



**UNTERSUCHUNG VON RAUMLUFT AUF
FORMALDEHYD UND
FLÜCHTIGE ORGANISCHE VERBINDUNGEN**

**MUSIKSCHULE VELDEN
BÄCKERTEICHSTRASSE 1
9220 VELDEN**

UNTERSUCHUNGSBERICHT



Projektnummer: **T0.527**

Auftraggeber: **bauXund forschung und beratung gmbh**
Ungargasse 64-66/4/206
1030 Wien

Ort der Leistung: Musikschule Velden
Bäckerteichstraße 1
9220 Velden

Auftragnehmer: **IBO Innenraumanalytik OG**
Chemisches Labor – Technisches Büro für Physik
1150 Wien, Stutterheimstraße 16-18/2
Tel: 01-983 80 80 Fax: 01-983 80 80-15
e-mail: office@innenraumanalytik.at
home: www.innenraumanalytik.at

Projektleitung: Dipl. Ing. Bernhard Damberger
Mitarbeit: Dipl. Ing. Peter Tappler
Dipl. Ing. Claudia Schmöger

Datum der Ausstellung: 26.08.2015

INHALTSVERZEICHNIS

1	Aufgabenstellung	3
2	Untersuchung von Raumluf auf Formaldehyd.....	3
2.1	Probenahme und Analytik der Formaldehyduntersuchung	3
2.2	Beschreibung der Proben und Ergebnisse zur Formaldehyduntersuchung	3
2.3	Beurteilungsgrundlagen der Formaldehyd-Konzentration in der Raumluf	4
3	Untersuchung von Raumluf auf flüchtige organische Verbindungen	6
3.1	Beschreibung der Probenahme und Analytik der VOC-Untersuchung	6
3.2	Ergebnisse der Untersuchung auf VOC	7
3.3	Beurteilungsgrundlagen der VOC-Konzentration in der Raumluf	8
4	Bewertung der Ergebnisse.....	13
4.1	Bewertung der Ergebnisse der Formaldehyduntersuchung.....	13
4.2	Bewertung der Ergebnisse der VOC-Untersuchung	13

1 Aufgabenstellung

Es soll die Raumluft in einem Klassenzimmer im 1.OG der Musikschule in 9220 Velden auf Formaldehyd und flüchtige organische Verbindungen (VOC) untersucht werden. Die Ergebnisse der Messungen sollen in Hinblick auf bestehende Grenz-, Richt- und Referenzwerte bewertet werden.

2 Untersuchung von Raumluft auf Formaldehyd

2.1 Probenahme und Analytik der Formaldehyduntersuchung

Die Sammlung des Formaldehyds erfolgte durch Adsorption an DNPH Kartuschen [DNPH-SILICA Cartridge; Waters], wobei ein definiertes Luftvolumen durch das Röhrchen gesaugt wurde. Die chemische Untersuchung der Kartusche erfolgte nach DIN ISO 16000-3¹ mittels HPLC (High-Pressure-Liquid-Chromatography). Die vom Detektor erhaltenen Signale wurden mit Hilfe einer Auswertesoftware aufgezeichnet, wobei die Quantifizierung über die Peakflächen erfolgte. Die Messunsicherheit beträgt +/- 20%.

2.2 Beschreibung der Proben und Ergebnisse zur Formaldehyduntersuchung

Tabelle 2.2.1 Probenbeschreibung und Ergebnisse der Formaldehyduntersuchung

Probenbeschreibung			Anmerkungen
	Einheit	Daten	
Ort der Probenahme		Musikschule Velden, Bäckerteichstraße 1 9220 Velden	-
Raum / Messstelle		Klassenzimmer 1. OG	
Datum der Probenahme		04.08.2015	
Probenahme-Beginn	[hh:mm]	09:02	
Probenahme-Ende	[hh:mm]	10:10	
Sammelvolumen	[m ³]	0,090	
Luftdruck	[hPa]	962	
Mittlere Raumtemperatur	[°C]	23,7	
Mittlere relative Luftfeuchte	[%]	62	
Ergebnisse			
Substanz	Einheit	Konzentration	
Formaldehyd	[mg/m ³]	0,020	
	[ppm]	0,017	

¹ DIN ISO 16000-3: Innenraumluftverunreinigungen – Teil 3: Messen von Formaldehyd und anderen Carbonylverbindungen – Probenahme mit einer Pumpe (2009)

2.3 Beurteilungsgrundlagen der Formaldehyd-Konzentration in der Raumluft

Unterschiedliche Raumklimabedingungen können sich auf die Formaldehyd-Konzentration auswirken. Die Emissionsrate von Holzwerkstoffen, die in der Regel die Hauptquelle für Formaldehyd darstellen, wird wesentlich von der Temperatur und der relativen Luftfeuchte beeinflusst.

Ein Grenzwert für Formaldehyd in der Luft von Innenräumen² ist in Österreich nicht vorhanden. Für die Beurteilung von Formaldehyd in der Raumluft existiert eine Reihe von nationalen beziehungsweise internationalen Richtwerten, die in der nachfolgenden Tabelle dargestellt werden. Die auf ppm bzw. mg/m³ umgerechneten Werte, die vom Luftdruck und der bei der Messung herrschenden Temperatur abhängig sind, werden nur dort angegeben, wo sie explizit in der Originalliteratur genannt werden.

Tabelle 2.3.1 Richtwerte für Formaldehyd in Innenräumen

Formaldehyd	Raumluftkonzentration		Bemerkungen
	[ppm]	[mg/m ³]	
Umweltministerium (BMLFUW) und Österreichische Akademie der Wissenschaften ³	-	0,06	24-Stunden-Mittelwert
	-	0,10	Höchstwert, 30 Minuten Mittelwert
Weltgesundheitsorganisation (WHO)	-	0,1	30 Minuten Mittelwert ⁴
Bundesgesundheitsamt Deutschland ⁵	0,1	0,120	Richtwert auch unter ungünstigen Bedingungen einzuhalten, 2006 durch das deutsche Umweltbundesamt bestätigt

Formaldehyd wurde von der IARC (Untergruppe der WHO für Krebsforschung) als kanzerogen für den Menschen klassifiziert und in Kategorie 1 eingestuft. Laut einer Stellungnahme des deutschen Bundesinstitutes für Risikobewertung kann eine inhalative Formaldehydexposition beim Menschen Krebs auslösen und zu Tumoren der oberen Atemwege führen. Außerdem deuten die Ergebnisse von epidemiologischen Studien auf eine Assoziation zwischen der Formaldehydexposition durch Inhalation und der Entstehung von Leukämien hin. Es wird abgeleitet, dass eine Konzentration von 0,1 ppm Formaldehyd als sicher angesehen werden kann und das Krebsrisiko für den Menschen nicht nennenswert erhöht. Daher wird vom BfR und vom Umweltbundesamt⁶ ein "safe level" von 0,1 ppm empfohlen.

² Innenräume definiert in Anlehnung an die Richtlinie VDI 4300 Blatt 1, dies beinhaltet auch Räume an Arbeitsplätzen, die nicht im Hinblick auf den interessierenden Luftschadstoff arbeitnehmerschutzrechtlichen Bestimmungen unterliegen. Diese Definition entspricht auch der Definition der vom Umweltministerium und der österreichischen Akademie der Wissenschaften herausgegebenen Richtlinie zur Bewertung der Innenraumluft

³ BMLFUW (2011): 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)

⁴ WHO (2010): WHO-Guidelines for indoor air quality: selected pollutants. World Health Organisation (WHO), Regional Office for Europe, Copenhagen

⁵ Bundesgesundheitsamt-BGA (1977): Bewertungsmaßstab für Formaldehyd in der Raumluft. BGA-Pressedienst 19/77 vom 12.10.1977, auch: BGA (1984): Formaldehyd. Gemeinsamer Bericht des BGA, der BAU und des UBA. bzw. BGA (1992): Bekanntmachungen des BGA. Zur Gültigkeit des 0,1 ppm-Wertes für Formaldehyd. Bundesgesundheitsblatt 9/92. 482-483

⁶ Ad-hoc-AG (2006): Empfehlungen des Umweltbundesamt: Krebserzeugende Wirkung von Formaldehyd – Änderung des Richtwertes für die Innenraumluft von 0,1 ppm nicht erforderlich. Springer Medizin Verlag 20, Bundesgesundheitsbl - Gesundheitsforsch-Gesundheitsschutz 2006 • 49:1169.

Für Arbeitsräume, in denen Formaldehyd als Arbeitsstoff eingesetzt wird (z.B. Spitäler, Tischlereien, pharmazeutische und chemische Industrie) gilt der MAK Wert von 0,5 ppm (0,6 mg/m³) laut Grenzwertverordnung 2011⁷. Der MAK-Wert ist in der Regel zur Beurteilung der Raumluftkonzentration in Innenräumen wie Büros, Schulen, Wohnräume etc. nicht heranzuziehen.

Im Folgenden werden die einzelnen Richtwerte für Innenräume kurz erläutert.

Richtwerte der österreichischen Richtlinie zur Bewertung der Innenraumluft

Die Vorgangsweise zur Probenahme, Auswertung und Beurteilung von Formaldehyd in Innenräumen wurde in der vom Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft und der Österreichischen Akademie der Wissenschaften herausgegebenen „Richtlinie zur Bewertung der Innenraumluft“ dargestellt⁸. Ziel dieser Richtlinie ist es, eine österreichweit einheitliche Erfassung und Bewertung der Innenraumluft zu ermöglichen. Aufgrund der Unsicherheiten hinsichtlich der Reizwirkung im oberen Respirationstrakt bei sehr niedrigen Formaldehydkonzentrationen bei empfindlichen Erwachsenen und bei Kindern ist demnach eine formelle Ableitung eines wirkungsbezogenen Innenraumrichtwertes (WIR) derzeit nicht sinnvoll. Daher wird bezüglich der Beurteilung von Innenräumen empfohlen, den Richtwert der WHO (1983) als Wert mit keinem oder nur geringem Anlass zur Sorge für die menschliche Gesundheit von 0,06 mg/m³ bzw. für die Kurzzeitexposition den Wert der WHO-Air Quality Guidelines for Europe (2010) von 0,1 mg/m³ (angegeben mit einer zusätzlichen Nachkommastelle als 0,10 mg/m³) heranzuziehen. Der Beurteilungswert ist die Massekonzentration bezogen auf die Umgebungsbedingungen (aktuelle Temperatur, Luftfeuchte und Luftdruck des Raumes).

Richtwert Bundesgesundheitsamt (Deutschland):

Das Bundesgesundheitsamt Berlin hat 1977, 1984 und 1992 einen Richtwert von 0,1 ppm (angegeben wurde auch der Wert von 0,120 mg/m³) für die maximalen Immissionskonzentrationen in Innenräumen empfohlen, der auch unter ungünstigen Bedingungen einzuhalten ist. Der Wert von 0,1 ppm wurde 2006 durch das Umweltbundesamt in Hinblick auf die Vermeidung krebserzeugender Wirkung bestätigt. Dieser Wert dient in vielen Fällen als Interventionswert.

Richtwert Weltgesundheitsorganisation (WHO):

Die Weltgesundheitsorganisation legte in den aktuellen WHO-Guidelines for indoor air quality (2010)⁹ einen Richtwert von 0,1 mg/m³ als Halbstundenmittelwert fest.

⁷ Grenzwertverordnung: BGBl. II Nr. 253/2001: Verordnung des BM für Wirtschaft und Arbeit über Grenzwerte für Arbeitsstoffe und krebserzeugende Arbeitsstoffe (2011)

⁸ BMLFUW (2011): 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)

⁹ WHO (2010): WHO Guidelines for Indoor Air Quality: selected pollutants. Regional office for Europe

3 Untersuchung von Raumlufte auf flüchtige organische Verbindungen

3.1 Beschreibung der Probenahme und Analytik der VOC-Untersuchung

Die Probenahme erfolgte bei Normalbetrieb der raumluftechnischen Anlage. Laut Angaben des Auftraggebers wurden die untersuchten Räume mindestens acht Stunden vor der Probenahme verschlossen und anschließend nicht über Fenster gelüftet. Messplanung und Probenahme-strategie folgten der ÖNORM EN ISO 16000-1¹⁰ und 16000-5¹¹. Die Sammlung der flüchtigen organischen Verbindungen erfolgte gemäß ÖNORM M 5700-2¹² durch Adsorption an ein Adsorbens, wobei ein definiertes Luftvolumen durch ein Adsorptionsröhrchen [SKC, Anasorb 747] gesaugt wurde. Das Sammelvolumen ist auf die bei der Messung herrschenden Temperatur- und Luftdruckbedingungen bezogen. Die Probenahme erfolgte in Raummitte in einer Höhe zwischen 1,2 und 1,5 m. Die chemische Untersuchung erfolgte nach ÖNORM M 5700-2. Die flüchtigen organischen Verbindungen wurden mittels Kapillargaschromatographie mit gekoppeltem Massenspektrometer [Shimadzu QP-2010S] unter Verwendung einer Kapillarsäule [HP-VOC Fa. HEWLETT PACKARD] gegen externe und interne Standards bestimmt. Die Ergebnisse werden in µg/m³ (Mikrogramm pro Kubikmeter) angegeben. Die Messunsicherheit wird mit +/- 20 % abgeschätzt. Die angegebenen Konzentrationen der Einzelverbindungen sowie die Summenwerte wurden auf zwei signifikante Stellen gerundet.

Tabelle 3.1.1 Daten der Innenraumlufteprobenahmen flüchtige organische Verbindungen

	Einheit	Daten	Anmerkungen
Ort der Probenahme		Musikschule Velden, Bäckerteichstraße 1 9220 Velden	-
Raum / Messstelle		Klassenzimmer 1. OG	
Datum der Probenahme		04.08.2015	
Probenahme-Beginn	[hh:mm]	09:02	
Probenahme-Ende	[hh:mm]	10:10	
Sammelvolumen	[m ³]	0,090	
Luftdruck	[hPa]	962	
Mittlere Raumtemperatur	[°C]	23,6	
Mittlere relative Luftfeuchte	[%]	61	

¹⁰ ÖNORM EN ISO 16000-1: Innenraumlufteverunreinigungen, Teil 1: Allgem. Aspekte der Probenahmestrategie - 2006 06 01

¹¹ ÖNORM EN ISO 16000-5: Innenraumlufteverunreinigungen, Teil 5: Probenahmestrategie flüchtige organische Verbindungen (VOC) - 2007 06 01

¹² ÖNORM M 5700-2: Messen von Innenraumlufte-Verunreinigungen - Gaschromatographische Bestimmung organischer Verbindungen - Teil 2: Aktive Probenahme durch Anreicherung auf Aktivkohle - Lösemittelextraktion - 2002 08 01

3.2 Ergebnisse der Untersuchung auf VOC

Tabelle 3.2.1 Ergebnisse der Messung von flüchtigen organischen Verbindungen

Raum / Messstelle	Klassenzimmer 1. OG						
Datum der Probenahme	04.08.2015						
Substanz	Einheit	Konz.	BG	Substanz	Einheit	Konz.	BG
Aliphaten u. Alicyclen				Ester			
n-Hexan	[µg/m³]	n.b.	13	Ethylacetat	[µg/m³]	n.b.	8
n-Heptan	[µg/m³]	n.b.	4	iso-Propylacetat	[µg/m³]	n.b.	13
n-Octan	[µg/m³]	n.b.	4	iso-Butylacetat	[µg/m³]	n.b.	10
n-Nonan	[µg/m³]	n.b.	4	n-Butylacetat	[µg/m³]	n.b.	10
n-Decan	[µg/m³]	n.b.	4	1-Methoxy-2-Propylacetat (MPA)	[µg/m³]	n.b.	4
n-Undecan	[µg/m³]	n.b.	5	Texanoldiisobutytrat (TXIB)	[µg/m³]	n.b.	8
n-Dodecan	[µg/m³]	n.b.	6	Aldehyde			
n-Tridecan	[µg/m³]	n.b.	4	Pentanal	[µg/m³]	n.b.	10
n-Tetradecan	[µg/m³]	n.b.	6	Hexanal	[µg/m³]	n.b.	8
n-Pentadecan	[µg/m³]	n.b.	8	Heptanal	[µg/m³]	n.b.	8
n-Hexadecan	[µg/m³]	n.b.	8	Octanal	[µg/m³]	n.b.	13
Cyclohexan	[µg/m³]	n.b.	4	Nonanal	[µg/m³]	n.b.	13
Methylcyclohexan	[µg/m³]	n.b.	4	Decanal	[µg/m³]	n.b.	13
2.2.4.6.6-Pentamethylheptan	[µg/m³]	n.b.	6	Ketone			
Trimeres Isobuten I + II	[µg/m³]	n.b.	4	4-Methyl-2-Pentanon (MIBK)	[µg/m³]	n.b.	13
4-Phenylcyclohexen	[µg/m³]	n.b.	4	Cyclohexanon	[µg/m³]	n.b.	5
Aromaten				Acetophenon	[µg/m³]	n.b.	6
Benzol	[µg/m³]	n.b.	4	Benzophenon	[µg/m³]	n.b.	6
Toluol	[µg/m³]	n.b.	4	Terpene			
Ethylbenzol	[µg/m³]	n.b.	4	Alpha Pinen	[µg/m³]	25	5
m,p-Xylol	[µg/m³]	n.b.	4	Beta-Pinen	[µg/m³]	n.b.	5
o-Xylol	[µg/m³]	n.b.	5	3-Caren	[µg/m³]	n.b.	5
Styrol	[µg/m³]	n.b.	8	Limonen	[µg/m³]	n.b.	4
Propylbenzol	[µg/m³]	n.b.	4	Sonstige			
3-Ethyltoluol	[µg/m³]	n.b.	4	Octamethyltetracyclosiloxan	[µg/m³]	n.b.	8
2-Ethyltoluol	[µg/m³]	n.b.	4	Decamethylpentacyclosiloxan	[µg/m³]	n.b.	8
1,3,5-Trimethylbenzol	[µg/m³]	n.b.	5				
1,2,4-Trimethylbenzol	[µg/m³]	n.b.	5				
1,2,3-Trimethylbenzol	[µg/m³]	n.b.	4				
Chlorierte Substanzen				Summe Aromaten ident.	[µg/m³]	-	
Tetrachlorethen (PER)	[µg/m³]	n.b.	8	Summe VOC ident.	[µg/m³]	25	
Chlorbenzol	[µg/m³]	n.b.	4	Gesamt VOC	[µg/m³]	<100	

BG Bestimmungsgrenze (ist methodenbedingt die kleinste mit Sicherheit bestimmbare Konzentration und bezieht sich nicht auf das gesundheitliche Risiko der Verbindung)

n.b. nicht bestimmbar (Bestimmungsgrenze unterschritten)

Der Parameter SUMME VOC ident. bezeichnet die Summe der identifizierten Einzelverbindungen und wurde auf zwei signifikante Stellen gerundet. Der Parameter Gesamt VOC bezeichnet die Summe sämtlicher Verbindungen im Siedebereich C 6 bis C 15, wobei sowohl die eindeutig identifizierten als auch die Signale der nicht identifizierten Verbindungen über den Kalibrierstandard Toluol quantifiziert wurden.

3.3 Beurteilungsgrundlagen der VOC-Konzentration in der Raumluft

Der Begriff flüchtige organische Verbindungen (Volatile Organic Compounds = VOC) bezeichnet im Folgenden eine Gruppe organischer Verbindungen, die bei normalem Atmosphärendruck einen Siedebereich von etwa 50-100°C bis 240-260 °C aufweisen¹³. Die Ergebnisse einmaliger Messungen geben den Momentanzustand der Konzentrationen von flüchtigen organischen Verbindungen wieder und gelten für die zum Zeitpunkt der Messung herrschenden Bedingungen. Ein Vergleich mit durchschnittlichen Innenraumkonzentrationen an flüchtigen organischen Verbindungen beruht auf Angaben in der Literatur¹⁴ und auf Erfahrungen aus eigenen Untersuchungen.

Grenzwerte für flüchtige organische Verbindungen in der Luft von Innenräumen¹⁵ sind in Österreich nicht vorhanden. In einer vom Umweltministerium und der österreichischen Akademie der Wissenschaften herausgegebenen Richtlinie zur Bewertung der Innenraumluft werden Richtwerte für die Innenraumluft festgelegt¹⁶. Ziel dieser Richtlinie ist es, eine österreichweit einheitliche Erfassung und Bewertung der Innenraumluft zu ermöglichen. Die angegebenen Richtwerte sind als wirkungsbezogene Innenraumrichtwerte (WIR) definiert, wobei ein WIR jene Konzentration darstellt, bei dessen Unterschreitung gemäß dem derzeitigen Wissensstand mit keiner schädigenden Wirkung zu rechnen ist.

Für Tetrachlorethen (auch PER oder TCE) ist der WIR mit 250 µg/m³ und für Styrol mit 40 µg/m³ als 7-Tages-Mittelwerte festgelegt, für Toluol mit 75 µg/m³ als Stunden-Mittelwert. Bei Überschreitung dieser Werte sind Maßnahmen einzuleiten, die nach dem Stand der Technik geeignet sind, eine Reduktion der Raumluftkonzentration herbeizuführen. Bei Unterschreiten des Wertes von 10 µg/m³ Styrol bei einer Kurzzeitmessung unter worst-case Bedingungen wird davon ausgegangen, dass auch der WIR unterschritten ist. Eine Langzeitmessung ist dann nicht erforderlich.

Für die für den Menschen krebserregende Substanz Benzol werden keine wirkungsbezogenen Grenzkonzentrationen, sondern nur Werte zur Begrenzung des Krebsrisikos angegeben. In den Luftqualitätskriterien VOC¹⁷ wird ein Aktionswert von 10 µg/m³ und ein Zielwert von 2,5 µg/m³, jeweils als Jahresmittelwert angegeben. Nach Ansicht der WHO sollte die Konzentration an Benzol so stark wie möglich gesenkt werden¹⁸.

¹³ WHO (1989): Indoor Air Quality: organic pollutants. Euro Reports and Studies No. 111. Copenhagen: World Health Organisation, Regional Office for Europe

¹⁴ AGÖF- (2009): Orientierungswerte für Inhaltsstoffe von Raumluft und Hausstaub www.innenraumanalytik.at/pdfs/agoefreferenzwerte.pdf

¹⁵ Innenräume definiert in Anlehnung an die Richtlinie VDI 4300 Blatt 1, dies beinhaltet auch Räume an Arbeitsplätzen, die nicht im Hinblick auf den interessierenden Luftschadstoff arbeitnehmerschutzrechtlichen Bestimmungen unterliegen. Diese Definition entspricht auch der Definition der vom Umweltministerium und der österreichischen Akademie der Wissenschaften herausgegebenen Richtlinie zur Bewertung der Innenraumluft

¹⁶ BMLFUW (2011): 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)

¹⁷ Akademie der Wissenschaften (1997): Flüchtige Kohlenwasserstoffe in der Atmosphäre – Luftqualitätskriterien VOC, Band 2, Hrsg. Bundesministerium für Umwelt, Jugend und Familie

¹⁸ WHO (2010): WHO-Guidelines for indoor air quality: selected pollutants. World Health Organisation (WHO), Regional Office for Europe, Copenhagen

Zur Beurteilung weiterer Einzelsubstanzen bzw. Gruppen ähnlicher Substanzen können auch die von den deutschen Ad-hoc Arbeitsgruppen der IRK/AGLMB und der IRK/AOLG¹⁹ bzw. der Landesgesundheitsbehörde Hamburg für VOC festgelegten Richtwerte dienen. Es wurden zwei unterschiedlich hohe Richtwerte festgelegt²⁰: Bei Überschreitung von Richtwert II besteht unverzüglich Handlungsbedarf, da bei Daueraufenthalt in diesen Räumen eine gesundheitliche Gefährdung vorliegt. Bei Überschreitung von Richtwert I sind bei lebenslanger Exposition allein durch den Luftpfad gesundheitliche Beeinträchtigungen nicht auszuschließen. Eine Überschreitung des Richtwertes I ist mit einer über das übliche Maß hinausgehenden, hygienisch unerwünschten Belastung verbunden.

Aus kontrollierten Wirkungsstudien mit VOC-Gemischen definierter Zusammensetzung kann geschlossen werden, dass die Wahrscheinlichkeit für das Auftreten von Reizwirkungen und Geruchswahrnehmungen mit steigender Gesamtkonzentration des Gemisches, ausgedrückt als VOC-Gesamtkonzentration, zunimmt. Wegen der Variabilität der Zusammensetzung des VOC-Spektrums und der daraus resultierenden Vielfalt möglicher Wirkungsendpunkte lassen sich jedoch keine abgesicherten Dosis-Wirkungs-Beziehungen angeben. Mit steigender Konzentration nimmt jedoch die Wahrscheinlichkeit zu, dass sich spezifische Quellen an VOC in den jeweiligen Innenräumen befinden.

Aufgrund der beschriebenen Einschränkungen der Aussagekraft eines VOC-Summenparameters werden in der österreichischen Richtlinie zur Bewertung der Innenraumluft keine Richt-, sondern Orientierungswerte vorgeschlagen²¹. Diese Orientierungswerte basieren nicht auf einer toxikologischen Ableitung, sondern spiegeln die in der Praxis auftretenden Konzentrationsbereiche wider. Der VOC Summenparameter eignet sich demnach nicht als alleiniges Kriterium für eine allfällige gesundheitliche Bewertung, sondern ist vielmehr als einer der Indikatoren für die Gesamtsituation anzusehen. Kanzerogene und Geruchsstoffe sowie Verbindungen, für welche Einzelstoffbewertungen vorliegen, sind dabei einer gesonderten Betrachtung zu unterziehen.

¹⁹ Innenraumkommission / Arbeitsgemeinschaft der leitenden Medizinalbeamten der Länder bzw. Arbeitsgemeinschaft der obersten Landesgesundheitsbehörden, Deutschland

²⁰ Bundesgesundheitsblatt (1996): Richtwerte für die Innenraumluft: Basisschema – Bundesgesundheitsblatt 11/96 und Sagunski H (2004): Umgang mit innenraumbezogenen Beschwerden. In: Österr. Institut für Baubiologie und -ökologie (Hrsg.): Kongresstagungsband des Kongresses Gesunde Raumluft. Schadstoffe in Innenräumen – Prävention und Sanierung., Wien. IBO-Verlag, Wien: 129-134

²¹ BMLFUW (2011): 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)

Tabelle 3.3.1 Österreichische und deutsche Richtwerte für ausgewählte VOC

Substanz	Bezeichnung	Raumluftkonzentration [µg/m³]	Bemerkungen
Tetrachlorethen (TCE, PER)	WIR – wirkungsbezogener Innenraumrichtwert	250	7-Tages Mittelwert
	Grenzwert laut Bundesimmissionsschutzgesetz ²²	149 (0,1 mg/m³)	7-Tages Mittelwert Gültig in Deutschland
Styrol	WIR – wirkungsbezogener Innenraumrichtwert	40	7-Tages Mittelwert
		10	Stunden-Mittelwert, bei Überschreitung 7-Tages Messung erforderlich
	Deutsche Innenraumrichtwerte Ad-hoc Arbeitsgruppe der IRK/ AGLMB ²³	30	Richtwert I: keine Gefährdung
		30 ... 300	Zwischenbereich ^a
Toluol	WIR – wirkungsbez. Innenraumrichtwert	75	Stunden-Mittelwert
		300	Richtwert I: keine Gefährdung
		300 ... 3.000	Zwischenbereich ^a
Xylole	WIK – wirkungsbez. Immissionsgrenzkonzentration ²⁵	350	Tagesmittelwert
		2,5	Zielwert
		10	Aktionswert
Summe C ₁ -C ₄ -Alkylbenzole	Landesgesundheitsbehörde Hamburg, Deutschland ²⁷	300	Richtwert I: keine Gefährdung
		300 ... 3.000	Zwischenbereich ^a
		3.000	Richtwert II: Akuter Handlungsbedarf
Summe C ₉ -C ₁₅ -Alkylbenzole	Deutsche Innenraumrichtwerte Ad-hoc Arbeitsgruppe IRK/ AGLMB ²⁸	100	Richtwert I: Vorsorgewert
		100 ... 1.000	Zwischenbereich ^a
		1.000	Richtwert II: Gefahrenrichtwert
Summe C ₉ -C ₁₄ -Alkane/ -Isoalkane	Deutsche Innenraumrichtwerte Ad-hoc Arbeitsgruppe IRK/ AGLMB ²⁹	200	Richtwert I: Vorsorgewert
		200 ... 2.000	Zwischenbereich ^a
		2.000	Richtwert II: Gefahrenrichtwert

^a Zwischenbereich: hygienisch unerwünschte Situation

²² 2. Verordnung zum Bundesimmissionsschutzgesetz (1990): Verordnung zur Emissionsbegrenzung von leichtflüchtigen Halogenkohlenwasserstoffen (BGBl. I S. 2694), Deutschland

²³ Sagunski H (1998): Richtwerte für die Innenraumluft: Styrol, Bundesgesundheitsblatt 41 (9): 392-398

²⁴ Sagunski H (1996): Richtwerte für die Innenraumluft: Toluol. Bundesgesundheitsblatt 39 (11): 416-421

²⁵ Akademie der Wissenschaften (1997): Flüchtige Kohlenwasserstoffe in der Atmosphäre – Luftqualitätskriterien VOC, Band 2, Hrsg. Bundesministerium für Umwelt, Jugend und Familie

²⁶ Akademie der Wissenschaften (1997): Flüchtige Kohlenwasserstoffe in der Atmosphäre – Luftqualitätskriterien VOC, Band 2, Hrsg. Bundesministerium für Umwelt, Jugend und Familie

²⁷ Sagunski H (2004): Umgang mit innenraumbezogenen Beschwerden. In: Österr. Institut für Baubiologie und -ökologie (Hrsg.): Kongresstagungsband des Kongresses Gesunde Raumluft. Schadstoffe in Innenräumen – Prävention und Sanierung., Wien. IBO-Verlag.: 129-134

²⁸ Ad-hoc Arbeitsgruppe (2012): "Innenraumrichtwerte" der Innenraumlufthygiene-Kommission (IRK) des Umweltbundesamtes und der Obersten Landesgesundheitsbehörden. Richtwerte für C₉ – C₁₅-Alkylbenzole in der Innenraumluft PDF / 927 KB Bundesgesundheitsblatt 55 (2012) S. 1201-1214

²⁹ Sagunski H, Mangelsdorf I (2005): Richtwerte für die Innenraumluft: Aromatenarme Kohlenwasserstoffgemische (C₉-C₁₄). Bundesgesundheitsblatt-Gesundheitsforschung-Gesundheitsschutz 48

Tabelle 3.3.2 Deutsche Richtwerte für ausgewählte VOC

Substanz	Bezeichnung	Raumluftkonzentration [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Bemerkungen
Summe bicyclischer Terpene (Leitsubstanz α -Pinen) ^c	Deutsche Innenraumrichtwerte Ad-hoc Arbeitsgruppe der IRK/AGLMB ³⁰	200	Richtwert I: keine Gefährdung
		200 ... 2.000	Zwischenbereich ^a
		2.000	Richtwert II: Akuter Handlungsbedarf
Summe monocyclischer Monoterpene (Leitsubstanz Limonen) ^c	Deutsche Innenraumrichtwerte Ad-hoc Arbeitsgruppe der IRK/AGLMB ³¹	1.000	Richtwert I: keine Gefährdung
		1.000 ... 10.000	Zwischenbereich ^a
		10.000	Richtwert II: Akuter Handlungsbedarf
Summe gesättigte C ₄ -C ₁₁ -Aldehyde	Deutsche Innenraumrichtwerte Ad-hoc Arbeitsgruppe der IRK/AGLMB ³²	100	Richtwert I: keine Gefährdung
		100 ... 2.000	Zwischenbereich ^a
		2.000	Richtwert II: Akuter Handlungsbedarf
Zyklische Dimethylsiloxane D3-D6 (Summenrichtwert)	Deutsche Innenraumrichtwerte Ad-hoc Arbeitsgruppe der IRK/ AOLG ³³	400	Richtwert I: keine Gefährdung
		400 ... 4.000	Zwischenbereich ^a
		4.000	Richtwert II: Akuter Handlungsbedarf
Cyclohexan	Landesgesundheitsbehörde Hamburg, Deutschland ^b	400	Richtwert I: keine Gefährdung
		400 ... 4.000	Zwischenbereich ^a
		4.000	Richtwert II: Akuter Handlungsbedarf
Ethylbenzol	Deutsche Innenraumrichtwerte Ad-hoc Arbeitsgruppe der IRK/ AOLG ³⁴	200	Richtwert I: keine Gefährdung
		200 ... 2000	Zwischenbereich ^a
		2000	Richtwert II: Akuter Handlungsbedarf

^a Zwischenbereich: hygienisch unerwünschte Situation

^b Literaturzitat siehe C₁-C₄-Alkylbenzole

^c Bicyclische Terpene: zum Beispiel Alpha Pinen, Beta Pinen, 3-Caren, Monocyclische Terpene: zum Beispiel Limonen

³⁰ Sagunski H, Heinow B (2003): Richtwerte f. d. Innenraumluft: Bicyclische Terpene. Bundesgesundheitsblatt 46: 346-352.

³¹ Ad-hoc AG (2010): Richtwerte für monocyclische Monoterpene (Leitsubstanz d-Limonen). Bundesgesundheitsbl Gesundheitsforsch Gesundheitsschutz 53 (2010) S 1206-1215

³² Ad-hoc AG (2009): Richtwerte für gesättigte azyklische aliphatische C₄- bis C₁₁-Aldehyde in der Innenraumluft. Bundesgesundheitsbl Gesundheitsforsch Gesundheitsschutz 52. 650-659.

³³ Ad-hocArbeitsgruppe „Innenraumrichtwerte“ der Innenraumluftthygiene-Kommission (IRK) des Umweltbundesamtes und der Obersten Landesgesundheitsbehörden. Richtwerte für zyklische Dimethylsiloxane in der Innenraumluft. Bundesgesundheitsbl Gesundheitsforsch Gesundheitsschutz 54 (2011) S 388 - 400.

³⁴ Ad-hoc Arbeitsgruppe (2012): "Innenraumrichtwerte" der Innenraumluftthygiene-Kommission (IRK) des Umweltbundesamtes und der Obersten Landesgesundheitsbehörden. Richtwerte für Ethylbenzol in der Innenraumluft PDF / 627 KB Bundesgesundheitsblatt 55 (2012) S. 1192-1200

Es existieren weiters österreichische und deutsche Orientierungswerte für „Gesamt VOC“ bzw. TVOC (total volatile organic compounds). In Deutschland wurden zusätzlich für einzelne Substanzklassen von VOC Richt- und Zielwerte publiziert. Diese Werte stellen jedoch keine toxikologisch abgeleiteten Werte im Sinne von wirkungsbezogenen Innenraumrichtwerten dar.

Tabelle 3.3.3 Österreichische und deutsche Orientierungswerte „Gesamt VOC“

Bezeichnung	Bewertung der Konzentration	Raumluftkonzentration [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Bemerkungen
Österreichische Richtlinie zur Bewertung der Innenraumluft ³⁵	Niedrig	< 250	Keine Richtwerte, keine scharfen Abgrenzungen der Bereiche, keine toxikologische Bewertung, Angabe des Messverfahrens nötig
	Durchschnittlich	250 ... 500	
	Leicht erhöht	500 ... 1.000	
	Deutlich erhöht	1.000 ... 3.000	
	Stark erhöht	> 3.000	
Ad-hoc Arbeitsgruppe der IRK/ AGLMB ³⁶ definiert für TVOC	Hygienisch unbedenklich	< 300	Unbedenklich, soweit keine Richtwertüberschreitungen vorliegen Nutzung nur befristet akzeptabel (< 12 Monate) Nutzung nur befristet akzeptabel (< 1 Monat) Raumnutzung möglichst vermeiden
	Hygienisch noch unbedenklich	300 ... 1000	
	Hygienisch auffällig	1.000 ... 3.000	
	Hygienisch bedenklich	3.000 ... 10.000	
	Hygienisch inakzeptabel	> 10.000	

³⁵ BMLFUW (2011): 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)

³⁶ Ad-hoc Arbeitsgruppe der IRK/AGLMB (2007): Beurteilung der Innenraumluftkontaminationen mittels Referenz- und Richtwerten. Bundesgesundheitsblatt-Gesundheitsforschung-Gesundheitsschutz 50. 990-1005

4 Bewertung der Ergebnisse

4.1 Bewertung der Ergebnisse der Formaldehyduntersuchung

Im untersuchten Raum lag die Raumlufkonzentration an Formaldehyd in einem niedrigen Bereich, verglichen mit durchschnittlichen Innenraumkonzentrationen. Der Messwert lag deutlich unter dem Richtwert der österreichischen „Richtlinie zur Bewertung der Innenraumluft“ von $0,10 \text{ mg/m}^3$, einer Grenzkonzentration, die zur Beurteilung von Kurzzeitmessungen heranzuziehen ist. Der “safe level“ des deutschen BfR von $0,1 \text{ ppm}$ zur Vermeidung von Krebserkrankungen beim Menschen wurde eingehalten.

4.2 Bewertung der Ergebnisse der VOC-Untersuchung

In der Luft des untersuchten Raumes wurden flüchtige organische Verbindungen (VOC) in niedrigen und nicht auffälligen Konzentrationen nachgewiesen. Die in Österreich gültigen wirkungsbezogenen Innenraumrichtwerte (WIR) für Tetrachlorethen, Styrol und Toluol sowie die weiteren in den Beurteilungsgrundlagen genannten nationalen und internationalen Richtwerte für flüchtige organische Einzelsubstanzen und Substanzgruppen wurden im untersuchten Raum unterschritten.

Die festgestellte Gesamtkonzentration flüchtiger organischer Verbindungen war nach dem österreichischen Schema zur Bewertung der VOC-Summenkonzentrationen als „niedrig“ einzustufen. Der Summenwert lag im empfohlenen Zielbereich von bis zu etwa $0,3 \text{ mg/m}^3$, wobei dieser Zielbereich als langfristig anzustrebender, hygienischer Vorsorgebereich zu verstehen ist.



Dipl. Ing. Claudia Schmöger



Dipl. Ing. Peter Tappler

Dieser Bericht besteht aus 13 Seiten einschließlich Deckblatt und darf nur vollinhaltlich, ohne Weglassung oder Hinzufügung, veröffentlicht werden. Wird er auszugsweise vervielfältigt, so ist vorab die Genehmigung des Autors einzuholen. Dieser Bericht wurde nach bestem Wissen und Gewissen des Autors unter Bedachtnahme aller ihm bekannten und erhobenen Umstände erstellt. Die Ergebnisse und daraus abgeleitete Folgerungen beziehen sich ausschließlich auf den Untersuchungszeitraum und die zur Zeit der Untersuchung herrschenden Bedingungen. Für über die Aussagen des Berichts hinausgehende Folgerungen und Konsequenzen übernimmt der Aussteller keinerlei Haftung oder Schadenersatz.

Wird dieser Schriftsatz in einem Gerichtsverfahren als Beweismittel verwendet und wird einer der Mitarbeiter des Technischen Büros als Zeuge geladen (wird als Auftragsweiterung gewertet) oder wird der Auftrag generell erweitert, z.B. aufgrund ergänzender Fragestellungen, wird der Aufwand zu den entsprechenden Kostensätzen laut gültiger Preisliste (oder gegebenenfalls zu den ursprünglich vereinbarten Konditionen) dem Auftraggeber des Gutachtens in Rechnung gestellt.