

Österreichische Strategie zur sensorischen Bestimmung und Bewertung von Gerüchen in Innenräumen

P. Tappler, P. Wallner, H. Moshhammer, H.-P. Hutter

Zusammenfassung In der Praxis innenraumassoziierter Fragestellungen ist es häufig erforderlich, Geruchsbelastungen bzw. -belästigungen zu beurteilen. Seitens des Arbeitskreises Innenraumluft am österreichischen Umweltministerium wurde dazu eine Strategie zur Beurteilung von „Indoor-Gerüchen“ entwickelt. Parallel dazu wurde gemeinsam mit Experten der Arbeitsgemeinschaft ökologischer Forschungsinstitute (AGÖF) ein umfangreicher Leitfaden erstellt und evaluiert. Der Leitfaden beschreibt die Durchführung umfassender sensorischer Geruchsprüfungen in Innenräumen durch geschulte zertifizierte Prüfer und gibt Empfehlungen für die sachverständige Erstellung einer kontextbezogenen Gesamtbeurteilung eines Geruchsereignisses bzw. -problems. Methoden und Kriterien für die Messplanung, die Vorbereitung und Durchführung der Prüfungen werden dargestellt. Der Leitfaden stellt damit erstmals eine profunde Zusammenstellung der Vorgangsweise bei Indoor-Gerüchen dar und soll zu einer Harmonisierung des Vorgehens der Sachverständigen bei Fragestellungen zu Gerüchen beitragen.

Austrian strategy for sensory determination and evaluation of odours in indoor air

Abstract Concerning the practice of issues related to interior living space, it is necessary to evaluate odour contaminations. The research group „Indoor-air“ under the auspices of the Austrian Ministry for Environment developed a strategy to evaluate „indoor-odours“. In parallel mutually with experts of the Association of Ecological Institutes e.V. (AGÖF) an extensive field manual was written and evaluated. The field manual describes the practice of comprehensive sensory odour testing in indoor rooms by a trained and certified panel and gives recommendations for a competent drawing up of a context sensitive, overall assessment of the odour problem. Approach and criteria for the design, the preparation and the accomplishment of the assessment are pictured. The field manual is the first compendium about an approach to indoor-odours and is meant to help the coordination of procedures authorized experts follow regarding odour related questions.

1 Einleitung

Gerüche spielen im täglichen Leben eine nicht zu unterschätzende Rolle. In den letzten Jahren hat das Thema „Gerüche in Innenräumen“ an Bedeutung gewonnen, dies umfasst zunehmend auch Gerüche aus Naturstoffen [1]. Damit

wächst auch der Bedarf an Hilfen zur Feststellung und Bewertung von Gerüchen. Gerüche werden individuell sehr unterschiedlich empfunden und bewertet. Teilweise wird eine Raumluftbeduftung von den Nutzern sogar aktiv betrieben, was aus umwelthygienischer Sicht als problematisch anzusehen ist [2]. Geruchsbelästigungen hingegen gelten allgemein als Umweltstressoren [3] und sind häufig Ursache von Beschwerden und Konflikten. Relevante Geruchsimmissionen gelten laut deutschem Bundes-Immissionsschutzgesetz [4] als Belästigung. Die deutsche Musterbauordnung fordert, dass durch Bauprodukte „unzumutbare Belästigungen“ nicht entstehen dürfen [5].

Die Quellen für Gerüche können sowohl innerhalb als auch außerhalb des Gebäudes liegen, eine gute Übersicht dazu geben *Mücke* und *Lemmen* [6]. Neben Baustoffen und Materialien der Innenausstattung bzw. deren Abbauprodukten können u. a. technische Anlagen, Bauschäden, Tiere und die Nutzer selbst Ursache für Geruchsbelastungen sein. Als besonders belastend gelten sehr unangenehme oder mit Gefahrensituationen assoziierte Gerüche [7]. Ein Grund für die Zunahme von Beschwerden über Gerüche in Innenräumen liegt darin, dass Gebäude aus energetischen Gründen immer luftdichter gebaut werden, ohne dass gleichzeitig für einen hygienisch ausreichenden Luftwechsel gesorgt wird. In der Praxis besteht in vielen Lebens- und Rechtsbereichen die Notwendigkeit, Entscheidungen über die Zumutbarkeit einer Geruchsbelästigung zu treffen, beispielsweise um einen behaupteten Mangel festzustellen (Gewährleistungsrecht), das Belästigungspotenzial in mietrechtlicher Hinsicht zu beurteilen oder festzustellen, ob ein Schadenersatzanspruch begründet ist.

2 Österreichische Strategie zur Beurteilung von Gerüchen in Innenräumen

Aufgrund zahlreicher Anfragen und uneinheitlich agierender Sachverständiger im Bereich „Indoor-Gerüche“ fasste der Arbeitskreis Innenraumluft am österreichischen Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (BMLFUW) 2006 den Beschluss, eine Strategie zur Beurteilung von Gerüchen in Innenräumen zu entwickeln.

Die Praxis zeigte, dass folgende Ziele einer Geruchsprüfung vorliegen können:

- Bewertung, ob ein beklagter Geruch einen Mangel der Raumluft darstellt oder ob aufgrund von Gerüchen im Raum eine unzumutbare Belästigung vorhanden ist,
- Kontrolle einer Sanierung,
- Prüfung im Rahmen von Gebäudezertifizierungen,
- Ermittlung der Art des Geruchs bzw. der vor Ort dominanten Geruchskomponenten,
- Ermittlung der Quelle eines festgestellten Geruchs.

In einem ersten Schritt wurden die bisherigen Erfahrungen in der sensorischen Erfassung der Intensität und der Geruchsqualität in Form der ÖNORM S 5701 veröffentlicht [8].

Dipl.-Ing. Peter Tappler,

Arbeitskreis Innenraumluft des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, IBO – Österreichisches Institut für Baubiologie und Bauökologie, Wien.

Dr. med. Peter Wallner,

Priv.-Doz. Dr. med. Hanns Moshhammer,

Assoz. Prof. Priv.-Doz. Dr. med. Hans-Peter Hutter,

Institut für Umwelthygiene, Medizinische Universität Wien.

Um eine präzise und statistisch abgesicherte umfassendere Bewertung von Gerüchen in der Innenraumluft zu ermöglichen, hat der Arbeitskreis Innenraumluft in Kooperation mit der Arbeitsgemeinschaft Ökologischer Forschungsinstitute (AGÖF) eine standardisierte Form der Untersuchung und Bewertung von Gerüchen in Innenräumen erarbeitet und in der Praxis erprobt [9]. Dabei wurden bestimmte etablierte Vorgangsweisen, insbesondere VDI-Richtlinien, aus dem Bereich Außenluft in modifizierter Form in die Methodik aufgenommen. Der Leitfaden „Gerüche in Innenräumen – sensorische Bestimmung und Bewertung“ wird in etwas veränderter Form als Teil der „Richtlinie zur Bewertung der Innenraumluft“, herausgegeben von der Österreichischen Akademie der Wissenschaften gemeinsam mit dem BMLFUW, veröffentlicht werden [10].

3 Methoden zur Geruchsprüfung

Mangels geeigneter Verfahren wurden bislang für die Identifikation und Quantifizierung von Gerüchen in Innenräumen oft chemisch-physikalische Messmethoden eingesetzt, deren Ergebnisse jedoch i. d. R. Geruchssituationen nicht adäquat abbilden. Der menschliche Geruchssinn nimmt zahlreiche geruchssensitive Substanzen bereits in Konzentrationen wahr, die unterhalb der analytischen Nachweisgrenzen liegen oder aufgrund ihrer chemisch-physikalischen Eigenschaften im Rahmen der routinemäßigen Laboranalytik überhaupt nicht detektiert werden können. Nur im Einzelfall sind chemisch-physikalische Messmethoden als Ergänzung sensorischer Prüfungen hilfreich. Prüfmittel der sensorischen Bewertung von Gerüchen in Innenräumen ist „die menschliche Nase“. Mit dem Einsatz der menschlichen Nase als Prüfmittel können Geruchsintensität, -qualität sowie Hedonik in die Bewertung einfließen. Die für die Außenluft etablierten Verfahren zur sensorischen Geruchsprüfung eignen sich aufgrund der besonderen Bedingungen in Innenräumen nicht zur direkten Anwendung, können aber in modifizierter Form für die Bewertung in Innenräumen nützlich sein.

Eine Arbeitsgruppe der EU hat 1999 eine Übersicht der damals verfügbaren Methoden der sensorischen Erfassung von Gerüchen in Innenräumen veröffentlicht [11]. Vor allem im skandinavischen Raum wurden Vorgangsweisen und Methoden zur sensorischen Prüfung der Raumluft vor Ort durch ungeschulte Probanden veröffentlicht (z. B. [12;13]). Weitere Methoden der Bewertung von Gerüchen in Innenräumen, wie beispielsweise die Prüfung mittels eines Vergleichsmaßstabs (pi-Skala) oder die Gewinnung von Luftproben vor Ort, werden in den in Erstellung begriffenen Richtlinien und Normen VDI 4302 Blatt 2 [14] bzw. ISO 16000-30 [15] beschrieben. An dieser Stelle ist anzumerken, dass sich elektronische Nasen derzeit noch nicht zur Bewertung der meist komplexen Problematik von Innenraumgerüchen eignen [16].

4 Leitfaden „Gerüche in Innenräumen – sensorische Bestimmung und Bewertung“

Der Leitfaden behandelt allgemein die Durchführung von sensorischen Geruchsprüfungen durch zertifizierte Prüfer vor Ort und gibt Empfehlungen für die Erstellung einer Gesamtbeurteilung eines Geruchsereignisses als kontextbezogene Bewertung von Gerüchen vor Ort. Prüfungen von Bau-

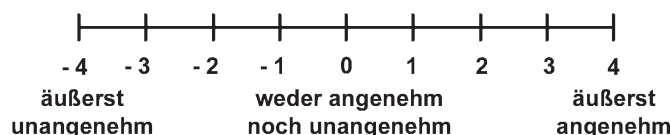


Bild 1. Beurteilung der Hedonik.

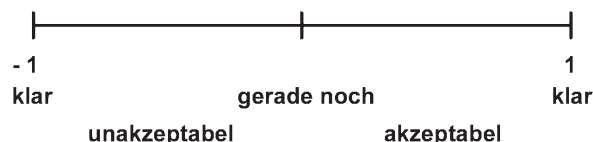


Bild 2. Beurteilung der Akzeptanz.

produkten oder Luftproben im Geruchslabor [17; 18] oder die Durchführung von chemisch-physikalischen Messungen von Geruchsstoffen in der Raumluft werden nicht behandelt. Methoden und Kriterien für die Messplanung, die Vorbereitung und Durchführung der Prüfungen, mit denen die Raumluft bezüglich der Geruchsintensität, Akzeptanz, Hedonik und Geruchsqualität sensorisch beurteilt werden kann, sind vorgegeben. Bei der Beurteilung der Intensität wird eine Kategorienskala von 0 bis 5 mit einer Abstufung von 0,25 verwendet. Die ganzzahligen Kategorien werden verbal beschrieben. Die Skala beruht auf der an der Universität von Dänemark in Kopenhagen entwickelten bzw. in der ÖNORM S 5701 beschriebenen Maßeinteilung [8; 10; 19]. Sie wird in leicht abgewandelter Form in der VDI 3882 Blatt 1 beschrieben.

Die Beurteilung der Hedonik erfolgt in Anlehnung an die Richtlinie VDI 3882 Blatt 2 als Eindruck unmittelbar nach Betreten des Raums nach einer ganzzahlig skalierten und ungeteilten Strecke von äußerst unangenehm (- 4) bis äußerst angenehm (+ 4) (Bild 1). Die Endpunkte und die Mitte der Skala werden semantisch belegt.

Zusätzlich kann, vor allem bei umfangreicheren Untersuchungen, die Erstellung von Polaritätenprofilen nach VDI 3940 Blatt 4 hilfreich sein. Hierbei werden Ähnlichkeiten auftretender Gerüche mit den Profilen der Konzepte „Duft“ bzw. „Gestank“ überprüft [20].

Die Beurteilung der Akzeptanz ähnelt den in Skandinavien (z. B. Dänemark) praktizierten und dem im Konzept der ISO 16000 Teil 28 vorgeschlagenen Verfahren [12; 21]. Die Beurteilung erfolgt grafisch nach einer unskalierten linearen Strecke (Bild 2), die von „klar unakzeptabel“ bis „klar akzeptabel“ reicht. Die Endpunkte und der Mittelbereich der Skala werden semantisch belegt. Auch die Nutzungsart bzw. Widmung des zu untersuchenden Raums sind bei der Bewertung zu berücksichtigen.

Alternativ kann bei einem größeren Prüferpanel der Prozentsatz Unzufriedener (percentage dissatisfied) durch eine geschlossene Ja/Nein-Frage direkt bestimmt werden.

Der Leitfaden enthält auch statistische Grundlagen mit anschaulichen Beispielen, die es erlauben, zu statistisch belastbaren Ergebnissen im Hinblick auf eine Beurteilung zu gelangen.

4.1 Anforderungen an die Prüfer und Prüferanzahl

Da der Einsatz menschlicher Sinnesorgane zu Prüfzwecken von der individuellen Eignung der Prüfperson abhängt, sind – wie auch in der ÖNORM S 5701 beschrieben – neben Grundanforderungen (beispielsweise Mindestalter, intaktes Riechvermögen) weitere Anforderungen an die Prüfer zu

stellen. Diese reichen von der Fähigkeit, Gerüche zu differenzieren und Innenraumgerüche wiederzuerkennen bis hin zu einer gewissen Mindestsensitivität. Der Leitfaden stellt unterschiedliche Möglichkeiten der Schulung vor.

In der Regel wird die Erstbeurteilung durch einen einzelnen Sachverständigen durchgeführt. Dieser legt die weiteren Schritte fest. Die notwendige Anzahl der Prüfer richtet sich in jedem Fall nach den jeweiligen Anforderungen an die Messunsicherheit. Soll die Einhaltung einer Zielvorgabe überprüft werden, muss das Messergebnis unter Einbeziehung der Messunsicherheit hierzu eine eindeutige Aussage liefern. Liegt die Zielvorgabe innerhalb der Fehlergrenzen (Konfidenzintervall) des Messergebnisses, ist für eindeutige Aussagen die Geruchsprüfung mit einer größeren Prüferzahl zu wiederholen. Je mehr Prüfer eingesetzt werden, desto geringer ist die methodisch bedingte Unsicherheit der Bewertung.

In der Praxis ergibt sich oft die Situation, dass entweder aus ökonomischen oder technischen Gründen eine kleinere Prüferanzahl gewählt werden muss. Bei kleinen Räumen ist die Prüferanzahl auf wenige Prüfer zu beschränken, da der Geruch der Raumluft durch die Prüfer selbst beeinflusst werden kann. Die Praxis zeigte, dass in Einzelfällen auch mit wenigen Prüfern hinreichend aussagekräftige Aussagen getroffen werden können.

4.2 Messplanung und Durchführung der sensorischen Prüfung

Messplanung und Durchführung der sensorischen Prüfung wurden auf der Grundlage der ÖNORM S 5701 und der in den laufenden Begutachtungen gewonnenen Erfahrungen erarbeitet [9]. Unter Berücksichtigung der Nutzerangaben zu Intensität und zeitlicher Varianz der bemängelten Gerüche ist zu entscheiden, wann und unter welchen Randbedingungen die Prüfungen zu erfolgen haben. Bei konstanten Geruchsbelastungen sollte die Geruchsprüfung mehrere Stunden nach einer gründlichen Lüftung erfolgen. Angaben zum zeitlichen Vorgehen finden sich in der ÖNORM S 5701, in EN ISO 16000-1 [22] und im Schulleitfaden des deutschen Umweltbundesamtes [23]. Zur Durchführung einer Prüfung unter Worst-case-Bedingungen sollten die Räume nach einer Grundlüftung mindestens acht Stunden oder über Nacht nicht gelüftet sein.

Veränderungen der Geruchsintensität können z. B. durch Witterungseinflüsse, Lüftungs- und Heizverhalten sowie unterschiedliche Raumnutzung oder intermittierend auftretende Geruchsquellen hervorgerufen werden. Bei Geruchsbelastungen, deren Intensität sich über die Zeit verändert, kann die Ermittlung des Intensitätsverlaufs und der Dauer der Geruchsereignisse notwendig sein. In diesem Fall ist es sinnvoll, wiederholt Geruchsprüfungen vorzunehmen.

Die Prüfer prüfen die empfundene Luftqualität, indem die Luft unmittelbar nach Erreichen des festgelegten Messorts gleichmäßig über die Nase eingeatmet wird. Unmittelbar danach erfolgt die Beurteilung des wahrgenommenen Geruchs hinsichtlich der vom leitenden Sachverständigen ausgewählten Prüfziele. Zur Auswahl stehen Intensität, Qualität, Hedonik und Akzeptanz. Welche Parameter untersucht werden sollen, ist von der Aufgabenstellung abhängig. Die Ergebnisse werden sofort protokolliert und anschließend verlässt der Prüfer den Messort.

Die Beurteilung erfolgt unmittelbar nach Betreten des Raums aufgrund des ersten Eindrucks, bevor eine Adaptation an die Gerüche im Raum erfolgen kann und die Ge-

suchsempfindung so möglicherweise herabgesetzt wird. Es kann jedoch auch notwendig sein, die Möglichkeit der Adaptation zu klären. Hierzu muss die Beurteilung nach einem Aufenthalt von einem der Fragestellung angemessenen Zeitraum in dem zu untersuchenden Raum wiederholt werden.

4.3 Beurteilung des Geruchsereignisses

Verbindliche Grenz- oder Richtwerte für Geruchsstoffe in Innenräumen gibt es bisher weder für analytisch ermittelte noch für olfaktorisch identifizierte Geruchsstoffe. Werte zur Beurteilung von Gerüchen gibt es im deutschsprachigen Raum bisher nur für die Außenluft (z. B. Feststellung und Beurteilung von Geruchsimmissionen – Geruchsimmissions-Richtlinie – GIRL [24]). Zwischen der Gesamtbewertung einer Geruchsbelastung der Innenraumluft und den Parametern Intensität, Hedonik und Akzeptanz gibt es bisher keine allgemeine mathematische Beziehung. Die Gesamtbeurteilung eines konkreten Raums erfolgt daher mittels einer situativ-integrativen Bewertung durch den Sachverständigen.

Basis der Beurteilung der Gesamtsituation sind die Bewertungen von Intensität, Qualität, Akzeptanz und Hedonik durch die Einzelprüfer sowie den leitenden Prüfer. Zusätzlich erhobene Informationen, wie Zeitmuster des Geruchs (permanent/intermittierend etc.), physikalische Randparameter der Prüfung sowie Nutzung bzw. Widmung des Raums, sind ebenfalls zu berücksichtigen.

Die Ergebnisse weiterer Untersuchungen, wie beispielsweise chemisch-physikalischer Messungen von Geruchsstoffen in der Raumluft, können gegebenenfalls in die im Leitfaden beschriebene Gesamtbeurteilung einfließen.

4.4 Kontextabhängige Einflussfaktoren auf die Beurteilung

Bei der Beurteilung von Gerüchen sind die Besonderheiten der menschlichen Wahrnehmung und Bewertung von Gerüchen zu berücksichtigen. Sowohl zwischen verschiedenen Personen als auch zwischen unterschiedlichen Zeitpunkten der Geruchswahrnehmung einer Person können erhebliche kontextabhängige Unterschiede in der Wahrnehmung von Geruchsintensität und Hedonik bestehen. Reizunabhängige Informationen über die Quelle können Geruchsbewertungen positiv oder negativ beeinflussen [25; 26]. Phänomene wie Adaptation oder Habituation, Überlagerung und Maskierung von Gerüchen sowie akustische und visuelle Beeinflussung, die bei der Prüfung vor Ort eine Rolle spielen, sind bei der Gesamtbeurteilung zu berücksichtigen.

Studien zeigen, dass kognitive Strukturen die Geruchsbewertung beeinflussen, da z. B. Erinnerungsreste an vergangene umweltbezogene Belastungen bei den Menschen noch lange nachwirken [27]. Auch bei Einsatz „objektiver“ externer Panels ist es nicht gänzlich auszuschließen, dass es seitens der Prüfer aufgrund des Kontextes der Geruchsprüfung zu derartigen Verzerrungen kommt.

Bei der Bewertung der hedonischen Prüfungsergebnisse ist zu berücksichtigen, dass Hedonik primär eher eine Stoffeigenschaft ist, die Bewertung aber durch erlernte persönliche und kulturelle Muster modifiziert wird. Die Hedonikbeurteilung ist subjektiv „gefärbt“ und kann bei Prüfern und Nutzern zu unterschiedlichen Ergebnissen führen. Erfahrungen im Außenluftbereich zeigten zudem, dass nicht die Intensität, sondern die hedonische Komponente bei der Geruchsbewertung hinsichtlich Akzeptanz und Zumutbarkeit

eine größere Rolle spielt, die wie oben beschrieben stark von persönlichen Faktoren abhängt [28; 29].

4.5 Beurteilung der Ergebnisse einer Geruchsprüfung

Das Gesamtergebnis für die Feststellung, ob eine erhebliche Belästigung bzw. ein hygienischer Mangel vorliegt, wird mit dem (juristischen) Begriff der Zumutbarkeit zusammengefasst. Im vorliegenden Kontext wird Zumutbarkeit als ein Begriff verstanden, der neben Intensität, Hedonik und Akzeptanz des Geruchs die Nutzung bzw. Widmung des betreffenden Raums, den Zeitraum, der seit Ausstattung eines Raums vergangen ist und eine Bewertung der Geruchsquelle selbst berücksichtigt.

Bei der Bewertung ist zu berücksichtigen, ob die Art der Nutzung bereits bei der Erhebung der Akzeptanz eingeflossen ist, ob die Freisetzung des Geruchs bewusst erfolgte und ob der Geruch erwartet oder eine allgemein akzeptierte Eigenschaft der Quelle des Geruchs ist. Weiter ist zu berücksichtigen, dass der Kontext, im Rahmen dessen die Geruchsprüfung stattfindet, in die Beurteilung der Akzeptanz durch die Einzelprüfer eingeht.

Eine formalisierte Bewertung auf der Grundlage stringenter harter Kriterien (einheitliche Cut-off-Werte für Geruchsintensität, Zumutbarkeit oder Hedonik) ist bei sensorischen Geruchsbewertungen in Innenräumen i. d. R. nicht möglich, da der Kontext der Beurteilung und die immer unterschiedlichen Randbedingungen berücksichtigt werden müssen. Dennoch haben sich in der Praxis bestimmte Vorgehensweisen etabliert, die in der überwiegenden Zahl der Fälle angewendet werden können. So werden beispielsweise bei zur dauernden Nutzung bestimmten Innenräumen, deren Errichtung bzw. Ausstattung mehr als vier bis sechs Wochen zurückliegt, abhängig von der Hedonik i. d. R. maximal schwache Gerüche (Intensitätsstufe 2) als zumutbar angesehen. Unüblich starke produkttypische Gerüche, die als Quelle beispielsweise OSB-Platten (OSB: oriented strand

board, Grobspanplatte), Möbel oder Fußbodenbeläge haben, werden letztendlich als unzumutbar bzw. in der Folge als Mangel klassifiziert.

Als unangenehm (negative hedonische Bewertung) oder als für Materialien der Inneneinrichtung bzw. die Nutzungsart des Raums als untypisch eingeschätzte Gerüche werden i. d. R. unabhängig von der Intensität als nicht zumutbar betrachtet. Beispiele dafür sind Gerüche nach Schimmel, nach Fäkalien oder Kanalisation.

4.6 Praxistauglichkeit und Anwendung der Methode

Das beschriebene Konzept und die Ergebnisse der in Vorbereitung des Leitfadens durchgeführten Geruchsprüfungen wurden im Zuge mehrerer Tagungen vorgestellt und diskutiert [30]. Das Prozedere wurde im Rahmen der praktischen gutachterlichen Tätigkeit der beteiligten Fachleute und Institutionen erprobt [31 bis 33]. Im Rahmen der Zertifizierungstätigkeit des Österreichischen Normungsinstituts und der AGÖF finden laufend Zertifizierungen für Geruchsprüfer statt.

Danksagung

Die Autoren bedanken sich bei der zuständigen Abteilung V/4 Immissions- und Klimaschutz des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft für die finanzielle Unterstützung. Weiter danken wir den Experten für ihren fachlichen Input bei der Erstellung des Leitfadens (in alphabetischer Reihenfolge): Ad-hoc-Arbeitsgruppe Innenraumrichtwerte der IRK/AOLG, Peter Braun (ALAB GmbH, Berlin), Elke Bruns (Umwelt- und Gesundheitsinstitut Bruns, Wittingen), Bernhard Damberger (IBO Innenraumanalytik OG, Wien), Martin Hoffmann (Gesellschaft für ökologische Bautechnik mbh, Berlin), Michael Kundi (Institut für Umwelthygiene der Medizinischen Universität Wien), Wigbert Maraun (ARGUK-Umweltlabor GmbH, Oberursel), Gerald Saleschak (ÖTI, Wien), Manfred Santen (Sachverständiger, Hamburg), Jörg Thumulla (anbus analytik GmbH, Fürth), Felix Twrdik (IBO, Wien).

Literatur

- [1] Knudsen, H. N.; Clausen, P. A.; Wilkins, C. K.; Wolkoff, P.: Sensory and chemical evaluation of odorous emissions from building products with and without linseed oil. *Building Environm.* 42 (2007), S. 4059-4067.
- [2] Gesundheit und Umwelthygiene – Duftstoffe. Hrsg.: Umweltbundesamt. www.umweltbundesamt.de/gesundheit/stoffe/duftstoffe.htm 2011.
- [3] Winneke, G.; Steinheider, B.: Expositions-Wirkungs-Zusammenhänge für Geruchsbelästigungen und Beschwerden: Eine Übersicht. *VDI-Berichte* 1373, S. 361-371. Düsseldorf: VDI 1998.
- [4] Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge (Bundes-Immissionsschutzgesetz – BImSchG) vom 26. September 2002. BGBl. I, S. 3830, zul. geänd. durch Art. 1 des Gesetzes vom 20. Juli 2011. BGBl. I, S. 1474.
- [5] Musterbauordnung – MBO – in der Fassung von November 2002, zul. geänd. durch Beschluss der Bauministerkonferenz von Oktober 2008.
- [6] Mücke, W.; Lemmen, C.: Duft und Geruch. Landsberg: ecomed Medizin 2010.
- [7] Brauchle, G.: Geruchsbelästigungen. Begriffsbestimmungen, Auswirkungen und Erhebungsverfahren. Unterrichtsmaterialien zur Fortbildung von Amtsärzten. Innsbruck: alpS-Zentrum für Naturgefahrenmanagement 2003.
- [8] ÖNORM S 5701: Sensorische Bestimmung der Intensität und Art von Gerüchen in der Innenraumluft – Anforderungen für Vor-Ort-Prüfungen. Wien: Austrian Standards Institute 2008.
- [9] Leitfaden „Gerüche in Innenräumen – Sensorische Bestimmung und Bewertung, Entwurf“. In: Umwelt, Gebäude & Gesundheit – Schadstoffe, Gerüche und Sanierung. Hrsg.: Arbeitsgemeinschaft ökologischer Forschungsinstitute (AGÖF). Springer 2010.
- [10] Richtlinie zur Bewertung der Innenraumluft. Erarb. vom Arbeitskreis Innenraumluft am Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft und der Österreichischen Akademie der Wissenschaften. Blau-Weiße Reihe (Loseblattsammlung). Wien 2009.
- [11] Sensory evaluation of indoor air quality. Report No. 20. EUR 18676 EN. European Collaborative Action – Indoor Air Quality

- & its impact on man (ECA-IAQ). Luxemburg 1999. www.inive.org/medias/ECA/ECA_Report20.pdf.
- [12] *Fanger, P. O.*: Introduction of the olf and decipol units to quantify air pollution perceived by humans indoors and outdoors. *Energy Buildings* 12 (1988) Nr. 1, S. 1-6.
- [13] *Clausen, G.*: Sensory evaluation of emissions and indoor air quality. *Proceed. Healthy Buildings* 1, S. 53-62. Helsinki, Finnland 2000.
- [14] VDI 4302 Blatt 2 (Vorentwurf): Geruchsprüfung von Innenraumluft und Emissionen aus Innenraummaterialien – Innenraumluft. Stand: 30. März 2011.
- [15] ISO/WD 16000-30: Indoor Air – Part 30: Sensory testing of indoor air. Working draft 11.06.2011.
- [16] *Boeker, P.*: Elektronische Nasen: das methodische Konzept und seine Problematik – Teil 2: Methodische Anwendung. *Gefahrstoffe – Reinhalt. Luft* 70 (2010) Nr. 10, S. 431-436.
- [17] *Handbuch zur Messung der empfundenen Luftqualität*. Hrsg.: Hermann-Rietschel-Institut. Berlin 2004.
- [18] *Horn, W.; Jann, O.; Kasche, J.; Bitter, F.; Müller, D.; Müller, B.*: Umwelt- und Gesundheitsanforderungen an Bauprodukte – Ermittlung und Bewertung der VOC-Emissionen und geruchlichen Belastungen. Hrsg.: Umweltbundesamt. Texte 16/07. Berlin 2007.
- [19] *Bluyssen, P.*: Air Quality evaluated by a trained panel. PhD thesis. Lyngby: Technical University of Denmark 1990.
- [20] VDI 3940 Blatt 4: Bestimmung der hedonischen Geruchswirkung – Polaritätenprofile. Berlin: Beuth 2010.
- [21] DIN ISO 16000-28 (Entwurf): Innenraumluftverunreinigungen – Teil 28: Bestimmung der Geruchsstoffemissionen aus Bauprodukten mit einer Emissionsprüfkammer. Berlin: Beuth 2010.
- [22] DIN EN ISO 16000-1: Innenraumluftverunreinigungen – Teil 1: Allgemeine Aspekte der Probenahmestrategie. Berlin: Beuth 2006.
- [23] *Leitfaden für die Innenraumhygiene in Schulgebäuden*. Hrsg.: Innenraumlaufhygiene-Kommission des Umweltbundesamtes. Berlin 2008. www.umweltdaten.de/publikationen/fpdf-l/3689.pdf
- [24] *Feststellung und Beurteilung von Geruchsimmissionen (Geruchsimmissions-Richtlinie) in der Fassung vom 29. Februar 2008 und einer Ergänzung vom 10. Sept. 2008 mit Begründung und Auslegungshinweisen (Erlass) vom 29. Februar 2008*. <http://igsvtu.lanuv.nrw.de/vtu/oberfl/de/dokus/6/dokus/61101.pdf>
- [25] *Dalton P.*: Psychophysical and behavioral characteristics of olfactory adaptation. *Chem. Senses* 25 (2000), S. 487-492.
- [26] *Laudien, J. H.*: Kognitive Modulation zentralnervöser Verarbeitung chemosensorischer Stimuli. Dissertation Universität Kiel 2005.
- [27] *Umweltstressor Geruch*. Hrsg.: Institut für Umwelthygiene der Medizinischen Universität Wien. www.meduniwien.ac.at/umwelthygiene/geruch/forschungsergebnisse.html
- [28] *Sucker, K.; Both, R.; Bischoff, M.; Guski, R.; Winneke, G.*: Odor frequency and odor annoyance. Part I: assessment of frequency, intensity and hedonic tone of environmental odors in the field. *Int. Arch. Occup. Environ. Health* 81 (2008) Nr. 6, S. 671-682.
- [29] *Sucker, K.; Both, R.; Bischoff, M.; Guski, R.; Winneke, G.*: Odor frequency and odor annoyance. Part II: dose-response associations and their modification by hedonic tone. *Int. Arch. Occup. Environ. Health* 81 (2008) Nr. 6, S. 683-694.
- [30] *Tappler, P.*: Leitfaden der AGÖF und des österreichischen Umweltministeriums: „Gerüche in Innenräumen – Sensorische Bestimmung und Bewertung“. In: *Umwelt, Gebäude & Gesundheit – Schadstoffe, Gerüche und Sanierung*, S. 22-24. Hrsg.: Arbeitsgemeinschaft ökologischer Forschungsinstitute (AGÖF), Springer 2010.
- [31] *Thumulla, J.*: Erste Praxiserfahrungen zur Anwendung des AGÖF-Leitfadens zur sensorischen Bestimmung und Bewertung von Gerüchen in Innenräumen im Neubau eines Bürogebäudes mit multifaktoriellen Geruchsproblemen. In: *Umwelt, Gebäude & Gesundheit – Schadstoffe, Gerüche und Sanierung*, S. 146-162. Hrsg.: Arbeitsgemeinschaft ökologischer Forschungsinstitute (AGÖF), Springer 2010.
- [32] *Schmidt, M.; Thumulla, J.*: Fehlerbetrachtung von Geruchsprüfungen anhand exemplarischer Auswertungen durchgeführter Untersuchungsprojekte. In: *Umwelt, Gebäude & Gesundheit – Schadstoffe, Gerüche und Sanierung*, S. 174-184. Hrsg.: Arbeitsgemeinschaft ökologischer Forschungsinstitute (AGÖF), Springer 2010.
- [33] *Santen, M.*: Geruchsbegehungen im Rahmen der Sanierung historischer Gebäude. In: *Umwelt, Gebäude & Gesundheit – Schadstoffe, Gerüche und Sanierung*, S. 163-173. Hrsg.: Arbeitsgemeinschaft ökologischer Forschungsinstitute (AGÖF), Springer 2010.