

Gesundheitlich-hygienische Beurteilung von Geruchsstoffen in der Innenraumluft mithilfe von Geruchsleitwerten

Entwurf der Ad-hoc-Arbeitsgruppe Innenraumrichtwerte der Kommission Innenraumlufthygiene und der Obersten Landesgesundheitsbehörden zur öffentlichen Diskussion bis Ende Dezember 2015

Vorbemerkung

Von wenigen anorganischen Stoffen abgesehen stellen Geruchsstoffe vor allem eine Teilgruppe der flüchtigen organischen Verbindungen dar, die in bestimmten Konzentrationen in der Umwelt beim Menschen neben ihrer potenziell gesundheitsschädlichen Wirkung auch Rezeptoren in Geruchszellen anregen und dadurch eine Geruchswahrnehmung hervorrufen können [1]. Insbesondere das Auftreten von unüblichen Geruchsstoffen bzw. eines unerwarteten Geruchs in der Luft von Wohnungen, Schulen, Büroräumen oder anderen Innenräumen löst bei Nutzern häufig eine Besorgnis aus und führt in der Folge zu Anfragen an den Öffentlichen Gesundheitsdienst.

Zum Schutz der Bevölkerung vor möglichen gesundheitsschädlichen Wirkungen von Verunreinigungen in der Innenraumluft leitet die Ad-hoc-Arbeitsgruppe Innenraumrichtwerte der Kommission Innenraumlufthygiene und der Obersten Landesgesundheitsbehörden seit über einem Jahrzehnt Richtwerte für die Innenraumluft ab. Die Ableitung dieser Richtwerte basiert dabei auf epidemiologischen und toxikologischen Kenntnissen zur Wirkungsschwelle einer Substanz, ggf. unter Heranziehung von

Extrapolationsfaktoren [2]. Die geruchliche Wahrnehmung einer Substanz stellt keinen anerkannten toxischen Wirkungsendpunkt dar und wird deshalb bei diesem Verfahren der Ableitung von Richtwerten für die Innenraumluft nicht berücksichtigt.

Nach allgemeiner toxikologischer Auffassung, der sich die Ad-hoc-Arbeitsgruppe anschließt, geht von Geruchsstoffen, die eine Geruchswahrnehmung auslösen, dabei keine neurotoxische Wirkung aus, sofern keine neurogene Irritation (trigeminaler Reizung) beteiligt ist. Gleichwohl sind Geruchsstoffe im weitesten Sinne als „neuroaktiv“ anzusehen: Gerüche können Befinden, Verhalten und Leistungen modulieren. Dabei sind persönliche Bewertungen von Geruchsempfindungen von wesentlicher Bedeutung und etwaige Geruchswirkungen hängen von individuellen Erfahrungen und interindividuellen Unterschieden ab.

Einige Substanzen weisen sehr niedrige Geruchswahrnehmungsschwellen auf, die unter Umständen unter ihren jeweiligen Richtwerten I (Vorsorgewerten) für die Innenraumluft liegen können. Damit stellt sich die Frage, wie diese Geruchsstoffe zu bewerten sind und wie ein ausreichender Schutz auch vor der geruchlichen Wirkung derartiger Substanzen

gewährleistet werden kann. Hierzu legt die Ad-hoc-Arbeitsgruppe ein Konzept zur gesundheitlich-hygienischen Bewertung von Geruchsstoffen in der Innenraumluft vor, das eine Ableitung sog. Geruchsleitwerte beinhaltet. Wesentliches Ziel dabei ist der Versuch einer Abgrenzung einer geruchlichen Lästigkeit (im Sinne einer geringen geruchlichen Belästigung) von einer unzumutbaren, erheblichen geruchlichen Belästigung. Auch wenn eine erhebliche Belästigung im toxikologischen Sinne keine gesundheitliche Gefährdung darstellt, ist eine erhebliche Belästigung zumindest im baurechtlichen Sinne als eine regulatorisch relevante Eigenschaft anzusehen.

Der Ad-hoc-Arbeitsgruppe ist bewusst, dass bislang keine Erfahrungen zur Anwendbarkeit dieses Bewertungskonzeptes mithilfe von Geruchsleitwerten vorliegen. Sie hält es deshalb für geboten, dieses neue Konzept zunächst in einer 2-jährigen Pilotphase zu erproben, und bittet Anwender um Mitteilung ihrer Erfahrungen bei der Anwendung dieses Verfahrens. Die Ad-hoc-Arbeitsgruppe wird die mitgeteilten Erfahrungen auswerten und auf der Basis dieser Auswertung ihr Konzept ggf. anpassen.

Es liegen unterschiedliche Ansätze zur Bewertung von Gerüchen in Innen-

räumen vor [3, 4]. Beim gegenwärtigen Kenntnisstand und angesichts grundsätzlicher methodischer Probleme sieht sich die Ad-hoc-Arbeitsgruppe derzeit jedoch nicht in der Lage, diese Ansätze regulatorisch umzusetzen. Bei der Ermittlung von Geruchsparametern wie der Intensität, Hedonik und Akzeptanz können in Bezug auf die verwendeten Skalen erhebliche Fehlerbreiten auftreten. Dass teilweise auch in der ISO 16000-28 [5] und in der VDI 4302 [4] große Fehlerbereiche zugelassen sind, erschwert eine regulatorische Anwendung. Auch mögliche Differenzen in der Einschätzung externer Prüfer gegenüber den Raumnutzern in der Akzeptanz und Zumutbarkeit einer Innenraumluftqualität können ein Hindernis in der Umsetzung darstellen [6].

1 Verfahren zur Ableitung von Geruchsleitwerten

Weder in Deutschland noch auf europäischer oder internationaler Ebene liegen bisher etablierte Verfahren vor, wie einzelne Geruchsstoffe in der Innenraumluft gesundheitlich zu bewerten sind. Die Ad-hoc-Arbeitsgruppe Innenraumrichtwerte zieht deshalb Erfahrungen aus anderen Umweltmedien heran. Bewertungsansätze liegen vor allem für die Außenluft sowie für Lebensmittel vor. Im folgenden Abschnitt wird das niederländische Konzept der Schwelle einer deutlichen Geruchswahrnehmung („Level of distinct Odour Awareness“ – LOA) in der Außenluft vorgestellt. Die Ad-hoc-Arbeitsgruppe prüft die Übertragbarkeit dieses Bewertungsansatzes auf die Innenraumluft und leitet entsprechende Geruchsleitwerte für einzelne Geruchsstoffe in der Innenraumluft ab. Angesichts noch fehlender Erfahrungen mit der Umsetzung dieses aus der Außenluft entlehnten Konzeptes zur Bewertung von Geruchsstoffen in der Innenraumluft werden Geruchsleitwerte deshalb zunächst als vorläufig angesehen.

Die abgeleiteten Geruchsleitwerte können derzeit nicht baurechtlich eingeordnet werden. Die Ad-hoc-Arbeitsgruppe beabsichtigt jedoch, zu gegebener Zeit zu überprüfen, ob sich Anhaltspunkte sowohl für eine baurechtliche Einordnung der Geruchsleitwerte als auch für eine

Einordnung im Verhältnis zu den toxikologisch abgeleiteten Richtwerten für die Innenraumluft ergeben haben.

Das LOA-Konzept des niederländischen Reichsinstituts für Volksgesundheit und Milieuhygiene (RIVM-NL) [7] basiert auf der Abschätzung der Konzentration eines Geruchstoffes in der Außenluft bei einer bestimmten Geruchsintensität unter definierten Umgebungsbedingungen. Die Gefälligkeit des Geruchs (Hedonik) wird hierbei nicht berücksichtigt. Das RIVM geht dabei in folgenden Schritten vor:

1.1 Auswahl einer geeigneten Geruchswahrnehmungsschwelle

In der Literatur findet sich eine Vielzahl von Angaben zu Geruchswahrnehmungsschwellen (im Englischen als „olfactory detection level“ – ODT bezeichnet). In der Regel handelt es sich um die ODT₅₀. Unter der ODT₅₀ versteht man die Konzentration eines Geruchstoffes, die bei der Hälfte einer Probandengruppe eine Geruchswahrnehmung auslöst. Daneben finden sich gelegentlich, vor allem in neueren Untersuchungen, auch Angaben zum 5. oder 10. Perzentil der Geruchswahrnehmung einer Gruppe (ODT₅ bzw. ODT₁₀). Im niederländischen LOA-Konzept wird von der ODT₅₀ ausgegangen, für die die meisten Daten vorliegen.

Geruchswahrnehmungsschwellen werden seit vielen Jahrzehnten ermittelt. Allerdings sind erst seit einem Jahrzehnt genaue und nachvollziehbare Vorgaben zur quantitativen Bestimmung von Geruchswahrnehmungsschwellen festgelegt worden. Im europäischen Bereich ist hier vor allem die EN 13725 [1] zu nennen. Vor diesem Hintergrund ist insbesondere die Zuverlässigkeit von Daten zu Geruchswahrnehmungsschwellen, die älter als 10 Jahre sind, schwer zu beurteilen. Aus Sicht des RIVM-NL ist deshalb eine Klassifizierung der Qualität der Daten zur Geruchswahrnehmungsschwelle eine unverzichtbare Ausgangsvoraussetzung. Das RIVM-NL unterscheidet 3 Qualitätsstufen:

- Zur Qualitätsstufe 1 (höchste Qualität) zählen alle Ergebnisse zu Ge-

ruchswahrnehmungsschwellen nach einer standardisierten Methode, wie z. B. der EN 13725 [1] oder einer vergleichbaren hochwertigen Methodik. In diese Kategorie fallen z. B. die Datenzusammenstellungen der Arbeitsgruppen von Cain et al. [8, 9, 10, 11] und Cometto-Muniz und Abraham [12, 13, 14] sowie grundsätzlich auch von Nagata [15].

- Als mittlere Qualität (Qualitätsstufe 2) werden Angaben zur Geruchswahrnehmungsschwelle angesehen, die nach Abgleich mit einer bekannten Geruchsreferenzkonzentration abgeschätzt wurden. Beispielsweise wird in der EN 13725 eine bestimmte Konzentration von n-Butanol in der Luft als Geruchsreferenz (European Reference Olfactory Mass – EROM) verwendet [1].
- Zur Qualitätsstufe 3 (niedrige Qualität) werden Ergebnisse zur Geruchswahrnehmungsschwelle ohne hinreichend nachvollziehbare Angaben der Untersuchungsbedingungen zugeordnet. Hierzu gehören vor allem ältere Angaben, wie z. B. die Zusammenstellungen von Devos et al. [16].

Die Geruchswahrnehmung ist alters- und geschlechtsabhängig. Soweit Studien an jungen erwachsenen Probanden beiderlei Geschlechts durchgeführt wurden, erscheint dem RIVM-NL eine weitergehende Berücksichtigung der Altersabhängigkeit der Geruchswahrnehmung nicht erforderlich. Vorschläge für Faktoren zur Berücksichtigung der Alters- und Geschlechtsabhängigkeit liegen vor und könnten ggf. herangezogen werden.

1.2 Abschätzung der intensitätsabhängigen Konzentration eines Geruchsstoffes

Die Abschätzung der Konzentration c_i eines Geruchsstoffes bei einer bestimmten Geruchsintensität I erfolgt nach der Weber-Fechner-Gleichung [7]:

$$I = k_w \log \left(\frac{c_i}{ODT_{50}} \right) + 0,5$$

Erforderlich für die Abschätzung der Konzentration c_i eines Geruchsstoffes

Tab. 1 Einstufungen der Geruchsintensität nach VDI 3882 Blatt 1 [17]

Stufe	Geruchsbeschreibung
0	Kein Geruch
1	Sehr schwacher Geruch
2	Schwacher Geruch
3	Deutlicher Geruch
4	Starker Geruch
5	Sehr starker Geruch
6	Extrem starker Geruch

nach dieser Gleichung ist die Kenntnis des Weber-Fechner-Koeffizient k_W sowie die Wahl einer bestimmten Geruchsintensität I . Der Weber-Fechner-Koeffizient k_W ist substanzabhängig und liegt für die bisher untersuchten Substanzen zwischen 1,9 und 2,7. Für den häufigen Fall, dass kein experimentell ermittelter k_W -Wert vorliegt, verwendet das RIVM-NL für k_W vereinfacht einen Median von 2,33 [7].

Bei Verwendung dieses Faktors ergibt sich z. B. für die Geruchsintensität $I=1$ eine Konzentration c_1 in Höhe von 1,6 ODT₅₀, für $I=2$ in Höhe von 4,5 ODT₅₀ und für $I=3$ in Höhe von 12 ODT₅₀.

1.3 Auswahl einer deutlichen Geruchswahrnehmung

Für die Auswahl der Stufe einer deutlichen Geruchswahrnehmung orientiert sich das niederländische Reichsinstitut an den in der VDI 3882 Blatt 1 [17] aufgeführten Abstufungen der Geruchsintensität (■ Tab. 1).

Nach Ansicht des Reichsinstituts ist ab einer Geruchsintensität in der Außenluft von 3 („deutlicher Geruch“) nach VDI 3882-1 von einer relevanten Geruchswahrnehmung auszugehen. Das RIVM-NL nimmt an, dass eine derartige Geruchsintensität in der Regel zu Beschwerden und Nachfragen bei Behörden führen wird und wählt diese Geruchsintensität als Ausgangspunkt zur Abschätzung der Schwelle einer deutlichen Geruchswahrnehmung. Die Wahl der Geruchsintensität 3 entspricht auch dem Vorgehen von anderen Organisationen, z. B. der AGÖF [3]. Auf der 7-stufigen Intensitätsskala der VDI 3882 Blatt 1 bildet die Stufe 3 den Median der Geruchsintensität [17].

Damit geht das RIVM-NL von einer deutlichen Geruchswahrnehmung bei einer Konzentration $c_3=12$ ODT₅₀ aus. Das niederländische Verfahren zielt vor allem darauf ab, den für den Immissionschutz zuständigen Behörden einen Hinweis zu geben, ab welcher Konzentration eines Geruchsstoffes in der Außenluft mit einer erhöhten Anzahl von Bürgeranfragen wegen Geruchsbelästigungen zu rechnen ist. Für diese Zielsetzung hält das RIVM die gewählte Geruchsintensität „deutlicher Geruch“ vertretbar.

1.4 Korrekturfaktor für die ungerichtete Aufmerksamkeit

Die Geruchswahrnehmung hängt auch davon ab, ob ein Geruchsstoff ausdrücklich wahrgenommen werden soll (z. B. in einer Laboruntersuchung zur Ermittlung der Geruchswahrnehmungsschwelle) oder ob er zufällig wahrgenommen wird. Es konnte empirisch gezeigt werden, dass die Geruchswahrnehmungsschwelle in einem Probandenversuch zur Ermittlung der Geruchswahrnehmungsschwelle etwa um einen Faktor 4 niedriger liegt als die Konzentration eines Geruchsstoffes, der zufällig in einem Test mit einer anderen Zielsetzung wahrgenommen wird [18]. Möglicherweise spielt dabei auch eine Rolle, dass die Geruchswahrnehmungsschwelle einer Substanz in Reinluft ermittelt wird, während in der Innen- und Außenluft stets Geruchsstoffmischungen vorliegen, bei denen sich Geruchsstoffe mehr oder weniger stark maskieren [19, 20, 21, 22]. Zur Abbildung dieses Zusammenhanges verwendet das RIVM-NL einen sog. Ablenkungsfaktor („distraktion factor“) von 4 [7].

1.5 Korrekturfaktor für Spitzenkonzentrationen

In der Außenluft ist die Konzentration von Geruchsstoffen in Abhängigkeit vom Ausbreitungsverhalten erheblichen Schwankungen unterworfen. Die Wahrnehmung von Gerüchen wird vor allem durch Spitzenkonzentrationen ausgelöst, die jedoch nur eine kurze Zeit andauern können. Auf der Basis von Dispersionsmodellen für die Außenluft schätzt das RIVM ein Verhältnis von Spitzen-

zur Durchschnittskonzentration in der Außenluft von etwa 3 ab [7].

1.6 Abschätzung der Schwelle einer deutlichen Geruchswahrnehmung (LOA)

Durch Verknüpfung der Konzentration bei der Geruchsintensität $I=3$ mit den Korrekturfaktoren für die ungerichtete Aufmerksamkeit und für die Spitzenkonzentration schätzt das RIVM-NL den LOA eines Geruchsstoffes in der Außenluft wie folgt ab:

$$\begin{aligned} \text{LOA} &= 12 \text{ ODT}_{50} \cdot \frac{4 \text{ (Ablenkung)}}{3 \text{ (Spitzenkorrektur)}} \\ &= 16 \text{ ODT}_{50} \end{aligned}$$

2 Anwendung des LOA-Konzeptes auf Geruchsstoffe in der Innenraumluft

Nach Ansicht der Ad-hoc-Arbeitsgruppe Innenraumrichtwerte erscheint das niederländische LOA-Konzept grundsätzlich auch für die Bewertung von Geruchsstoffen in der Innenraumluft geeignet. Allerdings ist zu prüfen, ob dies auch für die einzelnen Schritte und die dabei verwendeten Faktoren zutrifft.

Das niederländische Konzept geht bei der Ableitung des LOA grundsätzlich von der Geruchswahrnehmungsschwelle ODT₅₀ aus. Anzumerken ist hierzu, dass es sich bei der ODT₅₀ nicht um eine Wirkungsschwelle – wie im toxikologischen Sinne üblich – handelt, sondern um die Wahrnehmung eines Geruchs bei der Hälfte eines Probandenkollektivs. Toxikologische Wirkungsschwellen, wie z. B. die LOEC oder die BMD₁₀ bzw. BMD₅, wären eher mit einer ODT₅ oder einer ODT₁₀ vergleichbar. Da bislang nur für sehr wenige Stoffe neben der ODT₅₀ auch Angaben zu ODT₅ bzw. ODT₁₀ verfügbar sind und zudem keine Erfahrungen hinsichtlich der Belastbarkeit dieser Daten vorliegen, kann beim gegenwärtigen Kenntnisstand eine Entscheidung, ob statt der ODT₅₀ von einer anderen Perzentile der Geruchswahrnehmungsschwelle ausgegangen werden sollte, nicht herbeigeführt werden. In Anlehnung an das niederländische Vorgehen geht auch

Tab. 2 Geruchswahrnehmungsschwellen ODT₅₀ und vorläufige Geruchsleitwerte I und II

Geruchsstoff	CAS-Nr.	ODT ₅₀ (µg/m ³)	Zitat	vGLW I (mg/m ³)	vGLW II (mg/m ³)
Ethanal	75-07-0	2,8	15	0,02	0,1
Butanal	123-72-8	1,4	14	0,008	0,07
Pentanal	110-62-3	1,5	15	0,009	0,07
Hexanal	66-25-1	1,4	14	0,008	0,07
Heptanal	111-71-7	0,9	15	0,005	0,04
Octanal	127-13-0	0,9	14	0,005	0,04
Nonanal	124-19-6	3,2	14	0,02	0,15
Decanal	112-31-2	2,6	15	0,02	0,1
Pentandial	111-30-8	1	9	0,006	0,05
1-Butanol	71-36-3	16	12	0,1	0,8
1-Hexanol	111-27-3	29	12	0,2	1,4
1-Octanol	111-87-5	23	12	0,1	1
Ethylacetat	141-78-6	897	11	5	43
n-Butylacetat	123-86-4	10	11	0,06	0,5
Phenol	108-95-2	22	15	0,1	1
o-Kresol	95-48-7	1,3	15	0,008	0,06
m-Kresol	108-39-4	0,45	15	0,003	0,02
p-Kresol	106-44-5	0,24	15	0,001	0,01
TXIB	6846-50-0	14	8	0,08	0,7
Toluol	108-88-3	300	13	2	14
Ethylbenzol	100-41-4	27	13	0,2	1
1,4-Diethylbenzol	105-05-5	2	15	0,01	0,1
n-Butylbenzol	104-51-8	14	13	0,1	0,7
α-Pinen	80-56-8	100	15	0,6	5
β-Pinen	127-91-3	190	15	1	9
Limonen	138-86-3	90	10	0,5	4
Ethansäure	64-19-7	13	28	0,08	0,6
Propansäure	79-09-4	20	15	0,1	1
Butansäure	107-92-6	1	28	0,006	0,05
Hexansäure	142-61-1	5	28	0,03	0,2
Octansäure	124-07-2	5	28	0,03	0,2
Benzothiazol	95-16-9	0,7	29	0,004	0,03

die Ad-hoc-Arbeitsgruppe vorläufig von der ODT₅₀ als Ausgangspunkt für die Anwendung auf Geruchsstoffe in der Innenraumluft aus.

In den sehr wenigen Fällen, in denen neben der ODT₅₀ auch Angaben zur ODT₅ oder ODT₁₀ vorlagen, konnten van Thriel et al. [23] und Cometto-Muniz et al. [12, 13, 14] zeigen, dass die Konzentrations-Wahrnehmungskurven der meisten Geruchsstoffe relativ steil verlaufen, d. h., dass die jeweiligen ODT₁₀ bzw. ODT₅ weniger als ein Faktor von 5 bzw. 10 unter der ODT₅₀ lagen. In den bislang sehr seltenen Fällen, in denen überhaupt eine höhere interindividuelle Variabilität nachgewiesen wurde wie z. B. bei der Acrylsäure [23], schlägt die Ad-hoc-Arbeits-

gruppe eine Einzelfallbewertung vor. Darüber hinaus sieht die Ad-hoc-Arbeitsgruppe die Verwendung eines stoffunabhängigen k_w-Wertes als vorläufig an. Sie empfiehlt, beim Vorliegen stoffspezifischer k_w-Werte für einzelne Stoffe die k_w-Werte dieser Stoffe zu verwenden. Solange aber nur für wenige Geruchsstoffe stoffspezifische k_w-Werte verfügbar sind, hält die Ad-hoc-Arbeitsgruppe die Verwendung eines mittleren k_w-Wertes von 2,33 [7] für vertretbar.

Hinsichtlich des weiteren Ableitungsverfahrens können die in den Abschn. 1.2 bis 1.4 vorgestellten Zusammenhänge grundsätzlich auch als für die Innenraumluft zutreffend angenommen werden. Hingegen erscheint eine Übernah-

me der in Abschn. 1.5 angesprochenen Korrektur für Spitzenkonzentrationen in der Außenluft für die Bewertung von Geruchsstoffen in der Innenraumluft nicht angemessen, da für Geruchsquellen in Innenräumen in der Regel ein eher gleichmäßiges Emissionsverhalten angenommen werden kann.

Bei Verknüpfung der in der Abschn. 1.2 bis 1.4 dargestellten Faktoren ergeben sich folgende Geruchsstoffkonzentrationen in der Innenraumluft für die Geruchsintensitäten 1 („sehr schwach“) bis 3 („deutlich“):

$$c_1 = 6 \text{ ODT}_{50} \text{ für } I = 1, c_2 = 18 \text{ ODT}_{50} \text{ für } I = 2, \text{ und } c_3 = 48 \text{ ODT}_{50} \text{ für } I = 3.$$

Das niederländische Reichsinstitut berücksichtigt nicht die Gefälligkeit (Wohlgefallen oder Missfallen) einer Geruchswahrnehmung. Dies begründet das Reichsinstitut damit, dass bei der hedonischen Bewertung eines Geruchs eine erhebliche interindividuelle Variabilität zu beobachten ist [24, 25]. Im Unterschied dazu ist die interindividuelle Variabilität in der empfundenen Intensität eher gering. Darüber hinaus besteht zwischen Hedonik und Intensität eines Geruchs keine einfache, allgemein gültige Beziehung [7].

3 Messbedingungen

Nach Ansicht der Ad-hoc-Arbeitsgruppe sollte die Beurteilung von Geruchsstoffen in der Innenraumluft nicht nur auf einer einzigen Messung beruhen. Als Mindestumfang sind 2 Messungen der Konzentrationen relevanter Geruchsstoffe (■ Tab. 2) unter folgenden Bedingungen durchzuführen:

- Die erste Messung soll ungelüftet unter Ausgleichsbedingungen, d. h. nach einer mindestens 8-stündigen Gleichgewichtseinstellung, erfolgen. Hierzu kann der Raum z. B. am Vorabend intensiv gelüftet (zwischen 3 min im Winter und 10 min im Sommer) und am nächsten Morgen gemessen werden. Diese Messung dient zur Ermittlung, ob Geruchsstoffe in der Innenraumluft in relevanter Konzentration vorkommen können.

- b) Die zweite Messung soll unter definierten Nutzungs- und Lüftungsbedingungen erfolgen. Innenräume mit konkreten Lüftungsvorgaben wie z. B. Schulen und Innenraum-arbeitsplätze [26] werden dazu intensiv gelüftet (s. oben) und nach einer Ausgleichszeit von einer Stunde ohne Lüftung gemessen. In anderen Innenräumen, wie z. B. Wohnungen, für die allgemeine (z. B. mietrechtlich empfohlene) Lüftungshinweise vorliegen, soll entsprechend gelüftet und ebenfalls nach einer Ausgleichszeit von einer Stunde ohne Lüftung gemessen werden.

Die mit dieser zweiten Messung ermittelten Konzentrationen an Geruchsstoffen in der Innenraumluft werden anhand von Geruchsleitwerten (s. nächster Abschnitt) bewertet.

4 Ableitung von Geruchsleitwerten

Angesichts des dargestellten Kenntnisstandes schlägt die Ad-hoc-Arbeitsgruppe vor, beim Vorliegen einer belastbaren ODT_{50} (d. h. einer Geruchswahrnehmungsschwelle der Qualität 1) eine unter den in Abschn. 3 b definierten Nutzungs- und Lüftungsbedingungen ermittelte Konzentration eines Geruchsstoffs in der Innenraumluft vorläufig wie folgt zu bewerten:

Geruchsleitwert I

Eine Konzentration von 6 ODT_{50} wird als vorläufiger Geruchsleitwert I (vGLW I) bezeichnet. Eine unter Nutzungs- und Lüftungsbedingungen gemäß Abschn. 3 b gefundene Konzentration eines Geruchsstoffs in der Innenraumluft oberhalb von 6 ODT_{50} wird vorläufig als „geruchlich auffällig“ eingestuft. Die Ad-hoc-Arbeitsgruppe geht davon aus, dass eine Konzentration oberhalb von 6 ODT_{50} in der Innenraumluft geruchlich wahrnehmbar sein kann und möglicherweise als belästigend empfunden wird.

Geruchsleitwert II

Eine Konzentration von 48 ODT_{50} wird als vorläufiger Geruchsleitwert II (vGLW II) bezeichnet. Eine unter Nutzungs- und Lüftungsbedingungen gemäß Abschn. 3 b gefundene Konzentration eines Geruchsstoffs in der Innenraumluft oberhalb von 48 ODT_{50} wird vorläufig als „geruchlich erheblich belästigend“ eingestuft. Die Ad-hoc-Arbeitsgruppe geht davon aus, dass eine Konzentration oberhalb von 48 ODT_{50} geruchlich deutlich wahrgenommen und in der Regel als belästigend bis erheblich belästigend empfunden wird.

Ausgewählte vorläufige Geruchsleitwerte I und II sind in **Tab. 2** aufgeführt.

Der Ad-hoc-Arbeitsgruppe ist bewusst, dass einzelne der in **Tab. 2** aufgeführten vorläufigen Geruchsleitwerte I unterhalb veröffentlichter Referenzwerte (95. Perzentile) der jeweiligen Substanz in der Luft eines Innenraums liegen. Hierbei ist allerdings zu beachten, dass Referenzwerte in der Regel nicht unter den oben beschriebenen Nutzungs- und Lüftungsbedingungen, sondern meistens unter Ausgleichsbedingungen ermittelt wurden.

Zur Bewertung der geruchlichen Wirkung von Stoffgruppen (z. B. der Gruppe der längerkettigen aliphatischen Aldehyde) liegen nach Auffassung der Ad-hoc-Arbeitsgruppe bislang keine ausreichenden Grundlagen vor. Eine belastbare Festlegung von Summenleitwerten für Geruchsstoffgruppen erscheint der Ad-hoc-Arbeitsgruppe beim derzeitigen Kenntnisstand nicht möglich.

5 Maßnahmen bei Überschreitung von Geruchsleitwerten

Eine gesundheitliche Bewertung von Verunreinigungen der Innenraumluft erfolgt wie üblich anhand von Richtwerten für die Innenraumluft. Bei Überschreitung eines Richtwertes sind entsprechend den Empfehlungen der Ad-hoc-Arbeitsgruppe [2, 27] Minderungsmaßnahmen zu ergreifen. Wenn die unter definierten Nutzungs- und Lüftungsbedingungen ermittelten Konzentrationen al-

le jeweiligen Richtwerte für die Innenraumluft unterschreiten, jedoch vorläufige Geruchsleitwerte I oder II überschreiten, ist wie folgt vorzugehen:

Überschreitung des vorläufigen Geruchsleitwertes I

Nach Neu- oder Umbauten, Renovierungen, Sanierungen, aber auch z. B. nach Grundreinigungen von Bodenbelägen oder Neumöblierungen ist erfahrungsgemäß mit Überschreitungen von vorläufigen Geruchsleitwerten I zu rechnen. Von daher wird empfohlen, nach Überschreitung eines vorläufigen Geruchsleitwertes I mindestens einen Monat lang intensiv zu lüften und das Lüftungsverhalten zu dokumentieren (z. B. anhand eines Lüftungsprotokolls und/oder der Kohlendioxid-Konzentration der Innenraumluft). Für bestimmte Innenräume (insbesondere Innenraum-arbeitsplätze, Schulen) liegen Empfehlungen vor, wie gelüftet werden soll.

Liegt nach Ablauf dieser Zeit die unter Nutzungs- und Lüftungsbedingungen gemäß Abschn. 3 b ermittelte Konzentration eines Geruchsstoffs weiterhin über seinem vorläufigen Geruchsleitwert I, sollten – falls noch nicht bekannt – die Quelle des Geruchs ermittelt und die Belüftbarkeit des Innenraums überprüft werden.

Überschreitung des vorläufigen Geruchsleitwertes II

Wenn die unter Nutzungs- und Lüftungsbedingungen gemäß Abschn. 3 b gefundene Konzentration eines Geruchsstoffes seinen vorläufigen Geruchsleitwert II überschreitet, ist eine Raumnutzung nur befristet zumutbar. Es ist umgehend mit der Quellensuche zu beginnen und das Nutzungs- und Lüftungsverhalten anzupassen. Weitere Maßnahmen zur Minderung der Geruchsbelastung können z. B. den Einsatz eines Luftreinigers, den Einbau einer (mobilen) RLT-Anlage oder das Ausbacken des Innenraums beinhalten.

Durch die gewählten Minderungsmaßnahmen soll die Konzentration des relevanten Geruchsstoffs innerhalb eines Monats seinen vorläufigen Geruchsleit-

wert II unterschreiten. Liegt nach Ablauf dieser Zeit die unter Nutzungs- und Lüftungsbedingungen gemäß Abschn. 3 b ermittelte Konzentration eines Geruchsstoffs weiterhin über seinem vorläufigen Geruchsleitwert II, ist ggf. der Ausbau relevanter Bauprodukte zu prüfen.

Anmerkungen

Der Textentwurf dieser Empfehlung wurde von Dr. Helmut Sagunski, Dr. Birger Heinzow, Herrn Herbert Grams, Herrn Thomas Lahrz und Dr. Ludwig Müller erstellt und von der Ad-hoc-Arbeitsgruppe Innenraumrichtwerte im September 2013 verabschiedet. Die Literaturrecherche wurde im Oktober 2012 abgeschlossen.

Literatur

1. DIN EN 13725 (2003) Luftbeschaffenheit – Bestimmung der Geruchsstoffkonzentration mit dynamischer Olfaktometrie. Beuth, Berlin
2. Ad-hoc-Arbeitsgruppe Innenraumrichtwerte der IRK/AOLG (2012) Richtwerte für die Innenraumluft: erste Fortschreibung des Basisschemas. Bundesgesundheitsbl 55:279–290
3. AGÖF (2010) AGÖF-Leitfaden „Gerüche in Innenräumen – Sensorische Bestimmung und Bewertung“. Entwurf vom 12.09.2010. In: AGÖF – Arbeitsgemeinschaft ökologischer Forschungsinstitute (Hrsg) Umwelt, Gebäude & Gesundheit – Schadstoffe, Gerüche, Sanierung. Anhang 1–45. 4.VDI (2012) Geruchsprüfung von Innenraumluft und Emissionen aus Innenraummaterialien – Grundlagen. VDI 4302 Blatt 1:2012-05. Beuth, Berlin
5. DIN ISO (2012) Innenraumluftverunreinigungen – Teil 28: Bestimmung der Geruchsstoffemissionen aus Bauprodukten mit einer Emissionsprüfkammer (ISO 16000-28:2012). Beuth, Berlin
6. Ad-hoc-Arbeitsgruppe Innenraumrichtwerte der IRK/AOLG (2011) Entwurf des AGÖF-Leitfadens „Gerüche in Innenräumen – Sensorische Bestimmung und Bewertung“ vom 12.09.2010. Stellungnahme der Ad-hoc-Arbeitsgruppe Innenraumrichtwerte der IRK/AOLG (Stand März 2010). http://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1/dokumente/stellungnahme_der_ad_hoc_ag_zur_geruchsbewertung.pdf
7. Ruijten MWMM, Doorn R van, Harrevelde AP van (2009) Assessment of odour annoyance in chemical emergency management. RIVM Report 609200001, Bilthoven
8. Cain WS, Wijk RA de, Jalowayski AA et al (2005) Odor and chemesthesis from brief exposures to TXIB. Indoor Air 15:445–457
9. Cain WS, Schmidt R, Jalowayski AA (2007) Odor and chemesthesis from exposure to glutaraldehyde vapor. Int Arch Occup Environ Health 80:721–731
10. Cain WS, Schmidt R, Wolkoff P (2007) Olfactory detection of ozone and d-limonene: reactants in indoor spaces. Indoor Air 17:337–347
11. Schmidt R, Cain WS (2010) Making Scents: dynamic olfactometry for threshold measurement. Chem Senses 35:109–120
12. Cometto-Muniz JE, Abraham MH (2008) Human olfactory detection of homologous n-alcohols measured via concentration-response functions. Pharmacol Biochem Behav 89:279–291
13. Cometto-Muniz JE, Abraham MH (2009) Olfactory detectability of homologous n-alkylbenzenes as reflected by concentration-detection functions in humans. Neuroscience 161:236–248
14. Cometto-Muniz JE, Abraham MH (2010) Odor detection by humans of lineal aliphatic aldehydes and helional as gauged by dose-response functions. Chem Senses 35:289–299
15. Nagata Y (2003) Measurement of odor threshold by triangle odor bag method. Odor Measurement Rev 118–127
16. Devos M et al (1990) Standardized human olfactory thresholds. IRL Press, Oxford
17. VDI (1992) Olfaktometrie. Bestimmung der Geruchsintensität. VDI 3882 Blatt 1:1992-10. Beuth, Berlin
18. Amooe JE (2005) The perception of hydrogen sulfide odour in relation to setting an ambient standard. California Air Resources Board. Contract A4-046-33. Zitiert in: Ruijten MWMM, Doorn R van, Harrevelde AP van (2009) Assessment of odour annoyance in chemical emergency management. RIVM Report 609200001, Bilthoven
19. Laing DG, Eddy A, Best DJ (1994) Perceptual characteristics of binary, trinary, and quaternary odor mixtures consisting of unpleasant constituents. Physiol Behav 56:81–93
20. Livermore A, Laing DG (1998) The influence of odor type on the discrimination and identification of odorants in multicomponent odor mixtures. Physiol Behav 65:311–320
21. Brossard C, Rousseau F, Dumont JP (2007) Perceptual interactions between characteristic notes smelled above aqueous solutions of odorant mixtures. Chem Senses 32:319–327
22. Cometto-Muniz JE, Cain WS, Abraham MH (2005) Odor detection of single chemicals and binary mixtures. Behav Brain Res 156:115–123
23. Van Thriel C, Schäper N, Kiesswetter E et al (2006) From chemosensory thresholds to whole body exposures – experimental approaches evaluating chemosensory effects of chemicals. Int Arch Occup Environ Health 79:308–321
24. Paduch MR, Both R, Frechen FB et al (1995) Charakterisierung von Geruchsbelästigung. Teil 1: Beschreibung der Geruchsparameter. Staub Reinhalt Luft 55:41–44
25. Distel H, Hudson R (2001) Judgement of odor intensity is influenced by subjects' knowledge of the odor source. Chem Senses 26:247–251
26. BMAS (2012) Lüftung. Technische Regeln für Arbeitsstätten. ASR A3.6. Ausgabe Januar 2012. Ausschuss für Arbeitsstätten. Bundesministerium für Arbeit und Soziales. GMBI 2012:92
27. Ad-hoc-Arbeitsgruppe Innenraumrichtwerte der IRK/AOLG (2007) Beurteilung von Innenraumluftkontaminationen mittels Referenz- und Richtwerten. Bundesgesundheitsbl 50:990–1005
28. Cometto-Muniz JE, Abraham MH (2010) Structure-activity relationships on the odor detectability of homologous carboxylic acids by humans. Exp Brain Res 207:75–84
29. Ad-hoc-Arbeitsgruppe Innenraumrichtwerte der IRK/AOLG (2010) Richtwerte für Benzothiazol in der Innenraumluft. Entwurf Februar 2010, unveröffentlicht