

# Erstellung einer Richtlinie/Leitfaden zur Bewertung von Gerüchen in Innenräumen

DI. Peter Tappler

Arbeitskreis Innenraumluft des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Department für Bauen und Umwelt der Donauuniversität Krems

## Hintergrund

Die empfundene Luftqualität gewinnt international zunehmend an Bedeutung. Einerseits werden immer höhere Ansprüche an Innenräume in Hinblick auf Behaglichkeit und Freiheit von als „gesundheitlich bedenklich“ eingestuften Faktoren gestellt, andererseits zeigen Untersuchungen positive Korrelationen der empfundenen Luftqualität mit der Produktivität. Gerüche in Innenräumen stellen eine häufige Ursache für Beschwerden der Nutzer dar, sie werden meist als belästigend eingestuft.

Bei der Bestimmung des Ausmaßes eines derartigen Mangels bzw. bei der Suche nach den Quellen ist es nicht in allen Fällen möglich, die zu Grunde liegenden Stoffe mit chemisch-physikalischen Messungen zu identifizieren. Gerüche entstehen aus einer Vielzahl chemischer Substanzen. Mit einer quantitativen Bestimmung der Einzelstoffe kann keine Aussage über die Geruchswirkung einer Kombination dieser Stoffe getroffen werden. Die einzige Möglichkeit, die Wirkung von Geruchsstoffen in Innenräumen auf Menschen zu erfassen, ist eine sensorische Geruchsprüfung und Bewertung, die entweder direkt vor Ort oder zusätzlich nach einer Luftprobenahme im Labor erfolgen kann.

Auf Grund der individuell und situationsbedingt sehr unterschiedlichen Wahrnehmung von Gerüchen waren sensorische Geruchsprüfungen der Innenraumluft vor Ort bisher mit erheblichem Aufwand und/oder Unsicherheiten verbunden. Entweder erfolgten derartige Geruchsprüfungen mit einer großen, in der Regel ungeschulten Prüfergruppe, die mit beträchtlichen organisatorischen und ökonomischen Aufwendungen verbunden ist, oder durch einen oder wenige, meist unzureichend geschulte Prüfer.

## Geschichte der Geruchsbewertung

Yaglou beschrieb bei seinen Raumklimauntersuchungen erstmals eine subjektive Methode zur Bewertung der Innenraumluftqualität (Yaglou et al. 1936). Die Innenraumluft wurde durch untrainierte Probanden auf einer Skala von 0 bis 5 beurteilt. Die Personen sollten sofort nach Betreten des Raumes, also im unadaptierten Zustand, die Luftqualität bewerten.

Ole Fanger, Universität von Dänemark in Kopenhagen führte 1988 zur Beurteilung von Gerüchen in der Innenraumluft zwei neue Größen mit Einheiten ein (Fanger 1988). Die Verunreinigungslast wird in der Einheit olf (griechisch: **O**lfactus) angegeben. Die Verunreinigungslast ist jedoch nicht direkt messbar, sondern wird über die empfundene Luftqualität hergeleitet. Diese wird in der Einheit Pol bzw. in der Praxis Dezipol (lat. **P**ollutio) angegeben. Die untrainierten Teilnehmer fällen ihre Bewertung unmittelbar nach Betreten des zu beurteilenden Raumes, wobei diese auf Fragebögen festgehalten werden. Neben der Fragestellung der Akzeptanz kann von den Probanden auch die Geruchsintensität und die Frische der Raumluft beurteilt werden. Um hier aussagekräftige Ergebnisse zu erhalten, sind jedoch große Probandengruppen notwendig. Da sich diese Vorgangsweise als sehr aufwändig gestaltete, wurde von Bluysen ein Verfahren entwickelt, die Probanden zu

trainieren, so dass eine Bewertung der Empfundene Luftqualität mit einer kleineren Prüferzahl erfolgen kann (Bluyssen 1990).

Vom Hermann-Rietschel-Institut, Berlin wurde eine zweistufige Systematik zur Bewertung der empfundenen Luftqualität eingeführt (Müller et al. 2004). Zur Beurteilung der Innenraumluft werden Luftproben in Säcken in ein Geruchslabor transferiert und dort bewertet (HRI 2004).

## **Vorgangsweise**

Eine akkordierte Vorgangsweise bzw. handhabbare prüftechnik für Geruchsprüfungen vor Ort für kleinere, geschulte Prüferkollektive bzw. einzelne Prüfer war bis dato im deutschsprachigen Raum nicht vorhanden. Um eine Vergleichbarkeit der Bewertung von Gerüchen in der Innenraumluft zu erreichen, wird derzeit vom Arbeitskreis Innenraumluft des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Österreich in Kooperation mit der Arbeitsgemeinschaft Ökologischer Forschungsinstitute (AGÖF) eine standardisierte Form der Untersuchung und Bewertung von Gerüchen in Innenräumen erarbeitet. Um dies auf möglichst breiter Basis durchführen zu können, wurde eine Arbeitsgruppe aus mehreren Teilnehmern aus AGÖF-Instituten und des Arbeitskreises Innenraumluft des österreichischen Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft gegründet.

Das vorliegende Konzept stellt eine Diskussionsgrundlage einerseits zur Ausarbeitung eines Richtlinienanteiles der österreichischen Richtlinie zur Bewertung der Innenraumluft (BMLFUW 2006) in Kombination mit einer derzeit in Fertigstellung begriffenen ÖNORM dar, andererseits soll ein inhaltlich ähnlicher AGÖF-Leitfaden erstellt werden.

## **Zielsetzungen bei einer sensorischen Geruchsprüfung**

Eine sensorische Geruchsprüfung der Innenraumluft kann unterschiedlichen Zielen dienen. Neben der Suche nach den Ursachen für als unangenehm oder störend gewerteten Gerüche sind die Frage der Zumutbarkeit von Gerüchen und der Nutzbarkeit betroffener Räume Ziele einer fachlich fundierten Beurteilung von Gerüchen in Innenräumen.

Als Ziele einer sensorischen Geruchsprüfung in der Innenraumluft können ohne Anspruch auf Vollständigkeit folgende Punkte unterschieden werden:

- Bewertung, ob die vorliegende Geruchsbelastung einen Mangel darstellt
- Ermittlung der Art des Geruches bzw. der vor Ort dominanten Geruchskomponenten
- Ermittlung der Ursache oder Quelle eines festgestellten Geruchs

## **Anforderungen an die Prüfer**

Da der Einsatz menschlicher Sinnesorgane zu Prüfzwecken stark von der Prüfperson abhängt, werden die allgemeinen Vorgaben für eine Prüfperson laut EN 13725 angewendet. Als allgemeine Voraussetzung für die Prüfung dienen die Vorgaben nach DIN 10950 Teil 2.

Die die Geruchsprüfung durchführenden Personen müssen aufgrund einer speziellen Sensorikschulung über das technische Wissen über Geruchsbewertungen und über die notwendigen Qualifikationen für derartige sensorische Prüfungen verfügen. Die Erfüllung der Qualifikationen dient der Standardisierung in Hinblick auf Geruchserkennung und Geruchsempfindlichkeit – Parameter, die in der Regel zwischen unterschiedlichen Personen stark schwanken können.

Grundanforderungen an die Prüfer umfassen unter anderem folgende Punkte:

- Mindestalter 16 Jahre
- Fähigkeit zur verbalen Beschreibung von Sinneswahrnehmungen
- Fähigkeit zur Speicherung von Geruchswahrnehmungen im Gedächtnis („Geruchsgedächtnis“)
- Fähigkeit zur objektiven Beschreibung und Analyse von sensorisch wahrnehmbaren Gerüchen (d.h. Ausklammern persönlicher Präferenzen und Abneigungen)
- Vertrautheit mit in Innenräumen vorkommenden Geruchstoffen
- Vor Aufnahme der Tätigkeit als Prüfer ist einmalig durch eine HNO-Untersuchung festzustellen, dass keine den Geruchssinn beeinträchtigende Veränderungen vorliegen

Für die Prüfung der sensorischen Fähigkeiten des Prüfers werden validierte olfaktorische Verfahren herangezogen. Diese Prüfung muss zumindest einmal jährlich durchgeführt werden. Dabei werden ein Identifikationstest, ein Diskriminationstest und der Schwellenwert-Test mit n-Butanol durchgeführt. Die Einzelergebnisse sind zu einem Gesamtwert, dem SDI-Wert, zu addieren, der die Maßzahl für die Eignung des Prüfers darstellt.

## **Messplanung**

Für die Planung der Prüfung ist zunächst das Ziel der Untersuchung festzulegen. Daraus ergeben sich gegebenenfalls unterschiedliche Prüfungen, weiters hat die Zielvorgabe Einfluss auf die Anzahl der notwendigen Prüfer.

Wenn beispielsweise festgestellt werden soll, ob die vorliegende Geruchsbelastung einen Mangel darstellt, ist eine Prüfung der Geruchsintensität und -qualität, vor allem aber der Akzeptanz durchzuführen. Zusätzlich kann eine Hedonikbewertung sinnvoll sein. Eine sensorische Geruchsprüfung durch eine Person alleine kann nur der orientierenden Bewertung dienen und ist, wie Vortests beweisen, mit großen Unsicherheiten behaftet. Für eine statistisch abgesicherte Beurteilung eines Raumes ist in diesem Fall die Prüfung durch mehrere Prüfer notwendig, wodurch die methodisch bedingte Unsicherheit der Bewertung signifikant absinkt. Die Anzahl der Prüfer nach oben wird jedoch in der Praxis durch ökonomische Vorgaben beschränkt. Vorteile dieser Vorgangsweise ist die einfache und damit kostengünstige Durchführung, die Möglichkeit, sofort Ergebnisse zu bekommen sowie die gleichzeitige Möglichkeit des Ermitteln von Gradienten im Raum oder spezifischen Quellen durch Anriechen.

Weil eine Vielzahl von äußeren Einflüssen wie innere Erwartungshaltung, Aussehen des Raumes oder akustische Reize das Ergebnis beeinflussen können, steht prinzipiell auch die Möglichkeit einer Probenahme der Raumluft in Transportbehälter mit anschließender Bewertung der Intensität, Qualität und eventuell der Hedonik in einem Geruchslabor zur Verfügung (HRI 2004).

Wenn beispielsweise die Art des Geruches bzw. der vor Ort dominanten Geruchskomponenten oder die Ursache oder Quelle der Geruchsentwicklung ermittelt werden soll, ist möglicherweise nur eine Prüfung der Geruchsqualität durchzuführen. Mit der Beschreibung des Geruches können Verknüpfungen zu möglichen Emittenten erstellt werden. Zur Bestimmung der Art des Geruches sind mitunter zusätzlich zur sensorischen Bewertung chemisch-analytische Messungen durchzuführen. Zur Ermittlung von Geruchsemitenten, die sich nicht direkt im Raum selbst befinden, ist unter Umständen das Anlegen eines Unterdrucks im Raum mit Hilfe einer Blower-Door-Apparatur sinnvoll. In dieser Weise können z.B. Gerüche aus Hohlräumen des Gebäudes erfasst werden

(Damberger et al. 2004). Prüfungen der Art des Geruches bzw. der Ursache oder Quelle einer Geruchsentwicklung können bei einfachen Situationen von einem Prüfer allein bewerkstelligt werden.

Eine Kombination mehrerer Methoden ist mitunter zur Erreichung des Messzieles angebracht. Im Zuge der Probenahme der Raumluft in Transportbehältern wird in der Regel vor Ort zusätzlich eine orientierende Prüfung der Raumluft durch den Probenehmer, der in diesem Fall ein geschulter Prüfer sein muss, durchgeführt. Auch bei der Bewertung eines möglichen Mangels und Vorliegen von Hinweisen auf bestimmte Substanzgruppen (z.B. aromatische Verbindungen, typischer Möbelneugeruch) sind chemisch-analytische Messungen zur Untermauerung bzw. Absicherung der sensorisch ermittelten Ergebnisse sinnvoll.

## **Durchführung der direkten Raumbewertung**

### **Allgemeine Vorgangsweise**

Die Prüfer werden von einem Raum zum nächsten gebracht. Die Prüfer betreten einzeln nacheinander die Räume und bewerten die empfundene Luftqualität, indem die Luft unmittelbar nach Erreichen des festgelegten Messortes über einen Zeitraum von ungefähr 4 bis 10 Sekunden gleichmäßig über die Nase eingeatmet wird und die Beurteilung des wahrgenommenen Geruches hinsichtlich der Intensität, der Art des Geruches, der Hedonik und der Akzeptanz. Die Beurteilung erfolgt direkt nach dem Betreten der Räume nach dem ersten Eindruck, noch bevor eine Adaptation des Geruches erfolgen kann und die Geruchsempfindung so herabgesetzt wird. Der jeweilige Raum kann nach einer Phase der Regeneration, die in einem möglichst geruchsneutralem Raum stattfinden muss, mehrmals betreten werden.

Vor und während der Begehung ist an einem möglichst neutralen Ort eine Anpassung der Wahrnehmungsfähigkeit der Prüfer in Bezug auf die Geruchsstoffkonzentration einer Referenzsubstanz möglich.

Für die Erfassung der Raumbedingungen sind vom Versuchsleiter die Zeitpunkte und Intensität des Lüftens, die Belegung des Raumes mit Personen und gegebenenfalls Haustieren, die Aktivität sowie das Alter der anwesenden Personen sowie die Leistungsstufe einer vorhandenen raumluftechnischen Anlage zu protokollieren.

Veränderungen dieser Parameter sind mit der Angabe des Zeitpunktes der Veränderung aufzunehmen. Lufttemperatur und relative Feuchte während der Bewertung bzw. Probenahme sind zu erfassen.

### **Prüfung der Intensität**

Die möglichen Intensitäten im Rahmen der quantitativen Prüfung sind: nicht wahrnehmbarer (0)/ sehr schwacher (1)/ schwacher (2)/ mittlerer (3)/ starker (4)/ sehr starker Geruch (5). Es werden Noten zwischen 0 und 5 vergeben, Zwischennoten in Abstufungen von 0,25 sind möglich. Die Geruchsnoten werden unmittelbar nach Betreten des Raumes vergeben, wobei für die Prüfer eine Kalibriereinrichtung (n-Butanol in unterschiedlichen Intensitäten) außerhalb des Raumes zur Verfügung steht.

Bei mehreren Prüfern errechnet sich die Intensität des Geruches als arithmetischer Mittelwert der Einzelergebnisse der Prüfer.

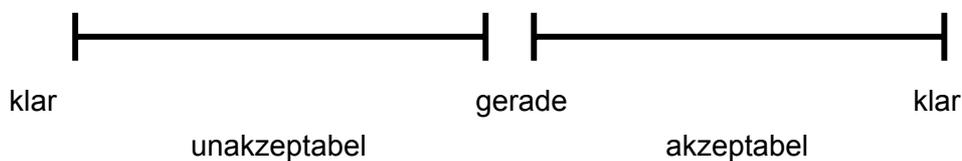
### Beschreibung der Geruchsqualität

Die Beschreibung der Art des Geruches erfolgt nach Geruchstönen, wobei zur Beschreibung von Mischgerüchen eine Kombination aus mehreren Geruchstönen herangezogen werden kann.

Es muss berücksichtigt werden, dass bei manchen Geruchsstoffen eine Abhängigkeit der Art des Geruches von der Geruchsstoffkonzentration gegeben ist.

### Ermittlung der Akzeptanz

Die Beurteilung der Akzeptanz erfolgt als Eindruck unmittelbar nach Betreten des Raumes grafisch nach nicht skalierten, geteilten Strecken von klar unakzeptabel bis klar akzeptabel (continuous acceptability scale). Die Nutzung bzw. Widmung des Raumes fließt in die Bewertung der Akzeptanz ein, diese Information wird den Prüfern vorab mitgeteilt.



Am Ende der Prüfung werden die nicht skalierten Strecken für die Akzeptanz skaliert und die von den Prüfern angegebenen Werte abgelesen (das Ergebnis ist auf eine Nachkommastelle zu runden). Der Wert -10 entspricht klar unakzeptabel, der Wert +10 klar akzeptabel, der Wert -0,1 entspricht gerade unakzeptabel, der Wert +0,1 entspricht gerade akzeptabel. Bei mehreren Prüfern errechnet sich die Gesamtnote für die Akzeptanz als arithmetischer Mittelwert der Einzelergebnisse der Prüfer.

### Prüfung der Hedonik

Die Beurteilung der Hedonik erfolgt als Eindruck unmittelbar nach Betreten des Raumes nach nicht skalierten, geteilten Strecken von äußerst unangenehm bis äußerst angenehm.



Am Ende der Prüfung werden die nicht skalierten Strecken für die Hedonik skaliert und die von den Prüfern angegebenen Werte abgelesen (das Ergebnis ist auf eine Nachkommastelle zu runden). Der Wert -10 entspricht äußerst unangenehm, der Wert +10 äußerst angenehm, der Wert -0,1 entspricht gerade noch unangenehm, der Wert +0,1 gerade noch angenehm. Bei mehreren Prüfern errechnet sich die Gesamtnote für die Hedonik als arithmetischer Mittelwert der Einzelergebnisse der Prüfer.

### Grundlagen der Bewertung

Verbindliche Grenz- oder Richtwerte für Geruchsstoffe sind nicht bekannt. Bei der Beurteilung von Gerüchen sind die spezifischen Eigenarten menschlicher Wahrnehmung von Gerüchen zu berücksichtigen. Sowohl zwischen unterschiedlichen Personen als auch

zwischen unterschiedlichen Zeitpunkten der Geruchswahrnehmung einer Personen können erhebliche Unterschiede bestehen. Dazu kommen Phänomene wie die Adaptation an und die Überlagerung von Gerüchen, die bei einer Beurteilung berücksichtigt werden müssen.

Eine gewisse Vorgabe in Bezug auf Geruchsstoffe wurde im allgemeiner Teil der österreichischen Richtlinie zur Bewertung der Innenraumluft (BMLFUW 2006) gegeben: „Eine besondere Bedeutung für die Innenraumluft haben Geruchsstoffe. Während am Arbeitsplatz Geruchsstoffe in gewissem Ausmaß im Sinne einer tätigkeitsspezifischen Belastung akzeptiert werden können, gelten für Innenräume im Sinne dieser Richtlinie strengere Regeln.“

### **Vorgangsweise zur Beurteilung eines Innenraumes**

Die Beurteilung eines Innenraumes in Hinblick auf Gerüche folgt weitgehend schon vorhandenen, praktikablen Vorgangsweisen anderer Arbeitsgruppen und Organisationen, die teilweise gleich, teilweise mit signifikanten Änderungen übernommen werden (z.B. ECA 1999).

Bei der Beurteilung der Intensität wird auf eine sechsstufige Skala zurückgegriffen, die von der Stufe „geruchlos“ (Stufe 0) bis „sehr starker Geruch“ (Stufe 5) reicht. Das Schema wurde deshalb gewählt, da aufgrund der auch in der Alltagssprache geläufigen Begriffe eine Einstufung auch beim Laien Verständnis hervorruft. Eine Quantifizierung nach anderen Einheiten wie „Empfundene Luftqualität“ (mit der Einheit „pi“, wie sie vom Hermann-Rietschel-Institut – allerdings für Laboruntersuchungen – vorgeschlagen wird) oder „decipol“ würde dagegen beim Nichtfachmann die Frage aufwerfen, wie derartige Intensitäten zu verstehen sind. Derartige Einheiten müssten in der gutachterlichen Praxis außerhalb von Laboruntersuchungen noch vor der Beantwortung der Frage der Akzeptanz neuerlich in allgemein verständliche Intensitätsstufen transformiert werden.

Die Einheit „decipol“ kann nach neueren Erkenntnissen auch aus methodischen Gründen nicht sinnvoll verwendet werden, da mit der Definition der Quellstärke „olf“ alle Geruchsstoffe gleichgestellt werden. Unterschiedliche Geruchsquellen zeigen jedoch ein sehr unterschiedliches Verdünnungsverhalten gegenüber den Ausgangskonzentrationen der geruchsaktiven Substanzen, wie Untersuchungen des Hermann-Rietschel-Institutes zeigten. Mit der Definition einer stoffunabhängigen Quellstärke (olf) kann dieses Verhalten nicht abgebildet werden (HRI 2004).

Die Anpassung zwischen Geruchsstoffkonzentrationen und Zuordnung der wahrgenommenen Geruchsintensität des Prüfers erfolgt mittels eines Vergleichsmaßstabs unter Verwendung von n-Butanol, einer Substanz, die traditionell bei olfaktorischen Untersuchungen eingesetzt wird (hier sind prinzipiell auch Vergleichsmaßstäbe unter Verwendung anderer Substanzen wie z.B. Aceton zulässig).

Die Bewertung der Geruchsqualität (Art des Geruches) bedient sich bestimmter Deskriptoren zur Beschreibung des Geruches, wenn dies möglich ist. Dies erleichtert dem Prüfer die Zuordnung unbekannter Gerüche.

Die im Zentrum der Bewertung stehende Beurteilung der Akzeptanz lehnt sich an die Vorgangsweise an, wie sie von mehreren Institutionen in Nordeuropa zur Emissionsuntersuchung von Bauprodukten verwendet wird (Saarela et al. 2004; Wolkoff und Nielsen 1996). Es sind dies nicht skalierte, geteilte Strecken (continuous acceptability scales), deren Endpunkte als „klar akzeptabel“ bis „klar inakzeptabel“ bezeichnet werden und die nach Ende der Prüfung im Zuge der Auswertung der Versuche skaliert werden. Die Bewertung der Hedonik lehnt sich der Einfachheit halber in ihrer Methodik an die Bewertung der Akzeptanz an.

## **Bewertung eines Innenraumes in Hinblick auf einen Mangel**

Die abschließende Gesamtbewertung eines konkreten Raumes in Hinblick auf einen Mangel erfolgt mittels einer situativ-integrativen Bewertung durch den die Untersuchung leitenden Sachverständigen unter Berücksichtigung der Bewertungen der Faktoren Intensität, Qualität, Akzeptanz und Hedonik durch die Prüfer sowie der physikalischen Randparameter der Prüfung. Weiters sind die bei der Befragung der Nutzer ermittelten Faktoren (Geruch dauernd vorhanden oder intermittierend, Verlauf der Intensität etc.) und die Nutzung bzw. Widmung des Raumes zu berücksichtigen. Eine zentrale Beurteilungsgrundlage stellt auch der Zeitraum, der seit Ausstattung eines Raumes vergangen ist, dar.

Es ist nicht möglich, für alle in der Praxis auftretenden Fälle, bei denen es um die Feststellung eines möglichen Mangels geht, eindeutige, schematische Bewertungsgrundlagen für Gerüche zu formulieren. Für den Fall von dauernd genutzten Innenräumen sind jedoch Mindestvorgaben vorhanden, die in der Regel vom Sachverständigen zur Beurteilung herangezogen werden sollen. Von dieser Vorgangsweise kann im Einzelfall abgewichen werden, wenn dies auf Grund der situativ-integrativen Bewertung notwendig erscheint, für diese Abweichung ist jedoch eine Begründung anzuführen.

Unmittelbar nach Ausstattung eines Raumes mit Materialien der Innenausstattung stellen Gerüche mit starker Intensität in der Regel noch keinen Mangel dar. In einem Zeitraum von etwa einer Woche bis etwa drei Monaten nach Ausstattung eines dauernd genutzten Innenraumes stellen Gerüche mit mehr als mittlerer Intensität (entspricht einer gemittelten Intensitätsnote  $> 3$ ) bzw. als deutlich unangenehm klassifizierte Gerüche (gemittelte Hedonikbewertung  $\leq -3$ ) in der Regel einen Mangel dar.

Bei dauernd genutzten Innenräumen, deren Zeitpunkt ab Ausstattung mehr als 3 Monate zurückliegt, stellen Gerüche mit mehr als schwacher Intensität (entspricht einer gemittelten Intensitätsnote  $> 2$ ) bzw. als unangenehm klassifizierte Gerüche (gemittelte Hedonikbewertung  $< 0$ ) in der Regel einen Mangel dar. Diese Bewertung gilt auch für dauernd genutzten Innenräume, deren Vorgeschichte in Bezug auf Ausstattung oder Errichtung nicht bekannt ist.

Der in einer Gesamtbewertung eines Innenraumes im Zentrum stehende Parameter ist die Akzeptanz. Die Akzeptanz berücksichtigt auch die Nutzung bzw. Widmung des betreffenden Raumes. Weisen dauernd genutzte Innenräume eine gemittelte Akzeptanzbewertung auf, die nicht in einem Bereich liegt, in dem weniger als 20 % der Anwesenden den Raum als akzeptabel empfinden würden (entspricht Akzeptanzbewertung etwa  $\leq 2$ ), liegt bei dauernd genutzten Innenräumen, deren Zeitpunkt ab Ausstattung mehr als 3 Monate zurückliegt, in der Regel ein Mangel vor.

Dauernd genutzte Innenräume wie Büros oder Schlaf- und Wohnräume, die einen Mangel aufweisen, entsprechen nicht der verkehrsüblich gewöhnlichen Beschaffenheit derartiger Räume. In diesem Fall sind Gerüche auch als maßgebliche Beeinträchtigung der Innenraumluftqualität anzusehen.

Voraussetzungen für Mangelfeststellung in dauernd genutzten Innenräumen		
Parameter	1 Woche – 3 Monate nach Ausstattung	> 3 Monate nach Ausstattung
Akzeptanz	$\leq 0$	$\leq 2$
Intensität	$> 3$	$> 2$
Hedonik	$\leq -3$	$< 0$

Diese Beurteilung ist dann nicht anwendbar, wenn die Freisetzung der Geruchsstoffe bewusst erfolgt (z.B. im Zuge von Reinigungsarbeiten oder Beduftungsmaßnahmen) oder wenn die den Geruch bestimmenden Komponenten als allgemein akzeptierte Eigenschaft des angewendeten Bauproduktes oder Materials angesehen werden (z.B. der charakteristische Geruch eines Linoleumbodens). In diesen Fällen ist zwischen einer für das jeweilige Material „üblicher“, von der Zeit ab Einbringung in den Innenraum abhängiger Geruchsintensität und „unüblich hoher“ Geruchsintensität zu unterscheiden.

### **Chemisch-physikalische Messverfahren, Bewertung über Geruchsschwellenwerte**

Für chemisch-physikalische Analysen der Raumluft stehen zahlreiche validierte Messverfahren zur Verfügung, wobei viele Messgeräte nur in der Lage sind, einen oder wenige Stoffe detektieren zu können. Eine umfassendere Analyse der Zusammensetzung der Verunreinigungen in der Probenluft kann durch die Methode der Gaschromatographie erreicht werden, aber auch hier kann nur ein Bruchteil der Raumluftinhaltsstoffe erfasst werden.

Wenn eine Substanz mittels chemisch-analytischer Verfahren erfassbar ist und als eine der dominanten geruchserzeugenden Komponenten identifiziert wurde, kann die ermittelte Konzentration mit Schwellen für eine geruchliche Wahrnehmung (Geruchsschwellenwert) verglichen werden.

Es ist zu berücksichtigen, dass Geruchsschwellen Werte darstellen, die bei 50 % der Individuen eine Geruchswahrnehmung ausgelöst haben. Will man daher erreichen, dass ein hoher Anteil der Personen keine Geruchswahrnehmung bei der Einwirkung eines Stoffes hat, dann ist im Allgemeinen die Geruchsschwelle wesentlich zu unterschreiten. Bei der Festlegung der deutschen Richtwerte für die Innenraumluft wurde ein Überschreiten des mittleren Geruchsschwellenwertes als eine über das übliche Maß hinausgehende, hygienisch unerwünschte Belastung der Raumluft bezeichnet (Ad-hoc-Arbeitsgruppe 1990).

Problematisch bei einer derartigen Bewertung ist, dass in der Praxis in den meisten Fällen als geruchsbildende Stoffe keine Einzelsubstanzen vorliegen. Hier ist zu berücksichtigen, dass bei unterschiedlichen Mischungen von Geruchsstoffen eine gegenseitige Beeinflussung vorhanden sein kann. So gibt es Geruchsstoffe, die ein homogenes Verhalten zeigen, sich also gut untereinander mischen lassen und einen neuen Geruchseindruck ergeben, während andere Komponenten in Mischung keinen neuen Geruchseindruck hinterlassen, sondern von der Geruchsqualität einer einzigen Komponente dominiert werden (Berglund und Lindvall 1982).

In zahlreichen Fällen sind die Geruchsschwellenwerte von Einzelsubstanzen nicht bekannt. In Datenbanken und Tabellen publizierter Geruchsschwellenwerte erstrecken sich die für die gleiche Substanz genannten Werte, je nach Autor, über mehrere Größenordnungen (siehe

z.B. Zusammenstellung in VOCBASE 1996). Eine weitere Schwierigkeit besteht darin, dass die Geruchsschwelle zahlreicher für die Bewertung der Innenraumluft wichtiger Geruchsstoffe in einem Konzentrationsbereich liegt, der mit Standardanalytik nicht mehr erfassbar ist.

Selbst wenn man die Problematik der zuverlässigen Bestimmung von Geruchsschwellenwerten außer acht lässt, wird im Hinblick auf die komplexe Zusammensetzung der Innenluft deutlich, dass der Bezug von chemisch-physikalischen Analysendaten auf Geruchsschwellenwerte in der Praxis nicht zum Ziel einer eindeutigen Geruchsbewertung eines Innenraumes führen kann. Die Bewertung von Gerüchen in Innenräumen alleine durch Vergleich von analytisch ermittelten Schadstoffkonzentrationen mit tabellierten Geruchsschwellenwerten hat sich nicht als praktikabel erwiesen.

Das Ausmaß einer geruchlichen Beeinträchtigung oder Belästigung in einem Innenraum dürfte zusammenfassend nur in wenigen Ausnahmefällen über chemisch-physikalische Analysen unter Verwendung von Geruchsschwellenwerten alleine abzuschätzen sein. Die Kenntnis des Geruchsschwellenwertes ist jedoch bei Vorliegen chemisch-analytischer Daten als wichtige Zusatzinformation für den Sachverständigen anzusehen. Bei sensorisch eindeutig ermittelten Geruchsqualitäten (z.B. Butylacetat als die hinter dem Möbelneugeruch stehende Substanz) kann eine deutliche Überschreitung des Geruchsschwellenwertes die Beurteilung der Ergebnisse der sensorischen Geruchsprüfung untermauern.

## Literatur

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

Berglund B, Lindvall T (1982): Olfaction. In: The Nose. Upper Airway Physiology and the Atmospheric Environment. Eds.: Proctor & Andersen, Elsevier Biomedical Press, Amsterdam. 279-305

Bluyssen P (1990): Air Quality evaluated by a trained Panel. Ph D. Theses. Technical University of Denmark

BMLFUW (2006): Richtlinie zur Bewertung der Innenraumluft, erarbeitet vom Arbeitskreis Innenraumluft am Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft und der Österreichischen Akademie der Wissenschaften, Blau- Weiße Reihe (Loseblattsammlung), aktuelle Ausgabe

Damberger B, Tappler P, Jansson M, Twardik F (2004): Der  $n_{10}$ -Wert zur Erfassung von Luftströmungen in Gebäuden und Geruchsquellen – Erfahrungen, Vorgangsweise, Ausblick. 7. Fachkongress der Arbeitsgemeinschaft Ökologischer Forschungsinstitute (AGÖF), 04.-05.03 2004, München. 272-277

DIN 10950 Teil 2 (2000): Sensorische Prüfung - Teil 2: Allgemeine Grundlagen

ECA (1999): Sensory Evaluation of Indoor Air Quality. Report No 20. European Collaborative Action – Indoor Air Quality & its Impact on Man. European Communities

EN 13725 (2006): Luftbeschaffenheit – Bestimmung der Geruchsstoffkonzentration mit dynamischer Olfaktometrie (konsolidierte Fassung)

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

Horn et al. (2007): Umwelt- und Gesundheitsanforderungen an Bauprodukte – Ermittlung und Bewertung der VOC-Emissionen und geruchlichen Belastungen. Texte 16/07. Hrsg: Deutsches Umweltbundesamt. Internet vom 06.08.2007: <http://www.umweltbundesamt.de>

HRI (2004): Handbuch zur Messung der empfundenen Luftqualität. Hrsg. Hermann-Rietschel-Institut. Vollständig wiedergegeben im Anhang in Horn et al. (2007)

Müller D, Bitter F, Böttcher O, Kasche J, Müller B (2004): Neue Systematik zur Bewertung der empfundenen Luftqualität. Berlin HLH

Saarela K, Tirkkonen T (2004): M1 – Emission Classification of Building Materials: Protocol for Chemical and Sensory testing of Building Materials. The Building Information Foundation RS. Finland (Version 15.12.2004)

VOCBASE (1996): Odor thresholds, mucous membrane irritation thresholds and physicochemical parameters of volatile organic compounds, Nat. Inst. Occup. Health, Denmark. Datenträger

WHO (2000) Air Quality Guidelines for Europe. Second Edition. WHO Regional Publications, European Series, No. 91. Copenhagen.

Wolkoff P, Nielsen GD (1996): A new approach for indoor climate labelling of building materials – emission testing, modelling and comfort evaluation. Atmospheric Environment. Vol. 30: 2679-2689

Yaglou CP, Riley EC, Coggins DI (1936): Ventilation requirements (Part 1). ASHVE Transactions, Vol. 42 : 133-162