

# Richtwerte für Benzaldehyd in der Innenraumluft

## Mitteilung der Ad-hoc-Arbeitsgruppe Innenraumrichtwerte der Innenraumluftthygiene- Kommission des Umweltbundesamtes und der Obersten Landesgesundheitsbehörden

### 1 Stoffidentifikation

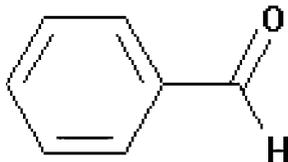
IUPAC-Name: Phenylmethanal

Synonyme: Benzoylaldehyd, Benzolcar-  
bonal, Phenylformaldehyd, Bittermandel-  
öl

CAS-Nr.: 100-52-7

Summenformel:  $C_7H_6O$

Strukturformel:



#### 1.1 Physikalisch-chemische Eigenschaften

Molekulargewicht: 106,12 g/mol

Schmelzpunkt:  $-26^{\circ}C$

Siedepunkt:  $179^{\circ}C$

Dichte: 1,04 g/ml bei  $20^{\circ}C$

Dampfdruck: 0,13 kPa bei  $20^{\circ}C$

Wasserlöslichkeit: 6,55 g/l bei  $25^{\circ}C$

$\log P_{ow}$ : 1,48

Umrechnung: 1 ppm = 4,4 mg/m<sup>3</sup> bei  
1013 mbar/ $20^{\circ}C$

#### 1.2 Stoffeigenschaften und Verwendung

Benzaldehyd ist eine farblose, nach längerem Stehen gelbliche Flüssigkeit mit einem stechenden, aromatischen, bittermandelartigen Geruch. Wesentliche Verunreini-

gungen technischer Benzaldehyd-Produkte sind Toluol und Benzoesäure [1].

Benzaldehyd ist als Zusatzstoff in Lebensmitteln zugelassen und wird in Parfums verwendet. Es kommt in freier Form in ätherischen Ölen, zum Beispiel Hyazinthen, Zitronengras und Zimt, vor und als Cyanoglykosid (Amygdalin) in Bittermandeln, Pfirsichen und Aprikosen. Benzaldehyd wird als Lösungsmittel für Harze verwendet [1].

Bei Kammeruntersuchungen von 50 üblicherweise im Innenraum eingesetzten Bauprodukten (unter anderem sieben Acryl- und sechs Silikondichtmassen, 13 Holzwerkstoffe, sechs Kunstharzfertigputze, fünf Lacke, sechs Wandfarben, vier Klebstoffe) wurde Benzaldehyd am häufigsten in Kunstharzfertigputzen und in Fußbodenfarben, vereinzelt auch in einer OSB-, Gipskarton- und Buchenholzplatte in geringen Konzentrationen gefunden [2].

### 2 Exposition

Benzaldehyd lässt sich in der Luft der meisten Innenräume nachweisen. **■ Tabelle 1** enthält Wochenmittelwerte einer repräsentativen Untersuchung zum Vorkommen von Benzaldehyd in Wohnräumen, in denen sich Kinder in Deutschland bei üblicher Nutzung der Räume überwiegend aufhielten (in 96 % der Fälle war dies das Kinderzimmer) [3]. Ferner sind Ergebnisse aus Untersu-

chungen der Raumluft von Schulen und Kindertagesstätten in Schleswig-Holstein [4] und Bayern [5] aufgeführt. In Schleswig-Holstein waren alle Räume vor der Messung mindestens acht Stunden ungelüftet, in Bayern erfolgte die Messung während der Unterrichtszeit. In der vorletzten Zeile der Tabelle sind überwiegend anlassbezogene Messungen auf Benzaldehyd, die zumeist in acht Stunden lang ungelüfteten Räumen stattfanden, in verschiedenen Innenräumen (Wohnungen, Büros, Schulen und anderes) dargestellt [6]. Bei den Messungen in Büroräumen 2001 (Berlin) [7] und 2005 bis 2009 (Mecklenburg-Vorpommern) [8] handelt es sich um Messungen unter Betriebsbedingungen. Die statistischen Angaben in Tabelle 1 beziehen sich jeweils auf die Gesamtheit der untersuchten Proben.

Aktuelle Angaben zur oralen und dermalen Exposition gegenüber Benzaldehyd wurden nicht gefunden. Der in den 1980er-Jahren erstmals vorgeschlagene Summen-ADI-Wert von 5 mg Benzyl-Derivate pro kg Körpergewicht und Tag, der auch Benzaldehyd einschließt, wurde 2001 bestätigt [9].

### 3 Toxikokinetik

Benzaldehyd wurde in einem Kurzzeit-Inhalationsversuch von Ratten schnell und nahezu vollständig resorbiert. Nach dem Übertritt ins Blut wird Benzaldehyd rasch im Organismus verteilt und verstoffwech-

selt. Die Halbwertszeit von Benzaldehyd im Blut beträgt zirka zehn Minuten [10]. Durch die Aldehyddehydrogenase wird Benzaldehyd überwiegend zu Benzoesäure oxidiert, die nach Konjugation als Hippursäure oder als Benzoylglucuronsäure ausgeschieden wird [11]. Ein geringerer Anteil wird zu Benzylalkohol reduziert und als Benzylmercaptursäure ausgeschieden [12]. Im Unterschied zu anderen Aldehyden bleibt der Benzaldehyd-Metabolismus vom Aldehyddehydrogenase-2-Polymorphismus unberührt [13].

### 4 Gesundheitliche Wirkung

Als wesentliche gesundheitliche Wirkung von Benzaldehyd nach akuter oder chronischer inhalativer Exposition ist eine Reizwirkung im Atemtrakt anzusehen. Irritative Effekte traten auch am Auge und an der Haut auf. Bei höheren Expositionskonzentrationen wirkt Benzaldehyd neurotoxisch.

#### Humanstudien

Reizerscheinungen im oberen Atemtrakt und an den Augen gaben erwachsene Probanden nach einer einminütigen Exposition gegenüber 20 mg Benzaldehyd/m<sup>3</sup> an [14]. Bei Beschäftigten traten nach Exposition gegenüber im Mittel 5 mg Benzaldehyd/m<sup>3</sup> vermehrt Atemwegserkrankungen auf; ferner wurden leichte Augenreizungen und erhebliche Hautreizungen genannt [15]. Die Expositionsdauer war nicht angegeben. Beide Studien lagen der Ad-hoc-Arbeitsgruppe nicht im Original vor und konnten deshalb nicht abschließend bewertet werden.

Von 26 Beschäftigten in der Parfumerstellung, die Parfums in kleinere Gebinde abfüllten, zeigten 20 Beschäftigte eine allergische oder irritative Kontaktdermatitis oder sonstige Reaktionen auf Duftstoffe. Neben Geraniol (zwölf Fälle) wurden Benzaldehyd (neun Fälle), Zimtaldehyd (sechs Fälle) sowie weitere Substanzen (vier Fälle) als Verursacher identifiziert [16].

Als Geruchsschwelle wird ein Wert von 0,2 mg Benzaldehyd/m<sup>3</sup> angegeben [1]. Beschäftigte nahmen Benzaldehyd-Konzentrationen von 2–3 mg/m<sup>3</sup> über 1–4 Stunden geruchlich deutlich wahr, 9 mg

Bundesgesundheitsbl - Gesundheitsforsch - Gesundheitsschutz 2010 · 53:636–640  
DOI 10.1007/s00103-010-1090-3  
© Springer Medizin Verlag 2010

### Richtwerte für Benzaldehyd in der Innenraumluft. Mitteilung der Ad-hoc-Arbeitsgruppe Innenraumrichtwerte der Innenraumluft-Hygiene-Kommission des Umweltbundesamtes und der Obersten Landesgesundheitsbehörden

#### Zusammenfassung

Zum Schutz der Gesundheit der Bevölkerung setzt die Ad-hoc-Arbeitsgruppe Innenraumrichtwerte des Umweltbundesamtes und der Obersten Landesgesundheitsbehörden Richtwerte für die Innenraumluft fest. Für eine gesundheitliche Bewertung von Benzaldehyd in der Raumluft liegen zwei unzureichend dokumentierte Humanstudien sowie eine als valide anzusehende tierexperimentelle Untersuchung mit subakuter inhalativer Exposition vor. Als niedrigste nachteilige Wirkungskonzentration für den Endpunkt Irritation bei chronischer Exposition am Arbeitsplatz sieht die Ad-hoc-Arbeitsgruppe einen Wert von 5 mg Benzaldehyd/m<sup>3</sup> an. Die subakute tierexperimentelle Studie umfasst nur einen sehr schmalen Dosisbereich. Angesichts deutlicher Effekte bei der untersten Expositionskonzentration kann nach Auffassung der Ad-hoc-Arbeitsgruppe aus dieser Studie kein sicherer

LOAEL abgeleitet werden. Aus dem LOAEL von 5 mg/m<sup>3</sup> lässt sich unter Verwendung eines Faktors 3 zur Extrapolation auf eine kontinuierliche Exposition, eines Faktors 5 für die interindividuelle Variabilität der Reizwirkung sowie eines Faktors 2 zur Berücksichtigung der unsicheren Datenlage bei Kindern ein Richtwert II (Gefahrenrichtwert) von 0,2 mg Benzaldehyd/m<sup>3</sup> ableiten. Angesichts der Lücken in der Datenlage sieht die Ad-hoc-Arbeitsgruppe den abgeleiteten Richtwert für Benzaldehyd in der Innenraumluft als vorläufig an. Zum Schutz vor Geruchsbelästigungen schlägt die Ad-hoc-Arbeitsgruppe einen vorläufigen Richtwert I (Vorsorgerichtwert) von 0,02 mg Benzaldehyd/m<sup>3</sup> Raumluft vor.

#### Schlüsselwörter

Benzaldehyd · Innenraumluft · Irritation · Geruch · Richtwert

### Indoor air guide values for benzaldehyde

#### Abstract

To protect public health the German Working Group on Indoor Guidelines of the Federal Environmental Protection Agency and the States' Health Authorities is issuing indoor air guide values. For health evaluation of benzaldehyde in indoor air only two poorly documented human studies and a valid subacute inhalation animal study are available. Occupational exposure data suggest a lowest observed adverse effect level of 5 mg benzaldehyde per cubic meter for the endpoint irritation. This was used as pivotal information for the risk assessment by the Working Group. A safe LOAEL could not be derived from the subacute animal study

due to several limitations. By applying a factor of 3 for extrapolation to continuous exposure, a factor of 5 for interindividual variability and a modifying factor of 2 regarding data gaps especially for children a tentative health hazard guide value (RW II) of 0.2 mg benzaldehyde/m<sup>3</sup> indoor air is obtained. To protect from unpleasant odour a tentative health precaution guide value (RW I) of 0.02 mg benzaldehyde/m<sup>3</sup> indoor is recommended.

#### Keywords

Benzaldehyde · Indoor air · Irritation · Odour · Guide value

Tabelle 1

**Vorkommen von Benzaldehyd in der Luft ausgewählter Innenräume in Deutschland**

Innenraum	N	BG [µg/m <sup>3</sup> ]	n > BG (% > BG)	Median [µg/m <sup>3</sup> ]	95. Perzentil [µg/m <sup>3</sup> ]	Maximalwert [µg/m <sup>3</sup> ]
Kinderzimmer 2003–2006, Wochenmittel [3]	586	0,5	573 (98)	3	7	12
Schule/Kita 2005–2007 [4]	285	1	168 (59)	2	9	46
Schule 2004–2005, Sommerhalbjahr [5]	76	0,1	72 (95)	2	5	6
Büro, Wohnung, Schule, Kita und anderes 2002–2006 [6]	1564	1	984 (63)	4	15	120
Büros 2001–2009 [7, 8]	150	5	51 (34)	< 5	10	33

Benzaldehyd/m<sup>3</sup> über 15 Minuten wurden als penetranter Geruch empfunden [14].

### Tierexperimentelle Studien

Die sensorische Reizwirkung eingeatmeten Benzaldehyds im Atemtrakt von Mäusen wurde in einer standardisierten Untersuchung (Nur-Kopf-Exposition) an zwei Mäusestämmen (Swiss-Webster und B6C3F<sub>1</sub>) ermittelt. Ziel war die Bestimmung der Konzentration, die nach einer zehnmütigen Exposition zu einer 50%igen Abnahme der Atemrate (respiratorische Dosis – RD<sub>50</sub>) führte. Für Benzaldehyd wurden RD<sub>50</sub>-Werte von 1465 beziehungsweise 1734 mg/m<sup>3</sup> ermittelt [17].

In einer weiteren Kurzzeitstudie wurde die Neurotoxizität von Benzaldehyd untersucht. Nach einer einstündigen Exposition gegenüber unverdünnten Benzaldehyd-Dämpfen nahm die motorische Aktivität von Swiss-Mäusen im Vergleich zur Kontrollgruppe um 44 % ab [18].

Die Wirkung einer subakuten und subchronischen inhalativen Exposition gegenüber Benzaldehyd wurde an Ratten untersucht. In einer subakuten Studie wurden jeweils 14 männliche und 14 weibliche Sprague-Dawley-Ratten an sechs Stunden pro Tag über 14 Tage gegenüber 0, 2200, 3300 oder 4400 mg Benzaldehyd/m<sup>3</sup> (0, 500, 750 oder 1000 ppm) exponiert [19]. Im Vergleich zur Kontrollgruppe zeigten sich bei allen exponierten Tieren Nasen- und Augenreizungen, eine Verringerung der Atemrate, eine reduzierte Gewichtszunahme und eine signifikante Hypothermie und reduzierte motorische Aktivität. Die Tiere zitterten, hatten Krampfanfälle, und ihre Haare richteten

sich auf. In der höchsten Dosisgruppe verstarben 71 % der weiblichen und 7 % der männlichen Tiere in der ersten Expositionswoche, aus der mittleren Expositionsgruppe starben einige Tiere in der 2. Woche. Histopathologisch fand sich bei den exponierten Tieren im nasalen respiratorischen Epithel eine Metaplasie der mukösen Becherzellen. Die Untersuchung des hämatologischen Profils nach Ende der Exposition ergab im Vergleich zur Kontrollgruppe eine Erhöhung der Anzahl der Monozyten um den Faktor 10 bei allen weiblichen Expositionsgruppen. Ebenfalls bei allen weiblichen Expositionsgruppen war die Cholinesterase-Konzentration im Serum signifikant verringert.

In einer weiteren subakuten Studie gegenüber 800 mg Benzaldehyd/m<sup>3</sup> (vier Stunden/Tag, fünf Tage/Woche, zwei Wochen) wurde ebenfalls eine Reizung im Atemtrakt während der Exposition beobachtet, histopathologische Veränderungen im Atemtrakt wurden jedoch nicht gesehen [20]. In einer subchronischen Studie (fünf Stunden pro Tag über vier Monate) wurden Ratten gegenüber 6 oder 26 mg Benzaldehyd/m<sup>3</sup> exponiert [21]. Bei der höheren Dosisgruppe fanden sich nicht näher spezifizierte Veränderungen im Blut und im Körpergewicht. Die Ad-hoc-Arbeitsgruppe konnte diese beiden Studien nicht abschließend bewerten, da sie nicht im Original vorlagen.

Neurotoxische Effekte (Degeneration und Nekrose von Nervenzellen der Körnerschicht des Kleinhirns und des Hippokampus), Zellschädigungen in Leber und Niere sowie Vormagenhyperplasien fanden sich bei männlichen und weiblichen

F<sub>344</sub>/N-Ratten nach 13-wöchiger Fütterung mit 800 mg Benzaldehyd pro kg Körpergewicht, jedoch nicht mit 400 mg/kg und nicht bei B6C3F<sub>1</sub>-Mäusen bis zu einer Dosis von 1200 mg/kg [22].

In oralen Langzeitstudien an B6C3F<sub>1</sub>-Mäusen und F<sub>344</sub>/N-Ratten mit täglichen Dosen von 0, 200 beziehungsweise 400 mg Benzaldehyd/kg Körpergewicht traten bei den Mäusen signifikant vermehrt Vormagenpapillome auf (männliche Tiere: 1/50; 2/50; 5/50, weibliche Tiere: 0/50; 5/50; 6/50) [23]. Histologisch ließ sich jedoch keine Progression von den Vormagenhyperplasien zu den Papillomen belegen. Bei den exponierten Ratten wiesen zwei weibliche Tiere der höchsten Dosisgruppe Vormagenpapillome auf. Wegen des Fehlens von Hyperplasien wurden diese Papillome aber nicht auf die Verabreichung von Benzaldehyd zurückgeführt. In der Bewertung dieser beiden Studien stellte NTP fest, dass sich unter diesen Bedingungen bei B6C3F<sub>1</sub>-Mäusen ein Hinweis auf eine Krebs erzeugende Wirkung von Benzaldehyd ergab, nicht jedoch bei F<sub>344</sub>/N-Ratten. Die MAK-Kommission führt die beobachteten gutartigen Veränderungen des Vormagens bei Mäusen und Ratten auf die Reizwirkung von Benzaldehyd zurück und bewertet diese Tumore wegen ihrer speziespezifischen Lokalisation als nicht relevant für den Menschen [24].

Benzaldehyd zeigte keine mutagene Aktivität in bakteriellen Systemen [25, 26]. In Chinesischen Hamsteroar-(CHO-)Zellen mit oder ohne metabolische Aktivierung induzierte Benzaldehyd keine chromosomalen Aberrationen, wohl aber

vermehrten Schwester-Chromatid-Austausch [27]. Ohne metabolische Aktivierung zeigte sich eine gentoxische Aktivität von Benzaldehyd in Mauslymphomzellen [28]. Das Muster einer fehlenden Mutagenität von Benzaldehyd in bakteriellen Systemen, aber einer möglichen schwachen klastogenen Wirkung in Säugetierzellen zeigt sich auch bei seinen Metaboliten Benzoesäure, Benzylalkohol und Hippursäure [23]. Nach Ansicht der MAK-Kommission ergeben sich aus den Befunden der Langzeitstudien und der allenfalls schwachen gentoxischen Aktivität insgesamt keine Hinweise auf ein Krebs erzeugendes Potenzial von Benzaldehyd [24].

Reproduktionstoxische oder entwicklungsstoxische Effekte bei Dosen, die für die Muttertiere nicht toxisch waren, wurden nicht beobachtet [9].

## 5 Gesundheitliche Bewertung

Der Kenntnisstand zur gesundheitlichen Wirkung von Benzaldehyd in der Luft beruht auf wenigen Beobachtungen am Menschen und einigen tierexperimentellen Studien vor allem aus den siebziger und achtziger Jahren des vorigen Jahrhunderts. Hauptwirkung im unteren Dosisbereich war in den Inhalationsstudien an Mensch und Tier die Reizwirkung im Atemtrakt sowie an Augen und Haut.

Nach Fütterung von Mäusen oder Ratten mit Benzaldehyd ergaben sich in Langzeitstudien keine eindeutigen Hinweise auf ein Krebs erzeugendes Potenzial von Benzaldehyd. Seit Ende der 1980er-Jahre sind offenbar keine weiteren relevanten Untersuchungen zur Toxizität von Benzaldehyd durchgeführt worden.

### 5.1 Einstufungen/Regelungen

In der Europäischen Union (EU) existiert kein Grenzwert für Benzaldehyd am Arbeitsplatz. Die amerikanische Industriehygienevereinigung nennt einen Achtstundenmittelwert von 2 ppm Benzaldehyd ( $9 \text{ mg/m}^3$ ) [14].

### 5.2 Ableitung von Richtwerten für Benzaldehyd in der Innenraumluft

Zur Ableitung von Richtwerten für Benzaldehyd in der Innenraumluft liegen nur

wenige, unzureichend dokumentierte Ergebnisse am Menschen vor. Hinsichtlich ihrer Aussagekraft sind diese Studien in die Klimisch-Kategorie 4 („Studies or data from the literature, which do not give sufficient experimental details and which are only listed in short abstracts or secondary literature“) [29] einzustufen. Tierexperimentell steht eine als zuverlässig anzusehende subakute Inhalationsstudie (Klimisch-Kategorie 2) zur Verfügung, die jedoch nur einen sehr schmalen Expositionsbereich ( $2200\text{--}4400 \text{ mg Benzaldehyd/m}^3$ ) überstreicht. Valide Langzeituntersuchungen wurden mit oraler Exposition gegenüber Benzaldehyd durchgeführt, diese Studien bieten jedoch keine Information, wenn als kritischer Endpunkt die Reizwirkung im Atemtrakt angesehen wird. Vor diesem Hintergrund hat die Ad-hoc-Arbeitsgruppe folgende Ableitungsmöglichkeiten für Richtwerte für Benzaldehyd in der Innenraumluft geprüft.

Bei kurzzeitiger Exposition gegenüber  $20 \text{ mg Benzaldehyd/m}^3$  gaben Probanden eine Reizwirkung an. Es ist davon auszugehen, dass bei wiederholter Exposition gegenüber Benzaldehyd in der Luft bereits niedrigere Konzentrationen eine Irritation auslösen könnten. Hierfür spricht die Beobachtung, dass nach längerer Exposition am Arbeitsplatz von im Mittel  $5 \text{ mg Benzaldehyd/m}^3$  vermehrt Atemwegserkrankungen, die jedoch nicht näher spezifiziert wurden, sowie Augen- und Hautreizungen auftraten. Als niedrigste nachteilige Wirkungskonzentration (lowest observed adverse effect level, LOAEL) für den Endpunkt Irritation bei chronischer Exposition am Arbeitsplatz nimmt die Ad-hoc-Arbeitsgruppe einen Wert um  $5 \text{ mg Benzaldehyd/m}^3$  an. Da die Expositionsdauer nicht genau bekannt ist, verwendet die Ad-hoc-Arbeitsgruppe zur Extrapolation auf eine kontinuierliche Exposition einen Faktor 3. Bei Berücksichtigung der interindividuellen Variabilität der Reizwirkung mit einem Faktor 5 [30] sowie der unsicheren Datenlage bei Kindern (Faktor 2) ergäbe sich ein Richtwert II von  $5/3/5/2 =$  (gerundet)  $0,2 \text{ mg Benzaldehyd/m}^3$ .

Tierexperimentell liegen zwei subakute und eine subchronische Untersuchung nach inhalativer Exposition gegenüber Benzaldehyd vor. In der einen subakuten

Studie an Sprague-Dawley-Ratten [19] zeigten sich nach einer Exposition ab  $2200 \text{ mg Benzaldehyd/m}^3$  an sechs Stunden pro Tag über 14 Tage im Vergleich zur Kontrollgruppe bei allen exponierten Tieren dosisabhängig Nasen- und Augenreizungen, eine Verringerung der Atemrate sowie neurotoxische Wirkungen. Histopathologisch fand sich bei den exponierten Tieren im nasalen respiratorischen Epithel eine Metaplasie der mukösen Becherzellen. Im Serum der exponierten weiblichen Tiere war die Zahl der Monozyten um den Faktor 10 erhöht. Angesichts dieser deutlichen Effekte kann diese Expositionskonzentration nicht als LOAEL angesehen werden. Gemäß Basisschema [31] ist in diesem Fall der LOAEL um einen Faktor 3 zu vermindern; daraus folgt ein LAEL von  $2200/3 = 730 \text{ mg Benzaldehyd/m}^3$ . Diese Konzentration stimmt gut mit der Beobachtung in der anderen subakuten Studie [20] überein, in der nach Exposition gegenüber  $800 \text{ mg Benzaldehyd/m}^3$  (vier Stunden/Tag, fünf Tage/Woche, zwei Wochen) eine Reizung im Atemtrakt auffiel; allerdings fehlte ein histopathologisches Korrelat. Die subchronische Studie kann wegen unzureichender Dokumentation der Ergebnisse nicht ausgewertet werden.

Wenn man von dem tierexperimentellen LOAEL von  $730 \text{ mg Benzaldehyd/m}^3$  ausgeht und von einer subakuten auf eine chronische Exposition mit einem Faktor von 6 [32] und auf eine kontinuierliche Exposition mit einem Faktor von  $24/6 \times 7/5 = 5,6$  extrapoliert, ergäbe sich als  $\text{LAEL}_{\text{chron}}$  ein Wert von  $730/5,6/6 =$  (gerundet)  $22 \text{ mg Benzaldehyd/m}^3$ . Unter Berücksichtigung der oben dargestellten interindividuellen Variabilität der Reizwirkung einschließlich der von Kindern mit einem Gesamtfaktor von 10 ergäbe sich daraus ein Richtwert II von  $2 \text{ mg Benzaldehyd/m}^3$ .

In der Gewichtung der beiden Ableitungen gibt die Ad-hoc-Arbeitsgruppe dem Richtwert II von  $0,2 \text{ mg Benzaldehyd/m}^3$  den Vorzug. Für die zuerst aufgeführte Ableitung spricht, dass a) diese Ableitung auf Humandaten gründet, die, obwohl unzureichend dokumentiert (Klimisch-Kategorie 4), in sich konsistent sind und b) die kritische tierexperimentelle Studie zwar ausreichend dokumentiert,

aber nur einen engen Dosisbereich umfasst (Klimisch-Kategorie 2), sodass aufgrund der erheblichen Effekte angenommen werden muss, dass der LOAEL unterhalb der niedrigsten untersuchten Dosis liegen dürfte.

Angesichts der Lücken und Unsicherheiten in der Datenlage kann die Ad-hoc-Arbeitsgruppe den abgeleiteten Richtwert für Benzaldehyd in der Innenraumluft insgesamt nur unter Vorbehalt empfehlen und sieht ihn als vorläufig an:

Vorläufiger Richtwert II = 0,2 mg Benzaldehyd/m<sup>3</sup>

Entsprechend dem Basisschema [31] wird ein vorläufiger Richtwert I festgelegt:

Vorläufiger Richtwert I = 0,02 mg Benzaldehyd/m<sup>3</sup>

### Anmerkungen

Diese Mitteilung wurde federführend von Dr. Helmut Sagunski und Dr. Birger Heinzeow erstellt und im Februar 2010 von der Ad-hoc-Arbeitsgruppe Innenraumrichtwerte verabschiedet. Die Literaturrecherche wurde im Dezember 2009 abgeschlossen.

### Literatur

1. OECD (1996) Benzaldehyde. Screening information data set (SIDS). UNEP Publications, Washington. Unter: <http://www.inchem.org/documents/sids/sids/100527.pdf>
2. Horn W, Jann O, Kasche J, et al. (2007) Umwelt- und Gesundheitsanforderungen an Bauprodukte – Ermittlung und Bewertung der VOC-Emissionen und geruchlichen Belastungen. Texte 16/07. Umweltbundesamt, Berlin. Unter: <http://www.umweltbundesamt.de/publikationen/fpdf-l/3197.pdf>
3. Umweltbundesamt (2008) Vergleichswerte für flüchtige organische Verbindungen (VOC und Aldehyde) in der Innenraumluft von Haushalten in Deutschland. Bundesgesundheitsbl Gesundheitsforsch Gesundheitschutz 51:109–112
4. Ostendorp G, Riemer D, Harmel K, Heinzeow B (2009) Aktuelle Hintergrundwerte zur VOC-Belastung in Schulen und Kindergärten in Schleswig-Holstein. Umweltmed Forsch Prax 14:135–152
5. Fromme H, Heitmann D, Dietrich S et al. (2008) Raumluftqualität in Schulen – Belastungen von Klassenräumen mit Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>), flüchtigen organischen Verbindungen (VOC), Aldehyden, Endotoxinen und Katzenallergenen. Gesundheitswesen 70:88–97
6. Hofmann H, Pliening P (2008) Bereitstellung einer Datenbank zum Vorkommen von flüchtigen organischen Verbindungen in der Raumluft. Arbeitsgemeinschaft Ökologischer Forschungsinstitute (AGÖF) e. V., Springe-Eldagsen. Umweltbundesamt (Hrsg.), Berlin. Unter: <http://www.umweltbundesamt.de/publikationen/fpdf-l/3633.pdf>
7. Baudisch C (2010) Unveröffentlichte Messergebnisse des LAGUS-MV, Schwerin
8. Lahrz T, Piloty M, Pfeiler P, Honigmann I (2002) Messung von Schadstoffen an Berliner Büroarbeitsplätzen. Bericht des Instituts für Lebensmittel, Arzneimittel und Tierseuchen, Fachbereich Umwelt- und Gesundheitsschutz, Berlin
9. JECFA (2001) Summary of evaluations performed by the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives. 57th meeting. Tech Rep Ser 909-JECFA 57/73. Unter: [http://www.inchem.org/documents/jecfa/jecval/jec\\_176.htm](http://www.inchem.org/documents/jecfa/jecval/jec_176.htm)
10. Kutzman RS, Meyer GJ, Wolf AP (1980) Biodistribution and excretion of [<sup>14</sup>C]benzaldehyde by the rat after two-minute inhalation exposures. Xenobiotica 10:281–288
11. Laham S, Potvin M, Robinet M (1988) Metabolism of benzaldehyde in New Zealand White rabbits. Chemosphere 17:517–524
12. Laham S, Potvin M (1987) Biological conversion of benzaldehyde to benzylmercapturic acid in the Sprague-Dawley rat. Drug Chem Toxicol 10: 209–225
13. Wang RS, Nakajima T, Kawamoto T, Honma T (2002) Effects of aldehyde dehydrogenase-2 genetic polymorphisms on metabolism of structurally different aldehydes in human liver. Drug Metab Dispos 30:69–73
14. AIHA (1985) Workplace environmental exposure level guide. Benzaldehyde. Zitiert in: OECD (1996)
15. BIBRA (1989) Benzaldehyde. BIBRA Toxicity profile. Zitiert in: OECD (1996)
16. Schubert HJ (2006) Skin diseases in workers at a perfume factory. Contact dermatitis 55(2):81–83
17. Steinhagen WH, Barrow CS (1984) Sensory irritation structure-activity study of inhaled aldehydes in B6C3F1 and Swiss-Webster mice. Toxicol Appl Pharmacol 72:495–503
18. Buchbauer G, Jirovetz L, Jäger W et al. (1993) Fragrance compounds and essential oils with sedative effects upon inhalation. J Pharmaceut Sci 82(6):660–664
19. Laham S, Broxup B, Robinet M et al. (1991) Subacute inhalation toxicity of benzaldehyde in the Sprague-Dawley rat. Am Ind Hyg Assoc J 52: 503–510
20. Caprino L et al. (1976) European Patent Application 9(2):99–103. Zitiert in: OECD (1996)
21. Peresdou VP (1974) Gig. Trud Prof. Zabol. 11–44. Zitiert in: OECD (1996)
22. Kluwe WM, Montgomery CA, Giles HD, Prejean JD (1983) Encephalopathy in rats and nephropathy in rats and mice after subchronic oral exposure to benzaldehyde. Food Chem Toxicol 21:245–250
23. US-NTP (1990) Toxicology and carcinogenesis studies of benzaldehyde (CAS No. 100-52-7) in F344/N rats and B6C3F1 mice (gavage studies). Natl Toxicol Program Tech Rep Ser 378:1–195. Unter: [http://ntp.niehs.nih.gov/ntp/htdocs/lt\\_rpts/tr378.pdf](http://ntp.niehs.nih.gov/ntp/htdocs/lt_rpts/tr378.pdf)
24. DFG (1999) Benzaldehyd. Toxikologisch-arbeitsmedizinische Begründungen von MAK-Werten. Wiley-VCH, Weinheim
25. Kasamaki A, Takahashi H, Tsumura N, et al. (1982) Genotoxicity of flavoring agents. Mut Res 105: 387–392
26. Andersen A (2006) Final report on the safety assessment of benzaldehyde. Int J Toxicol 25 Suppl 1:11–27
27. Galloway SM, Armstrong MJ, Reuben C et al. (1987) Chromosome aberrations and sister chromatid exchanges in Chinese hamster ovary cells: Evaluation of 108 chemicals. Environ Mol Mutagen 10 Suppl 10:1–175
28. McGregor DB, Brown AG, Howgate S, et al. (1991) Responses for the L5178Y mouse lymphoma cell forward mutation assay. V. 27 coded chemicals. Environ Mol Mutagen 17:196–219
29. Klimisch HJ, Andree M, Tillmann U (1997) A systematic approach for evaluating the quality of experimental toxicological and ecotoxicological data. Regul Toxicol Pharmacol 25:1–5
30. Ad-hoc-Arbeitsgruppe Innenraumrichtwerte der IRK/AOLG (2009) Richtwerte für gesättigte azyklische aliphatische C<sub>4</sub>- bis C<sub>11</sub>-Aldehyde in der Innenraumluft. Bundesgesundheitsbl Gesundheitsforsch Gesundheitschutz 52:650–659
31. Ad-hoc-Arbeitsgruppe IRK/AOLG (1996) Richtwerte für die Innenraumluft: Basisschema. Bundesgesundheitsblatt 39:422–426
32. ECHA (2008) Guidance on information requirements and chemical safety assessment. Chapter R.8: Characterisation of dose [concentration]-response for human health. Europäische Chemikalienagentur. Unter: [http://guidance.echa.europa.eu/docs/guidance\\_document/information\\_requirements\\_r8\\_en.pdf?vers=20\\_08\\_08](http://guidance.echa.europa.eu/docs/guidance_document/information_requirements_r8_en.pdf?vers=20_08_08)