

## Bewertung von Geruchsbelastungen in Innenräumen

Klaus Fiedler, Mario Blei

### 1. Einleitung

Als Riech- oder Geruchsstoffe oder Osmogene (von griechisch osme = Geruch) werden alle Stoffe oder Stoffgemische bezeichnet, die von Menschen oder Tieren als Geruch wahrgenommen werden. Unter Geruch versteht man die Eigenschaft chemischer Stoffe oder Stoffgemische, den Geruchssinn konzentrationsabhängig zu aktivieren und damit eine Geruchsempfindung auslösen zu können. Duftstoffe oder Düfte sind im allgemeinen Sprachgebrauch Geruchswahrnehmungen mit positiver Bewertung. Abbildung 1 gibt einen Überblick über den Einfluss des Geruchssinns auf das menschliche Leben und Abbildung 2 zeigt die verschiedenen Gruppen von Geruchsstoffen.

### 2. Grundlagen der Geruchswahrnehmung

#### 2.1 Anatomie

Das Riechorgan des Menschen beginnt am olfaktorischen Epithel in der oberen Nasenhöhle (Regio olfactoria). Der Mensch hat ca. 10 bis 25 Millionen Riehzellen (Sinnesnervenzellen). Jede Zelle verfügt nur über einen von insgesamt ca. 350 verschiedenen aktiven Rezeptortypen. Einzelne

Geruchsstoffe können verschiedene Rezeptoren aktivieren. Es registriert jeder Rezeptor – mit unterschiedlicher Empfindlichkeit – eine Reihe von Geruchsstoffen. Das Gehirn erkennt die aktivierten Rezeptorkombinationen und somit ein bestimmtes Muster, welches zu einem Geruchsbild gehört. Es wird davon ausgegangen, dass der Mensch mehrere 1000 Gerüche unterscheiden kann (Mücke W., Lemmen Ch., 2010).

Geruchsreize, welche man bewusst oder unbewusst wahrnimmt, führen zur Erregung der Riechneuronen, welche ein elektrisches Signal über die Fila olfactoria (Riechnervenfasern) in den Riechkolben, den Busbus olfactorius senden, wo die Signale in den Glomeruli (Riechknötchen) gebündelt und an andere höhere Hirnregionen u.a. das limbische System weitergeleitet werden.

Das limbische System ist für die Kontrolle von Emotionen (Freude, Angst, Wut) zuständig und sorgt für die Bewertung der Gerüche. Geruchsbilder werden mit vorhandenen Gedächtnisinhalten und Erfahrungen abgeglichen. Dabei entsteht eine Vermischung von Geruchsinformationen mit Emotionen und Erinnerungen. Auf diese Weise ist es möglich, dass ein bestimmter Geruch schlagartig lange zurückliegende Ereignisse ins Gedächtnis rufen kann.

### Der Geruchssinn ist für den Menschen von großer Bedeutung für z.B.:

Auslösung der Speichel- und Magen- sekretion durch appetitliche Gerüche	Auslösung von Ekelgefühl als Warnung vor verdorbenen Speisen	Überwachung der Hygiene: Gegenstände, Einrichtungen, Personen	Auslösung von Wohlgefühl bzw. Unlust- gefühlen	Beeinflussung des Sexualver- haltens	Vermittlung sozialer Information
---	--	---	--	--------------------------------------	----------------------------------

Abb. 1: Anwendungsfelder Geruchssinn (Quelle: Bayerisches Landesamt für Umwelt 2005)



Abb. 2:  
Kategorisierung von Geruchsstoffen  
(Quelle: Fiedler, K. 2013)

Unter ständig andauernder Reizung wird die Reizempfindung durch Gewöhnung abgeschwächt. Diesen Prozess nennt man Adaption. Hierbei sind die Reizkonzentration und die Art der Geruchsstoffe von Bedeutung. Von Menschen ausgehender Geruch wird nahezu vollständig adaptiert. Das gilt aber nicht für Tabakrauch, dessen hoher Reizstoffanteil eine Gewöhnung verhindert (Gunnarsen und Fanger 1992, Thiel et al. 1998). Bei Emissionen von Einrichtungsgegenständen zeigen Untersuchungen widersprüchliche Ergebnisse: gute Adaptation (Thiel et al. 1998) bis deutlich weniger Adaptationspotential (Gunnarson und Fanger 1990). Diese widersprüchlichen Ergebnisse könnten darauf zurückgeführt werden, dass der Anteil an Reizstoffen an der Gesamtemission von Material zu Material sehr unterschiedlich ist.

Die meisten Geruchsstoffe stimulieren neben dem olfaktorischen auch das trigeminale System. Hierdurch werden Geruchswahrnehmungen von zusätzlichen Empfindungen begleitet, welche durch den Nervus Trigemini vermittelt werden. Hierzu gehören die Irritations- und Schmerzindrücke. Die Reizwirkung von Duftstoffen wurde früher auch angewandt, um den Kreislauf zu stimulieren und einer Ohnmacht vorzubeugen. Immer wieder zitiert wird das „Nachbarin! Euer Fläschchen!“ das Gretchen

in der Szene „Dom“ im 1. Teil von Goethes Faust stammelt, bevor sie in Ohnmacht fällt.

## 2.2 Geruchsschwellen und Geruchswirkungen

Die Reizschwelle (Empfindungs-, Wahrnehmungs-, Entdeckungsbzw. Detektionsschwelle) ist die niedrigste Konzentration eines Stoffes in der Luft, welche gerade noch eine Geruchsempfindung auslöst. Diese Schwelle kann sowohl individuell als auch für eine Gruppe angegeben werden. Für die Angabe einer kollektiven Schwelle müssen die Geruchsstoffe in einer Riechprobe in etwa bei 50 % der Personen eine Geruchsempfindung auslösen.

Die Erkennungsschwelle ist die Konzentration eines Geruchsstoffes, bei welcher der Geruch identifiziert oder einer Quelle zugerechnet werden kann. Diese Schwelle liegt um den Faktor 2 bis 10 höher als die Geruchsschwelle.

Die wichtigste und offensichtlichste Wirkung eines negativ empfundenen Geruches ist eine Belästigung. Der dem unangenehmen Geruch Ausgesetzte fühlt sich unbehaglich, belästigt. Hierdurch kann man sich in allen Lebenssituationen gestört fühlen. Umwelthygienisch ist das von Bedeutung, weil gemäß Bundesimmissionschutzgesetz eine erhebliche Belästigung als schädliche Umwelteinwirkungen gilt.

## Das Ausmaß einer Belästigung durch Gerüche ist abhängig von

der Art der Geruchsstoffe	der Intensität der Einwirkung	der Einwirkungsdauer	individuellen Faktoren	sowie weiteren Faktoren wie z.B. Luftfeuchtigkeit und Schwebstoffgehalt der Luft (Bahadir et al. 2000).
---------------------------	-------------------------------	----------------------	------------------------	---

Abb. 3: Einflussfaktoren (Quelle: Fiedler, K. 2013)

**Physiologische Reaktionen** auf Gerüche zeigen sich z.B. in peripheren Gefäßverengungen und Pupillenerweiterungen.

**Psychologische Geruchswirkungen** stellen sich als Befindlichkeitsstörungen bzw. Belästigungen dar. Dabei existieren drei entscheidende Komponenten (Reichl 2000):

- Emotionale Komponente z.B. ein Gefühl der Verärgerung
- Interferenzkomponente z.B. die Behinderung der Entspannung
- Somatische Komponente z.B. Übelkeit, Erbrechen, Kopfschmerzen, Schlafstörungen, Atembeschwerden.

Das Ausmaß der Belästigung ist dabei von verschiedenen Faktoren abhängig (vgl. Abbildung 3). Es gibt chemische Verbindungen, deren Geruch bereits weit unterhalb der analytischen Nachweisgrenze, d.h. in extremer Verdünnung wahrgenommen wird. So beträgt zum Beispiel die Geruchsschwelle für Schwefelwasserstoff  $0,003 \text{ mg/m}^3$ . Auch bei standardisierten Untersuchungen können Geruchsschwellen desselben Stoffes bei verschiedenen Untersuchungen bis um den Faktor 10 abweichen – sogar wenn die gleichen Riecher eingesetzt wurden (Bahadir et al. 2000).

### 2.3 Einfluss von Temperatur und Luftfeuchte

Mit steigender Lufttemperatur und Luftfeuchte wird eine zu beurteilende Luftprobe generell als weniger akzeptabel von den Versuchspersonen empfunden. Das gilt sowohl für unbelastete als auch mit Immissionen belastete Raumluft (Reinikainen 1993). In

einer dänischen Studie wurde festgestellt, dass Lärm die Empfindung eines Diskomforts durch schlechte Gerüche maskiert und damit reduziert (Pan et al. 2003). Daraus könnte z.B. geschlossen werden, dass in einer Diskothek schlechte Luft erst bei sehr viel höheren Konzentrationen als sonst wahrgenommen und damit ggf. eine rechtzeitige bzw. ausreichende Lüftung verzögert wird.

Als unangenehm empfundene Gerüche und der Ärger bei den Betroffenen darüber haben synergistische Effekte (Nimmermark 2004). Bei höheren Konzentrationen geruchsintensiver Stoffe können die Geruchsnervenbahnen auch blockiert werden, so dass Gerüche erst wieder in größerem Abstand von der Quelle, also in starker Verdünnung wahrgenommen werden (Hulpke et al. 2000). Ein Geruch kann – zunächst unabhängig von der stofflichen Qualität der ihn verursachenden Substanzen – neben Belästigungen auch eine Einschränkung der Leistungsfähigkeit zumindest bei der Ausführung komplexer Aufgaben verursachen (Knasko 1993). Nach Geruchsstimulierung konnten folgende Wirkungen festgestellt werden:

- zentralnervöse (EEG-Veränderungen)
- Blutdruck- und Pulsfrequenzveränderung
- Änderung der Atemfrequenz und -tiefe
- Beeinflussung des Verdauungstrakts (Appetitlosigkeit, Übelkeit, Erbrechen) und unspezifische Symptome (Kopfschmerzen, Schlafstörungen)
- Verstärkende Wirkung auf asthmatische Symptome
- Unbehagen, Gereiztheit, Niedergeschlagenheit.

Bei lang anhaltender Einwirkung der Geruchsstressoren kann es zur Entwicklung psychosomatischer Schädigungen bzw. Erkrankungen kommen. Eine Gesundheitsgefährdung kann nicht nur durch die chemisch-toxischen Eigenschaften einer Substanz ausgelöst werden, sondern indirekt auch durch die Verhaltensmuster, mit denen der Mensch auf Geruchseinwirkungen reagiert. Bei den Toxikopien entwickeln Patienten Krankheitsbilder, die für eine Vergiftung typisch sind, ohne dass ein Giftstoff vorliegt. Die betroffenen Patienten interpretieren bestimmte Informationen (z.B. Gerüche) im Sinne einer drohenden Vergiftung mit der Folge unspezifischer Reaktionen wie z.B. Erbrechen (Pluschke 1996).

### 3. Duftstoffe

Folgende Gerüche aus Indoorquellen lösen häufig Gesundheitsbeschwerden aus (Schiffmann und Williams, 2005):

- Tabakrauch
- Ammoniak
- Parfüms
- Reiniger für Fliesen im Bad
- Bleichmittel
- frische Farben
- Nagellackentferner
- Schädlingsbekämpfungsmittel
- Mottenkugeln
- Lösungsmittel, z.B. Terpentin
- Haarspray
- Tiergerüche
- Badesodorierungsmittel
- Nagellack
- Klebstoffe
- Bettwäsche, die mit dufthaltigen Waschmitteln gewaschen wurde – trocken gereinigte Kleidung
- parfümierte Kerzen
- Gasheizgeräte
- Schimmelgeruch
- Formaldehyd (von Spanplatten und Tabakrauch)
- neue Teppiche
- Baumaterialien
- der Bereich für Haushaltschemikalien in Geschäften
- Schönheitssalons
- Gardinen
- Swimmingpools
- Fabrikgebäude
- Autowaschanlagen
- Fotoentwicklungen.

Viele Menschen sind häufig bis ständig von künstlich hergestellten oder natürlichen Duftstoffen umgeben. Diese befinden sich nicht nur in Parfüms und Kosmetikprodukten sondern z.B. auch in Wasch- und Reinigungsmitteln, Raum- und Polstersprays, Duftkerzen und Ölen für Duftlampen. Zunehmend werden auch Mülleimer- oder Staubsaugerparfüms verkauft. Hinzu kommen die Beduftungen durch Klimaanlage in öffentlichen Räumen.

### 4. Krankheitsbilder durch Duftstoffe

Viele Duftstoffe wirken reizend oder irritativ auf Schleimhäute, Atemwege und die Haut. So kommt es bei einer Irritativen Kontaktdermatitis 30 – 60 Minuten nach Kontakt zu Juckreiz, Rötung, Schwellung und Quaddelbildung streng auf den Ort der Einwirkung begrenzt. Bei vorliegender Hautschädigung und Disposition kann es zur Entwicklung der chronischen Verlaufsform, eines kumulativ-toxischen Ekzems, kommen. Einige Duftstoffe können auch eine phototoxische Dermatitis oder Berloque Dermatitis hervorrufen, welche bereits nach einmaliger Exposition und gleichzeitiger Lichteinwirkung zu Hautschäden führen kann.

Bei Menschen, welche ungewollt Düften ausgesetzt sind, können sich – ähnlich wie bei Lärm – Stressreaktionen entwickeln. Personen mit umweltbezogenen Gesundheitsstörungen leiden subjektiv oft stark unter Duftstoffen. Duftstoffe gelangen über die Atmung in den Organismus und können sich über die Blutbahn im gesamten Körper verteilen. Dort können sie u.a. Entzündungsprozesse verursachen, welche die Entstehung von Allergien fördern oder deren Intensität verstärken.

Airdesign, Duftmarketing, Corporate Scent			
Art der Einrichtung	zu verdeckender Geruch	eingesetzter Geruch	Beabsichtigter Effekt
Autohäuser	Gummigeruch	Ledergeruch	Erhöhung der Verweildauer, Verkaufsförderung, emotionale Bindung an ein Produkt
Gebrauchtwagenhandel	Gerüche der Vorbesitzer, z.B. nach Zigaretten	„Neuwagenduft“, auch als Cockpitspray zum privaten Gebrauch angeboten	Erhöhung der Verweildauer, Verkaufsförderung
Backwarenverkaufsobjekte		Geruch nach frischen Backwaren	Verkaufsförderung
Cafés		Espressoduft	Verkaufsförderung, Verlängerung der Verweildauer
Theken von Supermärkten	Fisch- und unangenehme Lebensmittelgerüche	Duft ofenfrischer Pizzen	Verkaufsförderung
öffentliche Einrichtungen, Büros	Körpergerüche, flüchtige organische Verbindungen aus Einrichtungsgegenständen	Erfrischende Düfte	Verbesserung der Stimmung, Förderung der Konzentration und Leistungssteigerung
Theater, Wellnessbereiche, Ausstellungen	Körpergerüche, flüchtige organische Verbindungen aus Einrichtungsgegenständen	Erfrischende Düfte	Verbesserung der Stimmung, des Wohlgefühls
Kaufhäuser	Körpergerüche, flüchtige organische Verbindungen aus Einrichtungsgegenständen und Verkaufsprodukten	Erfrischende Düfte	Verkaufsförderung, Verlängerung der Verweildauer, Corporate Scent
Raucherlounges	Tabakgerüche	Erfrischende Düfte in Kombination mit Luftfiltern und Ionisatoren zur Zerstörung von Geruchsmolekülen	Gefühl frischer Luft
Krankenhäuser und Arztpraxen	Gerüche von Desinfektionsmitteln und medizinischer Produkte	Erfrischende, aber auch beruhigende Düfte	Erzeugung von Wohlbefinden und Vertrauen, Beruhigung
Pressewesen, Zeitschriften, Werbeindustrie		Duft zum Rubbeln	Verkaufsförderung bestimmter Artikel

Tab. 1: In Büros und Verkaufseinrichtungen eingesetzte Duftstoffgruppen (Air-Design) (Quelle: Fiedler, K. 2013)

Patienten mit Unverträglichkeit gegenüber Umweltchemikalien zum Beispiel mit MCS berichten auch über eine besonders große Empfindlichkeit gegenüber Duftstoffen. Das zeigte sich bei der MCS-1-Studie welche das Robert-Koch-Institut im Auftrag des Umweltbundesamtes vornahm (Eis et al. 2005). Es konnte jedoch bisher nicht geklärt werden, ob die Beschwerden objektivierbare Reaktionen des Körpers auf bestimmte Substanzen sind oder ob

die subjektive Wertung der Gerüche zu den krankhaften Reaktionen führt.

#### 4.1 MVOC, VOC und ihre möglichen toxischen Wirkungen

Schimmelpilze produzieren flüchtige organische Stoffwechselprodukte (MVOC) mit zum Teil erheblicher Geruchsintensität. Mehr als 400 unterschiedliche MVOC sind bisher nachgewiesen und

Flüchtige organische Verbindungen	Nachgewiesen in den Produkten
Gemische von n- und iso-Alkanen C <sub>7</sub> -C <sub>16</sub> oder C <sub>14</sub> -C <sub>18</sub>	Kunsthartzertigputz, Silikondichtungsmasse
Benzol	Silikondichtungsmasse
Dipropylenglykol	Acryldichtungsmasse, Kunsthartzertigputz
Gemisch verschiedener Ester	Fußbodenbelag, Kunsthartzertigputz
Essigsäure	Holzspanplatte
Ethandiol	Acryldichtungsmasse, Kunsthartzertigputz
Methylisothiazolinon	Kunsthartzertigputz
Propandiol	Fußbodenlack
Siloxane	Silikondichtungsmasse

Tab. 2: Flüchtige organische Verbindungen, die bei Untersuchungen von Bauprodukten in Emissionskammern nach dem AgBB-Schema zu Beanstandungen führten (Quelle: Umweltbundesamt 2007)

beinhalten u.a. Alkohole, Aldehyde, Ketone, Terpene, Ester, aromatische Verbindungen, Amine und schwefelhaltige Verbindungen (Blei 2006 Lit. Verz.). Die Feuchtigkeit in Räumen als Voraussetzung des Schimmelpilzwachstums kann aber gleichzeitig auch die Emissionen von VOC aus Bau- und Ausstattungsmaterialien initiieren oder verstärken, die mit MVOC identisch sind. So intensivieren feuchte Betonfußböden die chemische Zersetzung von PVC-Materialien mit einem resultierenden Anstieg von VOC wie z.B. 2-ethyl-1-hexanol (Norbäck et al. 2000, Tuomeinen et al. 2004).

Die Geruchsqualität ist unabhängig von den toxischen Wirkungen einer Substanz. Viele der toxischen Luftschadstoffe sind geruchlos (z.B. Kohlenmonoxid). Selbst wenn toxische Substanzen riechen, kann von der Geruchsintensität nicht auf die Toxizität geschlossen werden. Die toxikologischen Wirkschwellen und Geruchsschwellen können sich um Größenordnungen unterscheiden. Duftstoffe in den üblicherweise eingesetzten Konzentrationen lösen bei bestimmungsgemäßer Anwendung keine toxischen Reaktionen hervor, es kann jedoch zu schweren Vergiftungen kommen wenn z.B. ätheri-

sche Öle von Kindern versehentlich oral aufgenommen werden. Hier stehen Wirkungen auf ZNS, Leber und Nierenschäden im Vordergrund.

#### 4.2 Menschliche Geruchsemissionen

Der Eigengeruch ist genetisch determiniert, d.h. je ähnlicher die Erbanlagen von Menschen sind, umso ähnlicher ist der Körpergeruch. Hierbei verarbeiten die Mikroorganismen auf der Haut den Schweiß in eine individuelle Qualität. Das geht so weit, dass eineiige Zwillinge selbst durch trainierte Hunde nicht mehr an ihrem Geruch unterschieden werden können (Mücke W., Lemmen Ch., 2010).

#### 4.3 Kulturspezifische Geruchsempfindung

Welche Gerüche als angenehm oder unangenehm empfunden werden, ist auch bei den einzelnen Kulturen unterschiedlich. Zu den wenigen Gerüchen, welche kulturübergreifend abgelehnt werden, zählen solche von sich zersetzendem organischem Material. Hier kommt ein uralter Schutzmechanismus zum Tragen, denn nach einem Kontakt oder Verzehr kann es zu schweren Krankheiten bis zum Tod kommen.



## 5. Rechtsvorschriften

- In der TA Luft wird die Vorsorge gegen schädliche Umwelteinwirkungen durch Gerüche geregelt. Sie enthält aber keine Vorschriften zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Geruchsimmissionen.
- Hierzu ist die Geruchsimmissionsrichtlinie – GIRL (2008) des Länderausschusses für Immissionsschutz (LAI) heranzuziehen, welche die Emissionen aus verschiedenen Anlagen zum Beispiel der Chemieindustrie und der Tierhaltung reduzieren soll. Sie gilt für Wohn-, Misch-, Gewerbe- und Industriegebiete, jedoch nicht für Innenräume.
- Nach dem Bundesimmissionsschutzgesetz hat nur der Nachbar einen Schutzanspruch gegenüber schädlichen Umwelteinwirkungen, nicht der Nutzer der Anlage. Die Beurteilung der durch einen Betrieb für die eigenen Arbeitnehmer hervorrufenden Geruchsimmissionen ist eine Angelegenheit des Arbeitsschutzes.
- Die Europäische Bauproduktenrichtlinie fordert, dass Bauprodukte die Gesundheit der Nutzer

der Gebäude nicht beeinträchtigen dürfen (Verordnung (EU) Nr. 305/2011).

- Die für die Außenluftthygiene entwickelten olfaktorischen Verfahren (VDI 3881 bis 3883) können in der vorliegenden Form nicht für die Bestimmung der oft unterschwelliger Gerüche im Innenraum angewendet werden.

### Raumluftqualität

- Für den Begriff Raumluftqualität fehlt bisher eine einheitliche und verbindliche Definition.
- Eine hohe Raumluftqualität kann angenommen werden, wenn kein Gesundheitsrisiko besteht und nur eine geringe Personenanzahl unzufrieden ist. In den USA wird von einer guten Raumluftqualität gesprochen, wenn 80 Prozent der Raumnutzer keine Unzufriedenheit äußern (ASHRAE 1989).
- Die WHO-Richtlinie für die Luftqualität in Europa fordert, dass bei guter Luftqualität höchstens 5 % der Bevölkerung für eine kurze Zeit (weniger als 2 %) Störungen des Wohlbefindens äußern sollte. (WHO: Air Quality Guidelines for Europa 2000).

Die Beurteilung von Geruchssituationen auf der Grundlage chemisch-analytischer Verfahren ist nur begrenzt möglich (VDI 1986):

Geruchsempfindungen treten noch bei Stoffkonzentrationen auf, die z. T. weit unterhalb der Nachweisgrenze analytischer Verfahren liegen.

Die qualitative und quantitative Bestimmung von Geruchsstoffgemischen ist entweder sehr aufwändig oder sogar unmöglich.

Den Geruchskonzentrationen fehlt der Wirkungsbezug, der nur empirisch hergestellt werden kann.

Abb. 4:  
Probleme bei der Beurteilung von Geruchssituationen  
(Quelle: Fiedler, K. 2013)

Neu ist eine spezielle Analyse der Geruchsemissionen aus Bauprodukten:

- Im Juni 2011 hat das Umweltbundesamt die künftige Strategie zur sensorischen Bewertung der Emissionen aus Bauprodukten insbesondere auch von Fußbodenbelägen veröffentlicht.
- Diese Bewertung soll in die Vergabegrundlagen für den Blauen Engel und das Bewertungsschema des Ausschusses zur gesundheitlichen Bewertung von Bauprodukten (AgBB) integriert werden.

## 6. Sensorische Bewertung bei Probandengruppen ohne Vergleichsmaßstab

### Hedonik

- Die emotionale Wirkung des Geruches wird durch die hedonische Note beschrieben (Hedonik von griechisch hedone = Lust, Freude).
- Auf einer Skala von äußerst unangenehm (- 4) bis äußerst angenehm (+ 4) wird beschrieben, wie der Geruch von den Probanden empfunden wird.
- Nach der Auswertung der in den beiden Untersuchungen gesammelten Daten wurde deutlich, dass die *empfundene Intensität*, also die Stärke des Geruches, für die sensorische Bewertung der Bauprodukte am besten geeignet ist.
- Allerdings sagt die empfundene Intensität nichts über die *hedonische Wirkung* aus, denn was intensiv riecht muss nicht unbedingt unangenehm sein (z.B. frisches Gebäck). Deshalb wird die *Hedonik* künftig zur Bewertung der Bauprodukte mit einbezogen.
- Als Bewertungstag von Bauprodukten wird der 28. Tag ausgewählt, weil das Geruchsbewertungsverfahren parallel zur Emissionsmessung stattfinden soll, aber auch weil dieser Tag eine stabile Emission liefert.
- Farben oder Kleber die z.B. auf Glasplatten aufgetragen werden, müssen zunächst aushärten oder abtrocknen, da hier die Emission noch von

der Verdunstung bestimmt ist und erst nach dem Aushärten diffusiongetrieben.

- Generell ist für Bauprodukte aus den bisherigen Untersuchungen zu sagen, dass die Hedonik bei steigender Geruchsintensität kleiner wird, d.h., dass mit steigender Intensität der Gerüche die Emissionen aus Bauprodukten als unangenehmer empfunden werden.
- Es wird bei der Bewertung der Geruchsemissionen im Rahmen der Vergabekriterien des Blauen Engels vorgeschlagen, dass 70 % der Probanden den Geruch eines Produktes als zumutbar beurteilen müssen.

## 7. Bewertung von Gerüchen im Innenraum nach AGÖF

Während die Methoden zur Messung und Bewertung von *Bauprodukten für den Innenraum* schon weit fortgeschritten sind, bleibt es sehr schwierig, *Gerüche in Innenräumen* in dieser Beziehung zu bewerten. 2010 wurde der AGÖF-Leitfaden „Gerüche in Innenräumen – Sensorische Bestimmung und Bewertung“ als Entwurf veröffentlicht.

- Die Ziele der sensorischen Geruchsprüfung der Innenraumluft wurden wie folgt festgelegt:
  - Bewertung, ob aufgrund von Gerüchen im Raum eine unzumutbare Belästigung besteht bzw. ob ein Geruch einen hygienischen Mangel der Raumluft darstellt
  - Kontrolle eines Sanierungserfolges
  - Prüfungen im Rahmen von Gebäude-Zertifizierungen
  - Ermittlung der Art des Geruches bzw. der dominanten Geruchskomponenten – Ermittlung der Quelle eines festgestellten Geruchs
- Strategien der Geruchsprüfung sind hierbei:
  - sensorische Bewertung der Raumluft vor Ort durch geschulte Prüfer
  - sensorische Bewertung der Raumluft vor Ort durch ungeschulte Probanden
  - Probenname von Raumluft und sensorische Bewertung der Luftproben im Labor



- Als Vorteil der sensorischen Bewertung der Raumluft vor Ort wird u.a. angegeben
  - kontextbezogene Bewertung der Raumluft möglich
  - kostengünstig bei guter lokaler Verfügbarkeit von Prüfern
  - technischer Aufwand bei Probennahme gering
  - Vorhandensein eines Geruchslabors nicht notwendig
  - Möglichkeit der Wiederholung des Prüfvorganges vor Ort
  - sofortige Verfügbarkeit der Ergebnisse
  - gleichzeitiges Ermitteln der Quellen möglich
  - für die orientierende Ermittlung der Art des Geruches bzw. der dominanten Geruchskomponenten sowie Quellensuche kann ein erfahrener Einzelprüfer ausreichend sein
- „Prüfer“ sollten u.a. folgende Fähigkeiten haben
  - Fähigkeiten zur objektiven Beschreibung und Analyse von Gerüchen
  - Vertrautheit mit in Innenräumen zu erwartenden Geruchsstoffen
  - keine Beeinträchtigung des Geruchssinns
  - Eine Schulung zur Erkennung und Unterscheidung verschiedener Geruchsarten sowie ein Test in Bezug auf die Intensität eines Geruchs sollte mittels n-Butanol erfolgt sein
- Geprüft werden sollen die Intensität, die Hedonik, die Akzeptanz und die Geruchsqualität

### **Beschreibung von Geruchsqualitäten**

Die Ad-hoc-Arbeitsgruppe Innenraumrichtwerte der IRK/AOLG nimmt zum Entwurf des AGÖF-Leitfadens Stellung (2010): Eine Geruchsbelästigung ist eine schädliche Umwelteinwirkungen im Sinne des Bundesimmissionsschutzgesetzes, wenn sie erheblich ist. Es ist schwierig, die Grenzen zwischen einer erheblichen und einer nicht erheblichen bzw. unzumutbaren Geruchsbelästigung zu treffen. Es liegen verbindliche konzentrationsbezogene Grenz- oder Richtwerte für Geruchsstoffe noch nicht vor.

Die Einstufung der Intensität einer Geruchsstärke unterliegt einer hohen Variabilität. Einzeleinschätzungen haben dadurch nur einen beschränkten Wert. Die Hedonik ist stark subjektiv beeinflusst und führt bei unterschiedlichen Personen zu erheblich differierenden Ergebnissen. Die Akzeptanz ist eine von der Hedonik abhängige persönliche Bewertungsgröße, welche von der Historie, der Nutzerbeteiligung und der Risikokommunikation wesentlich beeinflusst wird. Folgende Faktoren beeinflussen unter anderem die individuelle Geruchseinschätzung von Raumnutzern: Alter, Geschlecht, Gesundheitszustand, Sensibilisierung, Sensitivierung, Adaptation und Habituation. Die Wahrnehmung und Bewertung von Gerüchen in Innenräumen wird von den Mischungsverhältnissen und Einzelkonzentrationen der Geruchsstoffe, den Nutzeraktivitäten und dem Raumklima beeinflusst.

### **8. Geruchsbewertungen in der Sachverständigentätigkeit**

Oft existiert im Innenraum eine Geruchsbelastung, welche sich nur schwer zuordnen lässt. Die betreffenden Personen nehmen diese Belastung oft subjektiv als chemischen Geruch wahr. Die in diesen Gebäuden beobachteten Innenraumbelastungen können oft auf verschiedene Ursachen zurückzuführen sein, wie beispielsweise bauliche Mängel, Fehler in der Lüftungstechnik, unsachgemäßes Lüftungsverhalten oder die Verwendung bestimmter Bauprodukte, Einrichtungsgegenstände oder Reinigungsprodukte, die chemische Stoffe in die Raumluft abgeben. Von Sachverständigen sind bei einem Ortstermin oft **Raumluftuntersuchungen** durchzuführen, um Fragen zur Herkunft, Gefährdung und Verantwortlichkeit einer potentiellen Geruchsbelastung zu klären. Neben Raumluftmessungen werden auch **Materialuntersuchungen** mit Hilfe sogenannter Prüfkammeranalysen durchgeführt. Hierfür werden die entnommenen Materialproben in einer Prüfkammer bei normalen raumklimatischen Bedingungen gelagert und die aus dem

Material ausgasenden VOC-Verbindungen detektiert. Mit Hilfe dieser Untersuchung ist es u.a. möglich, eine vorangegangene Raumluftuntersuchung mit den Ergebnissen dieser Materialuntersuchung zu vergleichen, um ggf. eine direkte Quellenzuordnung zu erreichen.

Die Bewertung von Gerüchen stellt im Sachverständigen-Gutachten oft Anforderungen an eine interdisziplinäre Betrachtung und erfordert eine Zusammenarbeit von Baustofftechnikern, Chemikern, Mikrobiologen und Medizinern und sollte im Vorfeld mit allen Beteiligten abgestimmt werden.

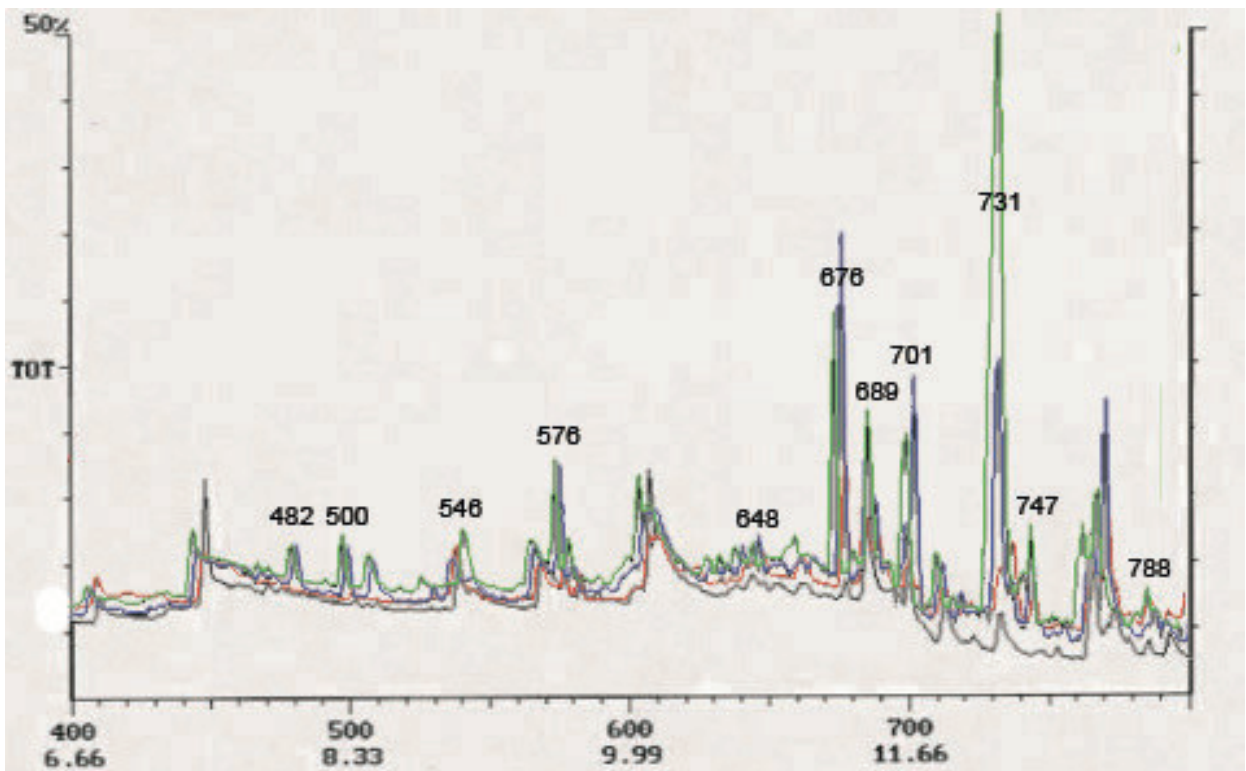
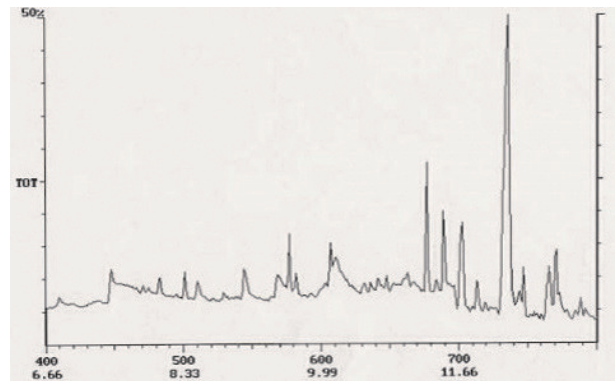
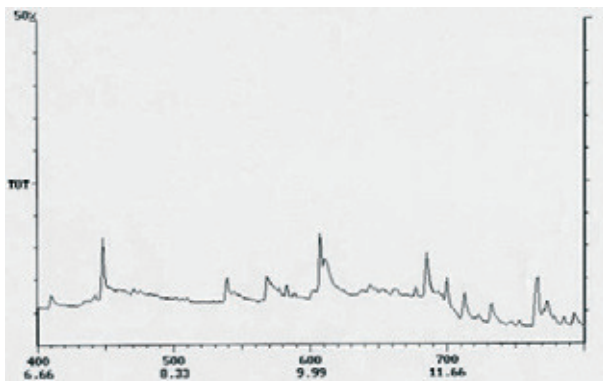


Abb. 5 – 7: Chromatogramme eines VOC-Screenings (Vergleich Raumluft – Materialproben)  
(Quelle: *Privatinstitut für Innenraumtoxikologie – Dr. Blei GmbH*)

## 9. Zusammenfassung

Verschiedene chemische Stoffe können den Geruchssinn aktivieren und damit eine Geruchsempfindung auslösen. Hierbei werden Riechneuronen erregt, welche ein elektrisches Signal in verschiedene Hirnregionen weiterleiten. Die Bewertung der Gerüche durch das limbische System ist für eine subjektive Beurteilung der Geruchsqualität entscheidend. Der Geruchssinn löst sowohl negative Gefühle und Warnwirkungen als auch angenehme Gefühle aus. Eine ständig andauernde Reizung mit Geruchsstoffen führt zu einer Adaptation, wenn nicht ein hoher Reizstoffanteil die Gewöhnung verhindert. Die Reizschwelle ist die niedrigste Konzentration eines Stoffes in der Luft, welche bei 50 % der Personen gerade noch eine Geruchsempfindung auslöst. Die wichtigste Wirkung eines negativ empfundenen Geruches ist eine Belästigung, wobei eine erhebliche Belästigung im Sinne des Bundesimmissionsschutzgesetzes als schädliche Umwelteinwirkung gilt.

Physiologische Reaktionen auf Gerüche zeigen sich in peripheren Gefäßverengungen und Pupillenerweiterungen. Psychologische Wirkungen können emotionale und Interferenzkomponenten in somatische körperliche Symptome wie Kopfschmerzen und Schlafstörungen überleiten. Hierbei sind nicht nur die chemisch-toxischen Eigenschaften einer Substanz, sondern auch die Verhaltensmuster wichtig, mit denen der Mensch auf Geruchseinwirkungen reagiert.

Eine Vielzahl von Gerüchen aus Indoorquellen können Gesundheitsbeschwerden auslösen. Aber auch viele Duftstoffe wirken reizend, insbesondere auf Schleimhäute. Auch eine irritative Kontaktdermatitis ist bekannt. Zur Verkaufsförderung in Geschäften und Warenhäusern eingesetzte Duftstoffe sind in der Lage, bei disponierten Personen Allergien zu fördern oder deren Intensität zu verstärken.

Auch Schimmelpilze produzieren flüchtige organische Stoffwechselprodukte (MVOC) mit zum Teil erheblicher Geruchsintensität.

Bei der sensorischen Bewertung von Bauprodukten soll künftig neben der Intensität der Geruchsempfindung auch die emotionale Wirkung eines Geruches durch die hedonische Note beschrieben werden. Hierbei bewerten Probanden auf einer Skala von äußerst unangenehm bis äußerst angenehm die subjektiv empfundene Qualität. Während die Methoden zur direkten geruchlichen Einschätzung von Bauprodukten schon weit fortgeschritten sind, bleibt es schwierig, Gerüche in Innenräumen in dieser Beziehung zu bewerten. Einen Vorschlag der AGÖF von 2010 sieht vor, die sensorische Geruchsprüfung der Innenraumluft durch mehrere geschulte Prüfer aber auch durch Einzelpersonen vornehmen zu lassen.

Hiergegen gibt die Ad-hoc-Arbeitsgruppe Innenraumrichtwerte der IRK/AOLG zu bedenken, dass es sehr schwierig ist, die Grenzen zwischen einer erheblichen und einer nicht erheblichen bzw. unzumutbaren Geruchsbelästigung zu treffen. Oft existiert im Innenraum eine Geruchsbelastung, die sich nur schwer zuordnen lässt und auf eine Vielzahl von Faktoren wie bauliche Mängel, Fehler in der Lüftungstechnik, unsachgemäßes Lüftungsverhalten oder die Verwendung bestimmter Bauprodukte, Einrichtungsgegenstände oder Reinigungsprozesse zurückgeführt werden kann. Hier sind Sachverständige gefragt, welche durch Raumluft- und Materialuntersuchungen und den Einsatz ihrer eigenen oft jahrelangen Erfahrungen schließlich zur Detektion und Beseitigung der Quelle der Innenraumemissionen kommen. Vielfach ist auch eine interdisziplinäre Betrachtung in Zusammenhang mit Baustofftechnikern, Chemikern, Mikrobiologen und Medizinern erforderlich.

## 10. Literatur

- ASHRAE (1989): Ventilation für acceptable indoor air quality. Rep. No. Standard 62-89. American Society of Heating, Refrigeration and Air-Conditioning Engineers Inc. Atlanta
- Bahadir M., Parlar H., Spitteller M., Hrsg. (2004): Springer Umweltlexikon, 2. Aufl. Springer Verlag, Berlin
- Bayerisches Landesamt für Umwelt: Gerüche und Geruchsbelastungen, 2005 [www.lfu.bayern.de/umweltwissen/doc/uw\\_23\\_geruchsbelastungen.pdf](http://www.lfu.bayern.de/umweltwissen/doc/uw_23_geruchsbelastungen.pdf)
- Blei M., Fiedler K., Rüden H., Schleibinger HW. (2005): Differenzierung von holzerstörenden Pilzen mittels ihrer flüchtigen organischen Verbindungen (MVOC), Schriftenreihe des Instituts für Medizinische Mikrobiologie und Hygiene der Universität zu Lübeck, v. 9, Schmidt Römhild Lübeck, 163 – 178
- Eis D., Dietel A., Mühlinghaus T. et al. (2005): Studie zum Verlauf und zur Prognose des MCS-Syndroms – Erweiterung der Basisstichprobe und Nachuntersuchung [http://www.apug.de/archiv/pdf/MCS\\_Studie\\_Teil%203.pdf](http://www.apug.de/archiv/pdf/MCS_Studie_Teil%203.pdf)
- Fiedler K.: Duft und Geruch – Zur wohnmedizinischen Bedeutung von Geruchsstoffen. Vortrag und Tagungs-CD des Dritten Wohnhygienischen Symposium der Hochschule Ostwestfalen-Lippe am 9. November 2013
- Gunnarsen L., Fanger PO. (1992): Adaption to indoor air pollution. *Environ. Internat.* 18, 43 – 54
- Mücke W., Lemmen Ch.: Duft und Geruch – Wirkungen und gesundheitliche Bedeutung von Geruchsstoffen. *Ecomed-MEDIZIN*, Heidelberg et al. 2010
- Hulpke H., Koch A., Nießner R. (2000): Römpf Lexikon Umwelt, 2. Aufl., Georg Thieme Verlag Stuttgart
- Knasko SC. (1993): Performance, mood, and health during exposure to intermittent odors. *Arch. Environ. Health* 48, 305
- Nimmermark S. (2004): Odour influence on well-being and health with specific focus on animal production emissions. *Ann. Agric. Environ. Med.* 11 (2), 163 – 173
- Norbäck D., Wieslander G., Nordström K., Wålander R. (2000): Asthma symptoms in relation to measured building dampness in upper concrete floor construction, and 2-ethyl-1-hexanol in indoor air. *Int J Tuberc Lung Dis* 4(11), 1016 – 1025
- Pan Z., Kjaergaard SK., Molhave L. (2003): A chamber-experiment investigation of the interaction between perceptions of noise and odor in humans. *Int. Arch. Occup. Environ. Health* 76 (8), 598 – 604
- Pluschke P. (1996): Luftschadstoffe in Innenräumen. Springer-Verlag Berlin, Reichl FX, Hrsg. (2000): Taschenatlas der Umweltmedizin. Georg Thieme Verlag Stuttgart
- Reinikainen LM. (1993): The effect of humidification on perceived indoor air quality assessed an untrained odor panel. In: *Proceedings of Indoor Air 93(1)*, 101– 105
- Shiffmann SS, Williams CM. (2005): Science of odor as a potential health issue. *J. Environ. Qual.* 34, 129 – 138
- Thiel S., Schreiber F., Fitzner K. (1998): Adaption der Geruchsempfindung des Menschen an Luftverunreinigungsquellen in Innenräumen. *HHL* 49, 40 – 43
- Tuomeinen A., Seuri M., Sieppi A. (2004): Indoor air quality and health problems associated with damp floor coverings. *Int Arch Occup Environ Health* 77(3), 222 – 226
- Umweltbundesamt – Texte 35/2011: Sensorische Bewertung der Emissionen aus Bauprodukten – Integration in die Vergabegrundlagen für den Blauen Engel und das Bewertungsschema des Ausschusses zur gesundheitlichen Bewertung von Bauprodukten. Autoren: Müller B., Panaskova J., Danielak M., Horn W., Jann, O., Müller, D., Redaktion: Brandt, S., Öhm, A., Plehn, W., Dessau-Roßlau, 2011
- WHO (2000): Air Quality Guidelines for Europa. Second edition, WHO Regional Publications, European Series, No. 91