

Forschung für gesunde Luft in Innenräumen

Untersuchungen im Expositionslabor des IPA



Kirsten Sucker, Vanessa Thiele,
Christian Monsé, Thomas Brüning



Unangenehme und belästigende Gerüche in Innenräumen können Anlass zur Besorgnis über mögliche gesundheitliche Folgen geben. Zur Bewertung von Geruchsstoffen in der Innenraumluft hat der Ausschuss für Innenraumrichtwerte das weiterentwickelte Konzept der Geruchsleitwerte veröffentlicht. Es beruht auf qualitätsgesicherten Geruchsschwellen. In diesem Kontext untersuchte das IPA, inwieweit Geruchsschwellen, die mit einem Olfaktometer direkt an der Nase ermittelt werden, eine zuverlässige Aussage über die Wahrnehmung des Geruchs in einem Innenraum erlauben. Zusätzlich wurde geprüft, ob diese zum Beispiel durch Temperatur oder Lärm beeinflusst wird.

Geruchsleitwerte zur Bewertung der Innenraumluft

Der Ausschuss für Innenraumrichtwerte (AIR) hat im April 2023 das weiterentwickelte Konzept der Geruchsleitwerte veröffentlicht, um Geruchsstoffe in der Innenraumluft zu bewerten und Beschwerden über eine Geruchsbelästigung zu objektivieren (AIR, 2023; → S. 46). Das Konzept beruht auf der Annahme, dass Beschwerden über eine Geruchsbelästigung dann geäußert werden, wenn die Stoffkonzentration einer chemischen Substanz deutlich oberhalb der Geruchsschwelle liegt und als unangenehm und störend wahrgenommen wird. Im Einzelfall können intensive Gerüche mit dem Auftreten von „Geruchs-assoziierten Symptomen“ wie Kopfschmerzen oder Übelkeit verbunden sein und Wohlbefinden und Arbeitsleistung beeinträchtigen.

Geruchsleitwerte werden auf Basis geeigneter Geruchsschwellen aufgestellt. Diese werden üblicherweise mit einem Olfaktometer direkt an der Nase ermittelt. Eingesetzt werden Geruchsleitwerte bei der Beurteilung von Gerüchen in Innenräumen, wenn die Person als Ganzes und nicht nur die Nase den Geruchsstoffen ausgesetzt ist. Bislang lagen keine Daten vor, ob die mit einem Olfaktometer bestimmten Geruchsschwellen eine zuverlässige Aussage über die Wahrnehmung des Geruchs in einem Innenraum erlaubt. Ebenso ungeklärt war, ob Umgebungsfaktoren wie Lärm, Licht, Temperatur oder die Konzentration an Kohlendioxid (CO₂) in der Raumluft Einfluss auf die Geruchswahrnehmung haben.

Sind Geruchsschwellen auf die reale Innenraumsituation übertragbar?

In einer Studie gemeinsam mit dem Umweltbundesamt überprüfte das IPA, ob die Voraussetzungen für die Festlegung von Geruchsleitwerten auf Basis von Geruchsschwellen erfüllt sind, das heißt ob die mit einem Olfaktometer bestimmten Geruchsschwellen auf die reale Situation der Raumnutzenden übertragen werden können.

Alle Untersuchungen wurden im circa 12 qm großen Expositionslabor des IPA (ExpoLab) durchgeführt. Im ExpoLab können die Umgebungsfaktoren wie Lärm, Licht, Temperatur und die CO₂-Konzentration konstant gehalten oder gezielt verändert werden (Monsé et al. 2012).

Kurz gefasst

Das Konzept der Geruchsleitwerte beschreibt eine Vorgehensweise zur Objektivierung von Beschwerden über eine Geruchsbelästigung in Innenräumen

Das IPA konnte zeigen, dass die mit einem Olfaktometer bestimmten Geruchsschwellen auf die reale Situation der Raumnutzenden übertragbar sind

Die Ergebnisse der Studie haben als wissenschaftliche Grundlage für das Konzept der Geruchsleitwerte durch den AIR gedient

Die Untersuchungen fanden in drei Arbeitsschritten statt:

1. Gesunde Studienteilnehmende mit normalem Riechvermögen wurden mit dem Standardgeruchsstoff n-Butanol, das einen süßlich ranzigen Geruch hat, in der Messung von Geruchsschwellen nach DIN EN 13725 (2003) geschult. Insgesamt 21 Studienteilnehmende im Alter von 19 bis 51 Jahren – jeweils zehn Frauen und elf Männer – erfüllten die Qualitätsanforderungen der europäischen Norm zur Olfaktometrie (DIN EN 13725, 2003).
2. Geruchsschwellenmessungen für die Geruchsstoffe n-Butanol und Benzaldehyd (Mandelgeruch) wurden am Olfaktometer und in der Raumluft durchgeführt. Hierzu wurden im ExpoLab und am Olfaktometer dieselben Konzentrationen erzeugt und die Umgebungsfaktoren konstant gehalten.
3. Der Einfluss von fünf Umgebungsfaktoren (siehe unten) auf die Geruchsschwelle von n-Butanol wurde am Olfaktometer und in der Raumluft untersucht.

Geruchsschwellenmessung am Olfaktometer

Die Geruchsschwellen wurden mit einem rechnergesteuerten Olfaktometer ermittelt. Um eine Geruchsschwelle zu bestimmen, wurden bis zu sechs Konzentrationsstufen in aufsteigender Reihenfolge dargeboten. Nach jeder Darbietung musste per Knopfdruck entschieden werden „Ja, es riecht“ oder „Nein, es riecht nicht“ (Ja/Nein Methode). Um zu vermeiden, dass die Probanden die Gerüche erraten, wurden Proben mit nicht riechender Luft eingestreut. Die Stoffkonzentration an der Geruchsschwelle wurde



Probanden am Olfaktometer zur Ermittlung von Geruchsschwellen

als geometrischer Mittelwert aus der letzten nicht wahrgenommenen und der ersten wahrgenommenen Konzentrationsstufe berechnet.

Als Stufensprung zwischen zwei benachbarten Konzentrationsstufen wurde der Faktor „2“ gewählt, also immer das Doppelte der niedrigeren Konzentration. Die Geruchsstoffkonzentration (ppb) wurde, wie von der DIN EN 13725 gefordert, in logarithmierte Werte (Basis 10) umgerechnet. Damit entspricht die Verdopplung einer Konzentrationsstufe einer Addition von 0,3 lg(ppb). Ein Unterschied zwischen den olfaktometrisch und in der Raumluft ermittelten Geruchsschwellen von mehr als einer Konzentrationsstufe ($> 0,3 \text{ lg(ppb)}$) und eine Streuung der Geruchsschwellen von mehr als zwei Konzentrationsstufen ($> 0,6 \text{ lg(ppb)}$) wurde als „inhaltlich bedeutsam“ beziehungsweise als „signifikanter“ Unterschied definiert (Boeker & Haas, 2007).

Geruchsschwellenmessung im Raum

Um die Situation in Innenräumen zu simulieren, wurden die Probandinnen und Probanden im ExpoLab gegenüber verschiedenen Gerüchen kontrolliert exponiert. Dazu wurden n-Butanol und Benzaldehyd als Testsubstanzen verwendet und mittels eines Kalibriergasgenerators der Raumluft im ExpoLab beigemischt. Dabei wurden exakt dieselben Konzentrationsstufen realisiert wie am Olfaktometer. Zur Ermittlung einer Geruchsschwelle bewerteten die Testpersonen den Geruch mittels der Ja/

Nein-Methode im ExpoLab. Dann wurde die nächsthöhere Konzentrationsstufe erzeugt. Die Berechnung der Geruchsschwelle erfolgte wie oben beschrieben.

Die Untersuchungen im ExpoLab erfolgten mit unterschiedlichen Umgebungsfaktoren: Normale Umgebungsfaktoren waren: warmes Licht (2800 Kelvin), leises Ventilatorgeräusch von 45 dB(A). Die Raumtemperatur lag zwischen 22 und 24°C der CO₂-Konzentration lag bei 415 ppm und die relative Luftfeuchtigkeit zwischen 34 bis 45 %.

Veränderte Umgebungsfaktoren waren: kaltes Licht (6500 Kelvin); Straßenlärm (70 dB(A) mit Spitzen bis 85 dB(A)), eine erhöhte Temperatur (26°C), 1000 ppm und 4000 ppm CO₂. Pro Untersuchungstag wurde immer nur ein Umgebungsfaktor verändert.

Geruchsschwellen in der Raumluft niedriger

Im Ergebnis waren die in der Untersuchung ermittelten Geruchsschwellen in der Raumluft immer niedriger als die am Olfaktometer ermittelten Geruchsschwellen.

Für n-Butanol betrug der Unterschied zwischen Raumluft und Olfaktometer mehr als eine Konzentrationsstufe ($- 0,49 \text{ lg(ppb)}$), für Benzaldehyd dagegen weniger als eine Konzentrationsstufe ($- 0,25 \text{ lg(ppb)}$). In beiden Fällen war die Streuung mit 1,28 lg(ppb) bzw. 1,02 lg(ppb) größer als 0,6 lg(ppb).

Unter dem Einfluss von Straßenlärm und der erhöhten Temperatur war die Streuung der Geruchsschwellen deutlich höher als unter Standardbedingungen und einzelne Personen hatten eine höhere Geruchsschwelle.

Vergleich der Geruchsschwellen zwischen Raumluft und Olfaktometer

Der Unterschied zwischen der in der Raumluft und am Olfaktometer gemessenen Geruchsschwellen war nur bei n-Butanol, aber nicht bei Benzaldehyd signifikant. Kasper et al. (2017) konnten mit einem baugleichen Olfaktometer zeigen, dass n-Butanol im Zuleitungssystem des Verdünnungssystems anhaften kann. Somit sind die Unterschiede bei n-Butanol auf die technischen Gegebenheiten des Olfaktometers zurückzuführen und nicht auf einen „echten“ Unterschied in der Geruchswahrnehmung.

Weder am Olfaktometer noch in der Raumluft beeinflussen die veränderten Umgebungsfaktoren generell die Geruchsschwelle von n-Butanol. Einzelne Prüfpersonen wiesen jedoch bei Straßenlärm und erhöhter Temperatur höhere Geruchsschwellen auf als unter Standardbedingungen. Die Geruchsschwellenmessungen mit einem Olfaktometer verlangen ein hohes Maß an Konzentration. Eine Störung dieser Konzentration kann die Streuung der Geruchsschwellen erhöhen und damit die Zuverlässigkeit der Messung verschlechtern. Die Ergebnisse bestätigen, dass eine Kontrolle der Umgebungsfaktoren, wie in der DIN EN 13725 gefordert, unabdingbar ist.

Insgesamt zeigte die Studie für die Stoffe n-Butanol und Benzaldehyd, dass die mit einem Olfaktometer ermittelte Geruchsschwelle eine zuverlässige Aussage über die Wahrnehmung dieser Gerüche im Innenraum ermöglicht. Die gezeigte Vergleichbarkeit der Geruchsschwellen sollte unter kontrollierten Umgebungsfaktoren und bei Verwendung standardisierter Messverfahren auch für andere Geruchsstoffe ermittelt werden.

Fazit

Das Projekt des IPA konnte zeigen, dass die mit einem Olfaktometer bestimmten Geruchsschwellen prinzipiell auf die reale Situation von Personen, die Gerüchen am Arbeitsplatz ausgesetzt sind, übertragbar sind. Lediglich in Einzelfällen wurden die am Olfaktometer ermittelten Geruchsschwellen durch weitere Umgebungsfaktoren wie Straßenlärm und höhere Temperaturen beeinflusst. Die Ergebnisse lieferten wichtige Erkenntnisse für das finalisierte Konzept der Geruchsleitwerte des Ausschuss für Innenraumrichtwerte (AIR, 2023).

Die Autorinnen und Autoren:

Prof. Dr. Thomas Brüning
Dr. Christian Monsé
Dr. Kirsten Sucker
Vanessa Thiele
IPA

Literatur

Ausschuss für Innenraumrichtwerte. Bewertung von Geruchsstoffen in der Innenraumluft – Weiterentwicklung des Geruchsleitwert-Konzeptes des AIR. Bundesgesundheitsbl – Gesundheitsforsch – Gesundheitsschutz 2023; 66: 452-459. DOI: 10.1007/ s00103- 023- 03682-8.

Boeker P, Haas T. Die Messunsicherheit der Olfaktometrie. Gefahrstoffe – Reinhalt. Luft 2007; 67: 331-340.

DIN EN 13725. 2003. Luftbeschaffenheit – Bestimmung der Geruchsstoffkonzentration mit dynamischer Olfaktometrie; Deutsche Fassung EN 13725: 2003. Berlin: Beuth.

Kasper PL, Mannebeck D, Oxbøl A, Nygaard JV, Hansen MJ, Feilberg A. Effects of dilution systems in olfactometry on the recovery of typical livestock odorants determined by PTR-MS. Sensors 2017; 17: 1859. DOI:10.3390/s17081859

Monsé C, Sucker K, Broding HC, Pallapies D, Käfferlein HU, Merget R, Bünger J, Brüning T. Das Expositions-labor des IPA – Teil 1: Expositionsgenerierung und -überwachung. IPA Journal 2012; 03: 13-16