



# Gerüche in Innenräumen

Um eine Vergleichbarkeit der Bewertung von Gerüchen in der Innenraumluft zu erreichen, erarbeitet der Arbeitskreis Innenraumluft des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft in Kooperation mit der Arbeitsgemeinschaft Gerüche und der Arbeitsgemeinschaft Ökologischer Forschungsinstitute (AGÖF) derzeit eine standardisierte Form der Untersuchung und Bewertung von Gerüchen in Innenräumen.

## Geruchsstoffe aus der Außenluft

Die Außenluft kann eine bedeutende Quelle an Geruchsstoffen in Innenräumen sein. Diese Fälle sind in Zusammenhang mit Nutztierhaltung, Gewerbe- und Industriebetrieben hinlänglich bekannt.

## Geruchsstoffe aus anderen Teilen des Gebäudes

Das Phänomen des interzonalen Schadstofftransfers ist der unkontrollierte und in der Regel unerwünschte Übertritt von Schad- oder Geruchsstoffen von einem Raum bzw. Stockwerk eines Gebäudes zu einem davon abgetrennten Gebäudeteil. Dies gibt häufig Anlass zu Beschwerden von Raumnutzern über Gerüche bzw. damit in Zusammenhang stehenden Beeinträchtigungen des Wohlbefindens. Es zeigte sich, dass dieses Phänomen vor allem bei neueren Gebäuden (Betonplattenbauten) mit unzureichender Abdichtung der Betonfugen, in Gebäuden mit Garagenräumen, aber auch in Altbauten auftritt. Die Ursache dafür ist häufig eine nicht bestehende oder mangelhaft ausgeführte Abdichtung von Gebäudeteilen, verbunden mit Druckunterschieden zwischen der Quelle der Geruchsstoffe und dem Zielbereich.

Bei Vorhandensein von stärker frequentierten Tiefgaragen, bei der keine vollständige lufttechnische Trennung zwischen den Innenräumen und der Tiefgarage besteht, ist damit zu rechnen, dass neben garagentypischen Geruchsstoffen auch praktisch geruchslose Stoffe mit hohem Gefährdungspotential wie Kohlenmonoxid (CO), Benzol oder Feinstaub in die Räume gelangen (Tappler und Damberger 1996, 1997). In undichten Gebäuden mit Mischnutzung, in denen sich Gastgewerbebetriebe, KFZ-Werkstätten, Chemisch-Reinigungsbetriebe oder ähnliches befinden, können geruchlich wahrnehmbare Stoffe wie Zigarettenrauch, Lösungsmittelbestandteile oder WC- und Küchengerüche sowie mitunter weitere geruchlich nicht wahrnehmbare, jedoch hygienisch bedenkliche Substanzen im Gebäude transportiert werden.

Als Untersuchungsmethode eignen sich entweder der direkte Nachweis der übertretenden Geruchsstoffe mittels chemischer Analytik bzw. sensorischer Prüfung oder aber die Untersuchung des Durchtritts mittels Tracergastechniken (Tappler und Damberger 1996, 1997).

## Der Mensch als Quelle von Geruchsstoffen

Der Mensch ist eine bedeutende Quelle an Geruchsstoffen in Innenräumen. In der Innenraumluft ist die Konzentration anthropogener Emissionen von der Belegung des Raumes, der Raumgröße, der Belüftungssituation und anderen Parametern abhängig. In Einzelfällen kann die Abgabe von Geruchsstoffen einzelner Personen, verursacht durch mangelnde Hygiene oder einen veränderten Stoffwechsel (altersbedingt oder durch Krankheiten verursacht), das übliche Ausmaß deutlich überschreiten. Bei unzureichenden Lüftungsverhältnissen oder hoher Personenbelegung kann die Geruchsstoffkonzentration in Innenräumen auf Werte ansteigen, die von den Raumnutzern als störend empfunden werden. Zu erinnern ist in diesem Zusammenhang an die wohnhygienischen Untersuchungen von Friedberger (1923), der in den 20er Jahren in den stark überbelegten Massenwohnquartieren dieser Zeit beträchtliche Geruchsbelastungen feststellte, die auch mit hohen CO<sub>2</sub>-Konzentrationen bis zu 5.500 ppm (10.100 mg/m<sup>3</sup>) verbunden waren.

Die von Menschen verursachte Geruchsintensität in einem Raum korreliert nicht nur mit der CO<sub>2</sub>-Menge, sondern in der Regel auch direkt mit der Menge an flüchtigen organischen Verbindungen, die wiederum – zumindest zum Teil – als Träger des vom Körper ausgehenden Geruchs angesehen werden können.

Wang (1975) untersuchte diese Zusammenhänge in einem Klassenzimmer und stellte fest, dass die vier der Menge nach dominierenden Verbindungen in den Körperausdünstungen etwa zwei Drittel der gesamten Menge an flüchtigen organischen Substanzen ausmachen. Dabei handelt es sich in der Hauptsache um Aceton, Buttersäure,



Ethanol und Methanol. Weiter wurden als wichtige Komponenten der Körperausdünstungen, die sich in der Innenraumlufte in relevanten Konzentrationen finden, die folgenden Stoffe festgestellt: Acetaldehyd, Allylalkohol, Essigsäure, Amylalkohol, Diethylketon, Phenol. Insgesamt wurden durchschnittlich 14,8 mg/h an flüchtigen organischen Substanzen je Person freigesetzt.

Eine fixe Grenze, ab wann die Raumlufte als unzureichend bezeichnet wird, kann nicht exakt angegeben werden. Es wurde jedoch versucht, einen Zusammenhang zwischen dem Anteil an Unzufriedenen und der Geruchsstoff-Konzentration in decipol in Hinblick auf anthropogene Emissionen mittels Formeln anzunähern (siehe Abb. 1 nach Fanger 1988).

### Oberflächenbeschichtungen

Essigsäureester und Ketone sind häufig schon in relativ niedrigen Konzentrationen an ihrem charakteristischen durchdringend-fruchtigen Geruch erkennbar. Polyurethanlacke, wie sie z.B. zur Versiegelung von Holzfußböden verwendet werden, können leichtflüchtige Essigsäureester enthalten. Am häufigsten findet man hier die süßlich riechende Substanz n-Butylacetat, die auch in für Möbellacke verwendeten Lacksystemen eingesetzt wird.

Starke, persistente Gerüche gehen von Alkydharzanstrichen aus, die vor allem zur Beschichtung von Fenstern, Türen und Türstöcken bei der Altbausanierung eingesetzt werden. Obgleich Aldehyde beim Entstehen des Geruches eine Rolle spielen, konnten die geruchsbildenden Substanzen noch nicht zur Gänze charakterisiert werden.

Die Substanzen Benzophenon (Geruch nach Marzipan) und Cyclohexanon, die ebenfalls einen relativ niedrigen Geruchsschwellenwert besitzen, können sich als Sekundäremission aus UV-gehärteten Lacksystemen finden (Salthammer et al. 1999).

Bei der Beschichtung von Holzbodenoberflächen mit Leinöl-basierten Bodenölen können bei zu langsamer Oxidation – wenn das Öl/ Harz in Spalten oder Ritzen des Bodens gelangt bzw. wenn Schleifstaub als Fugenfüllmaterial verwendet wird – geruchsintensive Zerfalls- und Zersetzungsprodukte wie organische Säuren und Aldehyde entstehen. Beschwerden über muffige Gerüche werden in der Praxis besonders bei unsachgemäßer Verarbeitung. Typische Anwendungsfehler sind zu hohe Auftragsmengen oder Einbringen größerer Mengen der Präparate in Bereiche ohne Möglichkeit der schnellen Auftrocknung. Ähnliche muffige Gerüche, die sich auch an Kleidungsstücke und in

Glaswaren anlagern können, finden sich auch dann, wenn die Innenseite von Kästen mit Präparaten auf Leinölbasis behandelt werden.

Typische, persistente Gerüche nach Styrol werden von mehrkomponentigen Polyester-Dichtanstrichen verursacht. Eine Ursache für die zum Teil über Monate persistierenden Gerüche ist, dass das vorgegebene Mischungsverhältnis zwischen Präparat und Härter bei der Verarbeitung nicht eingehalten wurde.

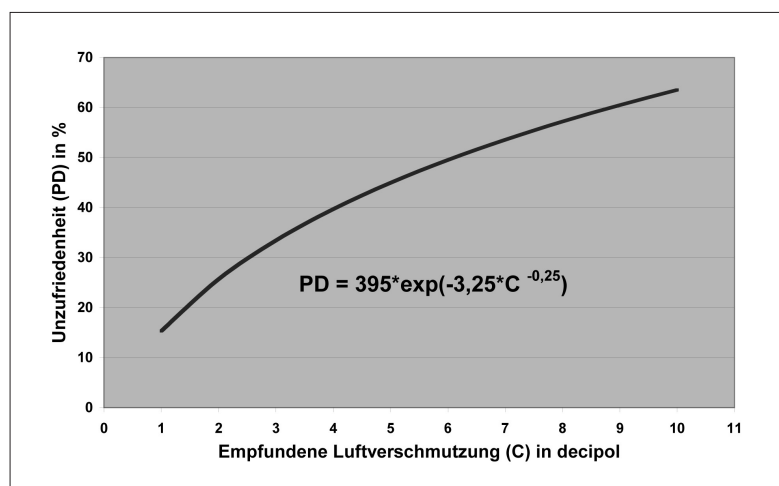


Abb. 1: Korrelation zwischen dem Prozentsatz Unzufriedener (PD) und empfundener Luftqualität in einem Raum (nach Fanger 1988)

PD = Anteil der mit der Raumluftequalität Unzufriedenen in % (dissatisfied persons)

### Holzwerkstoffe

Holzwerkstoffe aus Nadelholz sind in gealtertem Zustand keine relevanten Emittenten von VOC. Im frisch geschnittenen Zustand jedoch geben Nadelhölzer eine Reihe von Terpenkohlenwasserstoffen (Terpene) sowie Aldehyde wie z.B. Hexanal an die Raumlufte ab. Verbindungen wie  $\alpha$ -Pinen,  $\beta$ -Pinen oder  $\Delta^3$ -Caren wurden in relevanten Konzentrationen als Abgasung von frischem Nadelholz nachgewiesen (Salthammer et al. 1996).

Erfahrungsgemäß nimmt die Emissionsrate mit zunehmender Alterung der Holzwerkstoffe ab und wird in der Regel nicht als störend empfunden. Die emittierten Holzinhaltstoffe sind auch für den charakteristischen Geruch von Holz verantwortlich (wobei nicht alle Geruchsstoffe, die an der Genese des Geruchs beteiligt sind, bekannt sind und analytisch nachgewiesen werden können).

OSB-Platten weisen hohe Emissionen von n-Aldehyden und entsprechenden Carbonsäuren auf (UBA 2007), Die Geruchsbelastung kann bis zur völligen Unbenutzbarkeit von Räumen führen.



### Mikrobiell verursachte Geruchsstoffe

Aufgrund ihrer niedrigen Geruchsschwelle lassen sich zahlreiche mikrobiell verursachte flüchtige organische Verbindungen (MVOC) geruchlich wahrnehmen. Als MVOC-Verbindungen (Microbially Volatile Organic Compounds) bezeichnet man die organischen Stoffwechselprodukte der Mikroorganismen im Bereich der VOC, vor allem von Schimmelpilzen (Keller et al. 1998). Beispiele für MVOCs sind die Substanzen 3-Octanol, Methylfuran oder Dimethyldisulfid. Es wird angenommen, dass einige dieser Verbindungen für Schimmelpilze spezifisch sind, manche von Schimmelpilzen abgegebenen Verbindungen werden aber auch von Baumaterialien und Einrichtungsgegenständen emittiert. Als Analyseverfahren für MVOC wird die Sammlung der Substanzen in der Raumluft und anschließende Auswertung mittels GC/MS eingesetzt.

Ob sich MVOCs als Indikatoren zur Beurteilung für das Vorliegen von mikrobieller Aktivität bzw. eines Schimmelwachstums eignen, wird derzeit sehr kontroversiell diskutiert (Schleibinger et al. 2004; Schleibinger 2006).

Aus chlorierten Verbindungen wie Phenolen, Chlorphenolen oder Chlorbenzolen können in Verbindung mit mikrobieller Aktivität Chloranisole entstehen, die einen niedrigen Geruchsschwellenwert und einen charakteristischen muffigen Geruch besitzen (Obenland und Maraun 2003). 2,4,6-Trichloranisol (TCA) ist als bedeutender Verursacher des Korkgeschmacks in Weinen bekannt. Schimmelpilze der Gattung *Penicillium* und *Trichoderma* oder Bakterien können daran maßgeblich beteiligt sein. Ein möglicher Reaktionsmechanismus ist dabei die Biomethylierung von Trichlorphenol. Der Abbau von Pentachlorphenol (PCP) durch eine *Pseudomonas*-Bakterienart wurde durch Watanabe (1973, nach Fiedler et al. 1996) beschrieben. Auch *Trichoderma*-Stämme sind dafür bekannt, PCP abzubauen – insbesondere *Trichoderma virgatum* fördert die Methylierung von PCP zu Pentachloranisol. Andere Pilzarten können auch niedriger chlorierte Chlorphenole zu Chloranisolen methylieren (Fiedler et al. 1996).

Als Leitsubstanzen für Chloranisole bei Raumluftuntersuchungen werden in der Regel die Substanzen 2,4,6-Trichloranisol (TCA) und 2,3,4,6-Tetrachloranisol (TeCA) verwendet, die mittels GC/MS ausgewertet werden (Obenland und Maraun 2003). Als Schätzwert für die Geruchsschwelle für TCA wurde von den Autoren nach einem Laborversuch ein Wert von etwa  $0,002 \mu\text{g}/\text{m}^3$  angenommen, für TeCA ein Wert von etwa  $0,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Zu den mikrobiell verursachten Geruchsstoffen gehören auch faulige Gerüche, deren Quelle häu-

fig das Abwassersystem ist. Die Gerüche treten in der Regel dann in die Raumluft ein, wenn der vorgeschriebene Geruchsverschluss (Siphon) nicht ordnungsgemäß funktioniert.

### Teerprodukte und Feuchteisolierungen

Die bis in die Neunzigerjahre als Feuchteisolierung verwendeten Teerepoxyanstriche führten neben der Abgasung an polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAK) zu einer Beeinträchtigung der Innenraumluftqualität durch naphthalinartige Gerüche (Brown et al. 1990). Die den Geruch bestimmenden Substanzen sind vor allem Methyl-naphthaline. Ähnliche Gerüche werden auch von anderen, heute nicht mehr eingesetzten Teerprodukten wie z.B. teerhaltigen Fußbodenklebern verursacht, die offen mit der Raumluft in Verbindung stehen. Es sind auch Fälle bekannt, bei denen die geruchserzeugenden Komponenten wie z.B. Inhaltsstoffe von Karbolinen durch massive Baustoffe diffundieren bzw. durch Umbauarbeiten mobilisiert und daher mitunter erst nach Jahrzehnten geruchlich wahrnehmbar werden.

Bitumenanstriche, die aromatenhaltiges Testbenzin als Lösungsmittel enthalten, können zu einer oft monatelangen geruchlichen Belastung der Innenraumluft führen. Da Bitumen nur einen sehr schwachen Eigengeruch aufweist, ist in diesem Fall die geruchserzeugende Komponente in der Regel vor allem bei den eingesetzten Lösungsmitteln zu suchen.

### Holzschutzmittel und Biozide

In der Regel sind Holzschutzmittelbestandteile wie Permethrin, Pentachlorphenol oder Lindan geruchlos. Charakteristisch riechende Substanzen aus der Gruppe der Chlornaphthaline wurden in der Vergangenheit als Holzschutzmittelwirkstoffe eingesetzt (Pluschke et al. 1996). Naphthalin selbst wurde in der Vergangenheit als Mottenschutz verwendet. Die als Mottenschutz (z.B. in Mottenstreifen) eingesetzten Terpene Campher und Isoborneol weisen einen charakteristischen Eigengeruch auf. Als Analyseverfahren für die angeführten Substanzen wird in der Regel die Sammlung der Substanzen in der Raumluft und anschließende Auswertung mittels GC/MS eingesetzt.

### Heizöl

Diesel- und Heizöl setzen sich zum Großteil aus einer charakteristischen Mischung geradkettiger und verzweigter aliphatischer sowie aromatischer Kohlenwasserstoffe im Siedebereich von etwa  $\text{C}_9$ - $\text{C}_{14}$  zusammen. Bei nicht vollständiger lufttechnischer Trennung zwischen Räumen mit Heizöltanks (bzw. Garagen mit Dieselöltanks, undichten Fahrzeugtanks etc.) und Innenräumen kann diese mit Heiz- oder Dieselöl belastete Luft zu einer relevanten Quelle werden. Relativ hohe Konzentrationen an



Heizölbestandteilen in der Raumluft treten auch nach Lecks von Heizölleitungen oder nach Unfällen beim Befüllen von Heizöltanks auf. Nach Hochwasserschäden schwimmen die meist im Kellergeschoss situierten Tanks auf, wodurch es zu einer Beschädigung der Leitungen und in der Folge zu einem Austritt von Heizöl aus den Tanks kommt. Durch die niedrige Geruchsschwelle von Verunreinigungen und Zusätzen des Heiz- oder Dieselöls können Kontaminationen der Raumluft schon in niedrigen Konzentrationen geruchlich wahrgenommen werden.

Als Analyseverfahren für Heizölkontaminationen wird in der Regel die Sammlung der Substanzen in der Raumluft und anschließende Auswertung mittels GC/MS eingesetzt. Es ist dabei allerdings zu beachten, dass die für den charakteristischen Geruch verantwortlichen Verbindungen eine geringere Flüchtigkeit als die eher geruchsarmen Kohlenwasserstoffe besitzen, die die Hauptmasse des Heizöls ausmachen und in der Auswertung in der Regel nicht erfasst werden. Es treten daher Fälle auf, bei denen zwar deutliche Gerüche festgestellt werden, die Konzentrationen an Kohlenwasserstoffen in der Raumluft jedoch gering sind.

### Sekundär- und Abbauprodukte von Bauprodukten

Zahlreiche im Innenraum gebräuchliche Produkte emittieren 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). Ein Beispiel dafür sind synthetische Wandbeschichtungen und Teppiche, die eine relevante Quelle von Stoffen mit niedrigem Geruchsschwellenwert wie Vinylcyclohexen oder 4-Phenylcyclohexen sowie weiterer geruchsintensiver Substanzen sein können (Sollinger und Levsen 1992). Als Hauptquelle dieser Substanzen wurde bei einer österreichischen Untersuchung vor allem die Rückenbeschichtung von Teppichen identifiziert (Tappler et al. 1994).

Aldehyde entstehen vor allem im Raum selbst als Reaktionsprodukte von in Baustoffen und Materialien der Inneneinrichtung enthaltenen Substanzen. Beispiele dafür sind die Entstehung von höheren Aldehyden aus Alkydharzlacken oder aus Produkten, die Leinöl enthalten wie z.B. ölhaltige Imprägnierungen oder Linoleum (Jensen et al. 1993). Auch Kork kann Aldehyde und weitere Geruchsstoffe, die in der Summe den typischen Korkgeruch verursachen, an die Raumluft abgeben. Höhere Aldehyde besitzen relativ niedrige Geruchsschwellenwerte. Der häufigste in Innenräumen gefundene höhere Aldehyd ist Hexanal.

Höhere, langkettige Fettsäuren im Hausstaub stellen eine wichtige Quelle für eine Vielzahl kurzket-

tiger Abbauprodukte dar, wobei zwei Prozesse eine wichtige Rolle spielen. Zum einen findet ein Abbau durch mikrobielle Aktivität statt, zum anderen können langkettige Fettsäuren auch thermisch zersetzt werden, wenn sich Staub auf heißen Oberflächen wie Heizkörpern oder Lampen niedergelassen hat (Pedersen et al. 2002). Bei diesen Prozessen entstehen niedermolekulare Aldehyde, Carbonsäuren, Ketone und Alkohole, die für den oftmals muffigen oder ranzigen Geruch von Hausstaub und Raumluft verantwortlich sind (Obenland et al. 2003). Höhere Fettsäuren sind Bestandteil von Seifen, Tensiden, Schmierstoffen, Epoxid- und Alkydharzen, Farben und Lacken sowie Weichmachern (Falbe und Regitz 1995, Baumann und Muth 1997).

Mit ihrem dominierenden Anteil am organischen Hausstaub-Extrakt stellen Fettsäuren ein großes Potenzial für den mikrobiellen und thermischen Abbau zur Verfügung, der in einer Vielzahl geruchsaktiver und schleimhautreizender Stoffe mündet. Viele dieser Verbindungen können mit den herkömmlichen Methoden der VOC-Bestimmung nicht erfasst werden, unter anderem auch wegen nicht ausreichender Bestimmungsgrenzen. Zur indirekten Bestimmung bietet sich daher die Untersuchung der Fettsäuren-Belastung des Hausstaubs und im Falle der niederen Fettsäuren die Bestimmung in der Raumluft an (Obenland et al. 2003).

### Duftstoffe und Luftverbesserer

Einige Vertreter der Isoprenoide weisen schon in niedrigen Konzentrationen einen charakteristischen Geruch auf. Hier ist vor allem das Zitruschaleenterpen Limonen zu nennen, das als Duftstoff in einer Vielzahl von im Haushalt eingesetzten Produkten (z.B. Waschmittel, Spülmittel, Duftölen) verwendet wird. Auch der Geruch von frischem Nadelholz wird von Isoprenoiden verursacht. In Innenräumen findet man mitunter die einen charakteristischen Geruch aufweisende Substanz Campher, die als Riech- und Geschmacksstoff z.B. in Mottenschutzstreifen sowie in Arzneimitteln enthalten sein kann.

Neben den genannten Substanzen existieren noch eine Vielzahl weiterer Isoprenoide, die in Produkten in Innenräumen als Duftölbestandteil enthalten sind und zum Teil von den NutzerInnen bewusst zur „Luftverbesserung“ freigesetzt werden. Den VerbraucherInnen werden unterschiedliche Zubereitungen und Produkte angeboten, zum Beispiel Sprays, Duftgele, Duftkerzen, Räucherstäbchen und verschiedene Arten von Extrakten und Flüssigkeiten mit Verdampfern. Die Riech- und

### Informationen

DI Peter Tappler  
Innenraum Mess- und Beratungsservice  
A-1150 Wien, Stutterheimstr.16-18/2  
fon: +43-(0)1-9838080  
fax.: +43-(0)1-9838080-13  
email: office@innenraumanalytik.at  
web: www.innenraumanalytik.at

Aromastoffe werden in die Innenraumluft abgegeben und rufen bei entsprechender Luftkonzentration einen bestimmten Geruchseindruck hervor, der positive gedankliche Assoziationen bewirken soll. Der subjektiv bewusst wahrnehmbare Sinneindruck kann von „kaum merklich“ bis „sehr stark“ reichen.

Duft- sowie Riech- und Aromastoffe werden in erster Linie zu folgenden Zwecken eingesetzt:

- Für eine positive Bewertung von Objekten: Riech- und Aromastoffe werden unter anderem in Kosmetika, Nahrungsmittelfertigprodukten, Reinigungs- und Pflegemitteln eingesetzt.
- Für eine Beeinflussung des persönlichen Wohlbefindens und der Leistungsfähigkeit: Hierzu gehören unter anderem individuelle Aromatherapien sowie die Verbreitung von Riech- und Aromastoffen über Lüftungs- und Klimaanlageanlagen in Gebäuden.
- Für die Maskierung unerwünschter Gerüche in Innenräumen: Es ist eine breite Produktpalette zum Überdecken einer mangelhaften Innenraumluftqualität verfügbar, die vom Toilettenstein bis zum Fichtennadelspray reicht.

Als Riech- und Aromastoffe werden sowohl künstliche als auch natürlich vorkommende Substanzen eingesetzt. Letztere können entweder durch Extraktion von Naturprodukten, hauptsächlich Pflanzen, gewonnen oder auch naturidentisch durch chemische Synthese hergestellt werden. Die Herkunft ist aber prinzipiell nicht ausschlaggebend für die gesundheitliche Bewertung dieser Stoffe. Häufig ist es sogar so, dass eine Bewertung der natürlichen Extrakte mit einer größeren Unsicherheit verbunden ist als die der synthetischen Produkte, da letztere in der Regel eine definierte und kon-

stante Zusammensetzung aufweisen. Natürliche Extrakte können dagegen sowohl hinsichtlich ihrer Zusammensetzung als auch der relativen Konzentration einzelner Verbindungen, in Abhängigkeit von Herkunft und Wachstumsbedingung der Ausgangsprodukte, Verarbeitung sowie Transport und Lagerung eine erhebliche Schwankungsbreite aufweisen. Bereits in der Vergangenheit wurden auf Basis der Ergebnisse toxikologischer Untersuchungen sowohl natürliche Extrakte als auch synthetisch hergestellte, künstliche Verbindungen freiwillig durch den Hersteller für bestimmte Anwendungszwecke beschränkt oder z.B. in Deutschland durch den Gesetzgeber reguliert. Beispiele hierfür sind künstliche Moschusverbindungen (unter anderem Moschus-Ambrette) und natürliche Extrakte, wie etwa Eichenmoos- oder Bergamotteextrakt (UBA 2007).

Die Innenraumlufthygiene-Kommission des deutschen Umweltbundesamtes warnt in einer Stellungnahme in Bezug auf den direkten Einsatz von Duftstoffen zur Verbesserung der Raumluft und des Wohlbefindens (UBA 2007). Sie hält es für erforderlich, dass Riech- und Aromastoffe nur in Kenntnis der möglichen unerwünschten Begleiteffekte eingesetzt werden. Folgende Punkte sollten laut Innenraumlufthygiene-Kommission des deutschen Umweltbundesamtes beachtet werden :

Von einer Verwendung von Verdampfern (Teelichte oder ähnliches), die mit Essenzen, Duftölen und sonstigen Flüssigkeiten betrieben werden, wird abgeraten, um die Konzentration der in die Innenluft gelangenden Stoffe nicht unnötig zu erhöhen. Sofern trotzdem der Zusatz von Riech- und Aromastoffen zur Raumluft vorgesehen ist, sollte er nur im Einvernehmen mit allen betroffenen Raumnutzern erfolgen. Von der Verbreitung von Riech- und Aromastoffen über Lüftungs- und Klimaanlageanlagen auf ganze Gebäude, vor allem wenn sie ohne Kenntnis der Raumnutzer erfolgt, ist abzuraten. Da davon auszugehen ist, dass öffentliche Gebäude,

zum Beispiel Kaufhäuser, Kinos, und so weiter, auch von empfindlichen oder bereits sensibilisierten Personen betreten werden, wird dringend empfohlen, im Sinne des Verbraucherschutzes dort Riech- und Aromastoffe nicht zu verwenden. Wenn Personen über Allergien, Befindlichkeitsstörungen und unspezifische gesundheitliche Symptome klagen, sollte auch an Riech- und Aromastoffe als mögliche Ursache gedacht werden. Im Zweifelsfall sollten diese Personen auf den Gebrauch von Riech- und Aromastoffen verzichten. Es muss dringend davon abgeraten werden, Riech- und Aromastoffe einzusetzen, um eine mangelhafte Qualität der Innenraumluft zu überdecken. Hier gilt es vielmehr, den Ur-

Tab. 1: Mögliche geruchsintensive Reaktionsprodukte und reaktive Komponenten in der Innenraumluft mit potentiellen Emissionsquellen und Vorläufersubstanzen (nach Salthammer 2000, ergänzt)

Quelle	Vorläufersubstanz	Reaktive Verbindung/Reaktionsprodukt
Textile Bodenbeläge	Styrol/Butadien cis-/trans-Butadien	Styrol, 4-Phenyl-cyclohexen (4-PC), 4-Vinyl-cyclohexen (4-VCH)
Kork	Pentosen und andere	Furfural, Ameisensäure, Essigsäure, Aldehyde Hydroxymethylfurfural
UV-Lacke	PHMP	Benzaldehyd, Benzil, Aceton, 1-Phenyl-2-methyl-1,2-propandiol, Pinacol
	HCPK	Benzaldehyd, Benzil, Cyclohexanon
Linoleum, NC-Lacke, Öko-Lacke, Alkydharzbeschichtungen	Ölsäure	Heptanal, Octanal, Nonanal, Decanal, 2-Decenal
	Linolensäure	2-Pentanal, 2-Hexanal, 3-Hexanal, 2-Heptanal, 2,4-Heptedienal, 1-Penten-3-on
	Linolsäure	Hexanal, Heptanal, 2-Heptenal, Octanal, 2-Octenal, 2-Nonenal, 2-Decenal, 2,4-Nonadienal, 2,4-Decadienal
Reaktivlöser		Styrol, Vinyltoluol, n-Vinylpyrrolidon, 2-Phenyl-1-propen
PVC-Bodenbeläge	Diethylhexylphthalat	2-Ethyl-Hexanol

sachen dafür nachzugehen und etwaige Quellen zu beseitigen. Nicht abwendbare, kurzfristig wahrnehmbare unangenehme Gerüche sollten durch ausreichende Lüftung vermindert werden.

## Tabakrauch

Eine intermittierende Quelle von Geruchsstoffen in Innenräumen ist Tabakrauch. Er enthält neben den Geruchsstoffen eine Vielzahl von Substanzen, die als karzinogen (krebserregend) und mutagen (erbgutverändernd) identifiziert sind. Zu diesen Substanzen gehören aromatische Amine und Nitrosamine, polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK), Aldehyde, Ketone und das Alkaloid Nicotin. Anzumerken ist, dass Tabakrauch im Zuge seiner „Alterung“ seine Geruchsqualität stark verändert. Dies ist bei Beurteilung von Räumen von Bedeutung, in die aus einem anderen Gebäudeteil Tabakrauch infolge von Undichtigkeiten im Gebäude einströmt.

## Raumlufttechnische Anlagen

In Raumlufttechnischen Anlagen können an mehreren Stellen der Anlage Geruchsquellen auftreten. Diese Geruchsquellen entstehen hauptsächlich durch Lüftungskurzschlüsse in der Anlage selbst oder kommen aus dem Aussenbereich. Eine weitere Geruchsquelle können schlecht gewartete Filter und nicht gereinigte Lüftungskanäle sein.

## Sonstige Gerüche in Innenräumen

Die Substanz Buttersäure, die einen unangenehmen, ranzigen Geruch (nach „stinkenden Socken“) aufweist, wird häufig zur Unbrauchbarmachung von Räumen verwendet. Da die Substanz in poröse Materialien diffundieren kann und nicht stark flüchtig ist, kann der Geruch über Monate, mitunter gar Jahre persistieren und zu unzumutbaren Belästigungen der Nutzer führen. Die Konzentration an Buttersäure kann mittels Gaschromatographie/ Massenspektrometrie bestimmt werden.

Gerüche nach Fäkalien bzw. nach deren Zersetzungsprodukten treten in bestehenden Gebäuden dann auf, wenn Abwasserleitungen undicht werden. In neu errichteten Gebäuden kann der Fall eintreten, dass Räume von den Bauarbeitern mit Urin verunreinigt werden, der sich in der Folge vor allem unter Luftabschluß zu ammoniakähnlich riechenden Substanzen entwickeln kann.

DI Peter Tappler  
Innenraum Mess- und Beratungsservice

## Literatur

Baumann W, Muth A (1997): Farben und Lacke. Springer Verlag Berlin: 2130

Brown et al. (1990): Investigations of the volatile organic compound content of indoor air in homes with an odorous damp proof membrane. In Indoor Air '90 – Proc. 5th Internat. Conf. of Indoor Air Quality and Climate, Toronto, Canada, Vol. 3: 557-580

Falbe J, Regitz M. (Hrsg.) (1995): Römpf Chemie Lexikon, 9., korrigierte und verbesserte Auflage des Römpf Chemie Lexikons auf CD-ROM, Version 1.0

Fanger PO (1988): Introduction of the olf and decipol units to quantify air pollution perceived by humans indoors and outdoors. Energy and Buildings, 12: 1-6

Fiedler H, Hilpert M, Hub M, Hutzinger O (1996): Stoffbericht Pentachlorphenol (PCP). Texte und Berichte zur Altlastenbearbeitung 25/96, Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg, Karlsruhe

Friedberger E (1923): Untersuchungen über Wohnungsverhältnisse insbesondere über Kleinwohnungen und deren Mieter in Greifswald. Fischer, Jena

Jensen B, Wolkoff P, Wilkins CK, Knudsen H (1993): Characterisation of linoleum, Part 1+2. In Indoor Air '93 – Proc. 7th Internat. Conf. on Indoor Air Quality and Climate, Helsinki, Finland, Vol. 2: 443-454

Keller R, Senkpiel K, Ohgke H (1998): Geruch als Indikator für Schimmelpilzbelastungen in natürlich belüfteten Innenräumen – Nachweis mit analytischer MVOC-Messung. In: Gesundheitliche Gefahren durch biogene Luftschadstoffe, Schriftenreihe des Instituts für Medizinische Mikrobiologie und Hygiene der medizinischen Universität zu Lübeck, Heft 2: 161-170

Obenland H, Maraun W (2003): Chloranisol in Fertighäusern – eine IfAU-Studie. Internet vom 23.12.2005, <http://www.ifau.org/fertighaus/chloranisol-ifau-studie.htm>

Pedersen EK, Bjørseth O, Syversen T, Mathiesen M (2002): Emissions from heated indoor dust. Environment International 27: 579-587

Salthammer T, Fuhrmann F (1996): Emission of Monoterpenes from wooden furniture. In Indoor Air '96 – Proc. 7th Internat. Conf. on Indoor Air Quality and Climate, Nagoja, Japan, Vol. 3: 607-612

Schleibinger H, Marchl D, Laußmann D, Braun P, Brattig C, Mangler M, Eis D, Nickelmann A, Rueden H (2004): MVOC – zum Nachweis von Schimmel ungeeignet? 7. Fachkongress der Arbeitsgemeinschaft Ökologischer Forschungsinstitute (AGÖF), 04.-05.03 2004, München. 104-111

Schleibinger H, Laußmann D, Eis D, Rueden H (2006): Validation of Three Mycological Methods for the Assessment of Mould Growth in Homes and Comparison with a Chemical-Analytical Method. Healthy Buildings '2006 – Proc. of Healthy Buildings, Lisboa 04.-06. June 2006, Vol. 2: 375-380

UBA (2007): Duftstoffe: Wenn Angenehmes zur Last werden kann. Internet vom 10.12.2007 unter <http://www.umweltbundesamt.de/uba-info-presse/hintergrund/duftstoffe.pdf>

Sollinger S, Levsen K (1992): Methoden zur Charakterisierung der Emissionen aus textilen Bodenbelägen. In: Schadstoffbelastung in Innenräumen, Tagung 1992 der Ges. deutscher Chemiker und der Komm. Reinhaltung der Luft im VDI

Tappler P, Boos R, Fiala F (1994): Emissions of volatile organic compounds from textile floor coverings. In: Healthy Buildings '94 – Proc. 3th Internat. Conf. of Healthy Buildings, Budapest 1994, Vol. 1: 237-242

Tappler P, Damberger B (1996): Interzonal airflow from garages to occupied zones as one reason for building related illness: three case studies using tracer gas measurements. In Indoor Air '96 – Proc. 7th Internat. Conf. on Indoor Air Quality and Climate, Nagoya, Japan, Vol. 4: 119-124

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

UBA (2007): Umwelt- und Gesundheitsanforderungen an Bauprodukte – Ermittlung und Bewertung der VOC-Emissionen und geruchlichen Belastungen. Hrsg: Deutsches Umweltbundesamt. Internet vom 06.08.2007: <http://www.umweltbundesamt.de>

Wang TC (1975): A study of bioeffluents in a college classroom. ASHRAE Transactions 81: 32-44

Watanabe I (1973): Isolation of pentachlorophenol decomposing bacteria from soil. Soil Sci. Plant Nutr. 19: 109-116

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