Verbindungen (VOC und SVOC) aus Bauprodukten. Ausschuss zur gesundheitlichen Bewertung von Bauprodukten (AgBB), <http://www.umweltbundesamt.de/uba-info-daten/daten/voc.htm>

Bakó-Biró Zs, Wargocki P, Weschler C, Fanger O (2002): Personal Computers Pollute Indoor Air: Effects on Perceived Air Quality, SBS Symptoms and productivity in offices. INDOOR AIR '02 – Proc. 9th Internat. Conf. on Indoor Air Quality and Climate, Monterey, USA, Vol. 2: 249-254

Brandl A, Tappler P, Twrdik F, Damberger B (2001): Untersuchungen raumlufthygienischer Parameter in oberösterreichischen Schulen. In: AGÖF Tagungsband des 6. Fachkongresses 2001 – Umwelt, Gebäude & Gesundheit, Nürnberg: 355-366

Bundesgesundheitsamt (1977): Bewertungsmaßstab für Formaldehyd in der Raumluft, BGA-Pressedienst 19/77 vom 12.10.1977, auch: Formaldehyd. Gemeinsamer Bericht des BGA, der BAU und des UBA, 1.10.1984

Bundesimmissionsschutzgesetz (1990): 2. VO zum Bundesimmissionsschutzgesetz: Verordnung zur Emissionsbegrenzung von leichtflüchtigen Halogenkohlen-wasserstoffen, BGBl. I S. 2694, BGBl. III S. 2129-8-2-3

BMLFUW (2003): Richtlinie zur Bewertung der Innenraumluft. Erarbeitet vom Arbeitskreis Innenraumluft am Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft und der Österreichischen Akademie der Wissenschaften, Blau-Weiße Reihe (Loseblattsammlung)

Damberger B (2003): persönliche Mitteilung

De Bortoli M, Knöppel H et al. (1986): Concentrations of selected organic pollutants in Indoor and outdoor air in northern Italy. Environment International 12: 343-350

EMICODE (2004): GEV-Einstufungskriterien und GEV-Prüfmethode der Gemeinschaft Emissionskontrollierte Verlegewerkstoffe e.V. (GEV). <http://www.emicode.de>

GISBAU (2004): GISCODES und Produktcodes. <http://www.gisbau.de>

Hutter HP, Moshhammer H, Wallner P, Damberger B, Tappler T, Kundi M (2003): Belastung der Raumluft in 160 Wiener Wohnungen mit flüchtigen organischen Verbindungen. Mitteilungen der Sanitätsverwaltung 104(1):3-7.

Jantunen MJ, Hänninen O, Katsouyanni K et al. (1998): Air pollution exposure in European cities: Expolis study. J. Exp. Anal. Environ. Epidem. 8: 495-518

Klenø JG, Wolkoff P (2002): Eye Irritation from Exposure to ppb-Levels of Limonene Oxidation Products. INDOOR AIR '02 – Proc. 9th Internat. Conf. on Indoor Air Quality and Climate, Monterey, USA, Vol. 2: 602-607

Krause C, Chutsch M, Henke M, Huber M, Kliem C, Leiske M, Mailan W, Schulz C, Schwarz E, Seifert B, Ullrich D (1991): Umwelt-Survey. Band IIIc. Wohn-Innenraum: Raumluft. WaBoLu-Hefte 4/1991, Institut für Wasser-, Boden- und Lufthygiene, Berlin

Lösungsmittelverordnung (1995): 872. Verordnung: Lösungsmittelverordnung 1995 – LMVO 1995, Bundesgesetzblatt für die Republik Österreich, 29.Dez. 1995, 294. Stück

- Mischek (2004): Mischek Ökopass. <http://www.mischek.at>
- ÖNORM S 5280 Teil 2 (2003): Technische Vorsorgemaßnahmen bei Gebäuden. Österreichisches Normungsinstitut
- ÖNORM M 5700 Teil 2 (2002): Messen von Innenraumluftverunreinigungen, Gaschromatographische Bestimmung organischer Verbindungen - Aktive Probenahme durch Anreicherung auf Aktivkohle – Lösemittlextraktion. Österreichisches Normungsinstitut
- ÖNORM H 6021 (2003) : Lüftungstechnische Anlagen – Reinhaltung und Reinigung. Österreichisches Normungsinstitut
- natureplus (2004): Vergaberichtlinien natureplus. <http://www.natureplus2.org>
- Pliening P (1998): Ester und Ether mehrwertiger Alkohole in der Raumluft – Eine repräsentative Untersuchung in 200 Berliner Haushalten. In Gebäudestandard 2000 : Energie und Raumluftqualität, 4. AGÖF Fachkongress in Nürnberg, 220-224
- Pettenkofer M von (1858): Über den Luftwechsel in Wohngebäuden. Cotta, München, 72
- Produktsicherheitsbeirat (1985) : Empfehlung des Produktsicherheitsbeirats des Bundesministeriums für Familie, Jugend und Konsumentenschutz. Sitzung vom 4.3.1985, Sitzungsprotokoll
- Rohr AC, Wilkins CK, Clausen PA, Hammer M, Nielsen GD, Spengler JD, Wolkoff P (2002) Upper Airway and Pulmonary Effects of Terpene Oxidation Products in Balb/C Mice. INDOOR AIR '02 – Proc. 9th Internat. Conf. on Indoor Air Quality and Climate (Monterey, USA, 30.06.-05.07.2002), Vol. 2: 590-595
- Salthammer T (2000): Verunreinigung der Innenraumluft durch reaktive Substanzen – Nachweis und Bedeutung von Sekundärprodukten, Teil III-6.4.2 des Handbuch für Bioklimatologie und Lufthygiene, 4. Erg.Lfg. 12/2000
- Salthammer T, Wensing M (2002): Flame Retardants in the Indoor Environment. Part IV: Classification of Experimental data from House Dust, Indoor Air and Chamber tests. INDOOR AIR '02 – Proc. 9th Internat. Conf. on Indoor Air Quality and Climate, Monterey, USA, Vol. 2: 213-218
- Sagunski H (1998) Richtwerte für die Innenraumluft: Rechtlicher Rahmen und Anforderungen an die regulatorische Toxikologie, in: Gebäudestandard 2000: Energie und Raumluftqualität, AGÖF Fachkongress 1998, Nürnberg, 170-176
- Sagunski H, Roßkamp E (2002): Richtwerte für die Innenraumluft: Tris(2-chlorethyl)phosphat. Bundesgesundheitsblatt, 45, 300-306.
- Seifert B (1990): Flüchtige Organische Verbindungen in der Innenraumluft. Bundesgesundheitsblatt 3/90, 111-115
- Seppänen OA, Fisk WJ, Mendell MJ (1999): Association of Ventilation Rates and CO2 Concentrations with Health and Other Responses in Commercial and Institutional Buildings. Indoor Air Vol. 9, No. 4: 226-252
- Tappler P, Sulzner M, Scheidl K, Burtscher I (1997): Formaldehyd und Luftwechsel in österreichischen Fertigteilhäusern. Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Gesundheit, Sport und Konsumentenschutz, IBO Eigenverlag
- Tappler P, Damberger B (1998): Interzonaler Schadstofftransfer in Gebäuden als Ursache von Geruchsproblemen; Vorgehensweise, Einsatz der Tracergastechnik, Sanierung. VDI-Berichte 1373 : Gerüche in der Umwelt, Innenraum- und Außenluft, Tagung Bad Kissingen, 4.-6.3.1998, 489-500
- Tappler P, Damberger B, Twrdik F (1998): Ursachenermittlung und analytische Vorgangsweisen bei Auftreten von Schwarzstaubbelastungen in Gebäuden. In: Gebäudestandard 2000: Energie und Raumluftqualität, AGÖF Fachkongress 1998, Nürnberg, 235-241
- Tuomainen M, Smolander J, Kurnitski J, Palonen J, Seppänen O (2002): Modelling the Cost Effects of the Indoor Environment, in INDOOR AIR '02 – Proc. 9th Internat. Conf. on Indoor Air Quality and Climate, Monterey, USA, Vol. 1: 814-819
- Wallace L.A., Pellizari E. et al. (1986): Total exposure assessment methodology (TEAM) study: Personal exposure, indoor-outdoor relationships, and breath levels of volatile organic compounds in New Jersey. Environment International 12: 369-387
- Wargotzki P, Wyon DP, Baik YK, Clausen G, Fanger PO (1999): Perceived Air Quality, Sick Building Syndrome (SBS) Symptoms and Productivity in an Office with Two Different Pollution Loads. Indoor Air Vol. 9, No. 3: pp. 165-179

Wargocki P, Wyon DP, Sundell J, Clausen G, Fanger PO (2000): The Effects of Outdoor Air Supply Rate in an Office on Perceived Air Quality, Sick Building Syndrome (SBS) Symptoms and Productivity. *Indoor Air* Vol 10, No. 4: S. 222–236

Weschler CJ and Shields HC. (1999): Indoor ozone/terpene reactions as a source of indoor particles. *Atmos. Environ.* 33 (15): pp. 2301-2312

Wohnen und Gesundheit (2004): Broschüre herausgegeben von Ärzten und Ärztinnen für eine gesunde Umwelt, Eigenverlag Wien

Wolkoff P, Clausen PA, Jensen B, Nielsen GD, Wilkins CK (1997): Are we measuring the relevant indoor pollutants? *Indoor Air* 7: pp. 92-106

Wolkoff P, Clausen PA, Wilkins CK (1999): Formation of strong airway irritants in a model mixture of (+)- $\alpha$ -pinene/ ozone. *Atmospheric Environment* 33: 693-698



# A Procedure to Estimate the Cost Effectiveness of the Indoor Environment Improvements in Office Work

Olli Seppänen

## Abstract

Deteriorated indoor climate is commonly related to increases in sick building syndrome symptoms, respiratory illnesses, sick leave, reduced comfort and losses in productivity. The cost of deteriorated indoor climate for the society is high. Some calculations show that the cost is higher than the heating energy costs of the buildings. Also building-level calculations have shown that many measures taken to improve indoor air quality and climate are cost-effective when the potential monetary savings resulting from an improved indoor climate are included as benefits gained. As a step towards systemizing these building level calculations a procedure has been developed to estimate the cost-effectiveness of various measures. The model shows the links between the improvements in the indoor environment and the following potential financial benefits: reduced medical care cost, reduced sick leave, better performance of work, lower turn over of employees, and lower cost of building maintenance due to fewer complaints about indoor air quality and climate. The pathways to these potential benefits from changes in building technology and practices go via several human responses to the indoor environment such as infectious diseases, allergies and asthma, sick building syndrome symptoms, perceived air quality, and thermal environment. The procedure also includes the annual cost of investments, operation costs, and cost savings of improved indoor climate. The model illustrates how various factors are linked to each other.

The paper presents the conceptual model between indoor environment and human responses, summarizes the existing information on the links, and demonstrates the use of those links in the engineering work.

## Introduction

The evidence that indoor environmental quality (IEQ) substantially influences health and productivity is becoming strong. Some calculations show that the cost of deteriorated indoor environments is higher than building heating costs [Seppänen 1999]. Macro-economic estimates indicate that large economic benefits are possible from improved IEQ [Fisk 2000, Mendell et al. 2002]. Building professionals should quantify the costs and benefits of measures that improve IEQ; however, as suitable models are not available, only initial costs and energy and maintenance costs are typically considered in economic calculations. However, a few sample calculations have shown that measures to improve IEQ are very cost-effective when the financial value of health and productivity benefits are considered [Djukanovic et al. 2002, Hansen 1997, von Kempster 2003, Seppänen et al. 2000, Smolander et al. 2003, Tuomainen et al. 2003, Wargocki et al. 2003]. Thus, there is an obvious need for tools and models that enable economic outcomes of health and productivity to be integrated with initial, energy and maintenance costs in cost benefit calculations.

## The conceptual model on indoor environment and productivity

A conceptual model [Seppänen and Fisk 2003] for estimating the cost-effectiveness of changes in building design or operation that affect IEQ is illustrated in Figure 1. It shows the multiple pathways between measures that improve IEQ and the financial gains resulting from better health and productivity. In the model, a design or retrofit measure leads to an improvement in one or more IEQ conditions (e.g. pollutant concentration), which in turn influences one or more human responses (Boxes #3-9), such as a health condition or complaint frequency. Human responses are linked to benefit categories (Boxes #10-14) such as the health care cost or sick leave days. Finally, changes in the outcomes in boxes #10-14, lead to eco-

conomic gains (boxes #15-19). The arrows between boxes represent quantitative mathematical functions that link conditions or outcomes in the two boxes.

### Human responses

Human responses to IEQ are denoted in boxes 3 -9. The evidence that IEQ affects these human responses is discussed briefly in the next paragraphs.

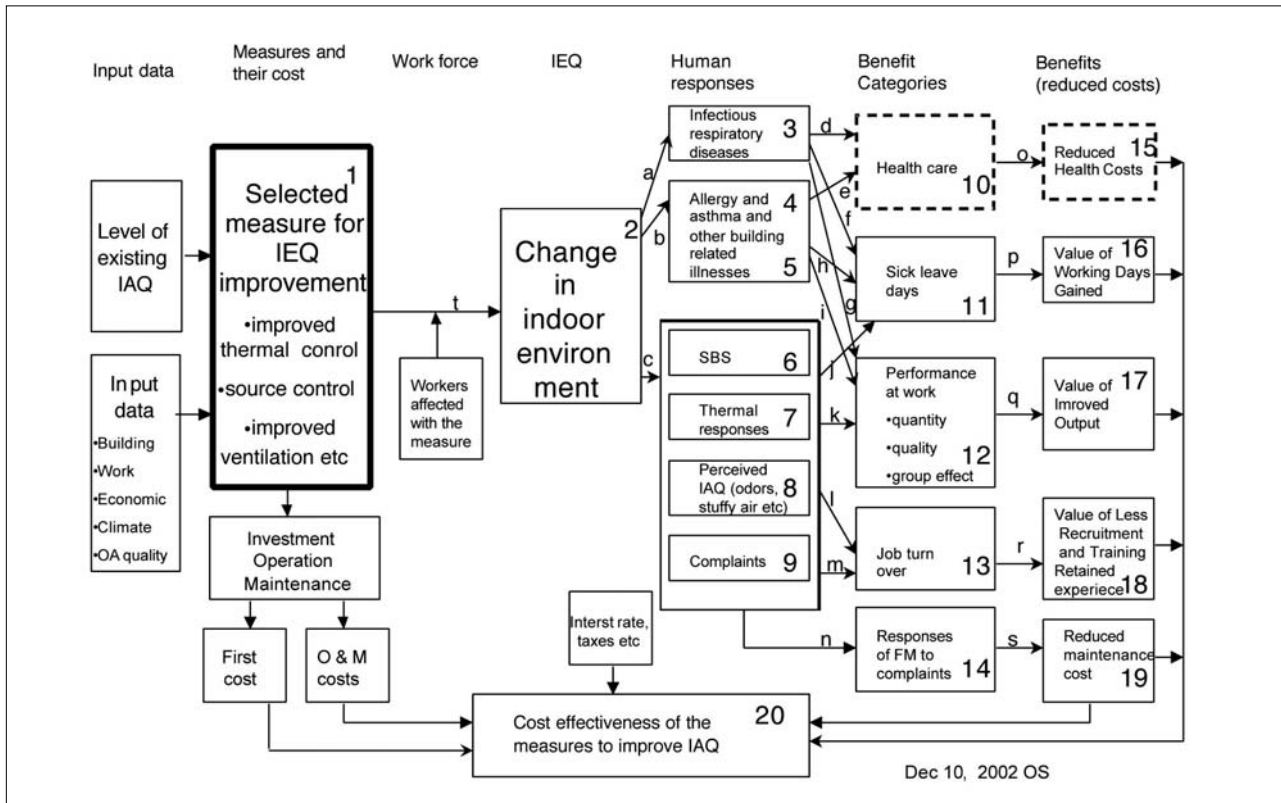


Figure 1: Conceptual economic model to calculate the cost effectiveness of indoor environmental improvements in owner-occupied buildings [Seppänen and Fisk 2003].

Some transmission of **infectious respiratory diseases** (#3), including some common colds and influenza, is known to be by aerosols containing virus or bacteria. In the United States, four common respiratory illnesses cause 176 million days lost from work and additional 121 million working days of substantially restricted activity [Fisk 2000].

Although the primary causes of **asthma and allergy** (#4) are not always related to IEQ, the symptoms are commonly caused by indoor allergen exposures [IOM 2000]. The annual cost of asthma and respiratory allergies in the US is estimated to be 15 billion \$ [Fisk 2000].

**Prevalences of sick building syndrome** (SBS) symptoms (#6) are the commonly used outcomes in building-related health studies. Representative data from US office buildings found that 23% of workers (15 million workers) reported two or more frequent SBS symptoms that improved when they were away from the work place [Fisk 2000].

**The thermal environment** (#7) is not ideal in many buildings. While the criteria for thermal comfort are well established, the thermal environment may also directly affect productivity or affect SBS symptoms, which in turn may affect productivity.

**Perceived indoor air quality** (PAQ) (#8), a commonly used as a metric of IEQ, can be evaluated with trained or untrained olfactory panels. Many ventilation standards are based on the dilution of body odor by ventilation and resulting level of PAQ.

**Complaints about IEQ** (#9) to facility managers (FM) are very common. [Federspiel 2001] has shown that temperature-related complaints lead to a significant maintenance cost.

## Linkages between building features, IEQ and human responses

To use the model, we normally require quantitative estimates of how a building design or operational change influences IEQ conditions and, in turn, quantitative estimates (indicated by functions d-n in Figure 1) of how these conditions affect health, absence, performance, and other financial outcomes. It is obvious that better data are highly desirable for all functions (a-s) relating IEQ conditions to human outcomes. However, it is not essential to quantify all functions because some data directly link building design (HVAC type) or operation (ventilation rate) to a health or performance outcome (Figure 2). This type of linkage is not shown in Figure 1. In the following paragraphs the information available on these links is summarized.

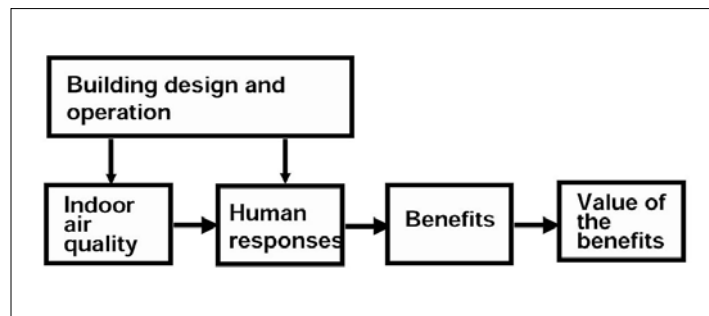


Figure 2: Simplified linkage between building, human responses and benefit.

### IEQ-respiratory diseases

The relation between the indoor environment and prevalences of respiratory diseases was reviewed by [Fisk 2000] and is supported by a theoretical model of disease transmission. The prevalence of respiratory diseases seems to be affected by the ventilation rate [Seppänen et al. 1999] and by occupant density. [Milton 2000] found that higher ventilation rates were associated with reduced short-term absence, much of which is caused by respiratory illnesses.

### IEQ-allergy and asthma

A recent summary [IOM 2000] shows that symptoms of asthma and allergy may be triggered by indoor allergens, which have concentrations affected by building design or operation. Allergy and asthma symptoms are also linked to the dampness problems in buildings [Bornehag et al. 2001]. Viral respiratory infections, which may be influenced by building factors, also appear to exacerbate asthma [IOM 2000].

### IEQ-SBS symptoms

Increased SBS symptoms have been linked to higher temperatures, more dust on surfaces, higher concentrations of certain volatile organic compounds, lower ventilation rates, and presence of air conditioning [e.g., Mendell 1993, Seppänen et al. 1999, Seppänen and Fisk 2002]. However, most studies express only statistically significant relationships, while mathematical dose-response relations are needed for the cost-benefit calculations. Approximate quantitative relationships could be developed only between ventilation rates and SBS symptoms and between temperatures and SBS symptoms.

### Thermal environment

The relation between building design and operation and thermal conditions is well established and modeled with existing building simulation tools. Some models estimate human comfort ratings, but health and productivity are not modeled.

### Perceived air quality

Perceived air quality (PAQ) is affected mainly by pollution sources in the building, ventilation rates, outdoor air quality, and air temperature and humidity.

### Benefits

The potential benefits of improved IEQ include reduced medical care cost, working days gained due to reduced sick leave, better performance in work, lower turnover of employees, and lower cost of building maintenance due to fewer IEQ complaints.

The financial benefits of reduced sick leave (#11) are obvious. Performance at work (#12) is more complicated to quantify. Three distinct aspects of performance are: quantity (speed), quality (e.g. number of mistakes), and group effect (e.g. how well group works together). The quantity of work has been used as a metric in laboratory and field studies. The measu-



rement of work quantity and quality is much easier for repetitive work (e.g. processing of forms). Poor IEQ conditions may also lead to complaints and to communications among employees which may change attitudes about the employer, and, in turn, affect work performance. If IEQ problems are not dealt with properly, employee-management conflicts may develop and complicate the problem solving process [Lahtinen et al. 2002] and reduce productivity; however, the magnitude of this effect is unknown.

A reduced job turnover (#13) may significantly reduce costs to employers. [Goetzel et al. 2001] estimated that turnover costs per employee were \$3700.

Reduced responses of facility management to IEQ complaints (#14) are an economic benefit. [Federspiel 2001] analyzed data from 575 buildings and reported that 18.4% of complaints were IEQ complaints. 77% of IEQ complaints were about conditions perceived as too hot or too cold. He showed that the rate of complaints depends on the average temperature and its standard deviation and he estimated maintenance cost savings of \$0.0035/ft<sup>2</sup> per year.

The magnitude of many financial benefits depends on the change in work time (e.g., days at work), or speed, or quality. As a first approximation, financial benefits can be based on employee compensation. Ideally, changes in group performance should be assessed.

### Linkage between human responses and potential benefits

Some of the links between human responses and financial benefits are obvious (e.g. illnesses cause health care costs and sick leave). [Berger et al. 2001] concludes that employee health also affects work performance. The link between prevalences of SBS symptoms and productivity has been summarized by [Fisk 2000] and [Mendell et al. 2002]. The number of SBS symptoms has been linked to self-estimated productivity and the prevalence of symptoms has been linked to self-reported sick leave. However, a mathematical relationship of SBS symptoms to absence and work performance could not be determined. Thermal conditions outside the thermal comfort zone have been linked to deteriorated work performance in call centers [Federspiel 2001; Niemela et al. 2002] and in laboratory experiments e.g. [Wyon 1996]. Finally, in laboratory tests with variable ventilation and pollution loads [Wargocki et al. 2000], PAQ was correlated with work performance.

### Investment and operational cost

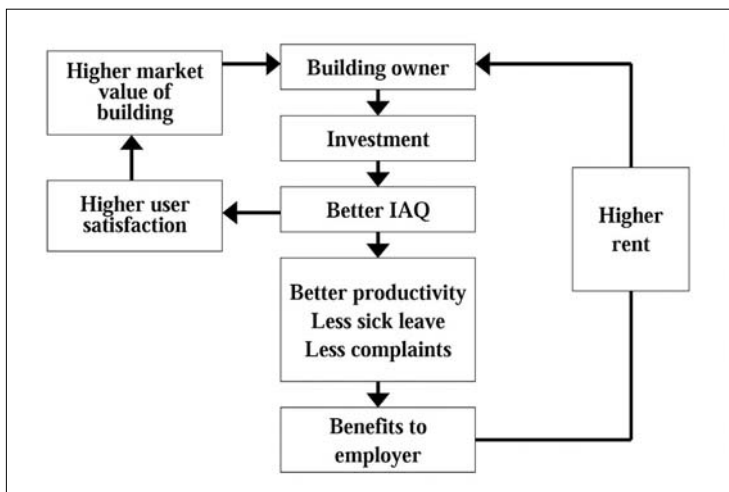
The model includes the cost of investments and building operation and maintenance. The estimation of those costs is a well-developed practice, and not discussed here.

### Perspective

The cost effectiveness of measures that improve IEQ conditions varies with the perspective taken (e.g., building owner, employer, broader society). Different benefits would be considered for a rented building from the perspectives of lessor and lessee. Benefits from IEQ improvements may be transferred to a building owner (lessor) via increased rent (Fig 3); however,

minimal information is available about how IEQ affects rent. The market value of a building and the ability to renew leases or attract new lessees may also be increased by a reputation of high IEQ. [Hansen 1997] refers to a study which concluded that a tenant does not renew the lease agreement (e.g., due to frequent IEQ complaints) the costs of lost rental income, remodeling, etc. to the owner will be equivalent to one and half years rent. The owner (lessor) may also benefit from reduced maintenance costs resulting from fewer IEQ complaints. An employer (lessee) receives the benefits of improved productivity. Lessees will generally not directly experience the costs of building design or operational changes. Lessees might benefit from lease terms that require IEQ

Figure 3: Benefits of improved IEQ are transferred to building owner via rent and long term value of the building.



maintenance measures. In general, neither the owner (lessor) nor the employer (lessee) benefit from reduced medical care costs which are usually covered nationally or by insurance.

### Linkage between productivity and high temperatures

Temperature could influence productivity indirectly through its impact on prevalences of SBS symptoms or satisfaction with air quality; however, for cost-benefit calculations it is most feasible to use the available data directly linking temperature, or thermal state, to productivity.

Some research e.g. [Griffiths and McIntyre 1975; Gonzales 1975] indicates that the most comfortable temperature yields optimal work performance, while others research provides evidence of better performance outside the comfort zone due to arousal effect of the environment [Wyon et al. 1979]. Based on the review [Seppänen et al. 2003], available data do not provide compelling or consistent evidence that temperature variations within the comfort zone significantly affect worker performance. However, performance decrements are more clearly established for temperatures outside of the comfort zone. Decrements are most clearly documented for high temperatures.

These findings of the review are summarized in Figure 4. It shows the decrement in work performance as a function of temperature from all of the experiments. All data were normalized using the best value of the productivity in each experiment as a reference.

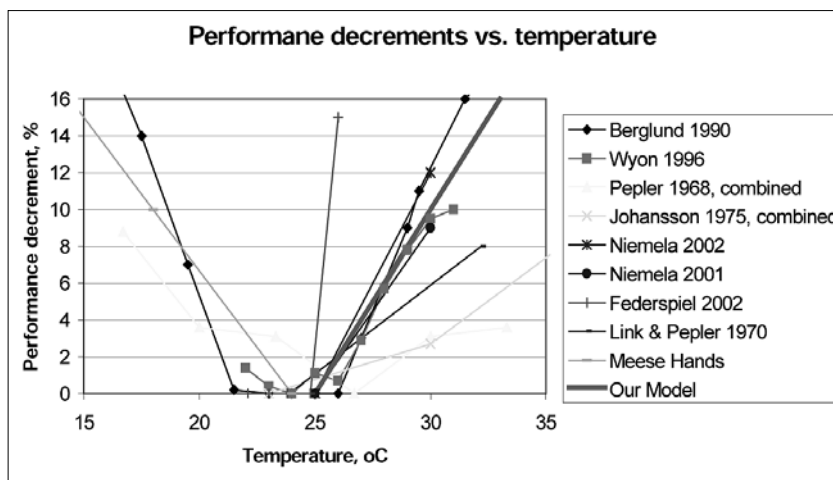


Figure 4: Summary of the studies on the decrement of performance and productivity [Seppänen et al 2003]

After plotting these findings it is obvious that productivity is unaffected by temperature in the 21 to 25 °C range. While the case for productivity decrements at elevated temperatures seems relatively strong. A line, shown in Figure 4 and labeled "Our Model" in the legend, with a linear productivity decrease of 2% per degree centigrade as the temperature increased above 25 °C, yields the following relationship between decrement in productivity P in % and temperature:

$$P (\%) = 2 \times (\text{Temp}, ^\circ\text{C}) - 50$$

### Linkage between ventilation rates, health and productivity

#### Ventilation and health effects

The review of ventilation rates and human responses [Seppänen et al. 1999] summarizes the results of four studies available at that time on the health effects of ventilation rates. These were performed in a jail, barracks, a home for the elderly and offices. All of them reported significant association between low ventilation rates and increase in health problems: pneumonia, upper respiratory illnesses, influenza and short term sick leave respectively. Even though the ventilation rates were estimated and not measured,

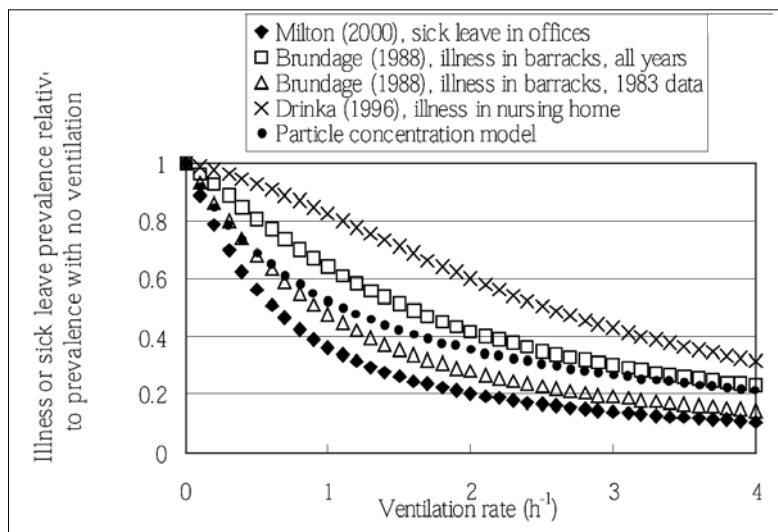


Figure 5: Predicted trends in illness of sick leave versus ventilation rate [Fisk et al. 2003]

red, the consistent findings are a strong indication of the association of ventilation rates with health effects. The estimated effect of ventilation on the prevalence of infectious disease based on several studies and theoretical Wells-Riley equation [Nardell et al. 1991] on airborne transmission of infectious respiratory diseases is presented in figure 5. The strongest evidence is provided by the most recent study of these [Milton et al. 2000]. The association with sick leave was analysed for 3720 employees in 40 buildings using 115 independently ventilated ventilation areas. Among office workers, the relative risk for short term sick-leave was 1.53 (1.22 – 1.92 c.i.) with the estimated ventilation of 12 L/s per person compared with a ventilation rate of 24 L/s per person.

### Ventilation rates and SBS-symptoms

Two reviews by [Seppänen et al. 1999] and [Wargocki et al. 2002] on the association of ventilation rates and human responses show that ventilation rates below 10 L/s per person are associated with a significantly inferior prevalence or value of one or more health or perceived air quality outcomes. Most studies indicated a significant association with ventilation rate. Available studies further show that increases in ventilation rates above 10 L/s per person, up to approximately 20 – 25 L/s per person, are associated with a significant decrease in the prevalence of SBS symptoms, or with improvements in perceived air quality. The less consistent findings for relationships in the range above 10 L/s per person are compatible with the prediction that benefits per unit increase in ventilation would be likely to diminish at higher ventilation rates and, thus, be more difficult to detect epidemiologically.

### Ventilation and productivity

The effect of ventilation on productivity was demonstrated by [Wargocki et al. 2000] in a simulated office environment. They exposed five groups of six female subjects to three ventilation rates (3, 10, and 30 L/s per person), one group and one ventilation rate at a time. The performance of four simulated office tasks improved monotonically with increasing ventilation rates, and the effect reached significance in the case of text typing. For each twofold increase in ventilation rate, performance improved on average by 1.7%. The study indicates the benefits of ventilation at rates well above the minimum levels prescribed in existing standards and guidelines.

### Example 1

#### Cost-benefit analysis of air conditioning and operation time

High indoor air temperature is often a problem in office buildings. Not all buildings are air conditioned or protected with other means against high temperatures either due to the solar radiation or high outdoor temperatures. The following example focuses on cost effectiveness of alternative remedial measures for existing buildings to reduce high summer time indoor temperatures. The cost items, which are included in the analysis, are: capital cost of the remedial measure, cost of the used energy (heat and electricity), and the cost of deteriorated productivity due to high temperatures.

A typical Finnish office building was selected for the analysis [Seppänen and Vuolle 2003]. It is a concrete structure with narrow bays and private offices located in the exterior zone of building (no open plan offices). A small office was selected in the detailed analysis. The main

features of the room are described in the table 1.

The basic case used as a reference had solar protection of windows, and heavy construction to decrease the daily high temperatures with the thermal capacity. Thus the other means to reduce high temperatures are limited to tho-

Table 1. Main features of the office room used in the analysis.

<b>Floor area</b>	9.7 m <sup>2</sup>	Construction	Heavy
<b>Room volume</b>	18.2 m <sup>3</sup>	Windows	3 panes, clear glass
<b>Outdoor wall area (excl. windows)</b>	5.3 m <sup>2</sup>	Glass area of the windows	2.5 m <sup>2</sup>
<b>Lighting load</b>	15 W/m <sup>2</sup>	Lights on	8 am to 4 pm
<b>Heat load from office equipment</b>	100 W	Load on	8 am to 4 pm

se related to ventilation. The options to reduce high room temperature are: increase the outdoor air low rate (usually the outdoor air temperature is lower than indoor air temperature in Finnish climate), increase the operation time of ventilation (typically the ventilation is running only during the office hours plus a couple of hours), and mechanical cooling. The base case A, and the remedial measures of the cases (B-F) are summarized in the table 2.

Case	Description
A(base)	Solar protection with the light venetian blinds between the window panes.
B	Mechanical cooling with cooling capacity of 20 W/m <sup>2</sup> of floor area in the air handling unit
C	Increased operation time of the ventilation from 10 to 24 h/d
D	Increased flow rate of supply air from 2 to 4 L/sm <sup>2</sup> , and increased operation time from 10 to 24 h/d
E	Increased operation time from 10 to 24 h/d and mechanical cooling of 20 W/m <sup>2</sup> of floor area in the air handling unit
F	Increased flow rate of supply air from 2 to 4 L/sm <sup>2</sup> , increased operation time from 10 to 24 h/d, and mechanical cooling of 20 W/m <sup>2</sup>

Table 2: The description of base case A and remedial measures used in calculations

The investment costs of the remedial measures are given in the 3. The investment cost are based on a large Finnish database on refurbishment costs. The first costs have been calculated assuming 50 similar rooms to be repaired under the same contract. The total cost has been divided by 50 to get the cost per room. The first cost has been converted to annual cost using the annuity factor of 0.1098 which corresponds the life cycle of 15 years and interest rate of 7 %.

Remedial measure	Description	Total cost, €	Cost per room, €
Increase of ventilation 2 L/s per m <sup>2</sup>	Air handling unit and ducts, 1m <sup>3</sup> /s	16 333	327
Mechanical cooling added in central air handling unit	Compressor, condenser, cooling coil and controls, 1m <sup>3</sup> /s air flow, 12 kW	15813	316

Table 3: First cost of some remedial measure to control high room temperatures

The effect of the remedial measures on room temperature, productivity and energy consumption was calculated with a modular computer program IDA Indoor Climate and Energy [Vuolle and Salin 2000]. The energy consumption was calculated using Helsinki reference year weather data.

The energy costs used in the calculations reflect the average energy cost in Finland, for heating 0.03 Euro/kWh was used and 0.1 Euro/kWh for electricity. The calculated electrical energy in the table 5 includes all electricity used per room: lighting, office equipment, fans, and mechanical cooling (COP=3). Heating energy includes only the energy used for heating of the outdoor air. Heat recovery from ventilation air with temperature efficiency of 50% is used in calculations.

The estimated loss of productivity is based on equation presented earlier in the paper. The value of annual production of each employee was assumed to Euro 50.000. The operative temperature of assumed working location in the room was calculated for each hour and the loss of productivity summarized over the whole year.

In the total cost calculations the case A in the Table 4 was been taken as a reference case and the other cases compared with it. Three cost items were included: investment cost, operation cost (mainly energy), and the changes in productivity. Investment cost is the total invest-

ment of the remedial measure per room. In the final analysis the changes in productivity is calculated using as the reference the base case A. In all other cases the losses in productivity are smaller than in the base case, and the difference is a positive gain. The cost of this gain is investment, and penalty in the increased use of energy. The increase in energy consumption has been calculated using the case A as a reference.

### Results

The results of the calculations are shown in table 4. The total consumption of electricity and heat are presented for all 50 rooms. The costs of heat and electricity are in all cases of same order of magnitude. The cost of heat increases considerably with the increase of outdoor air flow rate and operation time which can be expected. It is interesting to notice that the increase in electricity consumption is higher if the outdoor air flow rate is doubled (case D vs C) than if the mechanical cooling is used with lower flow rate (case E vs. C).

The maximum room temperature in the base case is 32.7 °C, and corresponding degree hours above 25 °C are 330 °Ch. The maximum temperature can be lowered to 29.8 °C and degree days to 164 °Ch by increasing the operation time and air flow rate of ventilation, but to 27.1 °C and 17 °Ch with mechanical cooling. The investment cost and energy costs are considerably higher in the case of increased ventilation than with mechanical cooling.

In respect of over all economy the both alternatives with mechanical cooling are best e.g. give the highest annual savings.

Table 4. The basic data of and results of the calculations with different remedial measures. The case A is used as a reference when incremental costs and savings are calculated.

Factor	Case					
	A	B	C	D	E	F
Supply air flow, L/sm <sup>2</sup>	2	2	2	4	2	4
Solar protection	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Operation time of air supply h/d	10	10	24	24	24	24
Mechanical cooling W/m <sup>2</sup>	0	20	0	0	20	20
Electricity kWh/a	24 403	26379	31 273	43 217	35 453	50 523
Heat kWh/a	38 636	38448	65 007	109 719	65 209	110 326
Electricity /a	5 740	5929	6 170	7 115	6 528	7 731
Heat /a	3 864	3844	6 501	10 972	6 521	11 032
First cost of remedial measure, /room	-	316	-	327	316	643
Degree hours above 25 °Ch	890	390	367	164	51	17
Max room temperature during working hours, °C	32.7	29.5	30.8	29.8	27.3	27.1
Annual cost of lost productivity per room (per person)	330	142	139	64	19	7
<b>Value of improved productivity per room (a)</b>	<b>0</b>	<b>188</b>	<b>191</b>	<b>266</b>	<b>311</b>	<b>323</b>
<b>Annual cost of investment per room (15 years, 7 %) /a (b)</b>	<b>0</b>	<b>35</b>	<b>0</b>	<b>36</b>	<b>35</b>	<b>71</b>
Annual energy cost per room /a	192	195	253	361	260	375
<b>Increase in energy cost, per room (c)</b>	<b>0</b>	<b>3</b>	<b>58</b>	<b>169</b>	<b>68</b>	<b>183</b>
<b>Total annual savings per room /a (a-b-c)</b>	<b>0</b>	<b>150</b>	<b>133</b>	<b>61</b>	<b>208</b>	<b>69</b>

The share of the first cost is small compared to other costs in all cases. The annual cost of the energy and savings in increased productivity are in order of same magnitude. The effect of mechanical cooling and increased supply air flow are approximate equal in first cost but mechanical cooling is more effective in controlling the room temperatures. The results presented in table 6 are illustrated in the figure 4.

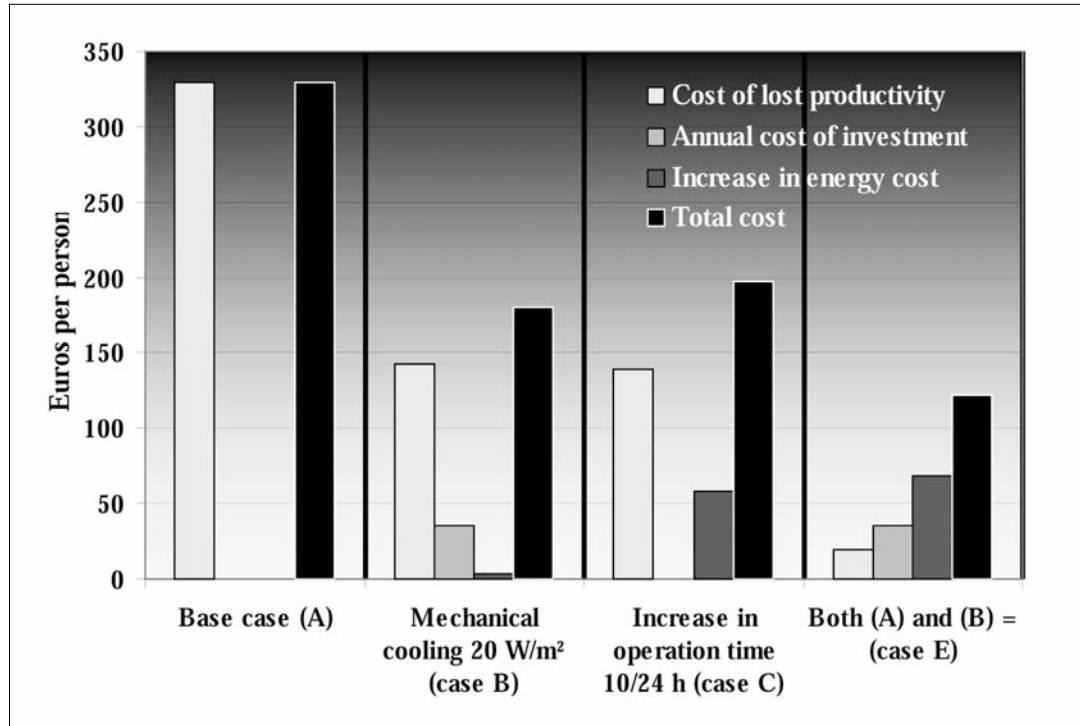


Figure 6: The effect of mechanical cooling (20 W/m<sup>2</sup>) and increased operation time of ventilation (from 10 to 24 h) on the cost items related to room temperature control in a typical Finnish office building (Euros per person).

The results show clearly how important it is to control the room temperature in summertime in office buildings for good over all economy. Of course, the investment cost depends on the specific case, and may vary depending on the difficulties in actual installation considerably. This is specifically true if the increase of ventilation requires also new duct work. The mechanical cooling is usually easier to install in the existing system. In this case also the existing air handling unit may set some restrictions as well. However, even the doubling of the first cost will not change the annual savings negative. The interest rate of 7 % may be high at the moment but has only a minor effect on the annual, cost of the investment. The expected life cycle of the air handling system and air conditioning is 15 years. This can be considered typical and is taken from a reliable source.

The unit costs of energy used in calculations represent average Finnish energy prices which may a little low in respect of electricity for the Middle Europe and a little high in comparison to the area where for example natural gas is available. The first cost of the remedial measures as well as the value of work may vary considerably by case to case, however, the marginal in the results is so large that a similar result can be expected in other climates and conditions as well.

## Example 2 Cost-benefit analysis of night-time ventilative cooling

Natural and mechanical night-time ventilative cooling is a cooling strategy that has been used throughout the centuries especially in climate regions with hot summers. Recently, there is a renewed interest in night-time ventilative cooling in both hot and moderate climates due to its potential benefits in indoor temperature control with low energy use and, hence, with low

environmental impact. Its principle is based on the daily temperature swings during hot periods. A typical daily temperature swing is around 12 °C; however, it can be considerably smaller (e.g., on cloudy days) or higher with clear skies and a continental climate. The cool night-time air can be used to cool the building during night. This cools the structure and furnishings, which become a heat sink during the day, thus, reduce the day-time temperatures. The following example shows the cost effectiveness of night time ventilative cooling when applied in the measured data by [Kolokotroni et al. 2001] who have provided measured room air and slab temperature for an office room with and without night-time ventilation. These data was used in conjunction with the simple productivity decrement model and an estimate of the cost of fan energy to perform a cost-benefit analysis of providing night-time ventilative cooling in an non air conditioned office building.

Table 5 provides temperatures based on the data of [Kolokotroni et al. 2001]. The operative temperature was estimated as average of air and slab temperatures for the room with and without night-time ventilation, and degree hours above 25 °C was calculated for both cases. Without the night-time ventilation there were 21 °C-hours above 25 °C. With the night-time ventilative cooling, there were only 1.5 °C-hours above 25 °C. The difference of 19.5 °C-hours per day is the benefit of night-time ventilation.

Table 5: Hourly temperatures without (above) and with night-time ventilation and hourly temperature differences above limit temperature of 25 °C

Hour	8-9	9-10	10-11	11-12	13-14	14-15	15-16	16-17	°C-h per day
Without night-time ventilative cooling									
T <sub>outdoor</sub>	19	21.5	24.5	26.5	26.8	27.0	27.1	27.3	
T <sub>air, indoor</sub>	26.3	26.6	27.3	27.5	27.6	27.6	27.7	27.7	
T <sub>slab</sub>	27.8	27.8	27.9	28	28	28.1	28.1	28	
T <sub>operative</sub>	27.05	27.2	27.6	27.75	27.8	27.85	27.9	27.85	
T <sub>operative</sub> -25	2.05	2.2	2.6	2.75	2.8	2.85	2.9	2.85	21
With night-time ventilative cooling									
T <sub>air, indoor</sub>	23.5	23.6	24	24.5	25.9	26.1	26.1	26	
T <sub>slab</sub>	23.2	23.4	23.8	24	24.6	24.7	24.8	24.8	
T <sub>operative</sub>	23.35	23.5	23.9	24.25	25.25	25.4	25.45	25.4	
T <sub>operative</sub> -25					0.25	0.4	0.45	0.4	1.5

Using the linear relation between loss of productivity and temperature, with a 2% productivity loss per degree when the temperature is above 25 °C, the productivity increase with night-time ventilative cooling is equivalent to 0.39 hours of work per day (19,5 °C-hours per day x 0.02 per °C = 0.39 h/day). If we assume that the average value of an hour of work is Euro 30 hourly, the productivity benefit is Euro 11,7 per day per person. Of course, this benefit can be only realized during periods of hot outdoor daytime temperatures, and the magnitude of the benefit will depend on both the daytime temperatures and the daily temperature swing.

It was assumed that the air handling system was used for night ventilation with a running time of 8 hours a night. The use of fans requires some energy. The fan power in calculati-

Table 6: Cost of electricity and value of improved productivity due to night ventilation. All values per occupant per day.

Price of electricity, kWh	Use of electricity by fans for 8 hours of ventilative cooling, kWh	Cost of fan electricity,	Productivity benefits,	Benefit to cost ratio
0.05	1.84	0.09	11.7	120
0.10	1.84	0.18	11.7	64
0.15	1.84	0.28	11.7	42
0.20	1.84	0.37	11.7	32

ons was based on the Finnish building code value (D2 2002) for total energy consumption of return, exhaust and supply fans of 2.5 kW per m<sup>3</sup>/s of air flow. For the basic night ventilation rate a 4 air change per hour flow rate was assumed, typical of the capacity of many HVAC systems, and a room volume of 83 m<sup>3</sup> per occupant. The resulting costs of fan energy with electricity prices from Euro 0,05 to Euro 0,20 per kWh are shown in Table 6. The table also shows the corresponding benefit-to-cost ratios which range from 32 to 120.

## Discussion

For cost-benefit analyses, the relationships between IEQ conditions (or IEQ improvement measures) and financial outcomes related to health and productivity must be quantifiable. Thus mathematical functions are needed for arrows between the boxes in Figure 1. To date, we have some quantitative functions as demonstrated above but more are needed.

The quantitative relationship between indoor environmental factors and productivity may vary depending on other building features, and on the characteristics of building occupants and their type of work. Remedial measures will generally also be more cost effective in buildings that have poorer initial IEQ or more existing adverse health effects.

A few remarks have to be made regarding the application of the procedure in practice. First, it is important to note that the benefits of IEQ improvement measures will depend on the initial condition in the building; for example, increased ventilation will be more helpful in a building with strong indoor pollution sources. However, at present we have, at best, information about how a measure affects health or productivity in the average building. Hence, uncertainty about the magnitude of benefits in specific buildings will remain an obstacle, even when average benefits can be estimated. IEQ improvement measures should be most cost effective when targeted at buildings poorer IEQ or more IEQ complaints. Second, the susceptibility of occupants to different levels of IEQ may vary among and within buildings. Generally, the population affected by poor IEQ is primarily the most susceptible sub-population. Theoretically, it would be more cost effective to target remedial actions for those who suffer most from poor IEQ. Such targeting will often be impractical, but there are exceptions, e.g., provision of individual temperature control with local heaters. Third, we note that one cannot always add the benefits of separate IEQ improvement measures as the effects of different measures may be linked or overlapping. Finally, we note that a small company may not be able to fully benefit from modest increases in performance. For example, reducing sick leave per person by a few days per year will not enable a ten-person company to reduce the number of staff.

High level of uncertainties is associated with incorporating health and productivity within cost benefit analyses related to building design and operation. However evaluating cost and benefits based on the best available information is preferable to current practice, which is to ignore health and productivity.

## References

Berger M, Murray J, Xu J, Pauly M 2001. Alternative valuations of work loss and productivity. *J Occup Environ Med.* 43:18-24.

Bornehag C-G, Blomquist G, Gyntelberg F, Jarvholm B, Malmberg P, Nordvall L, Nielsen A, Perhagen G, Sundell J. 2001. Dampness in Buildings and health. Nordic interdisciplinary review of the scientific evidence on associations between exposure to "dampness" in building and health effects (NORDDAMP). *Indoor Air* 11:2:72-86.

D2. 2002. Finnish Building code, part D2. Indoor Climate and Ventilation. 2003.

Djukanovic R, Wargaocki R, Fanger PO. 2002. Cost-benefit analysis of improved air quality in an office building. *Proc. of Indoor Air 2002*, vol 1 , pp 808-813, Indoor Air 2002, Inc, Santa Cruz, CA.



- Federspiel C. 2001. Estimating the Frequency and Cost of Responding to Building Complaints In: Spengler, J. Sammet J. and McCarthy, J. eds. *Indoor Air Quality Handbook*, McGraw Hill
- Fisk, W. J. 2000. Health and productivity gains from better indoor environment and their relationship with building energy efficiency. *Annual Review of Energy and the Environment* 25: 537-566.
- Fisk WJ, Seppänen O, Faulkner D, Huang J (2003) Cost benefit analysis of ventilation control strategies in an office building, *Proceedings of Healthy Buildings 2003 Conference*. Singapore. December 2003. Vol 3:361-366.
- IOM 2000. Committee on the Assessment of Asthma and Indoor Air. *Clearing the air- Asthma and Indoor Air Exposures*. National Academy Press. Washington, DC.
- Goetzl R, Guidon A, Turshen J, Ozminkowski R. 2001 Health and Productivity Management - Establishing Key Performance Measures, Benchmarks, and Best Practices. *J. Occup Environ Med* 43:10-17
- Gonzales R. 1975. Effect of ambient temperature and humidity on human performance. Special technical report #4. John B Pierce Foundation Laboratory. New Haven, Connecticut, USA
- Griffiths T, McIntyre D, 1975. The effect of mental effect on subjective assessments on warmth. *Ergonomics*, vol 18, No 1, 29-32
- Hanssen S-O. 1997. Economical consequences of poor indoor air quality and its relation to the total building operation costs. *Proc. EuroFM/IFMA Conference & Exhibition, Torino, Italy*, pp. 1-21, International Facility Management Association.
- Kolokotroni M, Perera M, Azzi D, Virk G. 2001. An investigation of passive ventilation cooling and control strategies for an educational building. *Applied Thermal Engineering* 21:183-199
- Lahtinen M, Huuhtanen P, Kahkonen E, Reijula K. 2002. Psychosocial dimensions of solving an indoor air problem. *International Journal of Indoor Environment and Health* 12:33-46
- Mendell M.1993. Non-specific symptoms in office workers: A review and summary of the epidemiological literature. *Indoor Air* 3:227-236.
- Mendell M, Fisk WJ, Kreiss K, Levin H, Alexander D et al. (2002) Improving the health of workers indoor environments: Priority research needs for a national of occupational research agenda, *American Journal of Public Health*. 92:9;14301-440
- Milton K, Glenross P, Walters M (2000) Risk of sick leave associated with outdoor air supply rate, humidification, and occupant complaint, *Indoor Air* 10 :212-221.
- Nardell, EA, Keegan J, Cheney SA et al. 1991 Theoretical limits of protection achievable by building ventilation. *American Review of Respiratory Disease*. Vol. 144, pp. 302-306
- Niemelä R, Hannula M, Rautio S, Reijula K, Railio J (2002) The effect of indoor air temperature on labour productivity in call centers – a case study. *Energy and Buildings* 34: 759-764.
- Seppänen O. 1999. Estimated cost of indoor climate in Finnish buildings. *Proceedings of Indoor Air 1999*, 3, pp 13-18.
- Seppänen O, Vuolle M. 2000. Cost effectiveness of some remedial measures to control summer time temperatures in an office building. *Proc of Healthy Buildings 2000*, vol.1 pp.665-660, SIY Indoor Air Information Oy, Helsinki, Finland
- Seppänen O, Fisk WJ. 2002. Association of ventilation system type with SBS symptoms in office workers. *International Journal of Indoor Environment and Health*, 12:98-112.
- Seppänen O, Fisk WJ, Mendell M. 1999. Association of ventilation rates and CO2 concentrations with health and other responses in commercial and institutional buildings. *Indoor Air* 9:226-252.
- Seppänen O, Vuolle M. 2003. Control of temperature for productivity. *REHVA Journal*. September 2003.
- Seppänen O, Fisk WJ. (2003). A Conceptual Model to Estimate the Cost Effectiveness of the Indoor Environment Improvements. *Proceedings of Healthy Buildings 2003 Conference*. Singapore. December 2003. Vol 3, 368-373
- Seppänen O, Fisk WJ , Faulkner D, (2003) Cost benefit analysis night-time ventilative coo-

ling. Proceedings of Healthy Buildings 2003 Conference. Singapore. December 2003. Vol 3:394-399.

Smolander J et al. Potential benefits of reduced summer time room temperatures in an office building. Proceedings of Healthy Buildings 2003 Conference. Singapore. December 2003. Vol 3, 389-394

Tuomainen M. et al. Potential economic benefits of balancing air flows in an office building. Proceedings of Healthy Buildings 2003 Conference. Singapore. December 2003. Vol 2, 516—521.

von Kempster D. Air and well being – A way to more profitability. Proceedings of Healthy Buildings 2003 Conference. Singapore. December 2003. Vol 3, 348-354.

Vuolle M and Salin P. IDA indoor climate and energy – a new generation simulation tool. Proceedings of Healthy Buildings 2000, vol 2:523-528. Espoo, Finland.

Wargocki, P., Wyon, D., Fanger, P (2000). Productivity is affected by the air quality in offices, Proceedings of Healthy Buildings 2000, vol. 1, 635 – 640, SIY Indoor Air Information Oy, Helsinki, Finland

Wargocki P. Estimate of economic benefits from investment in improved indoor air quality in office building. Proceedings of Healthy Buildings 2003 Conference. Singapore. December 2003. Vol 3, 383-387.

Wargocki PW, Sundell J, Bischof W, et al. 2002. Ventilation and health in non-industrial indoor environments. Report from a European multidisciplinary scientific consensus meeting. Indoor Air Vol 12 (2), pp 113-128.

Wyon D. (1996) Individual microclimate control: required range, probable benefits and current feasibility. Proceedings of Indoor Air 1996, vol 1:1067-1072

Wyon DP, Andersen IN, and Lundqvist GR. 1979. The effects of moderate heat stress on mental performance. Scandinavian Journal of Work Environment and Health 5: 352-361



# Are we measuring the right indoor things?

Peder Wolkoff

## Introduction

Hazards of indoor pollution are based generally on assumed effects and the absence of exposure and dose is usually ignored. „Things“ in the context of indoor air quality is in principle all kinds of pollutants. The previous and implicit assumption was that the indoor air quality was affected, e.g. by an increase of complaints, by indoor air pollution. For this particular reason, the focus on the emission of volatile organic compounds (so-called VOCs) from building materials has resulted in a number of national and international labelling schemes, in addition to the development of certain guidelines / standards [Wolkoff 2003]. This has resulted in the use of new lower emitting building materials, products and equipment. However, their impact on the indoor air quality is still difficult to assess (e.g. [Tuomainen et al. 2001]), because, except for known airway irritants or toxic compounds (e.g. formaldehyde and certain fungicides, respectively), there exists no clear documentation of cause-effect relationships of typical VOCs encountered at indoor concentrations [Wolkoff and Nielsen 2001]. A number of „naughty“ questions comes to one’s mind, which are necessary to discuss for further understanding of the possible health and comfort impact of organic compounds in indoor air.

## Naughty questions about indoor VOCs

- Are VOCs biologically relevant?
- Have we measured what should be measured?
- Do we know what should be measured?
- Can we measure what should be measured?
- Have we missed „things“?
- Do we have cause-effect relationships that explain indoor complaints?
- Should we continue to measure VOCs, if yes, which?
- Are there relevant alternatives to VOCs?

A biologically relevant compound is a chemical compound where a cause-effect (exposure-response) relationship has been documented to play a role at typical indoor concentrations for the majority of the population (cf. [Seifert 1995]). The increase of a given complaint(s) or symptom(s) as a result of the exposure itself is important to envisage before any further discussion and the generation of new hypotheses. For example, do we know „What the symptom ‘eye irritation’ really means?“, and do we have established documentation for cause-effect relationships? (cf. [Wolkoff et al. 2003]). The following health/comfort effects are relevant:

- Immediately perceived air quality (odour)
  - Odour perception is associated with a number of complicated phenomena that includes adaptation.
- Short-term effects, mucous membrane irritation
  - These are characterized by post exposure latency of effect. The effects are generally temporary in nature and disappear after leaving the building.
    - Eye irritation and airway irritation
    - Other “SBS” symptoms (e.g. fatigue)
- Long-lasting effects
  - For example, bronchial hyper reactivity. It is important here to distinguish between occupationally related asthma/allergy and allergy developed during childhood.

- Guidelines for indoor air
  - It is important to distinguish between guidelines developed on the basis of scientifically justified safety factors versus ten-fold default values of national occupational exposure limit values (cf. [Dourson et al. 1996]), in other words, are the proposed guidelines pragmatic or strictly scientific by nature.
  - The proposal of guideline values based on mean measured concentrations have basically no meaning, except from a pragmatic point of view or what is technically achievable.
  - Life risk values are basically a political decision. Scientifically based life risk values are difficult to obtain and may have serious consequences [Andersen Nexø 1995].
  - WHO air quality guidelines have been developed primarily for urban air quality and they are not necessarily suitable for indoor air [World Health Organization 2000].

### VOCs as a chemical model?

Within the classic definition of VOCs and SVOCs by WHO (World Health Organization 1989) it is salient to distinguish between four types of VOCs:

- Non-chemically reactive (stable) organic compounds
- Chemically „reactive“ organic compounds (e.g. reacting with ozone [Weschler 2000])
- Organic compounds that form a chemical bond to receptor-sites, i.e. biologically reactive (e.g. formaldehyde)
- Organic compounds with known toxic properties, e.g. fungicides.

### Sensory testing of building materials versus age

Although no harmonised test procedure exists yet, sensory testing of building materials is common and used in some labelling schemes. It is important to envisage two facts. First, sensory testing by the use of odour intensity and acceptability generally represents an infinitesimal time interval compared with the time in which a building material is used, cf. [Wolkoff 1999]. Second, there is no indication that odour emitted from building materials is associated with any health effect. Common organic compounds emitted from building materials, except for a few biologically reactive compounds (e.g. formaldehyde, acrolein), are unlikely to provoke eye or airway complaints, common in offices, at typical indoor concentrations [Wolkoff and Nielsen 2001]. However, certain building materials, some after long time, emit (secondary) organic compounds with low odour thresholds, that may effect the immediately perceived air quality (= odour intensity) [Knudsen et al. 1999; Wolkoff 1999]. This may result in odour annoyance, often mistaken and reported as eye or airway irritation, which depends on a number of personally related factors [Dalton 2002]. For certain building materials (e.g. textile carpets) ozone may interact to produce or remove odorous compounds thus affecting the perceived odour intensity and preference [Knudsen et al. 2003]. Identification of the odorous organic compounds is difficult, because we know little about the link between the sensory assessment and the „measured“ emitted organic compounds (cf. [Jensen et al. 1995]). Odour thresholds can vary dramatically that depends on unsaturation of the compound. The example shown below demonstrates that certain compounds, common in natural products based on linseed oil and suspected to have a strong contribution, can have odour thresholds that require an analytical limit of detection (LOD) in the order of a few picograms. Since odour thresholds represent 50 medians, odour detection may occur at one or perhaps two order

VOC	Odour threshold ng/m <sup>3</sup>	Required “LOD” at 2 litre air sampling* pg
Decenal	30000	60000
2-Decenal	1000	2000
4,5-Epoxy-2-decenal	0.6 - 3	1 - 5

\* Prerequisite: normal loading and AER = 1 h<sup>-1</sup>

lower. This implies that contributors to the odour intensity may not be detected, only by olfactometric techniques. However, labelling schemes to some extent should diminish the odour impact of building materials [Wolkoff 2003].

At present, we need to understand why and „how“ building materials, especially old ones, smell, and we need to understand how odours influence people’s perception and reporting of health, including if and how odours trigger odour (chemically) sensitive people.

### Indoor VOC measurements – where are we?

Reported indoor VOC concentrations are generally below 50 mg/m<sup>3</sup>, with most below 5 mg/m<sup>3</sup> [Brown, 1999a]. Both European and N. American studies show that the mean concentration of the majority of single VOCs is generally below 10 mg/m<sup>3</sup> (see refs. in [Wolkoff and Nielsen 2001]). The VOC profile may have changed during the last decade with the introduction of new VOCs, partly because of a change in sampling techniques and partly due to the introduction of new building products and solvents used therein. Still, it is difficult to explain the complaints by the measured VOC concentrations, cf. [Meininghaus et al. 2003; Wolkoff and Nielsen 2001], nor measured MVOCs [Pasanen et al. 1998], partly because their concentrations are far below thresholds for estimated eye/airway irritation, cf. [Wolkoff 1999]. In addition, some epidemiological studies have indicated that the sum of VOCs may be higher in an office building „classified“ as „sick“ as compared to a similar building classified as „healthy“. This indicates that chemical reactions between certain VOCs and oxidants like ozone may produce new irritants that could explain the increase of the complaints, cf. [Berglund et al. 1993; Groes et al. 1996; Lundin 1993; Sundell et al. 1993; Willers et al. 1996; Höpfe et al. 1995]. This is referred to as „the reactive chemistry“ hypothesis, for further discussion see [Wolkoff and Nielsen 2001].

It is well known that unsaturated organic compounds, like terpenes (i.e. chemically reactive) react with ozone and the hydroxyl radical. Terpenes are common compounds indoors emitted from wood, plant, and fruit based products (e.g. citrus and pine oils). In addition, terpenes and terpene derivatives are common fragrances used in cleaning agents, household products, including personal care products. Ozone oxidizes terpenes under typical indoor conditions producing a number of acids, diacids, aldehydes, ketones, and mixed aldehyde-keto-carboxylic acids (e.g. [Glasius et al. 2000]). The results from a mouse bioassay [Wolkoff et al. 2000] and a recent human exposure study [Klenø and Wolkoff 2004] infer that oxidized terpenes produce eye/airway irritants that cannot be identified by conventional sampling techniques, partly because the stable reaction products, inter alia formaldehyde, methacrolein, methyl vinylketone, including formic and acetic acid cannot explain the bioresponse. On this basis, it is concluded that certain, not yet identified, species, like radicals and other analytically unstable products (e.g. hydroperoxides, nitrates), are responsible for the observed effect. For example, peroxy benzoyl nitrate, formed in the presence of benzaldehyde (or styrene), ozone and nitrogen dioxide, has an irritation threshold significantly lower than that for formaldehyde [Heuss and Glasson 1968].

A new definition of organic compounds in indoor air (OCIA) has been proposed to accommodate the reactive chemistry hypothesis, but also to open up for the identification of new species, not yet identified, that may / can be associated with a health outcome [Wolkoff and Nielsen 2001]. The overall lesson from this proposal is that other organic compounds / particles than

Radicals in indoor air	Concentration in ppb
O singlet	
O <sub>3</sub>	5 - 150
NO <sub>2</sub>	40-1500
NO <sub>3</sub>	~ 0.001
OH	~10 <sup>5</sup> molecules/cm <sup>3</sup>
HO <sub>2</sub>	~ 0.003
CH <sub>3</sub> OO	~ 0.004
Organic radicals	Criegee radicals from oxidation of terpenes and other unsaturated organic compounds

VOCs may equally well result in the development of short-term symptoms. For example, radicals and their possible role in indoor environments are receiving new interest [Ingrosso 2002; Carslaw 2003]. In addition to radicals formed in oxidation reactions of unsaturated organic compounds is the formation of ultrafine particles [Weschler and Shields 1999; Long et al. 2000; Wainman et al. 2001]. Their impact on short-term symptoms is unknown and their possible role in the development of effects in the lower airways is at present speculative, cf. [Rohr et al. 2002; Rohr et al. 2003].

## Conclusions

- Some VOCs are important for odour perception/annoyance.
- Odour perception may influence eye and airway „irritation“.
- Generally, non-reactive VOCs are non-irritants
- Some VOCs react with oxidants to form irritants
- Radicals appear to be important for the indoor environment
- The role of ultrafine and fine particles in the development of short-term effects is unknown.

## References

- Andersen Nexø B. (1995) A view on risk assessment methodologies for carcinogenic compounds in indoor air. *Scand J Work Environ Health* 21:376-381
- Berglund B, Johansson I, Lindvall T. (1993) Variability in VOC-concentrations over time in a large building and their relationship with some characteristics of the indoor environment. *Indoor Air '93* 2:21-26
- Carslaw N. (2003) Where next with indoor air measurements? *Atmospheric Environment* 37:5645-5646
- Dalton P. (2002) Odor, irritation and perception of health risk. *International Archives of Occupational Environmental Health* 75:283-290
- Dourson ML, Felter SP, Robinson D. (1996) Evolution of Science-Based Uncertainty Factors in Noncancer Risk Assessment. *Regulatory Toxicology and Pharmacology* 24:108-120
- Glasius M, Lahaniati M, Calogirou A, Di Bella D, Jensen NR, Hjorth J, Kotzias D, Larsen BR. (2000) Carboxylic Acids in Secondary Aerosols from Oxidation of Cyclic Monoterpenes by Ozone. *Environmental Science & Technology* 34:1001-1010
- Groes, L., Pejtersen, J., and Valbjørn, O. (1996) Perception and symptoms as a function of indoor environmental factors, personal factors and building characteristics in office buildings. Ikeda, K. and Iwata, T. (eds.) 1996. Tokyo, Institute of Public Health. *Indoor Air '96. Proceedings of 7th International Conferences of Indoor Air Quality and Climate. Vol. 4, p. 237-242*
- Heuss JM, Glasson WA. (1968) Hydrocarbon Reactivity and Eye Irritation. *Environmental Science & Technology* 2:1109-1116
- Höppe P, Praml G, Rabe G, Lindner J, Fruhmann G, Kessel R. (1995) Environmental Ozone Field Study on Pulmonary and Subjective Responses of Assumed Risk Groups. *Environmental Research* 71:109-121
- Ingrosso G. (2002) Free radical chemistry and its concern with indoor air quality: an open problem. *Microchemical Journal* 73:221-236
- Jensen B, Wolkoff P, Wilkins CK. (1995) Characterization of Linoleum. Part 2: Preliminary Odour Evaluation. *Indoor Air* 5:44-49
- Klenø JG, Wolkoff P. (2004) Changes in eye blink frequency as a measure of trigeminal stimulation by exposure to limonene oxidation products, isoprene oxidation products, and nitrate radicals. *Int Arch Occup Environ Health* 77: accepted for publication
- Knudsen HK, Nielsen PA, Kjaer UD, Wolkoff P. (1999) Chemical and Sensory Characterization of VOC Emissions from Building Products: The Impact of Concentration and Air Velocity. *Atmospheric Environment* 33:1217-1230
- Knudsen HN, Nielsen PA, Clausen PA, Wilkins CK, Wolkoff P. (2003) Sensory evaluation of emissions from selected building products exposed to ozone. *Indoor Air* 13:223-231

- Long CM, Suh HH, Koutrakis P. (2000) Characterization of Indoor Particle Sources Using Continuous Mass and Size Monitors. *Journal of Air Waste Management Association* 50:1236-1250
- Lundin L. (1993) Symptom patterns and air quality in a sick library. *Indoor Air '93* Vol. 1:127-132
- Meininghaus R, Kouniali A, Mandin C, Cicolella A. (2003) Risk assessment of sensory irritants in indoor air - a case study in a French school. *Environmental International* 28:553-557
- Pasanen A-L, Korpi A, Kasanen J-P, Pasanen P. (1998) Critical aspects on the significance of microbial volatile metabolites as indoor air pollutants. *Environment International* 24:703-712
- Rohr A, Wilkins CK, Clausen PA, Hammer M, Nielsen GD, Wolkoff P, Spengler JD. (2002) Upper airway and pulmonary effects of oxidation products of (+)- $\alpha$ -pinene,  $\delta$ -limonene, and isoprene in BALB/c mice. *Inhalation Toxicology* 14:663-684
- Rohr AC, Weschler CJ, Koutrakis P, Spengler JD. (2003) Generation and quantification of ultrafine particles through terpene/ozone reaction in a chamber setting. *Aerosol Science and Technology* 37:65-78
- Seifert B. (1995) Validity criteria for exposure assessment methods. *Science of the Total Environment* 168:101-107
- Sundell J, Andersson B, Andersson K, Lindvall T. (1993) Volatile Organic Compounds in Ventilating Air in Buildings at Different Sampling Points in the Buildings and Their Relationship with the Prevalence of Occupant Symptoms. *Indoor Air* 3:82-93
- Tuomainen M, Pasanen A-L, Tuomainen A, Liesivuori J, Juvonen P. (2001) Usefulness of the Finnish classification of indoor climate, construction and finishing materials: comparison of indoor climate between two new blocks of flats in Finland. *Atmospheric Environment* 35:305-313
- Wainman T, Weschler CJ, Liou PJ, Zhang J. (2001) Effects of Surface Type and Relative Humidity on the Production and Concentration of Nitrous Acid in a Model Indoor Environment. *Environmental Science & Technology* 35:2200-2206
- Weschler CJ. (2000) Ozone in Indoor Environments: Concentrations and Chemistry. *Indoor Air* 10:269-288
- Weschler CJ, Shields HC. (1999) Indoor ozone/terpene reactions as a source of indoor particles. *Atmospheric Environment* 33:2301-2312
- Willers S, Andersson S, Anderson R, Grantén J, Sverdrup C, Rossell I. (1996) Sick Building Syndrome Symptoms among the Staff in Schools and Kindergartens: are the Levels of Volatile Organic Compounds and Carbon Dioxide Responsible? *Indoor+Built Environment* 5:232-235
- Wolkoff P. (1999) How to measure and evaluate volatile organic compound emissions from building products. A perspective. *The Science of the Total Environment* 227:197-213
- Wolkoff P. (2003) Trends in Europe to reduce the indoor pollution of VOCs. *Indoor Air* 13:5-11
- Wolkoff P, Clausen PA, Wilkins CK, Nielsen GD. (2000) Formation of Strong Airway Irritants in Terpene/Ozone Mixtures. *Indoor Air* 10:82-91
- Wolkoff P, Nielsen GD. (2001) Organic Compounds in Indoor Air - Their Relevance for Perceived Indoor Air Quality. *Atmospheric Environment* 35:4407-4417
- Wolkoff P, Skov P, Franck C, Pedersen LN. (2003) Eye irritation and environmental factors in the office environment. Hypotheses, causes, and a physiological model. *Scand J Work Environ Health* 29:411-430
- World Health Organization. 1989. *Indoor Air Quality: Organic Pollutants*. EURO Reports and Studies No. 111. Copenhagen: World Health Organization.
- World Health Organization. 2000. *Air Quality Guidelines for Europe*. Copenhagen: World Health Organization, Regional Office for Europe





# Innenraum und Gesundheit – der Beitrag von Gebäudepässen zu einem gesunden Innenraum

Bernhard Lipp

## Einleitung

Eines der Hauptziele beim Bauen ist die Schaffung von Innenräumen mit einem angenehmen und gesunden Raumklima. Der Begriff des Raumklimas umfasst in der folgenden Abhandlung vor allem das thermische Klima und die Raumluftqualität. Das thermische Raumklima beeinflusst den Wärmehaushalt des Menschen, während die Raumluftqualität die übrigen Komponenten der Raumluft, welche auf den Menschen einwirken, umfasst.

In der Baubiologie definiert man das Raumklima weitreichender. Dabei werden alle physikalischen Größen, auch akustische und optische, einbezogen. In diesem Sinne sprechen wir von einem Innenraum-Mikroklima. Zwar hat das Außenklima eine große Bedeutung für den Menschen, das Raumklima aber nimmt in unserem Teil der Welt einen weit wichtigeren Platz für die Gesundheit und die Behaglichkeit des Menschen ein. Der Grund hierfür ist, dass in der Industriegesellschaft das Leben zu mehr als 90 % im Innenraum – in Wohnungen, Arbeitsstätten, Verkehrsmitteln – verbracht wird.

Das Raumklima wirkt auf die Behaglichkeit und Gesundheit des Menschen. Die Weltgesundheitsorganisation (WHO) definiert die Gesundheit des Menschen sehr umfassend: „Gesundheit ist nicht nur das Freisein von Krankheit und Gebrechen, sondern der Zustand völligen körperlichen, geistigen und sozialen Wohlbefindens.“ Damit hat die WHO der Behaglichkeit großes Gewicht zugemessen.

Ein Raumklima zu erzeugen, das Behaglichkeit und Gesundheit für alle sichert, ist eines der Hauptziele der Baubiologie. Es gibt viele Ursachen, die dies behindern und Klagen in der Praxis zeigen, wie schwierig es ist, alle Betroffenen zufriedenzustellen. Z.B. können Baustoffe durch ihre physikalisch-chemischen Eigenschaften und Emissionen von Schadstoffen die Behaglichkeit und Gesundheit des Menschen beeinflussen.

## Gebäudepässe in Österreich – Ökopass und TQ

In Österreich gibt es derzeit zwei Gebäudezertifikate, den Ökopass und TQ, welche sich in der Praxis durchgesetzt haben. An einer Vereinheitlichung der beiden Systeme wird derzeit gearbeitet. Diese soll im Jahr 2004 noch abgeschlossen werden.

Gebäudepässe überprüfen Kriterien, die einerseits die Behaglichkeit der BenutzerInnen andererseits die Ressourceneffizienz des Gebäudes im Lebenszyklus beurteilen. Gebäudepässe dienen Bauherren als Qualitätssicherungssystem, als Marketing- oder auch als Optimierungsinstrument. Dem Kunden dienen sie zur objektiveren Beurteilung der Wohnungs- bzw. Gebäudequalität. Auch bei der Beurteilung der Wertsicherung einer Immobilie bieten sie größere Transparenz. Im Hinblick auf die Umsetzung der EU-Gebäudeeffizienz-Richtlinie nehmen „gute“ Gebäudepässe diese schon fast vorweg bzw. erweitern sie um Kriterien wie Behaglichkeit, Innenraumluftqualität, Ressourceneffizienz in der Errichtung, Vermeidung problematischer Baustoffe.

## Der Ökopass

Im Jahr 2000 wurde der Ökopass gemeinsam mit der Mischek-Bauträger-Gruppe entwickelt. Ziel ist der Nachweis der baubiologischen und -ökologischen Qualität von Wohnhausanlagen und dessen Nutzung als Instrument für Marketing und Qualitätssicherung.

Die Kriterien werden durch Messungen und Berechnungen in einer Vor- und einer Endbewertung überprüft. Aufgrund des Prüfungsberichtes werden leicht verständliche Bewertungen

zur Information der WohnungskäuferInnen erstellt. Bis dato wurden Gebäudepässe für 12 Wohnhausanlagen mit insgesamt etwa 1000 Wohnungen ausgestellt. Seit 2002 haben auch fünf weitere Wiener Bauträger (Buwog, BWS, EBG, Kabelwerk Bauträger, Wohnungseigentum) diesen Gebäudepass für ein oder mehrere ihrer Wohnprojekte in Auftrag gegeben. Damit sind etwa 20 Ökopass-Bewertungen in Vorbereitung bzw. abgeschlossen.



### Hauptkriterien

Die Ökopass-Hauptkriterien wurden in zwei Gruppen unterteilt, die Nutzungsqualität und die ökologische Qualität. Die Vielzahl möglicher Kriterien wurde für den Ökopass auf 8 komprimiert:

Nutzungsqualität:

- Behaglichkeit im Sommer und Winter
- Innenraumluftqualität
- Schallschutz
- Tageslicht und Besonnung
- Elektromagnetische Qualität

Ökologische Qualität:

- Ökologische Qualität der Baustoffe und Konstruktionen
- Gesamtenergiekonzept
- Wassernutzung

### Behaglichkeit im Winter und Sommer

Die gesetzlichen Anforderungen an die Sommertauglichkeit und Mindestwärmeschutz bilden den Ausgangspunkt für diese Bewertungen. Je geringer die Überhitzungsneigung einer Wohnung und je höher die thermische Qualität der Fenster und Wände ist, desto höher ist thermische Behaglichkeit in den Wohnungen und desto besser ist die Bewertung im Ökopass.

### Innenraumluftqualität

Für die Qualität der Innenraumluft einer Wohnung gibt es derzeit keine gesetzlichen Vorgaben. Die Beurteilungskriterien in diesem Bereich orientieren sich daher am internationalen Stand der Forschung und vor allem am Vorsorgeprinzip: Je geringer die Belastung der Innenraumluft mit Schadstoffen umso besser. Wahrscheinlich werden in Österreich in nächster Zeit Richtwerte gesetzlich vorgeschrieben. Im Ökopass sind diese Richtwerte schon jetzt umgesetzt.

### Schallschutz

Ausgangspunkt bilden die gesetzlichen Anforderungen an den Schallschutz. Ruhige Wohnungen erfordern in einem städtischen Umfeld einen guten Schallschutz. Je besser der Schallschutz und je geringer die Umgebungslärmbelastung, desto ruhiger ist es in den Wohnungen. Solche Wohnungen erhalten eine bessere Bewertung.

### Tageslicht und Besonnung

Gesetzlich ist die Helligkeit in Wohnungen nur sehr begrenzt festgelegt – im Ökopass aber wird diesem Kriterium sehr große Aufmerksamkeit gewidmet, weil Sonnenlicht und Helligkeit so wichtig für das Wohlbefinden sind. Je mehr Wohnungen in der gesamten Wohnhausanlage einen Tageslichtfaktor von 2 % und eine direkte Besonnungsdauer von mehr als 1,5 Stunden im Winter haben, desto besser ist die Bewertung im Ökopass.

### Elektromagnetische Qualität

Die Grenzwerte für die erlaubte Stärke von elektrischen und magnetischen Felder in einer Wohnung sind in den ÖNORMEN festgelegt. Diese Beurteilungskriterien basieren auf dem Vorsorgeprinzip: Je geringer die Belastung mit elektrischen und magnetischen Feldern umso besser. Im Ökopass sind Grenzwerte festgelegt, die um den Faktor 1000 niedriger sind als die Grenzwerte der ÖNORMEN.

## Ökologische Qualität der Baustoffe und Konstruktionen

An die ökologische Qualität der Baustoffe und Konstruktionen gibt es derzeit keine gesetzlichen Anforderungen. Daher orientiert sich diese Bewertung am derzeitigen Baustandard. Je mehr ökologische Verbesserungen gegenüber dem Baustandard realisiert werden, desto besser ist die Bewertung im Ökopass. Z.B. wirkt sich die Vermeidung von PVC oder Polyurethanen positiv aus. Eine wichtige Rolle spielt dabei auch die Einsparung von Treibhausgasen bei der Errichtung der Wohnhausanlage gegenüber einer Ausführung im derzeitigen Baustandard.

## Gesamtenergiekonzept

Im Gesamtenergiekonzept wird nicht nur geringerer Heizwärmebedarf sondern auch die Art der Bereitstellung der Heizenergie wie z.B. Fernwärme, die Einbindung von Solarenergie und die Verminderung des elektrischen Energieverbrauchs in den Gemeinschaftsanlagen durch eine bessere Bewertung belohnt.

## Wassernutzung

In dieser Kategorie wird der Umgang mit dem in der Zukunft so wichtigen Rohstoff Wasser bewertet. Zu einer guten Bewertung tragen Wasserspararmaturen, Spartasten bei der WC-Spülung, genügend Versickerungsflächen in der Wohnhausanlage und eine Nutzung des Regenwassers bei.

## TQ (Total Quality)

„Total Quality“ (TQ) ist ein umfassendes Gebäudezertifikat.

Ziel: Transparenz und Nutzerfreundlichkeit sollen erhöht, Umweltbelastungen verringert werden. TQ dient als Instrument für die Qualitätssicherung und Vermarktung und bereitet auf die Umsetzung von europäischen Standards vor (z.B.: Anforderungen der EU-Gebäudeeffizienz-Richtlinie). Zertifiziert wird von der unabhängigen Arbeitsgemeinschaft argeTQ, einem Zusammenschluss aus dem Österreichischen Ökologie-Institut, dem Ziviltechnikerbüro Kanzlei Dr. Bruck und dem Österreichischen Institut für Baubiologie und -ökologie.

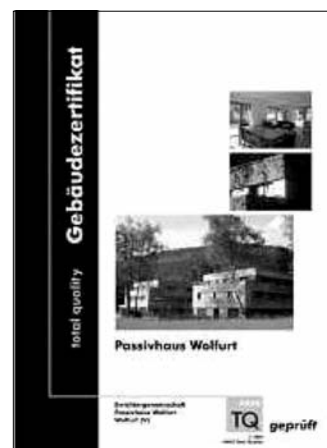
Entwickelt wurde das Qualitätssiegel mit Unterstützung des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie, des Bundesministeriums für Wirtschaft und Arbeit und des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft.

Hinter TQ steht ein umfassender Bewertungsrahmen. Darin ist eine Vielzahl von Qualitätskriterien vom Heizwärmebedarf bis zur Verkehrsanbindung festgelegt. Sie können in einer Checkliste während des Planungs- und Bauprozesses verwendet werden und dabei helfen, die richtigen Weichen zu stellen

Gleichzeitig sind sie die Basis für die Zertifizierung, die ebenfalls zweimal erfolgt: einmal nach der Planungsphase und ein weiteres Mal nach der Errichtung der Gebäude. Die Zertifizierung kostet den Preis von nur wenigen Quadratmetern Nutzfläche.

Die Zertifizierung macht die Qualität des Gebäudes sichtbar und vergleichbar: Ausstattung, Heizwärmebedarf, die Art der Energieversorgung, die Sonnenscheindauer und Tageslichtversorgung, den Komfort im Winter, die verwendeten Baustoffe, die CO<sub>2</sub>-Belastung, infrastrukturelle Anbindung, Freiräume und vieles mehr.

Bei TQ-Gebäuden sind die Mindestanforderungen aller Kriterien erfüllt. Alle Angaben des Bauträgers über sein Gebäude werden auf Plausibilität überprüft und punktuell sogar gemessen. Der Käufer/Mieter weiß, was er bekommt, und der Bauträger hat ein vertrauensbildendes Marketinginstrument in der Hand.



<b>0</b>	<b>Projektbeschreibung</b>
<b>1</b>	<b>Ressourcenschonung</b>
1.1	Energiebedarf des Gebäudes
1.2	Bodenschutz
1.3	Schonung der Trinkwasserressourcen
1.4	Effiziente Nutzung von Baustoffen
<b>2</b>	<b>Verminderung der Belastungen für Mensch und Umwelt</b>
2.1	Atmosphärische Emissionen
2.2	Abfallvermeidung
2.3	Abwasser
2.4	Reduktion des motorisierten Individualverkehrs
2.5	Vermeidung von Belastungen durch Baustoffe
2.6	Vermeidung von Radon
2.7	Elektrobiologische Hausinstallation (fakultativ)
2.8	Vermeidung von Schimmel
<b>3</b>	<b>NutzerInnenkomfort</b>
3.1	Qualität der Innenraumluft (natürliche Lüftung und Lüftungsanlagen)
3.2	Behaglichkeit (Temperatur, Luftfeuchtigkeit, ...)
3.3	Tageslicht
3.4	Sonne im Dezember
3.5	Schallschutz in den Tops
3.6	Bedienungsfreundliche Gebäudeautomation
<b>4</b>	<b>Langlebigkeit</b>
4.1	Flexibilität der Konstruktion bei Nutzungsänderungen
4.2	Grundlagen für den Gebäudebetrieb und die Instandhaltung
<b>5</b>	<b>Sicherheit</b>
5.1	Einbruchsschutz (fakultativ)
5.2	Brandschutz
5.3	Barrierefreiheit (fakultativ)
5.4	Umgebungsrisiken (nicht bewertet)
<b>6</b>	<b>Planungsqualität</b>
<b>7</b>	<b>Qualitätssicherung bei der Errichtung</b>
7.1	Bauaufsicht
7.2	Endabnahme
<b>8</b>	<b>Infrastruktur und Ausstattung</b>
8.1	Anbindung an die Infrastruktur
8.2	Ausstattungsmerkmale der Wohnungen und Wohnanlage
<b>9</b>	<b>Kosten</b>
9.1	Anschaffungskosten (fakultativ)
9.2	Folgekosten (nicht bewertet)
9.3	Lebensdauerkosten (nicht bewertet)

Abb. 1: Die Bewertungskriterien von TQ im Überblick (TQ-Version 2002)

## Behaglichkeitskriterien – Ökopass und TQ

Thermische Qualität (Behaglichkeit) ist gegeben, wenn die wesentlichen Kenngrößen Lufttemperatur, Oberflächentemperatur, Luftfeuchte und Luftgeschwindigkeit innerhalb bestimmter Komfortbereiche bleiben:

- Lufttemperatur: Winter 18-22 °C, Sommer 22-25 °C
- Oberflächentemperatur annähernd gleich der Lufttemperatur
- 35–65 % relative Luftfeuchte bei Normaltemperaturen 18-22 °C, bei Temperaturen bis 26°C < 55 % (DIN 1946-2), wobei absolute Feuchten > 12 g/kg (Schwülegrenze) grundsätzlich zu vermeiden sind
- Luftgeschwindigkeit < 0,15 m/s

Diese Parameter können je nach Aktivitätsgrad, Bekleidung, Alter, Geschlecht, Aufenthaltsdauer und Anzahl der anwesenden Personen variieren.

Die Behaglichkeitskriterien und deren Bewertung sind bei TQ und dem Ökopass schon fast vollständig aufeinander abgestimmt. In beiden Gebäudepässen wird die Behaglichkeit im Sommer und Winter unterschieden. In Abbildung 2 + 3 sind die Kriterien von TQ dargestellt.

Die Qualitätskontrolle erfolgt in beiden Fällen über den rechnerischen Nachweis. Für den Nachweis der Wärmebrückenfreiheit der Gebäudehülle ist eine Thermografie erforderlich.

Punkte (Beste Wertung: 5 Punkte)	
Bei Auslegungsbedingungen: $\Delta t$ von Wand/Luft < 1 K, $\Delta t$ von Glas/Luft < 4 K	5
Bei Auslegungsbedingungen: $\Delta t$ von Wand/Luft < 4 K, $\Delta t$ von Glas/Luft < 6 K	3
Lufttemperatur 18-22°C Luftgeschwindigkeit $\leq$ 0,15 m/s	0
Keine Berücksichtigung der Behaglichkeit im Winter	-2

Punkte (Beste Wertung: 5 Punkte)	
Nachweis der Sommertauglichkeit durch dynam. Gebäudesimulation oder Nachweis durch Berechnung gemäß ÖN B 8110 - 3: Immissionsflächenbezogene speicherwirksame Masse > 5000 kg/m <sup>2</sup> über Grenzwert) (Ev. Klimatisierung ohne Kälteaggregat)	5
Nachweis der Sommertauglichkeit gemäß ÖN B 8110-3; Immissionsflächenbezogene speicherwirksame Masse 3000 bis 5000 kg/m <sup>2</sup> über Grenzwert) (Ev. Klimatisierung ohne Kälteaggregat)	4
Nachweis der Sommertauglichkeit gemäß ÖN B 8110-3; Immissionsflächenbezogene speicherwirksame Masse 1500 bis 3000 kg/m <sup>2</sup> über Grenzwert) (Ev. Klimatisierung ohne Kälteaggregat)	3
Nachweis der Sommertauglichkeit gemäß ÖN B 8110-3; (Ev. Klimatisierung mit oder ohne Kälteaggregat)	2
Sommertauglichkeit gemäß ÖN B 8110-3 nicht gegeben, Klimatisierung ohne Kälteaggregat	1
Sommertauglichkeit gemäß ÖN B 8110-3 nicht gegeben, Klimatisierung mit Kälteaggregat	0
Keine Berücksichtigung der Behaglichkeit im Sommer	-2

Abb. 2: TQ Behaglichkeitskriterien im Winter

Abb. 3: TQ Behaglichkeitskriterien im Sommer

## Luftqualität und -schadstoffe: Ökopass und TQ

Die Kriterien für die Innenraumluftqualität sind derzeit im Ökopass und TQ noch sehr unterschiedlich. Im Ökopass werden Messungen und detaillierte Grenzwerte vorgeschrieben, wie die Kriterien in Abb. 4 zeigen.

Abb. 4: Im Ökopass vorgeschriebene Messungen und Grenzwerte für die Innenraumluft

Bewertung			
ausgezeichnet	sehr gut	gut	befriedigend
Summe der flüchtigen Kohlenwasserstoffe + Aldehyde (TVOC*) (Siedepunkt bis 250 °C) <span style="float: right;">Bewertungsgewichtung:30%</span>			
TVOC < 0,3 mg/m <sup>3</sup> (4 Wochen nach Freigabe)	TVOC < 0,6 mg/m <sup>3</sup> (4 Wochen nach Freigabe)	TVOC < 1,2 mg/m <sup>3</sup> (4 Wochen nach Freigabe)	TVOC < 2,0 mg/m <sup>3</sup> (4 Wochen nach Freigabe)
Formaldehyd <span style="float: right;">Bewertungsgewichtung:20%</span>			
kleiner als 0,04 ppm*	kleiner als 0,06 ppm	kleiner als 0,08 ppm	kleiner als 0,1 ppm
Schimmelpilzbelastung <span style="float: right;">Bewertungsgewichtung:20%</span>			
Koloniebildende Keime [KBE]*: x < 50 KBE/m <sup>3</sup>	Koloniebildende Keime [KBE]: x < 150 KBE/m <sup>3</sup>	Koloniebildende Keime [KBE]: x < 300 KBE/m <sup>3</sup>	Koloniebildende Keime [KBE]: x < 500 KBE/m <sup>3</sup>
Luftdichtigkeit <span style="float: right;">Bewertungsgewichtung:30%</span>			
n <sub>50</sub> < 0,6 [LW/h]* bei mechanischer Komfortlüftung	n <sub>50</sub> < 1,0 [LW/h]* bei mechanischer Komfortlüftung	n <sub>50</sub> < 2,0 [LW/h] und Abluftanlage oder n <sub>50</sub> < 3,0 [LW/h] bei Fensterlüftung	n <sub>50</sub> > 3,0 [LW/h] bei Fensterlüftung

Kein Vermeidungskonzept für Luftschadstoffe	Vermeidungskonzept für Luftschadstoffe vorhanden	Punkte (Beste Wertung: 5 Punkte)
	Möglichkeiten der ausreichenden natürlichen Lüftung durch Berechnung nachgewiesen	5
Möglichkeiten der ausreichenden natürlichen Lüftung durch Berechnung nachgewiesen	Querlüftung, kleinstufig verstellbare Lüftungsflügel in mehr als 80% der Wohnungen	4
Querlüftung, kleinstufig verstellbare Lüftungsflügel in mehr als 80% der Wohnungen	Querlüftung in mehr als 80% der Wohnungen	3
Querlüftung in mehr als 80% der Wohnungen	Diagonallüftung und/oder Querlüftung in mehr als 80% der Wohnungen	2
Diagonallüftung und/oder Querlüftung in mehr als 80% der Wohnungen		1
keine Diagonal- oder Querlüftung	keine Diagonal- oder Querlüftung	0
		-1
Raumluftqualität kein Planungsthema	Raumluftqualität kein Planungsthema	-2

Abb. 5: Kriterien der Innenraumluft im TQ Version 2.0

Das Lüftungskonzept wird gemeinsam mit der Luftdichtigkeit betrachtet und bewertet.

Bei TQ wird in der Version 2.0 die Schimmelbelastung über die Austrocknungszeit und die Innenraumluftqualität über das Lüftungskonzept und ein Schadstoffvermeidungskonzept geregelt. Die Qualität der Innenraumluft wird derzeit aber messtechnisch noch nicht erfasst (Abb. 5).

Bei der Zusammenführung von TQ und Ökopass wird die messtechnische Erfassung der Innenraumluftqualität vom Ökopass übernommen und die Beurteilung des Lüftungskonzepts von TQ, ergänzt um eine Luftdichtigkeitsmessung.

## Qualitätssicherung mit Hilfe von Gebäudepässen – Vermeidung von Schadstoffbelastungen in Innenräumen

Ein wichtiges Element der Qualitätssicherung ist die Schadstoffuntersuchung der Innenraumluft (z.B. in Form von Musterraumuntersuchungen). Die durchzuführenden Messungen decken weitgehend die derzeit bekannten Luftschadstoffe ab, die zu akuten Beschwerden in Innenräumen führen können sowie weiters geringflüchtige Schadstoffe, die sich in der Regel längerfristig negativ auf die menschliche Gesundheit auswirken können. Bei Vorliegen von Verdachtsmomenten, die unter Umständen erst bei der Begehung zu Tage treten, können auch weitere Faktoren wie beispielsweise Asbest oder Radon in die Untersuchung aufgenommen werden.

Die Abbildung 6 zeigt, dass mit Hilfe des Ökopasses bzw. des Chemikalienreduktions-Projekts bei Mischek-Wohnbauten beachtliche Erfolge in der Praxis erzielt werden können.

Die in Mischek-Wohnbauten seit Einführung des Ökopasses gemessenen Innenraumluftkonzentrationen für Lösungsmittel (ausgedrückt in „TVOC“ – Total Volatile Organic Compounds) lagen zwischen 70 und 450 Mikrogramm pro Kubikmeter Luft [mg/m<sup>3</sup>].

Zum Vergleich: In der Literatur publizierte Innenraumluftwerte von Neubauten bzw. nach Sanierungen liegen üblicherweise zwischen 1000 und 3000 mg/m<sup>3</sup>, wenn keine spezifischen Vorgaben zur Lösungsmittelreduktion verlangt werden. In Fachkreisen wird derzeit ein TVOC-Wert von 1000 mg/m<sup>3</sup>, als Richtwert für noch akzeptable Innenraumluft diskutiert, als „Zielwert“ für gesunde Innenraumluft wird 300 mg/m<sup>3</sup>, vorgeschlagen.

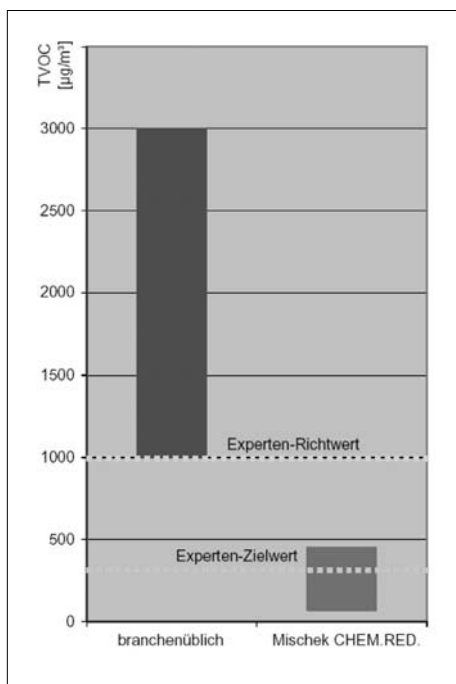


Abb. 6: Chemikalienreduktion bei Mischek-Wohnbauten

## Quellenverzeichnis

Ökopasskriterien und Unterlagen: [www.ibo.at/oekopass](http://www.ibo.at/oekopass)

TQ-Leitfaden (Kapitel 3: Nutzerkomfort) und Unterlagen: [www.tq-building.org](http://www.tq-building.org)

Chemikalienreduktion: [www.mischek.at/oekologie/newsletter.htm](http://www.mischek.at/oekologie/newsletter.htm)

# Erste Erfahrungen mit dem Qualitätszeichen natureplus für Naturbaustoffe

Thomas Schmitz-Günther

## Vorgeschichte

Im April 2001 wurde der Internationale Verein für zukunftsfähiges Bauen und Wohnen – damals noch unter dem Namen ecoNcert – von etwa 30 Firmen und Organisationen gegründet. Am Anfang stand eine Initiative des deutschen Baustoff-Fachhandels, der diverse Institute zur gemeinsamen Arbeit an der Bewertung von Bauprodukten aufgefordert hatte. Heute umfasst der Verband 67 Mitglieder aus acht europäischen Ländern, die sich in die Sparten Handel, Hersteller, Umwelt, Verbraucher, Planer und Anwender sowie Prüfer gliedern. Alle diese Sparten arbeiten gleichberechtigt (laut Satzung) zur Förderung des „Umwelt- und Gesundheitsschutzes im Bauwesen und der Verbraucherinformation. Der Verein fördert die Entwicklung wissenschaftlicher Kriterien und Prüfverfahren, die geeignet sind, Bauprodukte, Baustoffe und Einrichtungsgegenstände bezüglich ihrer Umweltverträglichkeit und gesundheitlichen Unbedenklichkeit zu bewerten. Zu diesem Zweck entwickelt, fördert und vergibt der Verein ein Qualitätszeichen für vorwiegend aus nachwachsenden oder aus unbegrenzt verfügbaren mineralischen Rohstoffen bestehende Bauprodukte, Baustoffe und Einrichtungsgegenstände.“ Mittlerweile existieren ca. 30 Vergaberichtlinien, weitere sind in Vorbereitung.

## Erfahrungen mit der Zertifizierung

Am 5. Juni 2002 wurden in Berlin in Anwesenheit von Verbraucherministerin Renate Künast die ersten 8 Zertifikate an Bauprodukte vergeben. Neben Dachziegeln handelte es sich bis auf den heutigen Tag ganz überwiegend um Produkte aus nachwachsenden Rohstoffen. Vor allem Dämmstoffe zur Wärme- und Schalldämmung aus Hanf, Flachs, Schafwolle, Roggen und vor allem aus Holzfasern und Spänen sowie verwandte Materialien wie beispielsweise Unterdachplatten aus Holzfasern prägen derzeit das Bild von natureplus. Bis heute wurden vom natureplus e.V. 21 Zertifikate vergeben, damit wurden insgesamt ca. 90 Produkte ausgezeichnet. Derzeit sind weitere 7 Produkte oder Produktgruppen in der Prüfung, eine entsprechende Anzahl von Zertifikaten in Vorbereitung.

Das Besondere an der natureplus-Prüfung, die Voraussetzung zur Vergabe des Zertifikats ist, liegt in der umfassenden Betrachtung der Produkte. Diese werden nicht allein unter dem Gesichtspunkt der Ökologie betrachtet, also entlang des Produktlebenswegs, angestellt. Sie werden auch nicht allein aus der Sicht der Verbraucher betrachtet, also eine Untersuchung auf gesundheitsschädliche Inhaltsstoffe oder Ausgasungen angestellt. Sondern auch die Gebrauchstauglichkeit, also die Funktion und Haltbarkeit der Produkte stehen auf dem Prüfstand. Damit werden durch das natureplus-Qualitätszeichen – im Unterschied zu den meisten bisherigen Labels – umfassende Anforderungen an die produktqualifizierenden Eigenschaften gestellt. Ein vollständiges und stets aktuelles Verzeichnis der geprüften Produkte sowie der zugrunde liegenden Vergaberichtlinien findet man – zweisprachig in deutsch und englisch – im Internet unter [www.natureplus.org](http://www.natureplus.org).

Während sich also im Bereich der Dämmstoffe und verwandter Produkte aus nachwachsenden Rohstoffen das natureplus-Qualitätszeichen durchgesetzt hat und die wesentlichen Produkte zumindest des deutschen und österreichischen Marktes mittlerweile zertifiziert wurden oder sich in Zertifizierung befinden, hat sich das Zeichen in anderen Bereichen, die dem Ver-



Abb. 1: natureplus-Musterprüfzeichen



braucher teilweise sogar näher stehen, bislang nicht in gleicher Weise etablieren können. Dies hat im Wesentlichen folgende Gründe:

1. Das deutsche Verbraucherschutzministerium (Fr. Minister Künast) fördert seit Juni 2003 den Einsatz von Wärme- und Schalldämmung aus Hanf, Flachs und anderen einjährigen Pflanzen sowie aus Schafwolle. Die Förderung beträgt 30-40 Euro pro Kubikmeter. Mit dem höheren Fördersatz von 40 Euro werden nur Produkte gefördert, die das natureplus-Prüfzeichen tragen, da für diese Produkte gewährleistet ist, dass sie aus funktioneller, gesundheits- und umweltverträglicher Sicht förderwürdig sind. Damit wurde auf politischer Ebene Schützenhilfe für die Verbreitung von natureplus geleistet.
2. Die Vergaberichtlinien für Dämmstoffe aus nachwachsenden Rohstoffen wurden als erste erarbeitet. Bei den anschließend erarbeiteten Vergaberichtlinien für Holz und Holzwerkstoffe (insbesondere für Spanplatten und OSB)-Platten hat sich die entsprechende Industrie bislang natureplus gegenüber reserviert gezeigt. Bei diesen ausgesprochenen Massenprodukten wirkte sich die konjunkturelle Situation negativ auf das Interesse an Prüfungen aus. Da es sich dabei um eingeführte Produkte handelt, fehlt der Antrieb der Industrie ein solches Qualitätszeichen als Unterstützung bei der Markteinführung der Produkte zu nutzen. Der Holzbau präsentiert sich am Markt als per se ökologisch vorteilhaft, seit der Formaldehydverordnung sind Fragen von Schadstoffemissionen in den Hintergrund getreten, der Problembereich illegal geschlagener Hölzer (z.B. aus Sibirien) wird maximal in Fachkreisen diskutiert.
3. Bei Holz- und Holzwerkstoffen fehlte es auch an der Unterstützung des Handels bei der Durchsetzung des natureplus-Labels. Denn diese Produkte werden häufig im Holzhandel vertrieben, der in die Unterstützer von natureplus bislang nicht einbezogen wurde. Außerdem fehlt auch seitens des Handels die Motivation, eine neue Produktlinie nach vorne zu bringen, weil es sich schon um Umsatzbringer handelt. Die Bedeutung des Handels zeigt sich an gerade in Prüfung befindenden Holzprodukten eines Schweizer Herstellers, der von einer großen Handelskette zur Prüfung bei natureplus bewegt wurde.
4. Die sorgfältige Erarbeitung von Vergaberichtlinien benötigt Zeit. So gab es vielfach Herstellerinteresse an einer Zertifizierung, aber keine Vergaberichtlinie für das betreffende Produkt, umgekehrt wurden Vergaberichtlinien erstellt, für die noch kein Hersteller Produkte angemeldet hat. Mittlerweile liegen eine Reihe von Vergaberichtlinien für verbraucher-nahe Produkte wie Lacke, Lasuren, Wandfarben, Bodenbeläge usw. vor, die nun der Industrie bekannt gemacht werden müssen. In Österreich wurde ein Teil der Entwicklungsarbeit vom Forschungsprogramm „Haus der Zukunft“ gefördert, in Deutschland seitens BMVEL / FNR (Fachagentur nachwachsende Rohstoffe). Leider blieb eine weitergehende Finanzierung durch die FNR aus und ein Großteil der Entwicklungsarbeit muss nach wie vor auf ehrenamtlicher Basis geschehen.

Dennoch ist es nun gelungen, mit den Vergaberichtlinien für Wandfarben, Lacke und Lasuren auf Basis von Pflanzenölen, für Parkett, Wollteppichböden und Linoleum-Bodenbeläge sowie für unbehandeltes Vollholz (Leisten, Profilbretter etc.) eine ganze Reihe von verbraucherrelevanten Bereichen abzudecken. Erste Prüfungen von Produkten aus diesen Bereichen haben begonnen, ein schwedischer Hersteller von Parkettböden wurde bereits zertifiziert. Zudem sind derzeit Vergaberichtlinien für weitere Produktgruppen wie Putze, Lehmbauprodukte, Öle und Wachse für die Fußbodenbehandlung sowie für Wärmedämmverbundsysteme in Arbeit.

Bei der Erstellung der Vergaberichtlinien werden der Industrie und Verbänden alle Möglichkeiten der Teilnahme und Mitwirkung eingeräumt. Das gesamte Verfahren wie auch die Rolle der Vergabestelle (certification body) entsprechen der ISO 14020. Auch wird durch die internationale Zusammensetzung der Vergabeorganisation dafür gesorgt, dass diese Vergaberichtlinien auch in anderen europäischen Ländern anwendbar sind und tatsächlich auch angewandt werden.

So kann man bei natureplus mit dem Erreichten zufrieden sein. Immerhin ist es in genau 2 Jahren Existenz dieser Vergabeorganisation gelungen, insgesamt 27 Vergaberichtlinien zumindest im Entwurf zu entwickeln, das Europäische Umweltzeichen hat es in 10 Jahren gerade

auf 4 gültige Vergaberichtlinien im Baubereich gebracht. Nun fehlt noch der Durchbruch bei der Zahl und Art der zertifizierten Produkte, damit der Verbraucher das Zeichen kennen lernt und auch als Orientierung bei der Beschaffung von Baumaterialien nutzt.

Durch die Einrichtung von Kontaktbüros in der Schweiz, Belgien, Österreich und den Niederlanden wurde der Einfluss von natureplus in diesen Ländern weiter gestärkt und der Nutzen für zertifizierte Unternehmen erhöht, die nun nicht nur de jure, sondern auch de facto mit Unterstützung seitens der baubiologisch und ökologisch orientierten Szene in diesen Ländern bei der dortigen Markteinführung ihrer Produkte rechnen können.

## Öffentliche Resonanz

Schon in der Gründungsphase des Verbandes war die Beteiligung des WWF einerseits – der bis heute die Entwicklung des Prüfzeichens massiv auch materiell fördert – und des BMVEL und insbesondere unserer Schirmherrin, Ministerin Renate Künast, andererseits, sehr wichtig für die öffentliche Reputation und Glaubwürdigkeit des neuen Labels. Zum anderen hat hierzu auch beigetragen, dass erfahrene Prüfinstitute, die in der Zertifizierung von Bauprodukten einen Namen haben, wie TÜV Süddeutschland, ECO-Umweltinstitut und IBO, nicht nur ihre Unterstützung des natureplus-Labels kundgetan haben, nicht nur ihr Know-how in die Entwicklung des neuen Zeichens gesteckt haben, sondern auch noch auf die Verbreitung ihrer eigenen, markteingeführten Zeichen wie „TÜV Umweltsiegel“, „ECO Zertifikat ökologische Produktprüfung“ oder „IBO Prüfzeichen“ verzichten.

Daneben ist es gelungen, in einer Vielzahl von Kooperationen natureplus starke Partner an die Seite zu stellen. So haben wir die Unterstützung von GREENPEACE Deutschland, vom BUND, der größten deutschen Umweltorganisation, von dem nordrhein-westfälischen Netzwerk UBB, wir sind bei verschiedenen Umweltzentren des Handwerks, wir kooperieren mit Kommunen wie Heidelberg und suchen die Unterstützung einflussreicher Organisationen der Industrie, des Handels und der Verbraucher.

Diese Arbeit findet auch Anerkennung seitens unabhängiger Stellen. So bewertete die Verbraucher-Initiative und die dortige Initiative Label-online natureplus bei allen Produkten mit der Bestnote „empfehlenswert“. Die einflussreiche Verbraucherzeitschrift ÖKO-TEST bewertete natureplus bei einem jüngst durchgeführten Vergleich verschiedener Ökolabel für Farben und Lacke als einzige mit der Bestnote „sehr gut“.



Abb. 2: ÖKO-TEST-Bewertung





Baustelle reicht. Die Bauchemikaliendatenbank C-PLUS enthält zur Zeit ökologische und technische Informationen von bereits über 2000 einschlägigen Produkten!

## Die Hauptverwender von Lösungsmitteln

Die wichtigsten Gewerke im Bauwesen, die lösungsmittelhaltige Chemikalien einsetzen sind Schwarzdecker, Maler & Anstreicher, Boden- und Parkettleger [Belazzi 2002]. Wichtig für eine gute Innenraumluft ist jedoch, dass auch andere Gewerke, die potentiell lösungsmittelhaltige Chemikalien einsetzen, über ein Chemikalienmanagement verpflichtet werden, solche nicht bzw. nur wenn nicht ersetzbar, zu verwenden. Denn schon ein unkontrollierter Einsatz, egal ob bei der Gebäudereinigung oder bei Metallarbeiten kann den Erfolg des übrigen Chemikalienmanagements wesentlich beeinträchtigen.

### Umwelterfolg: 90 % Lösungsmittelreduktion

So kann der Einsatz von flüchtigen Kohlenwasserstoffe (VOC; herkömmlich als „Lösungsmittel“ bezeichnet) im Hochbau dramatisch vermindert werden, wie unten stehende Darstellung für das Mischek-Projekt Baumgasse zeigt [Belazzi 2002].

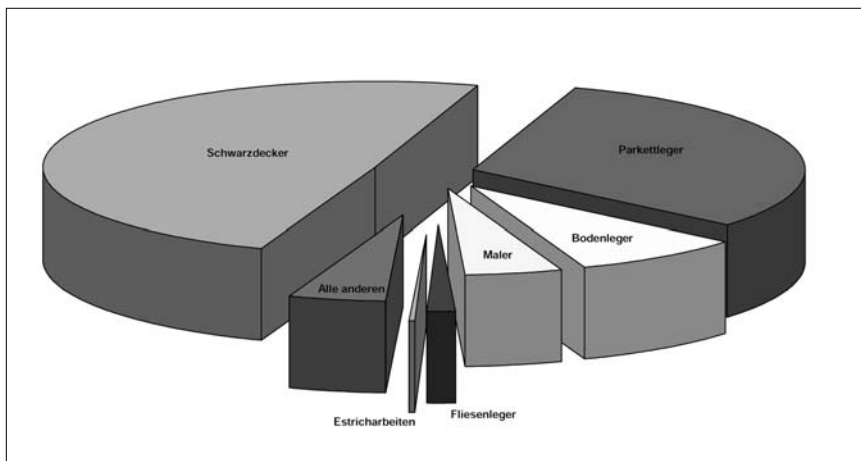


Abb.2: Verteilung des Lösungsmittelverbrauchs beim Projekt Baumgasse

Die Verteilung des Lösungsmittelverbrauchs beim Projekt Baumgasse zwischen den verschiedenen Gewerken ergab das in Abb.2. dargestellte Bild:

Schwarzdecker (49 Gew.%), Parkettleger (31 %), Bodenleger (8 %), Maler (5 %), Fliesenleger (1 %), Estrich (0,2 %), alle anderen Gewerke ca. 5 %.

Diese ergibt sich auch aufgrund der Gebäudekonfiguration (z.B. Umkehrdach, daher mehr Isolierfläche für den Schwarzdecker) und der Ausstattung (z.B. Klebparkett und damit Versiegelung vor Ort).

Die Erfahrungen von bauXund aus anderen Projekten zeigt jedoch, dass Schwarzdecker und Parkett- und Bodenleger durchwegs die Gewerke mit dem höchsten Verbrauch an organischen Lösungsmitteln sein.

Die im Innenraum verwendeten Lösungsmittel von Parkett- und Bodenleger sowie Maler sind jene mit dem größten Einfluss auf die Innenraumluftqualität.

Tab. 1: Gewerkespezifische VOC-Einsparungen beim Projekt Baumgasse

Gewerk	VOC-Menge ges. [kg]	VOCs [kg/Whg.]	VOC-Anteil [%]	VOCs eingespart [kg]	VOC-Reduktion [kg]	VOC-Reduktion [%]	VOC-Reduktion [% der Gesamt-reduktion]	verbleibende VOCs [kg]
Schwarzdecker	265,0	8,3	49%	265,0	7,90	95%	53%	0,38
Parkett	167,0	5,2	31%	143,6	4,49	86%	30%	0,73
Bodenleger	44,8	1,4	8%	44,8	1,40	100%	9%	-
Maler	25,8	0,8	5%	25,0	0,78	97%	5%	0,02
Fliesen	7,5	0,2	1%	7,5	0,23	100%	2%	-
Estrich	1,1	0,03	0%	1,1	0,03	100%	0%	-
alle anderen	-	0,8	5%	-	0,20	25%	1%	0,60
<b>SUMME</b>	<b>511,2</b>	<b>16,8</b>	<b>100%</b>	<b>486,9</b>	<b>15,04</b>	<b>90%</b>	<b>100%</b>	<b>1,74</b>

Insgesamt 90 % der VOCs konnten eingespart werden, bei manchen Gewerken wie Bodenleger und Maler gelang sogar eine vollständige Vermeidung.

Beim Parkettleger enthielt die auf Bauträgerwunsch eingesetzte Parkettversiegelung („Wasserlack“) noch 7 % (anstelle von 15 %). Ein Ölen des Parketts war auf Kundensonderwunsch möglich, standardmäßig war dies dem Bauträger ein zu hohes Gewährleistungsrisiko. Und der Schwarzdecker musste für die Arbeiten in manchen kalten Winterwochen auf den lösungsmittelhaltigen Voranstrich zurückgreifen, da die

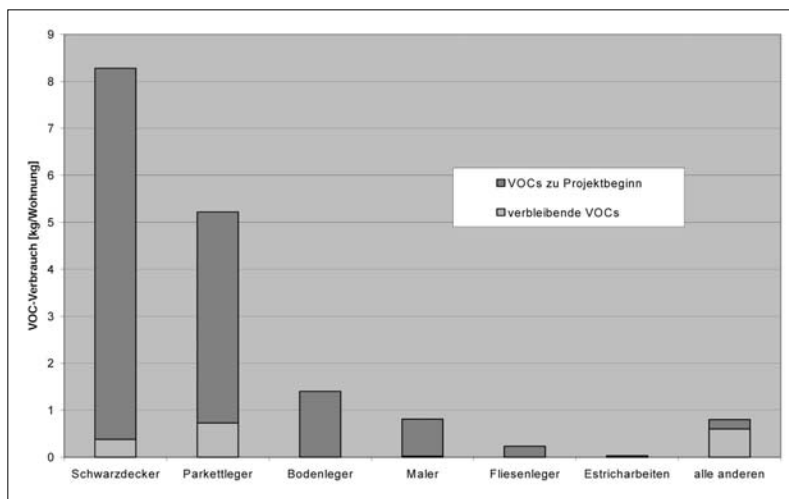


Abb.3: Gewerkespezifische VOC-Einsparungen beim Projekt Baumgasse

lösungsmittelfreie Bitumenemulsion bei tiefen Temperaturen (noch) nicht eingesetzt werden kann. Absolut betrug damit die Einsparung bei 32 Wohnungen in der Baumgasse 487 kg Lösungsmittel. (siehe auch Tab.1 und Abb. 3)

### ArbeitnehmerInnen profitieren von CHEM.RED

Neben der Umwelt sind HauptnutznießerInnen des Chemikalienmanagements die ArbeitnehmerInnen all jener Gewerke, die üblicherweise Lösungsmittel einsetzen. Beispiel: Wer den üblichen stechenden Klebergeruch während der Bodenlegerarbeiten kennt, wird überrascht sein. Die ausgewählten lösungsmittelfreien und emissionsarmen Klebstoffen sind de facto geruchsfrei. Einzig der leichte Eigengeruch von Linoleum, Holz oder Teppich ist während der Verlegearbeiten wahrnehmbar.

### Gesundheitsschutz: Viel bessere Innenraumluft

Die Effektivität des Chemikalien-Managements wird immer durch unabhängige Innenraumluftmessungen überprüft. Und die zeigen Ergebnisse: Die in Mischek-Wohnbauten seit Beginn des CHEM.RED.-Chemikalien-managements gemessenen Innenraumluftkonzentrationen für Lösungsmittel (ausgedrückt in „TVOC“ – total volatile organic compounds) lagen zwischen 70 und 450 mg/m<sup>3</sup>.

Zum Vergleich: Die in der Literatur publizierten Innenraumluftwerte von Neubauten bzw. nach Sanierungen liegen üblicherweise zwischen 1000 und 3000 mg/m<sup>3</sup>, wenn keine spezifischen Vorgaben zur Lösungsmittelreduktion verlangt werden [Belazzi 2002; Mølhav 1990].

In Fachkreisen wird derzeit ein TVOC-Wert von 1000 mg/m<sup>3</sup> als Richtwert für noch akzeptable Innenraumluft angegeben, der „Zielwert“ für gesunde Innenraumluft liegt bei 300 mg/m<sup>3</sup> [Arbeitskreis Innenraumluft 2003].

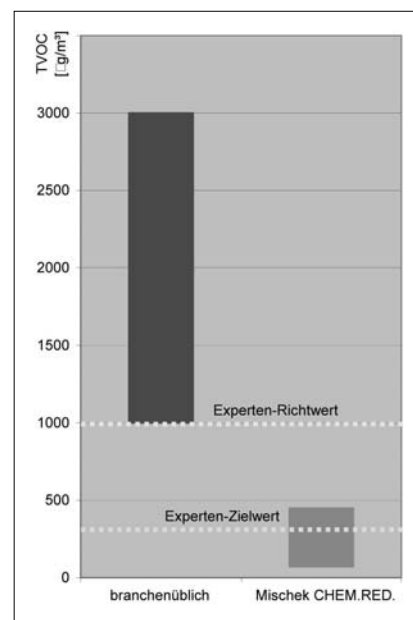


Abb.4: Flüchtige Kohlenwasserstoffe in Neubauten: Realität, Ziele und Möglichkeiten

### Literatur

Arbeitskreis Innenraumluft (2003): Arbeitskreis im Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (2002b) Flüchtige organische Verbindungen – VOC Allgemeiner Teil Wien

Belazzi (2002): Leitfaden zur Lösungsmittelreduktion im Hochbau, Masterthesis an der Donau Universität Krems

Botzenhart, Konrad; Müller, Hans E.; Strubelt Ottfried (2001) Innenraum-Luftverunreinigungen: Chemie, Physiologie, Hygiene, Medizin und Toxikologie, Kontakt & Studium Bd. 608, expert, Renningen

Hott, Uwe; Schleibinger, Hans; Marchl, Dieter; Braun, Peter; Plieninger, Peter (2001): Konzentrationen flüchtiger organischer Verbindungen (VOC) in der Innenraumluft im Zeitraum von 1988 bis 1999 in: Umwelt, Gebäude & Gesundheit, Tagungsband des 6. Fachkongresses 2001 der Arbeitsgemeinschaft Ökologischer Forschungsinstitute (AGÖF), 20. und 21.9.2001 (Nürnberg), AGÖF (Hrsg.), 204ff, Springe-Eldagsen

Kohler, N., Hassler, U., Paschen, H. (1999): Stoffströme und Kosten in den Bereichen Bauen und Wohnen, Springer, Berlin-Heidelberg

Mølhave L. (1990) Volatile organic compounds, indoor air and health, INDOOR AIR '90-Proc. 5th International Conference of Indoor Air Quality and Climate, Toronto, Canada, Vol. 5, 15-33

Öko-Institut (2001): Vom Niedrig-Energiehaus zum Niedrig-Schadstoffhaus, Werkstattreihe Nr. 128, Öko-Institut – Institut für angewandte Ökologie e.V. (Hrsg.), Freiburg

Pluschke, Peter (1996): Luftschadstoffe in Innenräumen – Ein Leitfaden, Springer, Berlin-Heidelberg

Rühr & Kluger (2000): Handbuch der Bauchemikalien (15.Erg.Lfg. 6/00), Berufsgenossenschaften der Bauwirtschaft (Hrsg.) ecomed, Landsberg am Lech (Deutschland)

# SIBAT – vorsorgende Sicherstellung der Innenraumluftqualität durch Anwendung von Toxizitätskriterien in der Materialbewertung

Manfred Klade

Allergien sowie unspezifische Befindlichkeitsstörungen und Beschwerden (Sick Building Syndrom) nehmen immer mehr zu und werden auch auf Innenraumschadstoffe zurückgeführt. Daher ist es wünschenswert und sichert darüber hinaus den Verkehrswert von Gebäuden, wenn BewohnerInnen von neuerrichteten Gebäuden sicher sein können, dass die Innenraumluft belastungsfrei ist. Während der Planungs- und Errichtungsphase sollten also Bauprodukte vermieden werden, welche Stoffemissionen und damit Belastungen der Innenraumluft verursachen können. Mit dem im Rahmen der Programmlinie „Haus der Zukunft“ entwickelten Gebäudebewertungs- und -zertifizierungssystem TQ („TQ-Tool“) konnte dieser Forderung bisher nicht befriedigend genügt werden. Mit dem Projekt SIBAT<sup>1</sup> wird nun versucht diese Lücke zu schließen [1,2].

Projektziel ist die Entwicklung einer systematischen Bewertung, mit der die mit den Bauprodukten in der Verarbeitungs- und Nutzungsphase verbundenen Emissionen vorausschauend abgeschätzt und vermieden werden können. Dabei wird nicht der zeitliche und räumliche Verlauf bzw. die Menge der tatsächlich auftretenden Emissionen vorausgesagt, sondern es wird das den Bauprodukten inhärente Potenzial für derartige Emissionen dargestellt und bewertet. Damit verbunden ist die Annahme, dass eine Verminderung bzw. Vermeidung eines solchen Potenzials in der Planungsphase direkten Einfluss auf die anschließend auftretenden Emissionen hat.

Nachfolgend werden die Systemgrenzen für eine derartige Bewertungsmethode abgesteckt bzw. die damit verbundenen Schwierigkeiten diskutiert.

## Schadstoffe und Schädwirkungen

In Hinblick auf die in der Praxis auftretenden Beschwerden bei der Nutzung von Innenräumen ist es hilfreich den Begriff „Innenraumschadstoffe“ nicht zu eng zu fassen und nur auf ursächliche Wirkungen zu beschränken: So kann ein aus einer Wandfarbe in die Innenraumluft emittierter Stoff in dokumentierten Einzelfällen eine Allergie auslösen [3]. Es werden auch aus Baustoffen ausdampfende Lösemittel mit unspezifischen Symptomen wie Augenreizungen, Kopfschmerzen oder Abgeschlagenheit in direkten Zusammenhang gebracht werden [4]. Wesentlich unklarer ist allerdings der Zusammenhang zwischen Symptomen und der verursachenden Noxe beim Sick Building Syndrom<sup>2</sup>. Darüber hinaus wird von NutzerInnen an das Produkt Gebäude zunehmend der Anspruch gestellt, dass dieser persönliche Lebensraum möglichst „chemikalienfrei“ ist.

Bedenken gegenüber in Bauprodukten eingesetzten Chemikalien werden auch mit dem Verweis auf deren nachteilige, durch Tierversuche oder sonstige Studien belegte inhärente Eigenschaften begründet. Dabei kann es sich um eine toxische, kanzerogene, hormonelle oder sensibilisierende Wirksamkeit handeln. Im Sinne eines vorsorgenden Gesundheitsschutzes kann daher der Nachweis einer unmittelbaren gesundheitlichen Beeinträchtigung im Sinne eines kausalen Schadensbildes nicht alleiniges Kriterium sein, um eine Chemikalie als Schadstoff zu betrachten. Auch Gerüche erfüllen, indem sie die Wohn- und damit die Lebensqualität beeinträchtigen, im Sinne der WHO Definition für Gesundheit das Kriterium eines Schadstoffes.

Bei der Erstellung einer Liste möglicher Schadstoffe zum Zweck einer anschließenden Bewertung ist sowohl in Hinblick auf „Art und Schwere“ der Wirkung zu differenzieren. Dazu kommt,

<sup>1</sup> Das Projekt "SIBAT" wird finanziert im Rahmen der Programmlinie "Haus der Zukunft" – eine Initiative des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie (BMVIT). Projektpartner sind das IFF/IFZ, das IBO – Österreichisches Institut für Baubiologie und -ökologie und das Österreichische Ökologie-Institut.

<sup>2</sup> Sick-Building-Syndrom: Unspezifisches Krankheitsbild, unter dem vor allem BewohnerInnen von neu gebauten oder renovierten Häusern leiden. Die WHO nennt als typische Symptome: ausgetrocknete Schleimhäute, trockene Haut, Juckreiz, verstopfte und tropfende Nase, tränende Augen, Engegefühl in der Brust, Erschöpfung, Kopfschmerzen, Konzentrationsstörungen, Übelkeit, Schwindel und eine unspezifische Überempfindlichkeit gegenüber Chemikalien.



dass das Wissen über diese Wirkungen in unterschiedlichen Ausmaß verfügbar ist. So können grob drei „Gruppen“ von Schadstoffen unterschieden werden:

- Stoffe, für welche Innenraumrichtwerte, MAK- oder TRK-Werte festgelegt sind oder die als Gefahrstoffe eingestuft sind: Zu diesen Stoffen sind Informationen über „Art und Schwere“ des inhärenten Wirkpotenzials in Form von Risiko-Sätzen oder Arbeitsschutzgrenzwerten verfügbar.
- Reiz- und Geruchsstoffe, die experimentell über Summenparameter erfasst werden (TVOC, SVOC, „Geruchsprüfung“) und denen ein unspezifisches bzw. „unscharfes“ Wirkpotenzial zugeschrieben wird.
- Stoffe, die als gesundheitlich bedenklich diskutiert werden, für die aber (noch) kein offizieller Konsens über „Art und Schwere“ des Wirkpotenzials erreicht ist (z.B. hormonwirksame oder bestimmte sensibilisierende Stoffe).

Umweltschadstoffe (z.B. Verkehrsabgase) und von NutzerInnen verursachte Schadstoffe (z.B. Einrichtungsgegenstände, Tabakrauch) werden in der vorliegenden Betrachtung nicht berücksichtigt.

### **Emission und Exposition gegenüber Schadstoffen**

Nur wenn ein Schadstoff in einer der betrachteten Phasen der Gebäudeerrichtung oder -nutzung freigesetzt wird, ist er auch in der Lage, über den inhalativen, dermalen oder oralen Aufnahmeweg auf den menschlichen Körper einzuwirken. Dies bedeutet, dass Schadstoffe, die während dieser Phasen in der Matrix des Baustoffes immobilisiert sind, keine Relevanz für die Bewertung haben.

Tools aus dem Arbeitsschutzbereich verwenden für eine einfache Abschätzung der Mobilisierbarkeit von Schadstoffen häufig deren Dampfdruck. Diese Vorgangsweise kann auf die Verarbeitungsphase, nicht oder nur bedingt auf die Nutzungsphase eines Bauproduktes angewendet werden. Im Sinne eines Abklingverhaltens verdampft etwa ein Großteil der niedrigsiedenden Produktanteile oder diese reagieren im Verarbeitungsprozess „ab“. Umgekehrt kann vermutet werden, dass die hochsiedenden und schwer verdampfbaren Anteile während der lange dauernden Nutzungsphase eine Rolle spielen. Eine realistische Abschätzung von Emissionen in der Nutzungsphase ist schwierig und am ehesten über Befunde aus Prüfkammermessungen möglich. Diese sind aber nur für eine begrenzte Zahl von Bauprodukten verfügbar, wenn diese Messungen etwa als Nachweis der Kriterienerfüllung für Verordnungen<sup>3</sup>, Prüf- und Umweltzeichen benötigt werden.

Für die Nutzungsphase und somit die Innenraumluftqualität ist die direkte Emission, d.h. Verdampfung in Kombination mit Diffusion, von vorrangiger Bedeutung. Es ist aber nicht außer Acht zu lassen, dass Substanzen aus der Oberfläche von Innenausstattungsmaterialien auch als Abrieb abgegeben werden und nach Adsorption an Partikel indirekt die Innenraumluft belasten können.

### **Chemikalien in Bauprodukten**

Bei Bauprodukten ist, ausgehend vom europäischen Chemikalienrecht grundsätzlich zwischen Zubereitungen und Fertigwaren zu unterscheiden: Zubereitungen sind als „Gemenge, Gemische oder Lösungen“ definiert, die aus zwei oder mehreren Stoffen bestehen. Wichtige Produktgruppen wie Farben, Kleber oder Fugenmassen fallen demnach unter diesen Begriff. Zubereitungen sind, sofern sie gefährliche Stoffe enthalten, nach der Stoffrichtlinie RL 67/548/EWG bzw. der Zubereitungsrichtlinie RL 99/45/EG mit Gefahrensymbolen, Gefahrenhinweisen (R-Sätzen) sowie Sicherheitshinweisen (S-Sätzen) zu kennzeichnen. Für Zubereitungen, die eingestuft werden, müssen deren gefährliche Bestandteile mit den jeweiligen Konzentrationen oder Konzentrationsbereichen angegeben werden und bilden Teil der Information des Sicherheitsdatenblattes. Fertigwaren sind chemikalienrechtlich zur „Verwendung als solche bestimmte Erzeugnisse“ und unterliegen demnach nicht den Kennzeichnungserfordernissen wie Zubereitungen, sofern die darin enthaltenen (gefährlichen) Stoffe nicht „bestimmungsgemäß“ freigesetzt wer-

<sup>3</sup> Zum Beispiel die Formaldehydverordnung, Verordnung des Bundesministers für Umwelt, Jugend und Familie vom 12. Februar 1990 über Beschränkungen des Inverkehrsetzens und über die Kennzeichnung formaldehydhaltiger Stoffe, Zubereitungen und Fertigwaren, BGBl. Nr. 194/1990

den. Allerdings erfolgt in der Praxis durchaus eine „nichtbestimmungsgemäße“ Freisetzung gefährlicher oder „bedenklicher“ Stoffe. Zu den Fertigwaren zählen z.B. Fußbodenbeläge oder Bauplatten.

### Überlegungen zu einem systematischen Bewertungsansatz

Bei der Bewertung ist zwischen der Errichtungs- und Nutzungsphase zu unterscheiden, da beträchtliche Unterschiede in Art und Umfang der emittierten Schadstoffe bestehen. Ein zusätzliches wichtiges Unterscheidungsmerkmal betrifft Art und Umfang der verfügbaren Produktinformation. In diesem Zusammenhang ist es pragmatisch, zwischen Zubereitungen und Fertigwaren zu unterscheiden.

Daraus leitet sich ein modularer Ansatz der Bewertung ab:

Zubereitungen in der Verarbeitungsphase	Zubereitungen in der Nutzungsphase
Fertigwaren in der Verarbeitungsphase	Fertigwaren in der Nutzungsphase

Sofern die Bewertung in ein Ausschreibungsverfahren oder Leistungsverzeichnis integriert wird und die Gewerke oder die Baufirma die entsprechende Datengrundlage bereitstellen, sind zusätzlich der betrachtete Verarbeitungsprozess (z.B. Bodenverlegen) und die dabei verwendeten Produkte festzulegen.

Um eine Grundlage für einen Bewertungsansatz zu schaffen wurde eine umfassende Recherche und Gegenüberstellung methodischer Zugänge der Bewertung von Humantoxizität im Rahmen von Ökobilanzierungen, Arbeitsschutztools, Emissionsmessungen, Produktklassifizierungen sowie Produktbewertung und -kennzeichnungssystemen vorgenommen [5]. Die Eignung für eine Integration in den Bewertungsansatz wurde anhand folgender Fragestellungen beurteilt: Welche Wirkungsendpunkte werden berücksichtigt? Beziehen sich diese auf die Inhaltsstoffe oder Produkte? Wie werden Emissionen und Expositionen berücksichtigt? Berücksichtigt die Methode Arbeitsschutz- und/oder NutzerInnenaspekte? Welche Ressourcen (Informationen) werden benötigt? Wie liegen die Ergebnisse vor (z.B. Zeichen, Ausschlusskriterien, Kennzahlen)?

<b>A</b> Bauprodukte, die sicher einen Einfluss auf die Innenraumluft haben	<b>B</b> Bauprodukte, die möglicherweise oder in Einzelfällen einen Einfluss auf die Innenraumluft haben	<b>C</b> Bauprodukte, die keinen Einfluss auf die Innenraumluft haben
Holz- und Holzwerkstoffe		
		Wandbildner
		Dämmstoffe
Bodenbeläge		
Wandfarben		
	Putze, Mörtel, Putzgrundierungen	
		Dachdeckungen
Verlegewerkstoffe		
	Trockenbauplatten	
Oberflächenbeschichtungen		
Abdichtungen		
		Folien

Tab. 1: Erste Grobklassierung von Produktgruppen in drei Kategorien

Zusätzlich sollten insbesondere bei der Bewertung der Nutzungsphase nur solche Bauprodukte berücksichtigt werden, die auch Schadstoffe an die Innenraumluft abgeben können. Dazu wurde eine erste Grobklassierung von Produktgruppen in drei Kategorien vorgenommen (Tabelle 1).

### **Zubereitungen in der Verarbeitungsphase**

Produktkennzeichnungssysteme und Prüfzeichen sind grundsätzlich geeignet, zumindest Teilbereiche dieses Moduls abzudecken. Zu nennen sind etwa EMICODE (Kennzeichnungssystem für Klebstoffe) oder GISCODE (Kennzeichnungssystem für Farben, Klebstoffe, Reinigungsmittel usw.) [6,7].

Die Recherche zeigt, dass für dieses Modul auch Arbeitsschutztools anwendbar sind. Als geeignet erscheint dabei insbesondere das „Danish Code Number System“ [8]: Dabei handelt es sich um ein Kennzeichnungssystem, das mit einem aus zwei Zahlen bestehenden Code arbeitet. Die erste Zahl baut auf Arbeitsplatzgrenzwerten bzw. alternativ auf R-Sätzen auf und leitet daraus einen hypothetischen „Verdünnungsbedarf“ (m<sup>3</sup> Luft/Produktmenge) als Maß für das inhalative toxische Gefährdungspotenzial ab. Die zweite Zahl beschreibt und bewertet toxische Stoffeigenschaften, die über Haut- und Augenkontakt, orale Aufnahme oder über den Umweg Staub/Aerosol wirken (z.B. Hautsensibilisierung, Reizung, CMR Eigenschaften), aufbauend auf R-Sätzen. Von Vorteil erscheint bei dieser Methode die Berücksichtigung der wesentlichen Schadkomponenten (eingesetzte Mengen inklusive Verunreinigungen und Restmonomere) sowie die Differenzierung nach Wirkungsendpunkten und möglichen Aufnahmewegen.

### **Fertigwaren in der Verarbeitungsphase**

Bei diesem Modul ist das Auftreten von Fasern und Stäuben zu berücksichtigen.

### **Zubereitungen in der Nutzungsphase**

Bei der Recherche der Methoden konnte kein Ansatz identifiziert werden, welcher dieses Modul systematisch und praxistauglich abdecken kann. Da die Verarbeitung das Bauprodukt wesentlich verändert, können die zu erwartenden Emissionen in der Nutzungsphase am besten durch Messungen abgeschätzt werden, wo dieser Verarbeitungsschritt simuliert wird (z.B. Prüfkammernmessungen). Für die Bewertung erscheint eher ein vorsorgender bzw. vermeidender Zugang geeignet: In einer „Liste von Leitparametern“ werden für die jeweilige Produktgruppe Ausschluss- bzw. Rankingkriterien für gefährliche und/oder „bedenkliche“ Stoffe bzw. Stoffgruppen festgelegt. Dafür kann auf Kriterien von Prüf- und Umweltzeichen zurückgegriffen werden. Ein Screening anhand dieser Liste gewährleistet, dass kein potenzieller Schadstoff übersehen wird. Werden im Screening Informationslücken festgestellt, können diese zu einer Abwertung führen. Zusätzlich ist noch zu prüfen, ob das für die Verarbeitungsphase als geeignet identifizierte „Danish Code Number System“ für eine Anwendung im Rahmen dieses Moduls adaptiert werden könnte.

### **Fertigwaren in der Nutzungsphase**

Auch hier erscheint eine Liste von „Leitparametern“ in Abhängigkeit von der jeweiligen Produktgruppe am geeignetsten, um eine Bewertung pragmatisch durchzuführen. Die Schwierigkeiten ergeben sich bei Fertigwaren daraus, dass für diese im Regelfall keine ausreichende Produktinformation verfügbar ist, außer sie tragen ein Prüf- oder Umweltzeichen. Insbesondere die in diesem Zusammenhang durchgeführten Emissionsmessungen und Geruchsprüfungen wären geeignet, den Schadstoffgehalt abzuschätzen. Es ist noch zu prüfen, ob individuelle Produkte einzeln zu bewerten sind oder ob es ausreicht entsprechende Rahmenrezepturen zu bewerten und auf Einzelbewertungen anzuwenden.

### **Bewertungsergebnis**

Da die Bewertung keine absolute Prognosen für Schadstoffkonzentrationen, sondern nur eine Abschätzung von Emissionspotenzialen innerhalb von Produktgruppen liefern kann, liegt nur ein qualitatives Bewertungsergebnis vor. Dieses kann eine Klassierung (z.B. „empfehlenswert“, „eingeschränkt empfehlenswert“, „nicht empfehlenswert“) oder eine Reihung („Ranking“) von Produkten sein, Kombinationen sind ebenfalls denkbar.

Sollen Vergleiche zwischen bewerteten Produkten durchgeführt werden, um eine begründete Produktauswahl treffen zu können, sind „funktionelle Einheiten“ festzulegen, die sich nicht

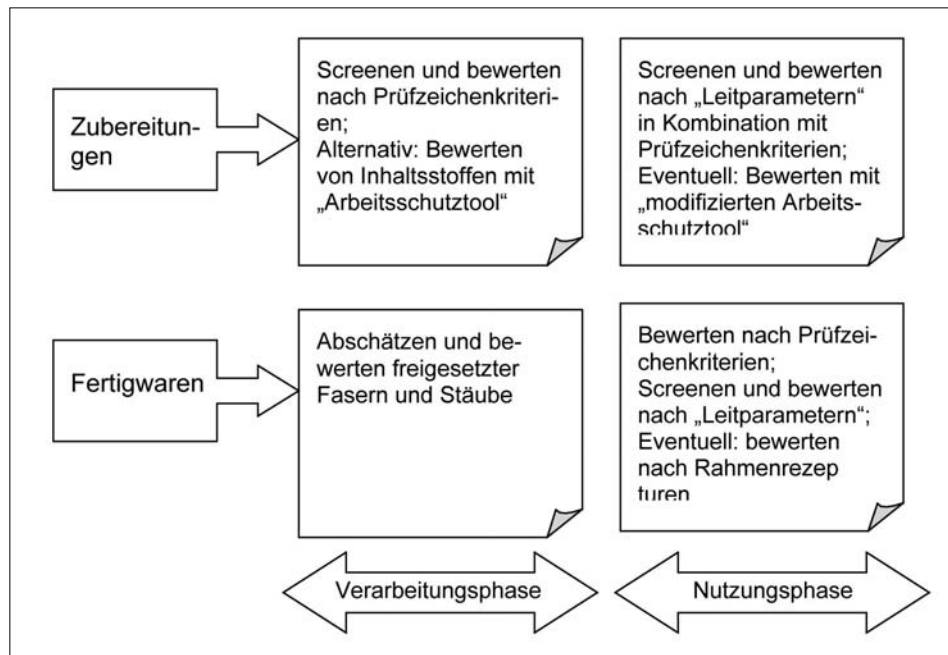


Abb. 2: Produktgruppenspezifische Bewertungsmodule

auf das Produkt selbst, sondern den damit verbundenen Zweck bzw. Nutzen beziehen. Beispielsweise wäre bei Wandfarben die „funktionelle Einheit“ nicht 1 kg Farbe, sondern die von 1 kg Farbe bedeckte Fläche in m<sup>2</sup>.

## Literatur

[1] Programmlinie „Haus der Zukunft“: 3. Ausschreibung im Rahmen des Impulsprogramms Nachhaltig Wirtschaften des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie, <http://www.hausderzukunft.at>

[2] TQ-Tool: Planungs- und Zertifizierungsinstrument für Gebäude, <http://www.argetq.at>

[3] Niederer, M.; Bohn, S.; Brehm, K und Bircher, A.J.: Airborne contact dermatitis from methylchloroisothiazolinone in wall paint. Abolition of symptoms by chemical allergen inactivation. In: Contact Dermatitis (2000), 42, S. 196-201.

[4] Seifert, B.: Richtwerte für die Innenraumluft – Die Beurteilung der Innenraumluftqualität mit Hilfe der Summe der flüchtigen organischen Verbindungen (TVOC Wert). In: Bundesgesundheitsbl. (1999), 42, S. 270 –278.

[5] Oehme, I.; Klade, M.; Boogman, P.; Mötzl, H.; Ganglberger, E.; Geissler, S und Tappeler, P.: SIBAT – Vorsorgende Sicherstellung der Innenraumluftqualität von Gebäuden – Anwendung von Toxizitätskriterien in der Materialbewertung. Zwischenbericht im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie – Impulsprogramm Nachhaltig Wirtschaften (2003).

[6] GEV-Einstufungskriterien und GEV-Prüfmethode der Gemeinschaft Emissionskontrollierte Verlegewerkstoffe e.V. (GEV), <http://www.emicode.de>

[7] GISCODES und Produktcodes, <http://www.gisbau.de>

[8] Dänische Behörde für Arbeitsschutz – Bilag til Arbejdstilsynets bekendtgørelse nr. 301 af 13.maj 1993 (inkl. underbilag), [www.at.dk/sw6239.asp](http://www.at.dk/sw6239.asp)



# Programmlinie „Haus der Zukunft“ im Rahmen des Impulsprogramms Nachhaltig Wirtschaften des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie

Herbert Greisberger

## Impulsprogramm „Nachhaltig Wirtschaften“

Die Anwendung des Prinzips der Nachhaltigkeit kann unseren Wohlstand und unsere Lebensqualität langfristig erhalten. Nachhaltigkeitsorientierung trägt nicht nur zur Umweltentlastung bei, sondern eröffnet der Wirtschaft völlig neue Chancen. Sie hilft unseren Bedürfnissen durch Entwicklung intelligenterer und effizienterer Lösungen und Produkte zu entsprechen, spart aber gleichzeitig Energie und Rohstoffe.

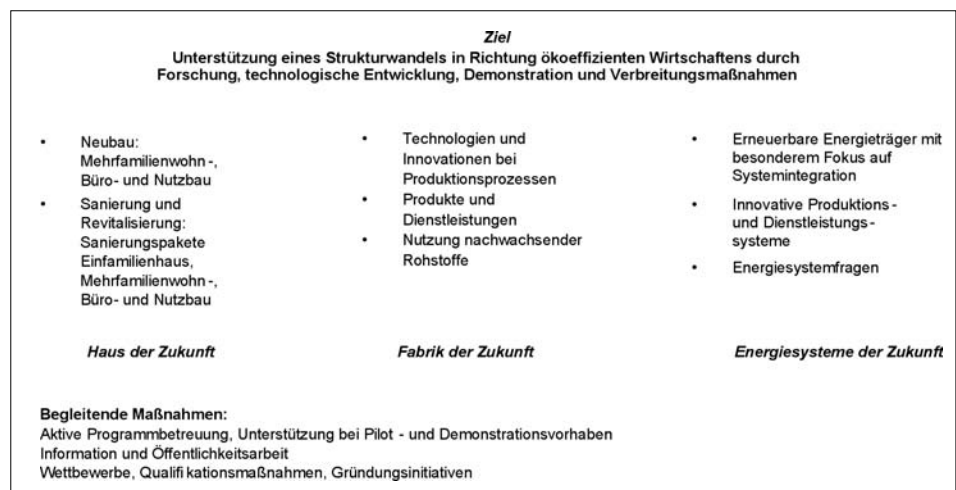
Das Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie (BMVIT) beabsichtigt mit dem Impulsprogramm Nachhaltig Wirtschaften, durch nachhaltigkeitsorientierte Entwicklungen wesentliche Innovationsimpulse für die österreichische Wirtschaft zu setzen, um damit einen Strukturwandel in Richtung ökoeffizienten Wirtschaftens durch Forschung, technologische Entwicklung, Demonstration und Verbreitungsmaßnahmen zu unterstützen.

Das Impulsprogramm Nachhaltig Wirtschaften zielt auf eine sparsamere Nutzung natürlicher Ressourcen, einen Ausbau des Technologievorsprungs Österreichs bei der Entwicklung nachhaltiger Technologien und auf die Erreichung von positiven Wirtschafts- und Beschäftigungseffekten ab.

Deshalb sieht die Konzeption des Impulsprogramms einerseits die proaktive Thematisierung von spezifischen Fragestellungen vor und nützt andererseits die Möglichkeiten des offenen Wettbewerbs. Durch thematische Ausschreibungen werden klare Schwerpunkte gesetzt, gleichzeitig soll aber auch eine kreative Vielfalt an technischen und wirtschaftlichen Lösungen möglich sein. Rückmeldungen und Erfahrungen aus durchgeführten Ausschreibungen werden im Sinne eines institutionalisierten Lernprozesses bei späteren Ausschreibungen berücksichtigt.

Die inhaltlich aufeinander aufbauenden Ausschreibungen und anschließenden Vergaben von Projekten führen zu einer schrittweisen Annäherung an das Ziel der jeweiligen Programmlinie. Abschließend sollen richtungweisende Pilotprojekte realisiert sein.

Intensive Vernetzung und Abstimmung der Projekte innerhalb des Programmtemas im Rahmen der Betreuung durch ein begleitendes Schirmmanagement führen zu einer höheren Gesamteffektivität. Informationsweitergabe und Know-how Transfer sowie Unterstützung bei Pilot- und Demonstrationsvorhaben sollen die Umsetzung und Verbreitung der Innovationen gewährleisten. Begleitende Maßnahmen, wie die Durchführung von Wettbewerben, aber auch Qualifikationsmaßnahmen und Gründungsinitiativen sollen das Erreichen des Programmziels unterstützen. Innerhalb des Impulsprogramms laufen drei Programmlinien zu den Themen „Haus der Zukunft“, „Fabrik der Zukunft“ und „Energiesysteme der Zukunft“ (siehe Abb1).



Die Programmlinie „Haus der Zukunft“ umfasst sowohl den Neubau als auch die Althausanierung, wobei im Neubau die Konzeption, Planung und Realisierung nachhaltiger Mehrfamilien-, Büro- und Nutzbauten im Mittelpunkt stehen. Der Themenschwerpunkt „Althausanierung“ zielt auf die Schaffung umfassender Sanierungspakte im Einfamilienhausbereich sowie Faktor-10-Sanierungen im Geschoßwohnbau.

Die Programmlinie „Fabrik der Zukunft“ hat das Ziel, innerhalb der nächsten fünf Jahre zu richtungweisenden Demonstrations- und Pilotprojekten im Bereich nachhaltiger Technologieentwicklung zu kommen. Beispiele können innovative Produktionsprozesse, zukunftsweisende Produktbeispiele oder Betriebe sein.

Die Programmlinie „Energiesysteme der Zukunft“ fokussiert auf die nachhaltigkeitsbezogene Weiterentwicklung von Energiesystemen. Die Reduktion des Energiebedarfs durch gesteigerte Energieeffizienz sowie die Erhöhung des Anteils erneuerbarer Energieträger steht dabei im Mittelpunkt.

## **Leitprinzipien nachhaltiger Technologieentwicklung**

Um die Ziele der nachhaltigen Entwicklung auf eine technische und wirtschaftliche Ebene zu übertragen und praktisch anwendbar zu machen, wurden in Zusammenarbeit mit einer Expertengruppe im Zuge der Vorbereitungsphase sieben Leitprinzipien nachhaltiger Technologieentwicklung herausgearbeitet. Sie bilden eine Grundlage zur Beurteilung zukünftiger Themenschwerpunkte und Projekte des Impulsprogramms Nachhaltig Wirtschaften.

### **Prinzip der Dienstleistungs-, Service- und Nutzenorientierung**

In einer nachhaltig zukunftsverträglichen Wirtschaft ist die Bereitstellung von Energie, von Gütern und Produkten nicht primär von reinen Versorgungsüberlegungen (was kann wo angeboten und verkauft werden) geprägt, sondern konzentriert sich zunächst auf die mit Energie, Gütern und Produkten zu erfüllenden Funktionen bzw. Dienst- oder Serviceleistungen.

### **Prinzip der Nutzung erneuerbarer Ressourcen**

Dabei ist die energetische und stoffliche Versorgung möglichst durch erneuerbare und/oder nachwachsende Ressourcen zu bewerkstelligen.

### **Effizienzprinzip**

Wichtige Zielsetzung ist, Dienst- oder Serviceleistungen so energie- und materialeffizient, aber auch so kosteneffizient wie möglich zu erfüllen.

### **Prinzip der Rezyklierungsfähigkeit**

Besonders in Bereichen, in denen die Nutzung erneuerbarer Ressourcen noch nicht oder nur schwer möglich ist, ist eine Rezyklierung oder kaskadische Nutzung der Ressourcen anzustreben.

### **Prinzip der Einpassung, Flexibilität, Adaptionfähigkeit und Lernfähigkeit**

Zukunftsverträgliche Entwicklungen sind als innovative, dynamische Prozesse zu begreifen, die in Bezug auf Technologien einerseits eine Einpassung an vorhandene (z.B. regionale) Rahmenbedingungen und Gegebenheiten, andererseits eine kontinuierliche Anpassung an neue Entwicklungen und Gegebenheiten erfordern.

### **Prinzip der Fehlertoleranz und Risikovorsorge**

Auch die Vorsorge gegenüber Störfällen mit maßgeblichen Auswirkungen durch fehlertolerante Technologien und Systeme gehört zum Konzept einer „Nachhaltigen Entwicklung“.

### **Prinzip der Sicherung von Arbeit, Einkommen und Lebensqualität**

Durch die Erhaltung und Schaffung hochwertiger sinnvoller Arbeit einerseits sowie einer lebenswerten Umwelt andererseits soll eine Erhöhung der Lebensqualität erreicht werden.

## Programmlinie „Haus der Zukunft“

Dem Bau-, Wohn- und Sanierungsbereich kommt eine zentrale umweltpolitische Bedeutung zu, weil einerseits Wohnen zu den menschlichen Grundbedürfnissen zählt, andererseits mit der Schaffung neuer Wohnräume (inkl. aller dazugehörenden Dienstleistungen) erhebliche Umweltbelastungen verbunden sind. Diesem ressourcenintensiven Sektor sind

- ca. 25 % der mineralischen Stoffflüsse
- ca. 50 % des jährlichen Abfallaufkommens (davon ca. 60-70 % Bodenaushub) und
- nahezu 40 % des Endenergieeinsatzes

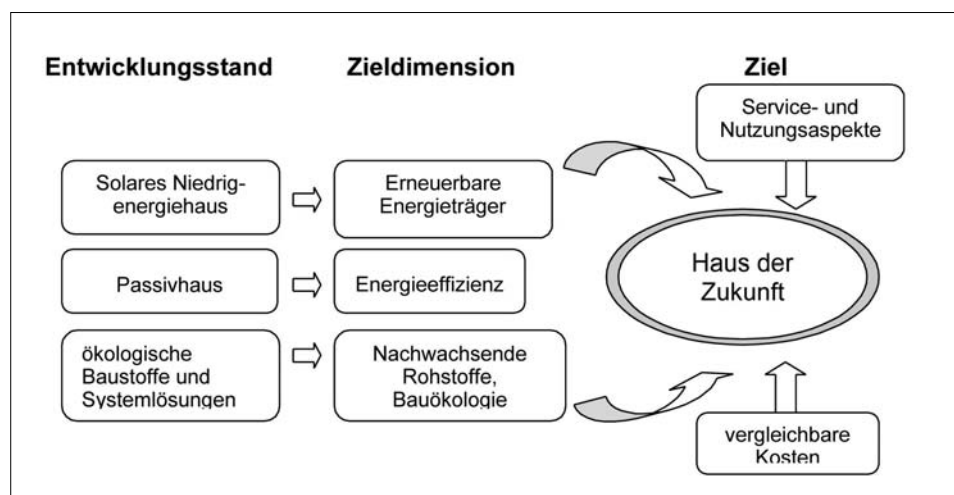
zuzuordnen. Hinzu kommt der steigende Flächenbedarf durch Gebäude und die damit einhergehende Landschafts- und Flächenzersiedelung. Ein weiterer Effekt ist der steigende Individualverkehr mit den dadurch verursachten negativen ökologischen Folgewirkungen.

Daraus ergibt sich die logische Schlussfolgerung, dass neue Instrumente für eine nachhaltige Zukunft gefunden werden müssen, die sowohl die energetischen, ökologischen, sozialen als auch die ökonomischen Dimensionen des Bereiches Alt- und Neubau berücksichtigen.

Die Programmlinie „Haus der Zukunft“ ist ein solches Instrument, mit dem versucht wird, durch konzeptgeleitete Ausschreibungen innovative Forschungs-, Entwicklungs- und Demonstrationsprojekte zu unterstützen. Mit Hilfe dieser Projekte soll ein konsensfähiger Strukturwandel im Bereich Bauen herbeigeführt, sollen neue Märkte mit hoher volkswirtschaftlicher Relevanz erschlossen und ein wesentlicher Beitrag für eine nachhaltige Zukunft geleistet werden.

## Ausgangspunkt und Ziel der Programmlinie

Ausgangsbasis für das „Haus der Zukunft“ waren die aktuellen Entwicklungen bei den solaren Niedrigenergie- und Passivhäusern, wo es eine beachtliche Zahl an Pilot- und Demonstrationsprojekten gab. Beide Haustypen sind überwiegend energieorientiert. Hingegen fehlte bei den bestehenden Demonstrationsprojekten<sup>1</sup> eine umfassende ökologische und soziale Ausrichtung – wie z.B. hinsichtlich atmosphärischen Emissionen, ökologische Qualität der verwendeten Materialien, Innenraumklima, Reduktion des Materialeinsatzes inkl. Entsorgung, Minimierung der Lebenszykluskosten und Kundenakzeptanz – weitgehend.



Unter einem „Haus der Zukunft“ sind Neubauten und sanierte Altbauten zu verstehen, die im Vergleich zur derzeitigen Bau- und Sanierungspraxis in Österreich folgende Kriterien erfüllen:

- Faktoriell erhöhte Energieeffizienz hinsichtlich des gesamten Lebenszyklus
- verstärkter Einsatz erneuerbarer Energieträger, insb. Solarenergie und Biomasse
- erhöhte Nutzung nachwachsender Rohstoffe und effizienter Materialeinsatz

<sup>1</sup> CHEPHEUS (Cost Efficient Passive Houses as European Standards): Gebäude im Passivhausstandard wurden geplant, errichtet, messtechnisch untersucht und schließlich dokumentiert. Buchtipp: Krapmeier, Drössler, CEPHEUS - Wohnkomfort ohne Heizung, www.springer.at



- vermehrte Berücksichtigung von Service- und Nutzungsaspekten für die BenutzerInnen von Wohn- und Bürogebäuden
- vergleichbare Kosten gemessen an herkömmlichen Bauweisen.

Gerade in der Integration der oben genannten Kriterien in einem Gebäude besteht die besondere Herausforderung der Programmlinie Haus der Zukunft. Besonderes Augenmerk wird daher auf die Zusammenführung einzelner Forschungsergebnisse und Erfahrungen in ein nachhaltiges Gesamtkonzept gelegt. Voraussetzung hierfür ist die positive Zusammenarbeit unterschiedlicher Professionen im Rahmen einer integrativen Planung für österreichweite Demonstrationsbauten.

Ziel der Programmlinie „Haus der Zukunft“ ist demnach die Entwicklung, Errichtung von Pilotprojekten und Marktdiffusion von Komponenten, Bauteilen und Bauweisen für Wohn-, Büro- und Nutzbauten (sowohl für den Neubau als auch für den Altbau), die oben genannten Kriterien und den Leitprinzipien einer nachhaltiger Technologieentwicklung in hohem Maße entsprechen. Mit der Errichtung und begleitenden Evaluierung der Demonstrationsbauten soll auch die Voraussetzung für eine effiziente Diffusion der Ergebnisse in die Baupraxis geschaffen werden.

Die Verknüpfung dieser Anforderungen ist anspruchsvoll und birgt Zielkonflikte in sich, für die konsensfähige Lösungen gefunden werden müssen. Die Integration von sozialen, ökonomischen und ökologischen Zielvorstellungen ist auch mit erheblichen Chancen verbunden, wobei der Schlüssel zu deren Realisierung in Innovationen liegt – wiederum nicht nur in technologischen, sondern in Kombination mit sozialen, ökonomischen und institutionellen Innovationen. Gerade in der Kombination der genannten Kriterien besteht die Chance zur Erreichung von Technologiesprüngen mit hohem Marktpotenzial. Sie soll damit zu einer Stärkung der österreichischen Bauwirtschaft führen.

## **Stand der Programmlinie**

Mit dem Start der Programmlinie „Haus der Zukunft“ wurde 1999 ein erster Schritt in Richtung nachhaltige Entwicklung für den Neu- und Altbau gesetzt. Bisher wurden 4 Ausschreibungen und 2 Wettbewerbe durchgeführt und nahezu 140 Projekte mit einem Gesamtvolumen von über 16 Mio. EURO gefördert bzw. finanziert. Es stellt damit auch eines der größten österreichischen Technologieprogramme dar. Mit Ende 2003 waren etwa die Hälfte der Projekte abgeschlossen. Ihre Ergebnisse sind öffentlich zugänglich und können auf [www.HAUS-derzukunft.at](http://www.HAUS-derzukunft.at) eingesehen werden. Neben einer Kurzbeschreibung können alle Berichte in gedruckter Form bestellt werden, stehen Ihnen aber auch als pdf-files zum Herunterladen zur Verfügung.

Die Programmlinie wurde in die Themenschwerpunkte Neubau und Althausanierung unterteilt, die – basierend auf gesonderten Strategiekonzepten – jeweils eigene Zielsetzungen und Schwerpunkte verfolgen.

### **Neubau**

Der Themenschwerpunkt Neubau wurde 1999 gestartet und konzentrierte sich auf großvolumige Bauten und Siedlungen. Unter Bedachtnahme auf Landschaftszersiedelung, Flächenverbrauch und Mobilitätsbedarf wurden im Bereich des Neubaus primär Mehrfamilienhäuser, Büro- und sonstiger Nutzbau berücksichtigt. Das Schwergewicht der ersten beiden Ausschreibungen lag hier einerseits auf der Aufbereitung der sozio-ökonomischen und technischen Grundlagen sowie andererseits auf der Entwicklung und Umsetzung innovativer Pilotprojekte im Sinne einer nachhaltigen Wirtschaftsentwicklung. Im Rahmen der 3. und 4. Ausschreibung erfolgte eine erhöhte Konzentration auf die Errichtung von Demonstrationsbauten, die die Kriterien der Programmlinie in hohem Maße erfüllen.

Die unerwartet positive Entwicklung des Themenschwerpunktes erlaubte es, im Jahr 2002 den „Zukunftsmarkt“ Althausanierung zu starten.

## Althausanierung

Unter dem Aspekt der Ressourcenschonung wird in der Althausanierung der Fokus auf alle Gebäudekategorien gerichtet. Im Mittelpunkt steht auch hier die Reduktion der Energiekosten, die Nutzung erneuerbarer Energieträger und Rohstoffe sowie die Berücksichtigung baubiologischer Aspekte. Der Verbesserung der Wohnqualität und der NutzerInnenzufriedenheit sowie den Kosten einer umfassenden Sanierung kommt hier besonderes Augenmerk zu. Während im Bereich der Einfamilienhäuser der Fokus auf der Schaffung qualitativ hochwertiger Sanierungspakete liegt, stellt im Bereich der Mehrgeschoßbauten das „behagliche Faktor-10-Alt- haus“ eine besondere Herausforderung dar. Bisher wurden 2 Ausschreibungen dem Thema Althausanierung gewidmet, wobei die Projekte großteils noch nicht abgeschlossen sind.

Im Themenschwerpunkt Neubau werden 16 Planungen und Errichtungen von Demonstrationbauten in den Bundesländern Vorarlberg, Oberösterreich, Niederösterreich, Steiermark und Wien aus der Programmlinie „Haus der Zukunft“ finanziert bzw. gefördert. 9 Bauprojekte wurden im Rahmen von Cepheus gefördert. Darüber hinaus umfasst die Programmlinie 13 Planungen für Altbausanierungen. Die im Rahmen der Programmlinie geförderten Demonstrationbauten werden sowohl energetisch als auch im Hinblick auf ökologische Aspekte und der NutzerInnenzufriedenheit evaluiert. Sie werden zeigen, inwieweit die Ziele der Programmlinie erreicht werden konnten.



## Zukunft der Programmlinie

Die Programmlinie „Haus der Zukunft“ konzentriert sich im Themenschwerpunkt Neubau auf die Umsetzung und Evaluierung der Demonstrationsprojekte sowie auf die Verbreitung der generierten Ergebnisse. Weiter vertieft wird vor allem die Planung und Errichtung von Siedlungen im ländlichen Raum. Im Themenschwerpunkt Althausanierung soll in den nächsten Jahren zum einen die Zusammenführung und Vertiefung der Ergebnisse im Rahmen von Demonstrationsprojekten (und deren Evaluierung) gezeigt werden, zum Anderen der Blick „über das Gebäude hinaus“ auf Siedlungen und Quartiere erfolgen.

### Weitere Informationen unter

[www.Hausderzukunft.at](http://www.Hausderzukunft.at); [www.nachhaltigwirtschaften.at](http://www.nachhaltigwirtschaften.at)  
bzw. Schirmmanagement „Haus der Zukunft“, ÖGUT, Hollandstraße 10, 1020 Wien; [office@HAUSderzukunft.at](mailto:office@HAUSderzukunft.at); Tel.: +43/1/315 63 93-12

### Programmverantwortung

Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie  
Abteilung Energie- und Umwelttechnologien  
Leitung: DI Michael Paula  
A-1010 Wien, Renngasse 5

### Schirmmanagement

ÖGUT, Österreichische Gesellschaft für Umwelt und Technik  
Leitung: Dr. Herbert Greisberger  
A-1020 Wien, Hollandstraße 10/46



# Luftströmungen in Gebäuden

## Kleine Ursache – große Wirkung

Bernhard Damberger, Peter Tappler, Felix Twrdik

### Einleitung

Der unkontrollierte und in der Regel unerwünschte Übertritt von Luft aus einem Raum bzw. Stockwerk eines Gebäudes zu einem davon abgetrennten Gebäudebereich gibt häufig Anlass zu Beschwerden von Raumnutzern über Gerüche bzw. damit einhergehende Gesundheitsbeeinträchtigungen. Obwohl das Problem des interzonalen Stofftransfers bekannt ist [Kvisgaard und Schmidt 1991], fehlen systematische Daten zu diesem weitverbreiteten Phänomen. Es ist nur unzulänglich bekannt, in welchem Ausmaß dieses Phänomen auftritt, ob bestimmte Bauweisen besonders betroffen sind und in welchem Umfang eine Belastung der Innenraumluft besteht. Ein weiterer Aspekt von Luftströmungen von außen sind undichte Gebäudehüllen.

### Ursachen und Auswirkungen

Für Luftströmungen in Gebäuden kann es verschiedene Ursachen geben:

- Undichte Gebäudehülle (Fenster, Steckdosen, unverputzte Ziegelwände, Kamine, Schächte): Außenluft dringt in den Innenraumbereich über Leckagen ein. Oft ist nur eine unzureichende Winddichtheit gegeben, diese Fehler wirken sich bei Wind besonders deutlich aus.
- Undichtheiten zwischen verschiedenen Wohnungen, Schächten und Wohnungen bzw. Tiefgaragen und Wohnungen. In diesen Fällen kann alleine die Thermik (Kamineffekt) im Gebäude zu Luftströmungen führen. Diese Luftströmungen können durch mechanische Geräte wie Ventilatoren (WC, Bad) und Lüftungsanlagen verstärkt werden.
- In Gebäuden mit raumluftechnischen Anlagen kann es bei mangelhafter Abdichtung von Lüftungskanälen zur unerwünschten Vermischung verschiedener Luftqualitäten kommen (z.B. Kontamination der Zu- oder Frischluft mit Ab- oder Fortluft).

Luftströmungen werden aufgrund der vorhandenen Druckunterschiede in natürlich belüfteten Gebäuden meist zwischen unterschiedlichen Stockwerken beobachtet und treten vor allem in älteren Häusern mit Tramdecken oder beschädigter Deckenkonstruktion (Löcher im Verputz, z.B. durch unsachgemäß eingebaute abgehängte Decken) auf. Unkontrollierte Luftströmungen werden auch in Gebäuden, die in Betonplattenbauweise errichtet wurden, sowie beim Vorhandensein raumluftechnischer Anlagen beobachtet.

Das Phänomen von plötzlich in Wohnungen auftretenden schwarzen Staubniederschlägen (magic dust) wurde ebenfalls in Einzelfällen auf Luftströmungen in Gebäuden – meist zwischen Garage oder Heizraum und betroffenem Innenraum – zurückgeführt [Tappler et al. 1998].

Luftströmungen in Gebäuden können zu einem gesundheitlichen Risiko bzw. zu einer Belästigung der Raumnutzer durch Schadstoffe führen. Durch Substanzen mit besonderem Schädigungspotenzial (z.B. krebserzeugendes Benzol als Bestandteil von Vergaserbenzin) können mitunter gravierende raumlufthygienische Probleme entstehen. Dokumentierte Beispiele dafür sind der Übertritt von Lösungsmitteln aus Gewerbebetrieben wie z.B. Lackierereien und Chemischen Reinigungen in darüber liegende Wohnungen oder der Übertritt von Tabakrauch aus Gastgewerbebetrieben oder Raucherhaushalten in Nichtraucherwohnungen.

Unkontrolliert auftretende Gerüche werden in den meisten Fällen als Belästigung empfunden und sind als maßgebliche Beeinträchtigung der Wohnqualität anzusehen. Starke Gerüche führen mitunter zu einer völligen Unbenutzbarkeit von Büros oder Wohnungen.

Von den Raumnutzern werden vor allem folgende Beschwerden geäußert:

- Geruchsbeschwerden, akute gesundheitliche Beeinträchtigungen wie Schleimhaut- und Bindehautreizungen, Kopfschmerzen (SBS-ähnliche Symptome)

- Schwarzstaub (magic dust)
- Zugscheinungen, z.B. aus Steckdosen oder Sesselleisten
- kalte Wohnungen trotz hoher Heizkosten

In neu errichteten Wohnungen strömt bei Vorliegen eines Unterdrucks (Ventilator in Bad oder WC, Dunstabzug) oftmals Luft nicht mehr über die Fensterfugen nach, sondern es bilden sich interzonale Luftströmungen aus, die durch Undichtigkeiten zu anderen Wohnungen, über Schächte bzw. Rohr-Durchführungen zwischen Decken und Wänden verursacht werden. Zu Belästigungen kann es dann kommen, wenn die in die Wohnung unkontrolliert nachströmende Zuluft aus geruch- oder schadstoffbelasteten Bereichen des Gebäudes stammt.

Messungen in einem Mehrfamilienwohnhaus ergaben, dass durch die die doch relativ kleinen Ventilatoren in Bad und WC bzw. durch den Küchendunstabzug beträchtliche Druckdifferenzen aufgebaut werden können.

	Einheit	Unterdruck gegenüber der Umgebung
Ventilatoren in Bad und WC in Grundlast (kann nicht abgeschaltet werden)	[Pa]	4
zusätzlich Ventilator Bad in Vollast	[Pa]	6
zusätzlich Dunstabzug Stufe 1	[Pa]	9
zusätzlich Dunstabzug Stufe 2	[Pa]	11
zusätzlich Dunstabzug Stufe 3	[Pa]	12

Tab. 1: Messung des Unterdrucks in einer Wohnung gegenüber der Außenluft.

Luftströmungen in Gebäuden stellen neben der Belästigung bzw. der Gefährdung der Gesundheit ein nicht zu unterschätzendes Brandschutzproblem dar, da im Brandfall in relativ kurzer Zeit Rauchgase von einem Brandabschnitt in den anderen gelangen können. Die hohen Sanierungskosten nach Wohnungsbränden werden häufig durch die Rauchgase und nicht durch die direkte Feuereinwirkung verursacht. Gebäude, deren Undichtigkeit ein bestimmtes (derzeit noch nicht genau festgelegtes Maß) überschreiten, erfüllen nicht mehr die Vorgaben der Bauordnung hinsichtlich Brandschutz.

### Methodik zur Bestimmung von Luftströmung

Zur Untersuchung der interzonalen Luftströmungen wird in der Regel eine Tracergastechnik eingesetzt. Tracergastechniken wurden in zahlreichen Fällen dazu verwendet, Luftströmungen in Gebäuden aufzufinden und zu quantifizieren [Haghighat et al. 1990; Breum 1992; Raatschen 1995]. Als Tracergas wird das in der Umwelt praktisch nicht vorkommende Gas Schwefelhexafluorid (SF<sub>6</sub>) eingesetzt, das sich auch in Fragestellungen wie der Bestimmung des Luftwechsels bewährt hat (Tappler et al. 1997). Die Detektion erfolgt mittels fotoakustischer Infrarotspektroskopie.

Es ist hilfreich, die Messungen möglichst unter standardisierten Bedingungen durchzuführen, um von zufälligen außenklimatischen Gegebenheiten, die sich auf die Druckverhältnisse auswirken können, unabhängig zu sein. Dies kann je nach Fragestellung z.B. dadurch realisiert werden, indem im Zielbereich ein definierter Unterdruck von beispielsweise 10 Pa mittels einer Blower-Door Apparatur erzeugt wird.

### Fallbeispiele

#### Geruchstransfer zwischen zwei Wohnungen

Ein Übertritt von Luft von einer Wohnung in die andere ist ein relativ häufiges Phänomen, das in den meisten Fällen von den Nutzern nicht wahrgenommen wird. Werden nun in diesen Wohnungen Gerüche (Kochen) oder Schadstoffe (Tabakrauch) erzeugt, können diese Stoffe unter bestimmten Umständen in Nachbarwohnungen übertreten. Ein permanent betrieb-

ner Abluftventilator im WC der Wohnung, verbunden mit einer sehr geringen Fugenlüftung, bedingt durch dicht schließende Fenster, kann einen permanenten Unterdruck in der Wohnung erzeugen. Ein deutlicher Unterdruck kann auch durch den Dunstabzug in der Küche und Heizanlagen, die die Verbrennungsluft über den Innenraum beziehen, entstehen. Nachströmöffnungen werden häufig aus Gründen der Energieeinsparung nicht vorgesehen bzw. werden von den Wohnungsnutzern nachträglich verstopft.

In einem konkreten Fall wurde die durch einen Entlüftungsventilator abgesaugte Luft über Undichtheiten im Bereich des Installationsschachtes im WC nachgeliefert. In der Wohnung darunter wohnte ein starker Raucher, der seine Wohnung nur sporadisch lüftete. Der Zigarettenrauch war in der darüber liegenden Wohnung deutlich wahrnehmbar, obwohl in dieser Wohnung nie geraucht wurde.

In einem anderen Fall wurde mit Lösungsmitteln stark verunreinigte Luft aus der unter einer Wohnung liegenden KFZ-Werkstätte in verschiedene Räume der Wohnung über Undichtigkeiten in der Deckenkonstruktion gesaugt, in der Folge verteilte sich die kontaminierte Luft in weiten Bereichen der Wohnung.

Abb. 1: Durchtrittsweg von Luftschadstoffen über Abflussrohr im Installationsschacht



### Garagengerüche in einer Arztordination in einem zentral klimatisierten Bürohaus

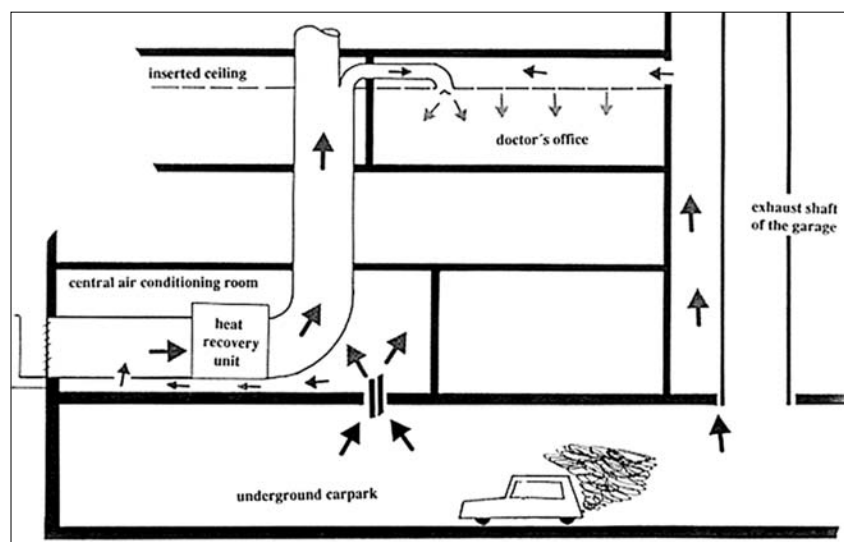
In einem zentral klimatisierten, multifunktionalen mehrstöckigen Gebäude mit Büros, Verkaufslökalen und einer Arztordination traten vor allem in den Ordinationsräumen im 2. Obergeschoß starke Garagengerüche, an manchen Tagen auch Gerüche nach Benzin und verfaultem Wasser auf. Die Mehrheit der Mitarbeiter der Ordination klagte während der Arbeitszeit über Antriebslosigkeit, Kopfschmerzen, Bindehautreizungen und Schleimhautreizungen, wodurch sich die Krankenstandszeiten signifikant erhöhten.

Es wurde vermutet, dass die offenbar aus der dreigeschoßigen Tiefgarage stammenden Gerüche durch die raumlufttechnische Anlage im Gebäude verteilt werden. Die Tiefgarage wurde nicht von der Klimaanlage mitversorgt, sondern hatte einen zentralen Entlüftungsschacht, über den die Garage über Dach entlüftet wurde. Zur Abklärung, ob ein Stofftransfer von der Tiefgarage in die Ordinationsräume möglich ist, erfolgte an mehreren Stellen der Garage eine stoßweise Freisetzung von Tracergas. Das Gas wurde durch die Bewegung eines PKWs verteilt. Etwa 5 Minuten nach Freisetzung des Tracergases konnte ein merkbarer Anstieg der Konzentration an SF6 sowohl in einem Decken-Einlassventil der Klimaanlage als auch mit einer gewissen Phasenverschiebung in der Raumluft der Ordinationsräume beobachtet werden.

Oberhalb der abgehängten Decke in den Ordinationsräumlichkeiten konnten hohe Konzentrationen an SF6 detektiert werden. Weitergehende visuelle Untersuchungen ergaben, dass sich in dem gemauerten vertikalen Schacht der Garagenentlüftung eine Öffnung zum Luftraum oberhalb der Zwischendecke von etwa 1 x 1 m befand. Es handelte sich dabei offensichtlich um einen Baumangel. Ein relevanter Eintrittsweg der Garagengerüche war daher folgender: Tiefgarage — Fugen zwischen Entlüftungsschacht und Garagendecke — Zwischenraum zwischen gemauertem Schacht und Blechkanal der Garagenentlüftung — Öffnung zwischen Schacht und Zwischendecke — Luftraum oberhalb der Zwischendecke — Raumluft der Ordination.

Da nach Verschließen der Öffnung nach

Abb. 2: Luftströmungen von der Garage in Innenräume in einem zentral klimatisierten Gebäude über mehrere, voneinander unabhängige Wege



wie vor in der Zuluft der Ordination SF6 nachgewiesen werden konnte, musste ein weiterer Durchtrittsweg an Geruchsstoffen aus der Garage bestehen. Aufgrund weiterer Messungen beim Rotationswärmetauscher in der Klimazentrale konnte ein Lüftungstechnischer Kurzschluss im Wärmetauscher ausgeschlossen werden. Durch genaue Untersuchungen des Frischluftkanals konnte festgestellt werden, dass der Blechkanal eine Öffnung an einer Stelle im Bodenbereich hatte. Es handelte sich dabei ebenfalls um einen Verarbeitungsfehler. Durch den vom Zuluftventilator verursachten Unterdruck wurde Garagenluft über Rohrdurchbrüche in die Klimazentrale, von dort in den Frischluftkanal gesaugt und in der Folge im Gebäude verteilt. Nach Verschließen sämtlicher Durchtrittswegen wurden in der Ordination keine störenden Gerüche mehr wahrgenommen. Auch abschließende Tracergasuntersuchungen ergaben, dass nun mehr kein Eintritt von Stoffen aus der Tiefgarage stattfand.

### Lüftungskurzschluss in einer Klimaanlage

In einem neu erbauten, zentral klimatisierten Universitätsgebäude traten in zwei Hörsälen Küchengerüche auf. Sowohl Studenten als auch Vortragende berichteten unter anderem über Konzentrationsstörungen, Übelkeit und schnelle Ermüdung. Aufgrund der Qualität der Gerüche wurde vermutet, dass die im gleichen Gebäude befindliche Mensa als Quelle der Gerüche anzusehen ist. Das Lüftungssystem der Mensa war bis auf die zentralen Frischluft- und Fortluftkanäle vom Lüftungssystem der Hörsäle getrennt, die Kochstellen hatten eine eigene Entlüftung. Um

zu überprüfen, ob die Mensa als Quelle der Gerüche in Frage kommt, erfolgte eine Tracergasmessung, wobei im Küchenbereich die kontrollierte Freisetzung von SF6 erfolgte.

Sowohl in der Raumluft als auch in den Zuluftöffnungen der betroffenen Hörsäle konnte SF6 in zeitlich ansteigenden Konzentrationen nachgewiesen werden. Da jedoch kein Tracergas im Frischlufteinlass der Klimageräte am Dach nachgewiesen werden konnte (Abb. 3), wurde die ursprüngliche Vermutung, dass ein Lüftungskurzschluss zwischen Fortluftauslass – Mensa bzw. Entlüftung der Kochstellen und Frischlufteinlass – Hörsäle (Wiedereintritt von Fortluft über Dach) besteht, ausgeschlossen.

Als nächster Schritt wurden die Rohrleitungen in der Klimazentrale untersucht. Messungen mittels Rauchpatronen ergaben, dass die Strömungsrichtung sowohl des Frischluftkanals als auch des Fortluftkanales zur und von der Mischkammer im Klimagerät - Mensa umgekehrt war, wodurch Fortluft aus dem zentralen Fortluftkanal in den zentralen Frischluftkanal gedrückt wurde. Von hier gelangte die kontaminierte Luft in den Frischluftkanal des Klimagerätes für die Hörsäle und in der Folge in die Hörsäle. Als primäre Ursache der Umkehrung der Strömungsrichtung konnte ein stark verschmutzter Frischluftfilter identifiziert werden.

Auch in diesem Fall handelte es sich um ein multifaktorielles Problem.

Durch die veränderten Druckverhältnisse wurde zusätzlich in großen Mengen mit Geruchsstoffen kontaminierte Fortluft über Öffnungen in der gemeinsamen Blech-Trennwand vom zentralen Fortluftkanal in den zentralen Frischluftkanal gedrückt (Abb. 4).

Nach Einbau neuer Filter und Abdichtung der offenen Fugen im Frischluftkanal konnte durch Tracergasuntersuchungen nachgewiesen werden, dass kein Geruchstransfer aus der Mensa in die Hörsäle gegeben war, es konnten in den Hörsälen keine Mensagerüche mehr wahrgenommen werden.

Abb. 3: Untersuchung des Geruchstransfers über Dach, im Vordergrund Auslass Entlüftung Kochstellen Mensa, im Hintergrund Frischlufteinlass Mensa/Hörsäle

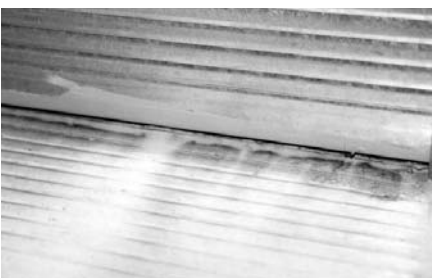


Abb. 4: Fehlende Abdichtung im Bereich Trennwand zentraler Fortluft- / Frischluftkanal

### Luftströmungen über Schächte

In der Praxis zeigt es sich häufig, dass die Ursache für unkontrollierte Luftströmungen nicht ausreichend abgedichtete Installationsschächte sind. Die Schwachpunkte sind in diesen Fällen die Revisionsöffnungen der Schächte, die in den meisten Fällen keine oder eine unzureichende Abdichtung aufweisen.

Eine weitere Möglichkeit eines Durchtrittes ist gegeben, wenn aufgrund von entsprechenden Druckverhältnissen im Außenbereich über den Sammelentlüftungsschacht Toilettengerüche von

der Toilette einer Wohnung in die Toilette der unmittelbar darüber liegenden Wohnung einströmt.

Bei der Messung wird in der Toilette der unteren Wohnung SF<sub>6</sub> freigesetzt, wobei das ausströmende Gas mittels eines Ventilators im Raum verteilt wird (Abb. 5). In beiden Toiletten wird nun die Konzentration an SF<sub>6</sub> über einen bestimmten Zeitraum gemessen und zueinander in Beziehung gesetzt. Mit der Zeit wird sich ein Gleichgewicht einstellen. Es kann dann der Anteil an kontaminierter Luft aus dem unteren Bereich, der in die Raumluft der oberen Toilette strömt, bestimmt werden.

Anzumerken ist, dass die Ergebnisse derartiger Messungen naturgemäß auch von den Randparametern der Messung (Temperaturen außen und innen, Luftdruck, Windrichtung und -stärke) beeinflusst werden. Es ist daher zur Erfassung von Extremsituationen sinnvoll, unter worst-case Bedingungen zu untersuchen und mittels einer BlowerDoor Apparatur eine geringe, jedoch realistische Druckdifferenz während der Messung zu erzeugen. Das Geruchsproblem kann je nach Aufgabenstellung durch den Einbau von gasdichten Revisionstüren bzw. durch den Einbau eines zentralen Ventilators, der am Dach installiert wird, gelöst werden.

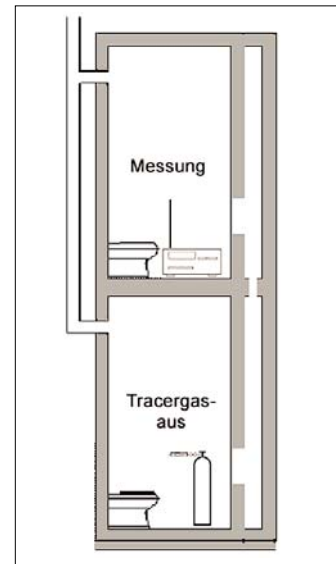


Abb. 5: Untersuchung des Geruchstransfers von übereinander liegenden Toilettenanlagen in einem Mietshaus

## Bewertungsmaßstäbe und Ausblick

Einzelmessungen zeigen, dass die Übertrittsraten zwischen einzelnen lufttechnisch getrennten Abschnitten in modernen, gut gewarteten Gebäuden unter 1 % liegen. In Einzelfällen wurde allerdings nachgewiesen, dass über der Hälfte der Zuluft zu Räumen aus anderen Gebäudeteilen stammen kann. Aufgrund fehlender repräsentativer Daten ist jedoch eine allgemeine Festlegung, welcher Prozentsatz an der gesamten Zuluftmenge, die einen Raum erreicht, aus anderen Gebäudeteilen stammen darf und noch zu tolerieren ist, nicht möglich. Bei einer Beurteilung müssen daher die Untersuchungsergebnisse im Einzelfall einer Situativ-Integrativen-Bewertung zugeführt werden, wie sie im allgemeinen Teil der „Richtlinie für eine gesunde Raumluft“ [BMLFUW 2003] skizziert wurde.

Bei Luftströmungen in Gebäuden, die ein geringfügiges Ausmaß überschreiten, liegt ein Bauschaden vor, der umgehend zu sanieren ist, da im Brandfall Gefahr für Leben und Gesundheit der Bewohner besteht. Bei Neubauten ist durch wirkungsvolle und dauerhafte Abdichtung der Brandabschnitte dafür Sorge zu tragen, dass unerwünschte Luftströmungen in Gebäuden vermieden werden. Es ist vor allem auf rauchdichte Installationsschachtabdichtungen, dichte Rohrdurchführungen und auf die Vermeidung von Durchtrittswegen in der Deckenkonstruktion zu achten.

Die Tracergasmethode erweist sich als sehr hilfreiches und aussagekräftiges Instrument, Geruchsprobleme in Zusammenhang mit Luftströmungen in Gebäuden zu untersuchen und damit einer Lösung zuzuführen. Die Methode ist leicht anzuwenden und liefert nicht nur Ja/Nein – Entscheidungen, sondern auch quantitative Aussagen als Grundlage zur Berechnung des Ausmaßes eines Durchtritts. Vor allem werden sofort verfügbare Ergebnisse erzielt, was diese Methode gegenüber anderen Analyseverfahren in der Gebäudediagnostik [Dietz und Cote 1982] auszeichnet. Der zusätzliche Einsatz der Blower-Door Apparatur hat sich bei vielen Messungen als zielführend erwiesen.

## Literatur

BMLFUW (2003): Richtlinie zur Bewertung der Innenraumluft. Erarbeitet vom Arbeitskreis Innenraumluft am Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft und der Österreichischen Akademie der Wissenschaften, Blau-Weiße Reihe (Loseblattsammlung)

Breum NO (1992): Diagnosis of Ventilation by Single-Tracer Gas Techniques. Indoor Air Supplement No 1/93.

Dietz R Cote E (1982) Air Infiltration Measurements in a Home using a convenient Perfluorocarbon Tracer Technique. In: Environment International Vol. 2, 182: 419-433

Haghighat F et al. (1990): Experimental Analysis of Air Flow in a Residential Building. In:



The Proceedings of the 5th International Conference on Indoor Air Quality and Climate - Indoor Air '90, Vol. 4: 373-378.

Kvisgaard B, Schmidt L (1991): Interzonal airflow measurement - a tool to solve pollution problems. 12th AIVC Conference, Ottawa, Canada.

Lansari A et al. (1996): Dispersion of Automotive Alternative Fuel Vapors within a Residence and its Attached Garage. Indoor Air Vol 6 (2): 118-126

Raatschen W. (1995): Tracergasmessungen in der Gebäudetechnik Teil 2. In: Gesundheits-Ingenieur-Haustechnik-Bautechnik-Umwelttechnik 116/ 1995, Heft 3, 129-138.

Tappler P, Sulzner M, Scheidl K, Burtscher I (1997): Formaldehyd und Luftwechsel in österreichischen Fertigteilhäusern. Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Gesundheit, Sport und Konsumentenschutz, IBO Eigenverlag

Tappler P, Damberger B (1998): Interzonaler Schadstofftransfer in Gebäuden als Ursache von Geruchsproblemen; Vorgehensweise, Einsatz der Tracergastechnik, Sanierung. VDI-Berichte 1373: Gerüche in der Umwelt, Innenraum- und Außenluft, Tagung Bad Kissingen, 4.-6.3.1998: 489-500

Tappler P, Damberger B, Twrdik F (1998): Ursachenermittlung und analytische Vorgehensweisen bei Auftreten von Schwarzstaubbelastungen in Gebäuden. In: Gebäudestandard 2000: Energie und Raumluftqualität, AGÖF Fachkongress 1998, Nürnberg: 235-241

# Innenraumlufmessungen: Fallbeispiele und vergleichende Labormessungen

Alberto Pagani, Leopold Kranner, Bernhard Weidinger

## Auftragsabwicklung

- Anlass zu einer Prüfung
  - Geruch, Schadensfall
- Befundaufnahme
  - Welche Produkte wurden eingesetzt
  - Probenahme, Momentaufnahme
- Analyse
- Nachstellversuche
- Gutachten



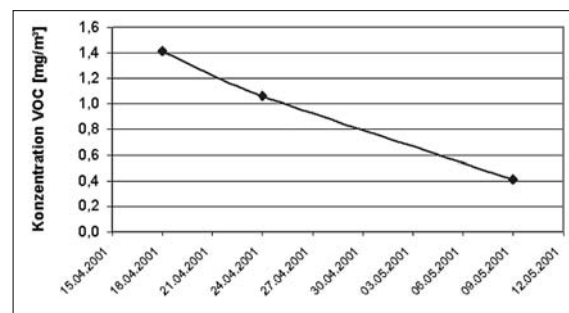
Bereiche des Österreichischen Forschungsinstituts für Chemie und Technik (ofi)

## Fallbeispiele

- Schulklassen (Lösemittelgeruch nach Neuversiegelung der Parkettböden)
- Keller (Lösemittelgeruch nach Imprägnierung der Wände)
- Innenraumpaneele (Stechender Geruch nach Einbau)

### Fallbeispiel: Schulklassen

- Schulklassen 1. Stock:
  - Butylacetat: 1,5 mg/m<sup>3</sup>
  - Trimethylbenzol: 0,6 mg/m<sup>3</sup>
  - TVOC: 6,6 mg/m<sup>3</sup>
- Schulklassen 3. Stock:
  - Butylacetat: 0,4 mg/m<sup>3</sup>
  - Trimethylbenzol: 0,2 mg/m<sup>3</sup>
  - TVOC: 2,8 mg/m<sup>3</sup>



Nachstellversuche Schulklassen

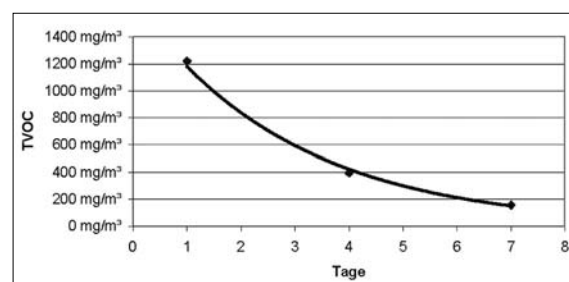
### Nachstellversuche

- Messungen der eingesetzten Bodenversiegelung mit einer Emissionskammer am ofi
- Ergebnisse

### Fallbeispiel: Keller

- Nach Tiefengrundierung der Kellerwände wurde ein starker Lösemittelgeruch wahrgenommen
- 6 Monate nach der Imprägnierung wurden Messungen durchgeführt
- Analyseergebnisse:
  - in Bodennähe
  - TVOC: ca. 80 mg/m<sup>3</sup>
  - Davon ca. 60 % Aromaten

Nachstellversuche Keller

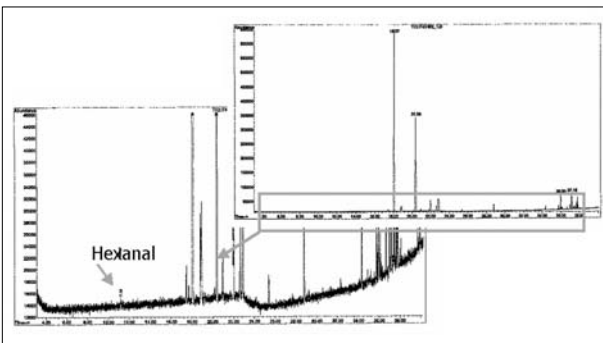


### Nachstellversuche



Analysengeräte am ofi

### Fallbeispiel: Innenraumpaneele



### Ausblick

- Geringe Stoffmengen
- Analytische Herausforderung
- Summenparameter
- Biologische Ansätze
- Allergenpotentiale
- Bewertung und Charakterisierung von Innenraumprodukten

# Emissions- und Geruchverhalten von Fußbodenaufbauten – Vorgaben der europäischen Bauprodukterichtlinie

Gerald Saleschak

Der Vortrag soll einen kurzen Überblick über die rechtlichen Grundlagen der europäischen Bauprodukterichtlinie in Verbindung mit Auswirkungen auf die Praxis, Hinweise auf vorbeugende Maßnahmen zur Vermeidung von Reklamationen sowie die Möglichkeiten der Beurteilung des Emissions- und Geruchsverhaltens von Fußbodenaufbauten geben.

Die „Richtlinie des Rates vom 21.12.1988 zur Angleichung der Rechts- und Verwaltungsvorschriften der Mitgliedstaaten über Bauprodukte (89/106/EWG)“ (Bauproduktenrichtlinie) wurde national im Bauproduktgesetz (BauPG „55. Bundesgesetz über das Inverkehrbringen von Bauprodukten und den freien Warenverkehr mit diesen“ vom 23.5.1997) umgesetzt.

Die Richtlinie umfasst die wesentlichen auf Bauwerke anwendbaren Anforderungen, die die technischen Merkmale eines Produktes beeinflussen können, nämlich die mechanische Festigkeit und Standsicherheit, den Brandschutz, die Nutzungssicherheit, den Schallschutz, die Energieeinsparung und den Wärmeschutz und die Hygiene, die Gesundheit und den Umweltschutz. Diese müssen während einer angemessenen Lebensdauer des Produktes erfüllt werden.

Betrachtet man im Detail die Anforderungen an die Hygiene, die Gesundheit und den Umweltschutz, so muss das Bauwerk so ausgeführt sein, dass die Hygiene und die Gesundheit der Bewohner und der Anwohner insbesondere durch folgende Einwirkungen nicht gefährdet werden:

- Freisetzung giftiger Gase
- Vorhandensein gefährlicher Teilchen oder Gasen in der Luft
- Emission gefährlicher Strahlung
- Wasser- oder Bodenverunreinigung oder -vergiftung
- unsachgemäße Beseitigung von Abwasser, Rauch und Abfall
- Feuchtigkeitsansammlungen in Bauteilen oder an deren Oberflächen im Innenraum

Das diese Forderungen auch in der Praxis Relevanz besitzen, zeigt z.B. ein Urteil des Oberlandesgericht Oldenburg aus dem Jahre 1998, bei dem die Werkleistung eines Parkettlegers aufgrund einer überdurchschnittlichen Raumluftbelastung mit flüchtigen organischen Verbindungen als mangelhaft beurteilt wurde. Interessant ist, dass für dieses Urteil keine hervorgerufene Schädigung der Bewohner als erforderlich angesehen wurde, sondern bereits der begründete Gefahrverdacht als ausreichend befunden wurde.

Um das Risiko einer mangelhaften Werkleistung möglichst zu minimieren, gibt es mehrere Ansätze. Einige Möglichkeiten sind eine ausreichende Schulung des Personals hinsichtlich der Auswahl und dem Umgang mit den Werkstoffen, bezogen auf Fußbodenaufbauten die sorgfältige Prüfung des Untergrundes vor dem Verlegen von Bodenbelägen und eine dementsprechende Vorbereitung für die Verlegung, die Einhaltung der Herstellerangaben zum Gebrauch der eingesetzten Produkte und die Auswahl von geprüften und als emissionsarm eingestuften Werkstoffen.

Zu letzterem bieten sich dabei die Verwendung von Verlegewerkstoffen mit EMICODE EC1 der GEV (Gemeinschaft Emissionskontrollierte Verlegewerkstoffe), die Verwendung von textilen Bodenbelägen mit GUT-Label oder die Verwendung von mit dem Österreichischen Umweltzeichen ausgezeichneten Textilien oder elastischen Bodenbelägen an, da diese Produkte u. a. auch einer Emissions- und/oder Geruchsprüfung unterliegen und dementsprechende Grenzwerte einhalten müssen.

Kommt es nun zu Befindlichkeitsstörungen im Innenraum und damit zum Reklamationsfall, so muss zuerst überlegt werden, welche Ursachen dafür in Frage kommen. Meist wird die Schuld den Bodenbelagskomponenten zugeschoben und dabei außer Acht gelassen, dass einerseits im Innenraum noch andere Emissionsquellen (Möbel, Wandanstrich, biogene Quellen, ...) vorliegen können und andererseits – wie aus der prozentuellen Verteilung der gebäudebezogenen Ursachen für Befindlichkeitsstörungen zu entnehmen ist – flüchtige organische Verbindungen (VOCs) und Geruch nur daran einen Anteil von unter 30% aufweisen.

Zur Überprüfung, ob VOCs und/oder Geruch die Ursache für die Reklamation sind, gibt es mehrere Möglichkeiten:

- Raumluftmessung (aktive oder passive Probenahme)
- Isolierte Prüfung von Bauprodukten (Emissionskammer, FLEC-Zelle, ...)
- Sensorische Prüfung vor Ort und/oder bei einem isolierten Bauprodukt

Die instrumentelle Analytik wird im Rahmen anderer Vorträge ausführlich dargestellt, weshalb das Hauptaugenmerk dieses Vortrages auf die sensorische Prüfung gelegt wurde. Die grundsätzliche Schwierigkeit in der sensorischen Beurteilung liegt darin, dass sie primär einer subjektiven Wahrnehmung unterliegt und deshalb für eine möglichst objektive Beurteilung die körperliche Eignung und eine ausreichende Schulung des Prüfers Voraussetzung sind.

Dass nicht jede Person für den Einsatz als sensorischer Prüfer geeignet ist, liegt daran, dass es eine Reihe von Einflussfaktoren auf den Geruchssinn gibt (physische Faktoren wie Alter, Geschlecht, Ermüdungszustand, Menstruation, Raucher; Schädigung der Schleimhaut und Krankheit; unterschiedliche Schwellenwerte für Geruchsstoffe; psychische Faktoren wie Stimmungslage, Motivation, Erwartungshaltungen; Umgebungsbedingungen wie Klima und Lärm; Funktionsstörungen des Geruchssinnes; Art des Riechens; Konzentration der Geruchsstoffe; Zuordnung zu einem Sinneseindruck; Adaption bei Dauereinwirkung). Deshalb ist es zunächst bei der Auswahl von Prüfern erforderlich, abzuklären, ob diese einen „normalen“ Geruchssinn besitzen.

Eine Möglichkeit dazu, die sogenannten Sniffin`Sticks, stammt aus dem medizinischen Bereich und wurde für die Diagnose von Störungen des Geruchssinnes entwickelt. Mit diesen kann die Geruchsschwelle, die Unterscheidungsfähigkeit zwischen Gerüchen und das Geruchsgedächtnis eines Probanden getestet werden. Als Ergebnis erhält man den „SDI“-Wert, der für einen Menschen mit normalem Geruchssinn über 30 liegen sollte.

Die nächste Stufe stellt die Überprüfung der Eignung als „analytischer“ Prüfer dar. Dieser muss zusätzliche Anforderungen wie die Fähigkeit zur objektiven Beschreibung und Analyse von Gerüchen, eine ausgeprägte Fähigkeit zur Speicherung von Geruchswahrnehmungen im Gedächtnis („Geruchsgedächtnis“), die Fähigkeit zur verbalen Beschreibung von Sinneswahrnehmungen (verbale Kreativität) und eine ausreichende Motivation neben der Grundanforderung an einen normalen Geruchssinn aufweisen.

Das ÖTI hat im Rahmen eines derzeit noch laufenden Forschungsprojektes zur Beurteilung von Gerüchen im Innenraum für die Auswahl und Schulung der Prüfer Identifikationstests, Schwellwerttest, Unterschiedsprüfungen (z.B. gerichteter paarweiser Vergleich, Dreiecksprüfung), Rangordnungsmethoden und in weiterer Folge eine spezielle Schulung anhand von Referenzprodukten, Reinstoffen und Aromakomponenten, die für den Innenraum relevant sind, herangezogen. Ziel dieses Projektes soll es sein, die sensorische Beurteilung von Gerüchen speziell im Innenraum auf eine einheitlichere Basis zu stellen, die auch in die Normung eingehen und damit eine verbesserte rechtliche Sicherheit hinsichtlich der Aussagen von Sachverständigen liefern soll. Denn die Beurteilung von Gerüchen von Bauprodukten ist ein Punkt, der derzeit in den Bewertungsschemen für Bauprodukte noch nicht ausformuliert ist, der aber mit Sicherheit in der näheren Zukunft kommen wird.

# Faserförmige Stäube in der Innenraumluft

Heinz Kropiunik

## Begriffsbestimmung

Stäube sind in der Innenraumluft ubiquitär vorhanden. Die Quellen sind generell sehr inhomogen und es ist ein sehr breites Spektrum hinsichtlich Staubart (Zusammensetzung, Form und Farbe), Teilchengröße und Teilchendichte zu verzeichnen. Neben dem Anteil aus der Außenluft sind als mögliche Quellen der Abrieb von Textilien, Einrichtungsgegenständen und Baustoffen anzuführen, weiters die Wohn- und Nutzungsgewohnheiten (Heizungsart, Rauchen) sowie die Anwesenheit von Menschen und gegebenenfalls Tieren an sich.

Nach der Größe der Partikel werden Feinstäube ( $< 5 \mu\text{m}$ ) und Grobstäube ( $> 100 \mu\text{m}$ ) unterschieden. In der Luft sedimentieren Grobstäube in kurzer Zeit zu Boden, während sich Feinstäube wochenlang in der Luft halten können.

Unter Fasern versteht man grundsätzlich lang gestreckte Aggregate, bei denen die Länge groß gegenüber dem Durchmesser ist, z.B.  $> 10:1$ .

## Systematik und Darstellung der Fasern

In der Systematik der Fasern unterscheidet man nach natürlichen Fasern und künstlich hergestellten Fasern bzw. Synthesefasern und innerhalb dieser beiden Gruppen jeweils in anorganische und organische Fasern.

Zu den anorganischen Naturfasern gehören insbesondere die Asbeste, die aufgrund des jeweiligen Ausgangsminerals in Serpentin-asbeste und Amphibol-asbeste unterteilt werden. Asbestfasern wurden vor allem im 20. Jahrhundert sehr breit im Bau- und Wohnbereich verwendet, so z.B. als Fassaden- und Dachplatten und als Brand-, Wärme- und Schallsoliermaterial. Asbest nimmt heute nach wie vor eine besondere Rolle in der Schadstoffbewertung der Innenraumluft ein.

Organische Naturfasern können weiter in tierische Fasern (Schafwolle, Haare, Seide etc.) und pflanzliche Fasern (Baumwolle, Flachs, Jute etc.) unterschieden werden. Im Kontext mit der Innenraumluft können organische Naturfasern, insbesondere tierische Fasern für Allergiker problematisch werden.

Die anorganischen Synthesefasern werden unter dem Oberbegriff „Künstliche Mineralfasern“, abgekürzt als KMF, zusammengefasst. Darunter fallen mineralische Wollen wie Glas-, Stein- und Schlackenwollen sowie keramische Wollen, Textilglasfasern, Endlosfasern und polykristalline Fasern.

Künstliche Mineralfasern werden aus der mineralischen Schmelze über unterschiedliche Düsen- oder Schleuderverfahren gewonnen. Zur Herstellung von Glaswolle werden Mischungen aus Flaschenglas oder Fensterglas mit Sand, Soda und Kalk sowie Zusätzen von Chemikalien und Flussmitteln verwendet. KMF-Produkte werden in erster Linie in der Wärmedämmung, im Brandschutz und in der Schallsolation eingesetzt und dienen vielfach als Asbestersatz. Unter bestimmten Voraussetzungen werden aber auch künstlichen Mineralfasern ähnliche gesundheitliche Wirkungen nachgesagt wie Asbesten.

Organische Synthesefasern, die aus natürlichen oder aus synthetischen Polymeren hergestellt werden können, gewinnen zwar zunehmend an wirtschaftlicher Bedeutung, spielen aber bis dato keine Rolle in der Innenraumluftqualität.

## Gesundheitliche Bedeutung einzelner Fasern

Nach dem derzeitigen Kenntnisstand werden Fasern einer Länge von  $> 5 \mu\text{m}$ , einem Durchmesser von  $< 3 \mu\text{m}$  und einem Verhältnis Länge:Durchmesser von  $> 3:1$  als lungengängig angesehen. Man spricht dabei auch von „kritischer Fasergeometrie“ oder von „WHO-Fasern“ (WHO – World Health Organisation).

Für eine mögliche Gesundheitsgefährdung infolge faserförmiger Stäube sind aber neben der Fasergeometrie auch die chemischen Eigenschaften von Bedeutung.

Besitzen solche „kritische Fasern“ aufgrund deren Chemismus zusätzlich eine hohe Biobeständigkeit, können sie also nach Inkorporierung in der Lunge nur schwer von den körpereigenen Abwehrmechanismen abgebaut werden, so können sie kanzerogenes Potential aufweisen.

Dies trifft in besonderem Maße auf Asbestfasern zu, wird aber zunehmend auch bestimmten Künstlichen Mineralfasern nachgesagt.

Nach der Richtlinie 67/548/EWG wurden kanzerogene Stoffe in 3 Kategorien wie folgt eingestuft:

Kategorie 1: Stoffe, die auf den Menschen bekanntermaßen kanzerogen wirken

Kategorie 2: Stoffe, die als kanzerogen für den Menschen angesehen werden sollten

Kategorie 3: Stoffe, die wegen möglicher kanzerogener Wirkung beim Menschen Anlass zu Besorgnis geben

In deutschen Regelwerken findet sich zusätzlich die Kategorie 0 für Stoffe ohne Einstufung als kanzerogenes Agens.

Asbestfasern werden international übereinstimmend der Kategorie 1 zugeordnet.

Für Mineralfasern bestehen derzeit teils unterschiedliche Kriterien für eine Zuordnung zu den Kategorien 2, 3 oder 0.

Mit der Richtlinie 97/69/EC der Europäischen Kommission vom 05.12.1997 wurden „Keramische Mineralfasern generell und Fasern für spezielle Anwendungen wie künstlich hergestellte ungerichtete glasige (Silikat-)Fasern mit einem Anteil der Alkali- und Erdalkali-Metalloxide  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{MgO}$  und  $\text{BaO}$  von weniger oder gleich 18 Gewichtsprozent“ als Karzinogene der Kategorie 2 eingestuft. Künstliche Mineralfasern mit einem Anteil der Alkali- und Erdalkali-Metalloxiden w. o. von mehr als 18 Gewichtsprozent wurden als Karzinogene der Kategorie 3 eingestuft.

In der deutschen Gefahrstoffverordnung wurde eine davon etwas abweichende Klassifizierung von Künstlichen Mineralfasern getroffen. Ein wesentliches Kriterium ist u.a. der Kanzerogenitätsindex KI, der sich aus der Differenz zwischen der Summe der Massengehalte der Oxide von Natrium, Kalium, Bor, Calcium, Magnesium und Barium sowie dem doppelten Massengehalt von Aluminiumoxid ergibt. Ist der KI größer oder gleich 40, so ist die jeweilige Mineralfaser in die Kategorie 0 einzustufen, liegt der KI zwischen 30 und 40, so liegt eine Mineralfaser der Kategorie 3 vor und liegt der KI unter 30, so liegt eine solche der Kategorie 2 vor.

Demgemäß lässt sich folgende Übersicht gemäß Tabelle 1 aufstellen, wobei das oben definierte Kriterium der Europäischen Kommission mit „EAMO“ abgekürzt wurde:

Faserart / Fasergruppe	Kategorie			
	K1	K2	K3	K0
Asbest	X			
Keramikfasern		X		
Künstliche glasige anorganische Fasern		EAMO ≤ 18 KI < 30	EAMO > 18 30 < KI < 40	KI ≥ 40
Anorganische Fasern, soweit oben nicht erwähnt			X	
Organische Fasern				X

Tabelle 1: Zuordnung von Fasern zu Kanzerogenitätskategorien

## Abgrenzung Asbest – Künstliche Mineralfasern

Die Durchmesser von Mineralfasern liegen heute im Bereich von 3 – 8 µm, allerdings ist herstellungsbedingt auch ein variierender Anteil an lungengängigen Feinstfasern mit einem Durchmesser von 0,1 – 3 µm vorhanden. Im Vergleich dazu liegen Asbestfasern als bekannteste anorganische Naturfasern im Bereich von 2 – 4 µm beim Chrysotil (Weißasbest, sh. Bild 1) bzw. 0,1 – 0,2 µm bei den Amphibolasbesten (z.B. Blauasbest, sh. Bild 2). Das Maximum der Kanzerogenität liegt bei einem Asbestfaserdurchmesser von 0,25 µm und einer Länge von 20 µm.

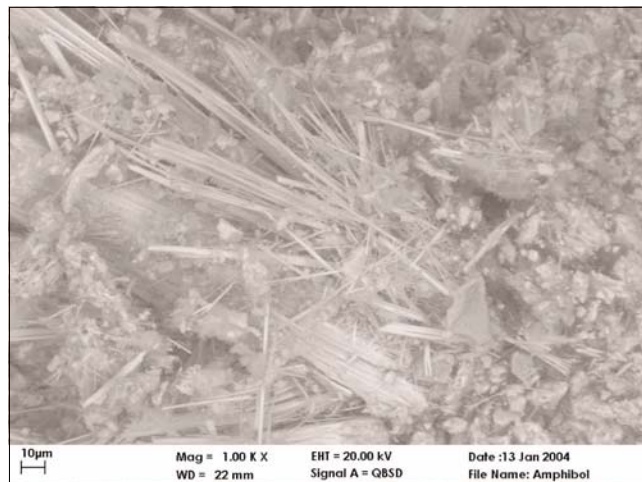
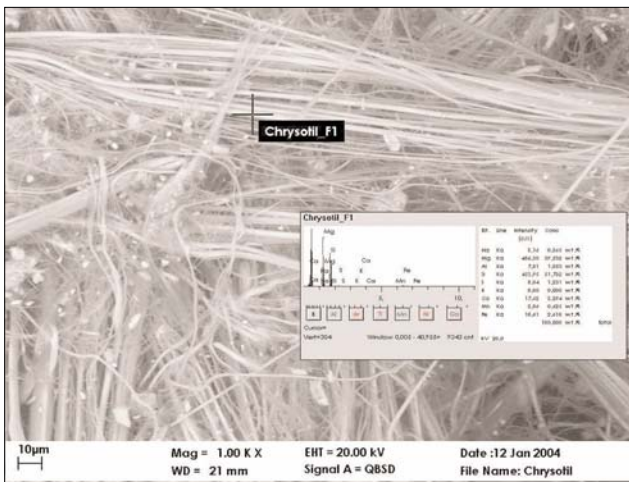


Bild 1: Chrysotilasbest, REM-Aufnahme bei 1000-facher Vergrößerung (linkes Bild)

Bild 2: Amphibolasbest, REM-Aufnahme bei 1000-facher Vergrößerung (rechtes Bild)

Die Abgrenzung der KMF von den Asbestfasern hinsichtlich der kanzerogenen Wirkung ist zum Teil wissenschaftlich noch nicht abgesichert. Die KMF entwickeln in der Regel weniger Feinstaub, welcher darüber hinaus einen geringeren Anteil von lungengängigen Fasern enthält. Im Vergleich zu Asbest sind die KMF im Körper geringer biologisch beständig, die für die Tumorauslösung notwendige Mindestbeständigkeit ist allerdings nicht bekannt.

Während also Keramikfasern in der EU generell der Kategorie 2 zugeordnet werden, ist dies bei Mineralfasern vom jeweiligen Chemismus abhängig. Aufgrund umfassender Umstellungen in der Produktion kann annähernd davon ausgegangen werden, dass die ab etwa 1996 hergestellten KMF-Produkte der Kategorie 3 zuzuzählen sind.



## Umgang mit kanzerogenem Fasermaterial

In Österreich bestehen mit der ÖNORM M 9406 spezifische Vorschriften für den „Umgang mit schwach gebundenen asbesthaltigen Materialien“. Mit der Überarbeitung dieser ÖNORM M 9406 im August 2001 wurde in der Einleitung ausgeführt, dass die dort festgelegten Bestimmungen auch für den Umgang mit anderen schwach gebundenen faserhaltigen Materialien mit kanzerogenem Potential angewendet werden können.

Die ÖNORM M 9406 enthält vor allem spezifisch auf Asbest abgestimmte Bestimmungen, die für die Bewertung bzw. Gefährdungsabschätzung sowie für Sanierungs- und Entsorgungsmaßnahmen anzuwenden sind. Spezifisch auf Künstliche Mineralfasern ausgerichtete Bestimmungen sind in Österreich derzeit noch nicht vorhanden.

Es ist aufgrund einhelliger Fachmeinungen davon auszugehen, dass das Gefährdungspotential aufgrund ordnungsgemäß eingebauter Dämmmaterialien auf Basis von KMF-Produkten im Wohnbereich gering ist. Eine Notwendigkeit zu Sanierungsmaßnahmen infolge von eingebauten KMF-Produkten ist in der Regel nicht gegeben, auch nicht für Keramikfaser-Produkte. Aufgrund von Messungen im Auftrag des UBA Berlin wurden in Innenräumen Konzentrationen von durchschnittlich 570 Fasern/m<sup>3</sup> KMF mit einem Durchmesser von < 3 µm festgestellt.

Hingegen ist beim Einbau und besonders beim Ausbau von KMF-Produkten Vorsicht geboten. Zwar liegen die Arbeitsplatzgrenzwerte (TRK-Wert) für Hochtemperatur-Glasfasern bei 500.000 Fasern/m<sup>3</sup> und für alle übrigen KMF-Produkte bei 250.000 Fasern/m<sup>3</sup>, jedoch kann bei unvorsichtigem Umgang mit solchen Produkten ein Vielfaches dieser Konzentrationen freigesetzt werden. Demgemäß sind unterschiedlich strenge Schutzmaßnahmen empfehlenswert, die in Deutschland in der TRGS 521 („Technische Regeln für Gefahrstoffe – Faserstäube“) festgelegt wurden.

# Machen Klimaanlage krank?

## Hygienische Aspekte von RLT-Anlagen

Johann Mattes

Raumlufttechnische Anlagen sollen gesunde, angenehme Luft in ausreichender Menge zur Verfügung stellen und für ein behagliches Raumklima sorgen. Durch geeignete Konstruktion ist dies durchaus möglich; Klimaanlage steigern dann, im Vergleich zu natürlich belüfteten Räumen die Leistungsfähigkeit und Produktivität, sie fördern Gesundheit und Wohlbefinden.

Zum Erreichen dieses Zieles ist bedarf es zunächst einer adäquaten Planung:

Die Luftmengen müssen ausreichend bemessen sein um Konzentrationsanstiege von CO<sub>2</sub> und sonstigen in die Raumluft abgegebenen Stoffen zu verhindern. Insbesondere tabakrauchbelastete Luft muss sicher als Fortluft entfernt werden. Von Umluft ist dringend abzuraten, wenn unumgänglich, muss sie ausreichend filtriert sein. Die Frischluftansaugung erfolgt am besten hoch über dem Erdboden an möglichst unbelasteten Stellen, vermieden werden müssen insbesondere Kurzschlüsse zu Fortluft oder Verbrennungsabgasen aus Kaminen oder KFZ. Wesentlich ist eine ausreichende Filtration: F5 für die erste und F7 für die zweite Filterstufe sollten nicht unterschritten werden, in der ÖNORM H6021 gilt sogar F7/F8. Anfallendes Kondensat muss gut ablaufen können, hier ist eine korrekte Ausführung der Gefälle in den Wannen und der Siphone wichtig. Von Bedeutung ist auch die Zugänglichkeit der Bauteile ( Register! ) für Inspektion, Wartung und Reinigung. So gebaute Anlagen können den Gehalt der Luft an Pollen und Schimmelpilzsporen im Vergleich zur Außenluft deutlich reduzieren. Auch der CO<sub>2</sub>-gehalt der Raumluft ist im Vergleich zu natürlich belüfteten Gebäuden niedriger. Eine Abnahmeprüfung nach Fertigstellung sollte die Funktionsfähigkeit und korrekte Einstellung der Anlage dokumentieren.

Wie jedes technische Gerät müssen auch Klimaanlage regelmäßig gewartet werden. Werden RLT-Anlagen vernachlässigt, kommt es zu Funktionseinschränkungen sowie Staubablagerungen und Keimwachstum in den Anlagen. Eine mit Stäuben und Bioaerosolen belastete und möglicherweise gesundheitlich nachteilige Raumluft ist die Folge. Das Spektrum der gesundheitlichen Konsequenzen reicht von Geruchsbelästigung über Befindlichkeitsstörungen (Sick-Building-Syndrom = SBS) bis hin zu manifesten Erkrankungen (Building Related Illness = BRI, z.B. Verschlechterung einer Asthma- Erkrankung oder Legionelleninfektion).

Essenziell bei der Wartung sind regelmäßige Filterwechsel, die sich nicht nur am Erreichen des Differentialdruckes orientieren. Mit Mikroorganismen belastete Filter können übelriechende und gesundheitsschädliche Stoffe an die Luft abgeben. Einer Verkeimung des Befeuchterwassers muss unbedingt vorgebeugt werden, in der deutschen VDI 6022 sind 14-tägige Keimzahlkontrollen vorgeschrieben, laut ÖNORM H6021 muss das zur Befeuchtung verwendete Wasser Trinkwasserqualität haben. Von erheblicher Bedeutung kann das Umlaufwasser der Kühltürme sein: durch Kühlturmaerosole verursachte Legionellenausbrüche sind dokumentiert. Dementsprechendes Augenmerk ist auf den Hygienestatus der Kühltürme zu richten. Die Wartung von RLT-Anlagen sollte auch visuelle Hygienekontrollen umfassen, um kleinere Abweichungen mit geringem Aufwand beheben zu können: Entfernung von Feuchtstrecken, organische Verschmutzungen an Registern, Reparatur von gerissenen Filtern, Sicherstellung des Kondensatablaufes.

In größeren Abständen sollte eine weitergehende Hygieneinspektion von externen Gutachtern durchgeführt werden. Unseren Erfahrungen nach sind folgende Mängel am häufigsten:

- Unzureichende Entfeuchtung der Kühlregister (Kondensatablauf)
- Unzureichende Filtration bzw. zu lange Filterstandzeiten
- Verkeimung des Wassers von Umlaufsprühbefeuchtern
- Insbes. bei Altanlagen fehlende Zugänglichkeit der Bauteile

Die oben genannten Anforderungen sind dem Prinzip nach auch in den beiden im deutschsprachigen Raum verabschiedeten Richtlinien Ö Norm H6021 (A) und VDI 6022 (D) enthalten. Das Einhalten dieser Richtlinien dient nicht nur der Rechtsicherheit von Planern, Betreibern und Wartungspersonal sondern ist auch eine wichtige vorbeugende Maßnahme in der Umweltmedizin. Beruflich mit Klimaanlage befasste Personen sollten diesbezüglich geschult werden. Eine Herausforderung für die Zukunft ist der vermehrte Einsatz von Splitklimageräten und Anlagen zur kontrollierten Wohnraumlüftung.

### **Fazit**

Klimaanlagen per se machen nicht krank. Von Anlagen jedoch, die aus hygienischer Sicht schlecht konzipiert oder die ungenügend gewartet sind, können durchaus gesundheitliche Gefährdungen ausgehen. Um einen hygienischen Mindeststandard zu sichern, sind einschlägige Richtlinien eingeführt worden. In Österreich ist dies die ÖNORM H6021, in Deutschland die Richtlinie VDI 6022.

# Mechanische Raumbelüftung als Problemlöser?

Reinhard Weiss

## Geschichtlicher Hintergrund heutiger Komfortlüftungsanlagen

Erst die Ölkrise der 70er Jahre und ein damit gestiegenes Umweltbewusstsein schärfte den Blick für den Energieverbrauch, der in Mitteleuropa bis heute noch zu 40 % auf die Gebäudeheizung fällt.

Neben staatlich verordnetem Wärmeschutz, der anfänglich in kleinen Schritten erfolgte, trieben experimentierfreudige Baumeister und Techniker den Standard bereits vor etwa 13 Jahren bis auf das Passivhausniveau.

Die Konsequenz aus den immer geringeren Wärmeverlusten von Fenstern, Außenwänden und Dächern waren aber gleich bleibend hohe Lüftungswärmeverluste für den hygienischen Bedarf. Der relative Anteil dieser Lüftungswärmeverluste wurde wegen des gesunkenen Gesamtbedarfs jedoch immer höher. Um den hohen Aufwand in die Gebäudehülle zu rechtfertigen war es nahe liegend durch eine kontrollierte Be- und Entlüftung die unter dem Kapitel Fensterlüftung geschilderten Probleme zu reduzieren. In der Folge wurde diese mit immer effizienteren Wärmetauschern WRG ausgestattet, die in Kombination mit einem Erdwärmetauscher die Lüftungswärmeverluste einer kontrollierten Be- und Entlüftung ohne WRG auf ein Minimum (um ca. 90 %) reduzieren. Damit war die Basis für die im heutigen Bauwesen realisierte Effizienzsteigerung bis zum Faktor 10 für den Heizwärmebedarf geschaffen.

Erst in der Folge wurde den Beteiligten bewusst, dass hier nicht nur eine energetische Revolution stattgefunden hatte, sondern diese Häuser darüber hinaus auch wesentlich mehr Komfort zu bieten haben. Neben den nun warmen Umschließungsflächen, die den Bewohner nicht mehr „kalt anstrahlen“, ist es die gleich bleibende Luftqualität, die nun im behaglichen Temperaturbereich mit der Menge ins Gebäude transportiert wird, die dort auch benötigt wird.

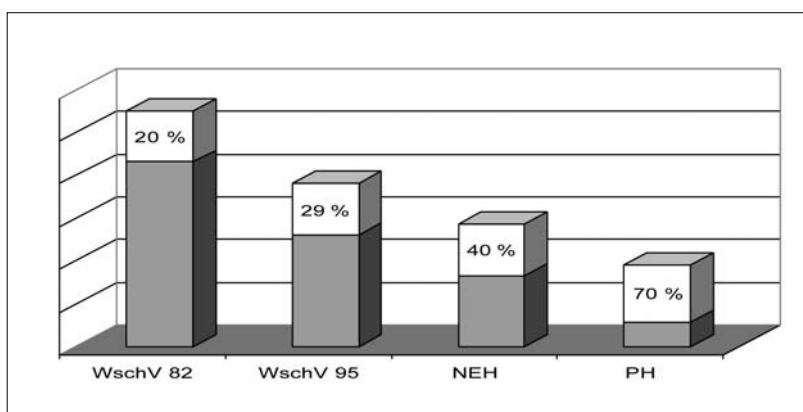


Abb. 1: Anteil der Lüftungswärmeverluste am Gesamtwärmeverlust bei verschiedenen Baustandards

## Physik der Raumluft in Innenräumen

### Raumluftqualität

Gute Raumluftqualität ist ein Grundbedürfnis aller Menschen; sie ist schadstoffarm und nur geringfügig belastet mit als unangenehm empfundenen Gerüchen. Starke Schadstoffkonzentrationen entstehen durch Emissionen aus Materialien. Hinzu kommen Emissionen von Personen, die ständig Quelle von Wasserdampf, Kohlendioxid und Gerüchen sind.

Erschreckende Konzentrationen von Schadstoffen wie organische Verbindungen (Benzol u. Formaldehyd), Stäube, Radon, biologische Aerosole (Bakterien, Viren, Schimmelsporen usw.) und Chemikalien (Dampf von Reinigungsmitteln, Kosmetik usw.), bevölkern die Atemluft. Die notwendige Mindestlüftung an der Abfuhr solcher Schadstoffe zu orientieren ist wenig hilfreich, da unsere Sinnesorgane diese Verunreinigungen erst spät oder gar nicht wahrnehmen. Eine einfache, laufende Messung und Überwachung ist aufgrund der Vielzahl von Wohngiften praktisch unmöglich (in der Praxis über 10.000 Gase und Gasverbindungen). Den wirksamsten Schutz gegen gesundheitliche Risiken bietet nur die Beseitigung bzw. Abdichtung der Emissionsquelle, d.h. primär muss der Eintrag von Schadstoffen an der Quelle reduziert werden. Doch auch wer sein Haus biologisch baut, reinigt und renoviert und somit Luftschadstoffe erst

gar nicht entstehen lässt, muss lüften. Maßgebend hierfür sind zwei Inhaltsstoffe der Luft, die überall dort entstehen, wo Menschen sich aufhalten: Kohlendioxid und Wasserdampf.

### Kohlendioxid CO<sub>2</sub>

Der Ruf nach dem Lüften „weil der Sauerstoff verbraucht ist“ ist so verbreitet wie er falsch ist. Denn bei den üblichen Betätigungen im Haushalt braucht ein Erwachsener nur zwischen 15 und 50 Liter Sauerstoff (O<sub>2</sub>) pro Stunde. Dem steht z.B. in einem 20m<sup>2</sup> großen Zimmer ein Angebot von 10.000 Litern O<sub>2</sub> in der Luft gegenüber. Also könnten sich bei einem 1-fachen Luftwechsel pro Stunde theoretisch in diesem Raum rund 200 Menschen „leicht körperlich arbeitend“ betätigen, ohne dass Sauerstoffmangel eintreten würde.

Was den berechtigten Wunsch nach Frischluft auslöst sind Gerüche von Körperausdünstungen und das mit der Atmung abgegebene Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>).

Nun ist das Kohlendioxid glücklicherweise kein Gas, das zu akuten Vergiftungserscheinungen führen kann, andererseits gehen zu hohe CO<sub>2</sub>-Konzentrationen in Wohnräumen mit Ermüdungserscheinungen, Konzentrationsschwächen und Empfindungen wie „miefige, stickige, verbrauchte Luft“ einher.

### CO<sub>2</sub>-Maßstab

Von Pettenkoffer (1819-1901) stammt das Zitat: „Die wesentlichen Ausscheidungen unserer Lunge und Haut sind Kohlensäure und Wasserdampf. Gleichzeitig geht eine geringe Menge flüchtiger organischer Stoffe in die Luft über, die sich durch den Geruch bemerkbar machen und sich zur Menge des ausgeschiedenen CO<sub>2</sub>'s proportional verhalten“.

Daher kann der CO<sub>2</sub>-Gehalt als Maßstab für die Luftverunreinigungen dienen. Dies gilt auch in den heutigen, aktuellen Regelwerken, nach denen sich Personen in Räumen mit CO<sub>2</sub>-Konzentrationen unter 0,1 bis 0,15 Vol% behaglich und über 0,2 Vol% unbehaglich fühlen.

Legt man eine Außenluftkonzentration von 0,036 Vol% CO<sub>2</sub> zugrunde, ist eine Außenluft-rate von 30 m<sup>3</sup>/(h Pers.) ausreichend um die CO<sub>2</sub>-Konzentration im Innenraum auf 0,1 Vol% zu beschränken.

Art der Tätigkeit	Ausgeatmetes Kohlendioxid (Liter/Stunde)	Notwendige Frischluftmenge (m <sup>3</sup> /Stunde)
Schlafen/Ruhe	10 - 13	17 - 21
Lesen, Fernsehen	12 - 16	20 - 26
Schreibtischarbeit	19 - 26	32 - 42
Hausfrau/-mann	32 - 43	55 - 72

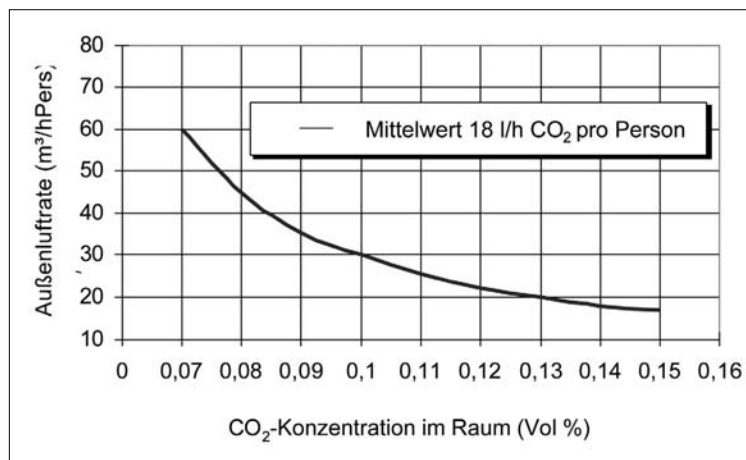


Abb. 2: Resultierende CO<sub>2</sub>-Innenraum-Konzentration als Funktion des Außenluftvolumenstroms in m<sup>3</sup>/(h Pers.) bei einer mittleren CO<sub>2</sub>-Quellstärke einer Person von 18 l/h im Raum und einer Außenluftkonzentration von 0,036 Vol%

### Wasserdampf

Wasserdampf wird in bewohnten Räumen ständig in großen Mengen produziert, wobei Menschen eine recht weite Spannweite von Luftfechtigkeiten als angenehm oder erträglich empfinden. Im Temperaturbereich zwischen 18 und 23 °C haben relative Luftfeuchten von 35 bis 65 % keine entscheidenden Auswirkungen auf die Behaglichkeit.

Wohl hat die Feuchte aber wichtige indirekte Auswirkungen auf die Raumluftqualität und die Gesundheit der Bewohner:

Wird die Luft zu trocken, d.h. Raumluftfeuchten unter 40 %, besitzen bestimmte, für die Bronchialerkrankung verantwortliche Bakterien und Viren eine größere Überlebensdauer. Es kommt leichter zu elektrostatischen Aufladungen, Austrocknung der Schleimhäute und zu Staubaufwirbelung vor allem in Verbindung mit konvektiven Heizsystemen („Kratzen im Hals“). Ist die relative Luftfeuchtigkeit höher als 60 %, so verbessern sich zunächst die Lebensbedingungen für die Hausstaubmilben. Bei noch höheren Fechtigkeiten kann es zum Befall mit

Schimmelpilzen kommen, wenn Kondenswasserbildung an kalten Außenwänden eintritt. Diese stellen nicht nur eine Gefahr für die Bausubstanz dar, sondern können vor allem bei kranken und geschwächten Menschen direkte Krankheitserreger sein.

### Feuchte-Maßstab

Raumluftfeuchten zwischen 30 % und 70 % werden im Temperaturbereich von 18 °C bis 23 °C vom Menschen nicht direkt wahrgenommen und haben somit auf deren Behaglichkeitsempfinden keine direkten Auswirkungen. Die Raumluftfeuchte sollte durch kontrolliertes Lüften in einem Bereich von 40 % bis 60 % gehalten werden. Die Höhe der anfallenden Feuchtelasten hängt im Wesentlichen von der Anzahl sowie dem Verhalten der Bewohner ab. Bei einem 4-Personen-Haushalt können pro Tag 8 bis 15 kg Wasserdampf entstehen, also ca. der Inhalt eines Putzeimers.

Die Fähigkeit der Außenluft, überschüssige Feuchtigkeit aus dem Innenraum aufzunehmen, hängt von der Außenlufttemperatur, dem Feuchtegehalt der Außenluft und der Innenraumtemperatur ab, auf die die Außenluft aufgeheizt wird. Ist z.B. die Außenluft bei 0 °C mit 4,4 g/m<sup>3</sup> zu 100 % gesättigt, entspricht dies, nachdem sie im Raum auf 20 °C aufgeheizt ist, gerade einer relativen Feuchte von 25 %. Die Luft ist nun in der Lage, weitere 12,9 g Wasser aufzunehmen, bis sie wieder zu 100 % gesättigt ist.

Die Feuchteabfuhr durch Lüftung erfolgt also dadurch, dass kalte Außenluft mit geringer Feuchte in der Wohnung aufgeheizt wird und dabei Feuchtigkeit aufnimmt.

Daraus folgt, dass in der kalten Jahreszeit die entfeuchtende Wirkung des Außenluftwechsels wesentlich stärker ist als in der wärmeren Übergangszeit, wo z.B. 10-gradige, gesättigte Außenluft schon feuchter ist als 20-gradige Raumluft mit 50 % relativer Feuchte.

Die Lüftrate von 30 m/h Pers. ist auf eine Feuchteabfuhr von 140 g/h Pers., 20 °C Raumlufttemperatur und die Bedingungen der Übergangsjahreszeit bezogen.

Ein weiterer Aspekt ist, dass Feuchte-Spitzen im Gegensatz zu CO<sub>2</sub>-Spitzen, durch sorptionsfähige, offenporige Materialien abgepuffert werden können.

### Gerüche

Die Notwendigkeit die gleiche Menge Zuluft an anderer Stelle wieder abzusaugen, hat zu der Zonierung typischer Ablufträume wie Küchen, Vorratsräumen und WCs geführt. Sie bilden auch die Hauptquelle für Gerüche und Wasserdampf, welche sinnvoller Weise auch direkt an der Quelle wieder abgesaugt werden. Die Hauptanteile CO<sub>2</sub> strömen dagegen aus den Zulufräumen via Überströmzonen wie z.B. Türen in diese Ablufträume, um dann beseitigt zu werden.

### Sonstige

Die Filterung von Schadstoffen aus der Umgebung durch erhöhte Belastungen – z.B. der Industrie (Lacke, Lösungsmittel) wäre ebenfalls möglich – z.B. durch Aktivkohlefilterung. Derart hohe Belastungen sollten jedoch die Ausnahme darstellen, weshalb die Lüftungstechnik darauf in der Regel nicht reagieren muss.

Die Beseitigung mehr oder weniger stark gesundheitsschädigend belasteter Luft im Innenraum – also durch Mobiliar, Bodenbeläge und Anstriche ist ein weiterer Vorteil einer verstärkten Belüftung. Zu hohe Luftwechselraten führen bei niedrigen Außentemperaturen jedoch zu trockener Luft, was wiederum zu einem unbehaglichen Raumklima führen kann.

Hier sind daher die Architekten und die Bauherren selbst gefragt, damit entsprechend belastende Quellen erst gar nicht im Haus auftreten.

Das gleiche gilt für die Folgen des Rauchens im Wohngebäude. Diese kann eine Komfortlüftungsanlage ebenfalls nicht mit den sonst hygienisch ausreichenden Luftwechseln bewältigen.

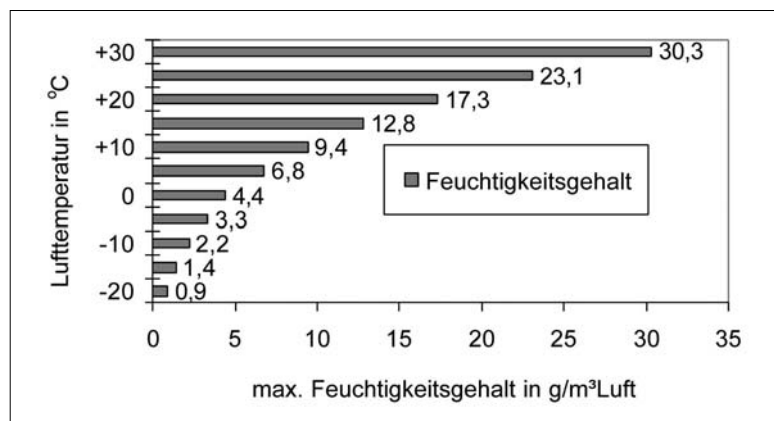


Abb. 3: Maximaler Wasserdampfgehalt (= 100% relative Luftfeuchte) in Gramm pro Kubikmeter Luft bei verschiedenen Temperaturen.

## Mechanisch Lüften kontra Fensterlüftung

Abgesehen von den mehr oder weniger hohen Lüftungswärmeverlusten einer manuell durchgeführten Fensterlüftung, wäre eine solche auch nur sehr eingeschränkt praktikabel. Mit der Folge, dass die Raumluftqualität periodisch sehr großen Schwankungen unterliegen würde. In der Praxis stellen sich dabei zumeist zwei Extremfälle ein. Einmal ein mangelhaftes Lüften – z.B. bedingt durch überwiegende Abwesenheit der Bewohner. Oder ein Zuviel an hygienisch erforderlichen Luftwechseln bis zu 3 bis 4 pro Stunde durch permanent offen stehende oder gekippte Fenster. Obwohl eine Luftwechslerate um 0,3 bis 0,5/Stunde völlig ausreichend wäre.

Beides führt zu unerwünschten Effekten – entweder zu unerwünscht massiven Wärmeverlusten verbunden mit hohen Betriebskosten mit begleitenden Zugescheinungen oder einfach zu schlechter Luftqualität bei der modernen gerechtfertigt dichten Bauweise.

Gleich bleibend gute Raumluftqualität bei minimalen Energieverlusten kann nur durch den Einsatz einer mechanischen Komfortlüftung mit hocheffizienter Wärmerückgewinnung erreicht werden. Diese gewährleistet auch bei Lüftungsanlagen ohne Heizfunktion eine Mindesteinblasttemperatur von 17 Grad C.

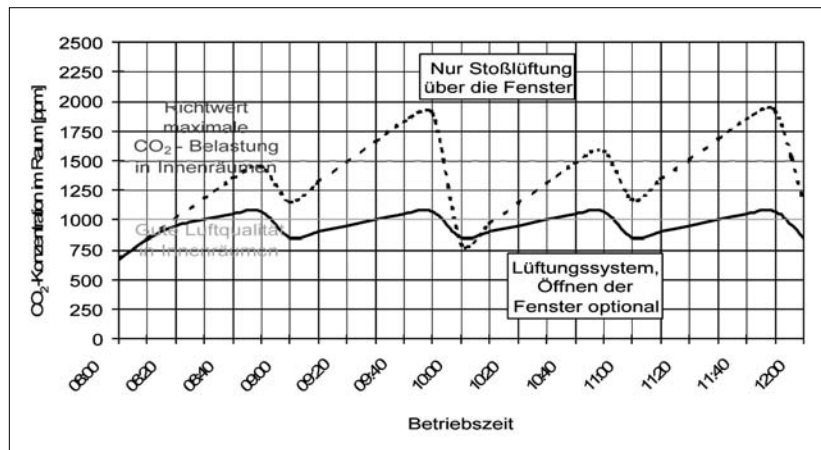


Abb. 2: Vergleich Komfortlüftungssystem mit Fensterbelüftung z.B. über stündliche Fenster-Stoßlüftung

## Theorie und Praxis der Lufthygiene

Wie steht es nun nach einigen Jahren Anlagenbetrieb um die Raumlufthygiene? Welche Veränderungen können sich gegenüber dem Inbetriebnahmestand einstellen und welche Wartungsintervalle müssen eingehalten werden?

Häufige Motivation zur Installation einer Komfortlüftungsanlage mit hocheffizienter Wärmerückgewinnung ist für Allergiker die Möglichkeit ausreichend frische Luft pollenfrei ins Haus zu bekommen und so die Lebensqualität spürbar zu erhöhen. Moderne Filter der Klasse bis F7 filtern Stäube und Pollen vollständig aus der Außenluft.

Wie steht es jedoch mit den manchmal geäußerten Befürchtungen, dass solche Anlagen sich in ihrer Wirkung mit den Jahren ins Gegenteil verkehren, indem Ablagerungen in Verbindung mit Feuchtigkeit den Nährboden für Schimmelpilze bilden – und dies auch noch im schwer zugänglichen im Erdreich verlegten Erdwärmetauscher.

## Hygieneaspekte von Luftsaugregistern

Am Institut für Hygiene- und Arbeitsphysiologie an der ETH Zürich wurde eine Studie zu den lufthygienischen Aspekten von Luftsaugerdregistern durchgeführt.

Bei zwölf Anlagen wurde die Luft in den Erdregistern auf Unterschiede in der mikrobiellen Zusammensetzung (Schimmelpilze und Bakterien) im Vergleich zur Außenluft untersucht.

Viele energetische und technische Aspekte sprechen für den vermehrten Einsatz solcher Erdregister. Aus lufthygienischer Sicht können solche Systeme jedoch nur dann empfohlen werden, wenn feststeht, dass keine mikrobiellen Kontaminationen auftreten, welche die Luftqualität beeinträchtigen.

An drei dieser Anlagen wurden die Messungen vierteljährlich wiederholt, um jahreszeitliche Veränderungen feststellen zu können.

Vier der Anlagen waren an Einfamilienhäuser, zwei an Mehrfamilienhäuser und sechs weitere an Gebäude mit diverser Nutzung gekoppelt (Schule, Büro, Einzelhandel und Restaurant).

## Ergebnisse

Die Auswertungen zeigten tiefere Keimkonzentrationen in der Luft am Ende des Erdwärmetauschers im Vergleich zu den Außenluftkonzentrationen und somit im Vergleich zur konventionellen Fensterlüftung.

Pilzsporenkonzentrationen weisen in der Außenluft im Sommer die höchsten Werte auf. Bei Bakterienkeimen ist die jahreszeitliche Abhängigkeit nicht so hoch.

Nach Passieren der Luft durch die Feinstaubfilter ist die Keimkonzentration jedoch ganzjährig sehr tief.

Dennoch können durch unsachgemäße Planung und Installation Probleme auftreten. Die Rohre dürfen im Vorfeld keine Verunreinigungen aufweisen. Die Ansaugstelle sollte nicht in der Nähe von Kompost oder dichter Bepflanzung vorgenommen werden. Ein Austausch der Filter muss je nach Verschmutzungsgrad konsequent vorgenommen werden.

Ein immer prominenteres Thema ist das im Gestein vorkommende Edelgas Radon, welches natürlich über den Erdwärmetauscher in das Gebäude eindringen könnte. Werden die richtigen Rohrsysteme und die professionelle, dichte Ausführung sichergestellt, so ist die Komfortlüftung auch in dieser Hinsicht Problemlöser und bringt bei radioaktiv belasteten Häusern eine so starke Reduzierung der Konzentration, dass mit ungefährlichen Werten im Wohnraum zu rechnen ist.

## Untersuchungen zur Einflussnahme allergischer Erkrankungen durch Komfortlüftungsanlagen – Gesellschaft für Allergieforschung in Düsseldorf.

Die Diskussion um gesundheitliche Risiken durch Baustoffe, Biozide und Innenraumluftverunreinigungen hat sich in den letzten Jahren zunehmend vom reinen Arbeitsplatzbereich auf den privaten Wohnungssektor ausgedehnt.

Grundsätzlich ist der Innenraum durch drei verschiedene Belastungen in der Luft gekennzeichnet.

1. Toxische Belastungen durch chemische Gefahrstoffe und Staub
2. Mikrobielle Belastungen (Bakterien, Viren Schimmelpilze) und
3. Allergene Belastungen

Im Gegensatz zu toxischen Gefahrenstoffen, die sich in ihrer schädigenden Wirkung besser bewerten lassen, stellen Allergene für entsprechend sensibilisierte Menschen ein individuelles Risiko dar.

Allergene aus Milben gehören zu den häufigsten Allergieauslösern in Innenräumen.

Amerikanische Arbeitsgruppen schätzen, dass ca. 80 % des kindlichen Asthmas in Zusammenhang mit einer Milbensensibilisierung stehen.

In der Heizperiode bindet sich Milbenkot an feinen Staub und gelangt so über die Atemluft in den Körper.

Der zweite Hauptauslöser allergischer Erkrankungen stellen Schimmelpilze dar, deren Wachstum durch eine dichte Bauweise ohne ausreichende Be- und Entlüftung gefördert wird, da somit die Feuchtebelastung durch Kondensat usw. spürbar zunehmen kann. Die Bindung von Schimmelpilzsporen an Feinstäube spielt für die Aufnahme im menschlichen Körper hier wie schon bei den Milben ebenfalls eine entscheidende Rolle.

## Ergebnisse

Durch die durchschnittliche Verminderung der relativen Luftfeuchtigkeit in den belüfteten Innenräumen wird das Wachstum von Schimmelpilzen und Milben wirksam eingeschränkt und dadurch die Belastung durch Allergene minimiert.

Je geringer die Luftwechselraten, umso geringer ist auch die Einflussnahme der Komfortlüftung auf die Konzentration von Allergenen. Es zeigt sich jedoch deutlich, dass im Wohnbereich Luftwechselraten von 0,3 bis 0,4 oder 30 m<sup>3</sup>/h pro Person ein absolut brauchbarer Maßstab sind.



Abschließend sei noch das Thema der gesundheitszuträglich geltenden negativen und positiven Kleinionen im Bereich der natürlichen Außenluftkonzentration erwähnt. Die Luftionen, positive wie negative, bewegen sich im Raum zwischen 200 und 300 Ionenladungsäquivalenten/cm<sup>3</sup>. Die Ladungsmenge ist zwischen den positiven und negativen Ionen ausgewogen, es gibt also keine Verzerrungen.

Die exemplarischen Messungen der Luftionisation in zwei Passivhäusern ergaben, dass sowohl die qualitative als auch die quantitative Ionenzusammensetzung der Raumluft dort den Werten für konventionelle Häuser entspricht. Die untersuchten Lüftungsanlagen beeinträchtigen die Qualität der angesaugten Luft nicht. Auch nach baubiologischen Kriterien unterscheidet sich hier die technisch aufbereitete Frischluft nicht von der unveränderten natürlichen Außenluft.

### **Fazit**

Wohnraumlüftungssysteme bewältigen ihre Aufgaben, nachhaltig Energie einzusparen (auch dies steht im Zusammenhang mit Lebensqualität) und die Wohnqualität zu verbessern, dann, wenn folgende Eckpunkte gewährleistet sind:

- Wärmebereitstellungsgrad > 80 %
- Elektrisches Wirkverhältnis des Komfortlüftungsgerätes > 15
- Schalleistungspegel an den Anschlussstutzen < 44 dB(A)
- Interne Gerätedichtheit < 2 % um die Hygiene sicherzustellen.
- Feinstaubfilter F6 bis F8 in der Außenluftansaugung
- Grobstaubfilter G4 oder besser im Lüftungsgerät
- Erdwärmetauscher dicht gegen Wasser, Gase und Einwuchs
- Mineralfaserfreie Anlagenkomponenten
- Druckverlustoptimiertes, dichtes Rohrsystem (Reinigungsmöglichkeit)
- Automatische Massenstrom- oder zumindest Volumenstrombalance
- Luftmenge orientiert sich an der Anzahl der Bewohner und der Feuchtelast

Bei Missachtung – und das zeigt die langjährige Erfahrung – wird sowohl das primäre Ziel der Energieeinsparung, als auch der mehr als angenehme Nebeneffekt, nämlich die begeisternde Wohnqualität, verfehlt.

Zukünftig gilt es dem Wohnkomfort, aus Gründen der gesunden Raumluft, mehr Priorität einzuräumen. Die Ausbildung der Planer und Ausführenden wird dabei eine wesentliche Aufgabe darstellen.

Die Komfortlüftung ist nicht nur für Allergiker und Bewohner an stark befahrenen Straßen mit hohem Lärmeintrag bei geöffneten Fenstern ein Segen, nein, auch für Schüler, Altersheimbewohner und Menschen wie Sie und ich.

### **Quellen**

[Barbara Flückiger, ETH Zürich, Hygienische Aspekte von Luftansaug-Erdregistern]

[M.Schata u. A. Winkens, Allergische Erkrankungen im Innenraum- Untersuchungen zur Einflußnahme durch kontrollierte Wohnungslüftung]

[Uwe Münzenberg, Jörg Thumulla, AnBUS .e.V. Fürth, Raumluftqualität in Passivhäusern, PHI Protokollband 23]

# „Gute Luft braucht saubere Lüftungskanäle“

## Übersicht Reinigungsablauf Lüftungssysteme

Guido Bortoli

### Einleitende Betrachtung und Gesetzeslage

Lüftungssysteme dienen grundsätzlich dazu, in Gebäuden gute, für den Menschen problemlose Luftzustände zu schaffen. Die Lüftungsanlage ist so ausgelegt, dass eine bestimmte Menge Luft von und zu den Räumen geleitet wird. Selbst mit eingebauten Filtern ist es aber kaum möglich zu verhindern, dass Staub in die Luftkanäle gelangt. Der Staub verdichtet sich im Laufe der Jahre und kann nach mehreren Jahren das System sowohl lüftungstechnisch als auch hygienisch belasten.

Meist ist die erste Folge, dass die Anlage nicht mehr so wie im Neuzustand eingeregelt, ordnungsgemäß funktioniert.

Der Staubbelag ist auch eine nahrhafte Basis für Viren, Schimmelpilze, Bakterien und Parasiten.

Die Sporen dieser Pilze und Bakterien können sogar gegen die Strömungsrichtung durch das Filter wandern und sich auf der anderen Seite ablösen und damit in den Raum gelangen.

Krankheiten bei Personen, welche sich für längere Zeit in den Räumen aufhalten, sind die Folge. Diese Krankheiten zeigen sich vorweg als Niesen, tränende Augen, Schleimhautentzündungen, Heiserkeit, Husten, Müdigkeit, Verstimmtheit usw.

Die belastende schlechte Innenluft kommt nicht nur vom Lüftungssystem, kann aber einen großen Teil dazu beitragen. Die Raumluft wird auch durch Thermik, organische Gase, Baustaub und Staub von mangelhafter Raumreinigung etc. belastet.

Lüftungsanlagen sind nicht nur in Büros verbreitet, sondern werden auch in großem Umfang im Industriebereich zum Absaugen von Rauch und Staub verwendet. Diese Anlagen sind oft sehr stark verschmutzt. Die Verschmutzung dieser Anlagen hat in der Regel keinen direkten Einfluss auf die Raumluft, doch können die verschmutzten bzw. verstopften Kanäle bewirken, dass die belastete Luft nicht abgesaugt und eine Kontamination der Innenluft verursacht wird. Ein verschmutztes Lüftungssystem kann auch eine erhebliche Brandgefahr darstellen. Staub entzündet sich sehr schnell und in Form von sogenannten „Explosionsbränden“ kann sich der Brand schnell verbreiten.

In der Arbeitsstättenverordnung vom 01.01.1999, Bundesgesetzblatt Nr. 368 vom 13.10.1998 § 27 Abs.8 ist angeführt, dass Klima- und Lüftungsanlagen regelmäßig zu kontrollieren und bei Bedarf zu reinigen sind.

Ebenso sind in fast allen Betriebsanlagengenehmigungen Auflagen integriert, in denen eine periodische Kontrolle und gegebenenfalls eine Reinigung vorgeschrieben ist.

In der neuen Ö-Norm H 6021 „Lüftungstechnische Anlagen, Reinhaltung und Reinigung“, welche am 01.09.2003 in Kraft getreten ist, sind nunmehr die Kontrollintervalle der Lüftungsanlagen fixiert und die Reinigungsmethoden beschrieben.

Es gibt somit ausreichende Vorschriften und Gründe, Lüftungssysteme in regelmäßigen Abständen zu reinigen.

Einer der wesentlichsten Hinweise in der Ö-Norm H 6021 bezieht sich auf die Planungsphase wo unter Punkt 4.2 „Technische Grundsätze“ unter anderem festgelegt wurde:

„Ebenso sind, bereits in der Planungsphase, die Möglichkeiten zur Reinigung und Zugänglichkeit aller Gerätekomponenten und lufttechnischen Bauteile zu beachten. In Luftleitungssystemen sind z.B. T-Stücke, Putzbögen, Putzdeckel anzuordnen. Für allfällig erforderliche Reinigungsmaßnahmen sind Kontroll- und Einbringungsöffnungen vorzusehen“.

Diese Erkenntnisse kann man nur nachdrücklich den mit der Planung von Lüftungssystemen befassten Personen ans Herz legen.

## **Reinigungschronologie**

Die Durchführung der Reinigung kann in sechs Teilabschnitte gegliedert werden:

### **Erster Kontakt**

Hier werden die Problemkreise in Zusammenarbeit mit dem Kunden abgestimmt. Es wird eine Besichtigung der Anlage vor Ort durchgeführt, welche die Funktion und die Probleme der Anlage klarstellen soll.

### **Die Inspektion**

Die Inspektion dient der Feststellung aller Probleme. Oft ist es nicht ausreichend eine visuelle Inspektion der Lüftungssysteme von außen durchzuführen. Es werden entweder durch vorhandene oder neu zu schaffende Revisionsöffnungen mittels einer Digitalkamera Fotos des Innenlebens angefertigt.

Bei vorhandenen Ablagerungen kann auf Wunsch eine mikrobiologische Laboruntersuchung erfolgen.

Die Inspektion und gegebenenfalls die Analysen werden in Form eines Berichtes dokumentiert. Dieser Bericht bildet die Grundlage eines Lösungsvorschlages.

Bei nicht verschmutzten Lüftungssystemen dient dieser Bericht im Sinne der Arbeitsstättenverordnung und anderer Auflagen als Nachweis der Kontrolle.

### **Die Reinigung**

Die Reinigung erfolgt auf Grund der bereits bei der Inspektion ausgesuchten Variante, welche auch im Angebotsinhalt dargestellt ist. Während der Reinigung werden mittels einer Digital- oder Videokamera Aufzeichnungen erstellt, welche den Zustand vorher und nachher dokumentieren.

### **Der Reinigungsablauf**

Für die Reinigung der Kanäle können verschiedene Geräte verwendet werden. Die Wahl der Geräte hängt von der Dimension und der Bauart der Kanäle und vom jeweiligen Verschmutzungsgrad ab.

Die einzelnen Reinigungsmethoden sind in der Ö-Norm H6021 ausführlich dargestellt.

Die einzelnen Abzweigsysteme werden jeweils auf eine Länge von max. 25 - 30 m mittels Absperrballons abgesperrt, wobei an einem Ende das Bürstenreinigungssystem angesetzt wird und am anderen Ende über einen flexiblen Kunststoffschlauch ein entsprechend starkes Absauggerät mit zwei Filterstufen angeschlossen wird.

Es ist zu gewährleisten, dass der durch das Bürstensystem gelockerte Belag im Filtersystem des Absauggerätes abgelagert wird.

Im Zuge der Reinigung kann auch die Säuberung und Überprüfung der Brandschutzklappen erfolgen.

Runde Kanäle sind normalerweise am einfachsten zu reinigen. Die runden Reinigungsbürsten passen exakt in die jeweilige Kanaldimension. Rechteckige Kanäle sind etwas schwieriger, aber mit gutem Erfolg mit Rundbürsten zu reinigen. Die Geschwindigkeit, welche stufenlos regelbar bis zu 400 U/min beträgt, gewährleistet, dass sich die Antriebswelle im Lüftungskanal zentriert und so kann im Idealfall ein Kanalstück bis zu 30 m Länge ohne Probleme gereinigt werden.

Eine Reversierung lässt die Bürsten von einer Seite zur anderen laufen und reinigt damit effektiv die Mittelstücke und die Ecken der Lüftungskanäle.

Das Bürstensystem lässt sich bis zu Kanaldimensionen von rund 630 mm Durchmesser und eckig 600 mm x beliebiger Breite einsetzen. Größere Kanaldimensionen müssen entweder mit Reinigungsrobotern oder anderen im Einzelfall festzulegenden Methoden gereinigt werden.

### **Reinigung fetthaltiger Kanäle**

Eine Sonderstellung bei der Reinigung nehmen fetthaltige Kanäle ein.

Lüftungskanäle in Küchenbereichen sind innenseitig meist mit Fettbelägen versehen.

Im Wesentlichen gibt es drei Kategorien:

1. Die Verunreinigung besteht aus Staubpartikeln, welche mit wenig Fett vermischt sind.
2. Die Verunreinigung besteht hauptsächlich aus Fett, welches weich und klebrig ist. Der enthaltene Staubanteil ist sehr gering.
3. Die Verunreinigung ist fest versintert oder eingetrocknet. Die Konsistenz ist hart und färbt bei Berührung fast nicht ab.

Es können selbstverständlich Kombinationen aller Verunreinigungsarten vorkommen, wobei das Fett dann meist schichtweise im Kanal zu finden ist. So ist meist die äußere Schicht eingetrocknet und die innere Schicht weich und klebrig.

Die Art der Reinigung kann nur nach einer Vor-Ort Besichtigung der Gegebenheiten gemeinsam mit dem Kunden fixiert werden.

### **Zusammenfassung**

Die Grundlage für gezielte Lüftungssystemreinigungen sind mit der ÖNORM H 6021 geschaffen.

Bei zahlreichen Sanierungen von Innenräumen werden der Bodenbelag, die Wandbeläge, die Deckengestaltung, die Vorhänge etc. erneuert, das Lüftungssystem sofern es nicht erneuert wird, schlummert in manchen Fällen in seinem jahrelang verdreckten Zustand dahin und schafft letztlich alles andere als eine „Gesunde Raumlufte“.

Dies gilt selbstverständlich auch vorrangig für die sehr stark in Mode kommenden kontrollierten Wohnraumbelüftungen.

**Daher: „Gute Luft braucht saubere Lüftungskanäle“**



# Belüftung in Schlafräumen – CO<sub>2</sub> und Schlafqualität

Gabriele Rohregger

Hohe Raumluftqualität ist eine wesentliche Voraussetzung für Wohlbefinden und Behaglichkeit. Eine der Indikatorgrößen für die durch den Menschen verursachte Raumluftqualität ist ihr CO<sub>2</sub>-Gehalt.

Sogenannte „schlechte Luft“ wird nicht durch einen Mangel an Sauerstoff hervorgerufen, sondern in erster Linie durch eine überhöhte CO<sub>2</sub>-Konzentration. Diese Erkenntnis geht auf Max von Pettenkofer im Jahre 1858 in einer Veröffentlichung über den „Luftwechsel in Wohngebäuden“ [Pettenkofer 1858] zurück. Nach Pettenkofer sollte aus Gründen der Geruchsbelastung und des Wohlbefindens in Räumen ein CO<sub>2</sub>-Wert von 1000 ppm nicht überschritten werden.

## Belüftung in Schlafräumen

Im Wohnbereich ist es vor allem der Schlafraum, in dem es bei geschlossenen Fenstern und Türen im Winter im Laufe der Nacht zu zunehmend unhygienischen Luftzuständen kommen kann. Ohne Lüftungsanlage müssten zumindest alle 2 Stunden die Fenster kurz geöffnet werden, um die CO<sub>2</sub>-Rate auf den hygienischen Grenzwert (1000 –1500 ppm) zu senken, ein in der Praxis – vor allem während der Nacht – undurchführbares Unterfangen.

Die nebenstehende Abbildung zeigt den CO<sub>2</sub>-Konzentrationsverlauf von drei aufeinanderfolgenden Nächten in einem Schlafzimmer eines Niedrigenergiehauses bei drei unterschiedlichen Randbedingungen. Einmal bei laufender Komfortlüftungsanlage, einmal mit geschlossenem Fenster und mit abgeschalteter Lüftungsanlage und einmal bei Lüftung durch ein gekipptes Fenster.

Abbildung 1 veranschaulicht, dass bei geschlossenem Fenster schon nach wenigen Stunden die CO<sub>2</sub>-Konzentration weit über die Pettenkofer-Grenze von 1000 ppm angestiegen ist und bis zum Morgen hin annähernd 2300 ppm erreicht. Bei laufender Lüftungsanlage und auch bei gekipptem Fenster kann dagegen der CO<sub>2</sub>-Pegel während der gesamten Nacht unter 1000 ppm gehalten werden. Der Nachteil der Fensterlüftung ist im Winter natürlich ein erhöhter Energieverlust: die Raumlufttemperatur sinkt rasch und eventuell kommt es zu Lärm, Kälte und Zugerscheinungen.

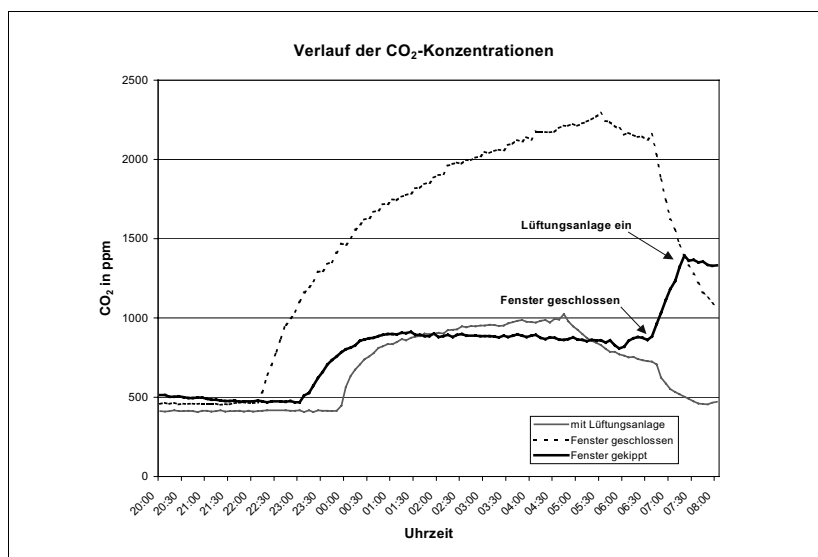


Abb.1: Zeitlicher Verlauf der CO<sub>2</sub>-Konzentration in einem Schlafzimmer an drei aufeinanderfolgenden Tagen mit laufender Lüftungsanlage, bei geschlossenem Fenster und bei gekipptem Fenster.

## Kohlendioxid und Schlafqualität

Eine erhöhte Kohlendioxid-Konzentration ist nicht unmittelbar gesundheitsgefährdend. Ab bestimmten Konzentrationen können jedoch Befindlichkeitsstörungen wie z.B. Müdigkeit, Konzentrationsprobleme, Unwohlsein und Kopfschmerzen als auch Beeinträchtigungen von Leistungsfähigkeit auftreten. In künstlich belüfteten Prüfkammern wurde beispielsweise nachge-

wiesen, dass zu niedrige Frischluftvolumenströme zu signifikanten Leistungseinbußen und diversen Befindlichkeitsstörungen führen können [Wargocki 2000]. Eine Zusammenschau von Studien zu gesundheitlichen Wirkungen von Kohlendioxid zeigt, dass sich mit abnehmender CO<sub>2</sub>-Konzentration die sogenannten Sick-Building-Syndrom-assoziierten Beschwerden (z.B. Reizungen und Trockenheit von Schleimhäuten, Müdigkeit, Kopfschmerzen) ebenfalls verringern [Seppänen 1999]. Während es also zahlreiche Studien gibt, die Auswirkungen von erhöhten CO<sub>2</sub>-Konzentrationen in der Raumluft an Versuchspersonen im Wachzustand untersucht haben, sind uns keine Untersuchungen des Schlafes, der Schlafqualität und des Schlaferholungswertes bei CO<sub>2</sub>-Konzentrationen über dem hygienischen Grenzwert von 1000-1500 ppm im Schlafraum bekannt.

Ergibt sich durch erhöhte CO<sub>2</sub>-Konzentration eine Veränderung oder Verschiebung der Schlafarchitektur, so kann sich dies nachhaltig auf die Tagesverfassung auswirken. Die wichtigsten Schlafphasen für unsere Erholung sind die Tiefschlafphasen. Eine Verkürzung der Tiefschlafphasen kann verringerte Schlaferholung nach sich ziehen, geringere Schlaferholung kann eine schlechtere Tagesverfassung bedingen.

Abb.2: Schlafarchitektur einer gesunden männlichen Versuchsperson: Prototypischer Schlafverlauf verschiedener physiologischer Parameter während des Schlafes. Deutlich zu sehen ist die zyklische Abfolge der verschiedenen Schlafstadien, welche sich während der ganzen Nacht in 90-100 Minutenintervallen wiederholt und sich je nach Schlafdauer vier bis fünfmal vollzieht. Die Stadien 1-4 werden auch als Non-REM-Schlaf oder orthodoxer Schlaf bezeichnet, während die REM-Phasen (Rapid Eye Movements) auch paradoxer Schlaf oder Traumschlaf genannt werden.

## Methoden zur Untersuchung der Schlafqualität

### Polysomnographische Untersuchung im Schlaflabor

In der klinischen Schlafmedizin werden die Messungen an Versuchspersonen bzw. Patienten derzeit vorwiegend in polygraphischen Schlaflabors durchgeführt. Um eine verlässliche Beurteilung von klassischen Schlafphasen (nach Rechtschaffen und Kales), Schlafzyklen und somit der Schlafarchitektur zu erhalten, muss zumindest das Elektroenzephalogramm (EEG), das Elektrokulogramm (EOG; Augenbewegungen) und meist auch noch das Elektromyogramm (EMG; Muskelkontraktionen) sowie die Atmung aufgezeichnet werden.

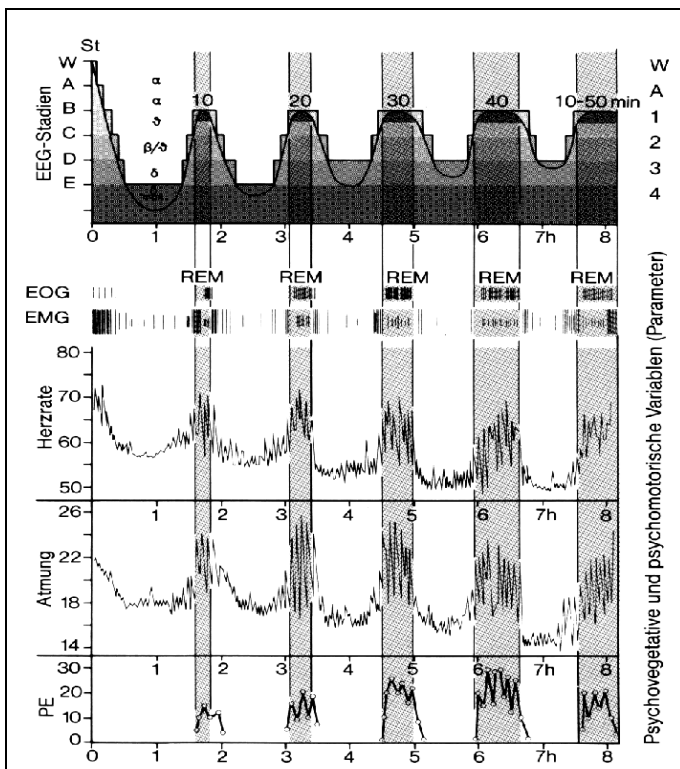


Abbildung 2 zeigt den charakteristischen Wechsel von Tief (Non-REM)- und REM (Rapid Eye Movements)-Schlafphasen, der sich während der ganzen Nacht in 90-100 Minutenintervallen wiederholt und sich je nach Schlafdauer vier bis fünfmal vollzieht. Nach Einsetzen des Schlafes treten gesunde Schläfer zunächst in Stadium 1 ein und fallen dann in immer tiefere Schlafphasen. Nach dem Erreichen der Phase 4 kehrt sich die Abfolge um, Schlafende erreichen nach dem Stadium 1 die 1.REM-Schlafphase. Die REM-Phasen dauern im Mittel zehn Minuten und werden im Laufe des Schlafes, also gegen Morgen hin, länger. Die Schlafstadien 3 und 4 treten in den letzten Zyklen des Schlafes nur mehr selten oder gar nicht auf. In den Tiefschlafphasen erholt sich der Körper und die meisten Aktivitäten des Kreislaufsystems werden auf ein Minimum reduziert. Sowohl Herzfrequenz (Herzrate) als auch Atemfrequenz sind in diesen Phasen daher am niedrigsten, in den REM-Phasen steigen diese physiologischen Parameter stark an. Gute Nachterholung ist durch bis zum Morgen hin insgesamt abfallende Herz- und Atemfrequenz charakterisiert.

Polysomnographische Schlafuntersuchungen im Schlaflabor können sehr genauen Aufschluss über Schlafarchitektur, Schlafstruktur und Schlafqualität geben. Gleichzeitig ist das Verfahren im Schlaflabor jedoch aufwendig und teuer. Ein Nachteil ist auch, dass die Schlafsituation im Schlaflabor für Versuchspersonen sehr ungewohnt ist und zumindest einer Adaptionsnacht bedarf.

### AutoChrones Bild: Schlafuntersuchung durch Messung der Herzratenvariabilität

Eine alternative, wesentlich weniger aufwendige und teure Methode der Schlafuntersuchungen stellt die Schlafuntersuchung mittels Messung der Herzrate über die gesamte Schlafdauer dar.

Mit Hilfe von Methoden der linearen und nichtlinearen Zeitreihenanalysen lässt sich aus den physiologischen Messungen – den aufgezeichneten Herzraten und Herzratenänderungen – die Schlafstruktur bestimmen [Moser 1995], [Moser 1999], [Lipp 2000].

Zur Messung der Herzratenvariabilität wird der HeartMan, ein Mini-EKG-Gerät eingesetzt. Dieses Gerät zeichnet Herzrate und atmungskorrelierte Parameter über 24 Stunden exakt auf. Aus diesen Messwerten können der Verlauf der Herz-Kreislaufbelastung untertags und die Erholung während der Nacht visualisiert und verschiedene Schlafphasen differenziert werden. Die Differenzierung der Schlafphasen anhand der aufgezeichneten Herzratenvariabilität ist jedoch nicht so genau und eindeutig, wie bei der polysomnographischen Schlafuntersuchungen im Schlaflabor. Der entscheidende Vorteil des HeartMan ist aber, dass es ein für Probanden selbst handhabbares Gerät ist. Das Anlegen des HeartMan kann nach einer kurzen Einschulung von den Versuchspersonen selbst durchgeführt werden. Dadurch können Schlafmessungen in der vertrauten Umgebung bzw. üblichen Schlafsituation der Versuchsperson durchgeführt werden.

Das AutoChrones Bild [Moser 1999] ist eine visuell rasch erfassbare Form der Darstellung der komplexen Informationen, die in der Herzfrequenz bzw. Herzfrequenzvariabilität enthalten sind.

Dabei wird das Signal in 3 Dimensionen (Abszisse = Zeit, Ordinate = Frequenz, Farbe = Amplitude) dargestellt. Jede Zeile ist das Ergebnis der Frequenzanalyse (Abb.2) eines kurzen Abschnitts einer Zeitreihe, z.B. einer Herzschlagfolge. Die Amplitude des Signals wird dabei farblich codiert. Eine geringe Amplitude ergibt blau, eine höhere weiß, eine sehr hohe rot. Das Bild wird Zeile für Zeile zusammengesetzt – man erhält eine zeitabhängige Darstellung von, in der Herzschlagfolge enthaltenen Rhythmen, z.B. über 24 Stunden.

Das Beispiel (Abb.3) zeigt eine Nachtauswertung und illustriert die Übereinstimmung des AutoChronen Bildes, das ausschließlich aus dem EKG berechnet wird, mit der multiparametrischen Schlafklassifikation, wie sie in Schlaflabors durchgeführt wird.

### Untersuchung der Schlafqualität bei unterschiedlicher Schlafräumlüftung

Im Rahmen einer Studie hat das IBO – Österreichisches Institut für Baubiologie und -ökologie Schlafuntersuchungen durchgeführt, deren Ziel es war, die Schlafstruktur und Schlafarchitektur von Versuchspersonen bei unterschiedlicher Lüftungssituation zu untersuchen. Untersuchungsgegenstand dieser Studie war, ob erhöhte CO<sub>2</sub>-Konzentrationen im Schlafräum Auswirkungen auf die Schlafqualität und damit die wichtigste Erholungsphase haben kann.

Die Untersuchungen wurden methodisch durch Messung der Herzratenvariabilität und Auswertung des AutoChronen Bildes durchgeführt. 10 Versuchspersonen nahmen dabei jeweils zwei Schlafmessungen in gut belüftetem Schlafräum, zwei Messungen in unbelüftetem Schlafräum vor. Die Raumklimadaten (Raumlüftungstemperatur, Raumlüftungfeuchte und CO<sub>2</sub>-Konzentration) wurden mittels Multifunktions-Messgeräten kontinuierlich aufgezeichnet. Die subjektiv empfundene Raumlüftungsqualität im Schlafräum und die Schlafqualität wurde durch Fragebögen erhoben.

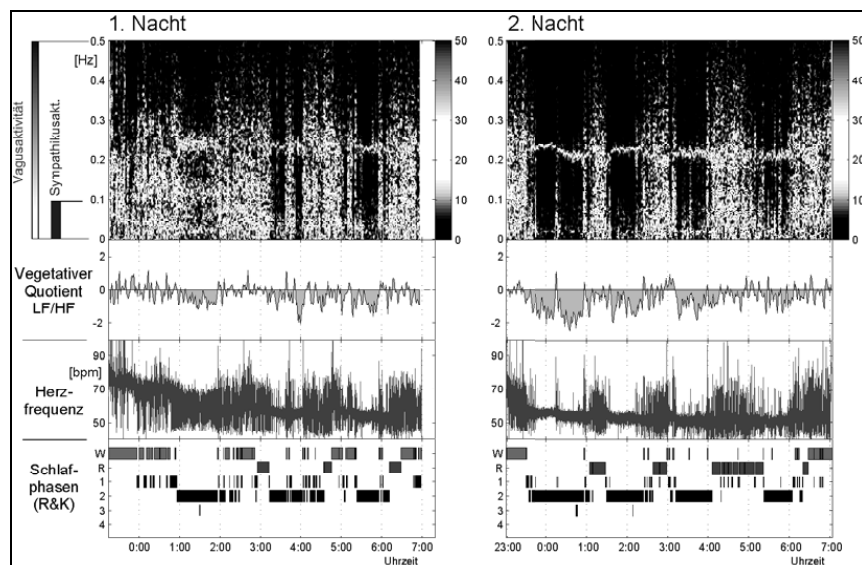


Abb.3: Daten aus einem Schlaflabor: AutoChrones Bilder ein- und desselben Versuchsteilnehmers, wenn er schlecht schläft (links) bzw. gut schläft (rechts). Der Unterschied zeigt sich insbesondere in der Schlafarchitektur. Der gute Schlaf verläuft zyklisch (rechts), wobei sich die Ruhig-schlafphasen deutlich vom REM-Schlaf (Traumschlaf) unterscheiden. Der schlechte Schlaf ist fragmentiert und vegetativ unruhig. Der vegetative Quotient (grau, je 2. Diagramm von oben) ist beim guten Schlaf ist vagotoner (rechtes Bild) als beim schlechten Schlaf (linkes Bild). Zum Vergleich die Schlag-zu-Schlag Herzfrequenz (3. Diagramm) und die Standard-Schlafphasenklassifikation nach Rechtschaffen und Kales, die anhand von EEG-, EOG- und EMG- Aufzeichnungen vorgenommen wird (je unterste Diagramme).



## Schlafmessungen bei unterschiedlicher Lüftungssituation

Die folgende Abbildung (Abb. 4) gibt ein Beispiel für eine Schlafmessung mit laufender Lüftungsanlage (links) und mit abgeschalteter Lüftungsanlage (rechts). In der Abbildung der Schlafmessung sind die zeitlichen Verläufe sämtlicher ausgewerteten linearen und nichtlinearen Parameter und auch der Raumklimaparameter dargestellt. Während im belüfteten Schlafzimmer (links) die CO<sub>2</sub>-Konzentration über die gesamte Nacht annähernd gleich bleibt, ist im unbelüfteten Schlafrum (rechts) deutlich der während der Nacht steigende CO<sub>2</sub>-Pegel zu erkennen.

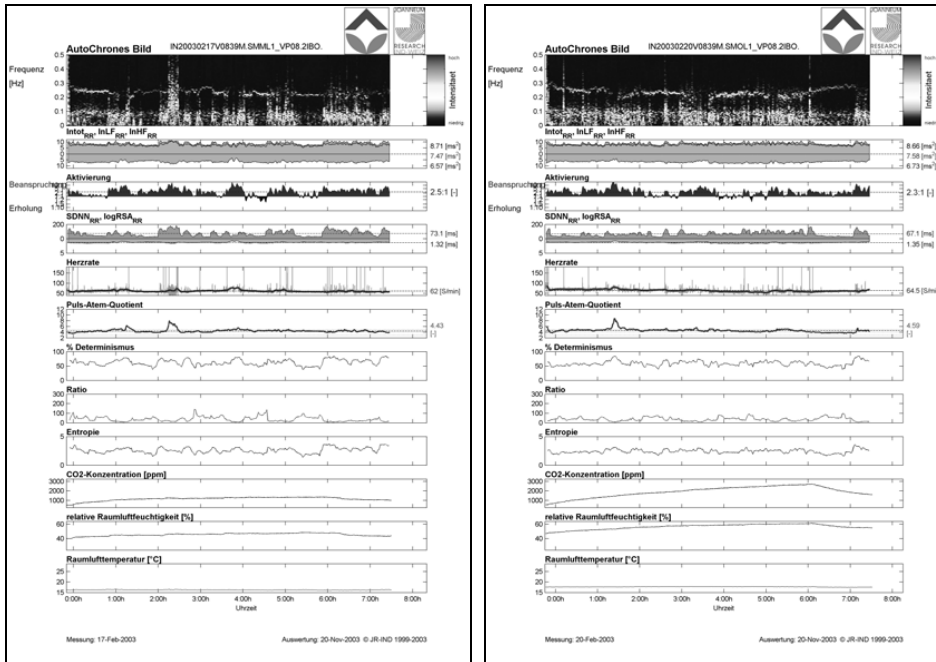
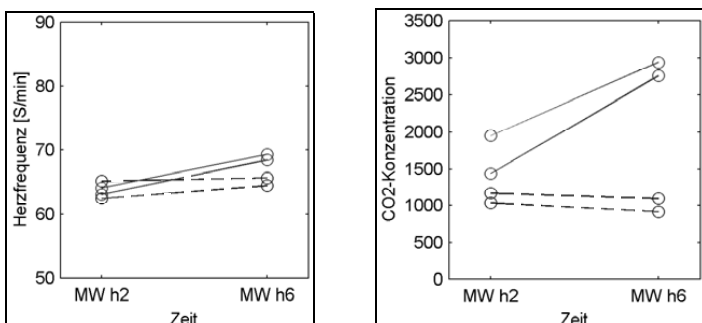


Abb. 4: Schlafmessungen einer Versuchsperson mit laufender Lüftungsanlage (links) und bei abgeschalteter Lüftungsanlage (rechts). Während die CO<sub>2</sub>-Konzentration während der Nacht in der linken Abbildung auf nur knapp über 1000 ppm zu liegen kommt, ist in der rechten Darstellung der Anstieg der CO<sub>2</sub>-Konzentration auf fast 3000 ppm bei abgeschalteter Lüftungsanlage deutlich zu erkennen.

Bei der Auswertung der Schlafuntersuchungen war man mit folgender Situation konfrontiert: Bei nur 3 von 10 Versuchspersonen konnte im unbelüfteten Schlafrum während der Nacht tatsächlich ein starker Anstieg der CO<sub>2</sub>-Konzentration auf über 1200 ppm erreicht werden. Die Gründe dafür lagen in sehr großen Raumluftvolumina durch große Schlafzimmer und durch die (unbeabsichtigte) Ablüftung durch halbgeöffnete Türen (bei Paaren mit Kindern).

Aus den Daten der ausgewerteten Schlafmessungen können daher keine statistisch abgesicherten Aussagen zur Schlafqualität bei unterschiedlicher Raumluftqualität bzw. unterschiedlichen CO<sub>2</sub>-Raumluftkonzentrationen getroffen werden. Es wird im Folgenden jedoch ein Einzelfall genauer betrachtet, wo im unbelüfteten Schlafrum stark erhöhte CO<sub>2</sub>-Konzentrationen erreicht werden konnten.

Abb. 5: Einzelfalldarstellung für Versuchsperson VP04: Darstellung der 1h-Mittelwerte der Herzrate (links) und der CO<sub>2</sub>-Konzentration (rechts) von Schlafstunde 2 und Schlafstunde 6 (durchgezogene Linie = Schlafmessung ohne Lüftung, strichlierte Linie = Schlafmessung mit Lüftung).



Aus den Einzelfalldarstellungen (Abb. 5 und Abb. 6) von VP04 ist ersichtlich, dass es unabhängig von den Messbedingungen, d.h. sowohl bei den Messungen mit Lüftung als auch bei den Messungen ohne Schlafrumlüftung, zu einem Anstieg von Herzfrequenz und Atemfrequenz im Schlafverlauf kommt. Der Anstieg der Herzfrequenz als auch der Atemfrequenz fällt jedoch bei unbelüftetem Schlafrum etwas stärker aus.

ker aus als in belüftetem Schlafrum. Eine erhol-  
same Nacht ist üblicherweise dadurch gekenn-  
zeichnet, dass die Herzfrequenz zum Morgen  
hin abfällt oder zumindest gleich bleibt. Die  
Schlafmessungen von VP04 deuten auf gene-  
rell eher schlechte Nachterholung der Ver-  
suchsperson hin. Der Erholungswert dürfte  
jedoch für Schlaf in gut belüftetem Schlafrum  
tendenziell höher sein als in unbelüftetem  
Schlafrum, da die Herzfrequenz für ersteren  
Fall nur gering ansteigt bzw. annähernd gleich  
bleibt.

Unmittelbar nach dem Aufwachen war von den  
Versuchspersonen zunächst ein Fragebogen zur  
Beurteilung der Raumluftqualität und an-  
schließend ein Schlaffragebogen zur subjekti-  
ven Beurteilung der Schlafqualität auszufüllen.

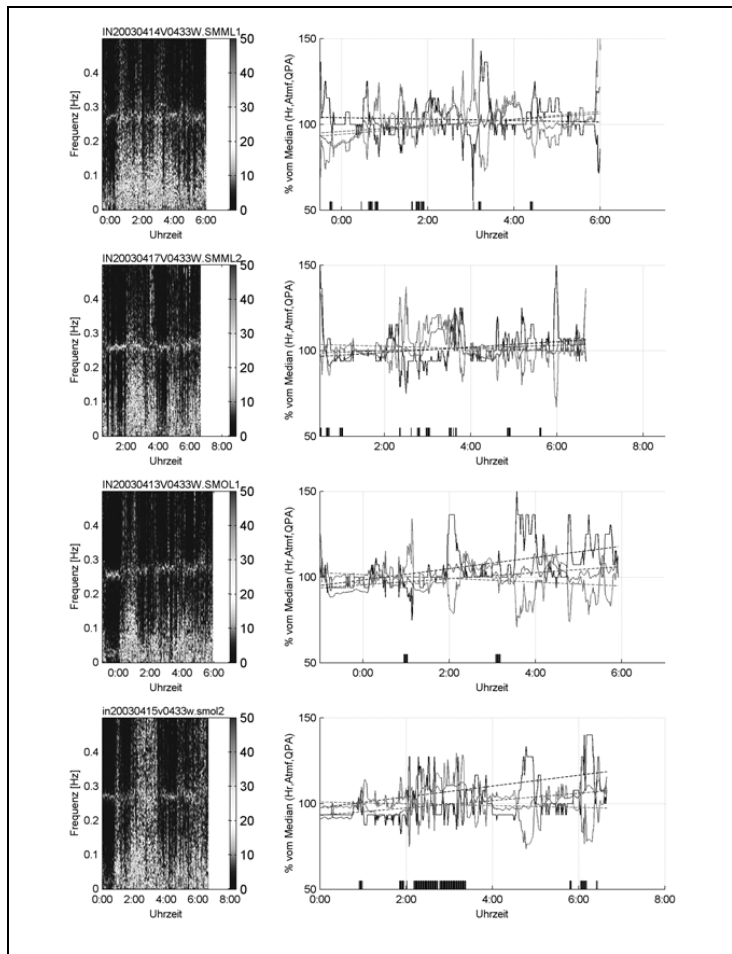
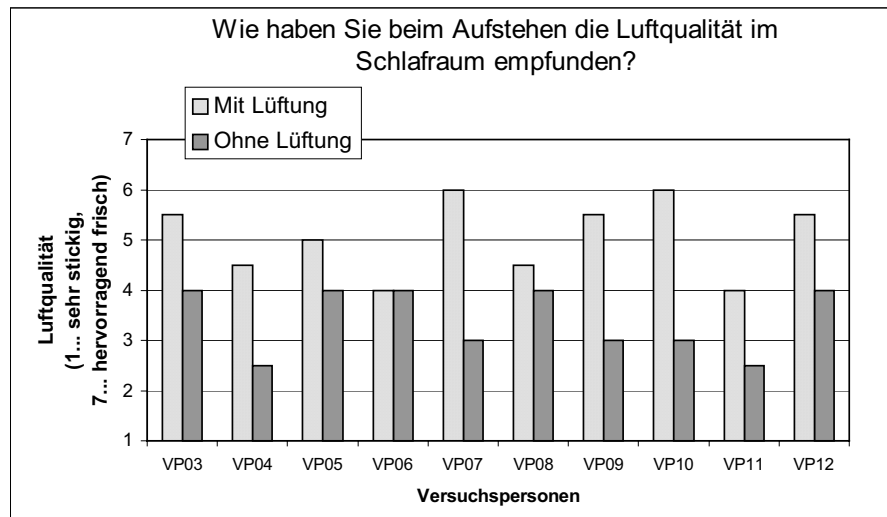


Abb. 6: Einzelfalldarstellung der  
Schlafmessung mit Lüftung (SMML)  
und ohne Lüftung (SMOL) für V04

Abb. 7 zeigt die Beurteilung der Raumluftqualität, Abb. 8 die Beurteilung der Schlafqualität  
durch die Versuchspersonen.

Die Raumluftqualität wurde, abgesehen von einer Versuchsperson, die keine unterschiedliche  
Luftqualität feststellte, von allen anderen Versuchsteilnehmern bei Lüftungssituation besser beur-  
teilt, als die Luftqualität im unbelüfteten Schlafrum. Bemerkenswert ist, dass die Luftqualität  
ohne Raumlüftung auch dann schlechter beurteilt wurde, wenn die CO<sub>2</sub>-Konzentration nicht  
wesentlich über 1000 ppm erreichte, jedenfalls aber über der Konzentration im belüfteten

Abb. 7: Beurteilung der Raumluft-  
qualität



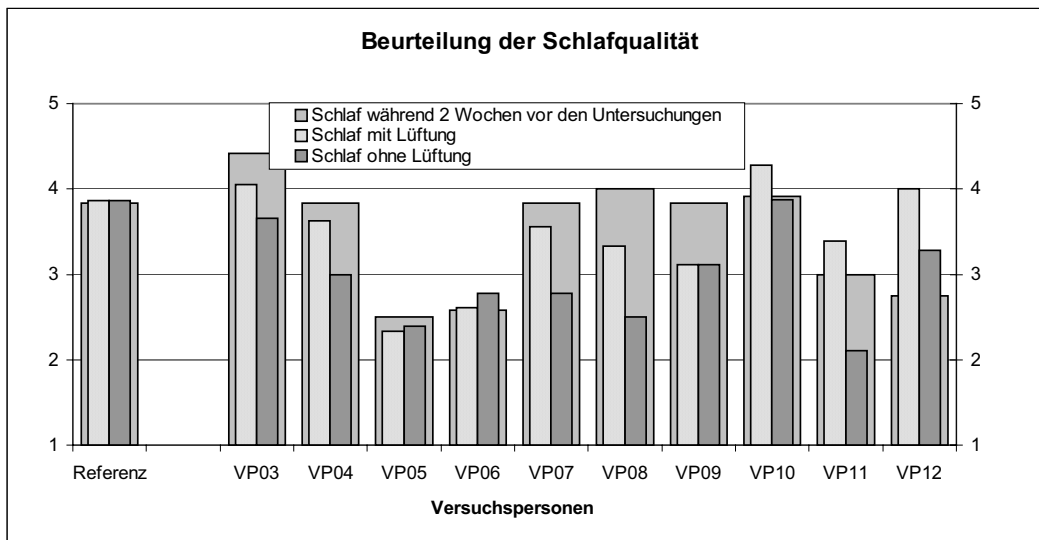


Abb. 8: Beurteilung der Schlafqualität anhand der standardisierten Schlafragebögen CIPS SF-A und SF-B;

Schlafraum lag. Dies lässt sich dadurch erklären, dass schon bereits bei  $\text{CO}_2$ -Konzentrationen von 1000 ppm die Raumluftqualität als nicht ausreichend empfunden wird.

Die Abbildung 8 zeigt die Auswertung der Schlafragebögen hinsichtlich der Schlafqualität: Die Faktorenwerte der Beurteilung werden auf einer Skala von 1 bis 5 abgebildet, 1 stellt die schlechteste Einstufung, 5 die beste Einstufung dar. Die hellen Balken repräsentieren die Beurteilung von Schlaf in belüftetem Schlafräum, die dunklen Balken entsprechend den Schlaf in unbelüftetem Schlafräum. Die hinterlegten grauen Balken stellen die Schlafbeurteilung des Schlafes vor Beginn der Schlafuntersuchungen dar. Neben den Beurteilungen der einzelnen Versuchspersonen ist auch der Referenzwert für die Beurteilungen dargestellt, der aus der Einstufung von 120 gesunden Probanden ermittelt wurde.

Besondere Beachtung sollten den Versuchspersonen VP04, VP07 und VP08 geschenkt werden: Aus Abbildung 7 kann man entnehmen, dass die Beurteilungen der Schlafqualität während der Schlafuntersuchungen (hell, dunkel) gut vergleichbar mit der Beurteilung der Schlafqualität vor Beginn der Untersuchungen (grau) ausfallen und gleichzeitig auch vergleichbar mit den statistischen Referenzwerten gesunder Probanden sind.

### Ergebnisse der Schlafuntersuchungen

Aus den Schlafuntersuchungen konnten aufgrund unzureichender  $\text{CO}_2$ -Konzentrationen in den Schlafräumen vorerst keine Rückschlüsse auf die Auswirkung schlechter Raumluftqualität auf die Schlafqualität gezogen werden. Es hat sich herausgestellt, dass hohe  $\text{CO}_2$ -Raumluftkonzentrationen in der Praxis der Untersuchungen nur in kleinen Schlafräumen bei geschlossenen Fenstern und Türen erreicht werden konnten.

Einzelbeispiele von jenen Untersuchungen, bei denen ein nachweisbarer Unterschied in den  $\text{CO}_2$ -Konzentrationen vorlag, zeigten allerdings Unterschiede in der nächtlichen Erholung. Für differenziertere Aussagen und eindeutige Schlussfolgerungen auf mögliche Auswirkungen unterschiedlicher Schlafräumlüftungssituationen auf die Schlafqualität und den Erholungswert des Schlafes reicht die anhand des AutoChronen Bildes vorgenommene EKG-Strukturanalyse nicht aus.

Da aus den psychologischen Befragungen (Schlafragebögen A und B) jedoch eindeutig hervorgeht, dass von den Versuchspersonen subjektiv die Schlafqualität und die Schlaferholung bei guter Schlafräumbelüftung besser beurteilt wird, sollten weiterführende Untersuchungen angestellt werden.

Es ist denkbar, die Untersuchungen mit einem mobilen Schlaflabor vorzunehmen, um die Schlafqualität anhand der unterschiedlichen Schlafphasen genauer zu differenzieren: dadurch könnte die Schlafqualität in Abhängigkeit von Raumklima und Schadstoffen beurteilt werden. Es sind diesbezüglich auch bereits erste Voruntersuchungen im Gange, die neben der Herz-

ratenvariabilität, aufgezeichnet wie in den präsentierten Untersuchungen mittels HeartMan, auch das EEG (Elektroenzephalogramm) der Versuchspersonen im Schlaf aufzeichnen. Von der dadurch genaueren Untersuchung der unterschiedlichen Schlafphasen werden konkretere Aussagen zur Schlafqualität erwartet.

## Literatur

[Lipp 2000]: Lipp B., Rohregger G., Moser M., Frühwirth M., Lackner H., Klima H. (2000): Die Auswirkung von Kachelofen- bzw. Radiator-beheizten Räumen auf physiologische Zustandsparameter beim Menschen. Forschungsbericht IBO GmbH., Wien 2000

[Moser 1995]: Moser M, Lehofer M, Hildebrandt G, Voica M, Egner S, Kenner T: Phase- and frequency coordination of cardiac and respiratory function. *Biological Rhythm Research*, 26, 1, 100-111., (1995).

[Moser 1999]: Moser M, Frühwirth M., von Bonin D., Cysarz D., Penter R., Heckmann C., Hildebrandt G.: Das autonome Bild als Methode zur Darstellung der Rhythmen des menschlichen Herzschlags. Aus: Heusser, P (Hrsg.): *Hygiogenese*. Verlag Peter Lang. 207–223., (1999).

[Pettenkofer 1858]: von Pettenkofer M (1858): Über den Luftwechsel in Wohngebäuden. Literarisch-artistische Anstalt der Cotta'schen Buchhandlungen. München 1858.

[Seppänen 1999]: Seppänen OA, Fisk WJ, Mendell MJ (1999): Association of ventilation rates and CO<sub>2</sub>-concentrations with health and other responses in commercial and institutional buildings, *Indoor Air* 9/1999, 226-252.

[Wargocki 2000]: Wargocki P (2000): The effects of outdoor air supply rate in an office on perceived air quality, sick building syndrome (SBS) symptoms and productivity. *Indoor Air* 10/2000: 222-236



# Beste Luft für eine Wiener Gemeindebauwohnung

Georg W. Reinberg

Die traditionelle Wohnbausanierung des Bestandes aus den 50iger bis 80iger Jahren des vorigen Jahrhunderts beschränken sich auf eine verbesserte Wärmedämmung (entsprechend dem aktuellen technischen Standard) der Gebäudehülle und den Austausch der Fenster.

Damit wird – bis zur nächsten Sanierung in etwa 50 Jahren – eine große Chance zur Entlastung der Umwelt verspielt. Darüber hinaus entstehen aber auch eine Reihe von Problemen innerhalb der Wohnungen selbst: Das Ersetzen der bisherigen undichten durch dichtere Fenster verschärft die Problematik zu geringer oder falscher Belüftung und die Wärmedämmung verschärft die Problematik von bestehenden Kältebrücken. Mangelnde Lüftung schafft schlechte ungesunde Luft und gemeinsam mit Kältebrücken kommt es nur allzu oft zur Bildung von Schimmel und damit zu schlechter und giftiger Luft.

Am Beispiel Thaliastraße Nr. 159 in Wien Ottakring sollte daher untersucht werden, wie der Wärmebedarf durch die Sanierung weiter gesenkt werden kann, welche Möglichkeiten bestehen, Sonnenenergie zu nutzen und wie darüber hinaus auch die Wohngesundheits und die Luftqualität für diese Wohnungen der Gemeinde Wien verbessert werden kann.

Die dafür gewählte Strategie ist ähnlich wie im Passivhaus nach Dr. Feist. Die Wärmedämmung wird wesentlich besser hergestellt als derzeit üblich, die neuen Fenster noch dichter (Dichtfolien auch im Gebäudeanschluss, überdämmte Rahmen etc.) und Wärmebrücken werden technisch hochwertig saniert (direkt durch Überdämmung und indirekt durch zusätzliche Gebäudehüllen). Dadurch werden die Wärmeverluste über die Gebäudehülle derart reduziert, dass die Reduktion der Lüftungswärmeverluste als weitere Maßnahme wirtschaftlicher wird als weitere Dämmmaßnahmen.

Daher erfolgt die Belüftung kontrolliert und mit Rückgewinnung der Wärme aus der Abluft. Die Möglichkeit der zentralen Belüftung (bzw. zentralen Belüftung mit wohnungsweiser Nachheizung) wurde mit dezentralen Lüftungsanlagen verglichen, wobei sich schließlich die zimmerweise, dezentrale Anlage als die praktikabelste erwies. Diese Anlage ist kostengünstig, der Einbau kann in einem Zuge mit dem Fensteraustausch erfolgen und die Belastung der Bewohner übersteigt damit kaum das Maß der üblichen Belastung. Dieser Punkt ist besonders bedeutend, da dem Mieter im Wohnbau der Gemeinde Wien eine besonders starke Stellung gegeben wird und gegen den Widerstand des Mieters Maßnahmen kaum durchgesetzt werden können. Das spezielle Problem der Versorgung dieser dezentralen Geräte mit Strom wird im gegebenen Fall durch die Leitungsführung an der Fassade und unterhalb der außenliegenden Wärmedämmung bewältigt.

Das mögliche Resultat einer umweltfreundlichen kostengünstigen Sanierung ist also nicht nur der Vorteil für die Allgemeinheit, sondern ebenso ein sehr wesentlicher Vorteil für jeden einzelnen Bewohner.

## Projektidee

Die Gebäude befinden sich in einer Übergangszone zwischen dichter gründerzeitlicher Bebauung (innenseitig zur Stadt) und einem durchgrüntem Einfamilienhausgebiet (westseitig-stadt- auswärts).

Die beiden fast identen Baukörper sind mit ihren Längsseiten nach Süden bzw. Norden orientiert. Alle Wohnungen sind südorientiert, ein Drittel der Wohnungen haben zusätzlich nordseitige Räume.

## PROJEKTBECHREIBUNG

<b>Architekt</b>	<b>Georg W. Reinberg</b> A-1070 Wien, Lindengasse 39/10 Tel: (+43) 01-524 82 80- 0 Fax: (+43) 01-524 82 80- 15 architekt.reinberg@aon.at <a href="http://www.reinberg.net">http://www.reinberg.net</a>
<b>Energiekonzept</b>	<b>Prof. DI Dr. Manfred Bruck</b>
<b>Mitarbeiter</b>	Mag. arch. Uli Machold
<b>Adresse</b>	Thaliastraße 159, 1160 Wien
<b>Bauherr</b>	MA 50
<b>Planung</b>	2003 (Studie für die Gemeinde Wien)
<b>Nutzung</b>	192 Wohnungen und 8 Geschäftslokale (bzw. Magazine)
<b>Umbauter Raum (Bestand)</b>	Beheiztes Bruttovolumen: Baukörper I (Stiege 1-4): 2.832 m <sup>3</sup> Baukörper II (Steige 5-8): 22.779 m
<b>Nettonutzfläche Geschäftsfläche</b>	683 m <sup>2</sup>
<b>Nettonutzfläche Wohnungen</b>	12.258 m <sup>2</sup>
<b>Baumaterialien (Bestand)</b>	a) Kellerwände: Kellermauerwerk: Stampfbeton 30 cm b) Außenwände: Aufgehendes Mauerwerk: Durisol 30 cm AW Westfassade (Stirnseite): 6cm Steinwolle (+ Putz) c) Decken: Unterseite Balkone (nur an Westfassade): 6 cm Steinwolle Decken: 14 cm STB-Platten Bodenbeläge: Keller: Betonflöz; Waschküche: Asphalt; Verkaufslokale: Terrazzo-Platten; Podeste: Terrazzo-Platten; Wohnzimmer, Wohnschlafzimmer, Schlafräume: Tafelparkett; WC, Nassräume, Küche: PVC-Belag

Die Bestandsbauten wurden 1967-1969 errichtet. Jeder Baukörper hat ein Erdgeschoß (Verkaufslokale oder Magazine), ein Kellergeschoß und acht Wohngeschoße. Die beiden Baukörper sind nahezu ident (Länge 82 bzw. 86 m und Breite 10,6 m, Höhen ca. 25 m).

Je Baukörper erschließen vier Stiegenhäuser je Geschoß jeweils drei Wohnungen. Die Aufzüge in den Stiegenhäusern haben ihre Ausstiege in den Zwischengeschoßen. Die Bauten befinden sich in einem – dank laufender Pflege – relativ gutem Zustand und müssen, rein bautechnisch gesehen, nicht dringend saniert werden. Der Sanierungsbedarf besteht hauptsächlich auf Grund der schlechten thermischen Situation.

### Haustechnik (Bestand)

Die Wärmebereitstellung erfolgt mittels Fernwärme aus dem Netz der Stadt Wien. Die Wärmeabgabe erfolgt über Radiatoren. Die Warmwasserbereitung erfolgt je Wohnung mit einem Gasdurchlauferhitzer.

Der spezifische Heizwärmebedarf beträgt je m<sup>2</sup> Nutzfläche und Jahr ca. 130 (Bauteil 1) bzw. 117 (Bauteil 2) kWh. Der Heizenergiebedarf 827.700 bzw. 785.939 kWh/a.

### Geplante Maßnahmen

Es soll, um die sehr attraktive Lage zu nutzen, ein Dachaufbau für neue Wohnungen erfolgen.

## Energetische Sanierung

Zunächst wird der Wärmeverlust durch hohe Wärmedämmung (20 cm Steinwolle verputzt an den Fassaden, 30 cm Wärmedämmung am Dach bzw. Wärmepuffer durch Wohnungsaufbauten), den Austausch der Fenster und die Dämmung der Deckenuntersichten zu unbeheizten Gebäudeteilen. Im weiteren wird durch mechanische Lüftung mit Wärmerückgewinnung falsches Lüften vermieden und es können (bei dezentralen Geräten) ca. 60 % der Lüftungswärmeverluste im Gebäude zurückgewonnen werden. Die Luftdichtigkeit wird durch den Fenstertausch wesentlich verbessert. Die bestehenden Kältebrücken über die nicht isolierten auskragenden Deckenplatten der Loggien werden durch Anbringen von beidseitigen Dämmungen (Steinwolle bzw. fußbodenseitig Vakuumwärmedämmung) und die vollständige Einhausung dieser Bauteile mit Glas zum Verschwinden gebracht.

Durch die sehr starke Stellung, die die Gemeinde Wien ihren Mietern gibt, ist es kaum praktikabel, Sanierungsmaßnahmen – abgesehen vom traditionellen Fenstertausch – durchzuführen, die den Bewohner belasten. Deshalb sollen die hier vorgeschlagenen Maßnahmen zunächst nur die Außenhülle betreffen und der Einbau der Lüftungsgeräte soll in einem Zug mit dem Fenstertausch erfolgen.

Zusätzlich zu der gravierenden Reduktion der Wärmeverluste wird die Sonne zur Bereitstellung von Wärme verwendet.

Die schon im Bestand vorhandene direkte passive Solarnutzung über die Südfenster (Sonnenfenster) wird durch die neuen Fenster optimiert und der Prozentsatz des Beitrages der Sonnenwärme am gesamten Heizungsbedarf wird durch die oben angeführten Wärmeverlustreduktionen wesentlich erhöht.

Zusätzlich passive Solargewinne ermöglichen auch die südseitigen Balkonverglasungen: diese „Wintergärten“ verbessern nicht nur die Wärmedämmung der dahinterliegenden Außenwände, sondern es kann auch die im Wintergarten gewonnene Wärme der Heizsaison über die Lüftungsgeräte für die Wohnung nutzbar gemacht werden. Eine weitere Optimierung der Wintergärten könnte durch Aufbringen von PCM-Putzen auf den Wänden im Wintergarten erreicht werden. Oberhalb der Fenster des obersten Geschoßes und teilweise als Brüstung für die Dachterrassen werden Vertikalkollektoren zur Warmwassergewinnung und Beheizung der Dachaufbauten hergestellt. Im Weiteren könnten einzelne Wohnungen bei Wohnungswechsel in die Versorgung mit Solarwarmwasser eingebunden werden (und es könnte auch die Fläche der Solarkollektoren vergrößert werden).

Die Dachgeschoßwohnungen sollen im „Passivhausstandard“ errichtet werden.

Photovoltaikmodule können – sofern die entsprechende Förderung möglich ist – als Beschattungselemente für die südlichen Verglasungen der Dachgeschoßwohnungen dienen.

Weitere Maßnahmen, die in das Gesamtkonzept eingebunden sind, aber jeweils nur bei Wohnungswechsel (Leerstand) durchgeführt werden können, sind: Erneuerung der derzeit ungedämmten Heizungsrohre in den Wohnungen, Einbindung der Warmwasserversorgung in die Fernwärme (und Solarwärme), Erneuerung der Leitungen, Sanierung der nicht mehr dem Stand der Technik entsprechenden Elektroleitungen usw.

## Maßnahmen zur Verbesserung des unmittelbaren Wohnumfeldes.

Dazu sollten die Grünanlagen neu gestaltet werden, um eine intensive Nutzungsmöglichkeit zu erlauben und es könnten durch eine Absenkung und Überdachung der PKW-Stellplätze zusätzliche Stellplätze und Grünflächen gewonnen werden.

Nicht zuletzt wird auch das neue attraktive architektonische Erscheinungsbild dazu beitragen, dass energieeffiziente Sanierung als das bessere und modernere Wohnen als der Neubau erkannt werden.

## Beschreibung der technischen Einrichtung zur Belüftung (Text Dr. Bruck)

### Grundgedanke

Thermische Sanierung der Gebäudehülle und aller wesentlichen Bauteile, die an unbeheizte Gebäudeteile grenzen, inklusive Einbau einer mechanischen Lüftung mit Wärmerückgewin-

<sup>1</sup>Dies entspricht einem Heizwärmebedarf von 17,6 kWh/m<sup>2</sup>BGF,a. Die Berechnungen des Passivhaus Projektierungspaketes beziehen die Ergebnisse auf die beheizte Netto-Grundfläche des Gebäudes.



nung, sodass eine Reduktion des Heizwärmebedarfs auf ca. 23 kWh/m<sup>2</sup> NGF, a<sup>1</sup> – physiologische Luftwechselrate jeweils 0,4 h<sup>-1</sup> – erzielt werden kann. (Heizwärmebedarfsberechnungen: beziehen sich auf Baukörper II, reine Wohnnutzung). Für Baukörper I gelten analoge Einsparungen.

### Einzelraumlüftungsgeräte

Einbau von raumweisen Wandkompaktgeräten (Wohn-, Schlaf- und Kinderzimmer) mit Direktansaugung / Ausblasung und Wärmerückgewinnung (d.h. ohne zentrale Zu-/Abluftkanäle) – Beispiel Meltem. Die Geräte werden – wo möglich – in die Außenwand bzw. in die Trennwände Wohnung / verglaste Loggia eingesetzt. In letzterem Fall wird die Außenluft entweder über Zuluftöffnungen (elektrisch angesteuertes automatisches Tellerventil (z.B. Fa. Hesco): offen, wenn Lüftungsgerät in Betrieb, sonst geschlossen) in der Außenwand der Loggia oder direkt aus Loggia (geringer Unterdruck in der Loggia plus Fugenlüftung) zugeführt. Dabei erfolgt eine zusätzliche Erwärmung der Luft durch Sonneneinstrahlung in die Loggia. Die Abluft wird durch (verlängerte) Ausblasöffnungen direkt ins Freie abgeführt.

Das Gerät verfügt über keine Luftnachwärmung. Eine Anbringung ca. 30 cm unterhalb der Decke ist in Bezug auf die Ablufttemperatur als auch auf die Einblassituation optimal. Die Fortluft wird als Strahl ausgeblasen, die Außenluft sphärisch angesaugt; ein thermischer Kurzschluss ist nicht zu befürchten. Die Außenluft/Fortluftstutzen sind je nach Entwurf gezielt als architektonisches Stilelement nutzbar oder unauffällig gleichfarbig mit der Fassade gestaltbar. Das Gerät ist im Nicht-Betrieb luftdicht.

Zuluftvolumenstrom: je nach Gerätetyp und Stufe 14 bis 56 bzw. 14 bis 94 m<sup>3</sup>/h

Leistungsaufnahme: je nach Stufe 0,2-0,25 W/(m<sup>3</sup>/h)

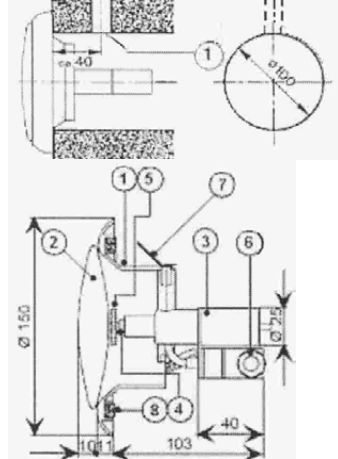
Wärmerückgewinnung:  $\eta$  WRG: ca. 0,75

Anmerkung: Um die Vergleichbarkeit mit zentralen Lüftungsanlagen, die das gesamte Haus erfassen, herzustellen, ist es notwendig, die Wärmerückgewinnung rechnerisch auf das Gesamtluftvolumen der Tops zu beziehen, obwohl mit diesen Geräten nur Teilvolumina erfasst werden, d.h. wenn z.B. – wie in diesem Fall rund 60 % des beheizten Luftvolumens mit  $\eta$  WRG = 0,75 belüftet werden und 40 % mit derselben Luftwechselzahl, aber ohne WRG, dann beträgt das auf das gesamte Volumen bezogene  $\eta$  WRG : 0,75 \* 0,60 = 0,45.

Kondensatabfuhr: Das Gerät ist so gebaut, dass das anfallende Kondensat über die Fortluft abgeführt wird. Zentrale Steuerung über Bussystem (zusätzlich Fensterkontakte, die das Gerät bei Fensteröffnung wegschalten) ist prinzipiell möglich, aber nicht zwingend.

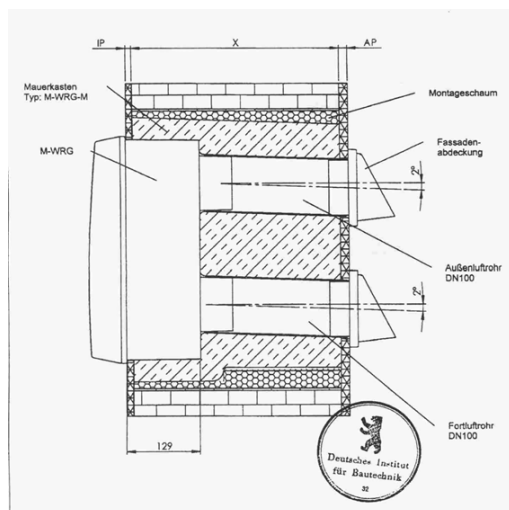
Schallschutzeigenschaften: Insgesamt entsprechen die Schallschutzeigenschaften des Geräts bei Unterputzeinbau etwa denen eines Fensters.

Tellerventil (Beispiel: Fa. Hesco)



- 1...Ventilgehäuse
- 2...Ventilteller
- 3...elektrotherm. Antrieb
- 4...Stößel
- 5...Rändelmutter
- 6...elektr. Anschluss
- 7...Federelement (3 Stück)
- 8...Schaumstoffdichtung

a) Unterputz Einbau: Mauerkasten in Außenhülle, überdämmt, 50 × 50 × 37 cm



b) Aufputz: Das Gerät steht ca. 18 cm in den Raum

### Schallbelastung im Betrieb

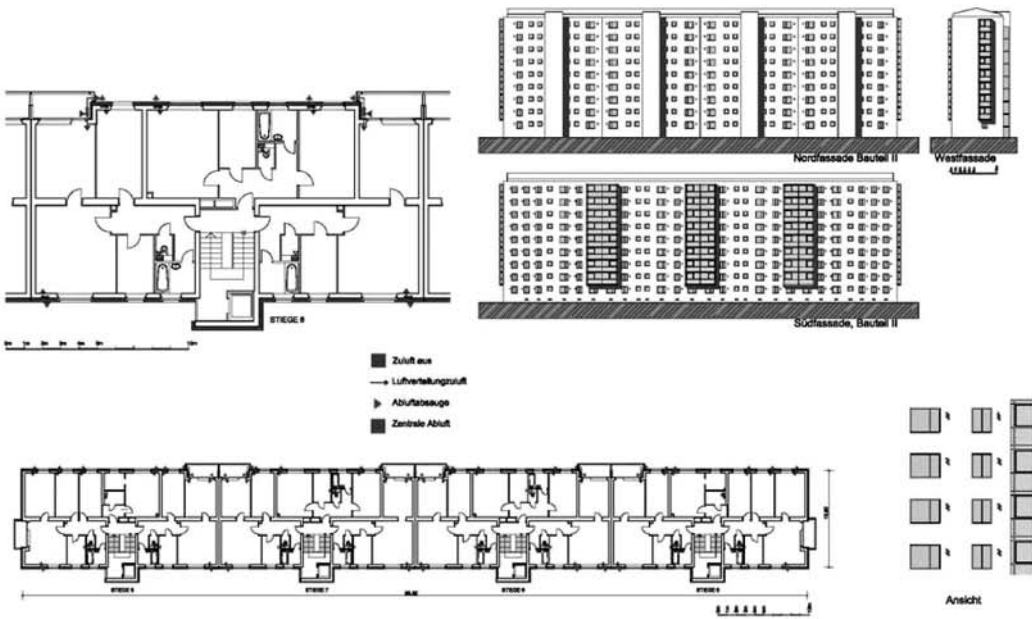
Schalldruckpegel: Unterputz: 15,5 – 36 dB(A) (15 – 60 m<sup>3</sup>/h)

15,5 – 46 dB(A) (15 – 100 m<sup>3</sup>/h)

Aufputz: 19 – 35 dB(A) (15 – 60 m<sup>3</sup>/h)

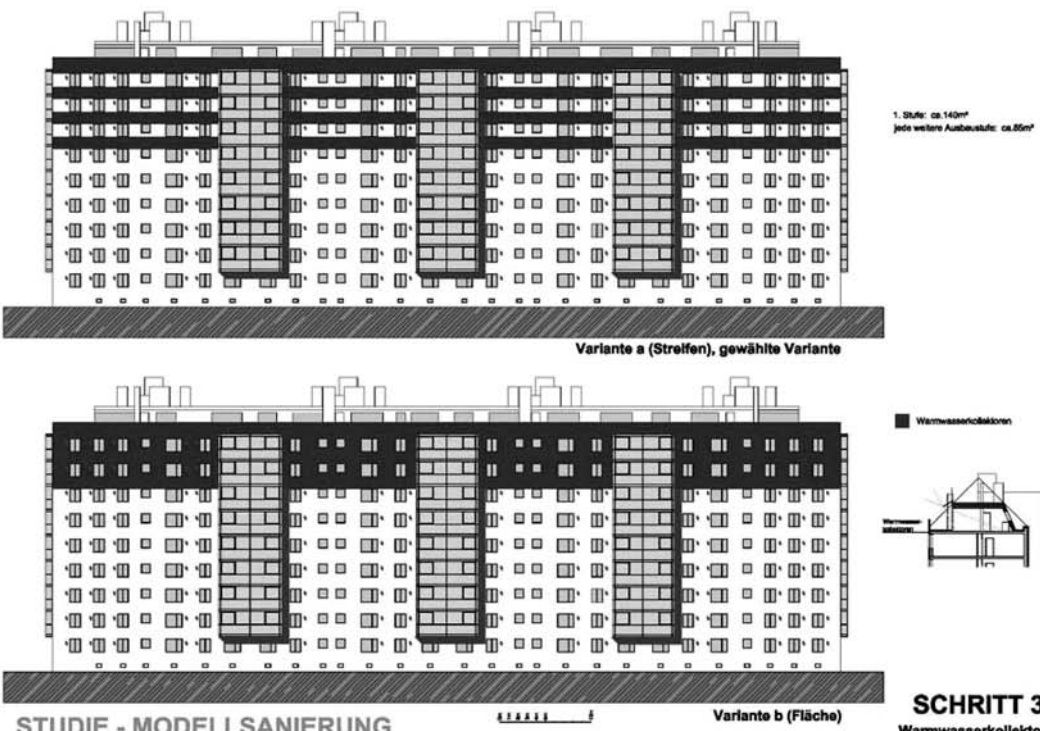
19 – 46 dB(A) (15 – 100 m<sup>3</sup>/h)

### Vorteile



STUDIE - MODELLSANIERUNG  
1160 WIEN, THALIASTRASSE 159

SCHRITT 2 Variante B, gewählte Variante  
Schritt 1 + Einzelraumlüftungsgerät



STUDIE - MODELLSANIERUNG  
1160 WIEN, THALIASTRASSE 159

SCHRITT 3A  
Wärmesammler  
Schritt 1 + Schritt 2 + aktive Solarnutzung

#### Wärmerückgewinnung aus der Abluft

- keine Luftkanäle erforderlich
- variable Belüftung und Temperaturwahl je nach Nutzeranforderungen
- Schallschutz ist bei gleichzeitiger Belüftung der Innenräume gewährleistet (Fensteröffnung nicht notwendig)
- Pollenschutz
- Sichere Feuchteabfuhr aus dem Raum (keine Schimmelpilzbildung)

#### Nachteile

- Bauphysik: mehrfache Durchdringung der luftdichten Ebene bzw. der Dämmschicht; Passivhausqualität nicht erreichbar, wohl aber starke Annäherung
- Effizienz der Wärmerückgewinnung ist etwas geringer als bei zentralen / dezentralen Anlagen (bezogen auf das gesamte Luftvolumen)<sup>2</sup>
- Wartungsaufwand: höher als bei zentralen/dezentralen Geräten
- Luftführung: für die Luftverteilung im Raum steht nur eine Zuluft- bzw. Abluft- Öffnung pro Gerät zur Verfügung.
- Der Einbau relativ vieler Geräte (2 bis 3 pro Top) bringt ggf. eine Schwächung der statischen Konstruktion, so dass in den unteren Geschoßen ev. ein Stahlrahmen zur Druckaufnahme / Druckverteilung in die Außenwandöffnung eingesetzt werden muss in den dann das Lüftungsgerät eingebaut wird. (Statisches Gutachten erforderlich)

<sup>2</sup> Der auf das gesamte Luftvolumen bezogene Wert wird auch in den Förderungs-nachweisen gefordert.

# ÖkoKauf – ökologischer Einkauf der Stadt Wien

## Gesunde Raumluf durch ökologische Kriterien

Alfred Brezansky

### Arbeitsgruppe – Innenausstattung

#### Innenraum-Ausstattung beeinflusst Umwelt und Gesundheit

- Acht Tonnen Baumaterial werden in Österreich jährlich pro EinwohnerIn verbaut.
- 56 Prozent des gesamten Abfalls in Österreich stammen aus dem Bauwesen. Das sind 22 Millionen Tonnen jährlich und die Recyclingquoten sind noch kaum der Rede wert.
- Schadstoffquellen können Baustoffe, Möbel, Farben, Lacke, Holzschutzmittel und Haushaltschemikalien sein. Formaldehyd, Weichmacher und flüchtige Kohlenwasserstoffe sind nur einige von vielen Schadstoffen.
- Zahlreiche Untersuchungen belegen, dass in Innenräumen unterschiedlichste Luftverunreinigungen oft in hohen Konzentrationen auftreten.
- „Sick Building Syndrome“ – vielfältige Symptome wie Kopfschmerzen, Übelkeit, Konzentrationsstörungen, Hautreizungen, Reizungen der Atemwege und allergische Reaktionen

Behaglichkeit in Innenräumen ist eine wesentliche Voraussetzung für die Lebensqualität und Leistungsfähigkeit der Menschen, die in diesen Räumen arbeiten. Vereinfacht gesehen, kann Behaglichkeit durch folgende Faktoren beeinflusst werden:

- Temperatur und Luftfeuchtigkeit
- Luftqualität (Luftwechsel, Lüftungsanlagen, Schadstoffe, organische Lösungsmitteln, Formaldehyd, Gerüche, Schimmelpilzsporen, elektrostatische Aufladung, Radioaktivität aus Baustoffen, Asbest, künstliche Mineralfasern, Messungen, Richtlinien)
- Schallschutz
- Störungsfreiheit (z.B. elektrische Felder)
- Tageslicht, Belichtung und visuelle Qualität
- psychologische Wohnbehaglichkeit

### Kriterienkatalog – Innenausstattung

#### Produktblätter

Eine Entscheidungshilfe für die Auswahl von Innenausbaumaterialien.

Hintergrundinformation zu den Produktblättern der Arbeitsgruppe Innenausstattung.

#### Ziel des Kriterienkatalogs

- ☺ Soll Informationen zu einzelnen Produkten aus ökologischer Sicht liefern
- ☺ Unterstützung für verstärkte Verwendung von umweltverträglichen Baumaterialien im Innenausbau.
- ☺ Informationsgrundlage für PlanerInnen und BeschafferInnen bei der Ausschreibung.

Anhand von Produktblättern werden die ökologischen Eigenschaften einzelner Bodenbeläge, Wandfarben und Innenausbauplatten beschrieben.

Außerdem finden sich in den Produktblättern Hinweise für Produktbeschreibungen bei der Ausschreibung als Ergänzung zu den Standard-Leistungsverzeichnissen. Damit können ökologische Anforderungen präzisiert werden.

Den Produktblättern ist ein allgemeiner Teil zur Ökologischen Beschaffung und zur Innenraum-Ausstattung vorangestellt. Beschrieben werden kurz die wesentlichen Einflussfaktoren, die das Wohlbefinden in Innenräumen bestimmen.

Als ökologisch sind jene Baumaterialien zu bezeichnen, die bei Betrachtung des gesamten Produktlebenszyklus im Vergleich die geringsten schädlichen Einflüsse auf die Umwelt aufweisen.

### Kriterien

- Rohstoffe
- Herstellung,Transport,Vertrieb
- Verarbeitung
- Nutzung (Raumklima, Schadstoffe, Pflege, Lebensdauer)
- Entsorgung

### Produktblätter der Arbeitsgruppe Innenausstattung

#### Bodenbeläge

- 01 Linoleum
- 02 Korkböden
- 03 PVC
- 04 Polyolefin
- 05 Gummibeläge
- 06 Laminat
- 07 Fertigparkettböden
- 08 Holzböden massiv
- 09 Keramische Produkte
- 10 Steinböden
- 11 Kunstfaserteppiche
- 12 Naturfaserteppiche

#### Wandfarben

- 13 Leimfarbe
- 14 Kalkfarben
- 15 Silikatfarben
- 16 Kunstharzdispersion
- 17 Naturharzdispersion

#### Innenausbauplatten

- 18 Holzspanplatten
- 19 Holzfaserplatten
- 20 Massivholz
- 21 Gipskarton- und Faserplatte
- 22 Lehmabplatten
- 23 Badewannenbeschichtung

### Arbeitsgruppe Reinigung

- Chemiebericht 1997 des Bundesministeriums für Umwelt: in Österreich werden jährlich 70.000 t Waschmittel für Textilien, 20.000 t Weichspüler und ca. 50.000 t andere Reinigungsmittel verwendet.
- Wasch- und Reinigungsmittel belasten die Umwelt! Sie gelangen nach ihrem Gebrauch in die Luft, den Boden, in Kläranlagen und Gewässer
- Verwendung von Reinigungsmittel betrifft Fragen des Gesundheits- und Arbeitsschutzes! Hauterkrankungen sind an der erste Stelle in der Liste der Berufskrankheiten mit mehr als 40 % aller Krankheitsfälle. Vorwiegend bei weiblichen Beschäftigten im Bereich der Körperpflege-, Friseur-, und Reinigungsberufe. Besonders häufig sind Kontaktekzeme d.h. Entzündungen der Haut, die durch den direkten Kontakt mit schädigenden Stoffen hervorgerufen werden.

### Warum Handeln

Beinhaltet relevanten Umweltdaten, für die Reinigung.

### Praxis-Check

Einblicke in die Psychologie der Reinigung, Motivation für Umstellung, Hautschutz & Arbeitsschutz.

### Von der Idee zur Lösung

Enthält wesentliche Maßnahmen einer Reinigungsumstellung.

### Fremdfirmen

Informationen zur Erstellung von Flächenverzeichnissen und Reinigungsplänen, Vertragsbedingungen zur Leistungsvergabe für die Erstellung eines Leistungsverzeichnisses.

## **Kriterien**

Hinweise zur Wirkung und Beurteilung von Inhaltsstoffen der Wasch- und Reinigungsmittel, Grundsätze der Produktauswahl, Gefahrensymbole und Basisunterlagen für die Entscheidungsfindung beim Ankauf von Wasch- und Reinigungsmitteln.

## **Bausteine für die Ausschreibung**

Musterblatt für Ausschreibung, Vorgehensweise für den Einsatz der Kriterien in einer Ausschreibung, Formblatt „Auszuschließende Inhaltsstoffe“ und ein „Umwelt-Leistungsblatt“

## **Einkaufshilfen**

Überblick über Umweltzeichen u.a., Hilfsmittel zur raschen Beurteilung der Umweltfreundlichkeit diverser Produkte.

## **Arbeitsgruppe: Desinfektion**

### **Zielsetzung**

Das Bewertungsschema sollte es Krankenhäusern bzw. Pflegeheimen ermöglichen, für denselben Verwendungszweck (z.B. Flächendesinfektion) einsetzbare Desinfektionsmittel miteinander zu vergleichen und somit eine Auswahl von die Umwelt bzw. die menschliche Gesundheit weniger gefährdender Flächen-, Instrumenten-, Geschirr- und Wäschedesinfektionsmittel ermöglichen.

Weitere Arbeitsgruppen des Projektes Ökokauf, die auch die Thematik der Innenraumluftbelastung betreffen:

### **Arbeitsgruppe: Farben und Lacke**

Hier gibt es demnächst die ersten Ergebnisse.

### **Arbeitsgruppe: Möbel**

Hat mit der Arbeit erst begonnen.

### **Hompge von ÖkoKauf:**

[www.oekokauf.wien.at](http://www.oekokauf.wien.at)





# ÖkoKauf Wien

## Projektgruppe für umweltgerechte Leistungen

Georg Patak

### Entstehung

- Klimaschutzprogramm KliP-Team III Abfall /Beschaffung
- Auftrag des Magistratsdirektors an Stadtbaudirektor
- MD-BD, PLS-Projektleitung
- Kernteam: MD-BD, PLS, MA 22 und WUA
- Dezember 1998 Start Workshop

### Ziel des Projekt „ÖkoKauf Wien“

- Ökologisierung der Beschaffung des Magistrat Wien und Unternehmen der Stadt Wien insbesondere zur Unterstützung des Wiener Klimaschutzprogramms
- Forcierung der Markteinführung und Marktdiffusion umweltfreundlicherer Produkte über die Grenzen der Stadt Wien und Aufgaben der Stadtverwaltung hinaus.

### Wird erreicht durch

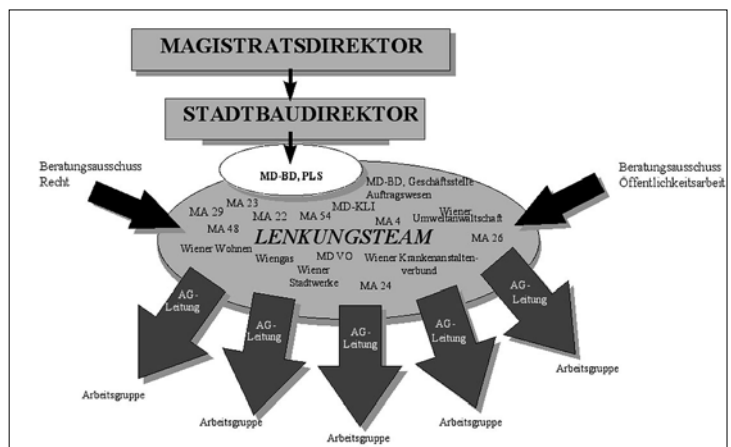
- Erstellung von Kriterienkatalogen, Leistungsbeschreibungen, Positionspapieren, Durchführung von Pilotprojekten, Erarbeitung von Grundlagendaten und Bewertungshilfen sowie technischen Spezifikationen für die Planung und Ausschreibung umweltgerechter Produkte sowie umweltgerechter Verfahren.  
Diese Unterlagen werden laufend weiterentwickelt und ergänzt und sind im Internet abrufbar. <http://www.oekokauf.wien.at/>
- Umsetzung durch Bewusstseinsbildung und Schaffung von Akzeptanz durch Information und Schulungen
- In bestimmten Fällen, eine verpflichtende Vorschreibung

### Zusätzliche Anwendungsverbreiterung durch

- Einbringen der Ergebnisse in legislative Regelungen und Normen
- durch Herbeiführen gleichen Marktverhaltens anderer Gebietskörperschaften
- Weiterentwicklung von Projekten durch Einbindung von Partnern
- Realisierung von Synergien mit anderen Projekten, insbesondere in Wien, z.B. Öko-Businessplan Wien
- offensive Öffentlichkeitsarbeit, Vorbildwirkung transportieren

### Arbeitsgruppen

- Desinfektion
- Druckerei, Druckaufträge und Drucksorten, Büromaterial
- Elektrische Büro- und Haushaltsgeräte
- Fuhrpark
- Haustechnik
- Hochbau
- Innenausstattung
- Lebensmittel
- Wasch- und Reinigungsmittel
- Tiefbau
- Winterdienst
- Vermeidung





- Planung
- Veranstaltungen
- Farben & Lacke
- Löschmittel

### **Bisherige Ergebnisse**

- Kriterien für Energiesparlampen (AG 01)
- Bewertungsschema für Desinfektionsmittelwirkstoffe (AG 02)
- ökologische Kriterien für die Beschaffung von Hygienepapier aus Altpapier (AG 03)
- Mustermappe für ökologische Druckpapiere (AG 03)
- Kriterienkataloge für verschiedene E-Geräte (AG 04)
- Kriterienkatalog für Innenausstattung (AG 08)
- Musterausschreibung für Bio-Lebensmittel (für einzelne Produkte) (AG 09)
- Spielekoffer für MA 11A (Kindertagesheime der Stadt Wien) (AG 10)
- Musterausschreibung für Wasch- und Reinigungsmittel (AG 10)
- Standard-Leistungsbuch Umwelt für Tiefbauarbeiten (AG 11)
- Informationskampagne zur Papiervermeidung (AG 14)
- Überarbeitung der Raumbücher und Pflichtenhefte der verschiedenen Magistratsabteilungen (z.B. Schulen, Kindertagesheime etc. (AG 06, 07, 08, 15)

### **Wie wird umgesetzt**

- Vorstellung der bisherigen Arbeit und bisherigen Ergebnisse des Projektes ÖkoKauf Wien im Rahmen einer Pressekonferenz (Herr Bürgermeister, Frau Stadträtin Dipl.-Ing. Kossina)
- Umsetzung durch:
  - grundsätzliches Bekenntnis, ökologische Kriterien in der Beschaffung mit zu berücksichtigen
  - Festlegung ökologischer Vorgaben in den Vergaberichtlinien und Erlässen als allgemeine Empfehlung
  - verpflichtende Vorschreibung in jenen Fällen, wo ökologische Kriterien auch zu wesentlichen ökonomischen Vorteilen führt
- Beauftragung der Projektleitung des Projektes ÖkoKauf Wien auch mit anderen Gebietskörperschaften oder Bundesdienststellen zu kommunizieren, kooperieren und im Sinne der Verbreitung und auch Kundenorientierung dafür geeigneten Ergebnisse unentgeltlich (auch über das Internet) zur Verfügung zu stellen.
- Kontaktaufnahme mit dem ÖNORM-Institut, um die von Wien erarbeiteten Ergebnisse in Richtlinien, die österreichweit Gültigkeit haben, einfließen zu lassen.

### **Vorurteil ökologischer Einkauf kostet mehr**

- Einsparung im Wiener Krankenanstaltenverbund bei Reinigungsmitteln 23 %. Dadurch Reinigungskosten um 10 % niedriger.
- Energiesparlampen (Energieeinsparung, 10x höhere Lebensdauer). Einsparung z.B. nur im Wiener Rathaus Euro 70.000.– pro Jahr.
- Umweltfreundliche Druckpapiere, Vergleich drucktechnisch gleichwertiger Papiere: Preisgleichheit.
- Elektrogeräte – Energieeinsparung, Entsorgungskosten bewirken rascheste Amortisation der Mehrkosten.
- Hochbau, Innenausbau, Haustechnik  
Etwas höhere Anschaffungskosten amortisieren sich durch niedrigere Betriebskosten, sonst wäre Energiecontracting nicht möglich (THEWOSAN).
- Tiefbau  
Die Standardisierung und Begriffsbereinigung auch bezüglich der Umwelt-Bestimmungen bewirken besseren Kostenvergleich und damit eine Reduktion.
- Einsparungen durch volkswirtschaftliche Auswirkungen  
(Gesundheit, Ressourcen, Abfall, etc.) fließen in die betriebswirtschaftlichen Überlegungen zu wenig ein.

# Recht auf gesunde Raumluf?

## Gesetzliche Vorgaben für die Innenraumluf

Silvia Baldinger

### Einleitung

Bis dato gibt es noch in keinem europäischen Land ein spezifisches Gesetz für Qualitätsanforderungen an die Innenraumluf. In Deutschland und Norwegen sind jedoch bereits Richtlinien erarbeitet worden, die für die Praxis, d.h. in erster Linie für Sachverständige, eine Unterstützung darstellen.

### Verschiedene Rechtsmaterien

In den letzten Jahren zeigt sich eine größere Sensibilität der Menschen gegenüber Umweltbelastungen in Innenräumen. Bereits vor Gerichtsanhängigkeit kommt es des Öfteren nach Einholung eines Privatgutachtens zu einem außergerichtlichen Vergleich mit dem potenziellen Schädiger oder dessen Versicherung. Kommt es zu Gerichtsverfahren, wird im Regelfall ein Sachverständiger in einem Gutachten beurteilen müssen, ob und welche Schadstoffe zu den gesundheitlichen Beeinträchtigungen geführt haben.

In diversen Rechtsgebieten finden sich bereits jetzt Regelungen in Österreich, die in unterschiedlichster Form Innenraumluf und Innenraumlufschadstoffe betreffen.

Dies ist u.a. in nachstehenden Rechtsmaterien der Fall:

1. Gewährleistungsrecht
2. Schadenersatzrecht
3. Konsumentenschutzrecht
4. Produkthaftungsrecht
5. Mietrecht
6. Strafrecht
7. Chemikalienrecht
8. Baurecht
9. Arbeitsrecht
10. Strahlenschutzrecht
11. Andere Rechtsgebiete, wie z.B. Nichtraucherschutz

### Gewährleistung: Bundeskompetenz; BMJ

Das Gewährleistungsrecht sowie das Schadenersatzrecht im Allgemeinen Bürgerlichen Gesetzbuch und im Konsumentenschutzgesetz sind mit BGBl. I Nr. 48/2001 (Gewährleistungsrechts – Änderungsgesetz) geändert worden.

Gewährleistungsansprüche sind verschuldensunabhängig.

Im § 922 ABGB wird normiert, dass derjenige, der einem anderen eine Sache entgeltlich überlässt, Gewähr dafür leisten muss, dass diese dem Vertrag entspricht.

Er haftet also dafür, dass

- die Sache die bedungenen oder gewöhnlich vorausgesetzten Eigenschaften hat,
- sie seiner Beschreibung, einer Probe oder einem Muster entspricht und
- sie der Natur des Geschäftes oder der getroffenen Verabredung gemäß verwendet werden kann.

Im § 924 ABGB wird nunmehr neu eine Vermutung der Mangelhaftigkeit bei Übergabe, wenn sich der Mangel innerhalb von 6 Monaten zeigt, statuiert (Beweislastumkehr): Der Übergeber leistet prinzipiell Gewähr für Mängel, die bei der Übergabe vorhanden sind. Dies wird bis zum Beweis des Gegenteils vermutet, wenn der Mangel innerhalb von 6 Monaten nach der Übergabe hervorkommt. Diese Vermutung tritt nicht ein, wenn sie mit der Art der Sache oder des Mangels unvereinbar ist.

Der § 932 ABGB regelt die Rechte aus der Gewährleistung:

Der Übernehmer kann wegen eines Mangels

- die Verbesserung (Nachbesserung oder Nachtrag des Fehlenden),
- den Austausch der Sache,
- eine angemessene Preisminderung oder
- die Aufhebung (= Wandlung) des Vertrages, d.h. Ware und Kaufpreis gehen wieder zurück,

verlangen.

Diese Möglichkeiten sind in der angeführten Reihenfolge zu fordern, dies jedoch immer unter der Prämisse, dass die Forderung (z. B. Verbesserung) möglich ist oder für den Übergeber, verglichen mit einer anderen Abhilfe (z. B. Preisnachlass) nicht mit einem unverhältnismäßigen Aufwand verbunden wäre. Die Bewertung richtet sich auch nach dem Wert der mangelfreien Sache, der Schwere des Mangels und den mit der anderen Abhilfe für den Übernehmer verbundenen Unannehmlichkeiten.

Verbesserung und Austausch sind in angemessener Frist und mit möglichst geringen Unannehmlichkeiten für den Übernehmer zu bewirken, wobei die Art der Sache und der mit ihr verfolgte Zweck zu berücksichtigen sind.

Das Recht auf Wandlung gibt es, falls es sich nicht um einen geringfügigen Mangel handelt, wenn der Übergeber die Verbesserung oder den Austausch verweigert oder nicht in angemessener Frist vornimmt, wenn diese Abhilfen für den Übernehmer mit erheblichen Unannehmlichkeiten verbunden wären oder wenn sie ihm aus triftigen, in der Person des Übergebers liegenden Gründen unzumutbar sind.

§ 933 ABGB betrifft die Gewährleistungsfristen, wobei die Frist für bewegliche Sachen auf 2 Jahre (bei unbeweglichen Sachen 3 Jahre) verlängert wurde (Einschränkung durch § 9 KSchG). Gewährleistungsfristen sind nun Verjährungsfristen (d.h. sie müssen innerhalb der 2 bzw. 3 Jahre gerichtlich geltend gemacht werden). Die Fristen können durch Vereinbarung verkürzt oder verlängert werden.

§ 933b ABGB gibt dem Unternehmer, der einem Verbraucher Gewähr geleistet hat, einen Gewährleistungsrechtlichen Rückgriff gegen seinen Lieferanten auch dann, wenn seine Gewährleistungsfrist schon abgelaufen ist. Das Rückgriffsrecht ist binnen 2 Monaten ab der eigenen Leistung auszuüben, der Verpflichtete haftet nur 5 Jahre ab der eigenen Leistung.

Die besonderen Gewährleistungsregeln für den Werkvertrag wurden abgeschafft.

### **Schadenersatzrecht: Bundeskompetent; BMJ**

Gemäß § 933 a ABGB (seit der Novelle 2001) kann der Übernehmer neben den Gewährleistungsansprüchen auch Schadenersatz fordern, wenn der Übergeber den Mangel verschuldet hat. Ebenso wie bei der Gewährleistung kann zunächst nur Verbesserung oder Austausch verlangt werden. Der Übernehmer kann jedoch Geldersatz verlangen, wenn sowohl die Verbesserung als auch der Austausch unmöglich ist oder für den Übergeber mit einem unverhältnismäßig hohen Aufwand verbunden wäre. Dasselbe gilt, wenn der Übergeber die Verbesserung oder den Austausch verweigert oder nicht in angemessener Frist vornimmt, wenn diese Abhilfen für den Übernehmer mit erheblichen Unannehmlichkeiten verbunden wären oder wenn sie ihm aus triftigen, in der Person des Übergebers liegenden Gründen unzumutbar sind. Ab dem Ablauf von 10 Jahren ab der Übergabe gilt nunmehr eine Beweislastumkehr für Mangelschäden und Mangelfolgeschäden: dann obliegt der Beweis des Verschuldens des Übergebers beim Übernehmer.

Gemäß § 1323 ABGB gilt für die Arten des Schadenersatzes primär das Prinzip der Naturalrestitution, d.h. dass der Geschädigte so gestellt werden muss, wie er vor dem schädigenden Ereignis gestanden ist. Wenn dies nicht möglich oder nicht „tunlich“ ist (z.B. weil unwirtschaftlich), so ist Geldersatz zu leisten. Der Umfang der Ersatzpflicht richtet sich nach dem Verschulden des Schädigers: Liegt nur leichte Fahrlässigkeit vor, muss nur der positive Schaden ersetzt werden, der nach dem objektiven Verkehrswert berechnet wird. Hat der Schädiger jedoch vorsätzlich oder grob fahrlässig gehandelt, muss er volle Genugtuung leisten, d.h. es ist der Wert gerade im Vermögen des Geschädigten zu ermitteln.

Schadenersatzpflichten (§ 1295 ABGB) treten z.B. auch bei Verletzung von Aufklärungs-, Warn- oder Sorgfaltspflichten auf.

Schadenseintritt, Verursachung durch den Schädiger (Kausalität); Rechtswidrigkeit des schädigenden Verhaltens und Verschulden des Schädigers sind die Haftungsvoraussetzungen.

Die Verjährungsfrist der Schadenersatzpflichten beträgt drei Jahre ab Kenntnis des Schadens und des Schädigers bzw. ab dem Zeitpunkt, an dem dieser festgestellt hätte werden können.

### **Konsumentenschutz: Bundeskompetenz; BMSG**

In diesem Zusammenhang ist aus dem Gewährleistungsrechts-Änderungsgesetz besonders der § 9a Konsumentenschutzgesetz erwähnenswert, da er eine besondere Haftung für Montagefehler aufstellt: Wenn der Unternehmer vertraglich zur Montage verpflichtet war, haftet er auch für einen dabei durch sein unsachgemäßes Verhalten an der Sache verursachten Mangel. Das gilt auch, wenn der Verbraucher die Montage selbst vornehmen sollte und die Montageanleitung unsachgemäß war.

Im § 9b KSchG wird erstmals die vertragliche Garantie normiert: Wenn sich ein Unternehmer einem Verbraucher gegenüber verpflichtet, für den Fall der Mangelhaftigkeit diese zu verbessern, auszutauschen, den Kaufpreis zu erstatten oder sonst Abhilfe zu schaffen (Garantie), so hat er auf die gesetzliche Gewährleistungspflicht des Übergebers und darauf hinzuweisen, dass sie durch die Garantie nicht eingeschränkt wird. Der Unternehmer ist an die Zusagen in der Garantieerklärung und an den in der Werbung bekannt gemachten Inhalt der Garantie gebunden.

### **Produkthaftung: Bundeskompetenz; BMJ**

Seit dem Inkrafttreten des Produkthaftungsgesetzes (PHG), BGBl. Nr. 99/1988, haftet ein Unternehmer, der eine Ware herstellt oder in den Verkehr bringt, für Schäden, die aus Fehlern des Produkts herrühren. Diese Haftung ist unabhängig von einem etwaigen Verschulden.

Wird durch ein fehlerhaftes Produkt ein Mensch getötet, am Körper verletzt oder sonst wie gesundheitlich geschädigt, dann trifft die Produkthaftung zunächst den Hersteller. Die Haftung gilt auch für Folgeschäden, allerdings mit der Einschränkung eines Selbstbehaltes von 574 Euro (363 Euro, PHG vor dem 1.1.94). Generell gibt es weder für Gesundheitsschäden noch für Sachschäden eine Haftungshöchstgrenze. Neben einem ausländischen Hersteller haftet auch der Importeur, sodass eine aufwändige und manchmal aussichtslose Rechtsdurchsetzung vermieden werden kann. Wenn beide – Hersteller oder Importeur – nicht feststellbar sind, haftet der Händler, bei dem die Ware gekauft wurde, sofern er nicht in angemessener Frist den Hersteller, Importeur oder zumindest einen Vorlieferanten bekannt gibt.

**Der Produzent** muss eine mängelfreie und fehlerfreie Ware in Verkehr setzen, die die nötige Sicherheit aufweist. Er haftet auch für ein an sich fehlerfreies Produkt, von dem spezifische Gefahren ausgehen können, wenn er entsprechende Anleitungen zum Gebrauch bzw. Warnungen unterlässt. Es bestehen dann keine Warnpflichten, wenn die mit dem Produkt verbundenen Gefahren ganz offenkundig sind oder zum selbstverständlichen Wissensstand eines befugten Anwenders gehören.

**Den Händler** kann ein Verschulden nur bei der Kontrolle der Ware oder bei nicht entsprechender Aufklärung des Kunden treffen. Diese Überprüfungspflicht ist nicht sehr streng, da der Händler meist weder die notwendigen Kenntnisse noch Prüfeinrichtungen hat.

Die Produkthaftung tritt nur dann ein, wenn durch den Fehler eines Produkts ein Personen- oder (an einer vom Produkt verschiedenen Sache) ein Sachschaden verursacht worden ist.

Das PHG gilt für „bewegliche körperliche Sachen“, auch wenn sie Teil einer anderen beweglichen Sache sind oder mit einer unbeweglichen verbunden sind. Das PHG gilt nicht für mangelhafte Dienstleistungen.

### **Haftungsausschluss nach dem PHG:**

1. Wenn der Fehler auf eine Rechtsvorschrift oder behördliche Anordnung zurückzuführen ist, der das Produkt zu entsprechen hat,

2. Wenn die gefährliche Eigenschaft des Produkts nach dem Stand der Wissenschaft und Technik zu dem Zeitpunkt, zu dem es der in Anspruch Genommene in den Verkehr gebracht hat, nicht als Fehler erkannt werden konnte.

Wird eine erhöhte Schadstoffkonzentration in Innenräumen festgestellt und treten Beschwerden bei den Bewohnern auf, die eindeutig auf die Einwirkung eines Schadstoffes zurückzuführen ist, so handelt es sich um einen Personenschaden, der ohne Selbstbehalt zu ersetzen ist.

Es können generell nachstehende Kosten begehrt werden:

1. Heilungs- und Pflegekosten
2. entgangener und künftig entgehender Verdienst
3. Ersatz für eine das Fortkommen verhindernde Verunstaltung
4. angemessenes Schmerzensgeld (soll die Gesamtheit der „Unlustgefühle“ im Zusammenhang mit Schmerzen abgelten).

Es gibt in Österreich allerdings kaum Klagen vor den Zivilgerichten gegen den industriellen Verursacher produkt- und umweltbedingter Erkrankungen; auch die Sozialversicherungsträger machen so gut wie nie Regressansprüche an den Verursacher geltend. Die Gründe dafür werden vermutlich darin zu sehen sein, dass die Produkthaftung zwar verschuldensunabhängig ist, aber trotzdem der Geschädigte den Schaden und den Ursachenzusammenhang zwischen dem Schaden und dem Inverkehrbringen des Produkts beweisen muss. Wenn z. B. nicht klar ist, von welchem Produkt (von mehreren in Frage kommenden) der Schaden herrührt, können die (der) Hersteller nicht belangt werden.

Nach aktueller deutscher Rechtslage sind die Erfolgsaussichten bei Schadenersatz für erlittene Gesundheitsschäden eher gering, da der Nachweis eines Ursachenzusammenhanges zwischen toxischer Exposition und Erkrankung schwierig ist. Dies ist jedoch bei einer Produkthaftungsklage auf Erstattung der Sanierungskosten einer Immobilie leichter, da der Nachweis ausreicht, dass die Rechte als Eigentümer beeinträchtigt worden sind.

### **Mietrecht: Bundeskompetenz; BMJ**

Gemäß § 1096 ABGB muss der Vermieter den Mietgegenstand in brauchbarem Zustand erhalten sodass er „zu dem bedungenen Gebrauche taugt“.

Wenn die gemietete Wohnung wegen der hohen Schadstoffkonzentration nicht mehr bewohnbar ist, hat man folgende Möglichkeiten, die jedoch nicht in allen Fällen anwendbar sind:

1. Man verlangt die Herstellung des ordnungsgemäßen Zustandes; bis dahin:
2. Mietminderung, bei gänzlicher Unbrauchbarkeit: Wegfall der Miete,
3. Schadenersatz,
4. Kündigung, bei gravierenden Mängeln auch fristlos.

Selbstverständlich darf der Mieter die Schadstoffe nicht selbst in die Wohnung eingebracht haben (z.B. Holzanstrich). Saniert der Vermieter trotz Aufforderung das Mietobjekt nicht, kann der Mieter eine Ersatzvornahme durch einen befugten Gewerbetreibenden machen lassen und die Kosten dafür von der Miete einbehalten. Er kann auch nach Anzeige und Setzen einer Erfüllungsfrist die Herstellung des ordnungsgemäßen Zustandes einklagen.

Es können zusätzlich auch Schadenersatzansprüche, wie z. B. für notwendige Umzugskosten, Kauf eines Elektroofens statt der belasteten Nachtspeicherheizung u.a. eingeklagt werden.

### **Beispiele**

#### **Formaldehyd: OGH-Urteil 10b169/97b**

Sachverhalt: Die Klägerin ist Mieterin eines Hauses, welches im Eigentum der Vermieterin steht. Die Klägerin will die Erneuerung der Heizungsanlage, weil offensichtlich Frostschutzmittel in die Heizungsanlage eingefüllt worden ist und dadurch im Wohnbereich Formaldehyd von 0,195 mg/m<sup>3</sup> im Haus gemessen wurde. Dies führte zu Reizungen der Augen der Geruchsvernerven, der Atemwege und der Schleimhäute. Zudem litt die Klägerin an Kopfschmerzen und Übelkeit. Es wurde auf den vom deutschen Bundesgesundheitsamt empfohlenen Richtwert von 0,12 mg/m<sup>3</sup> verwiesen, welcher um 62,5 % überschritten wurde.

In Österreich gibt es nur die MAK-Werte für den Arbeitsplatz von 0,6 mg/m<sup>3</sup>. Dieser gilt nicht für die Wohnung, wo die Klägerin wohnt und arbeitet und sich mehr als 40 Stunden aufhält. Diese MAK-Werte, die erheblich unterschritten wurden, wurden vom Beklagten eingewandt sowie dass eine Spülung der Heizanlage genügen würde und diese nicht ausgetauscht werden müsse. Es wurden Sachverständige aus dem Luftreinhaltebereich zugezogen. Die Analyse des Heizungskreislaufwassers ergab einen Formaldehydgehalt von 0,5 – 0,6 ppm (0,1 ppm = 0,12 mg/m<sup>3</sup>).

Das Erstgericht meinte, die Vermieterin sei verpflichtet, den Bestandsgegenstand in ordnungsgemäßen Zustand zu halten und die Formaldehydkonzentration gäbe auf Grund des in Deutschland geltenden und der WHO-Empfehlungen entsprechenden Richtwertes Grund zu gesundheitlicher Besorgnis. Weiters sei die Beiziehung eines medizinischen Sachverständigen nicht erforderlich, weil objektive Kriterien und nicht eine individuelle Überempfindlichkeit der Klägerin vorlägen.

Diese Meinung teilte das Berufungsgericht nicht und bemängelte, dass die Klägerin nicht als Partei vernommen wurde (zur Frage der Beimengung von Frostschutzmittel) und dass kein medizinischer Sachverständiger bestellt wurde. Er sollte die Frage klären, ob die gemessene Formaldehydkonzentration gesundheitsschädlich sei und wie hoch die Formaldehydkonzentration normalerweise in beheizten Räumen sei.

Dem Erstgericht wurde eine neuerliche Entscheidung nach Verfahrensergänzung aufgetragen.

#### **Schimmel: OGH-Urteil 50b155/01g vom 13.11.2001**

Die Wohnung einer Mieterin war von starkem Schimmel befallen, so dass man den ganzen Putz abtragen und erneuern müsste. Der Auftrag lautete auf sofortige Mängelbehebung, da die Wohnung sonst unbenützt sei. Der Vermieter wandte ein, dass der Loggienvorbau die Lüftung beeinträchtigt und die Räume nicht ausreichend beheizt seien.

Das Erstgericht trug dem Vermieter auf, den Schimmelbefall binnen 4 Monaten zu beseitigen. Auf die Verursachung oder schuldhaft Herbeiführung der Mängel durch die Mieterin kommt es nicht an. Die Sanierungsarbeiten sind sogenannte privilegierte Arbeiten, die ohne Rücksicht auf bestehende Kostendeckung oder allfällige Unwirtschaftlichkeit durchzuführen seien. „Privilegierte Schäden seien solche, deren Behebung für die Sicherheit und Gesundheit von Personen erforderlich sei.“

Rekursgericht: Verfahrenszweck ist die Feststellung der Schäden und die Prüfung der Frage, ob dem Vermieter eine Erhaltungsarbeit aufzutragen sei oder nicht. Die Ursache des Schimmelbefalls sei in diesem Verfahren nicht zu prüfen, weil die Verpflichtung des Vermieters (MRG), die Mietgegenstände des Hauses zu erhalten, grundsätzlich nicht davon abhängt, wer die Schäden verursacht hat. Ein Interessensausgleich ließe sich nur über das Schadenersatzrecht herstellen.

Das Erstgericht wird im fortzusetzenden Verfahren unter neuerlicher Beiziehung eines Sachverständigen zu klären haben, welche konkreten Erhaltungsarbeiten notwendig sind, um die Ursachen der Schimmelbildung zu beseitigen.

#### **Chemikalienrecht, Gewerberecht und weitere Bereiche des Verwaltungsrechts: Bundeskompetenz; BMLFUW u.a.**

Zur Erreichung des Zieles des Chemikaliengesetzes 1996 (BGBl. I Nr. 53/1997 idF BGBl. I Nr. 108/2001), nämlich „des vorsorgenden Schutzes des Lebens und der Gesundheit des Menschen und der Umwelt vor unmittelbar oder mittelbar schädlichen Einwirkungen, die durch das Herstellen und in Verkehr setzen, den Erwerb, das Verwenden oder die Abfallbehandlung von Stoffen, Zubereitungen oder Fertigwaren entstehen können“, wurden einige stoffbezogene Verordnungen erlassen.

Da produktbezogene Regelungen gegebenenfalls binnenmarktbeeinträchtigend sein können, sind einheitliche EU-weite Regelungen sinnvoll. Die meisten chemikalienrechtlichen Maßnahmen in Österreich dienen der Umsetzung der einschlägigen gemeinschaftsrechtlichen Vorschriften. Relevanz für die Innenraumluft haben in Österreich vor allem nachstehende Verordnungen, die chemische Stoffe, Zubereitungen oder Fertigwaren betreffen:

- Asbestverordnung, BGBl. Nr. 324/1990
- Formaldehydverordnung, BGBl. Nr. 194/1990
- Lösungsmittelverordnung 1995, BGBl. Nr. 872/1995
- Verordnung über Verbote von halogenierten Biphenylen, Terphenylen, Naphthalinen und Diphenylmethanen, BGBl. Nr. 210/1993
- Kreosotverordnung, BGBl. II Nr. 461/1998 idF BGBl. II Nr. 258/2000
- Pentachlorphenolverordnung, BGBl. Nr. 58/1991
- Chemikalien-EU-Anpassungsverordnung, BGBl. 169/1996
- Cadmiumverordnung, BGBl. Nr. 855/1993
- Verordnung über ein Verbot von 1,1,1-Trichlorethan und Tetrachlorkohlenstoff, BGBl. Nr. 776/1992, idF BGBl. II Nr. 258/2000

Nicht zum Chemikalienrecht im engeren Sinne zählt die, materielle Regelungen für bestimmte Chemikalien enthaltende,

- CKW-Anlagen-Verordnung 1994, BGBl. Nr. 865/1994, die auf der gesetzlichen Grundlage der GewO 1994 erlassen worden ist.

Für Tetrachlorethen (PER, Perchlorethylen, TCE) gibt es in Österreich keine immisionsbezogene gesetzliche Regelung wie in Deutschland (2. Bundesimmissionsschutzverordnung – Grenzwert 0,1 mg/m<sup>3</sup>).

Baurecht: Bundes- und Landeskompetenz

Im Baurecht findet man auf 3 Ebenen Regelungen, die Bauprodukte bzw. den Gesundheit - und Umweltschutz betreffen:

- die EU-Richtlinie 89/106 EWG vom 21.10.1988 zur Angleichung der Rechts- und Verwaltungsvorschriften der Mitgliedsstaaten über Bauprodukte sowie Vereinbarung gemäß Art. 15a B-VG über die Zusammenarbeit im Bauwesen: Umsetzung der EG-Bauproduktenrichtlinie
- das Bauproduktegesetz, BGBl. I Nr. 55/1997; Bundeskompetenz: BMWA
- die Ländergesetze, das sind die Bauordnungen und die Bautechnik-Verordnungen.

### **Bauproduktenrichtlinie**

Die Bauproduktenrichtlinie gilt für alle Bauprodukte, soweit sie dauerhaft in Bauwerke des Hoch- und Tiefbaues eingebaut werden und die Anforderungen an mechanische Festigkeit, Brandschutz, Hygiene, Gesundheit, Umwelt - Schall und Wärmeschutz sowie Energieeinsparung erfüllen. Die Richtlinie regelt die zur Erfüllung dieser Anforderungen erwachsenden Voraussetzungen und Bedingungen für Bauprodukte, die Verfahrensregeln zum Nachweis der Brauchbarkeit der Produkte und die technischen Regeln.

Die Europäische Kommission soll Mandate für harmonisierte Normen für Anforderungen für Bauprodukte geben, die von CEN (Europäische Normenorganisation) erstellt werden sollen.

Eine Konkretisierung der wesentlichen Anforderungen an die Bauprodukte erfolgt in den Grundlagendokumenten der Europäischen Kommission.

Besonders die Grundlagendokumente „Hygiene, Gesundheit und Umweltschutz“ (GD 3) und „Energieeinsparung und Wärmeschutz“ (GD 6) sind in diesem Zusammenhang zu erwähnen.

Die GD 3 umfasst nachstehende Bereiche:

- Umwelt im Inneren von Gebäuden
- Luftqualität
- Feuchtigkeit
- Wasserversorgung
- Entsorgung von Abwasser
- Entsorgung fester Abfälle
- äußere Umwelt

In der Bauproduktenrichtlinie wird im Anhang 1 festgelegt, dass ein Bauwerk derart entworfen und ausgeführt sein muss, dass die Hygiene und Gesundheit der Bewohner und der Anwohner insbesondere durch folgende Einwirkungen nicht gefährdet werden:

- Freisetzung giftiger Gase, Vorhandensein gefährlicher Teilchen oder Gase in der Luft
- Emission gefährlicher Strahlen

- Wasser oder Bodenverunreinigungen oder Vergiftung
- Unsachgemäße Beseitigung von Abwasser, Rauch oder festem oder flüssigen Abfall
- Feuchtigkeitsansammlung in Bauteilen und auf Oberflächen von Bauteilen in Innenräumen

Auch in den Erwägungsgründen wird festgestellt, dass die Vorschriften der Mitgliedsstaaten nicht nur Anforderungen hinsichtlich der baulichen Sicherheit, sondern auch bezüglich Gesundheit, Dauerhaftigkeit, Energieeinsparung, Umweltschutz, Aspekten der Wirtschaftlichkeit und anderer Belange des öffentlichen Interesses enthalten.

Alle Länder haben untereinander 1992 zur Umsetzung der Bauproduktenrichtlinie eine Vereinbarung gemäß Artikel 15a B-VG geschlossen, welche das Inverkehrbringen und die Verwendung von Bauprodukten regelt.

### **Bauproduktengesetz**

Im Bundesgesetz ist laut § 5 ein Bauprodukt unter anderem dann brauchbar, „wenn es die wesentlichen Anforderungen der Hygiene, Gesundheit und des Umweltschutzes...“ erfüllt. Die Brauchbarkeit eines Bauproduktes für den vorgesehenen Verwendungszweck wird angenommen, wenn es die CE-Kennzeichnung trägt, welche die Übereinstimmung des Produkts mit den technischen Spezifikationen ausweist.

Der § 4 Abs. 2 weist darauf hin, dass „Rechtsvorschriften, die das Inverkehrbringen von Bauprodukten aus Gründen des Gesundheitsschutzes, des Arbeitsschutzes oder des Umweltschutzes weiter gehend einschränken oder verbieten“, unberührt bleiben.

Auch in den Ländergesetzen sind Bestimmungen bezüglich der Gefährdung des Lebens und der Gesundheit von Menschen enthalten.

Besonders fällt der § 4 der Vorarlberger Bautechnik-Verordnung auf, welcher bestimmt, dass Bauteile nicht aus Baustoffen hergestellt sein dürfen, die gesundheitsschädigende Auswirkungen hervorrufen können, sie müssen erforderlichenfalls gegen Feuchtigkeit und schädigende Einwirkungen geschützt sein.

Im § 97 der Wiener Bauordnung wird u.a. ein Bauprodukt dann als brauchbar bezeichnet, wenn es den geltenden Anforderungen an „die Hygiene, die Gesundheit und den Umweltschutz...“ entspricht.

In den anderen landesgesetzlichen Bestimmungen finden sich ähnliche Formulierungen.

### **Strahlenschutzrecht**

Mit Inkrafttreten der Novelle zum Strahlenschutzgesetz, BGBl. I Nr. 146/2002, wird neben der Exposition durch künstliche radioaktive Strahlenquellen nunmehr auch die Exposition durch natürliche radioaktive Strahlenquellen am Arbeitsplatz in den Regelungsumfang der Strahlenschutzgesetzgebung einbezogen. In den noch zu erlassenden Verordnungen werden die Expositionsgrenzwerte für beruflich strahlenexponierte Personen sowie für Einzelpersonen der Bevölkerung angegeben werden, wobei die Maßnahmen und Berechnungsanleitungen zur Bestimmung der Exposition ebenfalls in den zu erlassenden Verordnungen angeführt sein werden. Die Bestimmung der Expositionswerte beim Umgang mit künstlichen radioaktiven Stoffen wird vorwiegend durch Berechnung aufgrund von Messwerten erfolgen, während die Bestimmung der Expositionswerte bei Arbeiten mit natürlichen radioaktiven Stoffen im Wesentlichen durch Berechnung auf Grund der Aktivitätsinhalte oder Aktivitätskonzentrationen der Arbeitsstoffe erfolgen wird.

Ausdrücklich ausgenommen von den gesetzlichen Strahlenschutzregelungen bleiben die Expositionen durch Radon in Wohnräumen. Für die Bewertung der Exposition durch Radon in Wohnräumen stehen von der österreichischen Strahlenschutzkommission empfohlene Richtwerte zur Verfügung. Der Richtwert für Neubauten beträgt  $200\text{Bq/m}^3$ ; der Richtwert für Altbauten beträgt  $400\text{Bq/m}^3$ . Diese Richtwerte entsprechen den im Gemeinschaftsrecht empfohlenen Richtwerten.

Das Strahlenschutzgesetz, BGBl. Nr. 227/1969, wurde durch das Strahlenschutz-EU-Anpas-



sungsgesetz 2002, BGBl. I. Nr. 146/2002 novelliert und diente der Implementierung dreier EU-Richtlinien:

- RL 96/29/EURATOM des Rates vom 13. Mai 1996 zur Festlegung der grundlegenden Sicherheitsnormen für den Schutz der Gesundheit der Arbeitskräfte und der Bevölkerung gegen die Gefahren durch ionisierende Strahlungen (Amtsblatt Nr. L 159 vom 29. Juni 1996). Für beruflich strahlenexponierte Personen gilt ein Basiswert von 20 mSv/Jahr, der als Mittelwert über 5 Jahre einzuhalten ist; in einzelnen Jahren sind wie bisher 50 mSv zulässig. Für die Allgemeinbevölkerung gilt eine Jahreshöchstdosis von 1 mSv, wobei in einzelnen Jahren bis zu 5 mSv zugelassen werden können.
- RL 97/43/EURATOM des Rates vom 30. Juni 1997 über den Schutz der Gesundheit vor Gefährdung durch ionisierende Strahlungen bei medizinischer Exposition zum Ersatz der RL 84/466/EURATOM, (Amtsblatt Nr. L 180 vom 9.7.1997).
- RL 90/641/EURATOM des Rates vom 4.12.1990 über den Schutz externer Arbeitskräfte, die einer Gefährdung durch ionisierende Strahlung(en) beim Einsatz im Kontrollbereich ausgesetzt sind, Amtsblatt Nr. L 349/21 vom 13.12.1990 vom 20.6.1990.

## **Andere Rechtsvorschriften**

### **Nichtraucherschutz: Bundeskompetenz, BMWA und BMSG**

- Im § 30 ArbeitnehmerInnenschutzgesetz ist auch der Nichtraucherschutz geregelt: Wenn aus betrieblichen Gründen Raucher und Nichtraucher gemeinsam in einem Büroraum oder einem vergleichbaren Arbeitsraum arbeiten müssen, der nur durch Betriebsangehörige genutzt wird, ist das Rauchen am Arbeitsplatz verboten. Durch geeignete technische oder organisatorische Maßnahmen ist dafür zu sorgen, dass in den Aufenthaltsräumen und Bereitschaftsräumen Nichtraucher vor den Einwirkungen von Tabakrauch geschützt sind.
- § 4 Abs. 6 Mutterschutzgesetz 1979 schreibt vor: Werdende Mütter, die selbst nicht rauchen, dürfen, soweit es die Art des Betriebes gestattet, nicht an Arbeitsplätzen beschäftigt werden, bei denen sie der Einwirkung von Tabakrauch ausgesetzt werden. Wenn eine räumliche Trennung nicht möglich ist, hat der Dienstgeber durch geeignete Maßnahmen dafür Sorge zu tragen, dass andere DienstnehmerInnen, die im selben Raum wie die werdende Mutter beschäftigt sind, diese nicht der Einwirkung von Tabakrauch aussetzen.

Ebenso gibt es einen Nichtraucherschutz im § 12 und 13 Tabakgesetz. Dort wird angeordnet, dass das Rauchverbot für Räume gilt, welche den Unterrichts- und Fortbildungszwecken, den Verhandlungszwecken und der schulischen Betätigung dienen. Außerdem gilt ein Rauchverbot in allgemein zugänglichen Räumen von Amtsgebäuden, schulischen Einrichtungen, Hochschulen, Theatern u.a. Weiters gibt es entsprechende Abschnitte über Nichtraucherschutz in den jeweiligen Landesbediensteten-Schutzgesetzen.

### **Gerüche**

Es finden sich vereinzelt Regelungen bezüglich Gerüchen in diversen Landesgesetzen, diese betreffen jedoch hauptsächlich die Außenluft.

# Innenraumluft und ArbeitnehmerInnenschutzrecht

Joe Püringer

Die Gewährleistung von Sicherheit und Gesundheitsschutz der ArbeitnehmerInnen bei der Arbeit stellt einen Teil der arbeitsvertragsrechtlichen Fürsorgepflicht des Arbeitgebers/der Arbeitgeberin dar. Allgemeine und für alle ArbeitgeberInnen geltende Bestimmungen über diese Fürsorgepflicht gehören seit 1.1.1917 der österreichischen Rechtsordnung an. (§ 1175 ABGB: „Der Dienstgeber hat die Dienstleistungen so zu regeln und bezüglich der von ihm beizustellenden oder beigestellten Räume und Gerätschaften auf seine Kosten dafür zu sorgen, dass Leben und Gesundheit des Dienstnehmers [...] geschützt werden.“) Diese allgemeine Pflicht dient dem Schutz des für die ArbeitnehmerInnen am Arbeitsmarkt existenziell wichtigen Arbeitsvermögens. Der Verfassungsgerichtshof (VfSlg 1936 vom 29.3.1950) umschrieb den ArbeitnehmerInnenschutz so: Alle Maßnahmen, die zum Schutz der ArbeitnehmerInnen gegen eine Ausbeutung oder vorzeitige Abnutzung ihrer Arbeitskraft und gegen Gefährdung ihrer Gesundheit, ihres Lebens und ihrer Sittlichkeit in den Betrieben erlassen werden.

Im Zuge der sozialen Entwicklung war die (ursprünglich ausschließlich zivilrechtlich eingerichtete) Fürsorgepflicht in vielfältiger Weise durch Rechtsvorschriften zu konkretisieren. Derartige Konkretisierungen betreffen z.B. den Schutz vor ungerechtfertigter Beendigung des Arbeitsverhältnisses (Arbeitsvertragsrecht), vor Überforderung der Arbeitskraft (z.B. Arbeitszeit-, Arbeitsruhe- und Urlaubsrecht), vor schädigender Verwendung in besonderen Fällen (z.B. Mutterschutz, Verbot der Kinderarbeit, Beschäftigungsbeschränkungen für Jugendliche) sowie den Schutz der Sicherheit und der Gesundheit bei der Arbeit (manchmal als technischer und hygienischer ArbeitnehmerInnenschutz bezeichnet). Als Beitrag zur sozialen Absicherung der ArbeitnehmerInnen wurden die ArbeitnehmerInnenschutzbestimmungen in weiten Teilen als öffentliches Recht (d.h. als staatlich zu kontrollierende und durchzusetzende Schutzmaßnahmen) gestaltet.

## 1. Nicht durch Arbeitsstoffe verunreinigte Luft in Räumen in Arbeitsstätten

Das ArbeitnehmerInnenschutzrecht enthält für Räume von Arbeitsstätten, in denen keine gesundheitsgefährdenden Arbeitsstoffe verwendet werden, nur allgemeine Bestimmungen betreffend die Innenraumluft: In Arbeitsräumen muss unter Berücksichtigung der Arbeitsvorgänge und der körperlichen Belastung der ArbeitnehmerInnen ausreichend gesundheitlich zuträgliche Atemluft vorhanden sein, und die raumklimatischen Verhältnisse müssen dem menschlichen Organismus angemessen sein (§ 22 Abs 3 ASchG). Diese Anforderungen gelten auch in sonstigen Betriebsräumen (das sind jene Räume, in denen zwar kein ständiger Arbeitsplatz eingerichtet ist, aber vorübergehend Arbeiten verrichtet werden), soweit es nach ihrer Nutzung und Zweckbestimmung möglich ist (§ 23 ASchG). Arbeitsräume sind so zu gestalten und einzurichten, dass üble Gerüche nach Möglichkeit vermieden werden; der Luftraum muss ausreichend groß und hoch sein, sodass die ArbeitnehmerInnen ihre Arbeit ohne Beeinträchtigung ihrer Gesundheit und ihres Wohlbefindens verrichten können (§ 22 ASchG, AStV). Den Arbeitsräumen muss ausreichend frische, von Verunreinigungen möglichst freie Luft zugeführt werden (§ 26 und 27 AStV), ohne dass schädliche Zugluft entsteht (§ 28 AStV).

Da bei der Gestaltung von Arbeitsstätten und Arbeitsplätzen sowie überhaupt bei allen Maßnahmen zum Schutz der ArbeitnehmerInnen stets der Stand der Technik zu berücksichtigen ist (§ 7 ASchG), empfiehlt sich hier die Einhaltung moderner Innenraumluftrichtwerte.

Sonderbestimmungen des Arbeitsrechts dienen dem Schutz von ArbeitnehmerInnen, die nicht rauchen, vor den Einwirkungen von Tabakrauch am Arbeitsplatz. Nach § 30 ASchG ist (durch den Arbeitgeber) das Rauchen in einem Büroraum oder in einem vergleichbaren Arbeitsraum zu verbieten, wenn in diesem Raum RaucherInnen und NichtraucherInnen gemeinsam beschäf-

tigt werden und dieser Raum nur durch Betriebsangehörige (und nicht etwa auch durch Gäste eines Kaffeehauses) genutzt wird. In Aufenthaltsräumen (Pausenräumen) und Bereitschaftsräumen ist durch technische oder organisatorische Maßnahmen dafür zu sorgen, dass NichtraucherInnen vor den Einwirkungen von Tabakrauch geschützt sind. In Umkleieräumen ist das Rauchen verboten.

§ 4 Abs 6 Mutterschutzgesetz betrifft werdende Mütter, die selbst nicht rauchen. Diese dürfen, soweit es die Art des Betriebes gestattet, nicht an Arbeitsplätzen beschäftigt werden, bei denen sie der Einwirkung von Tabakrauch ausgesetzt sind. Wenn eine räumliche Trennung nicht möglich ist, hat der Arbeitgeber durch geeignete Maßnahmen dafür zu sorgen, dass andere ArbeitnehmerInnen, die im selben Raum wie die werdende Mutter beschäftigt sind, diese nicht der Einwirkung von Tabakrauch aussetzen.

(Die darüber hinaus bestehenden Rauchverbote insbesondere nach dem Tabakgesetz oder nach dem Krankenanstaltenrecht gehören formal nicht zum Arbeitsrecht. Sie sind aber – soweit zutreffend – auch bei der Beschäftigung von ArbeitnehmerInnen einzuhalten.)

## **2. Durch Arbeitsstoffe verunreinigte Innenraumluft in Arbeitsstätten**

Die arbeitnehmerInnenschutzrechtlichen Luftgrenzwerte – die meist um viele Größenordnungen höher liegen als die Innenraumluftrichtwerte für dieselben Stoffe – gelten nur für Arbeitsstoffe.

Arbeitsstoffe (§ 2 Abs 6 ASchG) sind alle Stoffe, Zubereitungen und biologischen Agenzien, die bei der Arbeit – das heißt: auf Grund der Arbeitsvorgänge – anfallen, erzeugt, verwendet, verarbeitet, umgefüllt usw. oder gelagert, bereitgehalten oder befördert werden. Nicht als Arbeitsstoffe zu verstehen sind daher in einem Büroraum z.B. Ausdünstungen aus Möbeln oder aus Baumaterialien. Ebenfalls kein Arbeitsstoff ist bodennahes Ozon, welches durch die Fenster in die Arbeitsräume einer Bäckerei eindringt. Für die Beurteilung solcher Luftverunreinigungen sind MAK- und TRK-Werte nicht anzuwenden. Hingegen wird das aus einem (schlecht gewarteten) Laserdrucker austretende Ozon als Arbeitsstoff zu bewerten sein.

Für den Schutz der Gesundheit der ArbeitnehmerInnen beim Vorhandensein gesundheitsgefährdender Arbeitsstoffe in der Atemluft wurden im Laufe einer langen arbeitsmedizinischen Entwicklung die Maximalen Arbeitsplatzkonzentrationen (MAK) und Technischen Richtkonzentrationen (TRK) als Richtgrößen für „normale“ ArbeitnehmerInnen ausgearbeitet und rechtlich fixiert.

Die allgemeine Fürsorgepflicht (siehe oben) wirkt daneben in der Weise fort, dass ArbeitgeberInnen für eine möglichst weit gehende Unterschreitung der Konzentrationsgrenzwerte (§ 45 ASchG) sowie für den Schutz besonders schutzbedürftiger ArbeitnehmerInnen (z.B. schwangere oder stillende ArbeitnehmerInnen, jugendliche ArbeitnehmerInnen) zu sorgen haben.

Das Regelungsziel hinsichtlich der Maximalen Arbeitsplatzkonzentrationen besteht darin, nach dem Stand der Arbeitsmedizin und der Toxikologie Höchstkonzentrationen zu benennen, „die nach dem jeweiligen Stand der wissenschaftlichen Erkenntnisse auch bei wiederholter und langfristiger Exposition im Allgemeinen die Gesundheit von Arbeitnehmern nicht beeinträchtigen und diese nicht unangemessen belästigen“. Dabei wird eine Expositionszeit von 40 Stunden pro Woche zu Grunde gelegt. MAK-Werte sind für gesunde Personen im erwerbsfähigen Alter festgelegt (§ 2 GKV).

Die MAK-Werte beziehen sich auf den Schutz von ArbeitnehmerInnen im Allgemeinen, das heißt nur auf Personen in einem physiologischen „Normalbereich“. In davon abweichenden Situationen, z.B. bei schwangeren oder stillenden ArbeitnehmerInnen, kann auch bei Einhaltung der MAK-Werte eine gesundheitliche Beeinträchtigung oder unangemessene Belästigung

nicht ausgeschlossen werden (§ 2 GKV). Für schwangere oder stillende Frauen ist Einhaltung der MAK-Werte daher für den Gesundheitsschutz nicht ausreichend. Schwangere oder stillende Frauen dürfen (nach §§ 4 und 4a Mutterschutzgesetz) nicht mit Arbeiten beschäftigt werden, bei denen sie Einwirkungen von gesundheitsgefährdenden Stoffen (z.B. über die Atemluft) ausgesetzt sind oder bei denen ihre Schädigung oder jene des werdenden Kindes nicht ausgeschlossen werden kann.

Technische Richtkonzentrationen werden in der Praxis nur für Krebs erzeugende Arbeitsstoffe festgelegt. Für solche Stoffe kann nach dem Stand der Wissenschaft ein toxikologisch-arbeitsmedizinisch begründeter Grenzwert (Schwellenwert), bei dessen Unterschreitung Gesundheitsschäden nicht zu erwarten sind, nicht angegeben werden. Die Einhaltung der TRK-Werte soll das Risiko einer Beeinträchtigung der Gesundheit vermindern, kann aber dieses nicht auszuschließen (§ 2 GKV). TRK-Werte sollen daher so niedrig festgelegt sein, wie dies nach einem fortgeschrittenen Stand der Technologie möglich ist. Der Arbeitgeber muss dafür sorgen, dass der TRK-Wert stets möglichst weit unterschritten wird (§ 45 ASchG).

§ 16 Abs 1 der Allgemeinen Arbeitnehmerschutzverordnung (AAV) schreibt vor, dass atemluftbelastende Arbeitsvorgänge von anderen Arbeitsplätzen zu trennen sind:

Arbeitsmittel und Arbeitsvorgänge, mit denen eine erhebliche Beeinträchtigung der ArbeitnehmerInnen durch Gase, Dämpfe oder Stäube in der Luft oder durch üblen Geruch verbunden ist,

- sind nach Möglichkeit in eigenen Räumen zu verwenden;
- anderenfalls müssen solche Arbeitsmittel und Arbeitsvorgänge von den übrigen Arbeitsplätzen soweit als möglich getrennt sein oder
- die Arbeiten sind so auszuführen, dass die mit solchen Arbeiten nicht unmittelbar Beschäftigten nicht exponiert werden.

Sofern durch die genannten Einwirkungen die Gesundheit von ArbeitnehmerInnen gefährdet werden kann, die wohl im selben Raum, jedoch nicht an Arbeitsmitteln und mit Arbeitsvorgängen im Sinne des ersten Satzes beschäftigt sind, hat die Behörde die Beistellung eigener Räume oder andere Schutzmaßnahmen (zB die Durchführung der Arbeitsvorgänge in geschlossenen Apparaten) vorzuschreiben.

In Österreich wird insbesondere von den in der Prävention tätigen Institutionen – mit wechselndem Erfolg – versucht, der Weiterentwicklung der österreichischen Grenzwerte die Grenzwertentwicklungen in Industriestaaten mit gut entwickelten Arbeitsschutzsystemen sowie deren wissenschaftlichen Begründungs- und Evaluierungsdokumente zu Grunde zu legen.

### **3. In Betracht kommende Rechtsvorschriften des österreichischen Arbeitsrechts**

Das österreichische Arbeitsrecht (welches die Regelungen über Sicherheit und Gesundheitsschutz der ArbeitnehmerInnen bei der Arbeit einschließt) ist sehr zersplittert.

Für ArbeitnehmerInnen in den meisten Betrieben gilt das ArbeitnehmerInnenschutzgesetz (ASchG) und die auf Grund dieses Bundesgesetzes erlassenen Verordnungen. Inhaltlich dienen diese Rechtsvorschriften oft (aber leider nicht immer) als Vorbild für die Sicherheits- und Gesundheitsschutzregelungen anderer ArbeitnehmerInnengruppen. Daher sind im folgenden die wichtigsten Fundstellen im Regelungsregime des ASchG genannt:

- Der Begriff der Arbeitsstoffe ist in § 2 Abs 6 ASchG definiert,
- die Berücksichtigung des Standes der Technik wird in § 7 ASchG angeordnet,
- die Pflichten zum Ersatz von Stoffen und gegebenenfalls zur Absaugung schädlicher Stoffe findet man in §§ 42 und 43 ASchG.
- Die Grenzwerte sind zusammen mit dem Unterschreitungsgebot in § 45 ASchG definiert.
- § 46 enthält die Verpflichtung zu regelmäßigen Messungen; diese Verpflichtung tritt jedoch erst mit einer Verordnung in Kraft, die die Fachkunde und Einrichtungen der Messbefugten, die Probenahme, Messverfahren, Auswertung und die Bewertung der Messergebnisse sowie die Zeitabstände der Messungen regelt.

Die von Österreich noch nicht vollständig umgesetzte Richtlinie 98/24/EG über Schutz von ArbeitnehmerInnen vor chemischen Arbeitsstoffen (Umsetzungsfrist 5. Mai 2001) sieht vor: „Der Arbeitgeber muss in regelmäßigen Abständen Bewertungen und Messungen vornehmen und sich im Hinblick auf eine Verbesserung des Schutzes von Gesundheit und Sicherheit der Arbeitnehmer über neue technische Entwicklungen auf dem laufenden halten.“

„Sofern der Arbeitgeber nicht mittels anderer Beurteilungen eindeutig nachweist, dass in angemessener Weise der Schutz und die Vorbeugung von chemischen Risiken erzielt worden sind, führt er in Bezug auf chemische Arbeitsstoffe, die für die Gesundheit der ArbeitnehmerInnen ein Risiko darstellen können, insbesondere im Hinblick auf die Arbeitsplatzgrenzwerte, die erforderlichen regelmäßigen Messungen durch. Diese Messungen sind auch durchzuführen, wenn sich die Bedingungen ändern, welche die Exposition der Arbeitnehmer gegenüber chemischen Arbeitsstoffen beeinflussen können.“

- Nähere Regelungen zur Anwendung der Grenzwerte, insbesondere der Kurzzeitwerte, Regelungen über Krebs erzeugende Arbeitsstoffe und Sonderbestimmungen für Holzstaub enthält die Grenzwertverordnung (Verordnung über Grenzwerte für Arbeitsstoffe und über krebserzeugende Arbeitsstoffe; zur Zeit gilt die GKV 2003). Die GKV enthält auch die Listen der MAK-Werte und der TRK-Werte.
- Die Arbeitsstättenverordnung (AStV) enthält mehrere Bestimmungen über das freie Luftvolumen und die Zuführung von Atemluft in Arbeitsräume.

Im gesamten ArbeitnehmerInnenschutzrecht (ausgenommen Hausangestellte und Hausgehilfinnen) sind die EG-Mindestanforderungen zum Schutz von Gesundheit und Sicherheit der ArbeitnehmerInnen bei der Arbeit umzusetzen. Was die Innenraumluft bei Verwendung von Arbeitsstoffen betrifft, sind vor allem die Richtlinie 98/24/EG zum Schutz von Gesundheit und Sicherheit der Arbeitnehmer vor der Gefährdung durch chemische Arbeitsstoffe bei der Arbeit, die Richtlinie 2000/39/EG der Kommission zur Festlegung einer Liste von etwa 55 Arbeitsplatz-Richtgrenzwerten sowie die Richtlinie 91/322/EWG der Kommission zur Festsetzung von etwa 25 Richtgrenzwerten (die künftig durch eine neue Richtlinie ersetzt und erweitert werden soll) zu beachten.

### **Ein jeweils eigenes ArbeitnehmerInnenschutzrecht gilt in Österreich für folgende Gruppen von ArbeitnehmerInnen:**

- Bundesbedienstete, die nicht in Betrieben tätig sind. Für sie gilt das Bundes-Bedienstetenschutzgesetz (B-BSG) und die auf Grund dieses Bundesgesetzes erlassenen Verordnungen, insbesondere die Bundes-Grenzwertverordnung (B-GKV).

Die regelmäßige Messverpflichtung tritt erst mit einer Durchführungsverordnung in Kraft.

- Bedienstete der Länder und Gemeinden, die nicht in Betrieben tätig sind. Für sie gelten die als Landesgesetze erlassenen Landes- und Gemeindebedienstetenschutzgesetze und die auf Grund dieser erlassenen Verordnungen. Entsprechende Verordnungen zur Regelung der MAK- und TRK-Werte wurden – trotz verstrichener EG-rechtlicher Umsetzungspflichten – überhaupt erst in NÖ, Salzburg, Steiermark (nur für Landesbedienstete) und Wien erlassen.

Soweit die Bedienstetenschutzgesetze eine regelmäßige Messverpflichtung vorsehen (insbesondere Bgld, Stmk und Wien), trat diese (ohne Durchführungsverordnungen) schon mit dem Gesetz in Kraft.

- LandeslehrerInnen in Pflichtschulen (z.B. Berufsschulen). Das Arbeitsrecht der LandeslehrerInnen ist durch Bundesgesetze geregelt. Der Abschnitt 9a des Land- und forstwirtschaftlichen Landeslehrer-Dienstrechtsgesetzes ordnet die unmittelbare Geltung der B-GKV an. Die (zur verspäteten Erfüllung des EWR-Beitrittsabkommens) nunmehr beabsichtigte Neuregelung des Abschnitts 10 des Landeslehrer-Dienstrechtsgesetzes sieht ebenfalls die Geltung der B-GKV vor, jedoch kombiniert mit dem Recht der Länder davon Abweichungen zu verordnen, was eine weitere Verkomplizierung der Rechtslage befürchten lässt. Der bereits seit 1984 bestehenden Verpflichtung zur Erlassung

näherer Bestimmungen (zB auch über MAK- und TRK-Werte) zum Schutz der LandeslehrerInnen sind die Länder nämlich nicht nachgekommen.

Die regelmäßige Messverpflichtung nach dem LLDG 1985 trat mit 1.7.2003 (ohne Durchführungsverordnung) in Kraft.

- ArbeitnehmerInnen in land- und forstwirtschaftlichen Betrieben. Für sie gelten die in Ausführung des Landarbeitsgesetzes 1984 (LAG) als Landesgesetze erlassenen Ausführungsgesetze, die zumeist als Landarbeitsordnungen bezeichnet werden. Trotz der Kleinheit der heute davon betroffenen ArbeitnehmerInnengruppe (etwa 26.000 ArbeitnehmerInnen) sind auf Grund der Landarbeitsordnungen auch Durchführungsverordnungen zu erlassen, die die MAK- und TRK-Werte regeln. Solche Regelungen wurden erst in Kärnten, NÖ, OÖ, Salzburg, Steiermark, Tirol und Wien erlassen.

Soweit die Landarbeitsordnungen eine regelmäßige Messverpflichtung vorsehen, trat diese (ohne Durchführungsverordnungen) schon mit dem Gesetz in Kraft.

- Hausangestellte und Hausgehilfinnen. Für sie gilt das Hausgehilfen- und Hausangestelltengesetz; dieses enthält keine Konkretisierung der Fürsorgepflicht, sondern wiederholt nur die Generalklausel des § 1157 ABGB. Das Fehlen arbeitsplatzbezogener Konzentrationsgrenzwerte für die Atemluft erscheint jedoch für diese ArbeitnehmerInnen, die vorwiegend in Innenräumen im häuslichen Bereich tätig werden, nicht als Problem, da sich in Abwesenheit chemischer Arbeitsstoffe die Anwendung der Richtwerte für Wohnräume empfiehlt.

Große und (auch in Hinblick auf ihre künftigen beruflichen Funktionen) wichtige Bevölkerungsgruppen sind keine ArbeitnehmerInnen und daher auch an ihren Arbeitsplätzen nicht durch ArbeitnehmerInnenschutzbestimmungen (zB. MAK-Werte) geschützt. Hier sind vor allem die Studierenden und die SchülerInnen zu nennen.

(Diesbezüglich ist die Situation in der BRD anders: Dort sind die Grenzwerte in chemikalienrechtlichen Vorschriften verankert und entfalten ihre Wirkung auch in schulischen Chemisälen, Ausbildungslabors und Studentenlaboratorien.)

## **Zugang zu den angeführten einschlägigen Rechtsvorschriften**

Die schwer überblickbare Vielzahl von Rechtsvorschriften, die für Beurteilungen und für zuverlässige Gutachten zu berücksichtigen sind, ist in der CD-ROM ArbeitnehmerInnenschutz expert übersichtlich dargestellt. In ihr sind alle Rechtsvorschriften im Volltext und suchbar wiedergegeben und überdies mit Erläuterungen für die Praxis versehen. Unter den mehr als 500 auf der CD enthaltenen Rechtsdokumenten befinden sich auch alle im vorliegenden Beitrag genannten Vorschriften.

Das Informationssystem ArbeitnehmerInnenschutz wird laufend aktualisiert. Nähere Informationen und das Gesamtverzeichnis aller enthaltenen Vorschriften sind in [www.a-expert.at](http://www.a-expert.at) einzusehen.



# **EU-Richtlinie über die Begrenzung der Emissionen flüchtiger organischer Verbindungen aus Farben und Lacken (Produktbezogene VOC-Richtlinie)**

Paul Krajnik

Ziel dieses Vorschlags für eine Richtlinie ist die Begrenzung der Emissionen flüchtiger organischer Verbindungen (VOC), die bei der Verwendung von Farben und Lacken aufgrund der in ihnen enthaltenen organischen Lösungsmittel entstehen. Zusätzlich werden auch Lösungsmittelbeschränkungen für Produkte, die in der Fahrzeugreparaturlackierung Verwendung finden, vorgeschlagen.

VOC werden in der Luft über weite Strecken transportiert und sind eine der Hauptursachen der grenzüberschreitenden Luftverschmutzung. Sie haben vor allem Bedeutung für die Bildung bodennahen Ozons als sogenannte „Ozonvorläuferstoffe“.

Die Europäische Gemeinschaft und ihre Mitgliedstaaten sind Vertragsparteien des Göteborger Protokolls (UNECE) zur Bekämpfung der Übersäuerung, der Eutrophierung und des bodennahen Ozons, in welchem Emissionshöchstmengen für VOC sowie Grenzwerte für VOC-Emissionen aus ortsfesten Quellen vorgesehen sind. Dieses internationale Übereinkommen wurde in der EU durch die Richtlinie 2001/81/EG über nationale Emissionshöchstmengen für bestimmte Luftschadstoffe umgesetzt, wobei nationale Emissionshöchstmengen für bestimmte Schadstoffe, einschließlich VOC, die bis zum Jahr 2010 einzuhalten sind, festgelegt wurden.

Nach dem Erlass einer anlagenbezogenen VOC-Richtlinie 1999/13/EG, deren Auswirkungen auf den Lösungsmittelseinsatz in – zumeist größeren – Betrieben beschränkt sind, wurde von der Europäischen Kommission das Reduktionspotential bei VOC-Emissionen durch produktspezifische Regelungen in mehreren Studien erhoben. Betrachtet wurden v.a. die Bereiche Farben, Lacke und Produkte der Fahrzeugreparaturlackierung, aber auch bereits weitere VOC-hältige Produkte wie Reinigungsmittel, Klebstoffe, Kosmetika, Aerosole etc.

Als erster Ansatz für eine EU-weite produktbezogene Regelung wurde im Dezember 2002 ein Richtlinienentwurf von der Kommission vorgelegt, welcher Grenzwerte für den VOC-Gehalt von Farben und Lacken sowie für den Bereich Fahrzeugreparaturlackierung festlegt.

## **Gegenwärtiger Stand**

Nach intensiven Verhandlungen im Laufe des vergangenen Jahres konnte zu Beginn 2004 ein gemeinsamer Standpunkt des Rates der Umweltminister erreicht werden. Da jedoch einige Änderungsvorschläge des Europäischen Parlaments unberücksichtigt blieben, muss das Dossier in einer weiteren Lesung des Parlaments behandelt werden, wobei ein Kompromiss zwischen Rat und Parlament für einen endgültigen Richtlinienentwurf gefunden werden sollte. Die nachfolgenden Ausführungen beziehen sich daher auf den gegenwärtigen Stand des Richtlinienentwurfs, der sich aus dem zuvor erwähnten Grund noch ändern wird.

## **Inhalt der Richtlinie**

Die Regelung beschränkt sich in ihrer harmonisierenden Wirkung auf das Inverkehrsetzen und zwar ausschließlich in Hinblick auf den VOC-Höchstgehalt von Farben, Lacken und Produkten für die Fahrzeugreparaturlackierung, wobei im Bereich Farben und Lacke sich der Anwendungsbereich auf Gebäude und damit festverbundene Teile beschränkt. Andere Regelungen bzw. Beschränkungen, die für in diesen Produkten enthaltene Stoffe gelten, werden von der Richtlinie nicht berührt. Zusätzlich wurde für die Mitgliedsstaaten eine Ermächtigung vorgesehen, nationale Regelungen zum Schutz der Gesundheit von Arbeitnehmern und Konsumenten beizubehalten bzw. auch zu erlassen.

Nach dem derzeitigen Stand wird weiters eine eigene Kennzeichnung VOC-haltiger Produkte



vorgeschrieben, nach der die jeweilige Produktkategorie und der VOC-Wert angegeben werden müssen.

Zusätzlich werden die EU-Mitgliedsstaaten zu einer regelmäßigen Berichterstattung über die Implementierung der Richtlinie verpflichtet und in einem Review-Verfahren wird von der Europäischen Kommission die Möglichkeit bzw. Notwendigkeit der Aufnahme weiterer VOC-haltiger Produkte in den Regelungsbereich der Richtlinie in regelmäßigen Abständen überprüft. Als konkrete Vorgabe für die erste Überprüfung ist von der Europäischen Kommission eine Neubewertung von Farben und Lacken im Sinne einer generellen Unterscheidung von Innen- und Außenanstrichen vorzunehmen, sowie Reduktionsmaßnahmen für VOC in Aerosolen zu überprüfen.

	Produktunterkategorie	Typ	Stufe I (g/l*) (ab 1.1.2007)	Stufe II (g/l*) (ab 1.1.2010)
a	Innenanstriche für Wände und Decken (matt) (Glanz $\leq 25@60^\circ$ )	Wb	75	30
		Lb	400	30
b	Innenanstriche für Wände und Decken (glänzend) (Glanz $> 25@60^\circ$ )	Wb	150	100
		Lb	400	100
c	Außenanstriche für Wände aus Mineralsubstrat	Wb	75	40
		Lb	450	430
d	Holz- und Metallfarben für Gebäudedekorationen und -verkleidungen (Innen und Außen)	Wb	150	130
		Lb	400	300
e	Lacke und Holzbeizen für Gebäudedekorationen (Innen und Außen), einschließlich deckender Holzbeizen	Wb	150	130
		Lb	500	400
f	Holzbeizen mit Mindestschichtdicke (Innen und Außen)	Wb	150	130
		Lb	700	700
g	Grundierungen	Wb	50	30
		Lb	450	350
h	Bindende Grundierungen	Wb	50	30
		Lb	750	750
i	Einkomponenten-Speziallacke	Wb	140	140
		Lb	600	500
j	Zweikomponenten-Reaktionslacke für bestimmte Verwendungszwecke wie die Bodenbehandlung	Wb	140	140
		Lb	550	500
k	Multicolorlacke	Wb	150	100
		Lb	400	100
l	Lacke für Dekorationseffekte	Wb	300	200
		Lb	500	200

Tab. 1: Grenzwerte für den VOC-Höchstwert von Farben und Lacken.

- \* g/l gebrauchsfertig
- Wb wasserbasierende Farben und Lacke
- Lb lösungsmittelbasierende Farben und Lacke

Wie bereits zuvor erwähnt, wurden seitens des Europäischen Parlaments weitere Änderungsanträge gestellt. Diese umfassen insbesondere weitere Kennzeichnungsbestimmungen wie Farbencodes in bezug auf Lösungsmittelgehalt, weitere Warnhinweise, ein generelles Verbot für CMR-Stoffe (Stoffe mit krebserzeugender, erbgutverändernder und fortpflanzungsgefährdender Wirkung) in Farben und Lacken sowie zum Teil strengere Höchstwerte für den Lösungsmittelgehalt.

In Tabelle 1 sind die VOC-Beschränkungen für Farben und Lacke, die im gegenwärtigen Vorschlag festgelegt sind, zusammenfassend dargestellt.

# Environmental Due Diligence - Relevanz von Innenraumschadstoffen in der Immobilienbewertung

Silvia Estermann

Im Zuge von Unternehmenstransaktionen und Immobilienverkäufen stellt sich in den letzten Jahren verstärkt die Frage, welche Untersuchungen durchzuführen sind um eine objektive Kaufentscheidung treffen zu können. Waren es früher zumeist ausschließlich die betriebswirtschaftlichen Kennzahlen, auf die das Hauptaugenmerk gelegt wurde, so hat man in den letzten Jahren erkannt, dass es hier noch viele zusätzliche Aspekte gibt, die weitreichende Folgen für die Nachnutzung bedeuten. Besonders im anglo-amerikanischen Raum ist es üblich bei Firmentransaktionen umfassende Prüfungen zur Unternehmensbewertung durchzuführen. Gefördert wurde diese Entwicklung auch durch die Tatsache, dass Geschäftsabwicklungen sich in einem immer höheren finanziellen Rahmen bewegen.

Die detaillierte Durchleuchtung eines Unternehmens bezeichnet man „Due Diligence“, was sich ins Deutsche mit „gebührender Sorgfalt“ übersetzen lässt.

Due Diligence als Gesamtbetrachtung wird in mehrere „Prüfungen“ unterteilt, die den aktuellen Gegebenheiten des Unternehmens anzupassen sind.

Beispielsweise werden, wie in Abbildung 1 dargestellt, folgende Bereiche durchleuchtet: Absatz/Kunden; Rechnungswesen; Rechts- und Haftungsfragen; Bausubstanz und Ausstattung; umweltrechtliche Aspekte.

Umweltschutz und Sicherheit, die Hauptinhaltepunkte des Environmental Due Diligence Audits, stellen mittlerweile k.o.-Kriterien dar: Risiko-Portfolio und Investitionsbudget werden zunehmend von Standortbedingungen (z.B.: Altlastenpotential, Emissionsverhalten) und gesetzlichen Anforderungen (u.a. Genehmigungssituation der Anlagen, Einleitungserlaubnis für Abwässer) bestimmt. Durch Störfälle, Kontaminationen und daraus resultierende negative Schlagzeilen ist das Firmenimage stark gefährdet – dieses Risiko sollte kein Unternehmen eingehen.

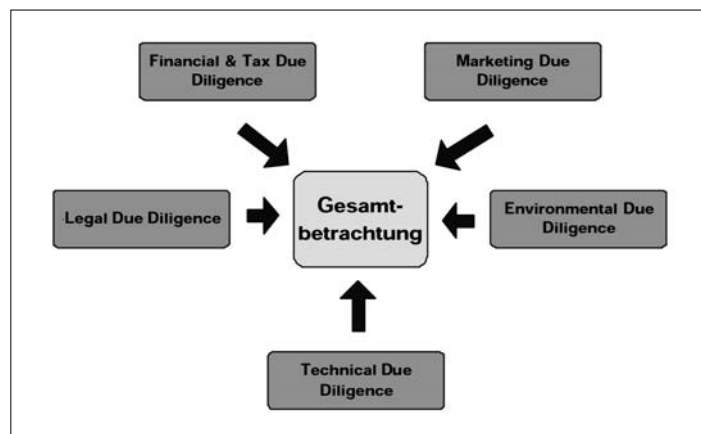


Abb. 1: Bereiche die bei Due Diligence betrachtet werden.

Generell hat ein Environmental Due Diligence Audit folgende Ziele:

- Bereits existierende oder potentielle Einflüsse eines Standortes auf die Umwelt zu identifizieren.
- Bereiche zu identifizieren, die die entsprechenden Umweltgesetze und -verordnungen nicht erfüllen bzw. Mängel im Bereich Arbeitsschutz aufweisen.

Der Nutzen, der sich durch eine Untersuchung der Immobilie ergibt, liegt klar auf der Hand und stellt sich für die beiden Gruppen Käufer und Verkäufer wie folgt dar:

## Käufer

- Sicherheit betreffend des Wertes der Immobilie
- Darstellung eines Investitionsbedarfes
- Darstellung der Möglichkeiten für eine langfristige Nutzung
- Vereinfachung des Verkaufsabschlusses
- Weiterverkaufsmöglichkeit

### Verkäufer bzw. Besitzer

- Neutrale Wertanalyse
- Absicherung vor Folgeschäden und Regressforderungen (z.B.: Erkrankungen der Gebäudenutzer durch Innenraumschadstoffe)
- Rechtssicherheit
- Verkaufsverhandlungen und Vermietungsverträge sind schneller und einfacher zu regeln

Zusammenfassend kann man sagen, dass für die Immobilie eine Art „Gütesiegel“ ausgestellt wird. Immer mehr Konzerne gehen auch dazu über firmeninterne Environmental Site Assessments für alle Standorte durchzuführen um etwaige Risiken aufzudecken und lenkend eingreifen zu können.

Zumeist wird ein Environmental Due Diligence Audit in 2 bzw. 3 Phasen durchgeführt:

#### Phase I

Grobüberblick: Gefahren- und Kostenpotentiale – insbesondere Altlastensituation – werden dargestellt.

#### Phase II

Qualitative Darstellung des Ausmaßes einer Umweltbeeinträchtigung.

#### Phase III

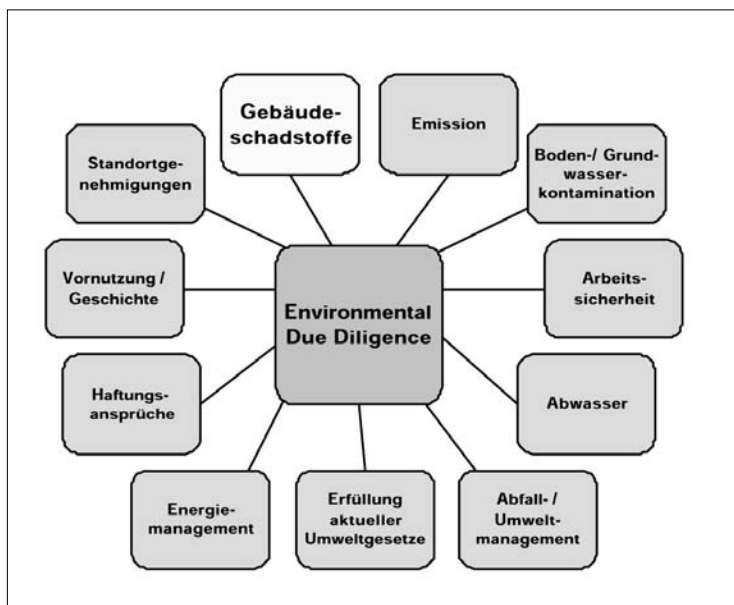
Quantitative Beurteilung der Beeinträchtigung, nur wenn nachweislich Kontaminationen (nachgewiesen in Phase II) vorhanden sind.

Die Vorgangsweise im Zuge eines Audits stellt sich folgendermaßen dar:

- Absprache, wie das Audit gegenüber den Mitarbeitern zu kommunizieren ist (Vertraulichkeit)
- Festlegung des Umfanges der Arbeiten (Schnittstellendefinition zu anderen Due Diligence Bereichen)
- Systematische Datensammlung, Sichten bereits vorhandener Unterlagen und Übermittlung eines Fragebogens an den Umweltverantwortlichen
- Verifizierung der Ergebnisse aus den Fragebögen im Rahmen einer Standortbesichtigung
- Besprechung der ausgefüllten Fragebögen
- Gezielte Interviews mit Schlüsselpersonal

- Überprüfung der relevanten Dokumente
- Bewertung der identifizierten Umwelt Risiken
- Zusammenfassung und Dokumentation der Prüfungsergebnisse

Abb. 2: Die wesentlichen, im Rahmen eines Environmental Due Diligence Audits zu berücksichtigenden Fachbereiche



Gebäudeschadstoffe sind ein Teilbereich einer Standortbeurteilung, allerdings sind in diesem Bereich die Risiken – Sanierungskosten, Gefahr für Nutzer, Imageschaden, ... – sehr hoch. Man muss sich hier nur an den Aufruhr erinnern, der in den letzten Jahren in Deutschland um Immobilien mit PCB-haltigen Dichtungsmassen ausgebrochen ist. Zahlreiche Klagen von erkrankten Nutzern wurden eingebracht, Gebäude mussten geschlossen werden und Sanierungen, bei denen man erst im Zuge der Arbeiten auf einen Kontamination gestoßen war, verursachten umfangreiche Verzögerungen und negative Schlagzeilen.

Einige Bundesländer ließen als Reaktion auf diese Aufregung in allen öffentlichen Gebäuden Luftmessungen durchführen. Durch die vorangegangene Nichtbeachtung des Risikos war es zu einer Vergrößerung des Schadens gekommen. Wäre man wie in Schweden schon zu einem früheren Zeitpunkt aktiv auf die Gefahr zugegangen und hätte durch gezielte Informationskampagnen die Bevölkerung informiert, hätte eine derartige Aufregung vermieden oder zumindest verringert werden können.

Eine genaue Untersuchung auf mögliche Schadstoffquellen im Zuge eines Due Diligence Audits ist daher unerlässlich, denn nur wenn man ein Risiko frühzeitig erkennt, kann man gezielt und effizient Maßnahmen ergreifen.

Environmental Due Diligence Audits sind im Normalfall unter großem Zeitdruck abzuwickeln. In den Erhebungen, die in Phase I durchgeführt werden, müssen die entscheidenden Parameter, die die Möglichkeiten für das Vorhandensein eines Innenraumschadstoffes aufzeigen, dargestellt werden. Baujahr, Bauweise, Vornutzung und andere Parameter liefern für einen erfahrenen Auditor bereits wichtige Kenndaten, die einen reibungslosen Ablauf in Phase II ermöglichen.

In Phase II werden erste technische Untersuchungen durchgeführt, die dazu dienen einen Kontaminationsverdacht zu bestätigen oder auszuräumen. Dabei werden wenn möglich Materialproben entnommen.

Typische Vorkommen für exemplarische Schadstoffe im Innenraumbereich sind beispielsweise:

#### **Asbest**

Spritzasbest, Dichtungen, Bodenbeläge, Elektrospeicheröfen, Fassadenverkleidungen und Dachabdeckungen

#### **PCB**

Elastische Fugendichtungsmassen, Platten für Akustikdecken, Wand- und Deckenfarben, Kabelummantelungen

#### **PCP / Lindan**

Holzanstriche

#### **PAK**

PAK-haltige Folien und Pappen, teergebundener Kork als Isoliermaterial

#### **Mikrobiologische Kontaminationen**

Lüftungsanlagen, Schimmel, Kühlanlagen

Im Falle der Detektion eines Innenraumschadstoffes ist Phase III durchzuführen. Dabei werden weitere Proben genommen, die das Ausmaß der Kontamination und die Schadstoffmenge genauer darstellen. Folgende Erkenntnisse sind dabei für den aktuellen bzw. zukünftigen Besitzer relevant:

- Allgemeine Problemstoffbeurteilung
- Beurteilung des technischen Standards und der Betriebsweise hinsichtlich gesetzlicher Anforderungen; Ableitung von Handlungsbedarf und Investitionskosten
- Uneingeschränkte Nutzung des Gebäudes ohne gesundheitliche Beeinträchtigung bzw. Gefährdung möglich
- Darstellung des Sanierungsbedarfes und Abschätzung der Kosten
- Verifizierung bereits durchgeführter Sanierungen hinsichtlich vorschriftsmäßiger Entsorgung bzw. Sekundärkontaminationen
- Zeitrahmen in dem eine Sanierung möglich ist
- Derzeitiger und zukünftiger Investitionsbedarf

Die Ergebnisse eines Environmental Due Diligence Audits sind für eine Kaufentscheidung von hoher Bedeutung. Immobilienkäufer verlangen den Nachweis einer „schadstofffreien“ Immobilie. Hier spielen Faktoren wie Möglichkeiten eines Weiterverkaufs, uneingeschränkte Nutzung und langfristiger Investitionsbedarf eine große Rolle. Das Risiko einer kontaminierten Immobilie ist in Abhängigkeit von der Kontaminationsart und -intensität für einige Investoren untragbar. Steigende Kosten für Sanierungen und Entsorgungen von kontaminiertem Material werden diesen Trend in den nächsten Jahren mit Sicherheit noch verstärken.

# Umgang mit innenraumbezogenen Beschwerden (Schwerpunkt Geruchswahrnehmungen)

H. Sagunski

## Zusammenfassung

Dem Öffentlichen Gesundheitsdienst kommt bei innenraumbezogenen Fragestellungen oftmals eine Funktion als Konfliktmanager zu, sei es bei Mietangelegenheiten, im Schulbereich oder beim nachbarschaftlichen Immissionsschutz. Angesichts der verfügbaren gesetzlichen Grundlagen (Bauordnung, Immissionsschutz-Gesetz) ergeben sich hoheitliche Aufgaben vor allem in der Gefahrenabwehr. Dies ist jedoch eher selten der Fall. Weitaus häufiger beraten Gesundheitsämter im Rahmen des vorsorglichen Gesundheitsschutzes.

Um die Vorgehensweise des Öffentlichen Gesundheitsdienstes für den Bürger verständlich zu machen, bedarf es einer transparenten Informationsstruktur. Hierzu gehören eine nachvollziehbare Trennung zwischen Gefahren- und Vorsorgebereich und eine strukturierte Risikoabschätzung mit einem veröffentlichten Verfahren zur Festsetzung von Richtwerten für die Innenraumluft. Die Anwendung dieser Richtwerte in der Praxis des Öffentlichen Gesundheitsdienstes wird beispielhaft an Belastungen der Innenraumluft mit Alkylbenzolen, Styrol, aliphatischen Kohlenwasserstoffen, Cyclohexan, bicyclischen Terpenen, Formaldehyd und N-Methylpyrrolidon vorgestellt.

## Einführung

Mit dem Auftreten von Fragen des umweltbezogenen Gesundheitsschutzes in den siebziger Jahren des vorigen Jahrhunderts haben sich das Verständnis der Rolle und die Aufgaben des Öffentlichen Gesundheitsdienstes erheblich gewandelt. Klassische Eingriffstätigkeiten im Sinne einer „Gesundheitspolizei“ sind zurückgetreten, neu hinzugekommen sind Aufgaben der Risikoabschätzung und Risikokommunikation. Dies trifft vor allem für Themenfelder zu, auf denen nach wie vor große Wissenslücken bestehen und zu denen sich angesichts dieser Unsicherheiten bisher noch kein bestimmter regelhafter Vollzug herausgebildet hat. Hierzu zählen auch Fragen der Toxikologie und Hygiene von Verunreinigungen der Innenraumluft.

Wann kann der Öffentliche Gesundheitsdienst als Konfliktmanager bei innenraumbezogenen Fragestellungen tätig werden? Vorsorgend vor allem bei der Bewertung von Baustoffen und anderen im Innenraum verwendeten Produkten. Beispielsweise haben die Landesgesundheitsbehörden in Deutschland zur toxikologisch-hygienischen Bewertung von Baustoffen 1997 den Ausschuss zur Gesundheitlichen Bewertung von Bauprodukten eingerichtet.

In der Praxis bedeutsamer und umfangreicher ist jedoch die nachsorgende Tätigkeit des Öffentlichen Gesundheitsdienstes bei innenraumbezogenen Konflikten, wenn es durch Fehlanwendungen zu Belastungen der Innenraumluft mit Schadstoffen gekommen ist, die zu gesundheitlichen Beschwerden der Innenraumnutzer führen. Charakteristisch für diese Situationen ist, dass der Öffentliche Gesundheitsdienst nicht der Handlungspflichtige ist, sondern als neutraler Lösungsanbieter und Vermittler auftreten kann. Derartige Konflikte treten vor allem auf

- zwischen Vermietern und Mietern (selten beim Verkauf eines Gebäudes)
- zwischen Nachbarn (Innenraumbelastung durch nachbarschaftliche Emission)
- zwischen Schulträgern und Schulnutzern

Im nachfolgenden Teil sollen zu allen drei Konfliktsituationen Beispiele vorgestellt werden.

Wie kann der Öffentliche Gesundheitsdienst als Konfliktmanager tätig werden? Grundvoraussetzung für ein erfolgreiches Handeln des Öffentlichen Gesundheitsdienstes ist die Schaffung einer weitest gehenden Akzeptanz der behördlichen Vorgehensweise. Dies kann erreicht wer-

den durch eine möglichst vollständige Transparenz in der Darstellung der vorgenommenen Risikoabschätzung und des vorgesehenen Risikomanagements. Hinsichtlich des ermittelten Risikos einer Innenraumbelastung ist klar zu machen, inwieweit hierzu ein wissenschaftlicher Konsens besteht und wie weit gegebenenfalls abweichende Auffassungen bestehen. Ferner ist darauf hinzuweisen, welche bleibenden oder durch zusätzliche Untersuchungen eventuell noch verringerbaren Unsicherheiten mit dieser Risikoabschätzung verbunden sind. Hinsichtlich eines Risikomanagements ist offen zu legen, ab wann Gesundheitsgefahren zu befürchten sind, die unter Umständen ein unmittelbares Eingreifen der jeweils zuständigen Verwaltung – beispielsweise das Bauamt nach dem Baurecht oder die Gewerbeaufsicht nach dem Bundesimmissionsschutzgesetz – erfordern, oder ob eher vorsorgliche Maßnahmen angezeigt sind. Der prinzipielle Rahmen der behördlichen Vorgehensmöglichkeiten in Hamburg ist in einem Faltblatt dargestellt, das dem Bürger zu einer ersten Information überreicht wird.

Tabelle 1: Richtwerte für ausgewählte flüchtige organische Verbindungen in der Raumluft nicht-gewerblicher Innenräume der Ad-hoc-Arbeitsgruppe Innenraumrichtwerte der IRK /AOLG sowie der Landesgesundheitsbehörde Hamburg (BAGS, jetzt BUG). [Stand: 9/03]

Transparenz bei der gesundheitlichen Bewertung von Verunreinigungen der Innenraumluft gelingt vor allem durch eine systematische Vorgehensweise. Mit der Veröffentlichung des sogenannten Basisschemas der nationalen Ad-hoc-Arbeitsgruppe Innenraumrichtwerte haben die Landesgesundheitsbehörden in Deutschland verbindliche Leitlinien für die Abschätzung von Risiko-

VOC-Untergruppe	RW I [mg/m <sup>3</sup> ]	RW II [mg/m <sup>3</sup> ]	Herkunft
<b>Aromatische Kohlenwasserstoffe</b>			
Toluol	0,3	3	Ad-hoc-AG IRW
_ C <sub>1</sub> - C <sub>4</sub> – Alkylbenzole	0,3 (v)	3 (v)	BAGS
Styrol	0,03	0,3	Ad-hoc-AG IRW
Naphthalin	0,005 (v)	0,05 (v)	BUG
<b>Aliphatische Kohlenwasserstoffe.</b>			
_ C <sub>9</sub> - C <sub>14</sub> - Alkane/Isoalkane	1 (v)	10 (v)	BAGS
<b>Cycloalkane</b>			
Cyclohexan	0,4 (v)	4 (v)	BUG
<b>Terpene</b>			
Bicyclische Terpene	0,2	2	Ad-hoc-AG IRW
Monocyclische Terpene	0,2 (v)	2 (v)	BAGS
<b>Ether /Glykoether</b>			
N-Methylpyrrolidon	0,04 (v)	0,4 (v)	BUG
<b>Ester</b>			
_ TCEP, TCPP, TBEP, TBP, TiBP, TPP	0,005	0,05	Ad-hoc-AG IRW
MMA	0,1 (v)	1 (v)	BAGS
TXIB	0,01 (v)	1 (v)	BAGS
<b>Aldehyde</b>		_ C <sub>2</sub> -C <sub>6</sub>	
Propanal	0,02 (v)	1 (v)	BAGS
Butanal	0,01 (v)		
Hexanal	0,02 (v)		
Furfural	0,02 (v)		
<b>CKW</b>			
Dichlormethan	0,2	2	Ad-hoc-AG IRW
Monochlornaphthalin	0,02 (v) *	0,2 (v)	BAGS
Siloxan D5	0,3 (v)	3 (v)	BUG

Abk.: v – vorläufig \*) SH schlägt eine Absenkung auf 0,005 mg/m<sup>3</sup> vor [Heinzow et al. 2002]

	RW I	RW II	Herkunft
PCDD / PCDF	[pg TEQ/m <sup>3</sup> ] 0,5 (v)	[pg TEQ/m <sup>3</sup> ] 5 (v)	BAGS
PCB	*1)	*1)	Ad-hoc-AG
PCP	[µg/m <sup>3</sup> ] 0,1	[µg/m <sup>3</sup> ] 1	Ad-hoc-AG
PAK (BaP)	[ng/m <sup>3</sup> ] 5 (v)	[ng/m <sup>3</sup> ] 50 (v)	BAGS
Radon	[Bq/m <sup>3</sup> ] 100	[Bq/m <sup>3</sup> ] 1000	LAUG

Abk.: v – vorläufig \*1) derzeit Neubewertung in der Ad-hoc-AG IRW

Tabelle 2: Richtwerte für ausgewählte schwerflüchtige organische Verbindungen und Radon in der Raumluft nichtgewerblicher Innenräume der Ad-hoc-Arbeitsgruppe Innenraumrichtwerte der IRK /AOLG, der Länderarbeitsgruppe Umweltbezogener Gesundheitsschutz (LAUG) der Obersten Landesgesundheitsbehörden Deutschlands sowie der Landesgesundheitsbehörde Hamburg (BAGS, jetzt BUG). [Stand: 9/03]

ken durch Verunreinigungen der Innenraumluft vorgegeben. Auf dieser Grundlage wurden zwischenzeitlich Richtwerte für eine Reihe von Substanzen in der Raumluft festgesetzt (Tabelle 1 und Tabelle 2).

## Beispiele zum Umgang mit innenraumbezogenen Beschwerden

### Beispiel 1: Alkylbenzole in der Innenraumluft nach Außenwandversiegelung

#### Ausgangslage

Zum Schutz vor eindringender Nässe werden in Hamburg häufig Außenwände von Gebäuden mit einer nässeabweisenden Beschichtung versehen. Verwendet werden unter anderem Silikonverbindungen, die zumeist in Kohlenwasserstoffen gelöst sind. Gemäß einer Empfehlung der Bauaufsicht sollen derartige Mittel nicht bei Außentemperaturen unterhalb von 5°C aufgetragen werden. Während der Heizperiode kann es bei großen Temperaturunterschieden zwischen Außenluft und Innenraumluft zu einer Diffusion des Lösungsmittels durch das Mauerwerk kommen. Insbesondere bei Rissen im Mauerwerk kann es dadurch im Einzelfall zu erheblichen Belastungen der Wohnungsluft kommen.

#### Gesundheitliche Bewertung

Im vorliegenden Fall wurden in einer Wohnung 10 mg Alkylbenzole pro Kubikmeter Raumluft ermittelt, davon wurden 2,5 mg als C3-Alkylbenzole identifiziert. Als Leitsubstanz für die gesundheitliche Bewertung von Alkylbenzolen in der Innenraumluft dient das C1-Alkylbenzol Toluol. Von der deutschen Ad-hoc-Arbeitsgruppe Innenraumrichtwerte wurden für Toluol nach dem Basisschema ein Gefahrenrichtwert (Richtwert II) von 3 mg/m<sup>3</sup> und ein Vorsorgerichtwert (Richtwert I) von 0,3 mg/m<sup>3</sup> festgesetzt. Für die höher alkylierten C2-Alkylbenzole bis C4-Alkylbenzole ist entweder bekannt oder kann begründet angenommen werden, dass sie denselben Wirkungsendpunkt (Neurotoxizität) sowie eine etwa vergleichbare Toxizität wie Toluol aufweisen. Unter dieser Annahme hatte die Landesgesundheitsbehörde Hamburg empfohlen, vereinfacht von einer Wirkungsäquivalenz der C1- bis C4-Alkylbenzole auszugehen. Als Konsequenz wurde für die Summe der C1- bis C4-Alkylbenzole ein Gefahrenrichtwert von 3 mg/m<sup>3</sup> und ein Vorsorgerichtwert I von 0,3 mg/m<sup>3</sup> empfohlen.

#### Lösungsansatz

Da der Gefahrenrichtwert deutlich überschritten und kurzfristig keine Abnahme der Belastung zu erwarten war, wurde die Nutzung der Wohnung behördlicherseits untersagt. Der Vermieter stellte dem Mieter eine Ersatzwohnung bereit. Der Gebäudeeigentümer verklagte die ausführende Handwerksfirma wegen des Mietausfalls sowie der angefallenen Messkosten.



## **Beispiel 2: Styrol in der Wohnungsluft nach Sielbauarbeiten**

### **Ausgangslage**

Im Rahmen von Reparaturarbeiten an einem Hauptsiel wurde Styrol verwendet. Durch Fehlen eines Geruchsverschlusses in einer Ablaufleitung konnten Styrol-Dämpfe über die Kanalisation und die Ablaufleitung in den Kellerraum eines Wohngebäudes gelangen, aus dem sie sich über den Lüftungsschacht in alle Etagen des Gebäudes verteilten. Es kam zu massiven Geruchsbeschwerden.

### **Gesundheitliche Bewertung**

Messungen wurden nicht durchgeführt, da die Geruchswahrnehmungsschwelle von Styrol relativ gut bekannt ist. Da in allen Wohnungen von betroffenen Mietern Geruchswahrnehmungen berichtet wurden, kann davon ausgegangen werden, dass die Belastung der Wohnungsluft mit Styrol deutlich über der Geruchsschwelle von etwa 0,2 mg pro Kubikmeter lag. Darüber hinaus konnte nicht ausgeschlossen werden, dass unter Umständen – zumindest zeitweilig – auch der Gefahrenrichtwert von 0,3 mg Styrol pro Kubikmeter Raumluft überschritten sein könnte.

### **Lösungsansatz**

Um langfristige Gesundheitsgefahren auszuschließen, wurden den Mietern intensive Lüftungsmaßnahmen empfohlen. Der ausführenden Firma wurde aufgetragen, die Ablaufleitung geruchsdicht zu verschließen. Zur zukünftigen Vermeidung des Eindringens von Styrol in Wohnungsinnenräume wurde zwischen Bauaufsicht und Sielsanierungsfirma vereinbart, dass die ausführende Firma Anwohner über Sielbauarbeiten und damit möglicherweise auftretende Geruchswahrnehmungen informiert. Ferner sollen Ablaufleitungen betroffener Gebäude kontrolliert werden, ob Geruchsverschlüsse vorhanden sind.

## **Beispiel 3: Belastung der Innenraumluft mit höheren aliphatischen Kohlenwasserstoffen aus einer Chemischen Reinigung**

### **Ausgangslage**

Auflagen für die Betreiber Chemischer Reinigungen auf der Grundlage der 2. Bundesimmissionschutz-Verordnung haben in Deutschland einerseits zu einer Konzentrierung auf weniger Betriebe (im Bundesland Hamburg innerhalb eines Jahrzehnts beispielsweise von etwa 360 auf etwa 250 Betriebe) und andererseits zu einer Umstellung (in Hamburg etwa 100 der 250 Betriebe) auf ein Lösungsmittel mit geringerer Toxizität geführt. Eingesetzt werden anstelle des Tetrachlorethens nunmehr höhersiedende verzweigte aliphatische Kohlenwasserstoffe mit einer Kohlenstoffzahl von C9 bis C14, auch als entaromatisierte Testbenzine bezeichnet. In einem Gebäudekomplex, in dem sich eine Chemische Reinigung angesiedelt hat, befürchtet der Eigentümer des Nachbargebäudes eine gesundheitliche Beeinträchtigung seiner Mieter sowie damit verbunden möglicherweise entstehende Mietausfälle. Beide Gebäude grenzen an einen gemeinsamen Innenhof, in den die Chemische Reinigung emittiert.

### **Gesundheitliche Bewertung**

Aufgrund vorliegender Messdaten wurde mithilfe eines Ausbreitungsmodells eine Konzentration um 0,5 mg aliphatische C9-C14-Kohlenwasserstoffe vor dem Fenster des Nachbargebäudes abgeschätzt. Im Rahmen eines Genehmigungsverfahrens leitete die Landesgesundheitsbehörde Hamburg einen vorläufigen Gefahrenrichtwert von 10 mg C9-C14- aliphatische Kohlenwasserstoffe pro Kubikmeter Raumluft und einen Vorsorgerichtwert von 1 mg pro Kubikmeter ab. Die Vorläufigkeit dieser Werte lag in der unzureichenden toxikologischen Datenlage begründet.

Im Mai 2003 wurden erste Ergebnisse einer tierexperimentellen Langzeitstudie zu einem definierten aliphatischen Kohlenwasserstoffgemisch veröffentlicht. Danach wurden bei der Ratte, nicht jedoch bei der Maus bestimmte Tumoren in verschiedenen Organen beobachtet. Eine Einstufung und Bewertung dieser Ergebnisse seitens der zuständigen Gremien steht noch aus. Die deutsche Ad-hoc-Arbeitsgruppe Innenraumrichtwerte bereitet derzeit eine Neubewertung der aliphatischen Kohlenwasserstoffe vor.

### Lösungsansatz

Der Betrieb der Chemischen Reinigung wird vorläufig geduldet, da der vorläufige Vorsorge-richtwert unterschritten wird. Eine abschließende Entscheidung über eine Zulassung soll erfolgen, wenn das Ergebnis der Beratungen der Ad-hoc-Arbeitsgruppe Innenraumrichtwerte vorliegt.

### **Beispiel 4: Luftbelastung einer Wohnung über einem Handwerksbetrieb mit Cyclohexan Ausgangslage**

Typisch für Hamburger Stadtteile mit hoher Siedlungsdichte ist die Lage von kleinen Läden und Handwerksbetrieben im Souterrain mehrstöckiger Wohngebäude. Beim Umgang mit Chemikalien, beispielsweise Lösungsmitteln, können Probleme auftreten, wenn die über dem Betrieb liegende Decke aus Holzbalken mit einer losen Zwischenschüttung besteht oder wenn die durch alle Stockwerke führenden Steigleitungen oder andere Versorgungsleitungen nicht ausreichend abgedichtet worden sind. Im vorliegenden Fall wurden von Mietern über einer Schuhmacherwerkstatt Geruchsbelästigungen beklagt.

### Gesundheitliche Bewertung

Als auffällige Lösungsmittel wurden in der betroffenen Wohnung 1,2 mg Cyclohexan, 0,2 mg Methylcyclohexan und 0,2 mg Toluol pro Kubikmeter Raumluft als Wochenmittelwert (Passivsammler) bestimmt. Als Ergebnis einer toxikologischen Bewertung gab die Landesgesundheitsbehörde Hamburg einen vorläufigen Gefahrenrichtwert von 4 mg Cyclohexan pro Kubikmeter Raumluft und einen Vorsorgegerichtwert von 0,4 mg pro Kubikmeter ab. Damit ergab sich ein Minimierungsgebot aus Vorsorgegründen.

### Lösungsansatz

Zum Schutz der Anwohner wurde dem Schuhmacherbetrieb aufgegeben, den Verbrauch an Cyclohexan-haltigen Klebern einzuschränken und auf andere weniger toxische Produkte auszuweichen.

### **Beispiel 5: Belastung der Luft eines Klassenraums mit bicyclischen Terpenen und einem Aldehyd nach einer Renovierung**

#### Ausgangslage

In einem Schulgebäude wurde ein Klassenraum innerhalb der Schulferien renoviert. Nach Aufnahme des Schulbetriebs klagten Schüler und Lehrer über Reizerscheinungen und einen unangenehmen Geruch.

### Gesundheitliche Bewertung

Eine von einem Lehrer gezogene Probe ergab eine Belastung der Klassenraumluft mit den bicyclischen Terpenen Pinen und 3-Caren von 0,32 mg pro Kubikmeter. Trotz verstärkten Lüftens nahmen die Reizerscheinungen jedoch nicht ab. Die einen Monat später genommene amtliche Probe ergab eine Belastung von 0,51 mg Pinen und 3-Caren und 0,06 mg Hexanal pro Kubikmeter Raumluft. Zur Bewertung der bicyclischen Terpene liegt ein Gefahrenrichtwert von 2 mg und ein Vorsorgegerichtwert von 0,2 mg pro Kubikmeter vor. Für Hexanal wurde ein vorläufiger Vorsorgegerichtwert von 0,02 mg pro Kubikmeter vorgeschlagen.

### Lösungsansatz

Trotz verstärkten Lüftens ließ sich die Belastung nicht kurzfristig verringern, so dass der Klassenraum vorübergehend aus der Nutzung genommen wurde, bis die Vorsorgegerichtwerte unterschritten waren.

### **Beispiel 6: Belastung der Klassenraumluft mit Formaldehyd nach Asbestsanierung**

#### Ausgangslage

Zur Verringerung einer potentiellen Exposition von Schülern gegenüber Asbest wurden als kritisch angesehene Bauteile mit Spanplatten verkleidet. Nach Aufnahme des Schulbetriebs in den betroffenen Räumen klagten die Schüler über Unwohlsein und Reizbeschwerden.

### **Gesundheitliche Bewertung**

Mehrfache Messungen zeigten Konzentrationen zwischen 0,1 und 0,2 mg Formaldehyd pro Kubikmeter Raumlufte. Nach einer Empfehlung des ehemaligen Bundesgesundheitsamtes soll die Formaldehyd-Konzentration in der Raumlufte nicht den Wert von 0,125 mg pro Kubikmeter überschreiten.

### **Lösungsansatz**

Vom zuständigen Gesundheitsamt wurde ein Merkblatt zum richtigen Lüften überreicht. Durch regelmäßiges Lüften konnte die Formaldehyd-Belastung der Raumlufte wirksam gesenkt werden. Der Erfolg dieser Maßnahme wurde durch wiederholte Messungen des Gesundheitsamtes bestätigt.

### **Beispiel 7: Belastung der Luft einer Kindertagesstätte mit N-Methylpyrrolidon**

#### **Ausgangslage**

Nach Verlegung eines Korkbodens im Ruheraum einer Kindertagesstätte nahmen die Erzieherinnen Reizerscheinungen und einen unangenehmen Geruch wahr.

### **Gesundheitliche Bewertung**

Untersuchungen der Raumlufte auf flüchtige organische Verbindungen ergaben mit 0,38 mg TVOC eine leicht erhöhte Belastung, recht auffällig waren 0,085 mg N-Methylpyrrolidon und 0,05 mg Summe Glykolether pro Kubikmeter Raumlufte. Als Ergebnis einer toxikologischen Bewertung setzte die Landesgesundheitsbehörde Hamburg einen vorläufigen Gefahrenrichtwert von 0,4 mg Cyclohexan pro Kubikmeter Raumlufte und einen Vorsorgerichtwert von 0,04 mg pro Kubikmeter ab. Damit ergab sich ein Minimierungsgebot aus Vorsorgegründen.

### **Lösungsansatz**

Der verlegte Korkboden stellt ein mangelhaftes Produkt dar. Der Betreiber prüft rechtliche Schritte gegen den Bodenbelagsverlegebetrieb.

### **Literatur**

Ad-hoc-Arbeitsgruppe IRK / AGLMB (1996) Richtwerte für die Innenraumlufte: Basisschema. Bundesgesundheitsblatt 39 (1996) 422-426

# Erfahrungen mit Innenraumproblemen in der Steiermark

Michael Köck

Die Funktion des Landeshygienikers in der Steiermark kann man als Unikat in Österreich betrachten. Seit dem Jahr 1970 ist der Landeshygieniker mit Sonderbefugnissen ausgestattet, die es ihm erlauben rasch und effizient Lösungen in umwelthygienischen Fragen zu erarbeiten. Seit Beginn meiner Tätigkeiten im Jahr 1989, aber auch schon zuvor als Mitarbeiter meines Vorgängers, zählen Schadstoffe in Innenräumen zu den Schwerpunkten meiner Arbeit. Das interessante daran ist, dass diese Thematik jeden von uns betreffen kann.

Schon kurz nach der ersten Ölkrise am Beginn der 80er Jahre mussten wir feststellen, dass durch den Energiesparwillen die Wohnräume immer dichter gestaltet wurden. Der Boom des Fenstertausches setzte massiv ein. Dadurch änderten sich vorweg einmal die physikalischen Parameter des Raumklimas, was oft zur Folge hatte, dass Kondenswasserbildung und Schimmelpilz-Wachstum an Bauteilen vermehrt zu verzeichnen waren. Gleichzeitig wurden im Innenraum vermehrt synthetische Produkte und Oberflächenbehandlungsmittel (VOCs) eingesetzt, die für entsprechende Innenraumluft-Belastungen sorgten.

Gegen Ende der 80er Jahre waren es vor allem die mit Formaldehyd belasteten Räume, die in der Steiermark ein eigenes Messprogramm erforderlich machten. Vor allem Personal in Schulen und öffentlichen Einrichtungen zählten zu den Hauptbeschwerdeführern. Immer wieder kam es durch Möblierungen oder z.B. durch Ausstattung von Räumen mit Lärmschutzplatten zu Innenraum-Belastungssituationen. Durch die Berichterstattungen in den Medien wurden aber vermehrt private Haushalte mobilisiert und es begann ein reges Interesse an Messungen in privaten Wohnräumen.

Vor allem die erste Generation von Fertigteilhäusern wies noch zum Teil hohe Mengen an Formaldehyd in der Innenraumluft auf. Erst mit in Kraft treten der Formaldehydverordnung im Jahr 1990 war das Problem einigermaßen vom Tisch, wobei z.B. Platten, die unter Prüfraumbedingungen mehr als 0,1 ppm Formaldehyd ausgasen, nicht in den Verkehr gebracht werden dürfen. Noch strenger sind die Richtlinien des Österreichischen Umweltzeichens: danach wurde für Plattenprodukte mit formaldehydhaltigen Bindemitteln eine Ausgleichskonzentration von 0,05 ppm festgelegt.

Mit Aufkommen der Naturprodukte wurden immer wieder Räume beanstandet, in denen mit Bienenwachs eingelassene Einrichtungsgegenstände anzutreffen waren. Gerade jene Möbel, die durch direkte Sonnenbestrahlung aufgeheizt wurden, waren für die hohen Lösungsmittel-emissionen verantwortlich. Naturöle wurde vermehrt eingesetzt, was vor allem die Problematik der Allergene im Innenraum verschärfte. Auch dieser Boom ist mittlerweile rückläufig und die angebotenen Produkte wie Farben sind heute gesundheitsverträglicher.

Eine Zunahme in nicht unbeträchtlichem Ausmaß unserer Messtätigkeiten ist im Bereich der Schimmelpilz-Sporenbelastung zu verzeichnen. Obwohl heute die entsprechenden Wärmedämmverordnungen für grundsätzlich weniger bauphysikalische Problemzonen in Gebäuden sorgen, kommt es immer wieder durch Mängel in der Bauausführung aber auch in Kombination mit nicht angepasstem Benutzerverhalten zu Schimmelpilzwachstum in Wohnräumen.

Durch sehr kurze Bauzeiten von durchschnittlich 8 Monaten sorgt im Geschosswohnbau vor allem die Baurestfeuchte für das Sprießen der Schimmelpilze.

Mein Anliegen in diesen Zusammenhängen ist nicht nur die Messung von Umwelttoxinen sondern vor allem die Aufklärung und Vermeidung dieser Probleme.

In den letzten Jahren habe ich als Landeshygieniker gerade im Bauwesen dafür gesorgt, dass z.B. jede/r Wohnbau-FörderungsgeberIn in der Steiermark ein Merkblatt zum Thema "Schimmelpilze in Wohnräumen" ausgehändigt bekommt. Dies geschieht in den letzten Jahren auch vermehrt bei der Schlüsselübergabe durch private Bauträger mit dem Hinweis an die neuen Mieter bzw. Eigentümer gerade in der ersten Heizperiode vermehrt zu lüften und alle Räume entsprechend zu heizen.

Unsere Anliegen sind primär die Aufklärung und die praxisbezogene Problemlösung. Das mag in manchen Fällen bedeuten, dass im Streitfall zwischen Mietern und Vermietern die Verschuldensfrage geklärt und ein möglicher Prozess mit einer Flut an Gutachten abgewendet werden kann.

Nach Pressekonferenzen und Rundfunksendungen zu verschiedenen innenraumrelevanten Themen wird meine Dienststelle entsprechend häufig konsultiert. Dabei verzeichnen wir in wenigen Wochen bis zu 2000 Anrufe (Schimmelpilz-Problematik).

Im Zusammenhang mit den Innenraum-Schadstoffen werden nicht nur spezifische Problemstoffe behandelt, sondern auch Themenbereiche wie das Passivrauchen angesprochen. Gerade dieses Thema ist im Kontext mit der Formaldehydproblematik von Bedeutung, da schon wenige Zigaretten in einem Raum den Richtwert von 0,1 ppm Formaldehyd überschreiten. Ein eigens dazu entworfenes Merkblatt sorgt bei vermeintlich durch Einrichtungsgegenstände formaldehydgeschädigten Rauchern meist für Verwunderung.

Landeseigene Dienststellen konsultieren uns in allen möglichen innenraumrelevanten Sachbereichen und vor allem dann, wenn es darum geht, rasch und effizient Problemlösungen auszuarbeiten. Unser Know-how und vor allem unsere Kontakte zu nationalen und internationalen Messeinrichtungen bzw. Universitätsinstituten hat schon manch ein schier unlösbares Problem rasch einer Lösung zugeführt.

# Innenraumluft – Erfahrungen aus Salzburg

## Viel Lärm um Nichts ?

Othmar Glaeser, Katja Krämer, Stefan Kleiner

### Seit 1984 Formaldehyduntersuchungen

Auf Grund von Beschwerden in

- Kindergärten
- Schulen
- Privatwohnungen

sowie in der Außenluft

Auf Grund der

- Möblierung
- Lackauftrag (vor allem Parkettböden) mit Säurehartlacken

### Ab 1988 Perchlorethylen (PER) im Nahbereich von Chemisch-Reinigungen

#### Ab 1995

Aldehyde, VOC's, PCB, BTX, CO<sub>2</sub>, PAH's, Hausstaub (Biozide, Asbest, Phthalate, Dioxin) Radon, Schimmel, zT. als Kooperationsprojekt mit anderen Labors.

### Schwerpunktaktionen

- 1998/1999 Untersuchung des Mozarteums in der Stadt Salzburg
- ab 1999 Untersuchungen in
  - Gebäuden des Landes Salzburg
  - Kindergärten und Schulen

### Formaldehyd – Erfahrungen

#### Ab 1984

- Kindergärten und Schulen: Wesentliche Verbesserung durch Wechsel Säurehärter-Lack – DD-Lack
- Kindergärten und Schulen: Umstellung der Plattenproduktion auf E1-Spanplatten  
Früher Spitzenbelastungen bis 300 µg/m<sup>3</sup>

#### Seit 1999 (Daten aus 106 Messungen in µg/m<sup>3</sup>)

- Mittelwert 61
- Maximaler Wert 176
- 90 % Perzentil 115
- Auch bei Möbeln mit E1-Spanplattenqualitäten liegen Belastungen bis über 100 µg/m<sup>3</sup> je nach Bestückungsdichte
- Die Testmethode (Prüfkammer) ist nicht realitätsbezogen. Luftwechselraten von 1 werden in Räumen mit dichten Fenstern wesentlich unterschritten (Bereich von 0,1)
- Ein Innenraumwert 0,1 ppm (120 µg/m<sup>3</sup>) ist einzuhalten.
- Der Wert der Österr. Akademie der Wissenschaften (50 µg/m<sup>3</sup>) kann auch bei E1-Möbeln überschritten werden.
- Die Produktion „auf Bestellung“ (ohne Zwischenlager) führt zu anfangs erhöhten Abdampferten von Formaldehyd.
- Staubanhaftungen erhöhen die Erstbelastungen wesentlich.
- Gleichgewichte erst nach mehreren Wochen.

### **Problemfall Kindergarten**

- Säurehärterlack, Holzboden, 90 – 180 µg/m<sup>3</sup> Formaldehyd
- Abschleifen und Lackieren mit „Wasserlack“ führt zur hydrolytischen Spaltung des alten Lackes und Werten bis 350 µg/m<sup>3</sup>
- Letztlich Austausch des Bodens

### **Kohlendioxid**

- Hauptproblem bei Schulen
- Verstärkt durch die Bauweise ohne öffentbare Fenster als Folge der Energievorgaben
- Pettenkofer-Zahl von 1.000 ppm rasch überschritten (bis ca. 4.000 ppm während einer Unterrichtsstunde)
- Erfolge mit der Festlegung von Verantwortlichen zur Lüftung („Lüftungskind“)

### **VOC's**

- Im Allgemeinen niedrige Werte im Bereich bis 100, deutlich unter 300 µg/m<sup>3</sup>
- Einzelfall bis 2.000 µg/m<sup>3</sup> (Sanierungsarbeiten)
- VOC kein Indikator für den Hauptbeschwerdepunkt „Geruch“

### **Polychlorierte Biphenyle (PCB's)**

- Raumluftkonzentrationen sehr niedrig (alle Werte unter 300 ng/m<sup>3</sup>)
- Die meisten älteren Gebäude (vor 1980) weisen noch Leuchtstofflampen mit PCB-haltigen Kondensatoren auf
  - Handlungsbedarf für Austausch
- Auch bei Fertigteilbauten wurden keine Fugenmassen mit PCB's gefunden

### **Schimmel**

- Zunehmende Problematik durch Energiesparmaßnahmen, Baumängel und falsches Lüften
- Mehr Grundlagen über Hintergrundbelastungen (Außenluft) wären zur Beurteilung notwendig

### **Fallbeispiel Mozarteum**

#### **1998**

- Diskussion auf Grund von Leukämiefällen mit Medienbegleitung
- Erste Schadstoffuntersuchungen sowie „in vitro Untersuchungen“ auf Mutagenität von Staubproben
- Sperre insbesondere auf Grund der Mutagenitätsuntersuchungen
- Einsetzen einer Arbeitsgruppe zur Untersuchung und Beauftragung von 3 internationalen Experten (Toxikologie, Umweltmedizin, Krebsforschung)
- Abschlussbericht April 1999

#### **„Das am besten untersuchte Gebäude“**

##### **Chemisch-physikalische und biologische Untersuchungen**

- Aldehyde/Formaldehyd
- Allergene
- Aromaten (Benzol)
- Asbest
- Biozide
- Blutuntersuchungen
- Deckenfilz

- Dioxine und Furane (PCDD + PCDF)
- Elektromagnetische Felder
- Flüchtige organische Verbindungen
- Leichtflüchtige halogenierte Kohlenwasserstoffe
- Lüftungsanlage
- Mutagenität mit Rattenleberzellen
- Mikrobiologie
- Nitrosamine
- Pentachlorphenol
- Phthalate
- Polybromierte Biphenyle
- Polychlorierte Biphenyle
- Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe
- Raumklima
- Radioaktivität
- Schwebstaub
- Schwermetalle
- Staub-Screening
- Tapete
- Teppichboden
- Wandpaneele

#### **Medizinische Untersuchungen**

- Humanbiologisches Monitoring
- Humangenetische Untersuchungen
- Klinische Untersuchungen
- Enzymtest
- Vorerhebungsbogen

#### **Epidemiologische Untersuchungen**

#### **Ergebnisse Mozarteum**

- Alle physikalischen, chemischen und biologischen Untersuchungen ergeben Werte innerhalb der Toleranzschwellen.
- Zusammenfassend ergeben sich auf Grund der Untersuchung und Erhebung zwar ein gehäuftes Auftreten von Leukämien im Sinne eines Clusters (regionale Häufung), jedoch keine Hinweise auf einen gemeinsamen verursachenden Faktor im Zusammenhang mit dem Institutsgebäude Dreifaltigkeitsgasse.
- Die Arbeitshypothese eines Sick-Building-Syndroms wurde bestätigt und eine Neugestaltung und Ausdünnung des Gebäudes begrüßt.





# Schimmelvermeidung durch richtige bauphysikalische Planung

Mathias M. Stani

## Einleitung

Das Auftreten von Schimmelpilz in Wohnbauten ist ein sehr altes Problem. Schon in der Bibel gibt es eine Anleitung, wie mit Schimmel in Gebäuden zu verfahren ist (Drittes Buch Moses, Kapitel 14, Vers 33 – 57). Eine allseits befriedigende Lösung dieser Problematik ist bisher noch nicht gelungen.

Schimmelbefall hat immer mit Feuchtigkeit an oder in Bauteilen zu tun. In der Regel wird diese Feuchtigkeit durch die Bewohner produziert, die Abfuhr dieser Feuchtigkeit muss gesichert werden.

In der Vergangenheit geschah diese Feuchtigkeitsabfuhr mehr oder weniger zufällig durch Undichtheiten, besonders im Bereich der Fenster. Doch auch in dieser guten alten Zeit gab es immer wieder Probleme mit dem Schimmel. Diese Schäden traten hinter den Schränken und Verbauten oder im unbeheizten Schlafzimmer auf, sie wurden im Frühjahr durch einen neuen Anstrich aus Kalk oder Silikatfarben saniert.

Heute sind Wohnbauten so konzipiert, dass sie den Anforderungen der Nutzer in Bezug auf Komfort und Bequemlichkeit genügen. Dieser Umstand und die Notwendigkeit mit Energie sparsam umzugehen und nicht zuletzt bauphysikalische Erfordernisse bedingen eine dichte Gebäudehülle. Damit entfällt der unkontrollierte Luftwechsel, aber auch der sozusagen automatische Abtransport der Feuchtigkeit aus der Wohnung.

Da langfristig Energieeinsparung und CO<sub>2</sub> Reduktion noch mehr Bedeutung gewinnen werden und bauphysikalische Notwendigkeiten zunehmend zwingend werden, bieten sich nur zwei Lösungen für die Schimmelpilzproblematik an.

1. Information und Aufklärung der Wohnungsnutzer in noch intensiverer Form. Dem Nutzer muss klargemacht werden, dass auch Wohnen, wie Autofahren und ähnliche Tätigkeiten, ein adäquates Verhalten erfordert. Täglich mehrmals zu lüften ist nicht nur zur Feuchtigkeitsabfuhr, sondern auch zur Sicherung des hygienisch erforderlichen Luftwechsels erforderlich.
2. Installation von Anlagen zur mechanischen Be- und Entlüftung, eventuell mit Wärmerückgewinnung.

Die Einbindung des Nutzers in den Prozess der Vermeidung von Schimmelpilzbefall ist jedenfalls in beiden Fällen erforderlich.

## Problembeschreibung

Ursache für Feuchtigkeit kann aufsteigendes oder eindringendes Wasser (z.B. Undichtheiten im Bereich des Daches, der Dachentwässerung oder mangelhafte Feuchtigkeitsisolierung des Mauerwerkes) sein. Der häufigste Fall allerdings ist Kondensation an der inneren Bauteiloberfläche aus der Raumluft. Dies kann durch übermäßige Raumluftfeuchte in der Wohnung oder eine zu niedrige Temperatur der Oberfläche der Außenbauteile bedingt sein. Die Ursachen für den Schimmelbefall sind offensichtlich sehr vielfältig. Zur Angabe der erforderlichen Maßnahmen zur Vermeidung künftigen Schimmelbefalls sind daher häufig umfangreiche Untersuchungen erforderlich.

## Wärmeschutz der Gebäudehülle

Schon in der ÖNORM B 8110 „Hochbau, Wärmeschutz“ vom 27. April 1959 wird darauf hingewiesen, dass sich der mindesterforderliche Wärmeschutz eines Gebäudes aus den bauphysikalischen Anforderungen zur Gewährleistung der Gesundheit und Wirtschaftlichkeit ergibt. Insbesondere war die Vermeidung von schädlicher Wasserdampfkondensation ein Ziel der Norm.

Durch die technische Weiterentwicklung und den heute üblichen höheren Wärmeschutz sind, bauphysikalisch gesehen, wesentlich günstigere Bedingungen gegeben; Schimmel in Wohnungen dürfte eigentlich nicht mehr vorkommen. Allerdings haben die geänderten Wohn- und Lebensgewohnheiten sowie in manchen Fällen die wirtschaftlichen Rahmenbedingungen zu einer Verschärfung der Situation geführt.

Wesentlich für die Schimmelpilzproblematik ist die Oberflächentemperatur der der Raumluft ausgesetzten Gegenstände oder Bauteile, in der Praxis ist die innere Oberflächentemperatur der Außenbauteile von besonderer Bedeutung. Diese hängt wesentlich vom Wärmeschutz des Bauteiles ab. Die Regelwerke wie Bauordnung oder Norm schreiben daher Mindestwerte für den Wärmeschutz vor. Diese Vorschriften beziehen sich in der Regel auf den ungestörten Bauteil, die Einflüsse von Ecken und Kanten und sonstiger Wärmebrücken werden nicht berücksichtigt.

Zu den durch die Geometrie gegebenen Einflüssen auf die Oberflächentemperatur kommen noch die Einflüsse durch die Anströmung der Raumluft.

Positiv im Sinne von Kondensatvermeidung wirken Heizkörper unter Fenstern, negativ hingegen Vorhänge, Abdeckungen und insbesondere die Möblierung. Falls Schimmelbefall vorliegt, sollten die vorgenannten Umstände, insbesondere die Möblierung, kritisch überprüft werden. Allgemein kann ausgesagt werden, dass, wenn der Wärmeschutz der Gebäudehülle den gesetzlichen Anforderungen der Bauordnung entspricht, bei widmungsgemäßer Nutzung der Wohnung (vgl. Vornorm ÖNORM B 8110-2, „Wärmeschutz im Hochbau, Wasserdampfdiffusion und Kondensationsschutz“) mit keiner Schimmelbildung zu rechnen ist.

Zur widmungsgemäßen Nutzung gehört, dass die relative Luftfeuchte unter 65 % liegt (Details siehe ÖNORM), Außenbauteile nicht durch Möbel, Vorhänge u.ä. abgedeckt sind und alle Räume beheizt werden (bzw. dass die Türen zu nicht oder vermindert beheizten Räumen geschlossen gehalten werden).

Nur in Sonderfällen kann es trotz widmungsgemäßer Nutzung zu Schimmelbefall kommen. Die Ursachen dafür können unter anderem folgende sein:

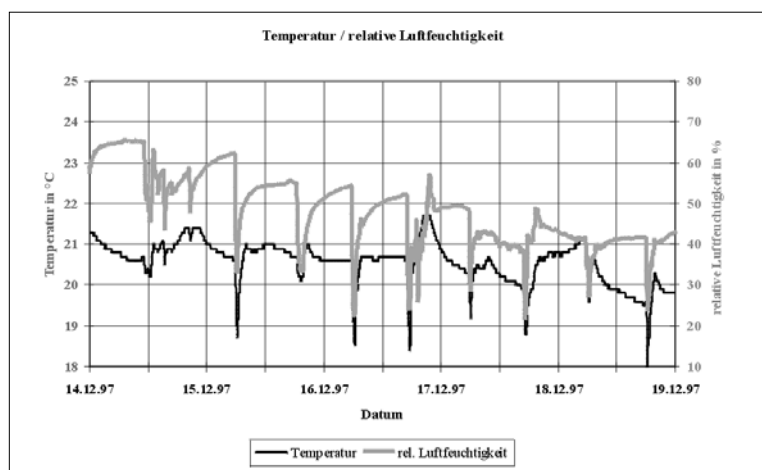
- Durchfeuchtung des Bauteiles durch eingedrungenes Wasser (z.B. schadhafte Dach)
- Wärmetechnische Schwachstellen (Wärmebrücken) durch ungeeignete Baustoffe, Baufehler, Schädigung der Bausubstanz u.ä.
- Feuchtigkeitsanreicherung in den oberflächennahen Bauteilschichten, Möbeln und Einrichtungsgegenständen (eventuell verursacht durch Vormieter)

## Lüftung der Wohnung

Um die Abfuhr der durch Menschen und ihre Aktivitäten (z.B. Kochen) eingebrachten Feuchtigkeit zu gewährleisten, muss gelüftet werden. Allgemein werden mind. drei Lüftungen je Tag als Stoßlüftung (3 bis 10 Minuten, vorzugsweise in Form einer Querlüftung durch Öffnen aller Fenster) als erforderlich angesehen.

Üblicherweise ist durch ausreichendes Lüften im Winter eine Bereinigung der Situation möglich. In Sonderfällen, falls zuviel Feuchtigkeit in den Bauteilen gespeichert ist (kann durch Baufeuchte im Falle des Neubezuges oder unsachgemäße Nutzung durch den Vormieter bedingt sein), kann die Lüftungstätigkeit (auf diese kann keinesfalls verzichtet werden), durch Trocknungsmaschinen unterstützt werden. In diesen Fällen wird in kurzer Zeit sehr viel Feuchtigkeit abgeführt. Führen diese Maßnahmen langfristig nicht zum Ziel, muss die Quelle dieser Feuchtigkeit gefunden werden. Meist handelt es sich dann um versteckte Wasserrohrbrüche oder andere Mängel im Bereich des Wasser-, Abwasser- oder Entwässerungssystems.

Abb. 1: Die Grafik (Ausschnitt aus einer Langzeitregistrierung) zeigt, dass durch konsequentes Lüften (obwohl nur 2 mal täglich) während nur einer Woche der Sättigungswert der Luftfeuchte von über 60 % durch Lüften auf nahezu 50 % zurückgeht.



Registrierungen des Raumklimas liefern Hinweise über das Lüftungsverhalten der Bewohner sowie über das Vorliegen einer hohen Feuchtigkeitsanreicherung in den Bauteilen, den Möbeln und den Einrichtungsgegenständen.

Durch die in den vorhergehenden Absätzen genannten Umstände kann ein Schimmelbefall auch in Wohnungen vorliegen, die ausreichend belüftet werden und in denen die Luftfeuchte im zulässigen Bereich liegt. Der Weiterbestand eines schon bestehenden Schimmelbefalles ist auch bei widmungsgemäßer Nutzung der Wohnung nicht immer zu vermeiden (Hysterese).

## **Sanierung der Wohnung**

Ein vorliegender Schimmelbefall muss umgehend entfernt werden. Leider sind Kenntnisse über die richtige Art des Entfernens von Schimmel nicht weit verbreitet. Häufig werden gravierende Fehler gemacht, auch von Professionisten.

Die Verwendung von chemischen Mitteln mit Chlor-, Schwefel-, Stickstoff- und organischen Zinnverbindungen ist zwar hochwirksam, jedoch wegen geringer Gesundheitsverträglichkeit und starker Umweltbelastung nicht zu empfehlen. In jedem Fall sind die Verarbeitungshinweise auf dem Gebinde zu beachten. Alternativen zu chemischen Mitteln sind 5%ige Essigessenz, 5%ige Sodalaug oder Spiritus. Diese sollen mehrmals auf die betroffenen Stellen aufgetragen werden. Längeres Einwirken verbessert die Erfolgchancen.

Führen richtiges Lüften und die vorgenannten Maßnahmen nicht zum gewünschten Erfolg, muss die Bausubstanz einer adäquaten Sanierung unterzogen werden. Als erste Maßnahme muss der Feuchtigkeitszustrom zum betroffenen Bauteil gestoppt werden. Zusätzlich ist das befallene Material zu entfernen und durch anorganische Materialien (Kalkputz, Kalk- und Mineralanstrich, z.B. Silikatfarben) zu ersetzen.

Allgemein ist es empfehlenswert, an kritischen Wand- und Deckenbereichen keine Tapeten zu verwenden und auch keine Holzverschalung anzubringen.

## **Verbesserungsmaßnahmen**

Allgemein können zur Lösung der Schimmelpilzproblematik folgende Maßnahmen empfohlen werden:

- Begehung der Wohnungen durch ausgebildete Fachleute, Beratung der Bewohner bezüglich Möblierung, Vorhänge und Raumnutzung. Aufklärung ohne Schuldzuweisung, Schwerpunkt liegt auf der Motivation der Bewohner.
- Sanierung durch ausgebildete Fachleute, in der Regel ist ein Teil der betroffenen Wohnungen danach auf Dauer saniert.
- Manche Problemwohnungen sind nur durch Trocknungsmaßnahmen sanierbar, unter Umständen sollte die Absiedlung der Mieter in Erwägung gezogen werden.
- In besonderen Fällen Beheizung der Problemzonen (auch feuchtereguliert möglich).
- In besonderen Fällen Sicherung eines ausreichenden Luftwechsels durch technische Maßnahmen (Zentrallüftung, gesteuerte schallgedämmte Zuluftanlage).
- Wärmedämmung der Problemzonen durch Dämmung an der Innenseite.
- Mietverträge mit Verpflichtung zum Tapetenwechsel bzw. zur Anstricherneuerung (z.B. Küchenbereich alle 3 Jahre, Wohnbereiche alle 5 Jahre).
- Erhöhung des Wärmeschutzes der Gebäudehülle.



# Gesundheitliche Gefährdung durch Schimmelpilze

Hans-Peter Hutter, Hanns Moshhammer

## Allgemeines

Schimmelpilze sind in der Umwelt weit verbreitet. Es gibt über 100.000 Schimmelpilz-Arten. Ihre ökologische Aufgabe ist es, organische Substanz abzubauen und den Pflanzen als Nährstoffquelle zugänglich zu machen. Der Mensch ist deshalb an ein Vorkommen von Schimmelpilzen in seiner Umgebung angepasst und weist gegenüber Schimmelpilzen eine hohe natürliche Resistenz auf.

Entscheidend für die Wirkung von inhalativ aufgenommenen Schimmelpilzen auf den Menschen ist neben individuellen konstitutionellen Faktoren die Pathogenität und die Gesamtzahl der auf den Menschen einwirkenden Pilze sowie die Häufigkeit ihres Auftretens unabhängig davon, aus welcher Quelle sie kommen.

Feuchte Wohnungen und Schimmelpilze stellen ein weit verbreitetes Problem im städtischen Raum dar [Hutter u. Walter 1997]. Durch Feuchtigkeit begünstigt bilden sich sporulierende Pilzkolonien aus. Die Pilzsporen sind sehr mobil und werden bereits durch kleine Turbulenzen in die Raumluft verfrachtet. Die Sporen können eingeatmet in tiefere Lungenabschnitte gelangen und so zu verschiedenen Gesundheitsbeeinträchtigungen führen.

## Wirkungen von Schimmelpilzen auf die Gesundheit des Menschen

Schimmelpilze können Allergien und Infektionen hervorrufen sowie toxisch und geruchsbelästigend wirken.

### Allergene Wirkung

Grundsätzlich sind alle Schimmelpilze geeignet, Allergien hervorzurufen [Davis 2001]. Hierbei handelt es sich um Typ I-Allergien sowie Typ III und IV-Allergien. Der Dosis-Wirkungszusammenhang ist in diesem Falle sehr komplex. Er hängt u.a. von der individuellen Prädisposition sowie vom allergenen Potential der Schimmelpilzsporen ab. Bei bereits Sensibilisierten richtet sich die Schwere allergischer Reaktionen nach dem Grad der Sensibilisierung, der Membranfunktion von Haut und Schleimhäuten und der Allergendosis pro Fläche. Schimmelpilze, die zahlreiche Sporen an die Raumluft abgeben oder in hohen Konzentrationen in der Umwelt auftreten (z.B. phytopathogene Pilze im Sommer) verursachen häufiger Allergien.

Die meisten Pilzsporen gelangen wegen ihrer geringen Größe (2-10 µm) in den Bronchialbaum. Nur Teilchen über 10 µm werden in der Schleimhaut von Nasen und Rachen zurückgehalten. Der Anteil der Bevölkerung mit einer klinisch relevanten Schimmelpilzallergie lässt sich derzeit nicht sicher feststellen. Schätzungen gehen von 1-5 % aus. Besonders gefährdet sind Personen mit erblicher Neigung zu Typ I-Allergien (Atopiker).

Bei entsprechender Neigung, die im Einzelfall nicht vorhersehbar ist, kommt es bei langandauernder Exposition gegenüber Schimmelpilzsporen zur Ausbildung einer Allergie. Diese körperliche Reaktion des Immunsystems kann bis zu einem Bronchialasthma führen und bleibende Schäden an den Atmungsorganen verursachen. Bezüglich Sensibilisierung gegenüber Allergenen und somit der Gefahr der Ausbildung allergischer Krankheitsbilder sind Kinder und Personen mit prädisponierenden Erkrankungen besonders betroffen. Untersuchungen belegen ein höheres Risiko für Atemwegserkrankungen bei Kindern, die in feuchten, schimmelbefallenen Wohnräumen leben.

### Exkurs 1: Typ I-Allergien

Die Typ I-Allergie wird durch IgE-Antikörper vermittelt. Beim Kontakt des Körpers mit dem Schimmelpilz-Allergen kann es zu einer Bildung von spezifischen IgE-Antikörpern kommen (Sensibilisierung). Die spezifischen Antikörper werden an die Oberfläche von Mastzellen gebunden und bei erneutem Einwirken des Antigens führt die Bindung des Antigens an den Antikörper zu einer Histamin-Freisetzung aus Mastzellen (allergische Reaktion). Wenn die Antigen-Antikörper-Reaktion ein erhebliches quantitatives Ausmaß erreicht, führt sie zu klinischen Beschwerden.

Zu dieser Allergieform gehören der allergische Schnupfen, das Asthma bronchiale<sup>1</sup>, die allergische Konjunktivitis, Urticaria und Neurodermitis. Symptome sind Juckreiz, Bindehautrötung, Schnupfen („rinnende Nase“), Quaddeln („Nesselsucht“) und Atemnot. 15 bis 20 % der Bevölkerung in westlichen Industriestaaten leiden an manifesten Typ I-Allergien [Herr et al. 1999].

<sup>1</sup> Je nach Pilzgattung ist bei sensibilisierten Personen mit allergischen Reaktionen der Atemwege ab 100 Sporen/m<sup>3</sup> zu rechnen. Besonders potente Erreger von Asthma bronchiale sind Sporen von *Alternaria*, *Aspergillus* und *Penicillium* (LEA 1993).

### Toxische Wirkung

Die Stoffwechselprodukte von Schimmelpilzen (z.B. Mykotoxine<sup>2</sup>) können ebenso wie Zerfallsprodukte aus ihrer Zellwand (Glukane) Interleukinen und sonstige Entzündungsmediatoren in Haut und Schleimhäuten freisetzen und damit eine lokale toxische Wirkung haben [Dowes et al. 1997]. Bewohner von mit Schimmelpilz belasteten Räumen können so unter Augenbrennen und Erkältungssymptomen leiden (toxisch irritative Wirkung). Toxine von *Stachybotrys chartarum* (auch *Stachybotrys atra* genannt) stehen im dringenden Verdacht, schwere blutige Lungenentzündungen bei Kindern hervorzurufen.

Darüber hinaus bilden Schimmelpilze gasförmige Substanzen (MVOC = Microbial Volatile Organic Compounds), die im Verdacht stehen, zu den toxischen Wirkungen beizutragen.

Toxische Wirkungen, die über den lokalen Ort der Einwirkung an den Atemwegen hinausgehen, wie sie bei der Aufnahme von Pilzgiften mit der Nahrung bekannt sind (insbesondere Leber- und Nierenschäden), sind bei inhalativer Aufnahme bisher nicht bekannt und wegen der in der Regel deutlich geringeren aufgenommenen Dosis auch nicht wahrscheinlich.

### Infektiöse Wirkung

Bei Schimmelpilzen handelt es sich um opportunistische Mikroorganismen, d.h. eine Infektion durch solche Keime setzt einen immungeschwächten Organismus voraus oder Vorschäden wie chronische Atemwegserkrankungen [Washburn 1996]. Infektionen durch Schimmelpilze sind sehr selten (Lunge, Nasennebenhöhlen, ZNS) und erfolgen am ehesten inhalativ. Klinisch relevante Infektionen auf inhalativem Wege sind denkbar, wenn sich die Schimmelpilzexposition quantitativ oder qualitativ stark von der Hintergrundexposition unterscheidet oder der Mensch in seiner Abwehrfähigkeit stark geschwächt ist (z.B. Personen mit HIV). Ausgelöst durch Innenraumbelastungen ist allerdings kaum mit einer solchen Wirkung zu rechnen.

### Geruchsbelästigung

Schimmelpilze haben charakteristische flüchtige Stoffwechselprodukte, die sie an die Umgebungsluft abgeben. Analog zu den flüchtigen organischen Verbindungen, die allgemein als VOC (Volatile Organic Compounds) bezeichnet werden, wurde für die von den Mikroorganismen produzierten VOC der Begriff MVOC (Microbial Volatile Organic Compounds) geprägt.

Die MVOC können einem breiten Spektrum unterschiedlicher chemischer Stoffklassen zugeordnet werden (z.B. Alkanen, Alkanolen, Alkenolen, Aldehyden, Ketonen, Terpenen, Karbonsäuren). Bisher wurden etwa 30 solcher Verbindungen identifiziert, die von Schimmelpilzen gebildet werden können. Häufig ist ein muffiger Geruch auf die Bildung von MVOC durch Schimmelpilze oder Bakterien zurückzuführen.

Die Bestimmung der MVOC kann eingesetzt werden, wenn eine nicht sichtbare Schimmelquelle bzw. Schimmelpilzbelastung in einem Gebäude vermutet wird (muffig-modriger Geruch, ungeklärte Zunahme von Allergien oder Atemwegserkrankungen). Nur durch die alleinige Bestimmung der MVOC lässt sich jedoch noch keine gesundheitliche Bewertung der Expositionsverhältnisse vornehmen.

Bei der Untersuchung sollte auch berücksichtigt werden, dass Gerüche außer von Schimmelpilzen auch von Bakterien oder anderen VOC-Emitenten (Materialien) verursacht werden können.

### Exkurs 2 - Risikogruppen

Wer ist besonders durch Schimmelpilze gefährdet?

Kinder, da sich bei ihnen das Immunsystem noch in Entwicklung befindet.

Bei der Wirkung dürften prädisponierende Faktoren eine Rolle spielen. Durch Typ I-Allergien sind hauptsächlich Atopiker, d.h. Personen mit einer erhöhten Allergieneigung (häufig auf Basis einer familiären Disposition) betroffen. Menschen mit bestehendem Asthma oder Heuschnupfen sind auch hinsichtlich Schimmelpilzallergien stärker gefährdet.

Bezüglich Infektionen sind Menschen mit massiver lokaler oder allgemeiner Abwehrschwäche stärker gefährdet.

Personen mit besonderer Überempfindlichkeit gegenüber Gerüchen können durch MVOC erheblich belästigt werden, ohne dass eine konkrete Gefährdung für sie ersichtlich ist.

### Zusammenfassung

1. Für Gesunde ist die Inhalation von Sporen normalerweise ungefährlich.
2. Das gesundheitsgefährdende Potential gründet im Wesentlichen auf allergisierenden und toxischen Eigenschaften. Besondere Vorsicht ist bei Kleinkindern, Allergikern, Menschen mit Abwehrschwäche und chronischen Erkrankungen des Atemtraktes geboten.

<sup>2</sup> Als besonders problematisch sind jene Mykotoxine zu nennen, die in Lebensmitteln vorkommen. Z.B. Aflatoxine in und auf verschimmelten Erdnüssen (Stichwort Leberzell-Karzinom).

3. Jedes Schimmelwachstum ist im Wohnbereich prinzipiell unerwünscht
4. Ursachen der Schimmelbildung sind nachhaltig zu sanieren

## Literatur

Dales, R.E., Zwanenburg, H., Burnett, R., Franklin, C.A. 1991. Respiratory health effects of home dampness and moulds among Canadian children. *Am.J.Epidemiol.* 134: 196-203.

Davis, P., (2001): *Molds, Toxic Molds, and Indoor Air Quality*, California Research Bureau, California State Library CRB Note., 8, (1), 1-17.

Douwes, J., Dubbeld, H., van Zwieten, L., Wouters, I., Doekes, G., Heederik, D., Steerenberg, P. (1997): work related acute and (sub-)chronic airways inflammation assessed by nasal lavage in compost workers. *Ann. Agric. Environ. Med.*, 4, 149-151.

Herr, C., Bittighofer, P.M., Bünger, J., Idel, H., Seidel, H.J., Palmgren, U. (1999): Wirkung von mikrobiellen Aerosolen auf den Menschen. Statuspapier der Arbeitsgruppe KRdL 3/7/05, Eikmann, Th., Hofmann, R. Hrsg. Stand von Wissenschaft, Forschung und Technik zu siedlungshygienischen Aspekten der Abfallentsorgung und -verwertung, Schriftenreihe des Vereins für Wasser-, Boden- und Lufthygiene 104, 403-481.

Hutter, H.P., Walter, R. (1997): Die umweltmedizinische Beratungsstelle am Institut für Umweltmedizin der Stadt Wien. *Umweltmedizin in Forschung und Praxis* 2(3), 221-222.

LEA (Local Enforcement Agency) Advisory (1993): *Aspergillus, Aspergillosis and Composting operations in California*. 6, California Integrated Waste Management Board 8800 Call Center Drive, Sacramento, CA 95827.,

Raab, W. (1989): Praktisch wichtige Allergien. *Wiener medizinische Wochenschrift*: 108-115.

Strachan, D.P., Flannigan, B., McCabe, E.M., McGarry, F. (1990): Quantification of airborne moulds in the homes of children with and without wheeze. *Thorax* 45: 382-387

Washburn, R.G. (1996): Opportunistic mold infections. In: *The mycota. A comprehensive treatise on fungi as experimental systems for basic and applied research*. Springer Verlag Berlin Heidelberg:147-158.

WHO (World Health Organization) (1990): *Indoor air quality: biological contaminants*. WHO-Regional Office for Europe. European Series No. 31, 1-61.





# Probleme bei der Probennahme und Bewertung von luftgetragenen Schimmelpilzen im Innenraum

F.F. Reinthaler, G. Wüst, D. Haas, I. Wendelin, R. Schlacher, E. Marth

In den letzten Jahren rückte die Frage nach der gesundheitlichen Relevanz von Schimmelpilzen im Innenraum zunehmend in das öffentliche Interesse. In der Folge stieg die Nachfrage nach Luftkeimmessungen zur Abschätzung des Risikopotenziales. Bei der Probennahme und Bewertung der Messergebnisse treten jedoch eine Reihe von Problemen auf. Grundsätzlich stellen die Ergebnisse einer Luftkeimmessung nur eine Momentaufnahme dar. Eine starke Streuung der Messergebnisse ist unter anderem auf die Inhomogenität der Luftproben sowie auf die Abhängigkeit ihrer Zusammensetzung vom Ort der Probennahme, der Tages- und Jahreszeit, der Witterung und der mechanischen Aktivitäten bei der Probennahme zurückzuführen. Nur ein geringer Teil der in der Luft vorhandenen Sporen ist kultivierbar. Bei der Verwendung unterschiedlicher Messgeräte können die Ergebnisse durch die unterschiedliche Sammeleffizienz um Zehnerpotenzen voneinander abweichen. Da bis heute keine standardisierten Nachweismethoden definiert sind, sind die Ergebnisse unterschiedlicher Laboratorien nicht vergleichbar. Die verschiedenen Schimmelpilzgattungen wachsen unter unterschiedlichen Kultivierungsbedingungen, vor allem schnell wachsende Schimmelpilze behindern andere in ihrem Wachstum. Obwohl epidemiologische Studien gezeigt haben, dass es einen Zusammenhang zwischen dem Wachstum von Schimmelpilzen in Wohnungen und gesundheitlichen Problemen der Bewohner gibt, konnte keine lineare Dosis-Wirkungs-Beziehung festgestellt werden.

Dennoch ist aus Vorsorgegründen die Schimmelpilzexposition im Innenraum im Bereich von natürlichen Hintergrundwerten zu halten. Besteht ein sichtbarer Schimmelpilzbefall im Innenraum, kann auf Luftkeimmessungen verzichtet werden und es sollten in jedem Fall Sanierungsmaßnahmen durchgeführt werden. Luftkeimmessungen sind in erster Linie zur Abklärung des Verdachtes eines versteckten Schimmelpilzbefalles indiziert. Darüber hinaus können sie zur Sanierungskontrolle verwendet werden. Für die Durchführung der Messungen sind in Zukunft standardisierte Verfahren erforderlich. In jedem Fall sind ein Vergleich mit saisonabhängigen Hintergrundwerten aus unbelasteten Wohnungen sowie ein Vergleich mit der Außenluft erforderlich.

Literatur beim Autor

Univ.Prof. Mag.Dr. Franz F. Reinthaler

Institut für Hygiene der Medizinischen Universität Graz



# Diagnostik und Bewertung von Schimmel in Innenräumen

Felix Twrdik

## Zusammenfassung

Schimmelpilzwachstum im Innenraum ist ein hygienisches Problem und kann im Sinne des Vorsorgeprinzips nicht hingenommen werden. Aus epidemiologischen Studien geht hervor, dass mit Feuchteschäden und Schimmelpilzwachstum gesundheitliche Beeinträchtigungen einhergehen können. Es gibt in Österreich noch keine verbindlichen Bewertungskriterien für eine Schimmelpilzbelastung im Innenraum. Empfehlungen zum Problemkreis „Schimmelpilze in Innenräumen“ werden zur Zeit vom Arbeitskreis Innenraumlufte am Lebensministerium ausgearbeitet [Arbeitskreis Innenraumlufte 2004].

Voraussetzung für das Schimmelpilzwachstum im Innenraum ist erhöhte Feuchte, die meist durch Bauschäden oder falsches Nutzerverhalten oder eine Kombination der beiden Faktoren verursacht wurde.

Wichtig ist in jedem Fall die detaillierte Abklärung der Ursache(n) der Feuchtebelastung. Eine wirksame Sanierung muss die Schadensursache(n) identifizieren und nachhaltig beseitigen. Ansonsten kann es mit hoher Wahrscheinlichkeit zu einem erneuten Schimmelpilzbefall an den mit Feuchte belasteten Stellen kommen. Eine Behandlung von befallenen Stellen mit Fungiziden ist als Sanierungsmaßnahme in den allermeisten Fällen nicht geeignet.



## Diagnostik

### Mögliche Ursachen und Vorgangsweise

In Wohnräumen sind die häufigsten Ursachen, die zu erhöhter Materialfeuchte und in der Folge zu Schimmelpilzwachstum führen, zum einen mangelhafte Bauausführungen und Gebrechen wasserführender Leitungen (z.B. ungenügende Wärmedämmung und andere bauphysikalische Schwachstellen, Kapillarrisie in Leitungen, mangelhafte Abdichtung, Kontergefälle) und zum anderen fehlerhaftes Nutzerverhalten (insbesondere falsches oder unzureichendes Lüften in den Wintermonaten verbunden mit erhöhter Feuchtefreisetzung). Sofern ein Schaden, sein Ausmaß und dessen Ursache nicht offensichtlich ist, sollte vor einer Schimmelpilzuntersuchung eine ausführliche Ortsbegehung durchgeführt werden [LGA 2001].

Bei einer Ortsbegehung werden physikalische Daten und allgemeine Angaben über den betroffenen Bereich des Objektes erhoben. In Wohnungen kann eine Befragung der Bewohner stattfinden. Aus diesen Informationen ergibt sich der weitere Ablauf der Untersuchungen. Im Folgenden können mikrobiologische Untersuchungen wie Bestimmung der Schimmelpilze in der Innen- und Außenluft, Oberflächenkontakt- und Materialproben, Bestimmung von Schimmelpilzen im Staub, Messung der MVOC in der Innen- und Außenluft und Aufzeichnung des Raumklimas (Luft- und Oberflächentemperaturen sowie Luftfeuchte) die Grundlage zur Abklärung des Schadensausmaßes und der Schadensursache liefern.

### Ortsbegehung

Im Rahmen einer Ortsbegehung können Verdachtsbereiche für Quellen von Schimmelpilzen im Innenraum und Hinweise auf die möglichen Ursachen eingegrenzt werden. In zahlreichen Fällen sind die Befallsstellen makroskopisch sichtbar. Schimmelpilze finden mitunter auch gute Wachstumsbedingungen an verdeckten Plätzen wie hinter Möbelstücken an Außenwänden,

da hier die Luftzirkulation erschwert wird. In Verbindung mit kalten Wänden kann es zu erhöhten Oberflächenfeuchten in diesem Bereich kommen. Daher sollten bei einer Wohnungsbegehung auch die Wandbereiche hinter Regalen, Schränken und Polstermöbeln auf Schimmelpilzwachstum untersucht werden, vor allem, wenn die Möbel dicht an Außenwänden stehen.

Es soll darauf geachtet werden, ob in dem zu untersuchenden Innenräumen in folgenden Verdachtsbereichen Quellen einer Schimmelpilzbelastung vorliegen:

- feuchte Materialien wie z. B. Mauerwerk, Holz, Fachwerk, Fensterrahmen, Dämmmaterialien, Tapeten, Möbel, Matratzen, Papier, nach zurückliegendem Feuchteschaden
- Wintergarten, erdberührte Wände, ungeheizte (Lager)räume, Flachdach, Gewächshaus in Verbindung mit der Wohnung
- Dämmmaterialien auf Zellulosebasis
- Fugen, z.B. Silikonfugen in Feuchtbereichen
- Klimaanlage, Luftbefeuchter, Zimmerspringbrunnen
- Topferde von Zimmerpflanzen, Hydrokulturen
- verdorbene Lebensmittel, Tierfutter
- unsachgemäße Lagerung von Abfällen im Wohnbereich
- Fäkalien von Tieren (z.B. von Vögeln oder Streu im Tierkäfig)

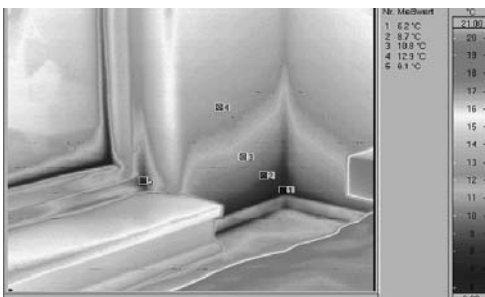
Je nach Art des Schadensbildes und der gesundheitlichen Beschwerden oder Befürchtungen ist eine angepasste Vorgangsweise zu wählen. Sind gesundheitliche Beschwerden und keine augenscheinlichen Befallsstellen von Schimmelpilzen vorhanden, sollte zuerst eine Bestimmung der Schimmelpilze in der Innen- und Außenluft und gegebenenfalls die Untersuchung von Verdachtsflächen durch Kontaktproben erfolgen. Ist ein großflächiger Schimmelpilzbefall und/oder Feuchteschaden erkennbar, wird eine Luftkeimuntersuchung nur in medizinisch begründeten Einzelfällen, wie erhöhte Sensibilität oder Allergie auf bestimmte Schimmelpilzarten, durchzuführen sein. Aufschlüsse zur Schadens- und Ursachenermittlung sind von der Befragung der Raumnutzer und von bauphysikalischen Messungen zu erwarten.

### Messungen bauphysikalischer Parameter und Nutzerverhalten

Mittels Messungen der Baustofffeuchte durch zerstörungsfreie Verfahren kann ein rascher Überblick über die Materialfeuchte von Wänden, Baustoffen und anderen Gegenständen der Wohnungseinrichtung erhalten und dokumentiert werden. Messungen mit direktanzeigenden Geräten dienen der Orientierung und dem Auffinden von Bereichen erhöhter Feuchte, liefern allerdings keine exakten Absolutwerte. Sie können Feuchtebestimmungen nach genormten Methoden (z.B. nach ÖNORM B 3355) nicht ersetzen.



Treten Schimmelprobleme bevorzugt im Winter auf und wird Kondensation an kalten Bauteilen vermutet, ist eine infrarot-thermographische Untersuchung sinnvoll. Wertvolle Anhaltspunkte liefert auch die Messung der Oberflächentemperaturen z.B. mittels Emissionspyrometer. Derartige Untersuchungen sind in der Regel im Winter bei Außentemperaturen vorzugsweise unterhalb des Gefrierpunktes durchzuführen.



Im Gegensatz zum normalen Wohn- oder Büroraum können im Keller auch im Sommer Probleme mit Taupunktunterschreitungen vorkommen. Oft führt die warme und feuchte Außenluft, die beim Lüften in die Räume gelangt, an den kalten Wänden zu Tauwasserbildung mit daraus resultierenden Problemen. In solchen Fällen sind bauphysikalische Messungen auch im Sommer sinnvoll.

Bei der Frage, ob die Ursache eines Schimmelpilzbefalls bei falschem Nutzerverhalten oder in einem Baumangel zu suchen ist, bzw. wie die Gewichtung der Ursachenverteilung bei meh-

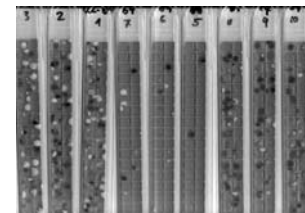
renen Ursachen ist, kann eine länger andauernde Messung des Raumklimas mit Bestimmung der Luft- und Oberflächentemperaturen sowie der Luftfeuchte bzw. des Taupunkts der Raumluft Aufschlüsse liefern. Ergänzend sind die parallele Messung der Außentemperatur und –luftfeuchte durchzuführen. Durch eine bauphysikalische Modellrechnung kann der Wandaufbau rechnerisch simuliert und mit den gemessenen Daten abgestimmt werden. Während der gesamten Messdauer ist ein Nutzungsprotokoll für den Innenraum zu führen.

### Mikrobiologische Messungen von Schimmelpilzen

Die am weitesten verbreitete Methode zur Erfassung einer möglichen Raumluftbelastung durch Schimmelpilze ist die quantitative Bestimmung der kultivierbaren luftgetragenen Pilzsporen in der Innenraumluft. Die Methode liefert die zum Zeitpunkt der Messung vorherrschende Konzentration an vitalen Sporen in der Raumluft. Die Methode beruht darauf, dass die lebensfähigen Schimmelpilzsporen nach geeigneter Sammlung auf Nährböden angezchtet werden. Dadurch werden sie makroskopisch auszählbar. Sie werden als Gesamtzahl der koloniebildenden Einheiten pro Luftvolumen (KBE/m<sup>3</sup>) angegeben. Der Vorteil dieser Methode ist, dass damit nicht nur eine Bestimmung der Gesamtkeimzahl, sondern auch eine Differenzierung der einzelnen vorhandenen Schimmelpilzarten möglich wird.



In der Praxis eingesetzte Verfahren zum Bestimmen der Schimmelpilzkonzentration in der Innenraumluft sind die Impaktion und die Filtration. Bei beiden Verfahren wird eine definierte Luftmenge angesaugt, und die in der Luft enthaltenen Schimmelpilzsporen werden direkt auf dem Nährmedium (Impaktion) oder auf einem Filter abgeschieden. Bei der Filtermethode wird das Filter nach der Probenahme auf das Nährmedium aufgelegt. Das Nährmedium wird je nach Fragestellung bei vorgegebenen Temperaturen (z.B. 23 °C und 37 °C) 48 Stunden bis ca. 7 Tage bebrütet. Der Keimgehalt wird durch Auszählung der bei der Bebrütung gebildeten makroskopisch sichtbaren Kolonien bestimmt. Um unterscheiden zu können, ob eine Schimmelpilzbelastung auf eine innerhalb oder außerhalb der Wohnung liegende Quelle zurückzuführen ist, ist zeitgleich zur Messung der Innenraumluft immer auch die Außenluft zu untersuchen.



Außer der Messung der Konzentration der Schimmelpilze in der Innen- und Außenluft ist die Bestimmung der dominierenden Gattungen oder Arten der Schimmelpilze als Hinweis für die mögliche Ursache erhöhter Schimmelpilzkonzentrationen sowie zur Abschätzung der gesundheitlichen Gefährdung von großer Bedeutung. Eine Schimmelpilzquelle ist dann im Innenraum zu vermuten, wenn die Konzentration der Schimmelpilze im Innenraum deutlich über der Anzahl in der Außenluft liegt und/oder die Zusammensetzung der Arten im Innenraum deutlich von der in der Außenluft abweicht.

Im Gegensatz zu Luftproben, welche die momentane Situation erfassen, liefert die Analyse von Staubproben Langzeitinformationen, da sich im Staub Schimmelpilze über einen längeren Zeitraum anreichern können. Staubuntersuchungen geben daher Auskunft über eine mögliche andauernde Schimmelpilzbelastung im Innenraum. Die Probenahme von Hausstaub erfolgt in der Regel durch Absaugen des Bodens.

Nützlich ist in vielen Fällen die Untersuchung von Materialproben (wie z. B. Putz, Tapete, Holzteile, Estrich, aber auch Blumenerde oder Dämmmaterialien), die Hinweise auf den Ort der Schimmelpilzquelle liefern kann. Um eine Orientierung über die Schimmelpilzarten auf befallenen Materialien zu erhalten, werden Oberflächenkontaktproben untersucht. Dies ist auf zweierlei Weise möglich, mit Hilfe einer Abklatschprobe oder eines Klebefilmpräparates. Wichtig ist



die Oberflächenuntersuchung auch dann, wenn die Ursache beispielsweise von Verfärbungen an Wandoberflächen nicht klar ersichtlich ist und ein Pilzbefall nicht ausgeschlossen werden kann. Häufig werden Flecken an der Wand, die völlig andere Ursachen haben, mit Schimmelpilzen verwechselt.

Neben der Messung durch Sammlung der kultivierbaren Schimmelpilze in der Luft und Anzucht von makroskopischen Kolonien kann bei bestimmten Fragestellungen die Messung der Gesamtzellzahl (Gesamtsporenzahl) von Bedeutung sein.

Mit der Bestimmung der Gesamtsporenzahl werden sowohl die kultivierbaren als auch die nicht kultivierbaren Schimmelpilze erfasst. Eine Differenzierung der Pilzgattungen und -arten ist nur eingeschränkt möglich. Nach einer Sanierung kann die Bestimmung der Gesamtzell- oder Gesamtsporenzahl ebenfalls sinnvoll sein, um zu belegen, dass die Schimmelpilze nicht nur abgetötet, sondern wirklich entfernt wurden.

### **Messungen von MVOC**

Schimmelpilze können durch ihren Stoffwechsel eine ganze Reihe von flüchtigen organischen Verbindungen (VOC) bilden. Diese von den Mikroorganismen produzierten VOC werden als MVOC (Microbial Volatile Organic Compounds) bezeichnet. Die MVOC umfassen ein breites Spektrum unterschiedlicher chemischer Stoffklassen, z.B. Aldehyde, Ketone, Alkohole, Carbonsäuren, Ester, Ether, Terpene, Terpenalkohole, Sesquiterpene und schwefelhaltige Verbindungen.

Die Bestimmung „charakteristischer“ MVOC kann zum Erkennen verdeckter Schimmelpilzschäden beitragen. Dabei muss jedoch berücksichtigt werden, dass manche der Substanzen auch aus nicht mikrobiellen Quellen stammen können. Als relativ sichere Indikatoren für einen mikrobiellen Befall gelten 3-Methylfuran, Dimethyldisulfid, 1-Octen-3-ol, 3-Octanon und 3-Methyl-1-butanol. Weniger spezifische Indikatoren sind Hexanon, Heptanon, 1-Butanol und Iso-Butanol, da diese auch aus Bauprodukten oder Farben ausgasen können [UBA 2002].

Eine Abschätzung der gesundheitlichen Gefährdung kann durch MVOC-Messungen nicht vorgenommen werden.

Schließlich besteht auch die Möglichkeit, mit einem Schimmelpilzspürhund verdeckte Schimmelpilzquellen zu lokalisieren, da speziell ausgebildete Hunde in der Lage sind, MVOC in geringen Konzentrationen zu riechen. Eine Entscheidung für oder gegen eine Sanierung der betroffenen Räume sollte aus den Ergebnissen solcher Untersuchungen aber nicht abgeleitet werden.

## **Bewertung**

### **Ausgangslage und rechtliche Situation**

Da mit Feuchteschäden und Schimmelpilzwachstum im Innenraum gesundheitliche Beeinträchtigungen einhergehen können, ist Schimmelpilzwachstum im Innenraum als hygienisches Problem anzusehen. Das bedeutet, dass im Einzelfall von einer potentiellen Gesundheitsgefährdung der Raumnutzer ausgegangen werden sollte, auch wenn mit dem Auffinden einer Schimmelpilzquelle in einem Innenraum nicht automatisch auf eine akute Gesundheitsgefährdung geschlossen werden kann. Das Ausmaß der möglichen Gesundheitsgefährdung ist abhängig von der Art der Schimmelpilzquelle, der Aufenthaltsdauer und individuellen Empfindlichkeit bzw. gesundheitlichen Disposition der Raumnutzer und kann im Einzelfall nur im engen Zusammenspiel mit Umweltmedizinern quantifiziert werden. Doch ist auch in diesem Bereich das Vorsorgeprinzip anzuwenden, nach dem Belastungen zu minimieren sind (Minimierungsgebot), bevor es zu Erkrankungen kommt.

Interessant ist in diesem Zusammenhang ein Urteil des Obersten Gerichtshofes [OGH 2001], demzufolge der Vermieter einer Wohnung im Rahmen



seiner Erhaltungsarbeiten bei einem Schimmelpilzbefall, der einen „privilegierten Schaden“ darstellt, unabhängig von der Ursache den Schaden zu beseitigen hat. Privilegierte Schäden sind dabei solche, deren Behebung für die Sicherheit und Gesundheit von Personen erforderlich ist.

Weder in Österreich noch international existieren rechtlich verbindliche Bewertungsmaßstäbe für die Belastung von Innenräumen durch Schimmelpilze. Aufgrund der Komplexität der Zusammenhänge wird es auch in Zukunft nicht möglich sein, einen einzelnen wirkungsbezogenen Richt- oder Grenzwert für die Pilzbelastung in Innenräumen anzugeben.

Doch gibt es eine Reihe von Publikationen, die sich mit dem Themenkreis auseinandersetzen. Beispielsweise hat das deutsche Umweltbundesamt in einem Schimmelpilz-Leitfaden Bewertungsschemata aufgestellt, die eine Hilfestellung zur Beurteilung der Schwere einer Schimmelpilzbelastung aus hygienischer Sicht darstellen [UBA 2002]. Diese Schemata zur Bewertung von Material- und Luftproben werden im Folgenden auszugsweise und gekürzt vorgestellt.

### Bewertung von Materialproben

Das Schema des deutschen Umweltbundesamtes unterscheidet drei Kategorien zur Einstufung einer Belastung von Materialien mit Schimmelpilzen.

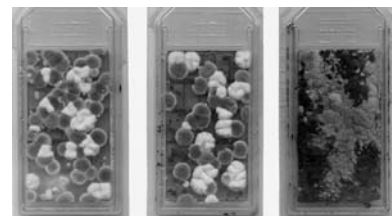
	Kategorie 1	Kategorie 2	Kategorie 3
Schadensausmaß sichtbare und nicht sichtbare Materialschäden	keine bzw. sehr geringe Biomasse z.B. geringe Oberflächenschäden < 20 cm <sup>2</sup>	mittlere Biomasse, oberflächliche Ausdehnung < 0,5 m <sup>2</sup> tiefere Schichten sind nur lokal begrenzt betroffen	große Biomasse, große flächige Ausdehnung > 0,5 m <sup>2</sup> , auch tiefere Schichten können betroffen sein

Tab. 1: Bewertung von Materialien mit Schimmelpilzbewuchs

Kategorie 1: Normalzustand bzw. geringfügiger Schaden. In der Regel sind keine Maßnahmen erforderlich.

Kategorie 2: Geringer bis mittlerer baulicher oder nutzungsbedingter Schaden. Die Freisetzung von Pilzbestandteilen sollte unmittelbar unterbunden werden und die Ursache sollte mittelfristig ermittelt und saniert werden.

Kategorie 3: Großer baulicher oder nutzungsbedingter Schaden. Die Freisetzung von Pilzbestandteilen sollte unmittelbar unterbunden werden und die Ursache des Schadens ist kurzfristig zu ermitteln und zu beseitigen. Die Betroffenen sind auf geeignete Art und Weise über den Sachstand zu informieren, eine umweltmedizinische Betreuung sollte erfolgen. Nach abgeschlossener Sanierung sollte der Sanierungserfolg durch geeignete mikrobiologische Nachweisverfahren überprüft werden („Freimessung“) zum Nachweis, dass keine erhöhten Schimmelpilzkonzentrationen vorliegen.



Für die Einstufung in die nächst höhere Bewertungsstufe reicht die Überschreitung einer Forderung. Beispiel: ein Befall mit geringer Oberfläche ist nach Kategorie 2 oder 3 einzuordnen, wenn zusätzlich auch tiefere Materialschichten betroffen sind.

### Bewertung von Luftproben (kultivierbare Schimmelpilze)

Als Bewertungs- und Orientierungshilfe für Schimmelpilzbestimmungen in der Innenraumluft können nach gegenwärtigem Erkenntnisstand folgende drei Bereiche dienen:

- der Bereich der Hintergrundbelastung für wichtige Pilzgattungen oder Pilzarten.
- ein Übergangsbereich, innerhalb dessen erhöhte Konzentrationen der einzelnen Pilzgattungen oder Pilzarten liegen, die bereits auf Innenraumquellen hinweisen.
- ein Bereich mit Konzentrationen, die diesen Übergangsbereich überschreiten und mit hoher Wahrscheinlichkeit auf eine Innenraumquelle hinweisen.

Die drei Zeilen der folgende Tabelle 2 sind nicht als eigenständige Kriterien gedacht, sondern sind in einer umfassenden Auswertung gemeinsam zu betrachten.



Innenluft-Parameter	Innenraumquelle unwahrscheinlich	Innenraumquelle nicht auszuschließen <sup>a</sup>	Innenraumquelle wahrscheinlich <sup>b</sup>
<i>Cladosporium</i> sowie andere Pilzgattungen, die in der Außenluft erhöhte Konzentrationen erreichen können (z.B. sterile Myzelien, Hefen, <i>Alternaria</i> , <i>Botrytis</i> )	Wenn die KBE/m <sup>3</sup> einer Gattung in der Innenluft unter dem 0,7 (bis 1,0)-fachen der Außenluft liegen $I_{typ A} \leq A_{typ A} \cdot 0,7 (+0,3)$	Wenn die KBE/m <sup>3</sup> einer Gattung in der Innenluft unter dem 1,5 ± 0,5-fachen der Außenluft liegen $I_{typ A} \leq A_{typ A} \cdot 1,5 (\pm 0,5)$	Wenn die KBE/m <sup>3</sup> einer Gattung in der Innenluft über dem 2-fachen der Außenluft liegen $I_{typ A} > A_{typ A} \cdot 2$
Summe der KBE der untypischen Außenluftarten	Wenn die Differenz zwischen der KBE-Summe Innenraumluft minus Außenluft der untypischen Außenluftarten unter 150 KBE/m <sup>3</sup> liegt $I_{\Sigma untyp A} \leq A_{\Sigma untyp A} + 150$	Wenn die Differenz zwischen der KBE-Summe Innenraumluft minus Außenluft der untypischen Außenluftarten unter 500 KBE/m <sup>3</sup> liegt. $I_{\Sigma untyp A} \leq A_{\Sigma untyp A} + 500$	Wenn die Differenz zwischen der KBE-Summe Innenraumluft minus Außenluft der untypischen Außenluftarten über 500 KBE/m <sup>3</sup> liegt. $I_{\Sigma untyp A} > A_{\Sigma untyp A} + 500$
<b>eine</b> Art der untypischen Außenluftarten <sup>c</sup>	Wenn die Differenz zwischen Innenraumluft und Außenluft <b>einer</b> untypischen Außenluftart unter 50 KBE/m <sup>3</sup> liegt $I_{Euntyp A} \leq A_{Euntyp A} + 50$	Wenn die Differenz zwischen Innenraumluft und Außenluft <b>einer</b> untypischen Außenluftart unter 100 KBE/m <sup>3</sup> liegt $I_{Euntyp A} \leq A_{Euntyp A} + 100$	Wenn die Differenz zwischen Innenraumluft und Außenluft <b>einer</b> untypischen Außenluftart über 100 KBE/m <sup>3</sup> liegt $I_{Euntyp A} > A_{Euntyp A} + 100$

a Indiz für Quellensuche

b Indiz für kurzfristige intensive Quellensuche

c die angegebenen Konzentrationen gelten für Pilzarten mit gut flugfähigen Sporen. Für Pilzsporen mit geringer Flugfähigkeit sowie für thermotolerante Pilzarten gelten deutlich geringere Konzentrationen

KBE koloniebildende Einheiten

I Konzentration in der Innenraumluft in KBE/m<sup>3</sup>

A Konzentration in der Außenluft in KBE/m<sup>3</sup>

typ A typische Außenluftarten bzw. -gattungen (wie z. B. *Cladosporium*, sterile Myzelien, ggf. Hefen, ggf. *Alternaria*, ggf. *Botrytis*)

untyp A untypische Außenluftarten bzw. -gattungen (z. B. Pilzarten mit hoher Indikation für Feuchteschäden wie *Acremonium* sp., *Aspergillus versicolor*, *A. penicillioides*, *A. restrictus*, *Chaetomium* sp., *Phialophora* sp., *Scopulariopsis brevicaulis*, *S. fusca*, *Stachybotrys chartarum*, *Tritirachium* (*Engyodontium*) *album*, *Trichoderma* sp.)

$\Sigma untyp A$  Summe der untypischen Außenluftarten (andere als typ A)

$Euntyp A$  eine Art, die untypisch in der Außenluft ist

Tab. 2: Bewertungshilfe für Luftproben – kultivierbare Schimmelpilze

## Literatur

Arbeitskreis Innenraumluft (2004) Unveröffentlichter Entwurf der „Empfehlungen Schimmelpilze in Innenräumen“, erarbeitet vom Arbeitskreis Innenraumluft am Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Wien

LGA (2001) Schimmelpilze in Innenräumen – Nachweis, Bewertung, Qualitätsmanagement Abgestimmtes Arbeitsergebnis des Arbeitskreises „Qualitätssicherung – Schimmelpilze in Innenräumen“ am Landesgesundheitsamt Baden-Württemberg 14.12.2001

OGH (2001) Urteil 50b155/01g vom 13.11.2001

ÖNORM B 3355 (1999): Trockenlegung von feuchtem Mauerwerk – Teil 1 Bauwerksdiagnostik und Planungsgrundlagen - 1999 06 01

UBA (2002) Leitfaden zur Vorbeugung, Untersuchung, Bewertung und Sanierung von Schimmelpilzwachstum in Innenräumen („Schimmelpilz-Leitfaden“). Erstellt durch die Innenraumluftthygienekommission des Umweltbundesamtes, Vorsitz: Dr. Bernd Seifert, Umweltbundesamt, Berlin 2002

# Gesunde Luft in Oberösterreichs Schulen

## Ergebnisse des Schul- und Kindergartenprojekts in Oberösterreich 1999–2003

Robert Kernöcker

### Einleitung

Die Umweltabteilung des Landes OÖ beschäftigt sich schon seit langem mit Problemen von Schadstoffen in Innenräumen. Neben den klassischen Schadstoffen wie Lösungsmittel, Biozide oder Allergene haben sich in letzter Zeit auch die natürlichen Schadstoffe wie Radon, Schimmelpilzsporen und die Konzentration an Kohlenstoffdioxid (CO<sub>2</sub>) als sehr bedeutend herausgestellt.

Schon im Jahre 1998 kam daher der Gedanke auf, die Problematik zu thematisieren und es wurden Ansprechpartner gesucht, die auch bereit sind, Ergebnisse zu akzeptieren und umzusetzen. Nichts lag näher als an unsere Kinder und Jugendlichen zu denken und nichts lag auch näher als im eigenen Landesbereich die Dienststellen zu kontaktieren, die Wohnräume oder Schulräume schaffen. Nach einer ersten Kontaktaufnahme mit den Verantwortlichen der Abteilung Bildung, Jugend und Sport und der Abteilung Hochbau konnte erfreulicherweise eine spontane Bereitschaft erkannt werden, die Dinge sich einmal anzuschauen und nicht von vorneherein abzuriegeln.

Damit war der Grundstein gelegt und der Gang zu den zuständigen politischen Referenten führte zu einer beispiellosen Zusammenarbeit innerhalb der Abteilungen und zwischen den einzelnen politischen Referaten. Schließlich wurde nach dem erfolgreichen Start des ersten Projektes „Gesunde Luft für Oberösterreichs Kinder“, in dem die Innenraumluftqualität und die Belastungssituation in oberösterreichischen Kindergärten erhoben wurden, dieses auch auf Schulen und Kinderkrippen ausgeweitet, sodass zwischenzeitlich alle Bereiche, für die eine Landeszuständigkeit vorliegt und Kinder oder Jugendliche betrifft, in dieser Untersuchung erfasst wurden.

### Motivation und Ziele der Untersuchungen

Das Lüftungsverhalten der Raumnutzer ist der technologisch bedingten steigenden Dichtheit der Gebäude nicht immer ausreichend angemessen. Menschliche Aktivitäten beeinflussen nachhaltig die Innenraumluftqualität z.B. durch Stoffwechselprodukte (vor allem CO<sub>2</sub>), die über die Atmung oder die Haut abgegeben werden, ebenso durch das Reinigen der Innenräume sowie durch Hobby- und Bastelaktivitäten. Baustoffe und Materialien der Innenausstattung können zusätzliche Belastungsfaktoren darstellen.

Ein Schwerpunkt bei der Erfassung der Qualität der Innenraumluft in den oberösterreichischen Schulen und Kinderbetreuungseinrichtungen (KBE) (Kindergärten und -krippen) stellte aufgrund der geologischen Situation des Landes das Radon dar. Radon ist ein natürliches radioaktives Gas, das vor allem aus dem Boden in Häuser eindringt. Bei permanenter erhöhter Radonexposition steigt das Lungenkrebsrisiko.

Nichtunterkellerte Räume sind durch den Kontakt des Fußbodens (und in Hanglagen zusätzlich der Wände) mit dem umgebenden Erdreich besonders radongefährdet. Daher ist die Erhebung der Radonsituation mit erdberührten Unterrichts- oder Aufenthaltsräumen in Radonrisikogebieten im Hinblick auf die gegebenenfalls notwendige bauliche Vorsorge und Sanierung von hoher Priorität für die allgemeine Gesundheitsvorsorge.

Die Konzentration an Radon in der Raumluft hängt neben der geologischen und baulichen Situation in besonderem Maße auch mit der Lüftungssituation in Innenräumen zusammen. Ein Schwerpunkt des Projektes war deshalb auch der Zusammenhang zwischen Radonkonzentration und Luftwechselrate bzw. CO<sub>2</sub>-Konzentration.

Im Rahmen dieser Projekte wurde der Lüftungssituation in Aufenthaltsräumen von Kindern und Jugendlichen besondere Beachtung geschenkt. Die CO<sub>2</sub>-Konzentration in Innenräumen ist eine Maßzahl für die Qualität der Raumluft in Bezug für menschliche Ausdünstungen, die Konzentrations- und Leistungsfähigkeit beeinträchtigen können. Auf Basis der Untersuchungen in diesen Projekten wurde ein Modell entwickelt, dass die Planung einer CO<sub>2</sub>-optimierten Nutzung von Unterrichtsräumen bei vorgegebenen Rahmenbedingungen (Raumgröße, Schüler- oder Kinderanzahl etc.) ermöglicht.

Für die in Schulen oder Kinderbetreuungseinrichtungen untergebrachten Kinder gibt es keine gesetzlichen Regelungen in Bezug auf die Luftqualität. Auch für Arbeitsplätze im Lehrbereich existieren derzeit keine gesetzlichen Grenzwerte für Schadstoffe. Im Landesbedienstetenschutzgesetz sind lediglich allgemeine Regelungen für Arbeitsräume zu finden. Für einige der Faktoren, die im Rahmen der vorliegenden Studie erfasst wurden (z.B. Radon, Lärm, VOC), existieren Richtwerte offizieller Gremien.

### Die grundlegenden Ziele dieser Studien sind

- Die Erfassung der Ist-Situation der Radonbelastung, der Belastung mit organisch-chemischen Innenraumlufschadstoffen und der bauphysikalischen Gegebenheiten, wie Gebäudedichtheit und Raumakustik sowie der Lärmbelastung in den Kindergärten und Kinderbetreuungseinrichtungen, den Pflichtschulen, Berufsschulen und landwirtschaftlichen Fachschulen Oberösterreichs unter Miterhebung sämtlicher relevanter Gebäude- und Umgebungsfaktoren.
- Die Beschaffung einer umfassenden Information über die Innenraum- und CO<sub>2</sub>-Situation für Erhalter und Landesdienststellen.
- Die Bewertung der Erhebungsergebnisse hinsichtlich möglicher Beeinträchtigungen der Gesundheit und des Wohlbefindens der Kinder/Jugendlichen und des Personals.
- Die Erstellung eines Maßnahmenkatalogs und einer Handlungsempfehlung für die verantwortlichen Stellen zur Lösung von Einzelproblemen und zur Vorsorge bei Neubauten und hinsichtlich einer qualitätsoptimierten Nutzung von Unterrichts- und Aufenthaltsräumen.
- Die Erstellung einer grundlegenden Datenbasis als generelle Handlungsgrundlage für planende Organe hinsichtlich Sanierung von bestehenden und Vorsorge bei neu zu errichtenden Gebäuden.
- Die Ableitung von Empfehlungen für begleitende Veranlassungen (z.B. Fortschreibung der Radonrisikokarte, Ausweitung auf ähnliche öffentliche Gebäude, wie Amtsgebäude).

### Methoden und Durchführung

Im Zuge der Untersuchungen wurden jene Gebäude- und Innenraumfaktoren an oberösterreichischen Schulen erhoben, die die Innenraumsituation maßgeblich bestimmen:

Radon	Polychlorierte Biphenyle
Schimmel	Kohlenstoffdioxid, Luftwechsel
Formaldehyd	Geruchsbelästigungen
Flüchtige organische Verbindungen (VOC)	Zugluft, Gebäudeundichtheiten
Pentachlorphenol, Lindan	Akustik, Lärm

Zur Erhebung der Basisdaten wurde ein Fragebogen erstellt. Dieser wurde an alle Kindergärten und Kinderbetreuungseinrichtungen, Pflicht-, Berufsschulen und landwirtschaftliche Fachschulen Oberösterreichs mit dem Ersuchen um Beteiligung versandt.

Der Fragebogen gliederte sich in folgende 8 Teile:

- Allgemeine Daten über die Schule
- Gebäudedaten
- Angaben zu den Räumen

- Heizung und Raumtemperatur
- Ausstattung der Unterrichtsräume
- Angaben zum Wohlbefinden/Raumklima/Feuchtigkeit
- Angaben zur Akustik und Lärm
- Ergänzende Bemerkungen

Nach Sichtung und Bewertung der Rückantworten wurden nach Durchführung von Plausibilitätstests, unsichere Daten vor Ort oder telefonisch überprüft, teilweise nacherhoben und korrigiert.

## Ergebnisse

Von den insgesamt 926 Pflicht-, Berufsschulen und landwirtschaftlichen Fachschulen in Oberösterreich (bzw. insgesamt 712 Kindergärten bzw. 80 Kinderbetreuungseinrichtungen), haben sich 803 (bzw. 644 und 67) am Projekt beteiligt.

Für die weitere Auswertung – am Beispiel Schulen – wurden 793 Schulen herangezogen, da in den restlichen Schulen bereits eine Generalsanierung, Neubau, etc. durchgeführt wurde oder unmittelbar bevorstand. Die Verteilung der Schultypen unter den an der Studie beteiligten Schulen ist in Abb. 1 dargestellt.

Nach Erfassung sämtlicher Fragebogenantworten in der Datenbank, deren Sichtung, Überprüfung, Verknüpfung und Bewertung wurden an Gebäuden, bei denen die Daten Verdachtsmomente auf erhöhte Belastungsfaktoren ergaben, im Jahr 2002 Erhebungen vor Ort (Schimmelbefall), messtechnische Bestimmungen (Radonkonzentration, Gebäudedichtheit, Innenraumluftschadstoffe, Akustik, Lärm) durchgeführt.

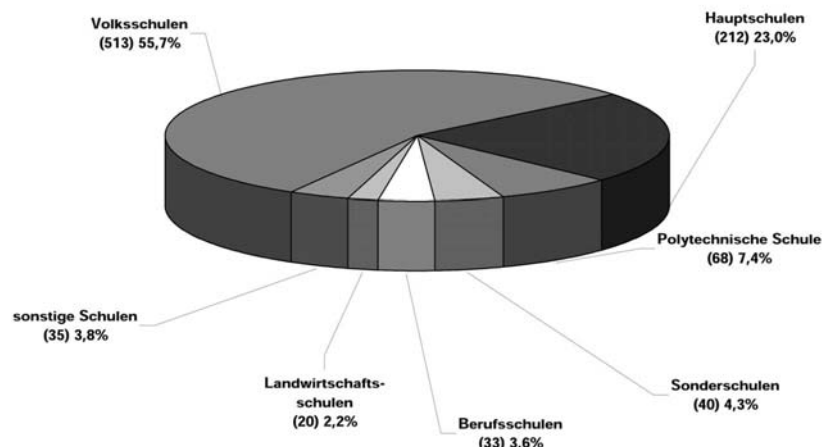


Abb. 1: Verteilung der Schultypen der beteiligten Schulen (Mehrfachnennungen möglich)

## Radon

Aufbauend auf den Erfahrungen der in OÖ. seit 1992 durchgeführten Radonmessprogramme (ÖNRAP - „Öst. Nat. Radonprojekt“ und SARA - „Sanierung radonbelasteter Häuser“) wurde eine messtechnische Teilerhebung der Radonsituation durchgeführt. Es wurden jene Gebäude untersucht, die

1. über erdgebundene Klassen/Aufenthaltsräume oder Sonderunterrichtsräume verfügen und
2. in einem Radonrisikogebiet (Gemeinde) oder einer Nachbargemeinde eines Radonrisikogebiets entsprechend der OÖ. Radonrisikokarte liegen.

Beim Erstprojekt für die Kindergärten wurden alle Gebäude erfasst (allerdings nur mit einer Screening Methode).

Da in Österreich bisher noch kein gesetzlicher Grenzwert für Radon in Innenräumen eingeführt wurde, dient als Grundlage für die strahlenschutzbezogene Bewertung der Radonmessergebnisse die Empfehlung der Österreichischen Strahlenschutzkommission für die Begrenzung der Radonexposition in Innenräumen aus dem Jahr 1993, die auf einer entsprechenden EU-Empfehlung aus dem Jahr 1990 beruht. Der Richtwert für die Obergrenze des Jahresdurchschnitts der Rn-222-Aktivitätskonzentration in Innenräumen wird in dieser Empfehlung mit

400 Bq/m<sup>3</sup> für bestehende Gebäude angegeben. Als weitere strahlenschutzrelevante Grundlage wurde der Grenzwert der Schweizer Strahlenschutzverordnung für Radon mit 1000 Bq/m<sup>3</sup> Rn-222-Aktivitätskonzentration im Jahresdurchschnitt berücksichtigt.

Im Zuge der durchgeführten Radonmessungen wurden in insgesamt 64 Schulen bzw. 33 Kindergärten (Bezugswert 600 Bq/m<sup>3</sup>!!) und 3 Kinderkrippen in Radonrisikogebieten und benachbarten Gemeinden Radon-222-Beurteilungswerte über 400 Bq/m<sup>3</sup> ermittelt, davon wiederum in 23 Schulen bzw. in 7 Kindergärten und in keinen Kinderkrippen Beurteilungswerte über 1000 Bq/m<sup>3</sup>.

Bei der Kontrollgruppe außerhalb der Radonrisikogebiete und benachbarten Gemeinden wurde kein Radon-222-Beurteilungswert über 400 Bq/m<sup>3</sup> gefunden.

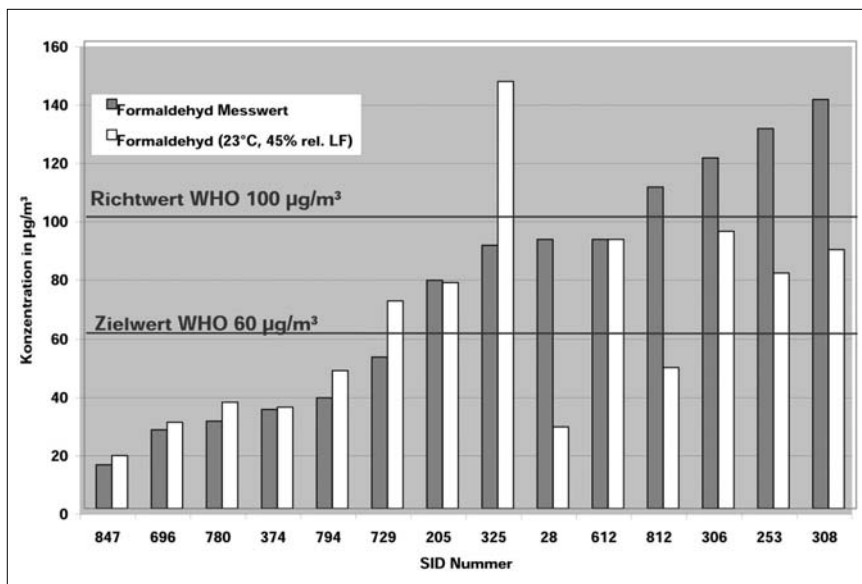
### Chemische Innenraumlufschadstoffe

Es wurden Formaldehyd, die gesamten flüchtigen organischen Verbindungen (VOC), Pentachlorphenol, Lindan und Polychlorierte Biphenyle untersucht.

Aufgrund der Auswertung der Fragebögen wurde in 14 Objekten in je einem Raum die Raumluft auf Aldehyde untersucht. Die Palette der Aldehyde umfaßte auch die Substanz Formaldehyd, die unter den untersuchten Aldehyden die höchste toxikologische Relevanz für den Menschen besitzt.

Es wurden Schulen ausgewählt, deren Baujahr zwischen 1965 und 1985 liegt und in denen laut Fragebogen in mindestens drei Räumen Spanplatten vorhanden sind. Dieser Zeitraum wurde deshalb gewählt, da ab etwa 1965 verstärkt Möbel aus Spanplatten gefertigt wurden, die in dieser Zeit häufig ein hohes Formaldehyd-Abgabepotential hatten. Ab Anfang der 1980-er Jahre wurden zunehmend formaldehydarme Werkstoffe eingesetzt. Ein weiteres Auswahlkriterium waren die Angaben „dichte und sehr dichte Fenster“.

In 4 von 14 untersuchten Räumen lag der Messwert für Formaldehyd in der Raumluft über dem WHO-Richtwert von 0,1 mg/m<sup>3</sup>, in 2 untersuchten Räumen über dem Richtwert der Österreichischen Produktsicherheitskommission von 0,12 mg/m<sup>3</sup>, alle anderen Beurteilungswerte unterschritten diese Werte. In 6 Räumen wurde der Vorsorgewert von 0,06 mg/m<sup>3</sup> (level of no concern – WHO) unterschritten (Abb 2).



Der Beurteilungswert für Formaldehyd in der Raumluft (Messwert umgerechnet auf 23 °C, 45 % rel. Luftfeuchte), der jedoch nicht für alle Messstellen eine sinnvolle Aussage liefert, überschritt in einem der 14 untersuchten Räume den WHO-Richtwert von 0,1 mg/m<sup>3</sup>. Der Grund hierfür lag vermutlich bei den kurz vor der Messung gelieferten Möbeln aus Spanplatten. Bei der Nachmessung in diesem Raum etwa ein halbes Jahr nach dem ersten Messtermin wurden wesentlich niedrigere Messwerte ermittelt. Die Konzentration der anderen untersuchten Aldehyde lag in allen untersuchten Räumen im durchschnittlichen Bereich.

Abb. 2: Messwerte und berechnete Werte Formaldehyd - Raumluft

Für die Messung von flüchtigen organischen Verbindungen (VOC) wurden einerseits Schulen ausgewählt, in denen es vor kurzem Bau- oder Sanierungstätigkeiten gab, andererseits solche, bei denen Geruchsprobleme auftraten, die auf VOC hinweisen könnten. Ein weiteres Auswahlkriterium waren die Angaben „dichte und sehr dichte Fenster“. Als Vergleich wurde eine Schule ohne Probleme ausgewählt.

In der Raumluft der untersuchten Räume wurden für Innenräume typische Substanzen nachgewiesen. In einigen der untersuchten Räume ergaben sich deutliche Hinweise auf im Innenraum liegende Quellen von VOC. Bei allen Objekten, in denen auch die Außenluft untersucht wurde, ergaben sich deutlich höhere Messwerte in der Innenraumluft im Vergleich mit der Außenluft.

In keinem der untersuchten Räume wurden die Substanzen Tetrachlorethen und Styrol, für die in Österreich Richtwerte existieren, in relevanten Konzentrationen nachgewiesen.

In 11 der 49 untersuchten Räume (22 %) zeigten sich Gesamtkonzentrationen an VOC, die als deutlich erhöht zu bezeichnen sind. In diesen Räumen wurde der Wert überschritten, der in dauernd benutzten Räumen laut Vorgaben des deutschen Umweltbundesamtes nicht überschritten werden sollte (Abb. 3).

In einigen dieser Objekte konnten die erhöhten Werte entweder auf Bodenversiegelungs-, Sanierungsarbeiten oder die Neuverlegung des Bodenbelages zurückgeführt werden. Mit einer Ausnahme konnte bei den Nachmessungen eine deutliche Abnahme der Konzentrationen an VOC festgestellt werden.

Aufgrund der Auswertung der Fragebögen wurden in 8 Räumen die Raumluft auf Pentachlorphenol und Lindan untersucht. In zwei Räumen erfolgten Nachmessungen. Auswahlkriterien für die Objekte waren Baujahre bis 1985 und das Vorhandensein von größeren behandelten Holzflächen. Dieser Zeitraum wurde deshalb gewählt, da Holzschutzmittel noch bis etwa 1985 vereinzelt PCP enthielten.

In 2 von 8 untersuchten Räumen lag die Raumluftkonzentration an PCP in einem deutlich erhöhten Bereich (Abb. 4). In einer dieser Schulen konnte der erhöhte Wert bei einer Nachmessung nicht bestätigt werden. Als Quelle der erhöhten Belastung mit PCP in den Schulen mit den höchsten Messwerten konnten mittels Materialuntersuchungen großflächige, beschichtete Holzverkleidungen identifiziert werden. Die Messergebnisse zeigten auch, dass es durch die mit pentachlorphenolhaltigen Holzschutzmitteln behandelten Flächen zu einer deutlichen Kontamination der Raumluft kam.

Die Konzentration an Lindan lag in allen Objekten in einem unauffälligen Bereich, deutlich unter dem Wert von  $0,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

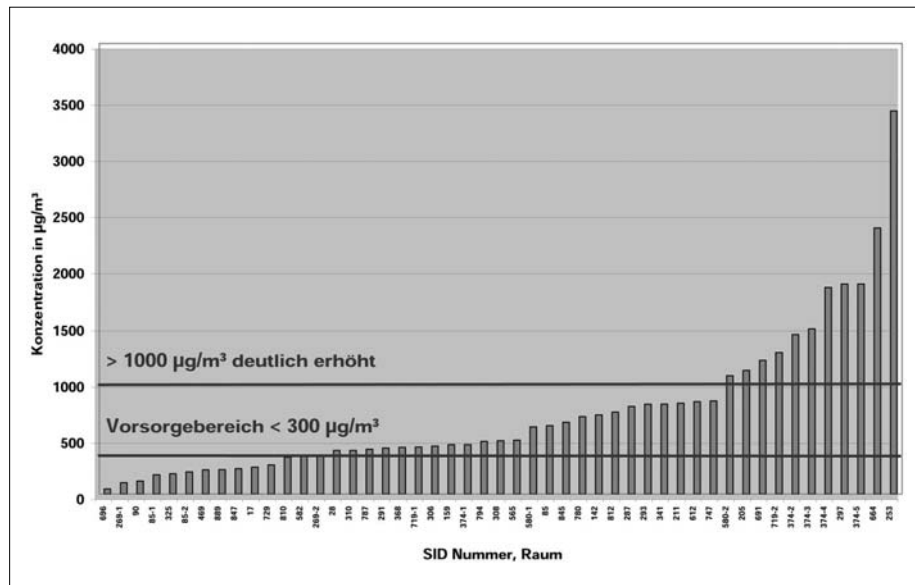


Abb. 3: Beurteilungswerte Gesamtsumme VOC - Raumluft

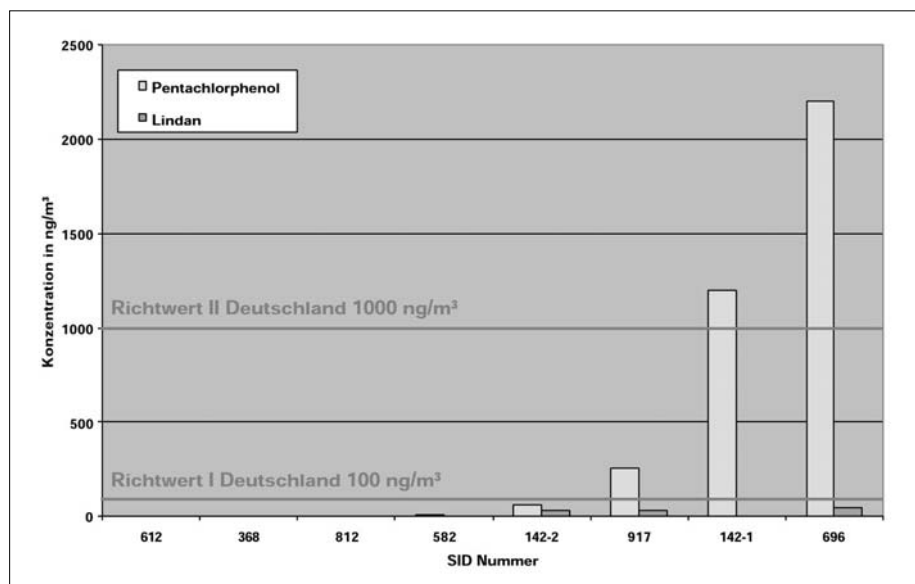
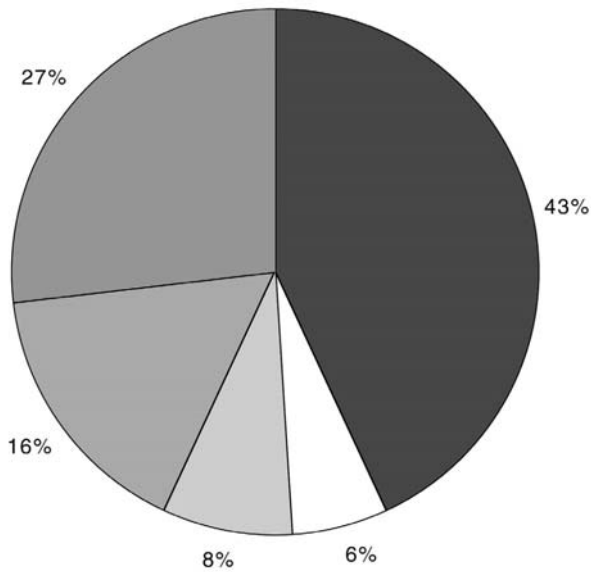


Abb. 4: Beurteilungswerte für PCP - Raumluft



### Geruchsbelästigung und Schimmelbildung

Geruchsbelästigungen traten in Folge von Feuchtigkeitschäden durch Wassereintritt (undichtes Dach, aufsteigende Feuchtigkeit etc.) auf. Bedenklicher stellt sich aber das Problem der Schimmelbildung dar. In 54 Schulen trat beispielsweise erhebliche Schimmelbildung auf und die Nacherhebung zeigte folgende Schimmelursachen (Abb. 5).

### Zugluft, Gebäudedichtheit, Akustik und Lärm

Da diese Parameter für die heutige Tagung keinen Schwerpunkt bilden, möchte ich nur am Rande darauf eingehen. Für die Behaglichkeit stellen diese Parameter sehr wohl einen bedeutsamen Faktor dar. Bei 79 Schulobjekten (52 Kindergärten bzw. keinen -krippen) wurden erhebliche Zugerscheinungen festgestellt, was auf verschiedene Undichtheiten von Fenstern und Deckenkonstruktionen zurückzuführen ist.

Abb. 5: Schimmelursachen:  
 43 % aufsteigende Feuchtigkeit  
 27 % schlechte Wärmedämmung, Wärmebrücken, Aussenecken  
 16 % Feuchteintritt von aussen undichtes Dach  
 8% Benutzerverhalten  
 6 % nicht eindeutig definierbar

Für das Wohlbefinden ist auch eine gute Akustik wichtig, die sich insbesondere im Effekt des Nachhallens und der Sprachverständlichkeit auswirkt. 18 Schulen (8 Kindergärten) wurden messtechnisch untersucht und die Akustikmessungen zeigen ein sehr gutes Bild der Gesamtsituation. Im Wesentlichen sind es die Foyers und die Turnsäle, die akustisch einer Verbesserung bedürfen, die Unterrichtsräume zeigen im Normalfalle ganz gute Verhältnisse.

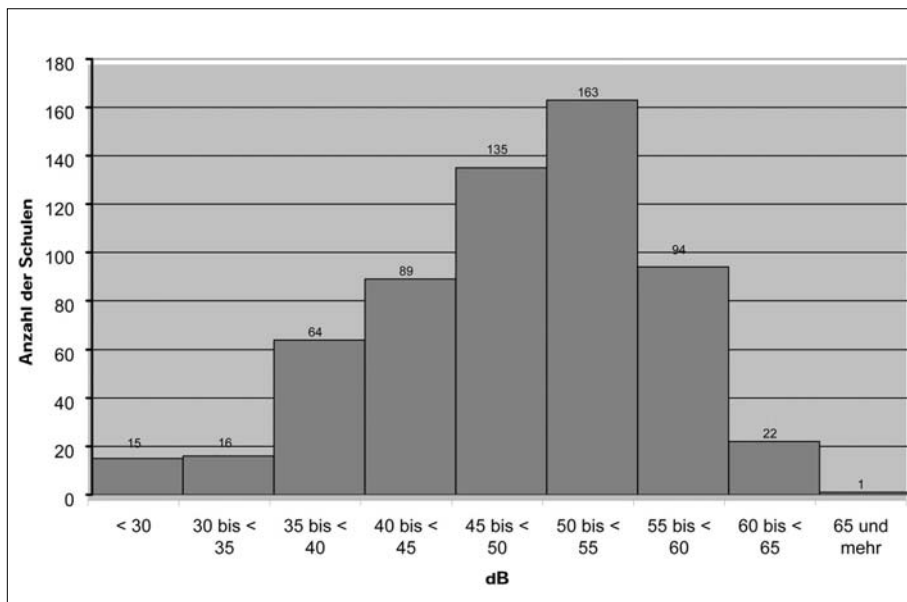


Abb. 6: Berechnung der Lärmbelastung der Schulen, die im Nahbereich des hochrangigen Straßennetzes liegen

Was Außenlärm betrifft, wurde als relevante Lärmquelle der Straßenverkehr berücksichtigt. Als wesentliches Kriterium wurde das hochrangige Straßennetz für eine Schallpegelberechnung in einem Umkreis von 500 m um die Schulen (bei Kindergärten und -krippen wurden keine Untersuchungen angestellt) angenommen, daraus der Lärmpegel errechnet und es ergibt sich folgendes Bild, was die Außenlärmbelastung betrifft (Abb. 6).

Bei Immissionswerten über 60 dB muss der Schulstandort als stark, bei Werten unter 50 dB kann dieser als nicht belastet betrachtet werden.

### Kohlenstoffdioxid (CO<sub>2</sub>) und Raumklima

Auf diese Thematik wird sehr ausführlich in dem folgenden Vortrag von Hr. Dipl.-Ing. Twrdik eingegangen, sodass bezüglich der Ergebnisse auf diesen Vortrag bzw. auf unsere Publikation verwiesen wird.

## Kurz- und langfristige Maßnahmen

In diesem Resümee soll im Wesentlichen auf das Radon und auf die Problematik der Belüftung, die im Zusammenhang mit dem Kohlenstoffdioxid steht, eingegangen werden.

### Radon

Infolge der Anwendung der Beurteilungskriterien für Radon-222 in Innenräumen auf die Ergebnisse in den untersuchten Schulen bzw. Kindergärten und -betreuungseinrichtungen wird empfohlen:

- 1) In den Gebäuden mit Radon-222-Beurteilungswerten über 2000 Bq/m<sup>3</sup> durch zusätzliche Radon-Messungen mit aktiven, aufzeichnenden Messgeräten die detaillierte Radonsituation in den betroffenen Räumen festzustellen und anschließend weitere Maßnahmen festzulegen.
- 2) In den Gebäuden mit Radon-222-Beurteilungswerten zwischen 1000 Bq/m<sup>3</sup> und 2000 Bq/m<sup>3</sup> innerhalb von drei Jahren eine Radonsanierung der betroffenen erdgebundenen Räume durchzuführen. Falls möglich, sollten die betroffenen Räume bis zum Sanierungszeitpunkt nicht mehr genutzt werden oder jedenfalls sollte durch die Ausführung eines ausreichenden Raumlüftungsplanes die Radonexposition in diesen Räumen vermindert werden.
- 3) In den Gebäuden mit Radon-222-Beurteilungswerten zwischen 600 Bq/m<sup>3</sup> und 1000 Bq/m<sup>3</sup> innerhalb von 10 Jahren eine Radonsanierung der betroffenen Räume vorzusehen. Falls möglich, sollten die Räume bis zum Sanierungszeitpunkt nicht mehr genutzt werden oder jedenfalls sollte durch die Ausführung eines ausreichenden Raumlüftungsplanes die Radonexposition in diesen Räumen vermindert werden.
- 4) In den Gebäuden mit Radon-222-Beurteilungswerten zwischen 400 Bq/m<sup>3</sup> und 600 Bq/m<sup>3</sup> sollte durch entsprechende Änderung des Nutzungskonzeptes für die betroffenen erdgebundenen Räume oder durch die Ausführung eines Lüftungsplanes die Radonsituation für die betroffenen Personen verbessert werden. Bei zukünftigen allgemeinen baulichen Sanierungsmaßnahmen sollte der Radonsanierungsgesichtspunkt miteinbezogen werden.

### Kohlenstoffdioxid und Raumklima

Durch wirkungsvolles und konsequentes Lüften in den Pausen wird eine wesentliche Verbesserung der Situation erzielt. Folgende Maßnahmen sind dabei zu beachten:

- Die Belüftung der Klassenzimmer und anderen Aufenthaltsräume sollte zumindest in den Pausen, bei dicht belegten Räumen womöglich auch einmalig während der Stunde vorgenommen werden.
- Die am weitesten verbreitete Lüftungsart, gekippte Fenster, führt zu größeren Energieverlusten als bei der Quer- und Stoßlüftung. Zur Dauerlüftung ist diese Kippstellung nur in der warmen Jahreszeit geeignet.
- Soll die Raumluft energiesparend in kurzer Zeit komplett ausgetauscht werden, ist die geeignetste Lüftungsmethode die Querlüftung. Im Raum muss ein Durchzug möglich sein. Bei weit geöffneten Fenstern und Türen gegenüberliegender Räume zieht eine kräftige Luftbewegung auch Luftpolster aus Nischen und Ecken ab.
- Die Dauer der Belüftung richtet sich nach der Außentemperatur. Der Belüftungsvorgang sollte 5 bis 15 Minuten andauern.

Manuelles Lüften stellt eine wirkungsvolle und notwendige, jedoch nicht in allen Fällen hinreichende Maßnahme dar. Auch konsequentes Lüften in den Pausen reicht vor allem bei mittel bis stark belegten Klassen oder Kindergartenaufenthaltsräumen und dichten Fenstern nicht aus, die erforderliche Frischluftmenge sicherzustellen. In diesen Fällen ist zur Gewährleistung ausreichender Frischluftzufuhr bzw. zur Vermeidung maßgeblicher Überschreitungen des hygienisch erforderlichen CO<sub>2</sub>-Zielbereichs ein zusätzliches Lüften oder der Einbau von kontrollierten Raumlüftungsanlagen erforderlich.



## Resümee und Ausblick

Die Verknüpfung, Zusammenschau und Bewertung sämtlicher erhobener Daten ergaben, dass in 90 % – 95 % der teilnehmenden Schulen/Kindergärten und KBE's keine gesundheitlichen Risiken hinsichtlich erheblichem Schimmelbefall, chemischen Innenraumschadstoffen und Radon bestehen. Die Erhebungen zeigen einerseits, dass ein Großteil der Gebäude keine Risikofaktoren aufweisen und andererseits ein Verbesserungsbedarf für Betreiber einzelner, bestehender und ein Vorsorgebedarf für Planer zukünftig zu errichtender Gebäude besteht.

Die Untersuchung bestätigt, dass durch die Nutzung erdberührter Räume in Verbindung mit der geologischen Situation Oberösterreichs in Einzelfällen mit erhöhten Radon-Aktivitätskonzentrationen zu rechnen ist. Obwohl der überwiegende Teil der untersuchten Gebäude in dieser Hinsicht problemfrei ist, wurden im Zuge dieser Erhebung einige gefunden, die einer weiteren Überwachung und mittelfristig einer bautechnischen Sanierung bedürfen.

Die Ergebnisse zeigen einmal mehr, dass gerade in gemeinschaftlich genutzten Innenräumen die regelmäßige Zufuhr von Frischluft wesentlich zum Wohlbefinden, zur Erhaltung der Leistungs- und Konzentrationsfähigkeit sowie zur Gesundheitsvorsorge beiträgt. Regelmäßiges Lüften ist ein wesentlicher Beitrag zur Schadstoffreduktion und Abfuhr von durch den Menschen verursachten Luftverunreinigungen. Zur Reduktion des Wärmeenergieverbrauches sollte im Winterhalbjahr der Quer- und Stoßlüftung gegenüber der Dauerlüftung (gekipptes Fenster) der Vorzug gegeben werden. Lüften stellt eine wirkungsvolle und notwendige, jedoch in vielen Fällen nicht hinreichende Maßnahme dar. Auch konsequentes Lüften in den Pausen reicht bei mittel bis stark belegten Räumen und dichten Fenstern nicht aus, die erforderliche Frischluftmenge dauerhaft sicherzustellen.

Als Handlungsgrundlage für Nutzer und Planer zur Sicherstellung einer optimalen CO<sub>2</sub>-Situation wurde ein Rechenmodell für Unterrichts/Aufenthaltsräume entwickelt, das in der Lage ist, aufgrund der Klassenschüler/Kinderanzahl, dem Raumvolumen und dem Zustand der Fenster die zu erwartenden CO<sub>2</sub>-Konzentrationen vorherzusagen. Bei zukünftigen Neubauten kann eine kontrollierte Raumlüftungsanlage zur automatisierten Sicherstellung eines ausreichenden Luftaustausches und Abfuhr des ausgeatmeten CO<sub>2</sub> und zur Reduktion der Lärmbelastung von außen beitragen. Diese Maßnahme sollte in messtechnisch begleiteten Pilotprojekten praktisch erprobt werden.

In einigen Fällen reicht die Anpassung der Lüftung nicht aus, um einen akzeptablen Zustand der Innenraumluftsituation in Bezug auf Radon und Schimmel sicherzustellen. In diesen Gebäuden können nur bautechnische Sanierungsmaßnahmen Abhilfe schaffen.

Die Gegenmaßnahmen wurden schließlich in einer Broschüre mit dem Titel „Dicke Luft?“ zusammengefasst. Diese Broschüre eignet sich für den Schulunterricht, aber auch für jedermann, kurz und prägnant nachzulesen, welche Möglichkeiten zur Verbesserung der Innenraumqualität bestehen und was jeder für sich tun kann. Diese Broschüre ist zu bestellen oder downloaden auf: <http://www.ooe.gv.at/publikationen/> <Suchbegriff Umwelt ... Dicke Luft?...>.

Abschließend kann ich nicht ohne Stolz darauf hinweisen, dass die erwähnten drei Studien, die ja die Innenraumsituation sehr umfassend beschreiben, im In- und Ausland ein sehr großes Echo gefunden haben. So zeigen Anfragen aus der Schweiz, Südtirol, Deutschland, Slowenien aber auch aus den anderen Bundesländern, dass eine ähnliche Untersuchung in diesen Ländern geplant ist, wobei die Methodik, die in Oberösterreich angewendet wurde, durchgehend als verwendbar und aussichtsreich eingeschätzt wird.

Der zusammenfassende Bericht „Gesunde Luft für Oberösterreichs Kinder und Jugend“ kann als Broschüre auf der Homepage des Landes bestellt oder als pdf-File heruntergeladen werden (<http://www.ooe.gv.at/publikationen/> <Suchbegriff Umwelt ... Gesunde Luft...>).

# Gute Luft zum Lernen?

Felix Twrdik, Peter Tappler

## Die besondere Problematik in Schulen

Durch die hohe Personendichte gepaart mit einem begrenzten Platzangebot und hoher durchgängiger Aufenthaltsdauer kommt der lufthygienischen Situation in Schulklassen eine Sonderstellung zu. Immer wieder wird in Schulklassen von "verbrauchter Luft" gesprochen. Dieser umgangssprachliche Ausdruck mag zwar wissenschaftlich unexakt sein, er drückt aber aus, dass ein Luftwechsel mit frischer „unverbrauchter“ Luft notwendig scheint. Für die als „schlecht“ empfundene Luft können Luftverunreinigungen verantwortlich gemacht werden, die einerseits durch die anwesenden Personen, andererseits durch im weitesten Sinne technisch-physikalische Prozesse im Gebäude verursacht werden.



Bei unzureichender Luftqualität in Innenräumen treten vermehrt Befindlichkeitsstörungen wie z.B. Beeinträchtigungen von Leistungs-, Merk- und Konzentrationsfähigkeit oder Kopfschmerzen auf. Für die in den Schulen lernenden Kinder gibt es allerdings keine gesetzlichen Regelungen in Bezug auf die Luftqualität. Auch für Arbeitsplätze in Schulen existieren derzeit keine gesetzlichen Grenzwerte für Schadstoffe. Im Landesbedienstetenschutzgesetz sind lediglich allgemeine Regelungen für Arbeitsräume zu finden. Für einige Faktoren existieren allgemeine Richtwerte offizieller Gremien (z.B. Radon, Lärm, bestimmte VOC), die auch in Schulen anzuwenden sind.

## Welche Faktoren spielen eine Rolle?

Wenn in Schulgebäuden Innenraumbelastungen beobachtet werden, können diese auf höchst unterschiedliche Ursachen zurückzuführen sein. Zu nennen sind hier beispielsweise bauliche Mängel, Fehler in der Lüftungstechnik, falsches Lüftungsverhalten oder die Verwendung der Raumluft belastender Bauprodukte, Einrichtungsgegenstände oder auch Reinigungsmittel. Je nach vorherrschender Situation können unterschiedliche Substanzen die Innenraumluftqualität in Schulen beeinträchtigen [UBA-Berlin 2000]:

- Anorganische Gase:
  - Kohlenstoffdioxid (CO<sub>2</sub>),
  - Kohlenmonoxid (CO),
  - Stickstoffoxide (NO<sub>x</sub>),
  - Schwefeldioxid (SO<sub>2</sub>),
  - Ozon (O<sub>3</sub>)
- Flüchtige organische Verbindungen (VOC)
- Formaldehyd
- Schwerflüchtige organische Verbindungen (z.B. PCP, Lindan, PCB, PAK)
- Staub (Schwebstaub, grobe Staubpartikel)
- Faserstäube (Asbest, künstliche Mineralfasern)
- Mikroorganismen, MVOC, natürliche Allergene (Schimmelpilze, Bakterien, und deren flüchtige Stoffwechselprodukte, Tierallergene)
- Ionisierende Strahlung (Radon)

## Der „natürliche“ Schadstoff Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>)

Die nachfolgenden Betrachtungen konzentrieren sich auf die anorganische Verbindung Kohlenstoffdioxid (CO<sub>2</sub>).

### **Kohlendioxid als Lüftungsparameter**

Die Konzentration von CO<sub>2</sub> in Innenräumen dient vor allem als allgemeiner Indikator für die Gesamtmenge der vom Menschen abgegebenen organischen Emissionen. Als Produkt der menschlichen Atmung ist der CO<sub>2</sub>-Gehalt der Innenraumluft daher unmittelbar Ausdruck der Intensität der Nutzung eines Raumes. Da Kohlendioxid in Innenräumen hauptsächlich ein Produkt des menschlichen Stoffwechsels ist, wird die Verbindung in den üblicherweise auftretenden Konzentrationen nicht als Schadstoff bezeichnet.

Der Mensch selbst stellt mit seinen verschiedenen Exhalationsprodukten und Ausdünstungen eine maßgebliche Quelle von vielfältigen Luftverunreinigungen dar. Dieses Erkenntnis hat insbesondere in dicht belegten Räumen, wie es z.B. Klassenzimmer darstellen, eine besondere Bedeutung. Da der Anstieg der CO<sub>2</sub>-Konzentration in Innenräumen gut mit dem Anstieg der Geruchsintensität sonstiger menschlicher Emissionen korreliert, gilt CO<sub>2</sub> als Leitparameter für von Menschen verursachte Luftverunreinigungen. Dieser Wert entspricht auch dem Richtwert einer einschlägigen deutschen Richtlinie [VDI 1946-2] und liegt etwas über der Pettenkofer-Zahl, die bei 0,1 Vol% liegt. Der deutsche Hygieniker Max von Pettenkofer legte diesen Wert bereits im Jahre 1858 als maximale CO<sub>2</sub>-Konzentration fest, die aus hygienischen Gründen nicht überschritten werden sollte [Pettenkofer 1858]. Die von Menschen abgegebene CO<sub>2</sub>-Menge korreliert nicht nur mit der Geruchsintensität von menschlichen Emissionen, sondern auch direkt mit der Menge an flüchtigen organischen Verbindungen, die wiederum - zumindest zum Teil - als Träger des vom Körper ausgehenden Geruchs anzusehen sind.

Die wesentliche Bedeutung des relativ leicht zu ermittelnden Indikators CO<sub>2</sub> liegt darin, dass durch ihn Konzentrationen definiert werden, die einen Hinweis auf hygienisch unzureichende Raumluftqualität geben. Er eignet sich neben dieser Funktion als Orientierungsmarke auch für andere Regelungsbereiche, so z.B. für die Dimensionierung von raumlufttechnischen Anlagen oder für Lüftungsanweisungen in natürlich belüfteten, dicht belegten Räumen wie Schulklassen oder Versammlungsräumen. Für raumlufttechnische Anlagen wird CO<sub>2</sub> wegen seiner guten Indikatoreigenschaften für die Belastung der Luft mit menschlichen Emissionen auch als Leitparameter sowie Regelgröße eingesetzt, über die die Menge an zuzuführender Frischluft bestimmt wird.

### **3.2 Wirkungen von Kohlendioxid auf den Menschen**

Obwohl CO<sub>2</sub> in den in Innenräumen üblicherweise auftretenden Konzentrationen in der Regel kein unmittelbares Gesundheitsrisiko darstellt, können ab bestimmten Konzentrationen Befindlichkeitsstörungen wie z.B. Beeinträchtigung von Leistungsfähigkeit, Konzentration und Kopfschmerzen auftreten [Müller-Limroth 1977]. Bei 0,1 Vol% (= 1000 ppm) CO<sub>2</sub> empfinden rund 20 % der Personen die Raumluft als unbefriedigend [BUWAL 1997].

Über die physiologischen Wirkungen erhöhter CO<sub>2</sub>-Konzentrationen liegen umfangreiche Erkenntnisse aus der Arbeitsmedizin, aber auch aus luft- und raumfahrtmedizinischen Untersuchungen vor. In den bisher angesprochenen Konzentrationsbereichen deutlich unterhalb von 1 Vol% (= 10.000 ppm) sind keine unmittelbaren gesundheitlichen Wirkungen im klassischen Sinne zu erwarten. Bei höheren Konzentrationen treten Erstickungserscheinungen auf und ab ca. 10 Vol% sind Schwindel und Bewusstseinsverlust dokumentiert [Pluschke 1996].

Eine wissenschaftliche Zusammenschau von Studien zu gesundheitlichen Wirkungen und Kohlendioxid zeigte, dass sich in 50 % der Untersuchungen mit abnehmender CO<sub>2</sub>-Konzentration die sogenannten Sick-Building-Syndrom-assoziierten Beschwerden (z.B. Reizungen und Trockenheit von Schleimhäuten, Müdigkeit, Kopfschmerzen) verringern [Seppänen et al. 1999].

Schon seit langem wird ein Zusammenhang zwischen Kohlendioxid und der Leistungsfähigkeit diskutiert. Wargocki et al. [2000] setzten Probanden in Prüfräumen unterschiedlichen personenbezogenen Zuluftvolumenströmen aus und prüften die Leistungsfähigkeit mittels stan-

dardisierter Tests. Es wurden die Aufgaben „Rechnen“, „Texte korrigieren“ und „Texte tippen“ untersucht. Es ergab sich bei allen Aufgaben ein Zusammenhang zwischen der zugeführten Frischluftmenge (und damit auch indirekt mit der Konzentrationen an CO<sub>2</sub>) und der Leistungsfähigkeit. Die gemessenen Einbußen der Leistungsfähigkeit lagen bei einer Reduktion der Frischluftmenge von 36 auf 18 m<sup>3</sup>/Person\*Stunde bei etwa 2 bis 4 %.

## Die Situation in Schulklassen

Einen Einblick über die reale lufthygienische Situation in österreichischen Schulen gab eine Untersuchung, die im Frühjahr 2001 in zehn oberösterreichischen Schulen durchgeführt wurde [Brandl et al. 2001]. Die CO<sub>2</sub>-Konzentration wurde in den Klassenräumen während mehrerer Unterrichtseinheiten kontinuierlich aufgezeichnet. Die Art und Häufigkeit der Lüftung wurde nicht vorgegeben, es wurde den Lehrern mitgeteilt, dass die Lüftung der üblichen Situation entsprechen sollte. Der Median der Durchschnittskonzentrationen des Beurteilungszeitraumes (Schulbeginn bis Schulschluss) für CO<sub>2</sub> lag bei 1370 ppm, der Median der Maximalwerte lag bei 2090 ppm, die absolute Maximalkonzentration an CO<sub>2</sub> bei 6680 ppm.

Im Rahmen der umfassenden Erhebung von Schadstoffen in oberösterreichischen Schulen, die bei diesem Kongress bereits vorgestellt wurde, erfolgte unter anderem die Messung des Parameters CO<sub>2</sub> in ausgewählten Schulklassen [Amt der OÖ. Landesregierung 2003]. Die Schulen unterschieden sich in Bezug auf den Zustand der Fenster und das Alter der Schüler. Die Klassenräume wurden zu unterschiedlichen Jahreszeiten untersucht, wobei das Lüftungsregime vorgegeben war und bei der Messung kontrolliert wurde.

In allen untersuchten Räumen konnten nach kurzer Unterrichtszeit erhöhte Konzentrationen an Kohlenstoffdioxid nachgewiesen werden, die innerhalb der Beobachtungszeit bei geschlossenen Fenstern weiter deutlich anstiegen. Die für eine Aufrechterhaltung hygienischer Bedingungen notwendige Frischluftmenge wurde während der Unterrichtsstunden nicht zugeführt. Der Verlauf der Konzentrationen zeigte, dass bei höherer Belegung der Räume sogar bei ständig gekippten Fenstern ein weiterer Anstieg und damit eine Überschreitung der bekannten Richtwerte von 1000 und 1500 ppm CO<sub>2</sub> gegeben war. Der Zielbereich für die Innenraumluft, der vom Arbeitskreis Innenraumluft diskutiert wird und bei etwa 800 bis 1000 ppm liegt [Arbeitskreis Innenraumluft 2004], wurde in der Regel bereits nach wenigen Minuten Unterricht überschritten. Laut diesem Entwurf ist die Luftqualität bei Werten über 1900 ppm als sehr niedrig zu klassifizieren. Werte über 1900 ppm sollten in natürlich belüfteten Räumen nicht auftreten.

Lüften, vor allem Querlüften in den Pausen führte zu einer starken Absenkung der Konzentration an CO<sub>2</sub>. Der hygienisch erforderliche Zielbereich wurde damit erreicht, dies jedoch bei höherer Belegung der Räume nur kurzfristig. Das quer Lüften mit vollständig geöffneten Fenstern und Türen stellt zwar die wirkungsvollste Lüftungsmethode dar, einmaliges Lüften in der Pause reichte jedoch nicht aus, den erforderlichen Luftwechsel sicherzustellen. Auch ist es in vielen Klassenräumen aus Sicherheitsgründen

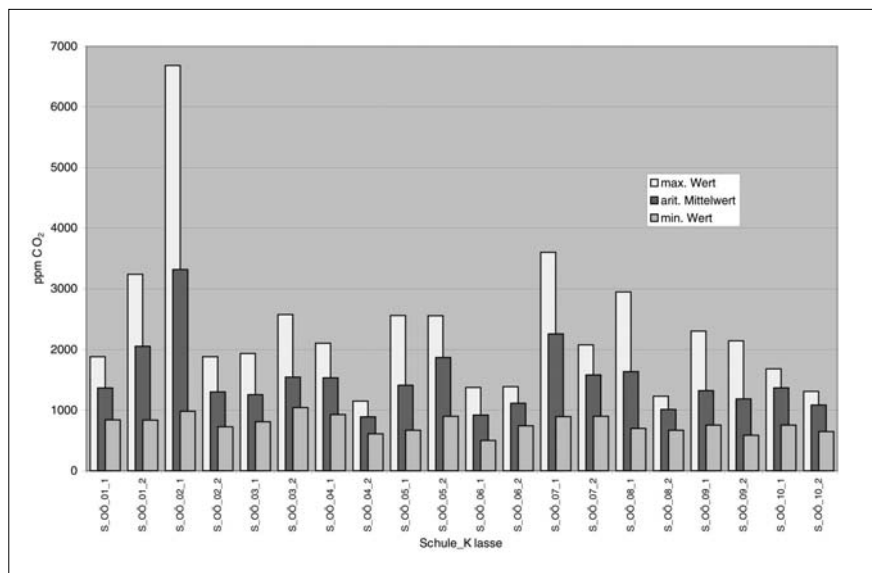


Abb. 1: Reale Konzentration an CO<sub>2</sub> in OÖ Schulräumen (Brandl et al. 2001)



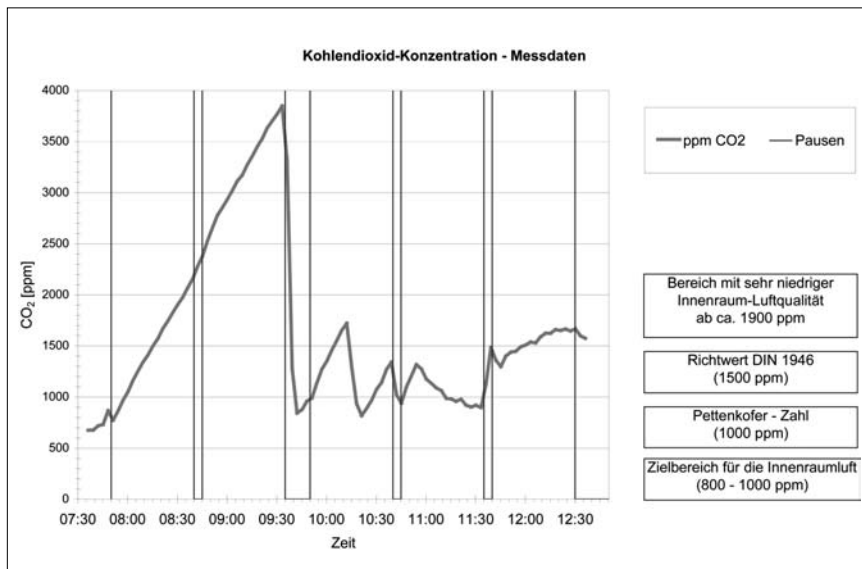


Abb. 2: Zeitlicher Verlauf von CO<sub>2</sub> in einer durchschnittlich belegten Schulklasse im Winter, (24 Kinder, 1-2 Erwachsene)

beobachten. Im Winter wäre der Zustand mit 2 ständig gekippten Fenstern mit einem unzumutbar großen Wärmeverlust im Klassenraum und Zugerscheinungen verbunden, eine Situation, die den Schülern nicht zugemutet werden kann. Auch ist nicht zuletzt aus wirtschaftlichen Überlegungen das ständige Offenhalten von Fenstern in der Heizperiode keine sinnvolle Lösung.

Durch die zu geringen Frischluftvolumina ist vor allem in der kalten Jahreszeit, in der die Fenster nicht permanent geöffnet bleiben können, mit deutlichen Einbußen der Leistungsfähigkeit der Lehrer und Schüler zu rechnen. Befindlichkeitsstörungen sowie erhöhte Risiken in Bezug auf die Anfälligkeit gegenüber Infektionen sind unter derartigen Raumluftbedingungen nicht auszuschließen.

## Entwicklung eines Rechenmodells und Simulationsergebnisse

Aufbauend auf theoretischen Überlegungen wurde ein Rechenblatt entwickelt, das als Grundlage für Lüftungsanweisungen in bestehenden Schulen bzw. für die Planung von zukünftigen Schulräumen dienen kann. Das Modell wurde anhand der ermittelten Praxisdaten mehrerer Klassenräume angepasst.

Die Berechnung kann auf für den Nutzer einfache Weise mittels einer Microsoft® Excel-Datei erfolgen. In einem Eingabebblatt werden die unterschiedlichen Vorgaben eingetragen. In dieser Weise können für Klassenräume z.B. die maximale Klassenbelegung, der notwendige Luftstrom oder das resultierende Zuluftvolumen pro Schüler bestimmt werden. Weiters ist die Berechnung von CO<sub>2</sub>-Konzentrationen von beliebigen Innenräumen über einen Zeitraum von 24 Stunden möglich.

### Beschreibung des CO<sub>2</sub>-Modells

Das CO<sub>2</sub>-Rechenmodell ist in der Lage, ausgehend von den Raumdimensionen und der Lüftungssituation für eine bestimmte Anzahl von Schülern und Lehrern eine Prognose für den Verlauf der CO<sub>2</sub>-Konzentration im Klassenraum abzugeben. Folgende Parameter können vorgegeben werden:

- Fläche und Höhe des Klassenraumes
- Anzahl und Alter der Schüler
- Anzahl der Lehrer
- Aktivitätsgrad von Schülern und Lehrern
- Lüftungssituation (geschlossene Fenster, ein gekipptes Fenster usw.), resultierend in einer Luftwechselzahl pro Stunde

und wegen der teils heftigen Zugerscheinungen nicht möglich, in den Pausen Fenster und Türen vollständig zu öffnen und quer zu lüften.

Aus den Messungen wurde klar ersichtlich, dass erst bei ständig gekippten Fenstern und geringer Klassenschülerzahl die CO<sub>2</sub>-Konzentrationen in einem hygienisch akzeptablen Bereich lagen. Diese Maßnahme ist jedoch auf Grund einer Reihe von Einschränkungen nur in der warmen Jahreszeit umsetzbar. Bei den Wintermessungen waren bereits bei einem gekippten Fenster Zugerscheinungen und ein starkes Absinken der Raumtemperatur zu

- Dichtheit der Fenster, resultierend in einer Luftwechselzahl pro Stunde bei geschlossenen Fenstern
- CO<sub>2</sub> Anfangskonzentration am Beginn der ersten Unterrichtseinheit

Es wird von 5 Minuten Unterrichts- bzw. Pauseneinheiten ausgegangen, die frei kombinierbar sind. Die Belegung des Klassenraums, der Aktivitätsgrad von Schülern und Lehrern und die Lüftungssituation kann für jede Einheit getrennt vorgegeben werden.

### Mathematische Formulierung des CO<sub>2</sub>-Modells

Bei der Formulierung des CO<sub>2</sub>-Modells wurden einige vereinfachende Annahmen getroffen.

Es wird von einem durch Grundfläche (in m<sup>2</sup>) und Höhe [in m] definierten Raumvolumen [V in m<sub>3</sub>] ausgegangen, das mit seiner Umgebung durch isothermen Luftaustausch in Wechselwirkung steht. Dieser Luftaustausch wird durch die Luftwechselzahl (n in 1/h) beschrieben. In der Umgebung herrscht eine zeitlich konstante CO<sub>2</sub>-Außenluftkonzentration (C<sub>0</sub> in mL/m<sup>3</sup>).

Schüler und Lehrer stellen CO<sub>2</sub>-Quellen dar und werden durch ihre Quellstärken beschrieben. Die aus den Einzelquellen resultierende Gesamtquellstärke E (in mL/h) wird für jede 5-Minuten-Betrachtungseinheit zeitlich konstant angenommen. Die Belegungsdichte, das heißt die Anzahl der CO<sub>2</sub>-Quellen ist für jede Betrachtungseinheit frei wählbar. Die Stärke der CO<sub>2</sub>-Quellen wird weiters durch den für Lehrer bzw. Schüler zu wählenden Aktivitätsgrad beeinflusst.

Für die Luft im Klassenraum wird eine ideale Durchmischung angenommen, so dass zu jeder beliebigen Zeit die CO<sub>2</sub>-Konzentration in allen Punkten des Raumes den selben Wert annimmt. Die Anfangskonzentration am Beginn der Berechnung (C<sub>START</sub> in mL/m<sup>3</sup>) weicht in der Regel von der Außenluftkonzentration ab und muss vorgegeben werden.

Die Massenbilanz ohne Berücksichtigung von Ad- und Desorptionseffekten lässt sich folgendermaßen aufstellen,

$$(1) \quad V * dC(t)/dt = E - (n*V) * (C(t) - C_0)$$

wobei die Formelzeichen die Bedeutung haben:

V	Raumvolumen des Klassenraums [m <sup>3</sup> ]
n	Luftwechselzahl [1/h]
E	Gesamtquellstärke im Raum [mL/h]
C(t)	CO <sub>2</sub> -Konzentration als Funktion der Zeit [mL/m <sup>3</sup> ]
C <sub>0</sub>	CO <sub>2</sub> -Außenluftkonzentration [mL/m <sup>3</sup> ]
C <sub>START</sub>	CO <sub>2</sub> - Anfangskonzentration im Raum am Beginn der Berechnung [mL/m <sup>3</sup> ]

Die Lösung der resultierenden Differentialgleichung unter Berücksichtigung der Randbedingungen lautet

$$(2) \quad C(t) = C_0 + (C_{START} - C_0) * \exp(-n*t) + E/(n*V) * (1 - \exp(-n*t))$$

Die Grundlagen zur gewählten Vorgangsweise sind in VDI 4300 Bl. 7 beschrieben.

### Quellstärken der CO<sub>2</sub>-Abgabe

Für die Beschreibung der Unterrichtssituation wird für die Schüler in den meisten Fällen von einer leichten vorwiegend sitzenden Tätigkeit (Aktivitätsgrad 1,2) auszugehen sein. Bei den Lehrern wird in den meisten Fällen von einer körperlich leichten Tätigkeit mit Sitz-, Geh- und Stehphasen auszugehen sein (Aktivitätsgrad 1,4).

Literatur	Einheit	Wert	Anmerkung
Rietschel (1994)	[L/h]	20,4	Leichte, vorwiegend sitzende Tätigkeit
	[L/h]	27,2	entspanntes Stehen Stehende Tätigkeit
Witthauer, Horn, Bischof (1993)	[L/h]	12	Ruhiger Zustand
	[L/h]	18	Sitzende Tätigkeit
	[L/h]	180	Schwerarbeit
Recknagel, Sprenger, Schramek (1999)	[L/h]	20	Leichte, vorwiegend sitzende Tätigkeit
VDI 4300 Bl. 7	[L/h]	15 ... 20	Sitzende Tätigkeit
	[L/h]	20 ... 40	Leichte Arbeit
	[L/h]	70 ... 110	Schwere Arbeit

Tab. 1: Literaturangaben für die CO<sub>2</sub>-Abgabe von Menschen (Angaben in Liter CO<sub>2</sub> pro Stunde)

Die Literaturangaben der CO<sub>2</sub>-Abgabe für erwachsene Personen schwanken in einem weiten Bereich, wie in der Tabelle 1 ersichtlich ist.

Zur Berücksichtigung des Alters der Schüler wurde ein linearer Anstieg der CO<sub>2</sub> Abgabe von 10 Liter pro Stunde für 6-jährige Kinder 18 l/h für erwachsene Personen angenommen. Je nach vorgegebenen Aktivitätsgrad wird die CO<sub>2</sub>-Emission um diesen Faktor erhöht.

	Einheit	Wert	Anmerkung
Schüler 10 Jahre	[L/h]	15,2	Leichte, vorwiegend sitzende Tätigkeit (Aktivitätsgrad 1,2)
Schüler 14 Jahre	[L/h]	18,4	Leichte, vorwiegend sitzende Tätigkeit (Aktivitätsgrad 1,2)
Lehrer, Erwachsene	[L/h]	25,2	Leichte Tätigkeit mit Sitzen, Gehen, Stehen (Aktivitätsgrad 1,4)

Tab. 2: Gewählte CO<sub>2</sub>-Emissionsraten für die Modellberechnungen (Angaben in Liter CO<sub>2</sub> pro Stunde)

#### 5.4 Luftwechselzahlen

Die mittels Tracergasuntersuchungen experimentell bestimmten Luftwechselzahlen in den Klassenräumen lagen je nach Lüftungssituation in folgenden Bereichen:

Lüftungssituation	Einheit	Sommer	Winter
geschlossene Fenster und Türen	[1/h]	0,02 ... 0,10	0,10 ... 0,15
Ein Drittel der Fenster gekippt	[1/h]	0,5 ... 0,9	0,7 ... 1,2
alle Fenster gekippt	[1/h]	2 ... 5	--
Alle Fenster und Türe geöffnet - Querlüften	[1/h]	10 ... 20	10 ... 30

Tab. 3: Bereiche der in ausgewählten Schulen experimentell ermittelten Luftwechselzahlen

Diese Messwerte liegen im unteren Bereich von typischen Literaturangaben.

Lüftungssituation	Einheit	ohne Querlüftung	mit Querlüftung
Fenster und Türen dicht	[1/h]	0,1 ... 0,3	--
Fenster gekippt	[1/h]	0,8 ... 2,5	2 ... 4
Fenster ganz geöffnet	[1/h]	9 ... 15	> 20

Tab. 4: Luftwechselzahlen bei verschiedenen Lüftungsarten (Angaben aus [IWU 2001])

#### Vergleich der Modellrechnung mit den realen Bedingungen in Klassenräumen

Zum Vergleich der Ergebnisse der Modellrechnung mit den realen Bedingungen im Unterricht, wie sie in exemplarischen Klassen messtechnisch erfasst wurden, wurden unterschiedliche Situation herausgegriffen.

Es wurde für eine typische Wintersituation der mit dem Modell errechnete Verlauf der CO<sub>2</sub>-Konzentration den Messdaten gegenübergestellt. Im Rahmen der zur Modellierung notwendigen Vereinfachungen zeigt sich eine gute tendenzielle Übereinstimmung.

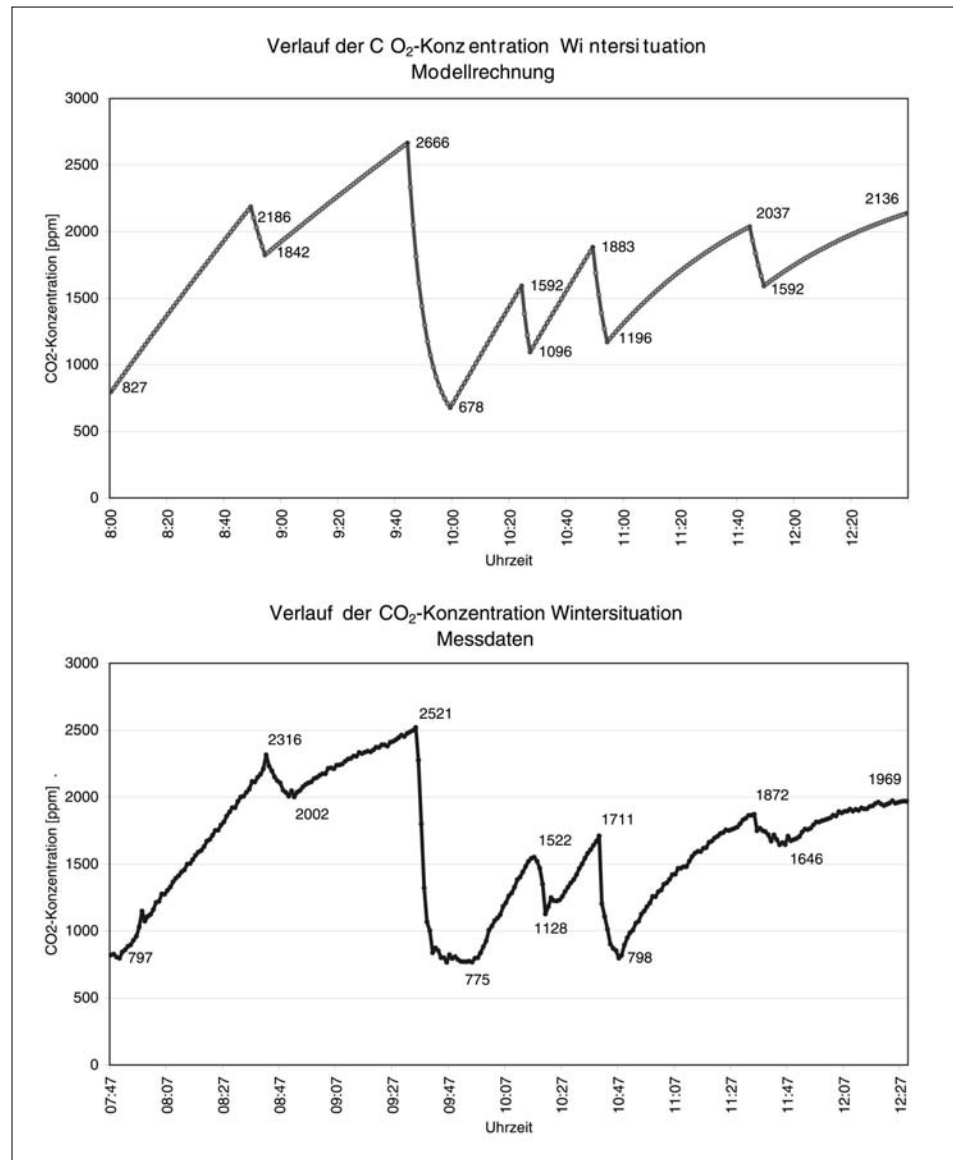


Abb. 3: Vergleich CO<sub>2</sub>-Modellrechnung – Messdaten

### Beispiele zur Anwendung der Modellrechnung

Wesentliche Unterschiede in Bezug auf die Raumluftqualität in einer Schulklasse sind beim Vergleich einer typischen Sommersituation charakterisiert durch ständig gekippte Fenster mit Wintersituationen mit oftmals über längere Zeit geschlossenen Fenstern zu erwarten. Im folgenden Szenario wurde das Lüftungsverhalten für ausgewählte Sommer- und Wintersituationen bei gleicher Klassenbelegung simuliert.

Es wird eine typische Klasse mit 28 zehnjährigen Schülern und eher dichten Fenstern (z.B. gut schließende moderne Fenster) angenommen. Die Sommersituation ist charakterisiert durch ein ständig gekipptes Fenster während des Unterrichts und gekippte Fenster während den Pausen, die Wintersituationen durch geschlossene Fenster während des Unterrichts und gekippte (Situation 1) bzw. völlig geöffnete Fenster (Situation 2) während den Pausen. Der komplette Parametersatz ist in folgender Tabelle zusammengestellt.



Parameter	Einheit	Sommer-situation	Winter-situation 1	Winter-situation 2
Fläche des Klassenraumes	[m <sup>2</sup> ]	62,5	62,5	62,5
Höhe des Klassenraumes	[m]	3	3	3
Fenster-type	[a]	Eher dicht	Eher dicht	Eher dicht
Alter der Schüler	[a]	10	10	10
Anzahl der Schüler (UE)	[1]	28	28	28
Aktivitätsgrad der Schüler (UE)	[1]	1,2	1,2	1,2
Anzahl der Schüler (Pausen)	[1]	14	14	14
Aktivitätsgrad der Schüler (Pausen)	[1]	2	2	2
Anzahl der Lehrer (UE)	[1]	1	1	1
CO <sub>2</sub> -Konzentration bei Unterrichtsbeginn	[ppm]	500	500	500
Luftwechselzahl (UE) und Fensterstellung	[1/h]	1 1 Fenster gekippt	0,1 Fenster geschl.	0,1 Fenster geschl.
Luftwechselzahl (Pausen) und Fensterstellung	[1/h]	3 Alle Fenster gekippt ohne Querlüftung	3 Alle Fenster gekippt ohne Querlüftung	10 Alle Fenster geöffnet ohne Querlüftung

Tab. 5: Modellparameter - Variantenvergleich

In der Abbildung 4 lässt sich deutlich der Einfluss des unterschiedlichen Lüftungsregimes erkennen, mit moderatem Anstieg der CO<sub>2</sub>-Konzentration während der Unterrichtszeit in der Sommersituation und deutlich erhöhten Werten im Winter. Selbst das vollständige Öffnen aller Fenster in den Pausen reicht in der beschriebenen Wintersituation nicht aus, um eine hygienisch zufriedenstellende Luftqualität sicherzustellen.

Der Zielbereich des Arbeitskreises Innenraumluf von etwa 800 bis 1000 ppm [Arbeitskreis Innenraumluf 2004], wurde sowohl in der Sommer- als auch in der Wintersituation bereits nach wenigen Minuten Unterricht überschritten.

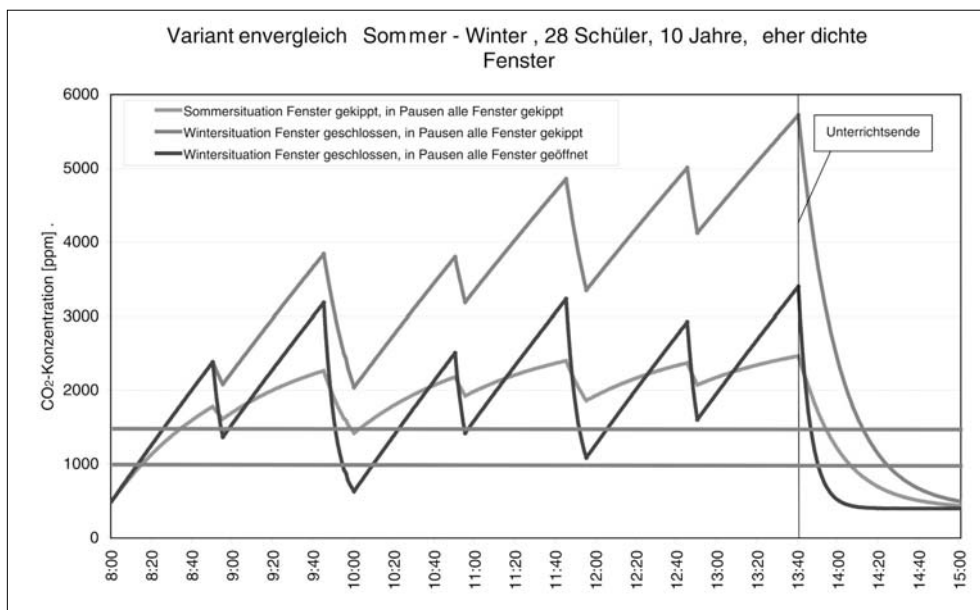


Abb. 4: Zeitlicher Verlauf der CO<sub>2</sub>-Konzentration - Modellrechnung

## Ausblick

In Schulklassen kann durch wirkungsvolles und konsequentes Lüften in den Pausen eine wesentliche Verbesserung der hygienischen Situation erzielt werden. Manuelles Lüften stellt jedoch nicht in allen Fällen eine hinreichende Maßnahme dar. Auch konsequentes Lüften in den Pausen reicht vor allem bei mittel bis stark belegten Klassen und dichten Fenstern nicht aus, zumindest den vom Arbeitskreis Innenraumluf genannten Höchstwert von ca. 1900 ppm sicherzustellen. In diesen Fällen ist zur Gewährleistung ausreichender Frischluftzufuhr bzw. zur Ver-

meidung einer hygienisch unerwünschten Luftqualität ein zusätzliches Lüften während der Unterrichtszeiten oder der Einbau von kontrollierten Raumlüftungsanlagen erforderlich.

Insbesondere bei zukünftigen Schulneubauten sollte bereits in der Planungsphase eine kontrollierte Raumlüftungsanlage zur Sicherstellung eines ausreichenden Luftaustausches berücksichtigt werden.

## Literatur

Amt der OÖ. Landesregierung (2003): Innenraumsituation in Oberösterreichischen Pflichtschulen, Berufsschulen und Landwirtschaftlichen Fachschulen, Erhebungs- und Messprogramm: Kohlenstoffdioxid und Raumklima, Eigenverlag

Arbeitskreis Innenraumluft (2004): Unveröffentlichter Entwurf des Richtlinienenteils „Physikalische Faktoren - Kohlenstoffdioxid als Lüftungsparameter“ der Richtlinie zur Bewertung der Innenraumluft, erarbeitet vom Arbeitskreis Innenraumluft am Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Wien

Brandl A., Tappler P, Twrdik F, Damberger B. (2001): Untersuchungen raumlufthygienischer Parameter in oberösterreichischen Schulen. In: AGÖF Tagungsband des 6. Fachkongresses 2001 – Umwelt, Gebäude & Gesundheit, Nürnberg, 355-366

BUWAL (1997): Luftqualität in Innenräumen, Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Schriftenreihe Umwelt Nr. 287

IWU (2001) Lüftung im Wohngebäude, Institut für Wohnen und Umwelt, Ausgabe 02/99, Überarbeitung 12/01, Hessisches Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft und Forsten

Müller-Limroth (1977), Gertis et al. (1979) zit. in Luftqualität in Innenräumen Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Schriftenreihe Umwelt Nr. 287 (1997)

Pettenkofer M von (1858) Über den Luftwechsel in Wohngebäuden. Cotta, München, S 72

Pluschke P (1996): Luftschadstoffe in Innenräumen, Springer Verlag Berlin Heidelberg New York

Recknagel, Sprenger, Schramek (1999): Taschenbuch für Heizung und Klimatechnik; Herausgegeben von Ernst Rudolf Schramek, 69. Auflage, R. Oldenbourg Verlag München Wien

Rietschel (1994) Raumklimatechnik – 16. Auflage Band 1 Grundlagen, herausgegeben von Horst Esdorn, Springer-Verlag Berlin

Seppänen O.A., Fisk W.J., Mendell M.J. (1999): Association of Ventilation Rates and CO<sub>2</sub> Concentrations with Health and Other Responses in Commercial and Institutional Buildings, Indoor Air Vol. 9, No. 4: 226-252

UBA-Berlin (2000): Leitfaden für die Innenraumlufthygiene in Schulgebäuden; erarbeitet von der Innenraumlufthygiene-Kommission des Umweltbundesamtes, Berlin, im Juni 2000

VDI 1946-2 (1994): Raumluftechnik; Gesundheitstechnische Anforderungen (VDI-Lüftungsregeln)

VDI 4300 Bl. 7 (2001): Messen von Innenraumluftverunreinigungen – Bestimmung der Luftwechselzahl in Innenräumen, Juli 2001

Wargocki P, Wyon DP, Sundell J, Clausen G, Fanger PO (2000): The Effects of Outdoor Air Supply Rate in an Office on Perceived Air Quality, Sick Building Syndrome (SBS) Symptoms and Productivity, Indoor Air Vol 10, No. 4: 222–236

Witthauer, Horn, Bischof (1993): Raumlufqualität - Belastung, Bewertung, Beeinflussung; Verlag C,F. Müller, Karlsruhe



# Erfahrungen mit kontrollierter Raumbelüftung an Schulen – Komfort, Energie und Kosten

Christoph Muss

Ein guter Komfort in Schulen beeinflusst das Lern- und Lehrklima positiv, ein Raumklima außerhalb des Komfortbereichs führt dagegen zu Leistungsminderungen, behindert einen guten Unterricht und kann im Extremfall sogar Krankheitsbeschwerden verursachen. Speziell im Winter stehen angenehme Raumtemperaturen und gute Luftqualität bei konventionellen Schulen mit konventioneller Fensterlüftung und Heizkörpern jedoch im Widerspruch zu einem niedrigen Wärmeverbrauch.

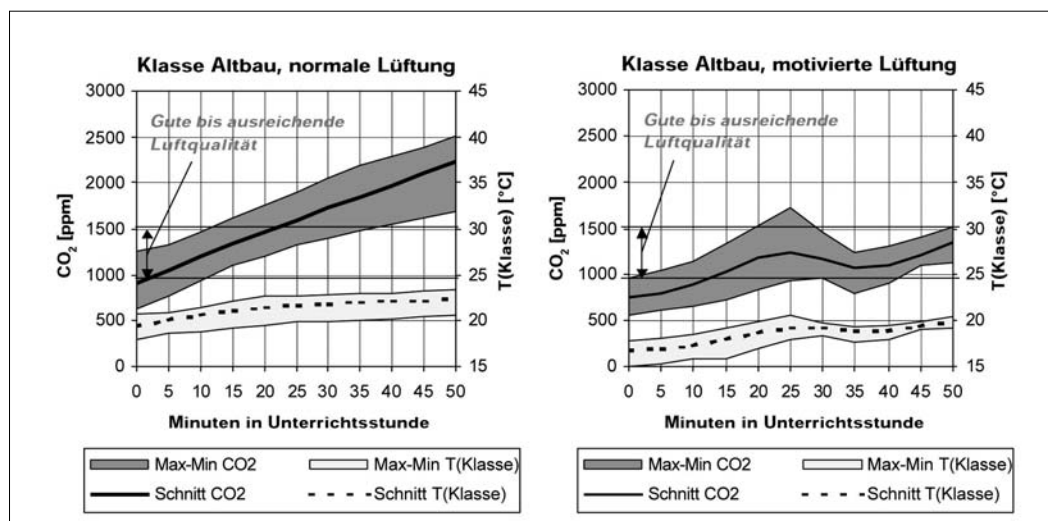
In der dichtbesetzten Klassenraumsituation ist die Luftqualität primär durch die Menschen und die Lüftung beeinflusst. Durchaus kritische Sondersituationen können sich durch Ausdünstungen von Baustoffen, Möbeln, Lacken etc. oder standortbedingt belastete Außenluft ergeben, auf diese wird hier allerdings nicht eingegangen.

In der Gegenüberstellung CO<sub>2</sub>-Emissionen durch Atmung, Frischluftbedarf und Frischluftzufuhr über Undichtigkeiten und Fensterlüftung ergibt sich wie folgt:

- CO<sub>2</sub>-Emission pro Schüler: 10 – 15 l/h, je nach Alter und Aktivität
- Entsprechender Frischluftbedarf pro Schüler: 12 bis 19 m<sup>3</sup>/h (Richtwerte für Lüftungen inklusive Berücksichtigung des Abtransportes geringer sonstiger Schadstoffe: 15 m<sup>3</sup>/h für bis 10-jährige, 20 m<sup>3</sup>/h für über 10-jährige)
- Frischluftbedarf gesamte Klasse, 25 Schüler: 300 bis 475 m<sup>3</sup>/h
- Übliches Klassenvolumen: 60 bis 65 m<sup>3</sup> \* 3.2 m = ca. 200 m<sup>3</sup>
- Belüftung über Fugenundichtigkeiten bei konventioneller Fassadendichtigkeit im Neubau: Luftwechsel ca. 0.1 bis 0.2 pro Stunde = 20 bis 40 m<sup>3</sup>/h
- Lüftung bei einseitig gekippten Fenstern (wenn ohne Zugerscheinungen möglich): Luftwechsel ca. 0.5/h bis 1.5/h = 100 m<sup>3</sup>/h bis 300 m<sup>3</sup>/h
- Stoßlüftung über 5 min Pause: ca. 200 m<sup>3</sup> bis 400 m<sup>3</sup> Frischluftzufuhr

Wie die Gegenüberstellung zeigt, liegt der hygienisch notwendige Frischluftbedarf in der Klasse erheblich über der üblicherweise in der Klasse – insbesondere bei ungünstigen Außenbedingungen (zu kalt/zu heiß, Wind, Lärm) – stattfindenden Frischluftzufuhr über Fenster und Fugenundichtigkeiten. Die Luftqualität bei Lüftung über die Fenster ist stark von der Raumgröße und der Dauerbelüftbarkeit über gekippte Fenster oder Fugen abhängig. In dieser Hinsicht haben Altbauten Vorteile aufgrund ihrer Raumhöhe, den undichten Fenster mit Luftvorwärmung über das Kastenfensterprinzip und den darunterliegenden, mit hohen Vorlauftemper-

Abb. 1: Messung CO<sub>2</sub>-Konzentration und Raumlufttemperaturen BG Dornbirn "Altbau". Klassenvolumen 263.4 m<sup>3</sup>, Fugenluftwechsel durch Außenluft bei geschlossenen Fenstern: im Schnitt 0.41/h, Berechnungsgrundlage Dichtigkeitsmessung.



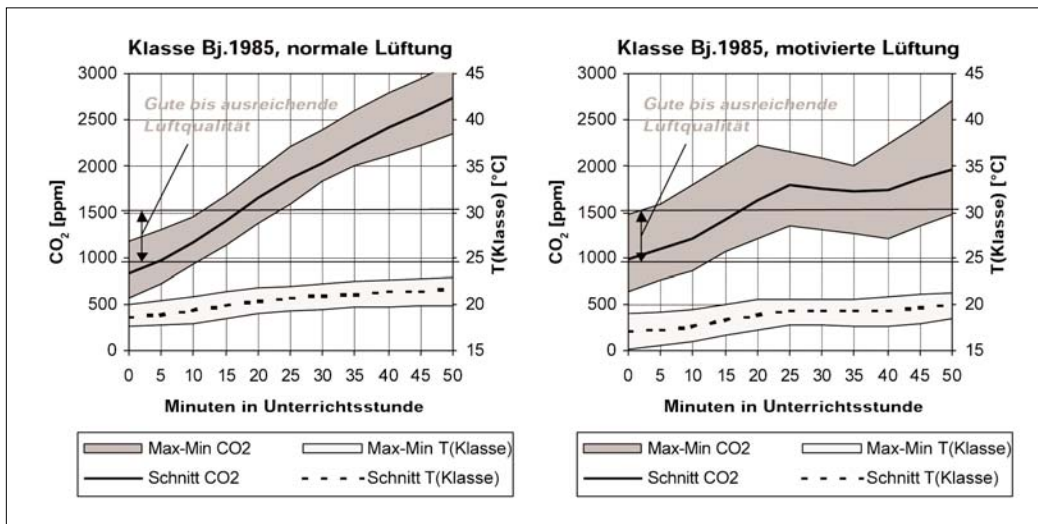


Abb. 2: CO<sub>2</sub>-Konzentration und Raumlufttemperaturen BG Dornbirn „Neubau“ Bj.1985. Klassenvolumen 225 m<sup>3</sup>, Fugenluftwechsel durch Außenluft bei geschlossenen Fenstern: im Schnitt 0.14/h, Berechnungsgrundlage Dichtigkeitsmessung.

peraturen betriebenen Heizkörpern. Dies zeigen z.B. auch Messungen am BG Dornbirn (siehe Abbildungen 1 + 2). Diese Vorteile der Altbauklassen gehen jedoch zu Lasten eines höheren Heizwärmebedarfs durch Wärmeverluste über Undichtigkeiten insbesondere nachts und in Zeiten ohne Schulbetrieb. Zudem ergeben sich in den undichten Fugen Probleme mit Zugluft, Kondensat, leichtere Schimmelbildung und Schallübertragung.

Selbst bei motiviertem Fensterlüftungsverhalten in den Klassenräumen – Lüftung in den Pausen, Lüftung jeweils ca. 20 bis 25 min nach Unterrichtsbeginn – war eine Einhaltung der Komfortgrenzen von 1000 bis 1500 ppm CO<sub>2</sub> in den Klassen auch im undichten Altbau mit hohem Klassenraumvolumen kaum möglich, im Neubau stiegen auch hierbei die CO<sub>2</sub> Werte über 2500 ppm. Langzeitmessungen an Schulen zeigen bei üblichem Lüftungsverhalten häufig Werte um 3000 bis 4000 ppm CO<sub>2</sub> in den Klassenräumen und „Spitzenwerte“ bis zu etwa 5000 bis 6000 ppm.

## Energie und Komfort an Schulen

Bedingt durch die Nutzung sind in Schulen über die Unterrichtszeiten sehr dichte Personenbelegungen gegeben und die Räume weisen vergleichsweise hohe Raumtiefen auf. Die in Bezug auf Energieverbrauch und Nutzerkomfort wesentlichen Punkte sind damit:

- Gute Frischluftqualität, komfortable Zuluftfeinbringung, Reduzierung von Lüftungswärmeverlusten
- Gute Tagesbelichtung insbesondere der Unterrichtsräume, Vermeidung von Blendungen durch Reflexionen, Gegenlicht und ungenügenden Blendschutz
- Angenehme empfundene Temperaturen (beeinflusst durch Raumlufttemperatur und Innenoberflächentemperaturen), vor allem für die kritischen fassadennahen Plätze.
- Geringer Heizbedarf des Gebäudes außerhalb der Unterrichtszeit durch gute Dämmung, luftdichte Gebäudehülle und passivsolare Wärmegewinne (während der Unterrichtszeit erfolgt die Heizung bei Neubauten zum Großteil durch die Wärmegewinne der Schüler). Möglichst geringe Umweltbelastungen durch das gewählte Heizsystem.
- Rasche Raumerwärmung durch Heizung und innere Wärmegewinne bei Unterrichtsbeginn, flinke Rücknahme der Heizung bei Raumerwärmung durch Sonneneinstrahlung und Schüler. Den Nutzungszeiten angepasste Heizungs- und Lüftungsregelung.
- Reduzierung von Überwärmungsproblemen bei gleichzeitigem Auftreten von WärmegeWINnen durch Personen und Sonneneinstrahlung.
- Stromsparende EDV-Ausrüstung zur Vermeidung eines höheren Stromverbrauchs und zur Einhaltung akzeptabler sommerlicher Raumtemperaturen in den EDV-Klassen (Abschaltung bei Nichtnutzung, Flachbildschirme, Laptopklassen). Gegebenenfalls spezielles Klimakonzept für EDV-Räume.

Ein gutes Energiekonzept hat neben einem geringen Energieverbrauch auf einen guten Komfort, ein geringes Risiko von Schwierigkeiten bei Technik- oder Nutzerfehlerverhalten sowie eine nachhaltig gute Qualität des Gesamtgebäudes zu achten. In allen Fällen ist eine Investition in die thermische Qualität des langlebigen Gebäudes und der langlebigen statischen Bauteile gegenüber einem Mehraufwand an kurzlebigen Technikkomponenten zu bevorzugen. Als zusätzliches Kriterium wird eine relativ einfache Bedienung und Wartung der Gebäudetechnik gefordert. Jedoch ist in innovativen und energieeffizienten Gebäuden durchaus ein „Mitdenken“ der Nutzer gefragt und sinnvoll (Systemfeinoptimierung, sich ändernde Einstellungen von Heizung und Lüftung gemäß Stundenplan etc.). Eine detaillierte und gute Information der Nutzer und des Schulwerts sowie eine Projektbegleitung im Betrieb ist hier vorteilhaft.

## Energieverbrauch Heizung und Strom Bestand – Neuplanungen

Es zeigt sich, dass konsequent umgesetzte einzelne Maßnahmen zur Reduzierung des Energiebedarfs relevante Einsparungen bewirken und über eine Gesamtoptimierung ein sehr hohes ökologisches und ökonomisches Potential gegeben ist. Die Abbildung 3 zeigt einen Vergleich von Energiekennzahlen im Bestand und für eine Variantenstudie Neubau. Der Schritt zu einer höheren Kompaktheit kann je nach Baukörpervergleich noch mehr ins Gewicht fallen als hier dargestellt, für die Rechenstudie wurde bereits der Ausgangsbaukörper relativ kompakt gewählt. Darüberhinaus ist der Schritt zur höheren Kompaktheit gleichzeitig ein Schritt zu geringeren Baukosten und zu einem geringeren Energieverbrauch. Über eine kompakte Baukörper-typologie, Fassadenaufbauten, Bautechnik, Vorfertigung, Details etc. können hier Beträge eingespart werden, welche die Mehrkosten eines guten Energiekonzepts durchaus wettmachen.

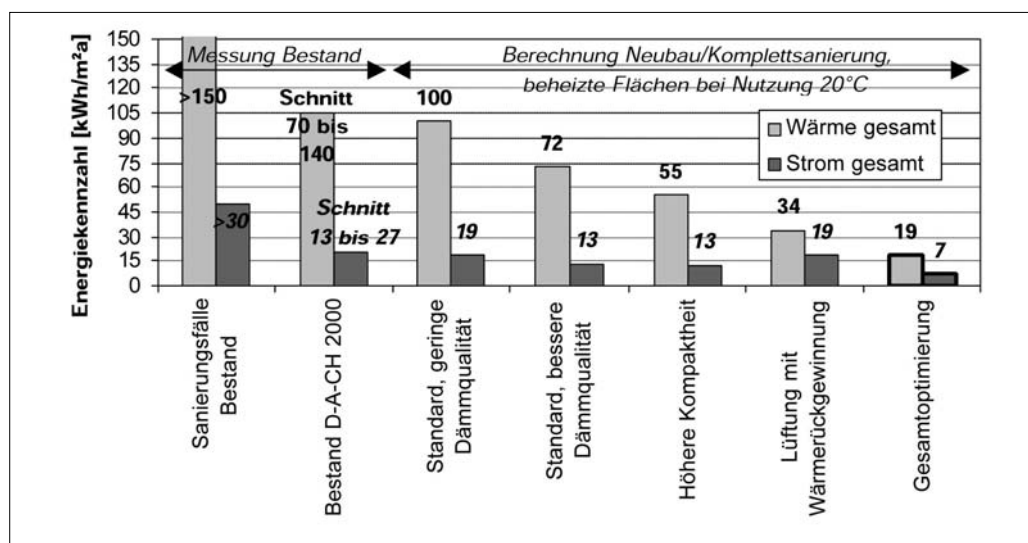


Abb. 3: Vergleich der Energiekennzahlen Bestand/Neubau

## Lüftungskonzepte im Schulbau

(Vergleiche auch: Österreichisches Institut für Schul- und Sportstättenbau ÖISS-Studie: „Die Schule als Niedrigenergiehaus“, team gmi im Auftrag von ÖISS, Bezugsquelle ÖISS - Wien, Tel. 01-5058899-15).

- **Konventionelle Fensterlüftung, Heizkörper**  
Lüftung: Fenster, händisch zu öffnen und zu schließen. Abluftanlage Sanitärbereiche.  
Heizung: Heizkörper unterhalb der Fenster
- **Teilautomatisierte Fensterlüftung, Heizkörper**  
Lüftung: teilautomatisch über motorisch gesteuerte Fenster oder Klappen, ergänzend Fensterflügel für händisches Öffnen und Schließen, freie Lüftung und Notlüftung. Abluftanlage Sanitärbereiche.  
Heizung: Heizkörper bei Fenstern

- **Natürliche Be-/Entlüftung – Querlüftung**

Lüftung: Belüftung über Fenster/Fassade/Klappen, Querlüftung der Klassenräume mit Entlüftungsschächten (Schachtlüftung) im Bereich Trennwand Klasse – Gang oder Überströmöffnungen in den Gang und Entlüftung über Fenster, Oberlichter, Schachtlüftung o.ä. im Gang. Im Allgemeinen automatisches Öffnen und Schließen der Fenster oder Klappen erforderlich. Auch Betriebsweise mit Belüftung der Klassen durch Überströmöffnungen vom Gang aus und Entlüftung über die Fassade möglich, z.B. im Sommer bei hoher Einstrahlung/hohen Temperaturen der Fassade. Abluftanlage Sanitärbereiche.

Heizung: Heizkörper unterhalb der Fenster

- **Querlüftung, mechanisch unterstützt**

Lüftung als Abluftanlage: Belüftung über Fenster/Klappen oder schallgedämmte Zuluftventile, Querlüftung der Klassenräume mit Überströmöffnungen in den Gang und mechanischer Entlüftung über Abluftbereiche WC, Sanitär, EDV. Automatisches Öffnen und Schließen der Zuluftfenster/-klappen bzw. der Zuluftventile.

Heizung: Heizkörper unterhalb der Fenster

- **Zentrale kontrollierte Be-/Entlüftung mit Wärmerückgewinnung**

Lüftung über zentrales Lüftungsgerät mit Wärmerückgewinnung aus der Abluft, Luftkanalnetz mit Luftverteilung über Steigschächte und Gangzonen, Zuluft und Abluft in den Klassen, eventuell auch Überströmung Lüftung von den Klassen in den Gangbereich, Abluft gesammelt zentral in Gangbereichen und Ablufträumen.

Heizung: über die Lüftung oder über klein dimensionierbare Heizkörper die nicht notwendigerweise unterhalb der Fenster situiert werden müssen.

- **Dezentrale kontrollierte Be-/Entlüftung mit Wärmerückgewinnung**

Lüftung über dezentrale Lüftungsgeräte pro Klasse mit Wärmerückgewinnung aus der Abluft, kurze, dezentrale Luftkanalnetze Außenluft/Zuluft/Abluft/Forluft in den Klassen, gegebenenfalls teilzentrale Führung von Außenluft und Forluft, in Einheiten von mehreren Klassen zusammengefaßt.

Heizung: über die Lüftung oder über klein dimensionierbare Heizkörper, die nicht notwendigerweise unterhalb der Fenster situiert sind, oder über eine relativ flink auszuliegende Fußbodenheizung beziehungsweise Fußbodenheizungsstreifen.

Tab. 1: Lüftungskonzepte im Schulbau, zusammenfassende Beurteilung hinsichtlich Luftqualität, thermischem Komfort, Energiebedarf, Planungsaufwand und Herstellkosten Heizung und Lüftung (HL) pro m<sup>2</sup> beheizter Nettouutzfläche<sup>3</sup>.

	Luftqualität <sup>5</sup>	Therm. Komfort Winter <sup>5</sup>	Therm. Komfort Sommer <sup>5</sup>	Heizenergiebedarf	Stromverbrauch Lüftung	Planungsaufwand	Herstellkosten HL netto
<b>Fensterlüftung Manuell</b>	schlecht	schlecht bis mittel	schlecht bis mittel	40 bis 80 kWh/m <sup>2</sup> a	0.5 bis 2 kWh/m <sup>2</sup> a	Gering	45 bis 65 E/m <sup>2</sup>
<b>Fenster, teilw. Automatisiert</b>	mittel	schlecht bis mittel	Mittel	35 bis 75 kWh/m <sup>2</sup> a	0.5 bis 2 kWh/m <sup>2</sup> a	gering bis mittel	55 bis 75 E/m <sup>2</sup>
<b>Querlüftung natürlich</b>	mittel bis gut	schlecht bis gut	mittel bis sehr gut	35 bis 75 kWh/m <sup>2</sup> a	0.5 bis 2 kWh/m <sup>2</sup> a	mittel bis hoch <sup>3</sup>	65 bis 85 <sup>1</sup> E/m <sup>2</sup>
<b>Querlüftung mech. gestützt</b>	gut	mittel bis gut	mittel bis sehr gut	25 bis 75 kWh/m <sup>2</sup> a	2.5 bis 6 kWh/m <sup>2</sup> a	Mittel	65 bis 90 E/m <sup>2</sup>
<b>Zentrale mech. Lüftung</b>	gut bis sehr gut	gut bis sehr gut	mittel bis sehr gut	15 bis 50 kWh/m <sup>2</sup> a	3.5 bis 12 kWh/m <sup>2</sup> a	Hoch	80 bis 140 <sup>2</sup> E/m <sup>2</sup>
<b>Dezentrale mech. Lüftung</b>	gut bis sehr gut	gut bis sehr gut	mittel bis sehr gut	15 bis 50 kWh/m <sup>2</sup> a	2.5 bis 9 kWh/m <sup>2</sup> a	mittel bis hoch	90 bis 170 E/m <sup>2</sup>

1 Gegebenenfalls baulich höhere Kosten je nach Ausführung baulicher Komponenten wie Abluftkamine, Zuluftvorwärmung über Fassade o.ä. Damit auch höherer Planungsaufwand.

2 Bauvolumina zentrale Lüftung i.B. für aufwändige Lüftungserschließung /Luftverteilungsraum nicht berücksichtigt.

3 Beurteilung Luftqualität sehr gut: CO<sub>2</sub>-Konzentration durchwegs um oder unter 1000 ppm. Luftqualität schlecht: CO<sub>2</sub>-Konzentration im Mittel bei Betrieb über 1500 ppm, regelmäßig über 2000 ppm. Rein qualitative Beurteilung von Komfort und Planungsaufwand, keine explizite Komfortberechnung.

Im Systemvergleich ebenfalls zu berücksichtigen ist der Wartungsaufwand für die Haustechnik. Die Wartung und Instandhaltung moderner und einwandfrei ausgelegter Haustechniksysteme wird hierbei üblicherweise mit ca. 2,5 % proportional zu den Herstellkosten Heizung und Lüftung angesetzt (keine wartungsintensiven Anlagen wie Laborlüftung o.ä. sowie keine eventuell regional vorgeschriebenen, kostenintensiven behördlichen Auflagen, Abnahmen und Prüfungen vorausgesetzt). Dies sowie die Einschulung des Schulwerts bzw. eine geeignete Nutzerbetreuung insbesondere in der ersten Betriebsphase ist bereits bei Gebäudeplanung und -errichtung einzubeziehen.

## Herstellkosten Niedrigenergiebauweise

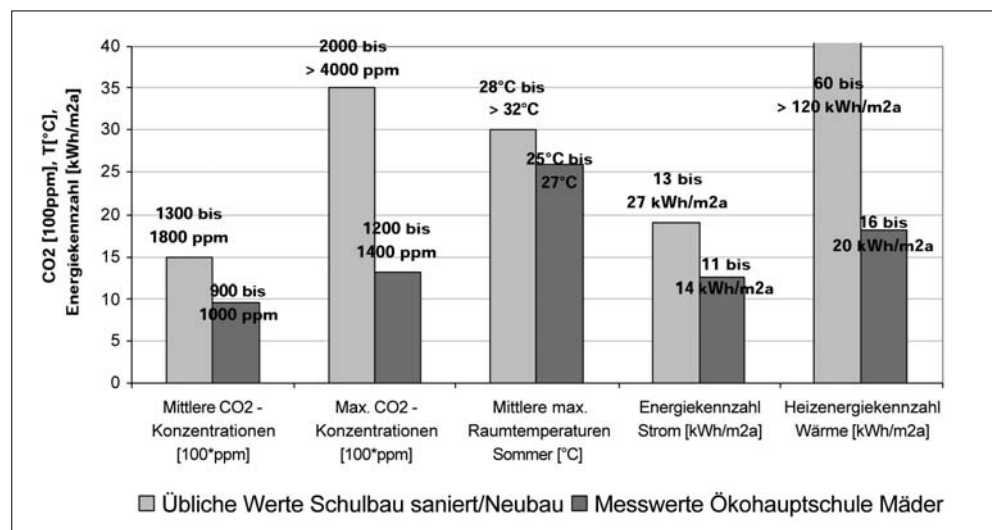
Die für die Gebäudeherstellungskosten wesentlichsten Schritte werden durch Architekt, Bauherr und Fachplaner bereits im Entwurf getätigt. Im vorgegebenen Kostenrahmen können hierbei durch Baukörpertypologie, kompakte Bauweise, Elementierung und Vorfertigung, intelligente Erschließung und einfache Haustechnikinfrastruktur Kostenfreiheiten geschaffen werden. Diese können wiederum für eine hohe Qualität der Materialien und Detaillösungen, für eine hohe energetische Qualität und schlussendlich auch für die Honorierung einer guten Planungsqualität aufgewendet werden. Entscheidend ist hier meist nicht die Amortisation von einzelnen energetischen Maßnahmen, sondern die Machbarkeit eines Gesamtkonzepts innerhalb der Gesamtkosten. Eine Amortisationsrechnung über die Energiekosten allein ist auch in einem großen Teil der Anwendungen unzweckmäßig und führt zu einer falschen Bewertung, da wesentliche Anteile eines guten Energiekonzepts auf eine höhere Nutzerbehaglichkeit, auf geringere Komfort Risiken durch Gebäude- bzw. Technikfehlverhalten und auf eine nachhaltig höhere Gebäudequalität abzielen. Diese Punkte sind somit in die Bewertung einzubeziehen.

Die Bandbreite der genannten Herstellkosten für Heizung und Lüftung liegt erheblich unter der Bandbreite der entwurfsbedingten Gesamtherstellkosten. Bei Niedrigenergiebauweise ergeben sich jedoch darüber hinaus Kosten für das Energiekonzept, welche im Wesentlichen durch höherwertige Verglasungen, höhere Dämmstärken, eine verbesserte Luftdichtigkeit und einen guten Sonnenschutz bedingt sind. Diese Kosten betreffen die thermische Gebäudehülle und fallen oft höher aus als die Mehrkosten der energieeffizienten Haustechnik (auf die im Schulbau sinnvolle höhere thermisch wirksame Speichermasse soll hier nicht weiter eingegangen werden, da diese im Allgemeinen keine Mehrkosten verursacht). Hier ist bereits im frühzeitigen Planungsstadium auf kostengünstige und energieeffiziente Baukonstruktionen zu achten, entsprechendes Know-How in der Planung sowie eine frühzeitige Konstruktions- und Kostenoptimierung mit Herstellern und Fachleuten ist hier empfehlenswert.

## Praxisbeispiel Ökohauptschule Mäder

Ein Praxisbeispiel für eine ökonomisch und ökologisch optimierte Schule mit hoher architektonischer Qualität stellt die 1996 in Mäder/Vorarlberg fertiggestellte Ökohauptschule Mäder dar. Sie verfügt über eine Mehrschichtfassade (3-Scheibenverglasung, Sonnenschutz und vorgesetzte Glasscheiben), eine zentrale kontrollierte Be- und Entlüftung mit Wärmerückgewinnung und hochwertige Materialien im Innenausbau und war gleichzeitig eine der kostengünstigsten in Österreich errichteten Schulen. Der viergeschoßige Baukörper auf einer Grundfläche von 27 x 27 m weist 30 % Erschließungsfläche auf, welche gleichzeitig Pausenaufenthaltsfläche darstellt, um welche die Klassen gruppiert sind. Die Tagesbelichtung dieser innenliegenden Flächen erfolgt hierbei über verglaste Oberlichter. Eine Realisierung als 2 bis 3-geschoß-

Abb. 4: Energieverbrauch und Raumklimakomfort der Ökohauptschule Mäder im Vergleich mit üblichen Schulbauten





iger Baukörper hätte bedeutend mehr Außenhüllflächen, Erschließungsräume für den Personenverkehr und die Haustechnik, mehr Grundbedarf für den Baukörper und einen höheren Energiebedarf bedeutet.

Neben den bereits genannten Energiekonzeptkomponenten verfügt die Ökohauptschule Mäder über speicherwirksam erhaltene thermische Massen in den nicht abgehängten Klassenraumdecken (Raumakustiklösung über Seitenwände), eine tageslichtabhängige Beleuchtungsregelung, automatisch öffnbare Fensteranteile zur sommerlichen Nachtlüftung/-kühlung und einen Zulufterdwärmetauscher. Die Heizung ist angeschlossen an das Biomassenahwärmenetz der Gemeinde Mäder. Wesentlich ist auch, dass Gemeinde, Bürgermeister und Schule das Konzept mittragen und durch den Schulwart eine optimale Betreuung und Betriebsfeinoptimierung gegeben ist. Die Abbildung 4 zeigt Kenndaten zu Energieverbrauch und Raumklimakomfort der Ökohauptschule Mäder im Vergleich mit üblichen Schulbauten.

Die in der Ökohauptschule erreichten hohen Komfort- und niedrigen Energieverbrauchswerte sind das Ergebnis einer intensiven Optimierung bei Planung, Errichtung und Betrieb durch Know-How und Engagement sämtlicher Beteiligten.

### Umsetzung Lüftung im Schulbau, Qualitätskontrolle

Dass die Werte der Ökohauptschule Mäder nicht ohne weiteres auf andere Bauten übertragbar sind, zeigt die Erfahrung bei Schulbauten mit kontrollierter Lüftung und Wärmerückgewinnung. Unter der Voraussetzung, dass nicht bereits grundlegende Mängel in der Konzeptionierung gegeben sind (z.B. mangelnde Beachtung der Sommertauglichkeit) sind Schwierigkeiten in Umsetzung und Betrieb zwar behebbar, jedoch mit Aufwand, einer problematischen Unzufriedenheit bei den Nutzern und mit einem langwierigen Nachbesserungsprozess verbunden. Um bei Baufertigstellung und Bezug durch die Schule einen zufriedenstellenden Betrieb aufnehmen zu können ist unbedingt notwendig, dass die beteiligten Planer über Erfahrung in der Umsetzung und Inbetriebnahme des Konzepts verfügen bzw. eine entsprechende Qualitätskontrolle im Planungsteam gegeben ist. Die häufigsten Schwierigkeiten lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- **Ungenügender Schallschutz**

Bereits in der Planung ungenügend angesetzte oder in der Ausführung nicht erreichte Grenzwerte (Schalldruckpegel < 25 dB(A) im Raum bzw. < 30 dB(A) am Lüftungsein-/auslass mindestens erforderlich!).

- **„Lüftung ist nicht gleich Kühlung!“ – mangelnde Nutzerinformation, schlechter sommerlicher Wärmeschutz**

Insbesondere im Sommerfall ungenügende Abstimmung Sonnenschutz, Regelung, Nachtlüftung/-kühlung, Speichermassen. Achtung: die mechanische Lüftung belüftet ohne Kühlmaßnahmen mit Außenlufttemperatur und bewirkt dadurch einen Wärmeeintrag, wenn möglich, ist eine „alternative“ Kühlung z.B. durch Zulufterdwärmetauscher empfehlenswert, ansonsten ist über Gebäudeklimakonzept inklusiv geeigneter Lüftungsregelung ein sommerlicher Wärmeschutz herzustellen. Die Lüftung bewirkt keine Kühlung und ersetzt insbesondere nicht fehlende Maßnahmen bei Sonnenschutz oder eine ungenügende Handhabung von Sonnenschutz, Fensterlüftung o.ä. durch die Nutzer.

- **Zu spät installierter Sonnenschutz, fehlende oder ungeeignete Sonnenschutzregelung**

Diese Elemente werden bauablaufsbedingt häufig erst sehr spät installiert, sind jedoch insbesondere bei Betriebsbeginn im Frühherbst oder Frühling unbedingt vorher herzustellen! Es besteht ein sehr hohes Risiko, dass ein ungenügender Sonnenschutz dann zu Überwärmungen und Nutzerunzufriedenheit führt, oft wird fälschlicherweise die „nicht funktionierende“ Lüftung als Grund für Überwärmungen in den Klassenräumen aufgefasst (siehe Punkt vorher).

- **Überschätzte Wirkung der Lüftung bei Inbetriebnahme – zu frühe Inbetriebnahme hinsichtlich Emissionen aus Innenausbau/Bodenbelägen, Baustaub**

Die mechanische Lüftung ersetzt (bei weitem) nicht eine ausreichende Auslüftung von Emissionen im Innenausbau, bei Möbeln und Bodenbelägen. Sie kann hier bestenfalls

ergänzend wirken, empfohlen wird überhaupt erst eine Lüftungsinbetriebnahme, wenn Emissionen und Baustaub weitgehend über die Fenster weggelüftet bzw. entfernt wurden.

- **Zugluft durch zu geringe Zulufttemperaturen, mangelnde Wärmerückgewinnung bzw. verschmutzte Abluftfilter durch Baustaub**

Insbesondere bei dezentralen Lüftungsgeräten ohne Luftheizregister ist auf eine ausreichende Wärmerückgewinnung, eine eventuelle Außenluftvorwärmung bzw. eine geeignete Lüftungsregelung zu achten, die Zulufttemperaturen im Komfortbereich herstellt (je nach technischem Heizungs-/Lüftungskonzept mindestens 15 bis 20 °C Zulufttemperatur). Durch den Betrieb bzw. bei zu früher Inbetriebnahme auch durch Baustaub verschmutzte Abluftfilter führen zu einer ungenügenden Wärmerückgewinnung und damit zu unkomfortabel niedrigen Zulufttemperaturen (Inbetriebnahme Lüftung erst nach Gebäudeendreinigung!).

### **Schulbeispiele mit kontrollierter Lüftung und Wärmerückgewinnung**

Hauptschule Koblach - Vorarlberg 1990, Gymnasium Kloster Mehrerau – Bregenz 1996, Berufsschule Immenstadt/D 2000, Ökohauptschule Strasswalchen – Salzburg 2001, HTL Wiener Neustadt – 2001, Freie Waldorfschule Bremen-Sebaldsbrück/D 2001, Kindergärten und Kinderhorte mit kontrollierter Be- und Entlüftung, 1999 - 2001: Schwarzach, Lustenau, Dornbirn-Kehlegg (Vorarlberg), Salzburg-Taxham, AHS Gerasdorferstrasse 1210 Wien 2002, Berufsschule für Gartenbau und Floristik 1220 Wien 2002, Justus von Liebig Schule Waldshut/D 2003, Bundesschulzentrum HLW/BHAK Horn – 2003, Landwirtschaftliche Landeslehranstalt St.Johann i. Tirol/A, geplante Fertigstellung 2004.

### **Literatur**

Österreichisches Institut für Schul- und Sportstättenbau ÖISS: „Die Schule als Niedrigenergiehaus“, team gmi – Studie im Auftrag von ÖISS, Bezugsquelle ÖISS - Wien, Fr. DI. Schwarz, Tel. 01-5058899.



# Umgang mit Radon bei Sanierung, Neubau und Schulen – die ÖNORMen Reihe S 5280

Franz Josef Maringer

## Kurzfassung

In Österreich werden seit Mitte der 1990iger Jahre Einzelprojekte zur Untersuchung und Bewältigung der Radonproblematik durchgeführt. Im Besonderen wurden im Bundesland Oberösterreich in den Jahren 2000 – 2003 Kindergärten und Schulen untersucht und Abhilfe- und Vorsorgemaßnahmen eingeleitet. Zur Unterstützung der messtechnischen Ermittlung der Radonsituation eines Bauplatzes oder Gebäudes sowie der Bemühungen bei der bautechnischen Vorsorge in Radongebieten wurden die ÖNORMen S 5280-1 und S 5280-2 erarbeitet und als Vornormen herausgegeben. Zur Zeit wird an der ÖNORM S 5280-3 betreffend Maßnahmen zur Sanierung radonbelasteter Gebäude gearbeitet. Zur nachhaltigen und umfassenden Lösung des Radonproblems in Österreich innerhalb der nächsten zehn Jahre erscheint eine österreichweite Koordination der Bemühungen unumgänglich notwendig.

## Einleitung

Die Bewältigung der Radonproblematik erfordert sowohl eine zweckorientierte radiometrische Messtechnik zum Nachweis der Radonaktivitätskonzentration in der Innenraumluft als auch spezielle technische Maßnahmen zur Radonvorsorge und Radonsanierung. Beim Neubau von Gebäuden in radonbelasteten Gebieten sind technische Vorsorgemaßnahmen an die Höhe des geogenen Radonpotentials des Bauplatzes anzupassen. Bei bestehenden, radonbelasteten Gebäuden ist sowohl auf die Höhe der Radonexposition als auch auf die speziellen baulichen Gegebenheiten Bedacht zu nehmen. Generell ist die bautechnische/haustechnische Radonvorsorge bei Neubauten mit geringerem technischen und finanziellen Aufwand verbunden als die Sanierung von bestehenden Gebäuden. Die Erfahrung hat außerdem gezeigt, dass die radonreduzierende Wirkung von Sanierungsmaßnahmen gelegentlich im Laufe der Zeit nachlässt. Aus volkswirtschaftlicher und bevölkerungshygienischer Sicht ist deshalb ein besonderes Augenmerk auf die Radonvorsorge zu legen, da mit vergleichbarem Aufwand langfristig ein größerer Effekt erzielt werden kann.

In zahlreichen Ländern – z.B. USA, Schweden, Deutschland, Tschechische Republik, Schweiz, Italien (Südtirol), Großbritannien, Belgien u.a. – wurden in den vergangenen 25 Jahren Erfahrungen sowohl messtechnisch als auch mit Radonsanierung und Radonvorsorge gesammelt und entsprechende Dokumentationen veröffentlicht [1, 2]. In Österreich wurden insbesondere im Bundesland Oberösterreich durch die zuständigen Landesbehörden wissenschaftliche Projekte und vielfältige Maßnahmen zur Reduktion der geogenen Radonbelastung in Privathäusern, Kindergärten und Schulen gesetzt [3]. In anderen Bundesländern (z.B. Tirol, Salzburg, Steiermark, Kärnten) wurden einzelnen Bereiche hinsichtlich der Radonproblematik bereits untersucht und Schritte zur Lösung gesetzt oder sind gerade in Bearbeitung [4].

## Eintritt und Ausbreitung von Radon im Gebäude

Radon tritt aus dem Boden hauptsächlich über Fugen und Öffnungen im Fundamentbereich „konvektiv“ mit eindringender Bodenluft in das Gebäude ein. Darüber hinaus kann Radon auch „flächig“, diffusiv über erdberührte Mauern (Fundament, Keller) oder durch die Fundamentplatte in das Gebäude eintreten (Abb. 1). Der Beitrag zur Radonaktivitätskonzentration in der Innenraumluft aus Baustoffen und Leitungswasser kann ebenso, wie der Beitrag der Außenluft generell vernachlässigt werden.

Im Gebäude selbst sind die höchsten Radonaktivitätskonzentrationen wegen des umgebenden Erdreichs im Keller zu finden. Bei nicht unterkellerten Gebäuden/Gebäudeteilen sind die erd-

berührten Räume ebenfalls meist vergleichsweise höher mit Radon belastet als die darüberliegenden. Durch konvektive Luftströmungen innerhalb des Gebäudes – verursacht durch Temperatur- und Druckdifferenzen – breitet sich die radonbeladene Luft aus dem unteren in den darüberliegenden Gebäudebereich aus. Beeinflusst wird dieser Vorgang einerseits von den Temperaturdifferenzen Boden-Keller-Aufenthaltsräume-Außenbereich und andererseits von den baulichen Gegebenheiten (z.B. Art des Fundaments, Dichtheit der Gebäudehülle). Gleichzeitig mit der Ausbreitung radonangereicherter Luft aus dem erdberührten (unteren) Gebäudeteil findet durch Beimischung von Außenluft (Lüftung) über Fenster und ggf. Undichtheiten der Gebäudehülle eine ständige „Verdünnung“ des Radons in der Raumluft statt. Aus diesem Grund werden ab dem 1. Stock und höher sehr selten erhöhte Radonaktivitätskonzentrationen gefunden.

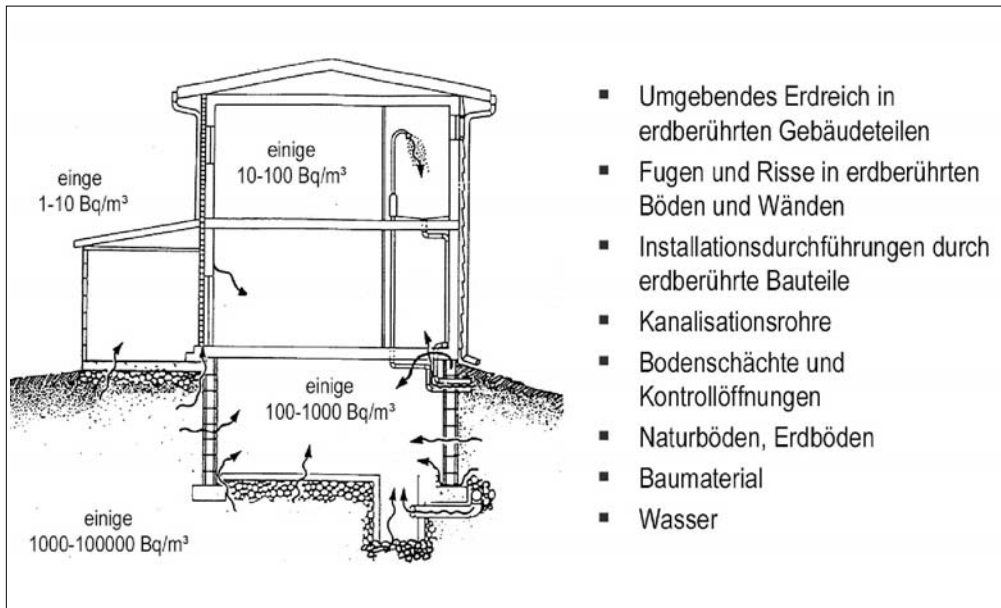


Abb. 1: Eintrittsmöglichkeiten von Radon in ein Gebäude und typische Radonaktivitätskonzentrationen im und um das Gebäude

## Grundprinzipien der Radonvorsorge beim Gebäudeneubau

Aus dem Eintritt in und den Ausbreitungsmechanismen des Radons in und innerhalb eines Gebäudes ergeben sich prinzipiell folgende bautechnischen Radonvorsorgemaßnahmen:

- zweckmäßige Gebäude- und Nutzungskonzeption
- luftströmungsdichtes Abdichten erdberührter Bauteile
- luftströmungsdichte Abschottung des Kellerbereichs vom Wohnbereich
- luftströmungsdichte Abschottung vertikaler Verbindungen zwischen den Geschoßen
- Reduktion des Unterdrucks im Gebäude (gegenüber dem Boden)
- Dichte Gebäudehülle (Fenster, Außentüren, Dach)
- Luftdrainage zwischen Boden und erdberührten Gebäudeteilen
- Vorsorge für späteren Einbau einer Unterboden-Unterdruckanlage im Bedarfsfall (Alterung der Abdichtmaterialien)

Die wesentlichsten Maßnahmen betreffen die Unterbindung des konvektiven Transports des Radons mit der Bodenluft in das Gebäude. Eine effektive Radonvorsorgemaßnahme stellt die ganzflächige Unterkellerung eines Gebäudes dar, da dadurch keine Aufenthaltsräume erdberührt sind. Allgemein kann gesagt werden, dass eine Bauausführung nach den aktuellen Regeln der Technik schon in vielen Fällen einen ausreichenden Radonschutz darstellt. Falls sich aus anderen Überlegungen (z.B. CO<sub>2</sub>-Problematik in Schulklassen) der Einbau einer mechanischen Lüftungsanlage als zweckmäßig erweist, kann damit in den allermeisten Fällen ohne zusätzliche Maßnahmen ein ggf. vorhandenes Radonproblem mit beseitigt werden.

## Möglichkeiten der Sanierung radonbelasteter Gebäude

Die Sanierung radonbelasteter Häuser stellt sich in vielen Fällen als komplex heraus, da jede einzelne bauliche Situation für sich betrachtet werden muss.

In den vergangenen 25 Jahren wurden (international) folgende prinzipiellen Möglichkeiten erfolgreich zur Radonsanierung angewandt:

- erhöhte natürliche Belüftung des Gebäudes
- erhöhte mechanische Belüftung des Gebäudes
- Unterbindung des konvektiven Luftstromes zwischen einem Keller und den darüber liegenden Räumen
- Verfüugung von Öffnungen, Rissen und Spalten bzw. Versiegelung von Flächen durch Anstriche oder Beschichtungen
- erhöhte mechanische Bodenbelüftung unterhalb der Bodenplatte
- erhöhte natürliche Bodenbelüftung unterhalb der Bodenplatte
- Unterbodenabsaugung
- Zwischenbodenabsaugung
- Reduktion des (infolge des Kamineffektes) herrschenden Unterdrucks im Gebäude
- Erzeugung von Überdruck im Gebäude
- Abschirmung des Untergrundes durch Injektionsschirme
- Absaugung der Bodenluft in der Umgebung eines oder mehrerer Gebäude (Radonbrunnen)

Da im Sanierungsfall – anders als bei der Neubauvorsorge – eine umfassende Zugänglichkeit erdberührter Bauteile für Abdichtmaßnahmen mit verhältnismäßigem Aufwand nicht zu bewerkstelligen ist, werden überwiegend haustechnisch unterstützte Sanierungsmaßnahmen angewandt.

## Die spezielle Situation betreffend Radon bei Schulen und Kindergärten

Durch das oftmals ausreichende Platzangebot für öffentliche Bauten in ländlichen Gemeinden sind Schulklassen und Kindergartengruppen u.a. in nichtunterkellerten, erdberührten Räumen untergebracht. Damit steigt in radonbelasteten Gebieten das Risiko für den Radoneintritt. Darüber hinaus ist der Altbaubestand bei Schulen höher, was – bezogen auf die bauliche Grundsubstanz (z.B. Fundament, Installationsdurchführungen) – oft mit einer geringen Barrierewirkung gegen Radoneintritt aus dem Boden verbunden ist.

In Kindergärten und Schulen sind – neben den MitarbeiterInnen – Kinder und Jugendliche von der Radonbelastung betroffen. Dieser Bevölkerungsteil ist besonders empfindlich gegen Umweltbelastungen und benötigt daher auch einen besonderen Schutz. Zusätzliche Schadstoffe und Faktoren, die die Gesundheit und das Wohlbefinden stören, können in Schulen und Kindergärten ebenfalls verstärkt auftreten – z.B. flüchtige organische Verbindungen, Holzschutzmittel, Schimmel, Zugluft, Kohlenstoffdioxid.

Aus diesen Gründen ist es notwendig und zielführend, in Regionen und Gebieten mit erhöhtem Radonpotential Schulen und Kindergärten messtechnisch zu erfassen und im Bedarfsfall Sanierungsmaßnahmen durchzuführen. Im Falle von Neubauten von Schulen und Kindergärten in Radongebieten sollten Radonvorsorgemaßnahmen getroffen werden.

Im Bundesland Oberösterreich wurden im Kindergarten- und Schulbereich in den Jahren 2000 bis 2003 umfassende Erhebungen zur Radonsituation durchgeführt [5, 6] und darauf aufbauend sowohl die aufgezeigten akuten Problemfälle saniert als auch für Neubauten in Radongebieten Vorsorgemaßnahmen vorgeschlagen und veröffentlicht [7].

## Die ÖNORMen-Reihe S 5280 „Radon“

### ÖNORM S5280-1 „Radon – Messverfahren und deren Anwendungsgebiete“ [8]

Der Zweck dieser ÖNORM, die aufgrund der intensiven Weiterentwicklung auf dem Fachgebiet vorerst als Vornorm herausgegeben wurde, ist die Beschreibung von Verfahren zur Mes-

sung von Radon und seinen Folgeprodukten in Luft und in Wasser und deren Anwendung zur Beurteilung der Radonexposition von Personen. Der Anwendungsbereich dieser Verfahren erstreckt sich auf alle geschlossenen Bereiche, in denen sich Menschen über längere Zeit aufhalten.

Die ÖNORM S5280-1 hat folgenden Inhalt:

1. Anwendungsbereich
  2. Zweck
  3. Benennungen mit Definitionen
  4. Aufgabenstellungen und Empfehlung von Messverfahren
  5. Bezugsnormen und notwendige Unterlagen
  6. Hinweise auf andere Unterlagen
- Anhang A (normativ): Radonmessverfahren  
Anhang B (informativ): Umrechnung von Radonfolgeproduktmessgrößen  
Anhang C (informativ): Messprotokoll für Radon- und Radonfolgeproduktmessungen in Luft

Von besonderer Bedeutung für die Anwendung der Radonmessverfahren sind im Anhang A die jeweiligen Umgebungsbedingungen (Einsatzbereiche) der einzelnen Radonmessverfahren angegeben. Die wesentlichen Fragen bei der Beurteilung der Radonsituation in einem Gebäude – der Vergleich von Messwerten mit Richt- und Grenzwerten und die Wahl des Messortes – wird in den Abschnitten 4.8 und 4.9 der ÖNORM behandelt.

Dieser erste Teil der ÖNORMen-Reihe bildet die messtechnische Grundlage für die folgenden Teile.

### **ÖNORM S5280-2 „Radon – Technische Vorsorgemaßnahmen bei Gebäuden“ [9]**

Die ÖNORM S 5280-2 dient als Grundlage für Planer und Bauausführende für zielgerichtete technische Vorsorgemaßnahmen gegen erhöhte Radonexposition bei der Errichtung von Gebäuden nach dem Stand des Wissens und der Technik. Die beschriebenen Verfahren und Vorgehensweisen können bei der Errichtung von Neubauten für Wohn- und Aufenthaltszwecke angewendet werden.

Im Wesentlichen beinhaltet die als Vornorm herausgegebene Norm:

- eine Beschreibung der Anforderungen an konzeptive, bauliche und technische Maßnahmen zur Vorsorge gegen erhöhte Radonexposition in Innenräumen von Neubauten
- die Festlegung von Kriterien zur Erhebung der Radonsituation am Bauplatz und zur Bewertung hinsichtlich notwendiger Vorsorgemaßnahmen
- die Beschreibung von zweckmäßigen und bereits erprobten bautechnischen Methoden und Materialien zur Radonvorsorge
- die Festlegung von Kriterien zur Erhebung der Wirkung und Sicherung des Erfolges der getroffenen Vorsorgemaßnahmen

Der Inhalt der ÖNORM ist folgendermaßen gegliedert:

1. Anwendungsbereich und Zweck
  2. Normative Verweisungen
  3. Begriffe
  4. Klassifizierung des Radonrisikos
  5. Möglichkeiten für bautechnische Radonvorsorgemaßnahmen
  6. Materialien und Stoffe zur Radonvorsorge
  7. Art und Umfang der Radonvorsorgemaßnahmen
  8. Überprüfung und Sicherung der Wirksamkeit der Vorsorgemaßnahmen
- Anhang A (informativ): Beispiele für derzeit kommerziell verfügbare, auf Radondiffusion geprüfte Baustoffe und Abdichtmaterialien (Stand 2002)  
Anhang B (informativ): Literaturhinweise

In Anlehnung an die Richtwertsituation für Radon in Österreich und der Europäischen Union wurde eine Klassifizierung des Radonrisikos entsprechend Tabelle 1 gewählt.

Zur Unterbindung des konvektiven Transports von Radon mit der Bodenluft ins Gebäude sind alle erdberührten Bauteile sinngemäß nach ÖNORM B 7209 „Abdichtungsarbeiten für Bauwerke – Verfahrensnorm“ gegen drückendes Wasser mit radonbremsenden Materialien abzudichten oder in wasserundurchlässigen (WU) Beton als „Weiße Wanne“ auszuführen.

Mit der Bauausführung ist eine dauerhafte Belüftung des Kellerbereichs zur Vermeidung eines Unterdrucks und zur Verdünnung der Kellerluft mit radonarmer Außenluft unter Beachtung der übrigen bauphysikalischen Erfordernisse (ÖNORM B 8110) sicherzustellen. Bei Gebäuden mit Kriechkellern ist für eine genügende Belüftung des Kriechkellers zu sorgen.

Als Materialien und Bauteile zur Herstellung von luftströmungsdichten und diffusionsbremsenden Radonbarrieren kommen in Frage:

- Beton WU nach ÖNORM B4200-10
- Kunststoff- und Dichtungsbahnen mit in der ÖNORM S5280-2 spezifizierten Materialdicken und Radontransmission weniger als 0,1 % bei einer Druckdifferenz von 300 Pa
- Bau- und Abdichtmaterialien gemäß Anhang A der ÖNORM

Im Hauptteil der ÖNORM werden im Abschnitt 7 die Art und der Umfang von Radonvorsorgemaßnahmen entsprechend der vorliegenden Radonpotentialklasse am Bauplatz zugewiesen. Da die Forschung und Produktentwicklung auf dem Gebiet der Radonvorsorge derzeit noch international stark in Fluss ist, soll diese ÖNORM dem Anwender vorerst eine Orientierung über die zur Zeit vorhandenen Methoden und Materialien zur bautechnischen Radonvorsorge geben. Zum Beispiel sind Alterung und Materialermüdung von Abdichtungssystemen und das damit verbundene langfristige Nachlassen der Barrierewirkung gegen Radon derzeit noch Gegenstand wissenschaftlicher Untersuchungen und technischer Prüfungen. Nach Vorliegen gesicherter wissenschaftlicher Erkenntnisse und praxisgeprobter Produkte und Techniken soll diese Vor-norm überarbeitet und als Norm herausgegeben werden.

### Normvorhaben ÖNORM S5280-3 „Radon – Sanierungsmaßnahmen bei Gebäuden“ [10]

Im dritten Teil der ÖNORMen-Reihe „Radon“ werden die Fragen im Zusammenhang mit Sanierungsmaßnahmen behandelt. Diese Norm wird derzeit von der Arbeitsgruppe im Fachnormenausschuss Strahlenschutz in Kooperation mit Mitgliedern aus bautechnischen Arbeitsgruppen des Normungsinstituts erarbeitet.

Analog zum zweiten Teil der Normenreihe soll der dritte Teil technische Sanierungsmaßnahmen gegen erhöhte Radonexposition nach dem Stand des Wissens und der Technik grundlegend beschreiben. Die beschriebenen Verfahren und Vorgehensweisen können bei der Sanierung bestehender Bauten für Wohn- und Aufenthaltszwecke angewendet werden.

Im derzeitigen Entwurf ist das Inhaltsverzeichnis folgendermaßen gegliedert:

1. Anwendungsbereich und Zweck
2. Normative Verweisungen
3. Begriffe
4. Radonmessung am Gebäude und Beurteilung der Messung
5. Möglichkeiten für Radonsanierungsmaßnahmen
6. Materialien und Stoffe zur Radonsanierung
7. Abwicklung der Radonsanierung
8. Art und Umfang der Radonsanierungsmaßnahmen
9. Überprüfung und Sicherung der Wirksamkeit der Sanierungsmaßnahmen

	Radonpotentialklasse			
	1	2	3	
Radonpotential	unter 200 Bq/m <sup>3</sup>	200 Bq/m <sup>3</sup> bis 400 Bq/m <sup>3</sup>	über 400 Bq/m <sup>3</sup>	
Mittlere Radon-222-Aktivitätskonzentration im Boden	unter 60 kBq/m <sup>3</sup>	60 kBq/m <sup>3</sup> bis 120 kBq/m <sup>3</sup>	über 120 kBq/m <sup>3</sup> bis 240 kBq/m <sup>3</sup>	über 240 kBq/m <sup>3</sup>
Bautechnische Radonvorsorgemaßnahmen	nicht notwendig	geringfügige notwendig	notwendig	mehrstufige komplexe notwendig

Tab. 1: Klassifizierung des Radonpotentials entsprechend ÖNORM S 5280-2



- Anhang A (informativ): Radonsanierungsmöglichkeiten – Übersicht
- Anhang B (informativ): Literaturhinweise

Radonbeurteilungswert	Radonbeurteilungsklasse			
	A	B	C	D
Radonbeurteilungswert	unter 400 Bq/m <sup>3</sup>	400 Bq/m <sup>3</sup> bis 800 Bq/m <sup>3</sup>	800 Bq/m <sup>3</sup> bis 1600 Bq/m <sup>3</sup>	über 1600 Bq/m <sup>3</sup>
Bautechnische Radonsanierungsmaßnahmen	nicht notwendig	geringfügige notwendig	notwendig	mehrstufige komplexe notwendig

Tab. 2: Radonbeurteilungsklassen gemäß ÖNORM S5280-3 (Entwurf Nov. 2003)

Hinsichtlich des Art und Umfangs der anzuwendenden Sanierungsmaßnahmen werden vier Radonbeurteilungsklassen, die sich aus Radonmessungen nach ÖNORM S 5280-1 ergeben, gemäß Tabelle 2 eingeführt. Für den Ablauf einer Radonsanierung wird im derzeitigen Entwurf ein Ablaufschema entsprechend Abb. 2 vorgeschlagen.

Dieses Schema basiert auf den Erfahrungen bei der wissenschaftlich begleiteten, modellhaften Sanierung dreier radonbelasteter Häuser in Oberösterreich [3].

Nach Vorliegen des dritten Teils der Radon-Normenserie – voraussichtlich Ende 2004 – wird die Praxis zeigen, inwieweit es möglich ist, ein derart – entsprechend der jeweiligen baulichen Situation – unterschiedlich zu behandelndes Problem durch eine standardisierte Vorgangsweise zu behandeln.

### Was ist zukünftig zur Lösung der Problematik zu tun?

In Österreich werden seit Anfang der 1990iger Jahre Projekte zur Untersuchung der Radonproblematik durchgeführt. In einzelnen thematischen und örtlichen Bereichen wurden auf Basis der Untersuchungsergebnisse und internationaler Erfahrungen bereits Abhilfemaßnahmen ergriffen. Zur nachhaltigen, umfassenden, österreichweiten Lösung des Problems zeichnen sich zukünftig folgende Notwendigkeiten ab:

- Bundesweite Koordination der Aktivitäten auf dem Radonsektor
- Wissenschaftlich basierte Erkundung der Hochradongebiete in Österreich
- Erhalt und Weiterentwicklung der Qualität der Radonmesstechnik
- Bekanntmachen der Radonproblematik in Bevölkerung und Baubranche
- Herausgabe der 3. Teils der ÖNORMen-Reihe „Radon“ (Sanierungen)

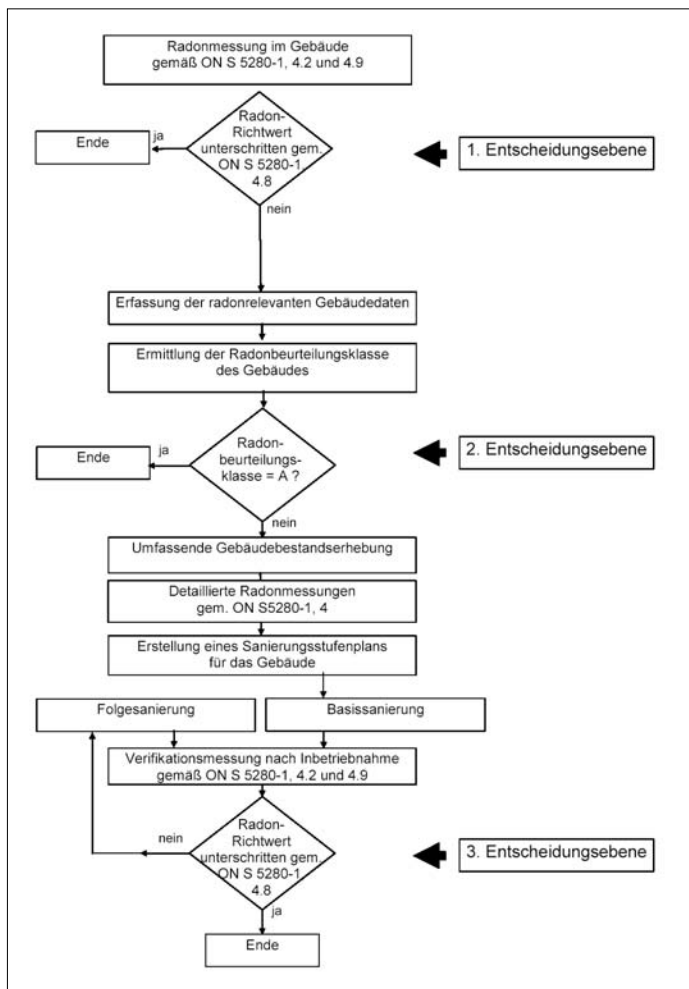


Abb. 2: Ablaufschema einer Radonsanierung gemäß ÖNORM S 5280-3 (Entwurf Nov. 2003)

- Berücksichtigung der praktischen Erfahrungen bei der Anwendung der ÖNORMen-Reihe „Radon“ im Zuge einer Überarbeitung und Neuherausgabe
- Umfassender, landesübergreifender Daten-, Informations- und Erfahrungsaustausch auf dem Radonsektor innerhalb Europas – insbesondere mit Österreichs Nachbarländern

Innerhalb von 10 Jahren – bis zum Jahr 2013 – sollte es möglich sein, die Radonproblematik in Österreich umfassend und nachhaltig zu lösen und damit sicherzustellen, dass danach in Österreich kein weiterer Lungenkrebsfall durch Radon verursacht wird.

## Literatur

- [1] Radonhandbuch Schweiz: Technische Dokumentation für Baufachleute, Gemeinden, Kantone und Hauseigentümer. Bundesamt für Gesundheit, Bern, 2000 (Bezug: Tel. 031 325 50 50, Fax 031 325 50 58, Internet: [www.bundespublikationen.ch](http://www.bundespublikationen.ch) )
- [2] Radonhandbuch Deutschland. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Bundesamt für Strahlenschutz Berlin, 2001. (Bezug: Wirtschaftsverlag NW, Verlag für neue Wissenschaften GmbH, Postfach 101110, D-27511 Bremerhaven, e-mail: [vertrieb@NW-Verlag.de](mailto:vertrieb@NW-Verlag.de); EUR 10 zuzgl. Versandkosten)
- [3] Endbericht zum Forschungsprojekt F1375 „Sanierung radonbelasteter Häuser“ SARAH. Bundesministerium für wirtschaftliche Angelegenheiten, Wien, 1998 (Bezug: ARCSR GmbH, Tel. 050550-6536, e-mail: [maringer.f@arsenal.ac.at](mailto:maringer.f@arsenal.ac.at))
- [4] Richtlinie für bautechnische Maßnahmen zur Vorsorge gegen Radon bei Neubauten im Gemeindegebiet Umhausen. Amt der Tiroler Landesregierung, Innsbruck, 2001 (Bezug: Chem.-techn. Umweltschutzanstalt, Tel. 0512/508-2971, e-mail: [ctua@tirol.gv.at](mailto:ctua@tirol.gv.at))
- [5] Land OÖ: Gesunde Luft für Oberösterreichs Kinder. Messprogramm in Kindergärten. Amt d. o.ö. Landesregierung, Linz. 2001
- [6] Land OÖ: Gesunde Luft für Oberösterreichs Kinder und Jugend. Messprogramm in Schulen. Amt d. o.ö. Landesregierung, Linz. 2003
- [7] Land OÖ: Empfehlungen zur Verbesserung der Innenraumlufthqualität, Raumakustik und bauphysikalischen Qualitätsfaktoren. Amt d. o.ö. Landesregierung, Linz. Ausgabe Juli 2003 (<http://www.ooe.gv.at> -> Umwelt -> Strahlen)
- [8] ÖNORM S 5280-1: Radon: Messverfahren und deren Anwendungsgebiete. Ausgabe 1. Juni 1998. Österr. Normungsinstitut, Wien.
- [9] ÖNORM S 5280-2: Radon: Technische Vorsorgemaßnahmen bei Gebäuden. Ausgabe 1. Juni 2003. Österr. Normungsinstitut, Wien.
- [10] ÖNORM S 5280-3: Radon: Sanierungsmaßnahmen bei Gebäuden. Entwurf 27. Nov. 2003, Arbeitsgruppe „Radon“. Österr. Normungsinstitut, Wien.



# Vorsorgestrategien und Erfahrungen mit Radon in Oberösterreich

Sigrid Sperker

In den letzten Jahren wurden im Bundesland Oberösterreich eine Reihe von Projekten betreffend Radonmessungen bzw. Einleitung von Sanierungs- oder Vorsorgemaßnahmen abgewickelt. Im einzelnen sind dies

- das „Österreichische nationale Radonprojekt“
- Pilotprojekt „Sanierung radonbelasteter Häuser“
- ELORA (Möglichkeiten zur Ermittlung des lokalen Radonpotentials)
- Möglichkeiten zur Radonvorsorge bei Neubauten im Radonrisikogebiet
- Verwaltungsmaßnahmen – Förderungen
- „Gesunde Luft für Oö. Kinder und Jugend“
- Empfehlungen

## Das österreichische nationale Radonprojekt (ÖNRAP)

Dieses im Auftrag des damaligen Bundeskanzleramtes durchgeführte Forschungsprojekt unter wissenschaftlicher Leitung des Radiuminstitutes der Universität Wien wurde 1992 in Oberösterreich begonnen. Das Ergebnis der umfassenden messtechnischen Erhebung der Radonkonzentrationen in oberösterreichischen Wohnungen wurde in Form einer Übersichtskarte veröffentlicht. Damit wurde die Grundlage für weitere Maßnahmen zur Radonminimierung geschaffen.

## Sanierung radonbelasteter Häuser (SARAH)

In Fortführung des ÖNRAPs wurden unter wissenschaftlicher Begleitung des Arsens und Beteiligung einer Reihe von Universitäts- und Bundesinstituten drei Wohnbauten mit verschiedenen bautechnischen Methoden saniert, um die wirtschaftlichste Sanierungsart, die auch ein annehmbares Reduktionspotential aufweist, auszuwählen. Die sanierten Objekte werden nach wie vor nachbetreut, um die Nachhaltigkeit der Sanierungsmethoden zu belegen.

### 1. Unterbodenabsaugung (Gutau)

Im Wohnbereich eines ausgewählten Hauses wurde der Fußboden samt Unterkonstruktion herausgenommen und neu verlegt. In das geschottete Bett wurden Absaugleitungen eingelegt und über Dach geführt und mit einem Saugzug ein Unterdruck erzeugt. Dadurch wird unter der eigentlichen Fußbodenkonstruktion das aus dem Erdboden dringende Radon abgesaugt.

### 2. Unterhausabsaugung (Königswiesen)

Unter dem Fußboden einer Bauernstube eines an einer leichten Hanglage gelegenen Bauernhauses wird eine Bohrung angebracht. In diese Bohrung wurden Rohre einge-

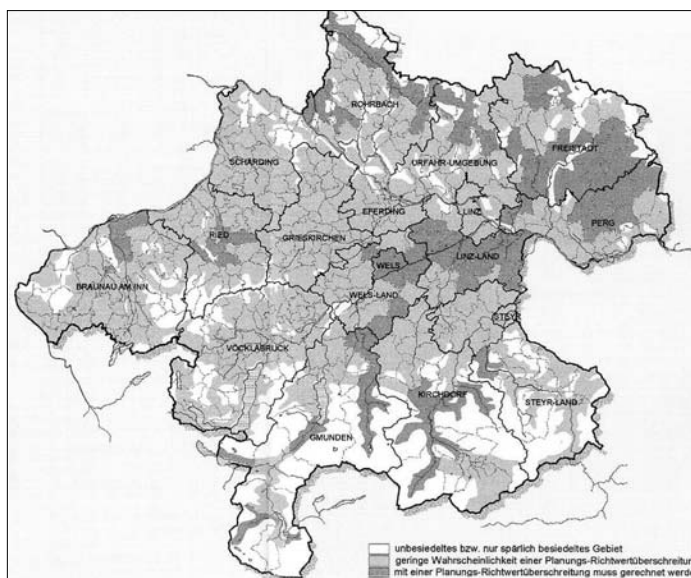


Abb. 1: Radonrisikokarte von OÖ.

legt und über einen Ventilator das Bodengas über Dach abgeführt.

### 3. Passive Entlüftung (Traun)

Der Sockelbereich wurde mittels Bohrlöchern von außen mit ca. 5 cm Durchmesser entlüftet. Als ergänzende weitere Verbesserung in Hinblick auf die Radonminimierung wäre die Zusammenfassung dieser Bohrungen und Installation einer Absaugung denkbar.

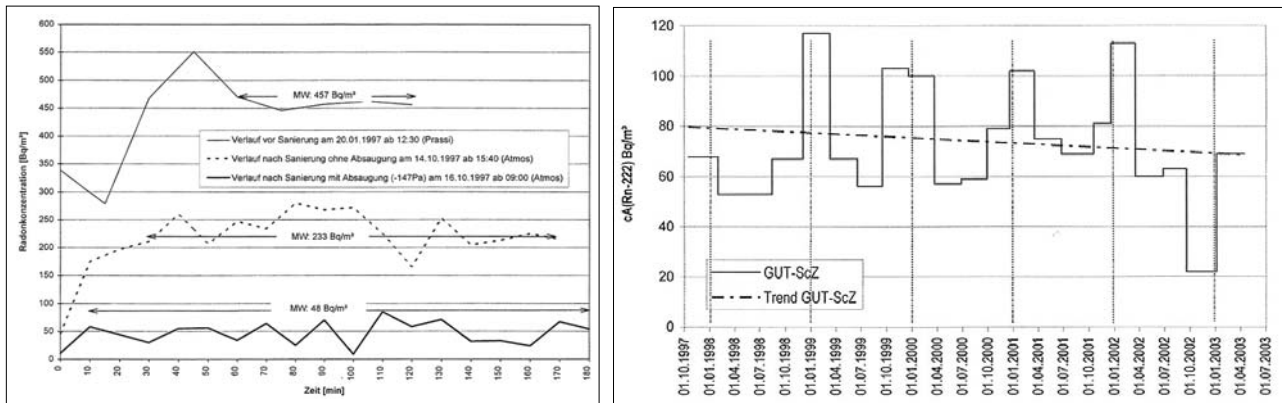


Abb. 2 + 3: Nachmessung Gutau

### Evaluierung der Sanierungen

#### ELORA (Möglichkeiten zur Ermittlung des lokalen Radonpotentials)

#### Möglichkeiten zur Radonvorsorge bei Neubauten im Radonrisikogebiet

Diese beiden vom Land Oberösterreich an das Arsenal in Auftrag gegebenen Pilotprojekte dienten insbesondere zur

- Entwicklung praktikabler Verfahren zur Bestimmung des Radonpotentials eines Baugrundes in Radonrisikogebieten im Hinblick auf die Planung von Vorsorgemaßnahmen und zur
- Umsetzung der Ergebnisse und Anpassung der Methoden der Radonsanierung für den Neubau sowie deren
- praktische Durchführbarkeit und Kostenabschätzung.

### Gesunde Luft für Oberösterreichs Kinder – Messprogramm in OÖ Kindergärten

#### Innenraumsituation in OÖ Pflicht- und Landesschulen und Kinderbetreuungseinrichtungen

Kindergärten und Schulen stellen einen sensiblen Problembereich dar. Einerseits sind die Aufenthaltszeiten durchaus erheblich, andererseits sind beispielsweise Gruppenräume in Kindergärten vielfach im Erdgeschoß situiert. Aus diesem Grund wurden 3 Pilotprojekte mit folgenden Zielen initiiert:

- Erfassung des Istzustandes in allen Kindergärten und Schulen Oberösterreichs
- Messtechnische Erfassung der Radonkonzentration
- Vergleich mit den Messergebnissen der bereits veröffentlichten Radon-Risiko-Karte und Prüfung auf Korrelation
- Übersicht über die Verhältnisse betreffend Raumklima und Baubiologie (Schimmel, Raumfeuchte, Raumakustik ... ) durch ergänzende Erhebung von baubiologischen Parametern
- Dokumentation, Vorschläge für Sanierungsmaßnahmen und Erarbeitung von Vorsorgemaßnahmen im Rahmen des Endberichtes

Das Untersuchungsprojekt in Kindergärten stellte in Bezug auf Radon eine Vollerhebung unter Anwendung von Kurzzeitmessmethoden in allen 700 Kindergärten Oberösterreichs dar. Auf

Grund der Erfahrungen aus dem Kindergartenprojekt wurden im „Schulprojekt“ nur mehr jene Objekte ausgewählt, die über erdgebundene Aufenthaltsräume verfügen und im Radonrisikogebiet oder einer Nachbargemeinde liegen. Es kamen hierbei jedoch langzeitintegrierende und damit genauere Messmethoden zur Anwendung. Auch diese Messungen zeigten eine gute Korrelation mit der Radonrisikokarte, bestätigt durch die bei den Schulen ausgewählte Kontrollgruppe außerhalb von Radonrisikogebieten, die keinen Messwert über 400 Bq/m<sup>3</sup> ergab. Beide Pilotprojekte standen unter wissenschaftlicher Gesamtleitung des Arsenalts und wurden wiederum unter Beteiligung von Universitäts- und Bundesinstituten sowie des Innenraumluftmess- und Beratungsservice durchgeführt. Die Veröffentlichung der Ergebnisse erfolgte in drei zusammenfassenden Endberichten, die auch von der Homepage [http://www.ooe.gv.at/umwelt/baubio/gesunde\\_luft/](http://www.ooe.gv.at/umwelt/baubio/gesunde_luft/) abrufbar sind.

### **Umsetzung der Erfahrungen in Empfehlungen**

Basierend auf den Erkenntnissen und Erfahrungen aus den Messprogrammen in Kindergärten, Schulen und Kinderbetreuungseinrichtungen wurden Empfehlungen für verantwortliche Stellen hinsichtlich einer qualitätsoptimierten Nutzung von Unterrichts- und Aufenthaltsräumen erstellt. Auch eine Handlungsgrundlage für planende Organe hinsichtlich Sanierung von bestehenden aber auch Vorsorge bei neu zu errichtenden Gebäuden wurde erarbeitet. Beide Maßnahmenkataloge sind auf der Homepage des Landes Oberösterreich abrufbar: [http://www.ooe.gv.at/umwelt/baubio/gesunde\\_luft/](http://www.ooe.gv.at/umwelt/baubio/gesunde_luft/)

### **Konsequenzen und Umsetzungsmöglichkeiten für die Verwaltung**

Die Erkenntnisse aus den genannten „Radonprojekten“ wurden in Oberösterreich in mehreren Stufen umgesetzt.

- **Information der Öffentlichkeit und der Betroffenen**

Die Information der Bevölkerung während der Abwicklung der Projekte erfolgte laufend über Presse und Fernsehen, Internet und die Herausgabe von Berichten und Empfehlungen. Auch ein Informationsfalter wurde herausgegeben und ein Videofilm gedreht. Es zeigte sich, dass das Interesse für die Thematik ständig aktualisiert werden muss.

- **Berücksichtigung in der Raumordnung bzw. in örtlichen Entwicklungskonzepten**

Die Aufnahme von Hinweisen und Vorschriften in örtliche Entwicklungskonzepte oder in Flächen- und Bebauungspläne wurde als Maßnahme erwogen; es wären jedoch nur die Neubauten von diesen Maßnahmen betroffen. Zur Zeit bestehen keine Bestrebungen einer gesetzlichen Regelung.

- **Finanzielle Förderung von Vorsorge- und Sanierungsmaßnahmen**

Neben der gezielten Förderung von Messungen stellt die finanzielle Förderung von baulichen Maßnahmen zur Vorsorge oder zur Sanierung eine wirkungsvolle und schnelle Methode zur Radonminimierung dar. Es wäre anzustreben, die von der Strahlenschutzkommission herausgegebenen Planungs- und Eingreifrichtwerte zukünftig zu unterschreiten. Jedenfalls soll bei 1000 Bq/m<sup>3</sup> nach den internationalen Empfehlungen eine sofortige Sanierung in Angriff genommen werden. Als wesentlich stellte sich in den Projekten heraus, dass erdgebundene Wohnräume, bei denen das Risiko einer Radonbelastung am höchsten ist, erfasst werden und entsprechende bauliche Massnahmen gegen Radoneintritt erfolgen.

Durch diese Vorgangsweise der finanziellen Förderung wird die Selbstinitiative gestärkt, der Effekt stellt sich relativ kurzfristig ein und es werden sowohl zukünftige als auch bestehende Gebäude erfasst.

### **Förderungsbedingungen bei Altbauten**

#### **Messungen**

Die Kosten für Messungen in erdgebundenen Wohn- oder Schlafräumen in den Wintermo-

naten werden vom Land Oberösterreich übernommen.

### Sanierung

Wenn das Messergebnis der Langzeitmessung (Wintermessung) den Sanierungsrichtwert von  $1000 \text{ Bq/m}^3$  überschreitet, werden ca. 22 % der anrechenbaren Kosten vom Land Oberösterreich übernommen (max. Euro 1.454.–).

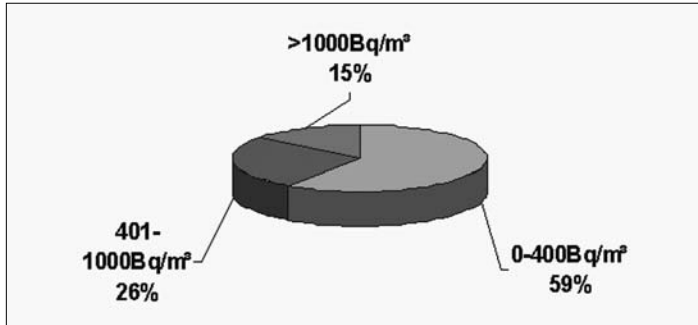


Abb. 4: Auswertung der Fördermessungen seit 1999 in OÖ.

### Förderungsbedingungen bei Neubauten

Bei Bauvorhaben im Radonrisikogebiet mit ständig bewohnten erdgebundenen Wohn- oder Schlafräumen werden vorsorgende Massnahmen nach einer Beratung mit Euro 364.– gefördert.

### Fördermessungen seit 1999

97 geförderte Messungen: eindeutige Korrelation mit der Radonrisikokarte

- 1 Sanierung
- 2 Neubauförderungen

# Umweltmedizinische Richtwerte für Schadstoffe in Innenräumen

Michael Kundi

Für die Richtwertableitung wird davon ausgegangen, dass ein Mensch sich über längere Zeit ständig in dem Innenraum aufhält. Im Sinne einer worst-case Annahme wird daher eine 24-stündige Aufenthaltsdauer zugrunde gelegt.

Die „klassischen“ Luftschadstoffe (z.B.  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_x$ ), die in der Außenluft gemessen werden, sind einerseits selbst von oft erheblicher toxikologischer Bedeutung, stellen aber andererseits auch Indikatoren für einen Schadstoff-Mix dar, der vor allem aus Verbrennungsvorgängen stammt. Richtwerte für die Außenluft sind daher nicht ohne weiteres auf Innenräume übertragbar, wo dieselben Schadstoffe aus anderen Quellen stammen können und daher eine andere Indikatorfunktion besitzen. Auch Grenz- und Richtwerte für Arbeitsplätze sind im Allgemeinen nicht auf Wohnräume übertragbar.

Aus diesen Erwägungen ergibt sich die Notwendigkeit, für Innenräume ein von den Gegebenheiten des Arbeitsplatzes und der Außenluft abweichendes, eigenes Ableitungsschema einzusetzen. Ein solches Schema bietet ein nachvollziehbares Gerüst der Stoffbewertung, so dass nach Möglichkeit verschiedene Stoffe nicht unterschiedlich streng bewertet werden. Es muss daher einfach und logisch im Aufbau sein sowie auf toxikologischen Kenndaten beruhen.

Ausgangspunkt der Bewertung sind Kenntnisse über Aufnahme, Verstoffwechslung und Abgabe des Stoffes. Die Wirkung des Stoffes ist nach Möglichkeit aus humantoxikologischen und epidemiologischen Daten zu erschließen. Tierversuche und in vitro-Experimente können wichtige, für die Toxikokinetik und die Ermittlung des Wirkmechanismus entscheidende Kenntnisse liefern, die für die Beurteilung der Wirkung beim Menschen von Relevanz sind. Bestimmte gerade für die Beurteilung der Innenraumluft relevante Endpunkte können jedoch im Tierversuch grundsätzlich nicht untersucht werden, dazu zählen Belästigungswirkungen und neurokognitive Effekte. Primär sollten daher humantoxikologische Daten herangezogen werden. Wenn diese nicht ausreichend vorliegen, kann auf tierexperimentelle Daten zurückgegriffen werden. Dabei ist jedoch auf Grund von Vergleichen mit strukturell ähnlichen Stoffen und/oder Untersuchungen metabolischer Vorgänge sicherzustellen, dass die im Tierversuch untersuchten Endpunkte auch für den Menschen relevant sind. Grundsätzlich gilt aber auch hier das Prinzip der Einheit des Lebendigen, d.h. dass bis zum Nachweis des Gegenteils angenommen werden muss, dass eine im Tierversuch beobachtete Wirkung bei geeigneter Skalierung auch beim Menschen auftritt.

Das Basisschema, auf dem die Ableitungen der Richtwerte des Arbeitskreises ‚Innenraumluft‘ des BM für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft in den schadstoffspezifischen Teilen beruhen, ist im Wesentlichen mit dem der ÖAW identisch, das für die Luftqualitätskriterien grundlegend war. Es geht vom NOAEL (No Observed Effect Level) aus. Sind keine ausreichenden Daten zur Ermittlung des NOAEL vorhanden, dann kann dieser unter Berücksichtigung der Schwere der Wirkung aus dem LOAEL (Lowest Observed Effect Level) durch Anwendung des konventionellen Faktors von 10 abgeleitet werden. Liegen nur Tierversuche vor, so ist ein Interspeziesfaktor von 10 anzuwenden. Zur Berücksichtigung von Empfindlichkeitsunterschieden ist ein Intraspeziesfaktor von 10 vorzusehen. Da sich in Innenräumen gerade Kinder lange aufhalten, ist zusätzlich ein Kinderfaktor von 2 zu erwägen (sofern durch die Art der Wirkung Kinder als besonders gefährdet angesehen werden müssen). Erfordert es der Wirkungsmechanismus oder ist es durch die Schadstoffkinetik begründet, dann ist eine Umrechnung auf Dauerbelastung gemäß WHO und Ad-hoc Arbeitsgruppe aus Mitgliedern der Innenraumluftthygiene-Kommission des Umweltbundesamtes und des Ausschusses für Umwelthygiene der Arbeitsgemeinschaft der Leitenden Medizinalbeamtinnen und -beamten der Länder der BRD vorzunehmen. Wenn ein nach dieser Ableitung ermittelter Richtwert mehr als ein Drittel des Geruchsschwellenwertes beträgt, dann muss unter Rücksicht auf Wahrnehmungs- und Identifikationsschwelle eine weitere Absenkung des Richtwertes erwogen werden.



Diese Betrachtung gilt sinngemäß auch für Geruchsstoffe, die keine andere toxikologische Relevanz haben.

Der so ermittelte Richtwert wird als Wirkungsbezogener Innenraumrichtwert (WIR) bezeichnet. Er stellt einen Wert dar, bei dessen Unterschreitung gemäß dem derzeitigen Wissensstand mit keiner schädigenden Wirkung zu rechnen ist.

Handelt es sich um einen Stoff, für den es auch Wirkungen gibt, für die keine Schwelle anzunehmen ist, und ist die Wirkung als erheblich einzustufen (insbesondere bei Kanzerogenen), dann ist das Unit-Risk zu ermitteln und mit dem aus einem anderen Wirkungsprinzip abgeleiteten Richtwert zu vergleichen. Liegt das Lebenszeitrisko bei dem ermittelten Richtwert unter 1:106, dann kann der nicht-kanzerogene Endpunkt als Basis beibehalten werden. Ist das nicht der Fall, dann wird eine gesonderte Ableitung vorgenommen, die das angegebene Kriterium unterschreitet. Der so ermittelte Wert wird als Innenraumrichtkonzentration (IRK) bezeichnet. Dieser Wert ist so weit wie möglich zu unterschreiten.

Gemäß den angeführten Prinzipien der Richtwertableitung wird in den einzelnen Schadstoffrichtlinien eine ausführliche Diskussion der für den jeweiligen Schadstoff relevanten toxikologischen Daten vorgenommen.

Ausgehend von Daten der Aufnahme, Verstoffwechslung und Abgabe eines Stoffes können im Allgemeinen Hypothesen über relevante Endpunkte abgeleitet werden. So sind etwa bei Stoffen, die in reaktive Metabolite zerlegt werden, in Abhängigkeit von Verteilungsfaktoren Schädigungen des Leberparenchyms oder Fernwirkungen z.B. im ZNS zu erwarten. Stoffe, die akkumulieren, können im jeweiligen Kompartiment (z.B. Fettgewebe, Knochen) nach langer Expositionsdauer zu Gewebsschäden führen oder toxische Effekte auf assoziierte Gewebe haben (z.B. Knochenmark). Bei der Mehrzahl der Schadstoffe ist jedoch der genaue Mechanismus insbesondere für Langzeiteffekte niedriger Konzentrationen nicht bekannt oder nicht ausreichend gesichert. In diesem Zusammenhang kommt Untersuchungen an beruflich exponierten Personen eine besondere Bedeutung zu, weil in diesen Gruppen oft zwar eine Langzeitexposition (unter günstigen Umständen sogar unter gut bekannten Bedingungen) vorliegt, diese aber bei höheren Konzentrationen erfolgt und daher funktionelle, morphologische und andere Veränderungen leichter ermittelt werden können. Bei der Nutzung dieser Daten muss allerdings berücksichtigt werden, dass eine Extrapolation in den Niedrigdosisbereich nur unter bestimmten Umständen vorgenommen werden darf. Der Mechanismus, auf dem die Schadwirkung beruht, muss kompatibel mit der Annahme sein, dass keine Schwelle existiert oder dass diese deutlich unterhalb der Arbeitsplatzkonzentrationen liegt. Weiters ist zu untersuchen, ob es zu Akkumulation kommen kann und wie der Zeitverlauf der internen Dosis unter Berücksichtigung der Halbwertszeit bei Arbeitsplatzexpositionen im Vergleich zu einer 24-stündigen Exposition beschaffen ist. Wenn diese Punkte berücksichtigt werden, dann lassen sich Modelle der Extrapolation anwenden, die auf worst-case Annahmen beruhen und daher dem besonderen Schutzziel gerecht werden.

Ganz anders sind akut wirkende (z.B. Schleimhaut reizende) oder Geruchsstoffe zu beurteilen. Bei ersteren sind neben der unmittelbaren Wirkung, die es notwendig macht, auch kurzzeitige Spitzen zu begrenzen, die möglichen Folgewirkungen zu berücksichtigen. Z.B. können Schleimhaut reizende Substanzen zu einer Beeinträchtigung der Schutzfunktion führen und in der Folge die Schadwirkung anderer Faktoren verstärken. Bei Geruchswirkungen muss einerseits berücksichtigt werden, dass sowohl Beeinträchtigungen des Wohlbefindens auftreten können als auch vegetative Reaktionen und Symptome, wie Kopfschmerzen und Übelkeit, die auch ohne unmittelbar negative Attributionen persistieren können.

Für alle toxikologische Erwägungen sind bei Innenraumbetrachtungen auch Personen zu berücksichtigen, die an Arbeitsplätzen nicht anzutreffen sind, wie Kranke und Kinder. Daneben zeigen sich bei subtilen toxikologischen Verfahren oft Abhängigkeiten der Wirkung von genetischen Faktoren. Solche Faktoren können einerseits den Stoffwechsel betreffen und andererseits die Vulnerabilität von Geweben hinsichtlich toxischer Einwirkungen. Solche Unterschiede in der Empfindlichkeit werden in Zukunft größeren Stellenwert annehmen und sind derzeit nur grob durch die Annahme bestimmter Unsicherheitsfaktoren einzubeziehen.

# MCS, SBS und Co. – unspezifische Beschwerdebilder durch Innenraumluftbelastung – Horrorvision oder Herausforderung für Ärzte?

Hans-Peter Hutter

"Das mochte ihm sauer werden, ... weil es in der Tat ein Krankheitsbild von großer Allgemeinheit und Unbestimmtheit war, das ich bot."

Thomas Mann

## Problemstellung

Das Öffentliche Gesundheitswesen, aber auch niedergelassene ÄrztInnen sind immer häufiger mit Anfragen der Bevölkerung zu Belastungen der Innenraumluft („Wohngifte“, Gerüche, Strahlung) konfrontiert.

In diesem Zusammenhang kommen immer öfter Krankheitsbilder ins Spiel, die uneinheitlich definiert und kontroversiell diskutiert werden sowie komplexe „Sammelsurien“ vieler verschiedener, zumeist unspezifischer, Symptome darstellen. Die Rede ist von MCS (Multiple Chemische Sensitivität), SBS (Sick Building Syndrom), BRS (Building related Symptoms), CF (Chronic Fatigue) usw. Zu diesen Beschwerdeformen besteht in der Ärzteschaft – was diagnostisches Vorgehen sowie Therapieangebote betrifft – zumeist nur wenig Hintergrundwissen. Häufig sind die ÄrztInnen allein auf sich gestellt und mit diesen vielschichtigen Beschwerdebildern sowie fachübergreifenden Wissensgebieten (Messtechnik, chemisch-physikalische Analytik) überfordert.

## Klientel und Beratungsanliegen

Im Hinblick auf das Beratungsbegehren puncto Innenraum können vornehmlich drei Gruppen unterschieden werden:

1. Personen, die sich im Wesentlichen Beratung hinsichtlich vorbeugender Maßnahmen in bezug auf Umweltschadstoffe wünschen.
2. Personen, die sich durch sinnesvermittelte Wahrnehmungen (z.B. Geruch) belästigt fühlen und befürchten, dass sie in ihrem Wohlbefinden und in ihrer Gesundheit ernsthaft beeinträchtigt werden könnten.
3. Personen, welche ihre gesundheitlichen Beschwerden (akute oder chronische klinische Symptomatik) auf eine mögliche Innenraumbelastung zurückführen.

Die erste Personengruppe besteht aus umweltbewussten und einschlägig informierten Personen und ist im Wesentlichen mit entsprechenden Informationen zu versorgen.

Bei Anfragen von Personen aus den beiden anderen Kategorien sind in der Regel mehrere Schritte zur Abklärung erforderlich, die in den folgenden Ausführungen beschrieben werden. Für die mit diesen Fragestellungen betrauten ÄrztInnen ergeben sich aufgrund der Vielschichtigkeit des Problems oft Schwierigkeiten sowohl hinsichtlich des Vorgehens bei den Erhebungen als auch bei der medizinischen Beurteilung eines fraglichen Gesundheitsrisikos durch Umweltschadstoffe.

Gründe hierfür liegen im Mangel an einheitlichen Kriterien zur Vorgehensweise bei der Abklärung sowie im (häufig beobachtbaren) Fehlen eines interdisziplinären Netzwerkes von Fachleuten. Zudem ist der hohe zeitliche und intensive Aufwand für die/den betreuende(n) Ärztin/Arzt nicht zu vernachlässigen.

## Betreuungsschema

Die Betreuungslogistik bei Anfragen von Betroffenen hinsichtlich Belastungen im Wohnbereich umfasst im allgemeinen folgende Schritte:

1. Ärztliches Erstgespräch zur Erfassung der aktuellen Beschwerdesituation,
2. Lokalaugenschein zur Erhebung der Wohnsituation,
3. Zusammenschau der Befunde und Erörterung von Maßnahmen,
4. Ausfertigung eines Arztbriefes.

### Ärztliches Erstgespräch zur Erfassung der aktuellen Beschwerdesituation

Grundlage einer sorgfältigen Abklärung ist eine ausführliche ärztliche Anamnese – gegebenenfalls mit Statuserhebung. Ziel ist es, sich einen Eindruck über die aktuelle Beschwerdesituation der Betroffenen zu machen.

Oft kommen Betroffene bereits mit einem Verdacht, dass ihre gesundheitlichen Beschwerden in Zusammenhang mit einer Innenraumluftbelastung stehen. Geklagt wird zumeist über eine Reihe von unspezifischen Symptomen (v.a. Augen, oberer und unterer Respirationstrakt) und Befindlichkeitsstörungen (v.a. Kopfschmerzen, Müdigkeit, Schwindel).

Diesem Gespräch muss von Anfang an genügend Zeit gegeben werden: Einerseits um Symptome und Belastungssituation möglichst umfassend zu erläutern, andererseits um die PatientInnen spüren zu lassen, dass ihre Anliegen ernst genommen werden (Aufbau eines Vertrauensverhältnisses). Schließlich soll das Gespräch aufzeigen, was für und was gegen die Vermutungen und die Überzeugung der PatientInnen spricht (z.B. Vorhandensein oder Nicht-Vorhandensein von zeitlichen und örtlichen Zusammenhängen). Sie sollten aufgeklärt werden, welche Daten gesichert sind und welche eher für eine andere Krankheit sprechen (Plausibilitätsüberlegungen). Dabei ist dringend zu beachten, eine frühe Fixierung auf bestimmte Ursachen und/oder (voreilige) Diagnosen (z.B. „Sie leiden wahrscheinlich unter MCS“) zu vermeiden.

Gemäß den Hinweisen aus der Anamnese gilt es im nächsten Schritt sich ein genaueres Bild über die Wohnsituation bzw. Wohnumgebung zu machen.

### Lokalaugenschein zur Erfassung der Wohnsituation und Wohnumgebung

Ziel des Lokalaugenscheines ist es, (1) die Beschreibungen des Patienten zu objektivieren, (2) das Vorhandensein potenzieller Quellen im Innenraum bzw. in der näheren Umgebung zu überprüfen und (3) zu entscheiden, ob Messungen erforderlich sind und wenn ja, welche Umweltparameter bzw. Schadstoffe gemessen werden sollten.

Die Begehung der Wohnung (ev. mit entsprechendem Erhebungsbogen) kann durch die ÄrztInnen allein durchgeführt werden. Allerdings hat es sich bewährt, bereits zu diesem Anlass entsprechende Fachleute (z.B. Mess-, Bau-, Lüftungstechniker) beizuziehen. So können gleich vor Ort spezifische Fragen medizinischer und technischer Natur interdisziplinär und unter Einbindung der Betroffenen erörtert werden. Damit kann der „Diagnose-Prozess“ zeitlich wesentlich verkürzt werden (z.B. Planung von etwaigen Mess-Strategien).

Anschließend ist zu entscheiden, ob die vorliegenden Fakten ausreichen, Empfehlungen zu treffen, oder ob eine abermalige Begehung und gegebenenfalls orientierende Messungen erforderlich sind. Zwar kann bereits bei einer Erstbegehung eine orientierende Messung durchgeführt werden, aufwendige Schadstoffmessungen ohne Indikation und vorhergegangene Besichtigung vor Ort sind jedoch nicht sinnvoll.

Diese Erhebungen vor Ort geben Aufschluss und Orientierung über Kontext der Beschwerden. Weitere Hinweise z.B. in Richtung wahrscheinliche Belastung gegenüber (Innenraum-)Schadstoffen, psychogene Überlagerung bei Expositionsverdacht oder Verdacht auf ein psychiatrisches Zustandsbild können sich ergeben.

Im Rahmen der Begehung sollen auch andere umweltrelevante Belastungsfaktoren erhoben (z.B. Nähe zu möglichen Emittenten von Luftschadstoffen, elektromagnetischen Feldern) sowie psychosoziale Stressoren mit erfasst werden (z.B. zu geringe Wohnungsgröße, Verkehrslärm, Nachbarschaftskonflikte).

Neben einer „Objektivierung“ der Patientenangaben hat der Ortsaugenschein auch den „Nebeneffekt“ einer vertiefenden ärztlichen Zuwendung.

## Zusammenschau der Befunde und Erörterung von Maßnahmen

Nach Zusammenschau der erhobenen Befunde stehen im Wesentlichen folgende (unterschiedlich aufwendige) Vorgangsweisen offen:

- Kein weiterer Handlungsbedarf: Die Betroffenen werden informiert, dass gesundheitliche Beeinträchtigungen aufgrund der vorgefundenen Situation nicht zu erwarten sind. Technisch-bauliche Veränderungen bzw. Änderung des Nutzerverhaltens sind aus medizinischer Sicht nicht indiziert. Allenfalls vorhandene gesundheitliche Beschwerden sind einer entsprechenden fachärztlichen Abklärung zuzuführen.
- Empfehlung von einfachen Maßnahmen: Vorschläge wie z.B. zum Lüftungsverhalten sollen die gegebene Situation verbessern bzw. verändern. In der Folge können noch weitere Aktivitäten wie Beratungsgespräche nötig werden (Haben die Maßnahmen gegriffen?).
- Durchführung von Messungen: Diese dienen der Quantifizierung und Bewertung allfälliger vorhandener oder begründet vermuteter Umweltbelastungen. Gemäß der Messergebnisse sind anschließend entsprechende Maßnahmen zu erarbeiten (z.B. Einsatz speziellerer Messverfahren zur Quellensuche, Entfernung der Schadstoffquelle, Biomonitoring). Dabei ist zu beachten, dass bei Einsatz von speziellen Verfahren der Umweltanalytik und/oder des Biomonitorings die Kostenfrage vorher abgeklärt werden muss.

Wie aus Berichten von umweltmedizinischen Ambulanzen und Beratungsstellen bekannt ist, ergeben sich nur in Einzelfällen klare (mono)kausale Zusammenhänge zwischen Beschwerdebild und Exposition durch Innenraumluft-Schadstoffe (Hutter u. Walter 1997, Weber u. Kraus 1995, Eis et al. 1995). Mehrheitlich sind die Ursachen für die angegebenen Beschwerden nicht eindeutig eruierbar. In diesen Fällen muss generell ein möglichst belastungsarmes Wohn-, Arbeits- etc. Umfeld geschaffen werden. Dadurch können zusätzliche Belastungen durch potenzielle (Schad-)Faktoren vermieden werden.

Eine wesentliche Hilfestellung für die PatientInnen ist die Koordination von bzw. Vernetzung mit anderen FachärztInnen und Fachleuten. Die Gesamtbetreuung sollte allerdings in den Händen einer verantwortlichen Person – vorzugsweise Ärztin/Arzt mit umweltmedizinischer Erfahrung – liegen.

## Ausfertigung eines Arztbriefes

Zur Vermeidung von Unklarheiten, Vermittlung der Beratungsergebnisse sowie Informationsaufbereitung und (internen) Dokumentation hat es sich als vorteilhaft erwiesen, neben einer mündlichen Aufklärung einen zusammenfassenden Abschlussbrief zu verfassen. Dabei ist auf leichte Verständlichkeit und möglichst klare Interpretation der Befunde bzw. eindeutige Darstellung und Beurteilung der Expositionssituation zu achten.

## Schlussfolgerungen

Die Aktivitäten, die im Zuge der Betreuung gesetzt werden, erfüllen im Wesentlichen zwei Funktionen. Sie dienen einerseits der Abklärung der Situation und sollen die Klienten einer Lösung ihres Problems zumindest näher bringen oder es besser charakterisieren. Zweitens hat die Handlung per se – „man kümmert sich um mich und meine Probleme“ – einen positiven Einfluss auf die Patienten-Zufriedenheit. Wie eine Wiener Studie (Hutter et al. 1999) zeigt, steigt die Zufriedenheit mit der Anzahl von Aktivitäten, die im Rahmen der Betreuung gesetzt werden.

Ein gut geführtes Anamnese- bzw. Beratungsgespräch stellt zwar ein wesentliches Element der Problemlösung dar, zur gründlichen umweltmedizinischen Abklärung ist dies allein jedoch nicht ausreichend. Zumindest eine Wohnungsbegehung ist zum Ausschluss anderer vom Klienten möglicherweise nicht wahrgenommener Einflussfaktoren, zur Risikoidentifizierung und Entscheidung über eine Messung erforderlich.

Auch wenn erfahrungsgemäß bei Beschwerden im Innenraumbereich direkte und einfache Kausalitäten zwischen einem Beschwerdekomples und einer Schadstoffexposition nur in Ausnahmefällen aufgedeckt werden können, kann nach unserer Erfahrung eine hohe Zufrieden-

heit bei den Betroffenen – trotz weiterhin bestehender Probleme und offener Fragen – erzielt werden. Die Vielschichtigkeit ihres Beratungsanliegens dürfte den PatientInnen zumeist bewusst sein. Daher erwarten sie selbst keine einfachen Lösungen zu ihren Problemstellungen, sondern von den ÄrztInnen Unterstützung und Hilfestellung zu Teilaspekten. Herausforderung und Vielfalt kennzeichnen die umweltmedizinische Arbeit. Ein breites Spektrum an Themen ermöglicht den ÄrztInnen, sich in jede Richtung zu vertiefen, speziellen Interessen nachzugehen und einen „eigenen Weg“ zur Problemlösung zu entwickeln. Technisches Verständnis, soziale Kompetenz und nicht zuletzt Fachwissen gepaart mit ärztlichem Feingefühl sind gefragt.

## Literatur

Eis D, Geisel U, Sonntag HG (1995): Erfahrungen mit der Umweltmedizinischen Ambulanz am Hygiene-Institut des Universitätsklinikums Heidelberg. Zentralblatt für Hygiene und Umweltmedizin 197: 212-221.

Hutter HP, Moshammer H, Wallner P (2001): Determinanten der Zufriedenheit von Patienten mit der Betreuung durch die Umweltmedizinische Beratungsstelle der Stadt Wien. Gesundheitswesen 63(4): 238-241.

Hutter HP, Moshammer H, Wallner P, Baumann R, Schneider J, Tappler T, Baldinger S, Palmisano G, Kundi M (2002): Ziele und Aufgaben des Arbeitskreises Innenraumluft. Mitteilungen der Sanitätsverwaltung 103(1): 3-6.

Hutter HP, Walter R (1997): Die umweltmedizinische Beratungsstelle am Institut für Umweltmedizin der Stadt Wien. Umweltmedizin in Forschung und Praxis 2(3): 221-222.

Weber A, Kraus Th (1995): Individualmedizinische Diagnostik in der klinischen Umweltmedizin - Hinweise für eine einzelfallbezogene Risikoanalyse. Öffentliches Gesundheitswesen 57: 355-361.

# Innenraum und mehr - der Blick über den Tellerrand

Renate Cervinka, Ernst Neudorfer

## Einleitung

Der Blick über den Tellerrand erfolgt im vorliegenden Beitrag aus zwei Blickwinkeln:

Blickwinkel 1: Beziehung zwischen Außen- und Innenraumluft

Blickwinkel 2: (Umwelt)psychologie und Technik

Die Themen werden anhand der Erfahrungen, welche im Rahmen eines praktischen Beispiels aus dem Bereich Geruchssanierung in den Jahren 1999 bis 2003 gesammelt wurden, bearbeitet [Cervinka & Neudorfer, 2003, 2004]. Daraus werden auch Empfehlungen für die Gestaltung von Information und Kommunikation bei der Bekämpfung von Umweltstressoren abgeleitet.

## Beziehung zwischen Außen- und Innenraumluft

Eine Belastung der Außenluft ist für die Qualität der Innenraumluft in zweifacher Weise bedeutsam:

Erstens kommt es zu einem Eintrag von Schadstoffen, Lärm oder Geruchsbelastungen von außen nach innen [AGU, 2003]. Eine Minderung der Qualität der Innenraumluft kann die Folge sein.

Zweitens führt der Wunsch nach Vermeidung der Belastung im Innenraum seitens der NutzerInnen zu einer Veränderung des Lüftungsverhaltens der Innenräume. Die Fenster zu schließen, stellt bei einer Belastung der Außenluft eine von den Betroffenen häufig gewählte Maßnahme dar [Ewers, 2001]; (siehe auch Abbildung 1). Dieses Verhalten kann (wenn die Fenster zur Vermeidung des Eintrages von außen nach innen, vielleicht gar nicht erst geöffnet werden) zu einer Beeinträchtigung der Qualität der Innenraumluft führen und ggf. auch die Entwicklung von Schimmelbefall begünstigen.

In Abbildung 1 sind die von Befragten [Cervinka & Neudorfer, 2003, 2004] angewendeten Bewältigungsstrategien bei Geruchsbelästigung dargestellt. Am häufigsten werden angegeben: „möchte wissen, woher der Geruch kommt“, „an die Situation anpassen“, „Fenster schließen“, „überlege mir Wege, das Geruchsproblem zu lösen“, „spreche mit Freunden darüber“ sowie „Geruch in Kauf nehmen“.

Abb. 1: Verhalten bei Geruchsbelästigung durch die Außenluft. N = 359 Personen. Quelle: [Ewers, 2001]



## (Umwelt)psychologie und Technik

Ist eine Belastung der Außen- oder Innenraumluft durch geruchsaktive Substanzen gegeben, kann daraus noch nicht ohne weiteres auf die individuelle Geruchsbelästigung geschlossen werden. Neben physikalisch-chemischen Gegebenheiten bestimmen situative und personale Faktoren die Belästigungsreaktion. Wahrnehmungs- und Bewertungsaspekte spielen hier eine entscheidende Rolle. Ergebnisse der Geruchswirkungsforschung (Steinheider, 1997; Winneke & Steinheider, 1998) belegen diese komplexen Dosis-Wirkungsbeziehungen zwischen Geruchsbelastung und resultierenden Belästigungsreaktionen.

Zu den (umwelt-)psychologischen Fragen zählen neben Wahrnehmungs- und Bewertungsphänomenen und ihrer Messung weiters noch die Bewältigung der Belastung durch Umweltstressoren seitens der Betroffenen (das so genannte Coping) und die Informationspolitik der ExpertInnen. Durch die in den vergangenen Jahrzehnten verstärkte Sensibilisierung der Bevölkerung gegenüber Umweltbelastungen sehen sich Kommunen und Betriebe vermehrt mit Beschwerden konfrontiert, gleichzeitig müssen sie auch in der Lage sein, ihre Beziehungen zu den AnrainerInnen positiv zu gestalten [Cervinka & Neudorfer, 2003, 2004].

Durch eine direkte Befragung von Betroffenen kann nach [Frechen 2001] das Ausmaß der Geruchsbelästigung am zutreffendsten – ohne Umwege über Hilfsgrößen oder Abschätzungen – erhoben werden. Solche Befragungen können qualitativ und/oder mittels quantitativer Methoden erfolgen.

### Geruchssanierung und transdisziplinäre Evaluation

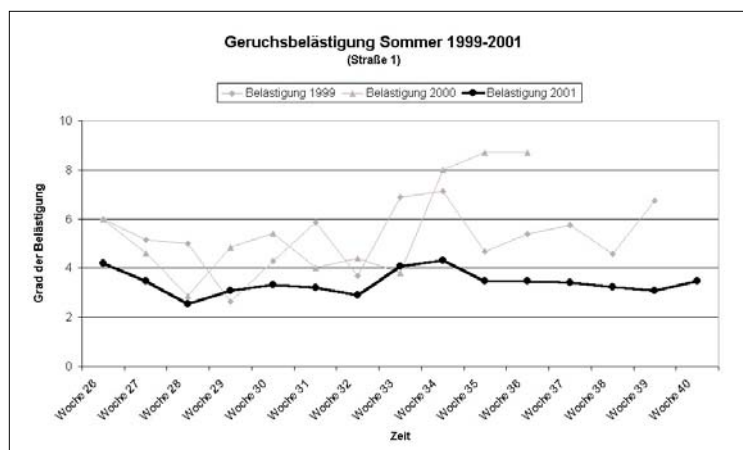
Gezielte Befragungen, unter Anwendung der vom VDI empfohlenen Methoden (siehe auch [VDI, 1993 und 1997]; [Cervinka & Neudorfer, 2004]), fanden im Rahmen eines Geruchssanierungsprojektes der Gemeinde Wien statt.

Im Norden Wiens neigte der örtliche Abwassersammelkanal aufgrund äußerer Bedingungen (ungünstige Bauweise, großes Einzugsgebiet, geringes Gefälle und geringer Sauerstoffgehalt des Abwassers) – besonders in der warmen Jahreszeit – zu starker Geruchsbildung. Olfaktometrische Messungen der Geruchsemissionen des Abwassers ergaben z.T. sehr hohe Werte (bis zu 33.000 GE/m<sup>3</sup>). Die für die Kanalisation zuständige Magistratsabteilung (MA30-Wien-Kanal) entschloss sich zu einer Sanierung und erarbeitete in weiterer Folge ein – in diesem Ausmaß erstmals in Wien in Angriff genommenes – Sanierungskonzept [Nowak, 2001].

Die Sanierungsmaßnahme besteht im Wesentlichen aus einer Nitratdosierung in das Kanalabwasser. Sie wurde mit einem umfangreichen technischen Messprogramm (physikalisch-chemische Online-Messungen des Abwassers und der Kanalluft, olfaktometrische Messungen, Durchflussmessungen, Wetter- und Klimabeobachtungen) evaluiert. Begleitend zu den technischen Messungen fanden BürgerInnenbefragungen mittels Fragebogen und wiederholte Kurzbefragung statt. In der Folge wird auf die Ergebnisse der psychologischen Belästigungserhebungen näher eingegangen.

Durch die regelmäßigen BürgerInnenbefragungen konnte eine signifikante Verringerung der Geruchsbelästigung sowohl während der Dosierungsperiode, als auch im Verlauf des Projektes, nachgewiesen werden (siehe Abbildung 2).

Abb. 2: Verlauf der Geruchsbelästigung während der Sommermonate der Jahre 1999 bis 2001 in Straße 1 des Sanierungsgebietes.



Deutlich ist in der Abbildung der OFF-Effekt nach Beendigung der Dosierungsperiode im Jahr 1999 und 2000 (Woche 32 bzw. 33) zu sehen. Im Jahr 2001 wurde durchgängig dosiert, hier sind die Belästigungswerte durchgängig niedriger. Insgesamt fiel die Belästigungsreduktion jedoch geringer aus, als von den Technikern erwartet.

Statistische Berechnung ergaben hohe und zumeist signifikante Korrelationen (bis zu  $r=0,83$ ) zwischen der Geruchsbelästigung der Bevölkerung und den  $H_2S$ -Konzentrationen der Kanalluft. Interessant ist freilich, dass es auch ein Gebiet gab, in dem trotz einer hohen Konzentration geruchsaktiver Substanzen im Kanal keine nennenswerten Belästigungsreaktionen der AnrainerInnen auftraten.

### **Bewältigungsverhalten (Coping)**

Die Erhebung über den Umgang mit Geruchsbelästigung ergab einen Stichprobenanteil von 12 Prozent an Personen mit problemorientierten Bewältigungsstil. Dies bedeutet, dass sich diese Personen mit dem Geruchsproblem auseinandersetzen und auch direkte Handlungen setzen. Im Umgang mit dem Geruchsproblem ist diese Gruppe sehr aktiv (siehe auch Abb. 1). Diese Personengruppe reagiert aber auch sensibel auf Veränderungen. Verbesserungen werden tendenziell positiver wahrgenommen als von Personen, die das Problem mittels Emotionsregulation zu bewältigen versuchen.

Es hat sich auch gezeigt, dass diese Gruppe im Vergleich zu den emotionszentrierten BewältigerInnen höher belästigt ist, über ein geringeres Wohlbefinden berichtet und vermehrte Beeinträchtigungen und gesundheitliche Beschwerden anführt. Im Zuge von Sanierungsmaßnahmen empfiehlt es sich daher diese Gruppe besonders zu berücksichtigen.

### **Informationsbedürfnis**

Neben der Beseitigung des Gestankes erwarteten sich die Betroffenen auch konkrete Informationen über das Projekt und den Projektfortschritt. Durch die Teilnahme an der Befragung bekamen die Betroffenen auch die Möglichkeit, ihre Sanierungserwartungen zu nennen. Diese Erwartungen (Versiegeln der Kanaldeckel, Verstärkung der Durchspülung, etc.) stimmten mit der gesetzten Maßnahme (Nitratdosierung) in keinem einzigen Fall überein und verlangten ebenfalls nach gezielter Information der Betroffenen.

Im Rahmen des Beschwerdemanagements fanden dann auch die gewünschten direkten Kontakte der verantwortlichen Techniker mit den BeschwerdeführerInnen statt.

### **Schlussfolgerungen**

Das Ziel einer Sanierung kann nicht nur allein die technische Beherrschung der störenden bzw. gefährlichen Agenzien sein, sondern muss auch die Reduktion der Belästigung der Betroffenen sein. Nach Meinung der AutorInnen kann ein Sanierungsprojekt nur dann als erfolgreich beurteilt werden, wenn die technischen Untersuchungsergebnisse und die Angaben der Betroffenen ein übereinstimmendes Bild ergeben und allfällige Missverständnisse im Rahmen des Projektes auch zu beseitigen versucht werden. Wie schon [Barjenbruch 2001] für Geruchssanierungsmaßnahmen feststellte, spielt neben der technischen Abwicklung von Sanierungsmaßnahmen ein gut funktionierendes Beschwerdemanagement, welches eine gegenseitige Information vorsieht, eine zentrale Rolle. Ohne begleitendes Beschwerdemanagement und Einbeziehung der betroffenen Personen besteht die Gefahr, dass die Belästigungsreduktion bzw. das Erleben der Beseitigung der Störung/Gefahr trotz technischen Erfolges ausbleibt. Im gegenständlichen Projekt arbeiteten BürgerInnen, Techniker und SozialwissenschaftlerInnen im Sinne einer nachhaltigen Kanalsanierung erfolgreich zusammen. Gegenseitige Berührungängste und negative Zuschreibungen konnten im Laufe der Zeit abgebaut werden.

Unzureichende Information ist ein häufiger Kritikpunkt seitens der BürgerInnen. Direkte Kommunikation und der persönliche Kontakt mit manchmal auch aufgebrauchten Leuten ist bei vie-



len Fachexperten meist nicht sehr beliebt. Sie ist im Zuge einer ganzheitlichen Sanierung aber unabdingbar. Meist erweisen sich auch vorerst erzürnte Personen im Zuge der Auseinandersetzung als kooperationsbereit. Information und Kommunikation müssen aber genau so wie alle anderen Maßnahmen genau geplant und von langer Hand vorbereitet werden [Cervinka & Neudorfer, 2003]. Soll oder muss diese Aufgabe delegiert werden, empfiehlt sich die rechtzeitige Abgabe der Teilaufgabe oder die Etablierung einer transdisziplinären Teamarbeit.

## Literatur

AGU - ÄrztInnen für eine gesunde Umwelt (Hrsg.) (2003). Wohnen und Gesundheit, Wien.  
Barjenbruch, M. (2001). Vermeidung von Geruchsentwicklungen im Kanalnetz. *wwt awt*, Nr. 4, S. 35-38.

Cervinka, R. & Neudorfer, E. (2003). „Hilfe, es stinkt!“ Geruchsbelästigung und Kanalsanierung in der Stadt. *Umweltpsychologie*, 7. Jg. Heft 1, S. 24-37.

Cervinka, R. & Neudorfer, E. (2004/in press). Psychometrische Erfassung von Kanalgerüchen im Rahmen einer Geruchssanierungsmaßnahme – Kombinierte Anwendung der VDI-Richtlinien 3883/Blatt 1 und 2. *Gefahrstoffe – Reinhaltung der Luft*.

Ewers, K. (2001). Verarbeitung der Umweltbelastungsfaktoren Geruch und Lärm unter besonderer Berücksichtigung von Geschlecht und Coping. Unveröff. Dipl., Universität Wien.

Frechen, F.B. (2001). Geruchsmessung und –quantifizierung. In H. H. Hahn & J. Kraus (Hg.), *Geruchsemissionen. Tagungsband der 15. Flockungstage 2001*. Karlsruhe: Institutsverlag – Siedlungswasserwirtschaft.

Nowak, R. (2001). Problems with odour emissions from sewage systems. A systematic approach of the Vienna city authorities. Vortrag auf der First IWA international conference on odour and VOCs in Sydney/Australien (25.-28. März 2001).

Steinheider, B. (1997). Die Wirkungen von Industriegerüchen als Umweltstressoren. Wiesbaden: Dt. Univ.-Verlag.

VDI (Verein Deutscher Ingenieure) (1993). Wirkung und Bewertung von Gerüchen. Ermittlung von Belästigungsparametern durch Befragungen. Wiederholte Kurzbefragung von ortsansässigen Probanden. VDI-Richtlinie 3883 Blatt 2.

VDI (Verein Deutscher Ingenieure) (1997). Wirkung und Bewertung von Gerüchen. Psychometrische Erfassung der Geruchsbelästigung. Fragebogentechnik. VDI-Richtlinie 3883 Blatt 1.

Winneke, G. & Steinheider, B. (1998). Expositions-Wirkungs-Zusammenhänge für Geruchsbelästigungen und Beschwerden: Eine Übersicht. In Kommission Reinhaltung der Luft im VDI und DIN (Hg.), *Gerüche in der Umwelt. Innenraum- und Außenluft*. S. 361-371. Düsseldorf: VDI-Verlag.

# Ist Natur gesund?

## Mögliche Raumlufthprobleme durch Naturstoffe

Peter Tappler

### „Gesunde Materialien“

Seit Ende der 70er Jahre sind die Gefahren synthetischer Chemikalien im Bauwesen in das Zentrum des Interesses gelangt. Als Antwort auf Formaldehyd, PCP und Asbest besann man sich auf natürliche, zum Teil traditionelle Baustoffe, Materialien und Konstruktionen, deren Herstellung und Entsorgung merkbar weniger ökologische Belastungen mit sich bringen und dadurch im weitesten Sinn einen Vorteil für den Konsumenten versprechen.

In den letzten Jahren zeigte sich allerdings die Tendenz, dass das Thema „Gesundheit“ im Bereich des ökologischen Bauens immer mehr an Bedeutung gewann, Ökologie dagegen für den Konsumenten nicht mehr so im Vordergrund stand. War noch in den 80er Jahren die Angst um die in nächster Zukunft drohenden ökologischen Katastrophen aktuell, steht heute bei Konsumenten in erster Linie die Sorge um die eigene Gesundheit im Vordergrund. Ein Mitgrund für diese Entwicklung mag auch ein, dass zahlreiche der damals prophezeiten ökologischen Untergangs-Szenarien nicht eingetroffen sind.

Auch in der Baubiologie hat sich dieser Wandel vollzogen. Es ist nicht zu übersehen, dass Produzenten und Vertrieber umweltgerechter Materialien im Baubereich werblich die Brücke zur Gesundheit schlagen – ökologische Produkte verkaufen sich eben am besten über die Gesundheitsschiene. Angefragt wird eher das gesundheitlich unbedenkliche Material, ob es gesamtökologisch betrachtet empfehlenswert ist, hat für den Endverbraucher meist niedrigere Priorität. Anhand der telefonischen Anfragen, die das IBO – Österreichische Institut für Baubiologie und -ökologie erreichen, lässt sich diese Entwicklung sehr gut ablesen. Waren beispielsweise noch vor 15 Jahren nur ein Bruchteil der Konsumenten anfragen gesundheitsbezogen, hat sich dieser Prozentsatz mittlerweile vervielfacht.

Vor diesem Hintergrund verwundert es nicht, dass auch bei den Produzenten und im Handel Aussagen in den Vordergrund gestellt werden, die eine positive gesundheitliche Wirkung suggerieren. Das Preisniveau qualitativ höherwertiger, baubiologischer Produkte wird häufig nur dann akzeptiert, wenn unter dem Strich ein – imaginer oder realer – Bonus für die Gesundheit des Käufers entsteht. Naturharz-Bodenbeschichtungen werden beispielsweise als „gesund“ bezeichnet, es wird die Schaffung eines gesunden Raumklimas versprochen. „Häuser atmen auf“ [Auro 2004], es wird versichert, dass Bauen mit Lehm gesund ist [Texbis 2004]. Diese Liste ließe sich lange fortsetzen. Es scheint fast so, dass kein Hersteller ökologischer Baustoffe mehr ohne gesundheitsbezogene Aussagen in seinen Produkten auskommt.

### Wie kann ein Baustoff gesund sein

Ein Baustoff oder Material der Inneneinrichtung ist kein Medikament – von einem gesunden Material zu sprechen ist für den Endverbraucher irreführend und missverständlich – wird doch der Eindruck erweckt, dass durch die Verwendung dieses Materials die Gesundheit des Bewohners direkt verbessert wird, was sicher nicht der Fall ist. Der Unterschied ist zwar klein, aber dennoch wichtig: Ein Baumaterial kann

#### 12 gute Gründe, mit Lehm zu bauen

Lehm wird für den Hausbau seit Jahrtausenden in aller Welt verwendet. Richtig aufbereitet und verarbeitet, liefert der Aushub ohne den Humusanteil einen gesunden, regenerierbaren Baustoff, der auch heute allen ökologischen und ökonomischen Anforderungen gerecht wird.

Bauen mit Lehm und Wohnen in Lehmhäusern ist gesund. Lehm reguliert die Luftfeuchtigkeit, schafft ein gutes Raumklima, ist hautfreundlich und bindet schlechte Gerüche wie etwa Zigarettenrauch.

#### Naturfarbe - was ist das?

AURO Naturfarben werden nach den Prinzipien der "Sanften Chemie" hergestellt. Ein wesentlicher Teil der Produktion findet nicht im Betrieb selbst, sondern in der Natur statt: nämlich die durch die Sonne ablaufenden Syntheseprozesse in den Pflanzen. Diese nachwachsenden Rohstoffe werden bei AURO mit geringer Energiezufuhr in einfachen, überschaubaren Verfahren und ohne umweltbelastende Abfälle verarbeitet. Die so hergestellten Naturfarben sind später restlos wieder in die ökologischen Kreisläufe eingliederbar.

Es gibt viele Argumente, die klar für konsequent ökologische Naturfarben sprechen: Natürliche Rohstoffe - voll deklariert, Lebensqualität durch die Schaffung eines gesunden Raumklimas und in der Ökobilanz sind unsere Produkte preisgünstiger als viele konventionelle Farben. AURO Naturfarben gibt es für viele Anwendungsbereiche und 20 Jahre Erfahrung in der Praxis beweisen: **Naturfarben können technisch gut oder besser sein als viele Kunstharzfarben!**

Mehr Informationen erhalten Sie in unserer AURO-Tour "Häuser atmen auf!"



Gesunde Baustoffe sehen Sie ...  
riechen Sie ... spüren Sie ...

bestenfalls gesundheitlich unbedenklich sein – dies macht es jedoch noch nicht zu einem gesunden Material (wie auch streng genommen der Begriff der „gesunden Raumlufte“ zu diskutieren wäre).

Der Erhaltung der Gesundheit zuträglich ist erst die richtige Kombination von Baumaterialien mit anderen Faktoren: der Lage eines Hauses, dem fachgerechten Einbau, der Sinnhaftigkeit des Einbaues gerade dieses Baustoffes, Farbe, Licht, Oberflächentemperatur oder Gebrauchstauglichkeit, nicht zuletzt auch soziale Komponenten (Preis eines Materials in Bezug zur wirtschaftlichen Situation des Bauherrn, Anordnung von Arbeitsplätzen etc.). Dadurch kann – als Summe all dieser Einflüsse und noch anderer – sehr wohl die Gesundheit der Bewohner eines Gebäudes gefördert werden.

## Mögliche Raumlufteprobleme durch Naturstoffe

### Problemkreise und Abgrenzungen

Im Regelfall ist die Anwendung von Naturmaterialien bzw. traditionellen Konstruktionen mit keinen gravierenden Raumlufteproblemen oder gesundheitlichen Risiken verbunden. In ungünstigen Fällen können natürliche Baustoffe jedoch raumlufthygienische Probleme aufwerfen. Es scheinen gerade diejenigen am meisten auf Naturstoffe zu reagieren, die auch gegenüber synthetischen Chemikalien und klassischen Allergenen empfindlich sind – MCS-Patienten, Allergiker und vorgeschädigte Personen.

Raumlufteprobleme durch Naturstoffe und traditionelle Bauweisen bzw. Konstruktionen haben vor allem drei Ursachen:

- Niedrige Qualität der verwendeten Produkte
- Ungeeignete Auswahl der Bauteile, Zubereitungen und Konstruktionen
- Falsche Anwendung der eingesetzten Materialien

Prinzipiell können in Innenräumen produzierte oder aus der Außenluft stammende Luftbestandteile wie Ozon und andere reaktive Verbindungen wie z.B. Aldehyde in der Gasphase oder an Materialoberflächen mit anderen Stoffen reagieren und neue Verbindungen erzeugen. Art und Menge dieser so genannten sekundären Emissionsprodukte sind von den Vorläufersubstanzen und den klimatischen Parametern abhängig. Zahlreiche im Innenraum gebräuchliche Produkte emittieren darüber hinaus herstellungsbedingt reaktive Verbindungen oder Sekundärprodukte [Salthammer 2000]. Solche Verbindungen können schon in niedrigen Konzentrationen durch ihre Geruchsintensität oder ihre irritative Wirkung das menschliche Wohlbefinden negativ beeinflussen [Wolkoff et al. 1997].

Für den Nachweis dieser Verbindungen ist zum Teil eine über Routinemethoden hinausgehende, spezielle Analytik notwendig; manche Substanzen können derzeit überhaupt noch nicht analytisch erfasst werden.

Tab. 1: Mögliche Reaktionsprodukte und reaktive Komponenten in der Innenraumlufte mit potenziellen Emissionsquellen (nur Naturstoffe aufgelistet) und Vorläufersubstanzen (nach [Salthammer 2000], ergänzt)

Quelle	Vorläufersubstanz	Reaktive Verbindung/Reaktionsprodukt
Kork	Pentosen	Furfural, Ameisensäure, Essigsäure, Hydroxymethylfurfural
Weichholz, Terpentin		$\alpha$ -Pinen, $\beta$ -Pinen, $\Delta^3$ -Caren, Longifolen, $\beta$ -Phellandren, Camphen, Myrcen, Carvon
Linoleum, Leinöl als Bindemittel für Naturstoffbeschichtungen, (Alkydharze)	Ölsäure	Heptanal, Octanal, Nonanal, Decanal, 2-Decenal
	Linolensäure	2-Pentanal, 2-Hexanal, 3-Hexanal, 2-Heptanal, 2,4-Heptedienal, 1Penten-3-on
	Linolsäure	Hexanal, Heptanal, 2-Heptenal, Octanal, 2-Octenal, 2-Nonenal, 2-Decenal, 2,4-Nonadienal, 2,4-Decadienal

Im Folgenden werden für die Hauptursachen von Raumluftproblemen einige ausgewählte Beispiele aus der Praxis (ohne Anspruch auf Vollständigkeit) dargelegt.

### **Niedrige Qualität der Produkte**

In der Regel versucht jeder Hersteller, dem Konsumenten optimale Qualität zu bieten. Aufgrund der Tatsache, dass Naturmaterialien per definitionem nicht industriell unter genau definierten Bedingungen hergestellt werden bzw. oft keine industrielle Verarbeitung erfahren, ergeben sich in manchen Fällen große Qualitätsunterschiede sowohl zwischen einzelnen Produzenten als auch zwischen einzelnen Produktionchargen des gleichen Herstellers.

Ein typisches Beispiel ist der Bodenbelag Linoleum, dessen Hauptanteil Leinöl unter anderem aus den Bestandteilen Linolsäure und Linolensäure besteht. Aus diesen Leinölbestandteilen entstehen geruchsintensive Substanzen, die als für Linoleum typisch empfunden und vom Konsumenten in der Regel nicht beanstandet werden. Bei falscher Lagerung bzw. Produktion, die nicht dem letzten Stand der Technik entspricht, verstärken sich allerdings diese Abgasungen, die dann zu den vor allem durch höhere Aldehyde verursachten, persistenten muffigen Gerüchen führen [Jensen et al. 1993].

Einige Vertreter der Isoprenoide werden seit einigen Jahrzehnten in zunehmenden Ausmaß als Alternativen zu synthetisch hergestellten Lösungsmitteln verwendet. Hier ist vor allem das Zitruschalenterpen Limonen zu nennen, das als Lösungsmittel in Naturöl- und Naturharzpräparaten eingesetzt wird. Weiters findet man diese Substanz als Duftstoff in einer Vielzahl von im Haushalt eingesetzten Produkten (z.B. Waschmittel, Spülmittel, Duftöle).

Die Verwendung von Terpentinöl (eine Mischung unterschiedlicher Terpene) als Lösungsmittel ist dagegen stark rückläufig – interessant ist in diesem Zusammenhang, dass fast alle Naturfarbenhersteller in den letzten Jahren das Terpentinöl aus ihren Produkten entfernt und durch Zitruschalenterpene (Hauptanteil Limonen) oder synthetische Lösungsmittel ersetzt haben. Überschreitungen des in Deutschland gültigen Richtwertes I für bicyclische Terpene (Leitkomponente  $\alpha$ -Pinen) von  $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$  [Sagunski, Heinzow 2003] kommen daher in der Praxis nicht mehr so häufig vor. Nach wie vor ist allerdings zu beobachten, dass natürliche Lösungsmittel niedriger Qualität relevante Konzentrationen des in der Raumluft unerwünschten Stoffes  $\Delta^3$ -Caren verursachen.

Verbindungen wie  $\alpha$ -Pinen,  $\beta$ -Pinen oder  $\Delta^3$ -Caren wurden in relevanten Konzentrationen auch als Abgasung von frischem Nadelholz nachgewiesen [Salthammer et al. 1996]. Eigene Messungen zeigen allerdings, dass bei der Verwendung von Holz in Innenräumen längerfristig keine extrem hohen Konzentrationen entstehen.

Radon ist ein natürliches, Krebs erzeugendes radioaktives Edelgas. Es entsteht ständig durch radioaktiven Zerfall aus natürlichem Uran. Die radioaktive Eigenstrahlung von Baustoffen war in der Vergangenheit Thema, was in der Folge zu einer Regelung durch die ÖNORM S 5200 führte. Ein Naturstoff, der aufgrund seiner Zusammensetzung die Vorgaben dieser Norm überschreiten kann, ist Granit. Unter den einzelnen Granitsorten existiert jedoch eine große Variabilität bezüglich der radioaktiven Eigenstrahlung [Sorantin et al. 1981]. Zum Teil wurden maßgebliche Erhöhungen gegenüber Durchschnittswerten gemessen, manche Granitsorten hatten jedoch auch eine völlig unauffällige Eigenstrahlung. Eine erhöhte Eigenstrahlung eines Baustoffes führt dann zu einer signifikanten Erhöhung der Radonkonzentration in der Innenraumluft, wenn er in größeren Mengen als Baustoff oder als Fußbodenmaterial eingesetzt wird. Die beliebte Küchenarbeitsplatte aus Granit trägt auch bei sehr niedriger Qualität nur in unbedeutendem Ausmaß zur Erhöhung der Radon-Konzentration in Innenräumen bei.

Die als „ökologisch“ wahrgenommenen Holzwerkstoffe dreischichtiges Brettsperrholz, Tischlerplatten und Furnierholz werden häufig als Alternative zu Spanplatten eingesetzt. Die Emissionsrate an Formaldehyd wird vor allem von der Auswahl der Leime bestimmt. Platten guter Qualität tragen nur unbedeutend zur Formaldehydkonzentration in Räumen bei. Materialien schlechter Qualität (mit Harnstoff-Formaldehydharzen als Leime) können jedoch beträchtliche Mengen an Formaldehyd abgeben, welche die Emission von E1-Spanplatten deutlich überschreitet wodurch diese Materialien ungeeignet für den Einsatz in Innenräumen werden.

### **Ungeeignete Auswahl der Materialien und Konstruktionen**

Die ungeeignete Auswahl eines an sich bewährten Materiales lässt sich anhand des Beispiels Kork zeigen. Kork gibt, abhängig von der Produktionsmethode, stark unterschiedliche Mengen an VOC, darunter eine Reihe von Substanzen mit niedrigem Geruchsschwellenwert, an die Raumluft ab [Horn et al. 1998]. Wird nun beispielsweise Korkgranulat niedriger Qualität in der Bodenschüttung eingesetzt, wie es in der Praxis mitunter vorkommt, kann dies aufgrund der offenen Verbindung zwischen dem Material und der Raumluft zu starken Gerüchen führen. Die Geruchsqualität reicht dabei von „korktypisch“ bis zu „Geruch nach geselechtem Fleisch“.

Obgleich Radon auch von Baustoffen abgegeben (emaniert) wird, ist die Hauptquelle von Radon in der Regel der geologische Untergrund. Von dort kann das Gas über Kellerräume in Wohnräume eindringen. Es zeigte sich bei umfangreichen Messungen in Österreich im Rahmen der ÖNRAP-Studie [2004], dass der Mittelwert eines Gebietes wenig über das individuelle Risiko aussagt – die tatsächliche Radonkonzentration hängt stark von der Bauweise und vom Lebensstil der Bewohner ab.

Ein Beispiel für eine ungeeignete Konstruktion wäre das Erstellen eines sogenannten „Naturkellers“ mit diffusionsoffenen Kellerwänden in Gebieten mit einem hohen Radonabgasungspotential des Untergrundes (Radonrisikogebiete). In diesem Fall strömt das natürliche radioaktive Edelgas Radon in hohen Konzentrationen nahezu ungehindert in die Kellerräume und in der Folge in die Wohnräume. Risiken entstehen auch, wenn in Radonrisikogebieten Erdwärmetauscher mit nicht absolut dichter Verrohrung ausgeführt würden. Als Folge würden sich in den Innenräumen erhöhte Konzentrationen des Edelgases Radon einstellen.

### **Falsche Anwendung der eingesetzten Stoffe**

In vorindustriellen Zeiten entsprach der Einsatz von Naturstoffen dem Stand der Technik; die Verarbeitungsmethoden wurden von praktisch allen Handwerkern beherrscht. Dieses Wissen ist jedoch weitgehend verloren gegangen. Nur wenige moderne Handwerksbetriebe beherrschen die Verarbeitung von Naturstoffen, die vor allem im Bereich der Beschichtungen mitunter nicht trivial ist. Dazu kommt, dass manche Konsumenten glauben, alle Arbeiten selbst ausführen zu können. Es verwundert daher nicht, wenn aufgrund des mangelnden Wissens Fehler entstehen, die in manchen Fällen mit einer Raumluftkontamination einher gehen.

Bei großflächiger Verwendung von lösungsmittelhaltigen Beschichtungen (Lacke und Imprägnierungen für Boden und Möbel) ergibt sich in der ersten Zeit nach der Applikation eine deutlich erhöhte Konzentration an flüchtigen Substanzen (z.B. Terpene oder isooliphatische Verbindungen) in der Innenraumluft. Wird nun die Wartezeit nach Abschluss der Arbeiten nicht eingehalten oder waren, was manchmal vorkommt, die Auftragsmengen zu hoch, ergibt sich eine hygienisch bedenkliche Belastung der Raumnutzer mit diesen Lösungsmitteln.

Neuere Arbeiten, die sich mit Innenraumluftchemie beschäftigen, zeigen, dass bei gleichzeitiger Anwesenheit reaktiver Naturstoffe wie Limonen (Zitruschalenöl) bzw. Pinenen (Balsamterpentinöl) und Ozon stark schleimhautreizende Verbindungen entstehen [Wolkoff et al. 1999]. Weiters konnte nachgewiesen werden, dass durch Oxidationsprodukte des Limonens Effekte am Auge auftreten [Klenø und Wolkoff 2002]. Bei falscher Anwendung von natürlichen Beschichtungsstoffen tritt manchmal in der Praxis der Fall ein, dass erhebliche Mengen der Beschichtungsstoffe in Materialschichten eintreten, in denen eine Abgasung der Lösungsmittel und produkttypische Vernetzung des Bindemittels verhindert wird. Ein Beispiel ist die Renovierung alter Parkettböden mit breiten Fugen, bei denen Lösungsmittelbestandteile zwischen Blindboden und Parkettschicht bzw. zwischen die Parkettbretter eintreten und dort unkontrolliert oxidieren. Auf die Problematik der Oxidation des Bindemittels Leinöl wurde schon eingegangen. Es wurde nachgewiesen, dass leinöhlältige Anstriche unterschiedliche organische Stoffe, vor allem Aldehyde und organische Säuren emittieren [Andersson et al. 1999].

In der Summe können solche Situationen unangenehme, persistente Gerüche und/oder Beschwerden wie Schleimhautreizungen vor allem bei empfindlichen Nutzern ergeben. Aufgrund der Depotwirkung können diese Probleme über Monate oder in Einzelfällen Jahre anhalten.

## Resümee

Baubiologische Mythen wie „natürlich ist gesund“ (jedoch auch: „Die chemische Industrie hat alles im Griff“) richten mehr Schaden als Nutzen an. Chemikalienüberempfindliche Menschen, die nach Naturstoffen wie nach dem sprichwörtlich letzten Strohalm greifen, um sich eine „gesunde“ Wohnumwelt zu schaffen, können bei einseitiger Beratung in die Irre geführt werden – statt Gesundheit handeln sie sich manchmal noch mehr gesundheitliche Probleme ein, die Enttäuschung ist verständlicherweise groß. Der manchmal gebrauchte Einwurf, dass diese Überempfindlichkeiten letzten Endes immer durch synthetische Stoffe und unsere moderne Lebensweise verursacht wurde, könnte zwar (obwohl im Einzelfall nicht beweisbar) in manchen Fällen zutreffen, der konkret Betroffene erwartet sich jedoch Empfehlungen zur Verbesserung seiner momentanen Situation, welche eine differenziertere Betrachtungsweise notwendig macht.

Es kann nicht im Interesse der Naturstoffproduzenten und des Handels liegen, mögliche Risiken nicht zu benennen. Der Vertrauensverlust seitens der Konsumenten wird groß sein, wenn keine ideologiefreie Diskussion auch über mögliche Gesundheitsschäden bei Naturstoffen geführt wird. Was passiert, wenn Realitäten hartnäckig geleugnet werden, kann jeder an den Beispielen Atomkraft und Formaldehyd ersehen, wo eine sachliche Diskussion nicht stattfindet.

## Empfehlungen

Gesundheit und Baubiologie dürfen kein Widerspruch sein – unbeeinflusst von ideologischen und verkaufstechnischen Überlegungen sollten mögliche Risiken bestimmter Baustoffe und Konstruktionen erfasst und bekannt gemacht werden. Dies bedeutet sicherlich noch erheblichen Forschungsbedarf. Die in der Regel nicht zu unterschätzende Rolle spielende Luftchemie in Innenräumen ist noch unzureichend erforscht.

Folgende generelle Empfehlungen für Naturstoffe können auf Grund des vorhandenen Wissens schon jetzt getroffen werden (die Empfehlungen gelten sinngemäß auch für synthetische Materialien):

- Empfindliche und vorgeschädigte Menschen sollten bei der Verwendung von Naturstoffen besonders vorsichtig sein, im Zweifelsfall ist auf geprüfte, weitgehend emissionsfreie Produkte zurückzugreifen.
- Prüfsiegel, die naturstoffspezifische Vorgaben in den Kriterien enthalten (z.B. natureplus) können bei der Produktauswahl dienlich sein.
- Auf allen Produktinformationen und auf den Gebinden sollten mögliche Risiken und Wege zu deren Vermeidung angesprochen werden.
- Gesundheitsbezogene Werbung hat auf Baustoffen und Materialien der Innenausstattung nichts verloren – zulässige und sinnvolle Formulierungen wären jedoch: ...frei von dem Stoff XY..., unterschreitet den Richtwert der ÖNORM YZ.....
- Bei der Planung der Verwendung von Produkten in öffentlichen Bereichen wie Schulen, Büros etc. ist immer mit einem gewissen Anteil empfindlicher Individuen zu rechnen, die Auswahl der Materialien für die Innenausstattung sollte demnach in Hinblick auf diese Personen stattfinden.
- Die Sinnhaftigkeit von Oberflächenbeschichtungen ist immer zu prüfen, in manchen Fällen ist eine solche nicht unbedingt notwendig.

Detaillierte Empfehlungen für bestimmte Produkte und Konstruktionen:

- Ein im Innenraum verwendetes Produkt sollte möglichst keine Geruchsstoffe an die Raumluft abgeben, vor allem bei Verwendung von Kork und Linoleum in Innenräumen ist auf Qualitäten zurückzugreifen, die möglichst wenig riechen.
- So weit wie möglich Vermeidung von natürlichen Lösungsmitteln, dies betrifft auch Duftöle bei empfindlichen Individuen (außer in zeitlich beschränkten therapeutischen Anwendungen), bei (Holz)Bodenbeschichtungen sind lösungsmittelfreie Rezepturen zu verwenden, die sehr sparsam eingesetzt werden sollen.
- Terpentinöl sollte von der Verwendung in Innenräumen ausgeschlossen sein, wird es dennoch verwendet, sollte es weitgehend frei von  $\Delta^3$ -Caren sein.

- Holz kann in bestimmten Bereichen im Innenraum auch unbehandelt belassen werden, Holzmöbel sollten an den Innenseiten wenn möglich nicht beschichtet werden, um eine Kontamination von Kleidung und anderen Gegenständen zu vermeiden.
- Werksseitig beschichtete Fertigparkettböden ergeben geringere Emissionen als vor Ort beschichtete.
- Beschichtungen mit Naturstoffen sollten nur von dazu geschulten, erfahrenen Personen durchgeführt werden, potentielle Depots und schlecht trocknende Bereiche sind zu vermeiden.
- Bei Verwendung von natürlichen Lösungsmitteln sind entsprechende Sicherheitsmaßnahmen zu beachten (Lüften, Nutzungsverbote nach Applikation, Brandschutz etc.).
- Werden Holzwerkstoffe in größeren Mengen verwendet, ist auf die Auswahl extrem gering Formaldehyd emittierender Leimharze zu achten.
- Bei Verwendung von Lehm als Baustoff ist darauf zu achten, dass eine schnelle Trocknung gewährleistet ist, um Schimmel zu vermeiden.
- Bei der Errichtung von Gebäuden in Radonrisikogebieten ist auf die Vorgaben der ÖNORM S 5280 Teil 2 („Radon - Technische Vorsorgemaßnahmen bei Gebäuden“) zu achten, nicht radondichte Keller sind in diesen Gebieten zu vermeiden.
- Potentiell undichte Verrohrungen bei Erdwärmetauschern von Lüftungsanlagen (z.B. Betonrohre) sind in Radonrisikogebieten zu vermeiden.
- Bei großflächiger Verwendung von Granit ist bezüglich radioaktiver Eigenstrahlung die Vorgabe der ÖNORM S 5200 einzuhalten.

## Literatur

Andersson K, Fjällström P, Andersson B, Nilsson C, Sandström M (1999): Emission of volatile organic compounds from the indoor application of water-based paints containing linseed oil. INDOOR AIR '99 – Proc. 8th International Conf. on Indoor Air Quality and Climate, Edinburgh 1999, Vol. 5: 167-172

Auro (2004): Webseite der Fa. AURO. [www.auro.de](http://www.auro.de)

Bauproduktenrichtlinie (1988): Richtlinie des Rates vom 21. Dezember 1988 zur Angleichung der Rechts- und Verwaltungsvorschriften der Mitgliedstaaten über Bauprodukte (89/106/EWG)

BMLFUW (2003): Richtlinie zur Bewertung der Innenraumluft, erarbeitet vom Arbeitskreis Innenraumluft am Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft und der Österreichischen Akademie der Wissenschaften, Blau-Weiße Reihe (Loseblattsammlung)

Horn W, Ullrich D, Seifert B (1998): VOC Emissions from Cork Products for Indoor Use, Indoor Air 1/98: 39-46

Klenø JG, Wolkoff P (2002): Eye Irritation from Exposure to ppb-Levels of Limonene Oxidation Products. In INDOOR AIR '02 – Proc. 9th Internat. Conf. on Indoor Air Quality and Climate (Monterey, USA, 30.06.-05.07.2002), Vol. 2: 602-607

ÖNORM S 5200 (1995): Radioaktivität von Baustoffen. Österreichisches Normungsinstitut

ÖNRAP (2004): Vorläufige Ergebnisse des Österreichischen nationalen Radon Projektes. Internet <http://www.univie.ac.at/kernphysik/oenrap/welcome.htm>

Jensen B et al. (1993): Characterisation of linoleum, Part 1+2. INDOOR AIR '93 – Proc. 7th Internat. Conf. on Indoor Air Quality and Climate, Helsinki Finland, Vol. 2: 443-454

Sagunski H, Heinzow B (2003) : Richtwerte für die Innenraumluft: Bicyclische Terpene. Bundesgesundheitsblatt 46 (4), 346-352

Salthammer T, Fuhrmann F (1996): Emission of Monoterpenes from wooden furniture. INDOOR AIR '96 – Proc. 7th Internat. Conf. on Indoor Air Quality and Climate, Nagoja, Japan, Vol. 3: 607-612

Salthammer T (2000): Verunreinigung der Innenraumluft durch reaktive Substanzen – Nachweis und Bedeutung von Sekundärprodukten. Teil III-6.4.2 des Handbuch für Bioklimatologie und Lüfthygiene, 4. Erg.Lfg. 12/2000

Sorantin H et al. (1981): Bestimmung der Radioaktivität von Baustoffen in Österreich, Endbericht im Rahmen des Projektes „Baustoffe und Lebensqualität“, Institut für Strahlenschutz,

Österr. FZ Seibersdorf

Texbis (2004): Webseite der Fa. TEXBIS. [www.texbis.de](http://www.texbis.de)

Wolkoff P, Clausen PA, Jensen B, Nielsen GD, Wilkins CK (1997): Are we measuring the relevant indoor pollutants? *Indoor Air* 7: pp. 92-106

Wolkoff P, Clausen PA, Wilkins CK (1999) Formation of strong airway irritants in a model mixture of (+)- $\alpha$ -pinene/ ozone. *Atmospheric Environment* 33: 693-698





# Naturstoffe richtig anwenden – Schadstoffe vermeiden

Hildegund Mötzl

Den dogmatischen Ansatz, nach welchem Emissionen synthetischer Baumaterialien grundsätzlich als bedenklich beurteilt werden, dagegen Emissionen aus naturbelassenen Materialien als unbedenklich, stellt bereits Peter Tappler in seinem Vortrag „Ist Natur gesund? Mögliche Raumluftprobleme durch Naturstoffe“ in Frage. Dieser Ansatz hält einer toxikologischen Beurteilung nicht stand, da es zahlreiche Naturstoffe gibt, welche Probleme der Innenluftqualität verursachen können, insbesondere solche mit allergenem Potenzial. Auf Maßnahmen zur Schadstoffvermeidung kann daher auch im Naturstoffbereich nicht verzichtet werden.

Auf die Vorteile von Baumaterialien aus Naturstoffen braucht hier nicht im Detail eingegangen zu werden, es sei jedoch der Vollständigkeit halber darauf verwiesen:

- Erneuerbarkeit des Rohstoffs,
- Förderung der Stabilität ländlicher Räume,
- bessere Ausnutzung landwirtschaftlicher Produkte (z.B. Schafwolle als Nebenprodukt der Lammproduktion)
- CO<sub>2</sub>-Bindung über einen längeren Zeitraum,
- in der Regel unbedenkliche Verarbeitungs- und Entsorgungsprozesse,
- positive raumklimatische Auswirkungen.

Die landwirtschaftliche Produktion nachwachsender Rohstoffe bringt mit sich, dass es Schwankungen in der Qualität, der Zusammensetzung und der Verfügbarkeit der Rohstoffe geben kann. Dies unterscheidet Naturstoffe grundsätzlich von synthetischen Produkten, die in genau definierten Prozessen und Mengen, dadurch in immer gleich bleibender Qualität hergestellt werden können. Kontrolle und Standardisierung sind jedoch auch bei Naturstoffen möglich, so dass Produkte mit gleich bleibender Qualität sowohl in technischer als auch in baubiologischer Hinsicht erzeugt werden können.

Im letzten Jahrhundert wurden die Bauprodukte aus Naturstoffen immer mehr durch synthetische Produkte vom Markt verdrängt. Dementsprechend richten sich auch die technischen Normen an den synthetischen Produkten aus. So schreibt z.B. die EN 13300 vor, dass die Bestimmung der Nassabriebsklasse für Dispersionsfarben auf Kunststoffplatten zu erfolgen hat. Der für Kunstharz-Dispersionen durchaus geeignete Untergrund bedeutet ein k.o.-Kriterium für Naturharzdispersionen. Auch im ökologischen Bereich werden Anforderungen häufig in Hinblick auf synthetische Konkurrenzprodukte gestellt. Zum Beispiel begrenzt das Österreichische Umweltzeichen den VOC-Gehalt von Wandfarben mit 500 ppm. Dies stellt bei Kunstharzdispersionen eine ökologisch sinnvolle Maßnahme im technischen Machbarkeitsbereich dar. Bei Naturharzdispersionen dagegen wird häufig anstatt der problematischen Topfkonservierer wie Isothiazolon oder Formaldehydabspalter mit ätherischen Ölen wie z.B. Eukalyptusöl gearbeitet. Dies macht aber einen VOC-Gehalt von bis zu 1 % oder 10'000 ppm erforderlich. Durch begleitende Prüfkammeruntersuchungen wird sichergestellt, dass dieser VOC-Gehalt keine erhöhten Emissionen zur Folge hat.

Natureplus, eine Initiative für ein internationales Umweltzeichen für nachhaltige Bauprodukte, nimmt sich besonders der Baustoffe aus Naturstoffen an. Die Organisationsstruktur und die Ziele werden im Vortrag von Thomas Schmitz-Günther (Naturstoffe richtig anwenden – Qualitätssiegel „natureplus“) ausführlich behandelt. In meinem Vortrag möchte ich die Methode zur Vermeidung von Schadstoffen behandeln, die von natureplus entwickelt wurde.

Schadstoffe können sowohl bei der Verarbeitung (z.B. Staubemissionen) als auch bei der Nutzung oder in beiden Bereichen auftreten (z.B. Terpenemissionen). Im Folgenden soll nur auf die Vermeidung von Schadstoffen in der Nutzungsphase eingegangen werden.

Schadstoffemissionen aus Baumaterialien aus Naturstoffen können unterschiedliche Ursachen haben:

- Schadstoffe aus den eingesetzten Rohstoffen (z.B. Terpene aus Hölzern)
- Emissionen von Einsatzstoffen (z.B. Lösungsmittel aus Naturfarben)

- und Reaktionsprodukten (z.B. aus Leinöl)
- Staub- und Faseremissionen (z.B. Holzstaub)

Maßnahmen zur Vermeidung von Schadstoffen, die im Wirkungsbereich der Herstellung und damit eines Zertifizierungsprozesses liegen, können daher auf folgenden Ebenen ansetzen:

1. Vermeidung bzw. Begrenzung von Inhaltsstoffen
2. Volldeklaration der Inhaltsstoffe
3. Qualitätssicherung in der Rohstoffauswahl und Herstellung
4. Kontrolle durch Laboruntersuchungen

## **Vermeidung bzw. Begrenzung von Inhaltsstoffen**

Auch bei den NaturbaustoffherstellerInnen ist das Problembewusstsein hinsichtlich Vermeidung problematischer Inhaltsstoffe gestiegen. So bieten zwar die meisten NaturfarbenherstellerInnen nach wie vor lösemittelhaltige Produkte an, die meisten haben aber auch wassererdünnbare Lacke, Lasuren und Öle in ihrem Programm, die mittlerweile den lösemittelhaltigen technisch gleichwertig sind. Viele problematische Inhaltsstoffe, die bei synthetischen Materialien eingesetzt werden, sind dagegen bei Naturstoffen kein Thema (wie z.B. Isothiazolone). In den Basiskriterien von natureplus (für alle Produkte und Produktgruppen gültige Vergaberichtlinie) sind problematische Inhaltsstoffe angeführt, die nicht in Produkten enthalten sein dürfen (kanzerogene, mutagene und reproduktionstoxische (KMR) - Stoffe, Gefahrstoffe, weitere toxische Verbindungen). Darüber hinausgehende Anforderungen werden in den Produktgruppen- und Produkt-Vergaberichtlinien definiert. Zum Beispiel dürfen Wandfarben folgende Einsatzstoffe nicht zugegeben werden:

- Weichmacher (im Sinne der VDL-RL01 (Richtlinie 01 des Verbands der Deutschen Lackindustrie)
- Glykolverbindungen
- APEO's (Alkylphenoethoxylate)
- Acrylate
- Halogenorganische Verbindungen
- Azofarbstoffe, die krebserzeugende Amine abspalten
- Biozide, die nicht der Topfkonservierung dienen
- Zinnorganische Verbindungen
- Isothiazolone
- Formaldehydabspalter
- kobalthaltige Sikkative

Der Gehalt an VOC ist auf max. 700 ppm beschränkt. Eine Ausnahme ist die Topfkonservierung mit ätherischen Ölen mit 10'000 ppm, entspricht 1 %. Die als Prüfkriterium vorgeschriebene VOC-Messung garantiert, dass mit keinen erhöhten Luftkonzentrationen für die NutzerInnen zu rechnen ist (siehe Laboruntersuchungen am Beispiel VOC).

## **Volldeklaration der Inhaltsstoffe**

Die Volldeklaration der Inhaltsstoffe ist eine wichtige Voraussetzung für KundInnen, um sich zu orientieren und eine Risikoabschätzung für sich selbst zu treffen. Besonders für AllergikerInnen ist die Kenntnis der Inhaltsstoffe von zentraler Bedeutung. Ähnlich wie bei Lebensmitteln, wo bei einer Unverträglichkeit von z.B. Sesam-Produkten dieser Inhaltsstoff gemieden werden können.

natureplus schreibt eine Volldeklaration der Einsatzstoffe vor:

- Volldeklaration der Einsatzstoffe nach abnehmenden Massenanteil
- bis 1 M-% Bezeichnung des Stoffes
- unter 1 M-% mindestens Funktionsbezeichnung (z.B. „Mottenschutzmittel“)

sowie Angabe von Ort und Land der Fertigung des Produktes auf der Produktverpackung, bei fehlender Verpackung mit dem Produkt (in Englisch oder in der Landessprache):

- Bei Verwendung sensibilisierender Einsatzstoffe gem. MAK IV / TRGS 907 / BgVV-Liste Kat. A und B muss auf der Produktverpackung ein Hinweis erfolgen, wo hierzu nähere Informationen zu erhalten sind (z.B. in der Produktinformation / Technisches Merkblatt)
- Die Volldeklaration der Einsatzstoffe wird z.B. von NaturfarbenherstellerInnen schon lange auf freiwilliger Basis gemacht.

## Qualitätssicherung in der Rohstoffauswahl und Herstellung

Über Qualitätssicherung in der Rohstoffauswahl, Rohstoffkontrolle und Herstellung lassen sich unter anderem Verunreinigungen vermeiden, die zu einer späteren Schadstoffbelastung führen könnten. Anforderungen für Qualitätssicherung am Beispiel Wandfarben sind:

- Die Produktqualität ist durch eine Qualitätssicherung zu gewährleisten.
- Ein Herkunftsnachweis für alle nachwachsenden Rohstoffe ist vorzuweisen.
- Zur Minimierung der Topfkonservierung sind bei der Rohstoffauswahl und im Produktionsprozess Maßnahmen zur Verhütung von Verkeimung zu treffen und nachzuweisen.
- Die Asbestfreiheit von Talkum ist nachzuweisen.

## Laboruntersuchungen am Beispiel VOC

Natureplus verpflichtet sich, über die gesetzlichen Standards hinaus, Schadstoffe und Emissionen zu minimieren. Basierend auf einer Arbeit von Köhler [2003] wurden Grenzwerte für flüchtige organische Verbindungen (VOC) abgeleitet. Die VOC-Emissionen werden nach vorgegebenen Verfahren in Prüfkammern bestimmt. Die Untersuchung der Emissionen findet zu zwei Zeitpunkten statt:

- 24 Stunden nach der Fertigstellung bzw. Entnahme im Werk („Kurzzeitemission“)
- nach 28 Tagen zur Simulation der Emissionen unter „normalen Nutzungsbedingungen“ („Langzeitemission“)

Zur Bewertung werden verschiedenartige Grenzwerte definiert:

- Substanz-spezifische Grenzwerte zur Bewertung des toxikologischen Potenzials einzelner Verbindungen („NPG“ oder natureplus-Grenzwerte),
- Summengrenzwerte für Substanzgruppen mit vergleichbaren Wirkungen,
- einen Summengrenzwert für die Gesamtemission flüchtiger organischer Verbindungen

Die Ableitung der Grenzwerte erfolgt nach einem generalisierten Bewertungskonzept basierend auf toxikologisch begründeten (Arbeitsplatz-)Richtwerten.

### Grenzwerte

#### Summe flüchtiger organischer Verbindungen (TVOC) nach 24 Stunden: 5 mg/m<sup>3</sup>

Die Festlegung des TVOC-Richtwerts auf 5 mg/m<sup>3</sup> lässt gemäß Untersuchungen von Seifert, 1999 eine starke Reizwirkung oder andere bedeutende gesundheitliche Auswirkungen wenig wahrscheinlich erscheinen.

#### KMR-Stoffe nach 24 Stunden: nicht nachweisbar

#### Summe flüchtiger organischer Verbindungen (TVOC) nach 28 Tagen: 0,3 mg/m<sup>3</sup>

Im Bereich unter 0,3 mg/m<sup>3</sup> VOC-Konzentration sind bis auf vergleichsweise wenige Ausnahmen bislang keine schwerwiegenden toxischen Wirkungen erkannt worden bzw. zu befürchten (unter der Annahme dass kanzerogene, mutagene und reproduktionstoxische Verbindungen ausgeschlossen sind). Denkbar sind jedoch Reizerscheinungen und allergische Wirkungen. Um diese zu vermeiden bzw. in Umsetzung des Minimierungsgebots werden folgende Summengrenzwerte vorgeschlagen:

#### Summe der bicyclischen Terpene nach 28 Tagen: 0,200 mg/m<sup>3</sup>

Die Summe basiert auf den Ableitungen eines Vorsorge-orientierten Richtwerts der ad-hoc-AG für die Innenraumluft und stellt damit eine Umsetzung des Vorsorgeprinzips dar.

#### Summe der n-Aldehyde nach 28 Tagen: 0,180 mg/m<sup>3</sup>

Die Grundlage dieses Richtwerts liegt in dem gemeinsamen Wirkungsendpunkt dieser Verbindungen. Von B.A.U.CH [1993] wurde ein Richtwert 60 ppb ermittelt. Hieraus wird ein NPG von 0,18 mg/m<sup>3</sup> durch Umrechnung und Rundung abgeleitet.

**Summe der Alkylaromaten nach 28 Tagen: 0,05 mg/m<sup>3</sup>**

Auch für verschiedene Alkylaromaten (Ethylbenzol, Xylol = Dimethylbenzole, Styrol, Diethylbenzol, Toluol und C3-Benzole) muss mit einem gemeinsamen Wirkungsendpunkt bzw. gleichen Wirkungsmechanismen gerechnet werden [ad-hoc-AG 1996]. Zur Minimierung dieses toxikologischen Potenzials wird der genannte Summengrenzwert festgesetzt.

**Summe sensibilisierender Substanzen nach 28 Tagen: 0,1 mg/m<sup>3</sup>**

Zur Minimierung sensibilisierender Wirkungen wird ein Summengrenzwert von 0,1 mg/m<sup>3</sup> festgelegt. Die Datenbasis für die Substanzauswahl stellen folgende Regelwerke: TRGS 907, MAK IV und BGVV Kat. A.

**Summe der Substanzen mit Verdacht auf kanzerogene Wirkung nach 28 Tagen: 0,05 mg/m<sup>3</sup>**

Zur Minimierung wird ein Summengrenzwert von 0,05 mg/m<sup>3</sup> festgelegt. Die Datenbasis für die Substanzauswahl stellen folgende Regelwerke:

- Anhang I der EG-Richtlinie 67/548/EWG, Kategorie K 3
- TRGS 905 Kategorie 3
- § 35 Abs. 3 und 4 GefStoffV
- MAK III 3
- IARC Gruppe 2 B

**Summe der Substanzen ohne NPG (natureplus-Grenzwerte) nach 28 Tagen: 0,03 mg/m<sup>3</sup>**

Für die Substanzen, für die kein NPG erstellt werden konnte, wird ein Richtwert in Höhe eines Zehntels des TVOC festgelegt.

**Summe der SVOC nach 28 Tagen : 0,1 mg/m<sup>3</sup>**

Um zu vermeiden, dass eine Emissionsminderung im Bereich der flüchtigen organischen Substanzen zu einer erhöhten Emission weniger flüchtiger Verbindungen führt, wird ein Richtwert für die SVOC vorgeschlagen. Eine toxikologische Begründung ist für diesen zur Zeit nicht möglich.

Die Methode und auch die substanzspezifischen Grenzwerte sind unter <http://www.natureplus2.org/web/main/> „Download NPG-Grenzwerte“ veröffentlicht.

## Zusammenfassung

Viele Beeinträchtigungen und Problemstoffe, die früher irrelevant waren, gewinnen heute durch die höhere Lebenserwartung und den viel längeren Aufenthalt in Innenräumen an Bedeutung. Auch bei Naturstoffen sind daher Maßnahmen zur Vermeidung von Schadstoffen notwendig. Das internationale Umweltzeichen natureplus zertifiziert Bauprodukte aus Naturstoffen. Die natureplus-Vergaberichtlinien können außer für die Zertifizierung z.B. auch für die Ausschreibungsoptimierung eingesetzt werden. Im Gebäudebereich können durch Musterraumuntersuchungen oder Gebäudepässe (z.B. IBO-Ökopass, Total Quality) weitere qualitätssichernde Maßnahmen gesetzt werden.

Liste der natureplus-geprüften Produkte und weitere Informationen unter <http://www.natureplus.org>

## Literatur

ad-hoc-AG (ad-hoc-Arbeitsgruppe aus Mitgliedern der Innenraumlufthygiene-Kommission des UBA und Vertretern der Arbeitsgemeinschaft der Obersten Landesgesundheitsbehörden [AOLG] (1996): Richtwerte für die Innenraumluft: Basisschema. Bundesgesundheitsblatt 39 (11), 422-426

B.A.U.CH. (1993): Analyse und Bewertung der in Innenräumen vorkommenden Konzentrationen an länger-kettigen Aldehyden. ISBN 3-929807-13-0

Köhler, M. (2003): Erarbeitung eines Schemas zur Bewertung flüchtiger organischer Verbindungen, in: Mötzl, H. et al (2003): Indikatoren zur Baustoffwahl in der Sanierung: Vergaberichtlinien für Wärmedämmverbund- und Beschichtungssysteme als Grundlage für die Vergabe des internationalen Umweltzeichens natureplus, Forschungsprojekt im „Haus-der-Zukunft“-Rahmenprogramm des BMVIT

Seifert, B (1999): Richtwerte für die Innenraumluft: TVOC. Bundesgesundheitsblatt 42 (3), 270-278

# Tabakrauch in Innenräumen

Hanns Mooshammer

## Einleitung: Rauchen und Umweltmedizin

„Umwelt sind die bösen Anderen: die Industrie, die Atomlobby, die korrupte Politik, nur nicht unser eigenes Verhalten, unser Lebensstil.“ Diese verkürzte Auffassung von „Umwelt“ ist sehr häufig anzutreffen. Was hat dann das Rauchen mit Umweltmedizin zu tun?

Umweltmedizin ist auch und ganz wesentlich Vorsorgemedizin. Rauchen ist eine der bedeutendsten Krankheitsursachen, ja selbst eine (Sucht-)Krankheit. Jede Vorsorgemedizin verlöre an Glaubwürdigkeit, die gegenüber diesem Problem blind ist.

Rauchen (als Suchtkrankheit) ist nicht freie Entscheidung des Einzelnen, bloße Ausprägung des „Lebensstils“, sondern Ausdruck und Folge der sozialen Umwelt des Kranken.

Rauchen ist ein klassisches Beispiel dafür, wie eine mächtige Industrie mit der Wahrheit umgeht: Leugnen der Risiken, solange es geht (und auch noch viel länger). Selbst aus der Anerkennung eines Risikos noch geschäftlichen Gewinn schlagen: Gemeinsam mit dem Hinweis auf ein „gewisses“ Risiko wird der Mut und die Freiheit zum Risiko als zusätzlicher Gewinn suggeriert. Die Verantwortung wird auf den Einzelnen abgeschoben. Dem Kind wird vorgegaukelt, mit der Zigarette könne es sein Erwachsensein demonstrieren. Dem Erwachsenen mit den Folgeschäden wird bedeutet, er hätte es eben besser wissen sollen.

Die Machenschaften der Zigarettenindustrie haben die Umweltmedizin tangiert, als die Industrie versucht hat, die Umweltmedizin zu vereinnahmen und durch Propagierung bestimmter umweltmedizinischer Themen vom eigenen Gift abzulenken.

Rauchen ist ferner ein Lehrbeispiel für die Risikowahrnehmung: Welches Risiko ist für eine Person akzeptabel? Wann erkennt jemand ein Risiko als real, einen Zusammenhang als kausal? Relative Risiken und Signifikanzniveaus reichen für eine gute, verständliche und allgemein akzeptierte Risikokommunikation augenscheinlich nicht aus.

Rauchen betrifft mit seinen Auswirkungen nicht nur den Raucher, sondern auch die Nichtraucher, die mit ihm wohnen, leben und arbeiten. Passivrauchbelastung (auf englisch „Environmental Tobacco Smoke“, ETS) ist der bedeutsamste Umweltschadstoff in der Innenraumluft.

## Zum Stellenwert des Rauchens (ETS)

Nicht nur der englische Name, in dem die „Umwelt“ („Environment“) bereits steckt, weist auf den engen Zusammenhang hin. Auch alle oben angeführten Punkte – von den Verharmlosungen bis zu den Vereinnahmungen der „Sick-Building“-Forschung durch die Tabakindustrie – belegen die Bedeutung des Passivrauchens für die Umweltmedizin. ETS erfüllt alle Kriterien eines Umweltschadstoffs: Von Menschen gemacht, für die Umwelt schädigend und über die Umwelt zurückwirkend, vom Betroffenen nicht oder nur bedingt beeinflussbar und die Gesundheit gefährdend.

Was hat der Tabak mit anderen Umweltproblemen noch gemein? Das jahrelange Bemühen von ÄrztInnen gemeinsam mit anderen engagierten Gruppierungen hat manche begrenzten Erfolge gebracht, aber der große Erfolg blieb bis heute aus. Weltweit und leider auch bei der Jugend (und gerade der weiblichen Jugend unseres Landes) nimmt der Tabak-Konsum sogar noch zu!

Als junger Forscher hielt ich die Zigarette für ein uninteressantes, weil wissenschaftlich erschöpfend untersuchtes Thema. Die Schädlichkeit sei erwiesen, man müsse „nur“ noch handeln. Inzwischen habe ich gelernt, bescheidener zu denken und Wert und Not des „bloßen“ Handelns zu schätzen. Es wird Zeit, dies auch für andere drängende Umweltprobleme zu erkennen.

Rauchen macht nicht nur krank, es ist selbst eine (Sucht-)Krankheit. Dem Vermeiden von Krankheit ist gegenüber der Behandlung der Vorzug zu geben. Daher sollten wir beim Rauchen unser Hauptaugenmerk auf die Jugend richten. Rauchen im öffentlichen Raum ist ein schlech-

tes Vorbild und der Prävention abträglich. Unabhängig davon, dass durch das Rauchen auch die Nichtraucher in Mitleidenschaft gezogen werden, muss daher das Rauchen in der Öffentlichkeit eingeschränkt werden.

Leider sind wir weit von diesem großen Ziel entfernt. Es fehlt an gesellschaftlichem Bewusstsein und politischem Willen. So müssen wir wohl noch länger mit der Nikotinsucht und ihren Folgen leben. Es geht nicht darum, die Kranken zu bestrafen, sondern um den Schutz der Anderen vor den Folgen ihrer Krankheit. Unter anderem ist es daher auch wichtig, die Effizienz von Maßnahmen zu überprüfen, die das Rauchen an bestimmten Orten einschränken oder auch die Barrierefunktion von räumlicher Trennung zu kontrollieren.

## Messmethodik

Wie misst man „Passivrauchbelastung“? Erst seit kurzem hat sich die Messung von Kotinin im Harn als brauchbarer Biomonitoring-Marker zur Bestimmung der persönlichen Belastung etabliert. Diese personenbezogene Untersuchung ist allerdings relativ aufwendig und erlaubt nur Rückschlüsse auf die kurz zurückliegende Exposition. Manchmal ist es notwendig, die Belastung an bestimmten Orten zu bestimmen – und dies über verschiedene Zeiträume gemittelt. Das Institut für Umwelthygiene beteiligte sich an einer europäischen Studie, die u.a. Messmethoden (unter verschiedenen jahreszeitlichen und klimatischen Bedingungen) evaluierte.

Das Prinzip von zwei Messverfahren beruhte auf der Adsorption von Nikotin auf einem mit Natrium-Sulfat getränkten Filter. Diesen setzten wir sowohl zur passiven Probenahme mittels Diffusion als auch zur aktiven Probenahme mittels kalibrierter Pumpe ein. Bereits der Transport der Filter erwies sich als höchst empfindlicher Arbeitsschritt: Ein Filter, der nie zum Einsatz kam, aber einige Wochen in einem verschlossenen Plastikbecher transportiert wurde, enthielt bereits 0,32 µg Nikotin. Echte Blindproben waren jedoch negativ und doppelte Proben sowie parallel bestimmte mit aktiver und passiver Probenahme lieferten gut vergleichbare Daten.

Zum Vergleich bestimmten wir in einem Teil der aktiv gesammelten Proben parallel den Feinstaubgehalt der Raumluft mittels Oberflächensensor. Bei diesem Verfahren wird die gesamte Oberfläche des Fein-aerosols in einem Ionenstrom elektrisch aufgeladen und somit quantifizierbar. Nikotin und Stauboberfläche korrelierten stark ( $r = 0,8$ ) und signifikant ( $p < 0,001$ ) miteinander (Abb.1). Passivrauch ist demgemäß zwar nicht die einzige, aber im überwiegenden Teil der Fälle die bedeutendste Feinstaubquelle.

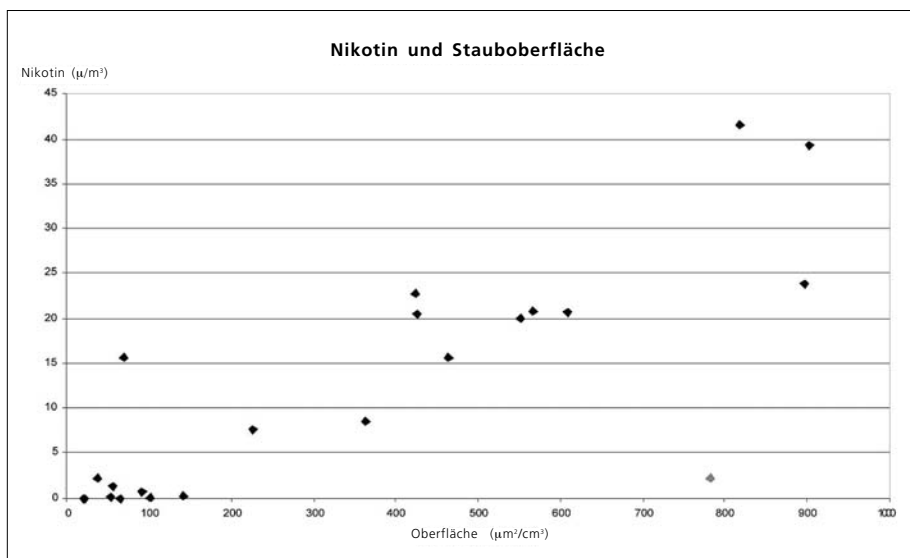


Abb. 1: ETS war mit einer Ausnahme (eine Pizzeria am stark befahrenen „Gürtel“ in Wien) die wichtigste Quelle von Feinstaub.

## Einzelne Ergebnisse: Beispiel Diskotheken

Beprobt wurden Schulen und Universitäten, Krankenhäuser, Gaststätten und Verkehrsmittel. Erschreckend hoch waren die Werte in Jugendtreffs, Bars und Diskotheken: Ein Mittelwert (über alle Proben) von 160 µg/m³ und ein Spitzenwert von beinahe 500 µg/m³ bedeuteten im europäischen Vergleich die höchste Belastung in dieser Kategorie. Unter anderem aus eigenen Studien ist bekannt, dass Kinder in Raucherhaushalten eine schlechtere Lungenfunktion haben und häufiger an Bronchitis und ähnlichen Leiden erkranken. In einem typischen Raucherhaushalt finden sich Nikotinwerte von einigen µg/m³. Ein Jugendlicher, der selbst nicht raucht, eventuell sogar ein hyperreagibles Bronchialsystem hat und nur einmal pro Monat für

einen Abend eine Disko besucht, nimmt somit eine vergleichbare Schadstoffmenge auf wie in der nachweislich schädlichen Atmosphäre eines Raucherhaushaltes.

Des Weiteren ist bekannt, dass Kohlenmonoxid und Hypoxie die schädigende Wirkung von Lärm auf das Innenohr verstärken. „Lärm“ als Risikofaktor nehmen die Disko-Besucher ja zumindest theoretisch bewusst in Kauf, auch wenn sie tatsächlich besser über die Gefahren informiert werden sollten. Aber die Vergiftung erfolgt sicherlich nicht bewusst und freiwillig. Von der praktisch täglichen Belastung des Personals in Diskos ganz zu schweigen: Eventuell ist diese nicht nur gesundheitlich bedenklich, sondern sogar aus Sicht des ArbeitnehmerInnenschutzes rechtswidrig?

Teilweise sollen die Disko-Betreiber die schlechte Luft bewusst in Kauf nehmen und die Ventilatoren drosseln, weil „beißende“ Luft Durstgefühl erzeugt und die Kasse an der Bar klingeln lässt.

## Gesundheitsfolgen

Die gesundheitlich schädlichen Folgen von ETS sind in zahlreichen Studien (Atemwegserkrankungen [1]; eingeschränkte Lungenfunktion [2, 3]; Lungenkrebs [4-6]; koronare Herzkrankheit [7-8]) belegt. Abbildung 2 stellt das oben angesprochene Ergebnis einer unserer Studien (an Linzer Schulkindern) dar.

## Schlussfolgerung

Die schockierenden Werte in den Diskos rufen dringend nach Maßnahmen. Es sei denn man meint, wer dort freiwillig reingeht, sei selber schuld. In Gaststätten sollte eine echte räumliche und lüftungstechnische Trennung von Rauchern und Nichtraucherern angestrebt werden. Dass Schulen und Krankenhäuser immer noch nicht rauchfrei sind, ist einfach eine Schande. Wer das noch immer nicht einsehen sollte sich wenigstens für ein vernünftiges Lüftungsregime einsetzen, dass der Rauch aus den Raucherecken nicht bloß wieder gleichmäßig im ganzen Haus verteilt wird. Selbstverständlich sollten die Erfolge der genannten Maßnahmen überprüft und weitere Messkampagnen durchgeführt werden.

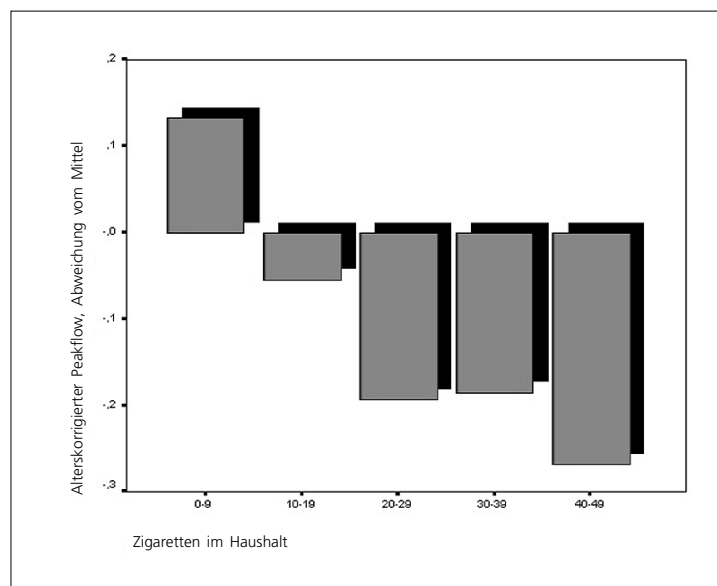


Abb. 2: Durchschnittliche Abweichung vom alters- und größen-gewichteten Mittelwert im Peakflow je nach Anzahl der im Haushalt gerauchten Zigaretten bei Linzer Volksschülern.

## Literatur

1) Harlap S, Davies AM. Infant admissions to hospital and maternal smoking. Lancet 1974; i: 529-32.

2) Neuberger M, Kundi M, Haider, M. Combined effects of outdoor and indoor air pollution on lung functions of school children. Arch Complex Environ Studies 1995; 7: 7-11.

3) Strachan DP, Jarvis MJ, Feyerabend C. The relationship of salivary cotinine to respiratory symptoms, spirometry, and exercise-induced bronchospasm in seven-year-old children. Am Rev Respir Dis 1990; 142: 147-51.

4) International Agency for Research on Cancer (IARC). IARC Monographs on the Evaluation of the Carcinogenic Risk of Chemicals to Humans. Tobacco Smoking. Vol. 38. 421 pp. Lyon, France: IARC, 1986.

5) U.S. Environmental Protection Agency (EPA). Respiratory Health Effects of Passive Smoking: Lung Cancer and other Disorders. EPA Office of Research and Development, Washington, D.C. 1992.

6) California Environmental Protection Agency (CEPA). Health Effects of Exposure to Environmental Tobacco Smoke. Office of Environmental Health Hazard Assessment. 1997.



7) Kawachi I, Colditz GA, Speizer F E, Manson J E, Stampfer M J, Willett W C, Hennekens C H. A prospective study of passive smoking and coronary heart disease. *Circulation* 1997 May 20; 95(10): 2374-9.

8) Tunstall-Pedoe H, Brown C A, Woodward M, Tavendale R. Passive smoking by self report and serum cotinine and the prevalence of respiratory and coronary heart disease in the Scottish heart health study. *J Epidemiol Community Health* 1995 Apr; 49(2): 139-43.

# Aufatmen mit dem Österreichischen Umweltzeichen

Arno Dermutz

## Schadstoffarme Produkte, ausgezeichnete Dienstleistungen und das Umweltzeichen für Schulen

Mit dem Österreichischen Umweltzeichen werden qualitativ hochwertige, umwelt- und gesundheitsverträgliche Produkte oder Dienstleistungen auf einen Blick erkennbar. Die Auszeichnung wird seit 1990 vom Umweltministerium (BMLFUW) jeweils für 3 Jahre an Produkte oder Dienstleistungen vergeben, wenn ein unabhängiges Gutachten die Erfüllung der produktgruppenspezifischen Umweltzeichen-Kriterien bestätigt. Für die Ausarbeitung der Richtlinien hat das BMLFUW den Verein für Konsumentinformation (VKI) beauftragt.

Damit die Umweltzeichen-Richtlinien Hand und Fuß haben, setzt der VKI alle Hebel in Bewegung. Durch umfangreiche Recherchen und durch Kooperation mit anderen Zeichensystemen werden Kriterien-Entwürfe ausgearbeitet. Diese Vorschläge werden in Fachausschüssen, die der VKI moderiert, präsentiert. Dort diskutieren Experten aus den Bereichen Umwelt, Gesundheit, Wirtschaft, Normung und Zertifizierung. Das Ergebnis wird dem Umweltzeichenbeirat zur Abstimmung vorgelegt. Bisher wurden über 50 spezifische Kriterienkataloge veröffentlicht, die regelmäßig überarbeitet werden, damit die Anforderungen am aktuellen Wissensstand bleiben.

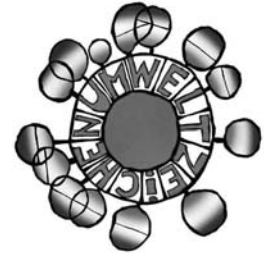
Bei der Kriterienerstellung werden wesentliche Umweltauswirkungen des gesamten Produktlebenszyklus erfasst und hinsichtlich ihrer ökologischen und gesundheitlichen Relevanz beurteilt. Dabei gilt das Vorsorgeprinzip, d.h. die Anforderungen für das Umweltzeichen gehen über rechtliche Rahmenbedingungen hinaus und orientieren sich in der Regel an Richtwerten der WHO oder des Arbeitskreises Innenraumluft. Das übergeordnete Ziel ist dabei, Umweltzeichen-Kriterien für möglichst schadstoffarme Produkte mit hoher Gebrauchsqualität zu erstellen.

Der Innenraumbereich ist aus zwei Gründen von besonderer Relevanz. In den Industrieländern halten wir uns durchschnittlich mehr als 90 % unserer Lebenszeit in Innenräumen auf, sei es im Wohnbereich, in Schulen oder am Arbeitsplatz. Über 100.000 am Markt befindliche Chemikalien, die auch in Konsumentenprodukten verwendet werden, sind nur unzureichend auf Umwelt- und Gesundheitsgefährdungen untersucht. Außerdem sind als gefährlich erkannte Chemikalien nur in „Zubereitungen“ wie Reinigungsmittel nicht aber in Endprodukten wie Möbel zu kennzeichnen.

Hier helfen Umweltzeichen gemäß ISO-Norm 14024, Typ I (z.B. unabhängige Vergabe, LCA-basiert) bessere Kaufentscheidungen zu treffen. Außerdem ist die Diskussion über Umwelt- und Gesundheitsrisiken auch für Hersteller nicht zertifizierter, konventioneller Produkte ein Anstoß, ihre Produkte zu „ökologisieren“.

Bisher wurden u.a. folgende innenraumrelevante Umweltzeichen-Kriterien erstellt: Farben, Lacke, Bodenbeläge, Möbel, Holzwerkstoffe, Dämmstoffe, Reinigungsmittel. Darüber hinaus gibt es für das „ökologische Haus“ z.B. die Richtlinien „Mauersteine“, „Holzfeuerungen“ und „Contracting“ sowie Kriterien für Tourismusbetriebe und Schulen.

Das Umweltzeichen für Tourismus erfasst vor allem Beherbergungs- und Gastronomiebetriebe sowie Seminarhotels. Um sowohl den Gästen den Aufenthalt im Umweltzeichenbetrieb angenehm zu gestalten, als auch dem Personal gute Arbeitsbedingungen zu schaffen, ist bei Neu- und Umbauten oder Renovierungen in erster Linie auf die Verwendung schadstoffarmer Materialien zu achten. Dabei werden u.a. IBO-Zertifikate und bei der nächsten Überarbeitung voraussichtlich auch natureplus-Zertifikate anerkannt. Darüber hinaus sind selbstverständlich auch Nichtraucherbereiche vorgeschrieben.



Seit 2002 ist die Umweltzeichen-Richtlinie für Schulen veröffentlicht. Nach einer Pilotphase wurden im Herbst 2003 die ersten 16 Schulen ausgezeichnet. Zu den ökologischen Zielen kommen hier Anforderungen in den Bereichen Umweltbildung und soziale Schulentwicklung sowie die konkrete Umsetzung dieser Ziele im Alltag hinzu. Da nur im Zusammenspiel vieler Maßnahmen ein gutes Innenraumklima zu erreichen ist, gibt es mehrere Kriterien dazu, wie z.B.: schadstoffarme Materialien verwenden, zeitliche Ablaufplanung (Renovierungen in den Ferien), Luftmessungen und Luftwechsel. Am Beispiel Umweltzeichen für Schulen ist die Bedeutung von Dienstleistungs-Richtlinien für Umweltzeichensysteme sichtbar, weil auch die sachgemäße Verwendung von ökologischen Produkten im System wichtig ist.

Es gibt im Bau- und Innenraumbereich einige Labels, die z.T. ein vergleichbares Schutzziel wie das Umweltzeichen aufweisen aber auch andere Funktionen haben. Als Beispiel wird das Natureplus-Zeichen herausgegriffen. Während natureplus nur nachwachsende und „unendlich verfügbare“ Rohstoffe zulässt, sind für Umweltzeichen-Produkte alle Rohstoffe erlaubt, so lange die Umwelt-, Gesundheits- und Qualitätskriterien eingehalten werden. Damit soll Beschaffern und Konsumenten eine breitere Auswahl an Produkten angeboten werden.

Künftige Herausforderung für das Umweltzeichensystem ist es, sowohl die verschiedenen Bereiche des Österreichischen Umweltzeichens weiter zu vernetzen als auch mit Zeichen, die ein vergleichbares Umwelt- und Gesundheitsschutzniveau aufweisen, stärker zu kooperieren. Außerdem gilt es, verstärkt Anforderungen der Nachhaltigkeit, insbesondere soziale und ethische Kriterien, in die Richtlinien aufzunehmen. Die neueste Richtlinie UZ 49 „Grüne Fonds“ weist genau in diese Richtung.

Weitere Informationen unter: [www.konsument.at/umweltzeichen](http://www.konsument.at/umweltzeichen) und [www.umweltzeichen.at](http://www.umweltzeichen.at)  
sowie über: [ecolabel@vki.or.at](mailto:ecolabel@vki.or.at)  
DI Arno Dermutz (VKI)

# Reine Luft trotz Reinigung?

Susanna Stark

Reinigungschemikalien können bei der Anwendung und die Zeit danach die Innenraumluft belasten. Deshalb sind typische Berufserkrankungen des Reinigungspersonals neben Hautekzemen auch Asthmaerkrankungen. In einer Studie in Südfinnland [1] wurde für Reinigungsfrauen ein 1,42-fach erhöhtes Risiko (OR, adjusted odds ratio) ermittelt, an Asthma zu erkranken. Ähnlich wurde als Ursache für 12 % (236 von 915) der arbeitsbedingten Asthmaerkrankungen in vier US-Staaten von 1993-97 eine Exposition gegenüber Reinigungsmittelchemikalien identifiziert. Bei den Betroffenen handelte es sich meist um Frauen, die in medizinischen Einrichtungen, Schulen oder Hotels als Reinigungsfrauen oder Hauswartinnen angestellt waren.

Wichtige Stoffgruppen in Reinigungsprodukten, die eine Innenraumbelastung bedeuten können sind Duftstoffe, Konservierungsstoffe, Lösungsmittel, eventuell Desinfektionsmittel und Insektizide. Insbesondere sogenannte Produkte zur „Raumluftverbesserung“, antibakterielle Reinigungsmittel und – v.a. im Bereich der öffentlichen Gebäude-Bodenbeschichtungsmittel und Grundreiniger können die Innenraumluft belasten. Als Reinigungschemikalien im weiteren Sinn sind noch Insektenvernichtungsmittel zu nennen.

Um Innenräume nicht nur sauber, sondern auch die Luft rein zu halten, sollte die Verwendung der genannten Produkte bzw. -gruppen stark eingeschränkt werden bzw. völlig darauf verzichtet werden.

## Produkte zur „Raumluftverbesserung“

Zu diesen Produkten zählen Duftsprays, Gele, Räucherstäbche oder -kegeln, aber auch Extrakte oder Flüssigkeiten zum Verdampfen. Bei der Anwendung von diesen Produkten werden zu den bereits vorhandenen Verunreinigungen der Innenraumluft weitere Substanzen hinzugefügt, vor allem Duftstoffe, Lösungsmittel und Konservierungsstoffe. Deshalb hat auch das deutsche Umweltbundesamt in einer Presseaussendung im Jahr 2000 vor der Verwendung dieser Produkte gewarnt [2].

Bei einer Untersuchung der Universität Bristol aus dem Jahr 1999 wurde festgestellt, dass Frauen, die ständig Duftsprays und andere Sprühdosen in ihren Wohnungen verwendeten, während der Schwangerschaft eine um 25 % höhere Anfälligkeit für Kopfschmerzen entwickelten, auch die Häufigkeit von Depressionen nach der Geburt war um 19 % höher [3]. Bei Babys unter sechs Monaten, in deren Zimmern täglich Sprays eingesetzt wurden, war die Anfälligkeit für Ohreninfektionen um 30 % erhöht, die für Durchfall um 22 %. Die WissenschaftlerInnen vermuten, dass diese Effekte v.a. auf der Anreicherung der Luft mit Lösungsmitteln wie Xylolen, Ketonen und Aldehyden beruhen.

Häufig verwendete Duftstoffe sind sogenannte synthetische Moschusverbindungen. Diese Nitro- und polycyclischen Moschusverbindungen werden entweder selbst als Duftstoffe oder als Fixateure für andere Duftstoffe eingesetzt, weil sie eine gute Stabilität in Kosmetika, Seifen und Wasch- und Reinigungsmitteln besitzen. Sicher ist, dass diese Stoffe kaum abgebaut werden und sich daher im Organismus anreichern. Sie wurden inzwischen in vielen Meerestieren wie Muscheln, Krabben und in verschiedenen Fischarten nachgewiesen. Auch beim Menschen wurden sie bereits gefunden, z.B. in Muttermilch [4]. Viele dieser Stoffe stehen im Verdacht, krebserregend oder hormonähnlich zu wirken, die Erbsubstanz oder das Nervensystem zu schädigen. Einzelne Verbindungen können auch zu allergischen Reaktionen oder unter Lichteinwirkung zu Hautschädigungen führen [5]. Die Zeitschrift Ökotest [6] hat im letzten Jahr Räucherkegel und -stäbchen untersucht. In mehr als der Hälfte der 21 Räuchermittel wurden Moschusverbindungen gefunden – in 3 sogar Moschus-Ambrette. Dieser Stoff wirkt neurotoxisch, mutagen und kann eine Hodenverkleinerung verursachen. Daher ist dieser Stoff der erste von drei Moschusverbindungen, die (derzeit) in Kosmetika verboten sind.

Vor allem bei besonders empfindlichen Personengruppen wie AsthmatikerInnen, PatientInnen mit Heuschnupfen und solchen mit einer „Multiplen Chemikalien-Überempfindlichkeit“ (MCS) können beim Einatmen von beinahe allen Duftstoffen Beschwerden auftreten [7]. Die Symptome reichen von Müdigkeit, Kopfschmerzen und Schwindel bis hin zu Übelkeit und Asthmaanfällen.

Bereits bis zu vier Prozent der ÖsterreicherInnen leiden zur Zeit unter einer Duftstoffallergie [8]. Bei Männern ist die Duftstoffallergie inzwischen die häufigste Ursache für ein allergisches Kontaktekzem, bei Frauen nach der Nickelallergie die zweithäufigste [9]. 26 Einzelstoffe wurden als eindeutig allergieauslösend identifiziert [9] und müssen nach der neuen Kosmetikrichtlinie [10] spätestens März 2005 auf der Verpackung von Kosmetika ab bestimmten Konzentrationen genannt werden. Eine Ursache für das Steigen von Duftstoffallergien ist die Duftstoffüberflutung, die wir zurzeit erleben: es gibt z.B. Deos für das Auto, den Staubsauger oder den Geschirrspüler, sogar ganze Wohnungen und Geschäftslokale werden zur „Steigerung des Wohlbefindens“ und „Belebung der Sinne“ beduftet.

Duft- und Aromastoffe sollten aber nicht unüberlegt und ungezielt eingesetzt werden. Um die Gesundheit sensibler Personen nicht zu gefährden, sollten Duft- und Aromastoffe in öffentlichen Gebäuden wie Büros, Kaufhäusern oder Kinos gar nicht verwendet werden!

### **Antibakterielle Reinigungsmittel**

Diese Produkte enthalten Desinfektionswirkstoffe. Neben den klassischen „Chlorreinigern“ wurden in den letzten Jahren verstärkt auch andere „antibakterielle“ Produkte und Desinfektionsmittel für KonsumentInnen angeboten. Häufig vorkommende Wirkstoffe in antibakteriellen Wasch- und Reinigungsmitteln sind Natriumhypochlorit, Alkylbenzoldimethylammoniumchlorid und Glutaraldehyd. Glutaraldehyd ist ein Hauptauslöser für allergisches Asthma bei Beschäftigten im Krankenhausbereich [11]. Auch Alkylbenzoldimethylammoniumchlorid (Benzalkoniumchlorid) wirkt allergieauslösend. Ein Teil von Natriumhypochlorit bildet bei der Anwendung flüchtige chlororganische Substanzen (z.B. Trichlormethan), die in die Umgebungsluft abgegeben werden. Weiters entwickelt sich aus dem Stoff bei Berührung mit Säure (z.B. WC-Reiniger) giftiges Chlorgas. Dies führt auch heute noch immer wieder zu Unfällen.

Die routinemäßige Verwendung von antibakteriellen Wasch- und Reinigungsmitteln im Einzelhaushalt ist völlig unnötig und sogar bedenklich: Desinfektionswirkstoffe können die natürlichen Hautflora stören und die Entwicklung von Allergien fördern.

### **Insektenvernichtungsmittel**

Insektenvernichtungsmittel für den Haushalt werden meist in Form von Insektensprays, Elektroverdampern (Gelsenstecker) und insektizidhaltigen Strips angeboten. Die meisten Wirkstoffe zählen zu den mittel- bis schwerflüchtigen Schadstoffen. Diese reichern sich im Hausstaub an. Über die Staubpartikel können diese Schadstoffe über Lunge und Mund in den Körper gelangen. Eine Analyse des Hausstaubs lässt Rückschlüsse auf die Schadstoffkonzentration in der Raumluft zu. Bei einer Untersuchung von Ökotest [12] wiesen 45 von 75 Proben zumindest einen Schadstoff auf, das heißt über zwei Drittel der Proben waren belastet! In vielen Proben war Permethrin zu finden. Das deutsche Umweltbundesamt fand dieses Insektengift sogar in 90 Prozent der untersuchten Staubsaugerbeutel [13]. Permethrin kann bei empfindlichen Personen Übelkeit, Hautreizungen, Kopfschmerzen, Schwindel, sowie Konzentrationsstörungen auslösen. Es zählt zu den künstlichen Pyrethroiden, die fälschlicherweise auch als „biologische“ Schädlingsbekämpfungsmittel ausgelobt werden.

Daher: Da Insektensprays, Elektroverdamper (Gelsenstecker) und insektizidhaltige Strips eine unnötige Belastung der Innenraumluft bedeuten, sollten sie vermieden werden.

### **Bodenbeschichtungsmittel und Grundreiniger für den Boden**

Böden werden vor allem in öffentlichen Gebäuden oft beschichtet. Die verwendeten Produkte – meist Selbstglanzemulsion, Selbstglanzwachs, Selbstglanzdispersion oder Bodenbeschich-

tung genannt – ähneln in ihrer Zusammensetzung wasserlöslichen Lacken. Neben Polymeren sind meist schwerflüchtige Lösungsmittel, Konservierungsstoffe und Weichmacher enthalten. Die Konzentration der Weichmacher kann bis maximal 5 % betragen. Nach Auftrocknen bedeutet das eine Konzentration von 10-20 % an Weichmacher in der Beschichtung. Teilweise werden Phthalate eingesetzt (z.B. Tributylphthalat). Häufig kommen aber organische Phosphatester, wie Tributoxyethylphosphat (TBEP) zum Einsatz. TBEP wird auch als Flammschutzmittel verwendet. Seine toxikologische Wirkung ist noch nicht genau bekannt. Laut Stiftung Warentest kann es die Haut und Schleimhäute reizen und möglicherweise giftig auf das Nervensystem wirken. Das deutsche Bundesinstitut für gesundheitlichen Verbraucherschutz und Veterinärmedizin (BGVV) rät in seiner Chemikaliendatenbank vorsorglich zur äußersten Vorsicht beim Umgang mit TBEP [14]. Seitens der Industrie gibt es dazu eine Stellungnahme, in der die Harmlosigkeit dieser Chemikalie betont wird [15]. Ein endgültiges Urteil kann wohl erst getroffen werden, wenn die Eigenschaften von TBEP, auch die chronisch toxischen, genau bekannt sind.

Grundreiniger zu Entfernung von alten Pflegefilmen enthalten je nach zu bearbeitender Fläche unterschiedlich hohe Anteile an Tensiden, wasserlöslichen Lösungsmitteln (z.B. Glykole) und Alkalien (z.B. Natronlauge, Ammoniak oder organische Amine). Die Produkte sind sehr aggressiv und haben reizende bis ätzende Wirkungen, der pH liegt häufig bei 12-13. In Parkettgrundreiniger sind oft gesundheitsgefährdende Lösungsmittel wie Xylol und Toluol enthalten. Toluol ist gesundheitsschädlich beim Einatmen und kann die Atemwege, Verdauungswege und Augen reizen, auch eine Schädigung der Nieren ist möglich.

Im Einzelhaushalt kann auf eine Bodenbeschichtung völlig verzichtet werden. Auch im Bereich der öffentlichen Gebäude gibt es seit ein paar Jahren zum Glück Tendenzen, von einer routinemäßigen Beschichtung aller Böden abzukommen. Es gibt aber noch – einige wenige - Bereiche und/oder Bodenbeläge, die eine Beschichtung erforderlich machen. Hier hat die Reinigungsmittelindustrie in den letzten Jahren begrüßenswerte Innovationen gesetzt: durch die sogenannte „Pflegefilmsanierung“ kann eine Grundreinigung stark verzögert werden.

## Literatur

- [1] Jaakkola, J.; Piipari, R.: Jaakkola, M.S.: Occupation and asthma: a population-based incident case-control study. *Am. J. Epidemiol.* 158(10):981-7 (15. Nov. 2003)
- [2] [www.umweltbundesamt.de/uba-info-presse/presse-informationen/p-1400-d.htm](http://www.umweltbundesamt.de/uba-info-presse/presse-informationen/p-1400-d.htm)
- [3] Edwards, R.: Far from Fragrant. *New Scientist* 163 (2202):17 (4.Sept.1999)
- [4] Rinkus, G.; Brunn, H.: Synthetische Moschusduftstoffe – Anwendung, Anreicherung in der Umwelt und Toxikologie. *Ernährungs-Umschau* 43, 442-449 (1996)
- [5] Sandelholz, Minze & Co. – Die Duftstoff-Offensive. in *natur & kosmos* 02/2001: 92-96 (2001)
- [6] Öko-Test-Jahrbuch für 2004
- [7] [Medizininfo.de/hautundhaar/allergie/schock.htm](http://Medizininfo.de/hautundhaar/allergie/schock.htm); Öko-Test Sonderheft Kosmetik. Teil 2: An der Nase herumgeführt: 45-53 (Mai 2002)
- [8] Räuchern gefährdet ihre Gesundheit. in *Öko-Test* Dezember 2002: 66-69 (2002)
- [9] The Scientific Committee on Cosmetic Products and Non-Food Products intended for Consumers: Fragrance Allergy in Consumers. SCCNFP/0017/98 Final (Dezember 1999)
- [10] Richtlinie 2003/15/EG zur Änderung der Richtlinie 76/768/EWG für Kosmetikprodukte
- [11] Di Stefano F., Siriruttanapruk S., McCoach J.S., Burge P.S.: Occupational Asthma due to glutaraldehyde. *Monaldi Arch Chet Dis* 53 (1):50-55 (Feb 1998)
- [12] Aus der Luft gegriffen. in *Öko-Test* April 2002: 28-30 (2002)
- [13] Umwelt-Survey 1998: [www.umweltbundesamt.de/survey/us98/biozide.htm](http://www.umweltbundesamt.de/survey/us98/biozide.htm)
- [14] Parkettpflegemittel. Problematischer Flammschutz. in *Test* (Stiftung Warentest): 3/2001
- [15] [www.iho.de/aktuellethemen/Stellungnahme\\_zu\\_TBEP.htm](http://www.iho.de/aktuellethemen/Stellungnahme_zu_TBEP.htm)



## Referentinnen und Referenten

Dr. Silvia Baldinger  
Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft,  
Umwelt und Wasserwirtschaft  
Abteilung für Immissions- und Klimaschutz  
Stubenbastei 5, A-1010 Wien  
Tel: 01-51522-1750  
Fax: 01-51522-1751  
e-mail: [silvia.baldinger@bmlfuw.gv.at](mailto:silvia.baldinger@bmlfuw.gv.at)  
[www.lebensministerium.at](http://www.lebensministerium.at)

MAS Dr. Thomas Belazzi  
Geschäftsführer der "bauXund forschung und beratung  
gmbH"  
Billrothstraße 2, A-1190 Wien  
Tel: 01-36070 841  
Fax: 01-36070 352  
e-mail: [belazzi@bauXund.at](mailto:belazzi@bauXund.at)  
[www.bauXund.at](http://www.bauXund.at)

SV Peter Braun  
ALAB-Berlin  
Wilsnacker Straße 15, D-10559 Berlin, Deutschland  
Tel: 030-3949983  
Fax: 030-39473793  
e-mail: [info@alab-berlin.de](mailto:info@alab-berlin.de)  
[www.alab-berlin.de](http://www.alab-berlin.de)

DI Alfred Brezansky  
Wiener Umwelthanwaltschaft  
Muthgasse 62, A-1190 Wien  
Tel: 01-37979 88 98  
Fax: 01-37979 99 88989  
e-mail: [bra@wua.magwien.gv.at](mailto:bra@wua.magwien.gv.at)  
[www.wien.gv.at/wua/](http://www.wien.gv.at/wua/)

DI Peter Bohinc  
Sachverständiger für Feuchte am Bau, angewandte Bau-  
physik  
Bahnzeile 18, A-2352 Gumpoldskirchen  
Tel: 02252-62954  
Fax: 02252-62  
e-mail: [sv@bohinc.at](mailto:sv@bohinc.at)

Ing. Guido Bortoli  
Geschäftsführer der Fa. PROLUFT  
Professionelle Lüftungssystem-Reinigung GmbH  
Schwechater Straße 47  
A-2320 Zwölfaxing bei Wien  
Tel: 01-2573239  
Fax: 01-2569899  
e-mail: [proluft@proluft.at](mailto:proluft@proluft.at)  
[www.proluft.at](http://www.proluft.at)

Ass. Prof. Ing. Dr. Renate Cervinka  
Institut für Umwelthygiene, Medizinuniversität Wien  
Kinderspitalgasse 15, 1095 Wien  
Tel: 01-4277-64716  
Fax: 01-4277-9647  
[renate.cervinka@meduniwien.ac.at](mailto:renate.cervinka@meduniwien.ac.at)  
[www.univie.ac.at/umwelthygiene](http://www.univie.ac.at/umwelthygiene)

DI. Bernhard Damberger  
Innenraum Mess- und Beratungsservice  
Stutterheimstraße 16-18/2, A-1150 Wien  
Tel: 01-9838080-12  
Fax: 01-9838080-15  
e-mail: [damberger@innenraumanalytik.at](mailto:damberger@innenraumanalytik.at)  
[www.innenraumanalytik.at](http://www.innenraumanalytik.at)

DI Arno Dermutz  
Verein für Konsumenteninformation (VKI)  
Linke Wienzeile 18, A-1060 Wien  
Tel: 01-58877-254  
Fax: 01-58877-3  
e-mail: [a.dermutz@vki.or.at](mailto:a.dermutz@vki.or.at)  
[www.konsument.at/umweltzeichen](http://www.konsument.at/umweltzeichen)

DI Dr. Silvia Estermann  
iC consulenten Ziviltechniker GesmbH  
Kaiserstraße 45, A-1070 Wien  
Tel: 01- 51269-242  
Fax: 01- 51269-15  
e-mail: [s.estermann@ic-vienna.at](mailto:s.estermann@ic-vienna.at)  
[www.ic-group.org](http://www.ic-group.org)

Dr. Harry Friedmann  
Institut für Isotopenforschung und Kernphysik  
der Universität Wien (Radiuminstitut)  
Boltzmanngasse 3, A-1090 Wien  
Tel.: 01-4277-51760  
Fax: 01- 4277-51752  
e-mail: [fried@ap.univie.ac.at](mailto:fried@ap.univie.ac.at)  
[www.univie.ac.at/kernphysik](http://www.univie.ac.at/kernphysik)

DI Dr. Othmar Glaeser  
Amt der Salzburger Landesregierung, Abteilung Umwelt-  
schutz  
A-5020 Salzburg, Michael-Pacher-Straße 36  
Tel: 0662-8042-4543  
e-mail: [othmar.glaeser@salzburg.gv.at](mailto:othmar.glaeser@salzburg.gv.at)



Univ.-Ass. Dipl.-Ing. Dr. med. Hans-Peter Hutter  
Institut für Umwelthygiene, Medizinuniversität Wien  
Ärztinnen und Ärzte für eine gesunde Umwelt  
Kinderspitalgasse 15, A-1095 Wien  
Tel: 01-4277-64727  
Fax: 01-4277-9647  
e-mail: hans-peter.hutter@meduniwien.ac.at  
www.univie.ac.at/umwelthygiene  
<http://members.magnet.at/aegu/>

Dr. Herbert Greisberger  
OEGUT  
Hollandstraße 10/46, A-1020 Wien  
Tel: 01-3156393  
Fax: 01-3156393-22  
e-mail: office@oegut.at  
www.oegut.at

Dipl.-Ing. Robert Kernöcker  
Land OÖ, Abt. Umwelt- und Anlagentechnik  
Stockhofstraße 40, A-4020 Linz  
Tel.: 0732-7720-14558  
Fax: 0732-7720-14520  
e-Mail: u-ut.post@ooe.gv.at  
www.ooe.gv.at/umwelt

Dr. Manfred Klade  
IFF/IFZ – Interuniversitäres Forschungszentrum für Technik, Arbeit und Kultur  
Schlögelgasse 2, A-8010 Graz  
Tel.: 0316-813909-27  
Fax: 0316-810274  
e-mail: klade@ifz.tu-graz.ac.at  
www.ifz.tu-graz.ac.at

HR Univ. Prof. Ing. Dr. Michael Köck  
Landeshygieniker für Steiermark  
Universitätsplatz 4/III, A-8010 Graz  
Tel.: 0043 316 380 4380  
Fax :0043 316 380 9654  
e-mail: michael.koeck@stmk.gv.at

Dr. Paul Krajnik  
Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft,  
Umwelt und Wasserwirtschaft  
Stubenbastei 5, A-1010 Wien  
Tel: 01-51522-2350  
e-mail: paul.krajnik@bmlfuw.gv.at  
www.lebensministerium.at

DI Heinz Kropiunik  
Aetas-Ziviltechniker GmbH  
Kardinal Rauscher Platz 4/26, A-1150 Wien  
Tel: 01-2696369-10  
Fax: 01-2696369-15  
e-mail: h.kropiunik@aetas.at

Univ. Prof. Dr. Michael Kundi  
Institut für Umwelthygiene, Medizinuniversität Wien  
Abteilung f. Arbeits- u. Sozialhygiene  
Kinderspitalgasse 15, A-1095 Wien  
Tel: 01-4277-64726  
Fax: 01-4277-9647  
e-mail: michael.kundi@meduniwien.ac.at

DI Dr. Bernhard Lipp  
IBO – Österreichisches Institut für Baubiologie und -ökologie GmbH  
Alserbachstraße 5, A-1090 Wien  
Tel.: 01-3192005-12  
Fax: 01-3192005-50  
e-Mail: bernhard.lipp@ibo.at  
www.ibo.at

Univ.-Doz. DI Dr. Franz Josef Maringer  
Institut für Bodenforschung, Universität für Bodenkultur  
Wien und Atominstitut, Technische Universität Wien  
Low-Level Counting Labor Arsenal  
Faradaygasse 3, Arsenal Objekt 214, A-1030 Wien  
Tel: 050550-6536  
Fax: 050550-6536  
e-mail: maringer.f@arsenal.ac.at

Dr. Johann Mattes  
Facharzt für Mikrobiologie und Infektionsepidemiologie  
Vorstand FIRU e.V.  
Bahnhofstraße 32, D-84524 Neuötting, Deutschland  
Tel: ++49-86 7195 73-0  
Fax: ++49-86 7195 73-29  
e-mail: welcome@firu.de

Univ. Ass. Dr. med. Hanns Moshhammer,  
Institut für Umwelthygiene, Medizinuniversität Wien  
Ärztinnen und Ärzte für eine gesunde Umwelt  
Kinderspitalgasse 15, A-1095 Wien  
Tel: 01-4277-64727  
Fax: 01-4277-9647  
e-mail: hanns.moshhammer@meduniwien.ac.at  
www.univie.ac.at/umwelthygiene  
<http://members.magnet.at/aegu/>

Mag. Hildegund Mötzl,  
IBO – Österreichisches Institut für Baubiologie und -ökologie GmbH  
Alserbachstraße 5, A-1090 Wien  
Tel.: 01-3192005-32  
Fax: 01-3192005-50  
e-Mail: hildegund.moetzl@ibo.at  
www.ibo.at

DI Christoph Muss  
Fa. team gmi  
Schulgasse 22, A-6850 Dornbirn  
Tel: 05572-337770  
Fax: 05572-337777  
e-mail: christoph.muss@teamgmi.at  
www.teamgmi.at

Dipl.-HTL-Ing. Alberto Pagani  
Ofi – Österreichisches Forschungsinstitut für Chemie und  
Technik  
Franz Grill-Str. 5, 1030 Wien  
Tel: 01-7981601-250  
e-mail: alberto.pagani@ofi.co.at  
www.ofi.co.at

Georg Patak  
Gemeinde Wien, MA 22  
Ebendorferstraße 4, A-1082 Wien  
Tel: 01-4000-88351  
Fax: 01-4000-99-88351  
E-Mail: pat@m22.magwien.gv.at

Joe Püringer  
Allgemeine Unfall-Versicherungsanstalt AUVA  
Adalbert-Stifter-Straße 65, A-1220 Wien  
Tel: 01-33111-596  
e-mail: joe.pueringer@auva.sozvers.at

Arch. DI Georg Reinberg  
Lindengasse 39/10, A-1070 Wien,  
Tel/Fax: 01-5248280  
e-mail: architekt.reinberg@aon.at  
www.reinberg.net

Univ.Prof. Mag. Dr. Franz F. Reinthaler  
Institut für Hygiene der Medizinischen Universität Graz  
Universitätsplatz 4, A-8010 Graz  
Tel: 0316-380 DW 4386 oder 4389  
Fax: 0316-380-9646  
e-mail: franz.reinthaler@uni-graz.at

DI Dr. Gabriele Rohregger  
IBO – Österreichisches Institut für Baubiologie und  
-ökologie GmbH  
Alserbachstraße 5, A-1090 Wien  
Tel.: 01-3192005-26  
Fax: 01-3192005-50  
e-Mail: gabriele.rohregger@ibo.at  
www.ibo.at

Ing. Ludwig Rüdissler  
RLT-Hygienefachmann  
Rütte 46, A-6840 Götzis  
Tel/Fax: 05523/56756  
e-mail: rlt@aon.at

Dr. Helmut Sagunski  
Behörde für Umwelt und Gesundheit der Freien und  
Hansestadt Hamburg, Abt. Verbraucherschutz, G 25 -  
Regulatorische Toxikologie der Innenraumluft  
Adolph-Schönfelder-Straße 5, D-22083 Hamburg,  
Deutschland  
Tel: ++49-40-428-636541  
Fax: ++49-40-428-633370  
e-mail: helmut.sagunski@bug.hamburg.de

Dipl.-HTL-Ing. Gerald Saleschak  
Österreichisches Textilforschungsinstitut (öti)  
Spengergasse 20, A-1050 Wien;  
Tel: 01-544 25 43-0  
Fax: 01-544 25 43-0  
email: office@oeti.at  
www.oeti.at

Thomas Schmitz-Günther  
Geschäftsführer Internationaler Verein für zukunftsfähiges  
Bauen und Wohnen – natureplus e.V.,  
Kleppergasse 3, D-69151 Neckargemünd, Deutschland  
Tel/Fax: ++49-6223-861147  
e-mail: office@natureplus.org  
www.natureplus2.org

Univ. Prof. Dr. Olli Seppänen  
Helsinki University of Technology, Finland  
European Federation of Heating and Air-conditioning  
Engineers, Vice-president  
P.O.Box 4100, SF-02015 TKK  
e-mail: olli.seppanen@hut.fi

Dr. Sigrid Sperker  
Gruppenleitung Strahlenschutz Abteilung Umwelt- und  
Anlagentechnik  
Stockhofstraße 40, A-4021 Linz  
Tel: 0732-7720-14534  
Fax: 0732-7720-14520  
email: u-ut.post@ooe.gv.at  
www.ooe.gv.at/umwelt

HR Mag. Mathias M. Stani  
TGM Wien  
Fachbereich Akustik und Bauphysik  
Wexstraße 19-23, A-1200 Wien  
Tel: 01 331 26-411  
Fax: 01 331 26-412  
e-mail: mathias.stani@tgm.ac.at

Dr. Susanna Stark  
"die umweltberatung" Kompetenzzentrum  
BauenWohnenEnergie  
Galvanigasse 17, A-1210 Wien  
Tel: 01-2704124-11  
Fax: 01-2704124-  
e-mail: susanna.stark@umweltberatung.at  
www.umweltberatung.at

DI. Peter Tappler  
Allgemein beeideter und gerichtlich zertifizierter Sach-  
verständiger  
Leiter des Arbeitskreises Innenraumluft am BMLFUW  
Stutterheimstraße 16-18/2, A-1150 Wien  
Tel: 01-9838080  
Fax: 01-9838080-15  
e-mail: p.tappler@innenraumanalytik.at  
www.innenraumanalytik.at

DI. Felix Twrdik  
Innenraum Mess- und Beratungsservice  
Stutterheimstraße 16-18/2, A-1150 Wien  
Tel: 01-9838080-14  
Fax: 01-9838080-15  
e-mail: f.twrdik@innenraumanalytik  
www.innenraumanalytik.at

DI Reinhard Weiss  
drexel und weiss – energieeffiziente haustechniksysteme  
gmbh  
Kennelbacherstrasse 36, A-6900 Bregenz  
Tel: 05574-47895  
Fax: 05574-47895-4  
e-mail: r.weiss@drexel-weiss.at  
www.drexel-weiss.at, www.passivhaus-technik.com

Peder Wolkoff  
National Institute of Occupational Health  
Department of Indoor Climate  
Lersø Parkallé 105, DK-2100 Copenhagen, Denmark  
Tel: ++45-39165272  
e-mail: pwo@ami.dk  
www.ami.dk