



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

**MUSTERWOHNUNG  
KARREE ST. MARX / BAUTEIL D  
STIEGE 1 / TOP 4  
ERNE-SEDER-GASSE 4-6  
A-1030 WIEN**

**UNTERSUCHUNGSBERICHT**



---

Projektnummer: **N2-691-1**

Auftraggeber: **Österr. Institut für Baubiologie und -ökologie GmbH**  
Alserbachstraße 5/8  
A-1090 Wien

Ort der Leistung: **Musterwohnung**  
Karree St. Marx / Bauteil D / Stiege 1 / Top 4  
Erne-Seder-Gasse 4-6  
A-1030 Wien

Aussteller: Innenraum Mess- & Beratungsservice  
Österreichisches Institut für Baubiologie und -ökologie GmbH  
A-1090 Wien, Alserbachstraße 5/8  
☎ 01 - 319 20 05 Fax: 01 - 319 20 05-50

Analytische Untersuchung: **IBO Innenraumanalytik OG**  
Chemisches Laboratorium – Technisches Büro für Physik  
A-1150 Wien, Stutterheimstraße 16-18/2  
☎ 01 - 983 80 80 Fax: 01 - 983 80 80-15  
email: [office@innenraumanalytik.at](mailto:office@innenraumanalytik.at)  
<http://www.innenraumanalytik.at>

Dipl. Ing. Marie Jansson  
Dipl. Ing. Claudia Schmöger

Datum der Ausstellung: 24.11.2009

---

## INHALTSVERZEICHNIS

<b>1</b>	<b>AUFGABENSTELLUNG.....</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>UNTERSUCHUNG VON RAUMLUFT AUF FORMALDEHYD .....</b>	<b>4</b>
2.1	Probenahme und Analytik der Formaldehyduntersuchung .....	4
2.2	Beschreibung der Proben und Ergebnisse zur Formaldehyduntersuchung .....	5
2.3	Beurteilung der Formaldehyd-Konzentration in der Raumluft.....	5
2.3.1	Allgemeines zur Beurteilung .....	5
2.3.2	Beurteilungsgrundlagen für Formaldehyd in der Raumluft .....	6
2.3.3	Bewertung der Ergebnisse der Formaldehyduntersuchung .....	8
<b>3</b>	<b>UNTERSUCHUNG VON RAUMLUFT AUF FLÜCHTIGE ORGANISCHE VERBINDUNGEN (VOC) .....</b>	<b>8</b>
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	Beurteilung der VOC-Konzentration in der Raumluft.....	12
3.4.1	Allgemeines zur Beurteilung .....	12
3.4.2	Bewertung der Ergebnisse der VOC-Untersuchung .....	16
<b>4</b>	<b>UNTERSUCHUNG VON RAUMLUFT AUF SCHIMMELPILZSPOREN – ÜBERSICHTSMESSUNG .....</b>	<b>17</b>
4.1	Probenahme und Analytik der Untersuchung der Raumluft auf Schimmelpilzsporen.....	17
4.2	Beschreibung der Proben und Ergebnisse der Untersuchung auf aerogene Schimmelpilzsporen.....	18
4.3	Beurteilungsgrundlagen für aerogene Schimmelpilzsporen .....	18
4.4	Bewertung der Ergebnisse der Untersuchung auf vitale Schimmelpilzsporen..	20

## 1 AUFGABENSTELLUNG

Es soll die Raumluft in der ausgewählten Musterwohnung in der Erne-Seder-Gasse 4-6, Karree St. Marx, Bauteil D, Stiege 1, Top 4, A-1030 Wien, auf Formaldehyd, flüchtige organische Verbindungen (VOC) sowie auf Schimmelpilzsporen (Pilze und Hefen) 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 wurde die untersuchte Musterwohnung mindestens acht Stunden vor der Probenahme verschlossen und anschließend nicht gelüftet. Die Messplanung und Probenahmestrategie gestaltet sich laut ÖNORM EN ISO 16000-1<sup>1</sup> und ÖNORM EN ISO 16000-2<sup>2</sup>. 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 717-1<sup>3</sup>, VDI 3484 Bl. 2<sup>4</sup>). 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 120<sup>5</sup>). Die Bestimmungsgrenze liegt bei 0,010 ppm bzw. 0,013 mg/m<sup>3</sup> 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/m<sup>3</sup> (Milligramm pro Kubikmeter) beziehungsweise in ppm (parts per

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

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

<sup>3</sup> ÖNORM EN 717-1 (2007): Holzwerkstoffe - Bestimmung der Formaldehydabgabe - Teil 1: Formaldehydabgabe nach der Prüfkammer-Methode - 2007 02 01

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

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

million) angegeben und werden auf zwei signifikante Stellen gerundet. Die Konzentration in mg/m<sup>3</sup> ist auf die bei der Messung herrschende Temperatur bzw. den Luftdruck bezogen. Die Messunsicherheit wird mit +/- 20% abgeschätzt.

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			
	Einheit	Daten	Daten
Ort der Probenahme		Karre St. Marx / Bauteil D Stiege 1 / Top 4	
Raum / Messstelle		Wohnzimmer	großes Schlafzimmer
Datum der Probenahme		05.11.2009	05.11.2009
Probenahmebeginn	[hh:mm]	15:20	16:00
Probenahmeende	[hh:mm]	15:55	16:35
Sammelvolumen	[m <sup>3</sup> ]	0,094	0,100
Mittlere Raumtemperatur	[°C]	18,1	18,1
Mittlere rel. Luftfeuchte	[%]	53	52
Luftdruck	[hPa]	995	995
Ergebnisse			
Substanz	Einheit	Konzentration	Konzentration
Konzentration	[mg/m <sup>3</sup> ]	n.b.	0,015
	[ppm]	n.b.	0,012

n.b. Bestimmungsgrenze unterschritten

## 2.3 Beurteilung der Formaldehyd-Konzentration in der Raumluft

### 2.3.1 Allgemeines zur Beurteilung

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.

Die Ergebnisse einmaliger Messungen geben den Momentanzustand der Formaldehyd-Konzentration wieder und gelten für die zum Zeitpunkt der Messung herrschenden Bedingungen.

### 2.3.2 Beurteilungsgrundlagen für Formaldehyd in der Raumluft

Ein Grenzwert für Formaldehyd in der Luft von Innenräumen<sup>6</sup> 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/m<sup>3</sup> 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 <sup>3</sup> ]	
Umweltministerium (BMLFUW) und Österreichische Akademie der Wissenschaften <sup>7</sup>	-	0,06	24-Stunden-Mittelwert
	-	0,10	Höchstwert, 30 Minuten Richtwert
Weltgesundheitsorganisation (WHO)	-	0,06	level of no concern <sup>8</sup>
	-	0,1	30 Minuten Richtwert <sup>9</sup>
Bundesgesundheitsamt Deutschland <sup>10</sup>	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<sup>11</sup>. 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

<sup>6</sup> 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

<sup>7</sup> 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>

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

<sup>9</sup> 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

<sup>10</sup> 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

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

kann und das Krebsrisiko für den Menschen nicht nennenswert erhöht. Daher wird vom BfR und vom Umweltbundesamt <sup>12</sup> 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/m<sup>3</sup>) laut Grenzwertverordnung 2007 <sup>13</sup>. 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“ dargestellt <sup>14</sup>. 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/m<sup>3</sup> bzw. für die Kurzzeiteexposition den Wert der WHO-Air Quality Guidelines for Europe (2000) von 0,1 mg/m<sup>3</sup> (angegeben mit einer zusätzlichen Nachkommastelle als 0,10 mg/m<sup>3</sup>) heranzuziehen. Der Beurteilungswert ist die Massekonzentration bezogen auf die Umgebungsbedingungen (aktuelle Temperatur, Luftfeuchte und Luftdruck des Raumes).

### **Richtwert Bundesgesundheitsamt (BRD):**

Das Bundesgesundheitsamt Berlin hat 1977, 1984 und 1992 einen Richtwert von 0,1 ppm (angegeben wurde auch der Wert von 0,120 mg/m<sup>3</sup>) 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/m<sup>3</sup> als Halbstundenmittelwert fest. Eine ältere Publikation der WHO (1983) definierte einen „level of no concern“ von 0,06 mg/m<sup>3</sup>, unter dem Gesundheitsschäden unwahrscheinlich sind.

<sup>12</sup> 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.

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

<sup>14</sup> 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>

### 2.3.3 Bewertung der Ergebnisse der Formaldehyduntersuchung

In den untersuchten Räumen lag die gemessene Raumluftkonzentration an Formaldehyd in einem niedrigen Bereich, verglichen mit durchschnittlichen Innenraumkonzentrationen. Die Messwerte lagen 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. Weiters wurde der “safe level“ des deutschen BfR von  $0,1 \text{ ppm}$  zur Vermeidung von Krebserkrankungen beim Menschen eingehalten.

## 3 UNTERSUCHUNG VON RAUMLUFT AUF FLÜCHTIGE ORGANISCHE VERBINDUNGEN (VOC)

### 3.1 Probenahme und Analytik der VOC-Untersuchung

Laut Angaben des Auftraggebers wurde die untersuchte Musterwohnung mindestens acht Stunden vor der Probenahme verschlossen und anschließend nicht gelüftet. Messplanung und Probenahmestrategie folgten den ÖNORM EN ISO 16000-1<sup>15</sup> und ÖNORM EN ISO 16000-5<sup>16</sup>. Die Sammlung der flüchtigen organischen Verbindungen erfolgte laut ÖNORM M 5700-2<sup>17</sup> 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 ( $\text{CS}_2$ ) eluiert. Der gewonnene  $\text{CS}_2$ -Extrakt gelangte direkt zur quantitativen Analyse. Die einzelnen flüchtigen organischen Verbindungen wurden mittels Kapillargaschromatographie mit gekoppeltem Massenspektrometer [Shimadzu QP 5000] unter Verwendung einer Kapillarsäule [HP-VOC Fa. HEWLETT PACKARD] gegen externe und interne Standards bestimmt. Die Ergebnisse werden in  $\mu\text{g/m}^3$  (Mikrogramm pro Kubikmeter) angegeben und sind auf die bei der Messung herrschende Temperatur bzw. den Luftdruck bezogen. Die Messunsicherheit wird mit  $\pm 20 \%$  abgeschätzt. Die angegebenen Konzentrationen der Einzelverbindungen sowie die Summenwerte wurden auf zwei signifikante Stellen gerundet.

---

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

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

<sup>17</sup> 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

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.

### 3.2 Beschreibung der Proben zur VOC-Untersuchung

Tabelle 3.2.1 Daten der Innenraumluftprobenahmen flüchtige organische Verbindungen

	Einheit	Daten	Daten
Ort der Probenahme		Karree St. Marx / Bauteil D Stiege 1 / Top 4	
Raum / Messstelle		Wohnzimmer	großes Schlafzimmer
Datum der Probenahme		05.11.2009	05.11.2009
Probenahmebeginn	[hh:mm]	15:20	16:00
Probenahmeende	[hh:mm]	15:55	16:35
Sammelvolumen	[m <sup>3</sup> ]	0,100	0,108
Mittlere Raumtemperatur	[°C]	18,1	18,1
Mittlere rel. Luftfeuchte	[%]	53	52
Luftdruck	[hPa]	995	995

### 3.3 Ergebnisse der Untersuchung auf VOC

Tabelle 3.3.1 Ergebnisse der Raumluftmessung auf flüchtige organische Verbindungen

Raum / Messstelle	Top 4 Wohnzimmer						
Datum d. Probenahme	05.11.2009						
Substanz	Einheit	Konz.	BG	Substanz	Einheit	Konz.	BG
<b>Aliphaten u. Alicyclen</b>				<b>Ester</b>			
n-Heptan	[µg/m³]	19	4	Ethylacetat	[µg/m³]	n.b.	11
n-Octan	[µg/m³]	n.b.	4	iso-Propylacetat	[µg/m³]	n.b.	11
n-Nonan	[µg/m³]	8	4	iso-Butylacetat	[µg/m³]	n.b.	9
n-Decan	[µg/m³]	22	4	n-Butylacetat	[µg/m³]	25	9
n-Undecan	[µg/m³]	18	5	1-Methoxy-2-Propylacetat (MPA)	[µg/m³]	n.b.	4
n-Dodecan	[µg/m³]	9	6	Texanoldiisobutyrat (TXIB)	[µg/m³]	n.b.	8
n-Tridecan	[µg/m³]	5	4	<b>Aldehyde</b>			
n-Tetradecan	[µg/m³]	n.b.	6	Pentanal	[µg/m³]	n.b.	9
n-Pentadecan	[µg/m³]	n.b.	8	Hexanal	[µg/m³]	n.b.	8
n-Hexadecan	[µg/m³]	n.b.	8	Heptanal	[µg/m³]	n.b.	8
Cyclohexan	[µg/m³]	18	4	Octanal	[µg/m³]	n.b.	11
Methylcyclohexan	[µg/m³]	6	4	Nonanal	[µg/m³]	n.b.	11
2.2.4.6.6-Pentamethylheptan	[µg/m³]	n.b.	6	Decanal	[µg/m³]	13	11
Trimeres Isobuten I + II	[µg/m³]	n.b.	4	<b>Ketone</b>			
4-Phenylcyclohexen	[µg/m³]	n.b.	4	4-Methyl-2-pentanon (MIBK)	[µg/m³]	n.b.	11
<b>Aromaten</b>				Cyclohexanon	[µg/m³]	n.b.	5
Benzol	[µg/m³]	n.b.	4	Acetophenon	[µg/m³]	n.b.	6
Toluol	[µg/m³]	n.b.	4	Benzophenon	[µg/m³]	n.b.	6
Ethylbenzol	[µg/m³]	4	4	<b>Terpene</b>			
m,p-Xylol	[µg/m³]	12	4	Alpha Pinen	[µg/m³]	n.b.	5
o-Xylol	[µg/m³]	n.b.	5	Limonen	[µg/m³]	n.b.	4
Styrol	[µg/m³]	n.b.	8	<b>Sonstige</b>			
Propylbenzol	[µg/m³]	n.b.	4	1-Butanol	[µg/m³]	n.b.	6
2-Ethyltoluol	[µg/m³]	n.b.	4	Octamethyltetracyclosiloxan	[µg/m³]	n.b.	8
3-Ethyltoluol	[µg/m³]	n.b.	4	Decamethylpentacyclosiloxan	[µg/m³]	n.b.	8
1,3,5-Trimethylbenzol	[µg/m³]	n.b.	5	2-Methylhexan <sup>a</sup>	[µg/m³]	27	8
1,2,4-Trimethylbenzol	[µg/m³]	n.b.	5	3-Methylhexan <sup>a</sup>	[µg/m³]	30	8
1,2,3-Trimethylbenzol	[µg/m³]	n.b.	4	<b>Summe Aromaten ident.</b>			
<b>Chlorierte Substanzen</b>				[µg/m³]	<b>16</b>		
Tetrachlorethen (PER)	[µg/m³]	n.b.	8	<b>Summe VOC ident.</b>			
Chlorbenzol	[µg/m³]	n.b.	4	[µg/m³]	<b>220</b>		
				<b>Gesamt VOC</b>			
				[µg/m³]	<b>500</b>		

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

n.b. Bestimmungsgrenze unterschritten

<sup>a</sup> Die Substanz(en) wurde(n) mit der geräteinternen Identifizierungs-Software (Datenbank NIST 62) identifiziert und über den Kalibrierstandard Toluol quantifiziert. Da die Wiederfindungsraten im speziellen Fall unbekannt sind, bildet die durchgeführte Analyse nur eine halbquantitative Abschätzung, das heißt, die tatsächlichen Konzentrationen dieser Substanzen können von den angegebenen Werten abweichen

Tabelle 3.3.2 Ergebnisse der Raumluftmessung auf flüchtige organische Verbindungen

Raum / Messstelle	Top 4 großes Schlafzimmer						
Datum d. Probenahme	05.11.2009						
Substanz	Einheit	Konz.	BG	Substanz	Einheit	Konz.	BG
<b>Aliphaten u. Alicyclen</b>				<b>Ester</b>			
n-Heptan	[µg/m³]	13	3	Ethylacetat	[µg/m³]	n.b.	10
n-Octan	[µg/m³]	n.b.	3	iso-Propylacetat	[µg/m³]	n.b.	10
n-Nonan	[µg/m³]	7	3	iso-Butylacetat	[µg/m³]	n.b.	9
n-Decan	[µg/m³]	19	3	n-Butylacetat	[µg/m³]	18	9
n-Undecan	[µg/m³]	16	5	1-Methoxy-2-Propylacetat (MPA)	[µg/m³]	n.b.	3
n-Dodecan	[µg/m³]	8	5	Texanoldiisobutytrat (TXIB)	[µg/m³]	n.b.	7
n-Tridecan	[µg/m³]	5	3	<b>Aldehyde</b>			
n-Tetradecan	[µg/m³]	n.b.	5	Pentanal	[µg/m³]	n.b.	9
n-Pentadecan	[µg/m³]	n.b.	7	Hexanal	[µg/m³]	n.b.	7
n-Hexadecan	[µg/m³]	n.b.	7	Heptanal	[µg/m³]	n.b.	7
Cyclohexan	[µg/m³]	17	3	Octanal	[µg/m³]	n.b.	10
Methylcyclohexan	[µg/m³]	4	3	Nonanal	[µg/m³]	n.b.	10
2.2.4.6.6-Pentamethylheptan	[µg/m³]	n.b.	5	Decanal	[µg/m³]	12	10
Trimeres Isobuten I + II	[µg/m³]	n.b.	3	<b>Ketone</b>			
4-Phenylcyclohexen	[µg/m³]	n.b.	3	4-Methyl-2-pentanon (MIBK)	[µg/m³]	n.b.	10
<b>Aromaten</b>				Cyclohexanon	[µg/m³]	n.b.	5
Benzol	[µg/m³]	n.b.	3	Acetophenon	[µg/m³]	n.b.	5
Toluol	[µg/m³]	n.b.	3	Benzophenon	[µg/m³]	n.b.	5
Ethylbenzol	[µg/m³]	4	3	<b>Terpene</b>			
m,p-Xylol	[µg/m³]	11	3	Alpha Pinen	[µg/m³]	n.b.	5
o-Xylol	[µg/m³]	n.b.	5	Limonen	[µg/m³]	n.b.	3
Styrol	[µg/m³]	n.b.	7	<b>Sonstige</b>			
Propylbenzol	[µg/m³]	n.b.	3	1-Butanol	[µg/m³]	n.b.	6
2-Ethyltoluol	[µg/m³]	4	3	Octamethyltetracyclosiloxan	[µg/m³]	n.b.	7
3-Ethyltoluol	[µg/m³]	n.b.	3	Decamethylpentacyclosiloxan	[µg/m³]	n.b.	7
1,3,5-Trimethylbenzol	[µg/m³]	n.b.	5	2-Methylhexan <sup>a</sup>	[µg/m³]	17	7
1,2,4-Trimethylbenzol	[µg/m³]	n.b.	5	3-Methylhexan <sup>a</sup>	[µg/m³]	21	7
1,2,3-Trimethylbenzol	[µg/m³]	n.b.	3	<b>Summe Aromaten ident.</b>			
<b>Chlorierte Substanzen</b>					[µg/m³]	<b>19</b>	
Tetrachlorethen (PER)	[µg/m³]	n.b.	7	<b>SUMME VOC ident.</b>			
Chlorbenzol	[µg/m³]	n.b.	3		[µg/m³]	<b>180</b>	
				<b>Gesamt VOC</b>			
					[µg/m³]	<b>390</b>	

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

n.b. Bestimmungsgrenze unterschritten

<sup>a</sup> Die Substanz(en) wurde(n) mit der geräteinternen Identifizierungs-Software (Datenbank NIST 62) identifiziert und über den Kalibrierstandard Toluol quantifiziert. Da die Wiederfindungsraten im speziellen Fall unbekannt sind, bildet die durchgeführte Analyse nur eine halbquantitative Abschätzung, das heißt, die tatsächlichen Konzentrationen dieser Substanzen können von den angegebenen Werten abweichen

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 Beurteilung der VOC-Konzentration in der Raumluft

#### 3.4.1 Allgemeines zur Beurteilung

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 aufweisen<sup>18</sup>.

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 Literatur<sup>19</sup> und auf Erfahrungen aus eigenen Untersuchungen.

Grenzwerte für flüchtige organische Verbindungen in der Luft von Innenräumen<sup>20</sup> 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 festgelegt<sup>21</sup>. 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/m<sup>3</sup> und für Styrol mit 40 µg/m<sup>3</sup> als 7-Tages-Mittelwerte festgelegt, für Toluol mit 75 µg/m<sup>3</sup> als Stunden-Mittelwert. Bei Überschreitung dieser Werte sind Maßnahmen einzuleiten, die nach dem Stand der Technik geeignet sind, eine Reduktion der Raumluftkonzentration herbeizuführen. Bei

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

<sup>19</sup> AGÖF- (2009): Orientierungswerte für Inhaltsstoffe von Raumluft und Hausstaub  
[www.innenraumanalytik.at/pdfs/agoefreferenzwerte.pdf](http://www.innenraumanalytik.at/pdfs/agoefreferenzwerte.pdf)

<sup>20</sup> 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

<sup>21</sup> 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>

Unterschreiten des Wertes von  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  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 krebserregende Substanz Benzol werden keine wirkungsbezogenen Grenzkonzentrationen, sondern nur Werte zur Begrenzung des Krebsrisikos angegeben. In den Luftqualitätskriterien VOC<sup>22</sup> wird ein Aktionswert von  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  und ein Zielwert von  $2,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  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 festgelegt<sup>23</sup>: Bei Überschreitung von Richtwert II besteht unverzüglich Handlungsbedarf, da bei Überschreitungen dieses Richtwertes 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 vorgeschlagen<sup>24</sup>. 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

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

<sup>23</sup> 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

<sup>24</sup> 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>

Einzelstoffbewertungen vorliegenden, sind dabei einer gesonderten Betrachtung zu unterziehen.

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 Bundesimmissionschutzgesetz <sup>25</sup>	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 <sup>26</sup>	30	Richtwert I: keine Gefährdung
		30 ... 300	Zwischenbereich <sup>a</sup>
		300	Richtwert II: Akuter Handlungsbedarf
Toluol	WIR – wirkungsbez. Innenraumrichtwert	75	Stunden-Mittelwert
	Deutsche Innenraumrichtwerte Ad-hoc Arbeitsgruppe der IRK/ AGLMB <sup>27</sup>	300	Richtwert I: keine Gefährdung
		300 ... 3.000	Zwischenbereich <sup>a</sup>
		3.000	Richtwert II: Akuter Handlungsbedarf
Xylole	WIK – wirkungsbez. Immissionsgrenzk. <sup>28</sup>	350	Tagesmittelwert
Benzol	WIK – wirkungsbez. Immissionsgrenzk. <sup>29</sup>	2,5	Zielwert
		10	Aktionswert
Summe C <sub>1</sub> -C <sub>4</sub> -Alkylbenzole	Landesgesundheitsbehörde Hamburg, Deutschland <sup>30</sup>	300	Richtwert I: keine Gefährdung
		300 ... 3.000	Zwischenbereich <sup>a</sup>
		3.000	Richtwert II: Akuter Handlungsbedarf

<sup>a</sup> Zwischenbereich: hygienisch unerwünschte Situation

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

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

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

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

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

<sup>30</sup> 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 <sub>9</sub> -C <sub>14</sub> -Alkane/ -Isoalkane	Deutsche Innenraumrichtwerte Ad-hoc Arbeitsgruppe IRK/ AGLMB <sup>31</sup>	200	Richtwert I: Vorsorgewert
		200 ... 2.000	Zwischenbereich <sup>a</sup>
		2.000	Richtwert II: Gefahrenrichtwert
Summe bicyclischer Terpene	Deutsche Innenraumrichtwerte Ad-hoc Arbeitsgruppe der IRK/ AGLMB <sup>32</sup>	200	Richtwert I: keine Gefährdung
		200 ... 2.000	Zwischenbereich <sup>a</sup>
		2.000	Richtwert II: Akuter Handlungsbedarf
Summe monocyclischer Terpene	Landesgesundheits- behörde Hamburg, Deutschland <sup>b</sup>	200	Richtwert I: keine Gefährdung
		200 ... 2.000	Zwischenbereich <sup>a</sup>
		2.000	Richtwert II: Akuter Handlungsbedarf
N-Methylpyrrolidon	Landesgesundheits- behörde Hamburg, Deutschland <sup>b</sup>	40	Richtwert I: keine Gefährdung
		40 ... 400	Zwischenbereich <sup>a</sup>
		400	Richtwert II: Akuter Handlungsbedarf
Summe gesättigte C <sub>4</sub> -C <sub>11</sub> -Aldehyde	Deutsche Innenraumrichtwerte Ad-hoc Arbeitsgruppe der IRK/ AGLMB <sup>33</sup>	100	Richtwert I: keine Gefährdung
		100 ... 2.000	Zwischenbereich <sup>a</sup>
		2.000	Richtwert II: Akuter Handlungsbedarf
Decamethyl- pentacyclosiloxan (Siloxan D5)	Landesgesundheits- behörde Hamburg, Deutschland <sup>b</sup>	300	Richtwert I: keine Gefährdung
		300 ... 3.000	Zwischenbereich <sup>a</sup>
		3.000	Richtwert II: Akuter Handlungsbedarf
Texanoldiisobutyrat (TXIB)	Landesgesundheits- behörde Hamburg, Deutschland <sup>b</sup>	10	Richtwert I: keine Gefährdung
		10 ... 1.000	Zwischenbereich <sup>a</sup>
		1.000	Richtwert II: Akuter Handlungsbedarf

<sup>a</sup> Zwischenbereich: hygienisch unerwünschte Situation

<sup>b</sup> Literaturzitat siehe C<sub>1</sub>-C<sub>4</sub>-Alkylbenzole

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.

<sup>31</sup> Sagunski H, Mangelsdorf I (2005): Richtwerte für die Innenraumluft: Aromatenarme Kohlenwasserstoffgemische (C<sub>9</sub>-C<sub>14</sub>). Bundesgesundheitsblatt-Gesundheitsforschung-Gesundheitsschutz 48

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

<sup>33</sup> Ad-hoc AG (2009): Richtwerte für gesättigte azyklische aliphatische C<sub>4</sub>- bis C<sub>11</sub>-Aldehyde in der Innenraumluft. Bundesgesundheitsbl Gesundheitsforsch Gesundheitsschutz 52. 650 -659

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 <sup>34</sup>	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) <sup>35</sup>	Zielwert	< 300	Keine Definition der Messmethodik, keine toxikologische Bewertung
	Richtwert	1.000	
Ad-hoc Arbeitsgruppe der IRK/ AGLMB <sup>36</sup> 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	

### 3.4.2 Bewertung der Ergebnisse der VOC-Untersuchung

In der Luft der untersuchten Räume wurden für erst kürzlich fertig gestellte Innenräume typische flüchtige organische Verbindungen (VOC) in nicht auffälligen Konzentrationen nachgewiesen.

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

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

<sup>34</sup> 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>

<sup>35</sup> 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

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

## 4 UNTERSUCHUNG VON RAUMLUFT AUF SCHIMMELPILZSPOREN – ÜBERSICHTSMESSUNG

### 4.1 Probenahme und Analytik der Untersuchung der Raumluft auf Schimmelpilzsporen

Laut Angaben des Auftraggebers wurde die untersuchte Musterwohnung mindestens acht Stunden vor der Probenahme verschlossen und anschließend nicht gelüftet. Die Probenahmen zur Untersuchung auf Schimmelpilzsporen erfolgten in Anlehnung an VDI 4300 Blatt 10<sup>37</sup>, soweit nicht anders angegeben, jeweils in Raummitte, in einer Höhe von etwa 1,5 m über Bodenniveau. Als Vergleichswerte dienten Messungen der aktuellen Außenluft.

Als Probenahmegerät wurde ein Luftkeimsammler [MAS-100, Fa. Merck] eingesetzt, der nach dem Impaktionsverfahren zur Bestimmung der vitalen Schimmelpilze arbeitet. Die nominale Luftstrom-Rate beträgt 100 Liter pro Minute ( $\pm 2,5\%$ ). Als Nährmedium wurde Dichloran-Glycerin (DG18)-Agar zur Isolierung und Zählung von kultivierbaren Schimmelpilzen [Fa. Merck] verwendet.

Zur Bestimmung der Gesamtkonzentration Pilze und Hefen (vitale mesophile Schimmelpilze) wurden pro Messpunkt drei Einzelbeprobungen mit je 100 Liter Sammelvolumen durchgeführt. Nach der Probenahme wurden die Nährmedien 3 bis 7 Tage bei 23 °C ( $\pm 3$  °C) bebrütet. Zur Bestimmung der Luftkonzentration von vitalen thermophilen Pilzen wurden Einzelbeprobungen von je 200 Liter Volumen durchgeführt. Die Auszählung erfolgte nach Bebrütung der Luftkeimindikatoren über 48 bis 72 Stunden bei 37 °C ( $\pm 1$  °C).

Der Keimgehalt wurde durch Auszählung der bei der Bebrütung gebildeten makroskopisch sichtbaren Kolonien bestimmt. Als Ergebnis wird die auf Basis der differenzierten und ausgezählten Kolonien und unter Berücksichtigung der Sammelcharakteristik des Sammlers errechnete Konzentration in koloniebildenden Einheiten pro Kubikmeter Luft (KBE/m<sup>3</sup>) angegeben. Das Ergebnis wird auf maximal zwei signifikante Stellen gerundet.

Befinden sich auf den Nährmedium-Platten im Durchschnitt vier bis zehn oder mehr als 100 Kolonien, so wird das Ergebnis als „semiquantitativ“ gekennzeichnet. Unter vier Kolonien pro Platte ist eine Konzentrationsberechnung nicht sinnvoll, in diesem Fall wird das Ergebnis als „nicht bestimmbar“ (Abkürzung „n.b.“) angegeben.

Die Messung der Lufttemperatur sowie der relativen Luftfeuchtigkeit erfolgte mittels eines kalibrierten elektronischen Messgerätes (E+E Humiport 20).

---

<sup>37</sup> VDI 4300 Blatt 10 (2008): Messung von Innenraumverunreinigungen. Messstrategien zum Nachweis von Schimmelpilzen in Innenräumen. VDI/DIN-Handbuch Reinhaltung der Luft, Band 5: Analysen- und Messverfahren II, Juli 2008

## 4.2 Beschreibung der Proben und Ergebnisse der Untersuchung auf aerogene Schimmelpilzsporen

Bei den angegebenen Messergebnissen handelt es sich um das arithmetische Mittel aus den Einzelmessungen. Die Messwerte beziehen sich ausschließlich auf die zur Zeit der Untersuchung herrschenden Bedingungen.

Tabelle 4.2.1 Daten und Ergebnisse der Luftprobenahmen – aerogene Schimmelpilzsporen

Datum der Probenahme: 05.11.2009			Uhrzeit der Probenahme: 15:10 bis 16:15		
Raum / Messstelle	Luft-Temperatur [°C]	Relative Luftfeuchte [%]	Gesamtkeimzahl [KBE/m³]	Keimzahl thermophiler Pilze [KBE/m³]	Anmerkungen
Top 4 Wohnzimmer	18,1	53	<b>480</b>	<b>80</b>	
Top 4 großes Schlafzimmer	18,1	52	<b>390</b>	<b>n.b.</b>	
Außenluft (Balkon)	8,1	59	<b>830</b>	<b>n.b.</b>	

n.b. nicht bestimmbar

## 4.3 Beurteilungsgrundlagen für aerogene Schimmelpilzsporen

Grenz- oder Richtwerte für die Belastung der Raumluft mit Pilzsporen in der Luft von Innenräumen<sup>38</sup> sind in Österreich nicht vorhanden.

Beim Auftreten erhöhter Sporenkonzentrationen durch Quellen im Innenraum besteht die Gefahr, dass die regelmäßige Exposition gegenüber einer erhöhten Sporenmenge insbesondere für Allergiker sensibilisierend wirkt, und zwar spezifisch auf die im Lebensraum vorhandenen Schimmelpilzarten<sup>39</sup>. Eine nachgewiesene Kontamination kann aber auch für Nicht-Allergiker ein mögliches Gesundheitsrisiko bedeuten. Für eine Beurteilung der Situation ist, vor allem bei höheren Konzentrationen, nicht allein die Anzahl der Sporen, sondern zusätzlich die Kenntnis der Artenzusammensetzung von Bedeutung.

Das Ausmaß einer Gesundheitsgefährdung ist abhängig von der Art des Schadens und der Empfindlichkeit der Raumnutzer. Im Positionspapier zu Schimmelpilzen in Innenräumen<sup>40</sup> des Arbeitskreises Innenraumluft des österreichischen Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft wird ausgeführt: „Aus epidemiologischen Studien geht eindeutig hervor, dass bei Schimmelpilzwachstum gesundheitliche Beeinträchti-

<sup>38</sup> Innenräume definiert in Anlehnung an die Richtlinie VDI 4300 Blatt 1, dies beinhaltet auch Räume an Arbeitsplätzen, die nicht im Hinblick auf den interessierenden Luftinhaltsstoff arbeitnehmerschutzrechtlichen Bestimmungen unterliegen

<sup>39</sup> Gams (1998): Schimmelpilze in Innenräumen; Umwelt & Gesundheit Heft 4/1998, 9. Jahrgang

<sup>40</sup> AK Innenraumluft am BMLFUW (2009): Positionspapier zu Schimmelpilzen in Innenräumen, veröffentlicht am 11.11.2004, aktualisiert Januar 2009. <http://www.innenraumanalytik.at/richtwerte.html>

gungen auftreten können. Diese können vor allem Atemwegsbeschwerden durch allergische Reaktionen oder auch toxische Reaktionen mit einer Vielzahl von möglichen Symptomausprägungen sein. Wenngleich der kausale Zusammenhang zwischen gesundheitlichen Auswirkungen und Sporen- bzw. Toxinkonzentrationen in der Raumluft oft nicht eindeutig festzustellen ist, ist in Anwendung des Vorsorgeprinzips die Belastung zu minimieren, auch bevor es zu Erkrankungen kommt.“ Es ist in diesem Bereich das Vorsorgeprinzip anzuwenden, nach dem Belastungen zu minimieren sind (Minimierungsgebot), bevor es zu Erkrankungen kommt. Schimmelpilzquellen im Innenraum sind in jedem Fall aus Gründen des vorbeugenden Gesundheitsschutzes zu beseitigen <sup>41</sup>.

Thermophilen Pilzen, die sich auch bei höheren Temperaturen (z.B.: 37 °C) ausgezeichnet vermehren können, kommt eine besondere gesundheitliche Relevanz zu, da einige Vertreter (z.B.: *Aspergillus fumigatus*, *Aspergillus flavus*) beim Menschen zu Infektionen führen können. Aus Vorsorgegründen sollte in der Innenraumluft die Konzentration an Sporen thermophiler Pilze so niedrig wie möglich sein.

Eine Kommission der EU (ECA) gibt Referenzwerte an, wobei die Klassifizierung auf üblicherweise in Innenräumen feststellbaren Konzentrationen basiert und keine gesundheitliche Bewertung darstellt. Die Gesamtkonzentration an Schimmelpilzsporen kann dabei nicht losgelöst von der Außenluftkonzentration betrachtet werden. Die je nach Umfeld und Vegetationsperiode stark unterschiedliche Sporenbelastung der Außenluft beeinflusst auch die Grundkonzentration in Innenräumen.

Tabelle 4.3.1 Erfahrungswerte für die Beurteilung von Gesamtkeimzahlen von Pilzsporen in Innenräumen in Anlehnung an ECA <sup>42</sup>

Kategorie	Sporenkonzentration [KBE/m <sup>3</sup> ] <sup>a</sup>	Bemerkungen
Sehr niedrig	< 25	Angabe von Erfahrungswerten, die Einteilung basiert nicht auf einer Beurteilung von möglichen gesundheitlichen Wirkungen
Niedrig	25 ... 100	
Mittel	> 100 ... 500	
Hoch	> 500 ... 5000	
Sehr hoch	> 5000	

<sup>a</sup> koloniebildende Einheiten pro Kubikmeter Luft

Erhöhte Sporenkonzentrationen in der Raumluft können bei entsprechender Aktivität im Raum auch durch Aufwirbelung von Staub, der eine erhöhte Zahl an sedimentierten Sporen enthält, verursacht werden. Auch eine Kontamination mit Außenluft, die eine höhere Sporenmenge aufweist, kann zu einer Belastung der Raumluft führen, ohne dass dies ein Hinweis auf eine Schimmelpilzquelle im Innenraum wäre.

<sup>41</sup> UBA (2002): Leitfaden zur Vorbeugung, Untersuchung, Bewertung und Sanierung von Schimmelpilzwachstum in Innenräumen. Erstellt durch die Innenraumlufthygienekommission des Umweltbundesamtes, UBA, Berlin 2002

<sup>42</sup> ECA (1993): Biological particles in Indoor Environments, Commission of the European Communities Bruxelles, Report No. 12

#### **4.4 Bewertung der Ergebnisse der Untersuchung auf vitale Schimmelpilzsporen**

Die gemessenen Gesamtkonzentrationen (Pilze und Hefen) in der Raumluft der beiden untersuchten Räume waren als unauffällig zu bezeichnen, verglichen mit durchschnittlich in nicht belasteten Innenräumen anzutreffenden Werten. Die Sporenkonzentrationen lagen deutlich unter dem aktuellen Referenzwert der Außenluft. In Anlehnung an ein EU-weit abgestimmtes Bewertungsschema, dessen Einteilung jedoch nicht auf einer Beurteilung möglicher gesundheitlicher Wirkungen beruht, war die Anzahl an Sporen von Pilzen und Hefen pro Kubikmeter in den beiden untersuchten Räumen als „mittel“ einzustufen.

Die gemessene Konzentration thermophiler Pilze in der Raumluft des Wohnzimmers war als auffällig zu bezeichnen. Im großen Schlafzimmer wurden keine relevanten Mengen an Sporen thermophiler Pilze nachgewiesen.

Dipl. Ing. Marie Jansson

Dipl. Ing. Claudia Schmöger

Dieser Bericht besteht aus 20 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.