



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

**OBJEKT
AM KRAUTGARTEN 19/ TOP 9
1220 WIEN**

UNTERSUCHUNGSBERICHT



Projektnummer: **O2-360-8**

Auftraggeber: **bauXund forschung und beratung GmbH**
Ungargasse 64-66/4/202
1030 Wien

Ort der Leistung: Objekt
Am Krautgarten 19/ Top 9
1220 Wien

Aussteller: **Innenraum Mess- & Beratungsservice**
Österreichisches Institut für Baubiologie und -ökologie GmbH
1090 Wien, Alserbachstraße 5/8

Analytische Untersuchung: **IBO Innenraumanalytik OG**
Chemisches Laboratorium – 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

Dipl. Ing. Bernhard Damberger
Dipl. Ing. Marie Jansson
Christoph Scharl

Datum der Ausstellung: 26.01.2011

INHALTSVERZEICHNIS

1	Aufgabenstellung	4
2	Untersuchung von Raumluft auf Formaldehyd	4
2.1	Probenahme und Analytik der Formaldehyduntersuchung.....	4
2.2	Beschreibung der Proben und Ergebnisse zur Formaldehyduntersuchung.....	5
2.3	Beurteilungsgrundlagen der Formaldehyd-Konzentration in der Raumluft	5
2.4	Bewertung der Ergebnisse der Formaldehyduntersuchung.....	7
3	Untersuchung von Raumluft auf flüchtige organische Verbindungen (VOC)	8
3.1	Probenahme und Analytik der VOC-Untersuchung	8
3.2	Beschreibung der Proben zur VOC-Untersuchung.....	9
3.3	Ergebnisse der Untersuchung auf VOC	10
3.4	Beurteilungsgrundlagen der VOC-Konzentration in der Raumluft	11
3.5	Bewertung der Ergebnisse der VOC-Untersuchung.....	16

1 Aufgabenstellung

Es soll die Raumluft in der Wohnküche des Top 9, am Krautgarten 19, 1220 Wien, 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

Laut Angaben des Auftraggebers wurden die untersuchten Räume mindestens acht Stunden vor der Probenahme verschlossen und anschließend nicht gelüftet. Messplanung und Probenahmestrategie gestalten sich laut ÖNORM EN ISO 16000-1¹ und ÖNORM EN ISO 16000-2². Die Probenahme erfolgte in Raummitte in einer Höhe zwischen 1,2 und 1,5 m.

Die Sammlung für die Bestimmung von Formaldehyd erfolgte durch Absorption des Aldehyds in einer wässrigen Lösung, welche Ammoniumacetat enthält, wobei ein definiertes Luftvolumen durch eine Gasprobenahmeapparatur gesaugt wird (Acetylaceton-Methode beschrieben in ÖNORM EN 717-1³, VDI 3484 Bl. 2⁴). Das Sammelvolumen ist auf trockene Luft und auf die bei der Messung herrschenden Temperatur- und Luftdruckbedingungen bezogen.

Zur analytischen Bestimmung wurde die Lösung mit Pentan-2,4-dion (Acetylaceton) versetzt, wobei Formaldehyd mit Pentan-2,4-dion in Anwesenheit von Ammoniumacetat unter Bildung von 3,5-Diacetyl-1,4-dihydrolutinidin reagiert. Die Absorption des gebildeten Farbstoffs, dessen Farbintensität proportional zur Konzentration in der Probe ist, wurde mit Hilfe eines Spektralphotometers [Shimadzu UV 1202] gemessen (in Anlehnung an ÖNORM EN 120⁵). Die Bestimmungsgrenze liegt bei 0,010 ppm bzw. 0,013 mg/m³ Formaldehyd. Die Bestimmungsgrenze ist methodenbedingt die kleinste mit Sicherheit bestimmbare Konzentration und bezieht sich nicht auf das gesundheitliche Risiko durch Formaldehyd. Die Ergebnisse sind in mg/m³ (Milligramm pro Kubikmeter) beziehungsweise in ppm (parts per million) angegeben und werden auf zwei signifikante Stellen gerundet. Die Konzentration in mg/m³ ist auf die bei der Messung herrschende Temperatur bzw. den Luftdruck bezogen. Die Messunsicherheit wird mit +/- 20% abgeschätzt.

¹ ÖNORM EN ISO 16000-1 (2006): Innenraumluftverunreinigungen, Teil 1: Allgemeine Aspekte der Probenahmestrategie - 2006 06 01

² ÖNORM EN ISO 16000-2 (2006): Innenraumluftverunreinigungen, Teil 2: Probenahmestrategie für Formaldehyd - 2006 06 01

³ ÖNORM EN 717-1 (2005): Holzwerkstoffe - Bestimmung der Formaldehydabgabe - Teil 1: Formaldehydabgabe nach der Prüfkammer-Methode - 2005 02 01

⁴ VDI 3484 Blatt 2 (2001): Messen von gasförmigen Immissionen - Messen von Innenraumluftverunreinigungen - Bestimmung der Formaldehydkonzentration nach der Acetylaceton-Methode - 11/2001

⁵ ÖNORM EN 120 (1993): Holzwerkstoffe - Bestimmung des Formaldehydgehaltes - Extraktionsverfahren, genannt Perforatormethode - 1993 02 01

Die Messung der Raumlufttemperatur sowie der relativen Luftfeuchtigkeit erfolgte mittels eines kalibrierten elektronischen Messgerätes (E+E Humiport 20), wobei die Daten in der Raummitte erfasst wurden.

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		Am Krautgarten 19/ 9 1220 Wien	
Raum / Messstelle		Wohnküche	
Datum der Probenahme		18.01.2011	
Probenahmebeginn	[hh:mm]	09:56	
Probenahmeende	[hh:mm]	10:21	
Sammelvolumen	[m ³]	0,078	
Mittlere Raumtemperatur	[°C]	20,4	
Mittlere rel. Luftfeuchte	[%]	38	
Luftdruck	[hPa]	1007	
Ergebnisse			
Substanz	Einheit	Konzentration	
Formaldehyd	[mg/m ³]	0,020	
	[ppm]	0,016	

2.3 Beurteilungsgrundlagen der Formaldehyd-Konzentration in der Raumluft

Unterschiedliche Raumklimabedingungen können sich auf die Formaldehyd-Konzentration auswirken. Die Ergebnisse einmaliger Messungen geben den Momentanzustand der Formaldehyd-Konzentration wieder und gelten für die zum Zeitpunkt der Messung herrschenden Bedingungen. 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 Innenräumen⁶ ist in Österreich nicht vorhanden. Für die Beurteilung von Formaldehyd in der Raumluft existieren 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.

⁶ 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

Tabelle 2.3.1 Richtwerte für Formaldehyd in Innenräumen

Formaldehyd	Raumluftkonzentration		Bemerkungen
	[ppm]	[mg/m ³]	
Umweltministerium (BMLFUW) und Österreichische Akademie der Wissenschaften ⁷	-	0,06	24-Stunden-Mittelwert
	-	0,10	Höchstwert, 30 Minuten Richtwert
Weltgesundheitsorganisation (WHO)	-	0,06	level of no concern ⁸
	-	0,1	30 Minuten Richtwert ⁹
Bundesgesundheitsamt Deutschland ¹⁰	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. Eine entsprechende Publikation der IARC ist zur Zeit in Vorbereitung ¹¹. Laut einer Stellungnahme der 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 Umweltbundesamt ¹² ein "safe level" von 0,1 ppm empfohlen.

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 2007 ¹³. Der MAK-Wert ist in der Regel zur Beurteilung der Raumluftkonzentration in Innenräumen wie Büros, Schulen, Wohnräume etc. nicht heranzuziehen.

⁷ BMLFUW (2009): Richtlinie zur Bewertung der Innenraumlufte, erarbeitet vom Arbeitskreis Innenraumlufte am Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft und der Österreichischen Akademie der Wissenschaften, Blau-Weiße Reihe (Loseblattsammlung), aktuelle Ausgabe, <http://www.innenraumanalytik.at/richtwerte.html>

⁸ WHO (1983): Indoor air pollutants: exposure and health effects. EURO Reports and Studies No. 78. WHO Regional Office for Europe, Copenhagen

⁹ WHO (2000): Air Quality Guidelines for Europe. Second Edition. WHO Regional Publications, European Series, No. 91. World Health Organisation (WHO), Regional Office for Europe, Copenhagen

¹⁰ Bundesgesundheitsamt-BGA (1977): Bewertungsmaßstab für Formaldehyd in der Raumlufte. 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

¹¹ IARC (2009): Overall Evaluations of Carcinogenicity to Humans; as evaluated in IARC Monographs Volume 88; <http://www-cie.iarc.fr/monoeval/crthgr01.html>

¹² Ad-hoc-AG (2006): Empfehlungen des Umweltbundesamtes: Krebs erzeugende Wirkung von Formaldehyd – Änderung des Richtwertes für die Innenraumlufte von 0,1 ppm nicht erforderlich. Springer Medizin Verlag 20, Bundesgesundheitsbl - Gesundheitsforsch-Gesundheitsschutz 2006 • 49:1169.

¹³ Grenzwertverordnung: BGBl. II Nr. 253/2001: Verordnung des BM für Wirtschaft und Arbeit über Grenzwerte für Arbeitsstoffe und krebserzeugende Arbeitsstoffe (2007)

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“ dargestellt¹⁴. 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 (2000) 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 maximale 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 Air Quality Guidelines for Europe (2000) einen Richtwert von 0,1 mg/m³ als Halbstundenmittelwert fest. Eine ältere Publikation der WHO (1983) definierte einen „level of no concern“ von 0,06 mg/m³, unter dem Gesundheitsschäden unwahrscheinlich sind.

2.4 Bewertung der Ergebnisse der Formaldehyduntersuchung

Im untersuchten Raum lag die gemessene Raumluftkonzentration an Formaldehyd in einem niedrigen Bereich, verglichen mit durchschnittlichen Innenraumkonzentrationen. Der Messwert lag unter dem Richtwert der österreichischen „Richtlinie zur Bewertung der Innenraumluft“ von 0,10 mg/m³, einer Grenzkonzentration, die zur Beurteilung von Kurzzeitmessungen heranzuziehen ist. Weiters wurde der „safe level“ des deutschen BfR von 0,1 ppm zur Vermeidung von Krebserkrankungen beim Menschen eingehalten.

¹⁴ BMLFUW (2009): Richtlinie zur Bewertung der Innenraumluft, erarbeitet vom Arbeitskreis Innenraumluft am Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft und der Österreichischen Akademie der Wissenschaften, Blau-Weiße Reihe (Loseblattsammlung), aktuelle Ausgabe, <http://www.innenraumanalytik.at/richtwerte.html>

3 Untersuchung von Raumluft auf flüchtige organische Verbindungen (VOC)

3.1 Probenahme und Analytik der VOC-Untersuchung

Laut Angaben des Auftraggebers wurden die untersuchten Räume mindestens acht Stunden vor der Probenahme verschlossen und anschließend nicht gelüftet. Messplanung und Probenahmestrategie folgten der ÖNORM EN ISO 16000-1¹⁵ und 16000-5¹⁶. Die Sammlung der flüchtigen organischen Verbindungen erfolgte laut ÖNORM M 5700-2¹⁷ 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 Aktivkohle wurde aus dem Adsorptionsröhrchen entnommen und mit Schwefelkohlenstoff (CS₂) eluiert. Der gewonnene CS₂-Extrakt gelangte direkt zur quantitativen Analyse. Die einzelnen 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 und sind auf die bei der Messung herrschende Temperatur bzw. den Luftdruck bezogen. Die Messunsicherheit wird mit +/- 20 % abgeschätzt. Die angegebenen Konzentrationen der Einzelverbindungen sowie die Summenwerte wurden auf zwei signifikante Stellen gerundet.

Die Messung der Raumlufttemperatur sowie der relativen Luftfeuchtigkeit erfolgte mittels eines kalibrierten elektronischen Messgerätes (E+E Humiport 20), wobei die Daten in der Raummitte erfasst wurden.

¹⁵ ÖNORM EN ISO 16000-1 (2006): Innenraumluftverunreinigungen, Teil 1: Allgemeine Aspekte der Probenahmestrategie - 2006 06 01

¹⁶ ÖNORM EN ISO 16000-5 (2007): Innenraumluftverunreinigungen, Teil 5: Probenahmestrategie flüchtige organische Verbindungen (VOC) - 2007 06 01

¹⁷ ÖNORM M 5700-2 (2002): Messen von Innenraumluft-Verunreinigungen - Gaschromatographische Bestimmung organischer Verbindungen - Teil 2: Aktive Probenahme durch Anreicherung auf Aktivkohle - Lösemittelextraktion - 2002 08 01

3.2 Beschreibung der Proben zur VOC-Untersuchung

Tabelle 3.2.1 Daten der Innenraumlufthprobenahmen flüchtige organische Verbindungen

	Einheit	Daten	Anmerkungen
Ort der Probenahme		Am Krautgarten 19/ 9 1220 Wien	
Raum / Messstelle		Wohnküche	
Datum der Probenahme		18.01.2011	
Probenahmebeginn	[hh:mm]	09:56	
Probenahmeende	[hh:mm]	10:21	
Sammelvolumen	[m ³]	0,099	
Mittlere Raumtemperatur	[°C]	20,4	
Mittlere rel. Luftfeuchte	[%]	38	
Luftdruck	[hPa]	1007	

3.3 Ergebnisse der Untersuchung auf VOC

Tabelle 3.3.1 Ergebnisse der Raumluftmessung auf flüchtige organische Verbindungen

Raum / Messstelle	Wohnküche						
Datum d. Probenahme	18.01.2011						
Substanz	Einheit	Konz.	BG	Substanz	Einheit	Konz.	BG
Aliphaten u. Alicyclen				Ester			
n-Heptan	[µg/m ³]	17	4	Ethylacetat	[µg/m ³]	n.b.	11
n-Octan	[µg/m ³]	n.b.	4	iso-Propylacetat	[µg/m ³]	n.b.	11
n-Nonan	[µg/m ³]	n.b.	4	iso-Butylacetat	[µg/m ³]	n.b.	9
n-Decan	[µg/m ³]	n.b.	4	n-Butylacetat	[µg/m ³]	n.b.	9
n-Undecan	[µg/m ³]	n.b.	5	1-Methoxy-2-Propylacetat (MPA)	[µg/m ³]	n.b.	4
n-Dodecan	[µg/m ³]	n.b.	6	Texanoldiisobutyrat (TXIB)	[µg/m ³]	n.b.	8
n-Tridecan	[µg/m ³]	n.b.	4	Aldehyde			
n-Tetradecan	[µg/m ³]	n.b.	6	Pentanal	[µg/m ³]	n.b.	9
n-Pentadecan	[µg/m ³]	n.b.	8	Hexanal	[µg/m ³]	13	8
n-Hexadecan	[µg/m ³]	n.b.	8	Heptanal	[µg/m ³]	n.b.	8
Cyclohexan	[µg/m ³]	10	4	Octanal	[µg/m ³]	n.b.	11
Methylcyclohexan	[µg/m ³]	5	4	Nonanal	[µg/m ³]	n.b.	11
2.2.4.6.6-Pentamethylheptan	[µg/m ³]	n.b.	6	Decanal	[µg/m ³]	n.b.	11
Trimeres Isobuten I + II	[µg/m ³]	n.b.	4	Ketone			
4-Phenylcyclohexen	[µg/m ³]	n.b.	4	4-Methyl-2-pentanon (MIBK)	[µg/m ³]	n.b.	11
Aromaten				Cyclohexanon	[µg/m ³]	n.b.	5
Benzol	[µg/m ³]	n.b.	4	Acetophenon	[µg/m ³]	n.b.	6
Toluol	[µg/m ³]	4	4	Benzophenon	[µg/m ³]	n.b.	6
Ethylbenzol	[µg/m ³]	n.b.	4	Terpene			
m,p-Xylol	[µg/m ³]	n.b.	4	Alpha Pinen	[µg/m ³]	n.b.	5
o-Xylol	[µg/m ³]	n.b.	5	Limonen	[µg/m ³]	n.b.	4
Styrol	[µg/m ³]	n.b.	8	Sonstige			
Propylbenzol	[µg/m ³]	n.b.	4	1-Butanol	[µg/m ³]	n.b.	6
2-Ethyltoluol	[µg/m ³]	n.b.	4	Octamethyltetracyclosiloxan	[µg/m ³]	n.b.	8
3-Ethyltoluol	[µg/m ³]	n.b.	4	Decamethylpentacyclosiloxan	[µg/m ³]	n.b.	8
1,3,5-Trimethylbenzol	[µg/m ³]	n.b.	5				
1,2,4-Trimethylbenzol	[µg/m ³]	n.b.	5				
1,2,3-Trimethylbenzol	[µg/m ³]	n.b.	4				
Chlorierte Substanzen				Summe Aromaten ident.	[µg/m ³]	4	
Tetrachlorethen (PER)	[µg/m ³]	n.b.	8	Summe VOC ident.	[µg/m ³]	49	
Chlorbenzol	[µg/m ³]	n.b.	4	Gesamt VOC	[µg/m ³]	210	

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.

3.4 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 aufweisen¹⁸.

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 Literatur¹⁹ und auf Erfahrungen aus eigenen Untersuchungen.

Grenzwerte für flüchtige organische Verbindungen in der Luft von Innenräumen²⁰ 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 festgelegt²¹. 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.

¹⁸ WHO (1989): Indoor Air Quality: organic pollutants. Euro Reports and Studies No. 111. Copenhagen: World Health Organisation, Regional Office for Europe

¹⁹ AGÖF- (2009): Orientierungswerte für Inhaltsstoffe von Raumluft und Hausstaub
www.innenraumanalytik.at/pdfs/agoefreferenzwerte.pdf

²⁰ 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

²¹ BMLFUW (2009): Richtlinie zur Bewertung der Innenraumluft, erarbeitet vom Arbeitskreis Innenraumluft am Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft und der Österreichischen Akademie der Wissenschaften, Blau- Weiße Reihe (Loseblattsammlung), aktuelle Ausgabe,
<http://www.innenraumanalytik.at/richtwerte.html>

Für die krebserregende Substanz Benzol werden keine wirkungsbezogenen Grenzkonzentrationen, sondern nur Werte zur Begrenzung des Krebsrisikos angegeben. In den Luftqualitätskriterien VOC²² wird ein Aktionswert von 10 µg/m³ und ein Zielwert von 2,5 µg/m³ jeweils als Jahresmittelwert angegeben.

Zur Beurteilung weiterer Einzelsubstanzen bzw. Gruppen ähnlicher Substanzen können auch die von der deutschen Ad-hoc Arbeitsgruppe der IRK/ AGLMB bzw. der Landesgesundheitsbehörde Hamburg für VOC festgelegten Richtwerte dienen. Es wurden zwei unterschiedlich hohe Richtwerte festgelegt²³: 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 vorgeschlagen²⁴. 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 vorliegenden, sind dabei einer gesonderten Betrachtung zu unterziehen.

²² Akademie der Wissenschaften (1997): Flüchtige Kohlenwasserstoffe in der Atmosphäre – Luftqualitätskriterien VOC, Band 2, Hrsg. Bundesministerium für Umwelt, Jugend und Familie

²³ 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

²⁴ BMLFUW (2009): Richtlinie zur Bewertung der Innenraumluft, erarbeitet vom Arbeitskreis Innenraumluft am Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft und der Österreichischen Akademie der Wissenschaften, Blau- Weiße Reihe (Loseblattsammlung), aktuelle Ausgabe, <http://www.innenraumanalytik.at/richtwerte.html>

Tabelle 3.4.1 Österreichische und deutsche Grenz- und Richtwerte für ausgewählte VOC

Substanz	Bezeichnung	Raumluftkonzentration [µg/m³]	Bemerkungen
Tetrachlorethen (TCE, PER)	WIR – wirkungsbezogener Innenraumrichtwert	250	7-Tages Mittelwert
	Grenzwert laut Bundesimmissionsschutzgesetz ²⁵	149 (0,1 mg/m³)	7-Tages Mittelwert Gültig in Deutschland
Styrol	WIR – wirkungsbezogener Innenraumrichtwert	40	7-Tages Mittelwert
		10	Stunden-Mittelwert, bei Unterschreitung keine 7-Tages Messung nötig
	Deutsche Innenraumrichtwerte Ad-hoc Arbeitsgruppe der IRK/ AGLMB ²⁶	30	Richtwert I: keine Gefährdung
		30 ... 300	Zwischenbereich ^a
	300	Richtwert II: Akuter Handlungsbedarf	
Toluol	WIR – wirkungsbez. Innenraumrichtwert	75	Stunden-Mittelwert
		300	Richtwert I: keine Gefährdung
	Deutsche Innenraumrichtwerte Ad-hoc Arbeitsgruppe der IRK/ AGLMB ²⁷	300 ... 3.000	Zwischenbereich ^a
		3.000	Richtwert II: Akuter Handlungsbedarf
Xylol	WIK – wirkungsbez. Immissionsgrenzk. ²⁸	350	Tagesmittelwert
Benzol	WIK – wirkungsbez. Immissionsgrenzk. ²⁹	2,5	Zielwert
		10	Aktionswert
Summe C ₁ -C ₄ -Alkylbenzole	Landesgesundheitsbehörde Hamburg, Deutschland ³⁰	300	Richtwert I: keine Gefährdung
		300 ... 3.000	Zwischenbereich ^a
		3.000	Richtwert II: Akuter Handlungsbedarf

^a Zwischenbereich: hygienisch unerwünschte Situation

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

²⁶ Sagunski H (1998): Richtwerte für die Innenraumluft: Styrol, Bundesgesundheitsblatt 41 (9): 392-398

²⁷ Sagunski H (1996): Richtwerte für die Innenraumluft: Toluol. Bundesgesundheitsblatt 39 (11): 416-421

²⁸ Akademie der Wissenschaften (1997): Flüchtige Kohlenwasserstoffe in der Atmosphäre – Luftqualitätskriterien VOC, Band 2, Hrsg. Bundesministerium für Umwelt, Jugend und Familie

²⁹ Akademie der Wissenschaften (1997): Flüchtige Kohlenwasserstoffe in der Atmosphäre – Luftqualitätskriterien VOC, Band 2, Hrsg. Bundesministerium für Umwelt, Jugend und Familie

³⁰ 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

Tabelle 3.4.2 Österreichische und deutsche Richtwerte für ausgewählte VOC

Substanz	Bezeichnung	Raumluftkonzentration [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Bemerkungen
Summe C ₉ -C ₁₄ -Alkane/ -Isoalkane	Deutsche Innenraumrichtwerte Ad-hoc Arbeitsgruppe IRK/ AGLMB ³¹	200	Richtwert I: Vorsorgewert
		200 ... 2.000	Zwischenbereich ^a
		2.000	Richtwert II: Gefahrenrichtwert
Summe bicyclischer Terpene ^c	Deutsche Innenraumrichtwerte Ad-hoc Arbeitsgruppe der IRK/ AGLMB ³²	200	Richtwert I: keine Gefährdung
		200 ... 2.000	Zwischenbereich ^a
		2.000	Richtwert II: Akuter Handlungsbedarf
Summe monocyclischer Terpene ^d	Landesgesundheits- behörde Hamburg, Deutschland ^b	200	Richtwert I: keine Gefährdung
		200 ... 2.000	Zwischenbereich ^a
		2.000	Richtwert II: Akuter Handlungsbedarf
N-Methylpyrrolidon	Landesgesundheits- behörde Hamburg, Deutschland ^b	40	Richtwert I: keine Gefährdung
		40 ... 400	Zwischenbereich ^a
		400	Richtwert II: Akuter Handlungsbedarf
Summe gesättigte C ₄ -C ₁₁ -Aldehyde	Deutsche Innenraumrichtwerte Ad-hoc Arbeitsgruppe der IRK/ AGLMB ³³	100	Richtwert I: keine Gefährdung
		100 ... 2.000	Zwischenbereich ^a
		2.000	Richtwert II: Akuter Handlungsbedarf
Decamethyl- pentacyclosiloxan (Siloxan D5)	Landesgesundheits- behörde Hamburg, Deutschland ^b	300	Richtwert I: keine Gefährdung
		300 ... 3.000	Zwischenbereich ^a
		3.000	Richtwert II: Akuter Handlungsbedarf
Texanoldiisobutyrat (TXIB)	Landesgesundheits- behörde Hamburg, Deutschland ^b	10	Richtwert I: keine Gefährdung
		10 ... 1.000	Zwischenbereich ^a
		1.000	Richtwert II: Akuter Handlungsbedarf
Cyclohexan	Landesgesundheits- behörde Hamburg, Deutschland ^b	400	Richtwert I: keine Gefährdung
		400 ... 4.000	Zwischenbereich ^a
		4.000	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
 d Monocyclische Terpene: zum Beispiel Limonen

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

³¹ Sagunski H, Mangelsdorf I (2005): Richtwerte für die Innenraumluft: Aromatenarme Kohlenwasserstoffgemische (C₉-C₁₄). Bundesgesundheitsblatt-Gesundheitsforschung-Gesundheitsschutz 48

³² Sagunski H, Heinzow B (2003): Richtwerte für die Innenraumluft: Bicyclische Terpene. Bundesgesundheitsblatt 46: 346-352

³³ Ad-hoc AG (2009): Richtwerte für gesättigte azyklische aliphatische C₄- bis C₁₁-Aldehyde in der Innenraumluft. Bundesgesundheitsbl Gesundheitsforsch Gesundheitsschutz 52. 650 -659

jedoch keine toxikologisch abgeleiteten Werte im Sinne von wirkungsbezogenen Innenraumrichtwerten dar.

Tabelle 3.4.3 Österreichische und deutsche Orientierungswerte „Gesamt VOC“

Bezeichnung	Bewertung der Konzentration	Raumluftkonzentration [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Bemerkungen
Österreichische Richtlinie zur Bewertung der Innenraumluft ³⁴	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	
Schleibinger et al. (2002) ³⁵	Zielwert	< 300	Keine Definition der Messmethodik, keine toxikologische Bewertung
	Richtwert	1.000	
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	

³⁴ BMLFUW (2009): Richtlinie zur Bewertung der Innenraumluft, erarbeitet vom Arbeitskreis Innenraumluft am Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft und der Österreichischen Akademie der Wissenschaften, Blau- Weiße Reihe (Loseblattsammlung), aktuelle Ausgabe, <http://www.innenraumanalytik.at/richtwerte.html>

³⁵ Schleibinger H et al. (2002): Ziel- und Richtwerte zur Bewertung der VOC-Konzentrationen in der Innenraumluft – ein Diskussionsbeitrag, Umweltmedizin in Forschung und Praxis 7 (3): 139-147

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

3.5 Bewertung der Ergebnisse der VOC-Untersuchung

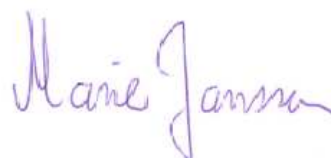
In der Luft des untersuchten Raumes wurden für neu errichtete Innenräume typische flüchtige organische Verbindungen (VOC) in nicht auffälligen Konzentrationen nachgewiesen.

Die in Österreich gültigen wirkungsbezogenen Innenraumrichtwerte (WIR) für Tetrachlorethen, Styrol und Toluol wurden im untersuchten Raum unterschritten.

Die festgestellte Gesamtkonzentration flüchtiger organischer Verbindungen war nach dem österreichischen Schema zur Bewertung der VOC-Summenkonzentrationen im untersuchten Raum 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. Bernhard Damberger



Dipl. Ing. Marie Jansson

Dieser Bericht besteht aus 16 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. Für über die Aussagen des Berichts hinausgehende Folgerungen und Konsequenzen übernimmt der Aussteller keinerlei Haftung oder Schadenersatz.