

Bericht über

Raumluftuntersuchungen in einem Schlafräum im Kindergarten der Gemeinde Börßum Dahlgrundsweg 4, 38312 Börßum

Auftrag Nr.: 8000646370

Datum der Berichterstellung: Hannover, 02. Januar 2014

Auftraggeber: Gemeinde Börßum
Herr Hasselmann
Dahlgrundsweg 5
38312 Börßum

Auftrag vom: 28.11.2013

Messort: Kindergarten Börßum
Dahlgrundsweg 4
38312 Börßum

Tag der Untersuchungen: 12.12.2013

Art der Einrichtung: > Schlafräum

Probenehmer: Dipl.-Ing. Klose
(TÜV NORD Umweltschutz GmbH & Co. KG)

Analysen: Frau Kreimann
(TÜV NORD Umweltschutz GmbH & Co. KG),
Dr. Uhde, Frau Schulze (WKI, Fraunhofer Institut),
Frau Todt (SGS Institut Fresenius, Dresden)

Sachverständiger: Dipl.-Ing. Klose

Berichtsumfang: 18 Seiten, 4 Anlagen

Hinweis: Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die genannten Prüfgegenstände. Ohne schriftliche Genehmigung des Prüflaboratoriums ist eine auszugsweise Vervielfältigung des Prüfberichtes nicht gestattet.

Nach DIN EN ISO/IEC 17025:2005 durch die DAkkS -Deutsche Akkreditierungsstelle GmbH-
akkreditiertes Prüflaboratorium (Registriernummer D-PL-14334-01-00).

Gilt für die akkreditierten Bereiche



INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
1 Vorgang und Aufgabenstellung.....	3
2 Örtliche Gegebenheiten.....	4
3 Durchführung der Messungen.....	4
3.1 Klimaparametermessung.....	4
3.2 Bestimmung von Stoffen in der Raumluft.....	4
4 Messergebnisse.....	5
4.1 Ergebnisse der Messung ausgewählter Klimaparameter.....	5
4.2 Ergebnisse der Innenraumluftmessungen.....	5
4.2.1 Ergebnisse der VOC-Innenraumluftmessungen.....	5
4.2.2 Ergebnisse der Raumluftmessungen auf Chlornaphthaline und Chloranisole	8
4.2.3 Ergebnis der Untersuchung auf MVOC.....	8
5 Bewertung der Ergebnisse.....	9
5.1 Bewertung der Ergebnisse der VOC Raumluftuntersuchungen.....	9
5.2 Bewertung der Raumluftuntersuchungen auf Chlornaphthaline und Chloranisole.....	15
5.3 Bewertung der MVOC-Untersuchung.....	16
6 Zusammenfassung.....	17

ANLAGENVERZEICHNIS

Anlage 1: Basisinformationen zur Beurteilung von Innenraumluftkontaminationen

Anlage 2: Örtliche Gegebenheiten, sichtbare Bausubstanz

Anlage 3: Probenahmeprotokoll

Anlage 4: Prüfberichte

1 Vorgang und Aufgabenstellung

Am 28.11.2013 wurde die TÜV NORD Umweltschutz GmbH & Co. KG von Herrn Hasselmann (Gemeindedirektor der Gemeinde Börßum) beauftragt, in einem Schlafräum im Kindergarten der Gemeinde Börßum Raumlufuntersuchungen durchzuführen.

Anlass für diese Untersuchungen, die aus Vorsorgegründen vorgenommen werden sollten, gaben festgestellte geruchliche Auffälligkeiten. Ein im April 2013 aufgetretener „Wasserschaden“ wurde nach vorliegenden Informationen fachgerecht behoben. Dabei wurden u.a. der Fußboden im Schlafräum sowie ein Teil der Wände komplett erneuert. Abschließend erfolgte eine Reinigung durch eine Fachfirma. Vorgenommene Feuchtigkeitsmessungen hinter Fußleisten sowie unterhalb des neuen Fußbodens ergaben nach Angaben des Auftraggebers keine Hinweise auf Feuchtigkeit.

Für einen „Innenraum-Check“ in Bezug auf mögliche chemische Schadstoffe in der Raumluf sollen Untersuchungen auf *flüchtige organische Verbindungen (VOC)* und *Formaldehyd (FA)* durchgeführt werden. Weiterhin sollte geprüft werden, ob aufgrund der „Vorgeschichte“ und der gegebenen geruchlichen Beeinträchtigungen eine Belastung der Raumluf durch mikrobielle volatile organische Substanzen (Microbial Volatile Organic Compounds: **MVOC**, Substanzen, die u.a. auf „biologische Aktivitäten“ von Schimmelpilze und Bakterien rückführbar sind) gegeben ist. Ergänzend zu den o.g. chemischen Verbindungen sollten weiterhin Untersuchungen auf mögliche Innenraumschadstoffe wie *Chlornaphthaline (CN)*, und *Chloranisole (CA)* durchgeführt werden.

Die Messungen haben einen präventiven Charakter, u.a. mit dem Ziel einer vorsorglichen Überprüfung, ob die für einige Stoffe bzw. Stoffgruppen vorhandenen Richtwertempfehlungen für die Innenraumluf eingehalten werden. Grundlage der Raumlufuntersuchungen sind die VDI-Richtlinien 4300 ff sowie die Richtlinien DIN EN ISO 16000 ff.

Die sich anschließende Tabelle 1 vermittelt einen Überblick zum durchgeführten Untersuchungsprogramm.

Tab. 1: Untersuchungsprogramm

Pos.	Bereich	zu bestimmende Parameter, Durchführung der Messung
1	• Schlafräum	<ul style="list-style-type: none"> • 1 Raumlufmessung zur Bestimmung der VOC (aliphatische und aromatische Kohlenwasserstoffe, Cycloalkane, Alkohole, Halogenkohlenwasserstoffe, Terpene, Ester, Glykole, Glykolether, Carbonyle, Ketone) sowie Formaldehyd • 1 Raumlufmessung zur Bestimmung von Chlornaphthaline (Mono- und Dichlornaphthaline) sowie von Chloranisolen (TCA, TeCA) • 1 Raumlufmessung zur Bestimmung des MVOC-Gehaltes

Die Untersuchungen erfolgten am 12.12.2013 durch den Sachverständigen Dipl.-Ing. Klose (TÜV NORD Umweltschutz).

2 Örtliche Gegebenheiten

Details zu den Gegebenheiten im Schlafrum sind der Anlage 2 zu diesem Bericht zu entnehmen. Im Schlafrum wurde ein auffälliger Geruch wahrgenommen (Geruch nach Linoleum, leicht dumpf/muffig, subjektive Beurteilung des Sachverständigen).

3 Durchführung der Messungen

Die letzte intensive Lüftung des zu untersuchenden Bereiches erfolgte am Tag vor den Untersuchungen durch das Öffnen des Außentür sowie der Tür zum Gruppenraum (durch Mitarbeiter der Einrichtung). Von dieser Lüftungszeit an wurde der Raum bis zum Abschluss der Untersuchung ungelüftet belassen. Die Probenahmen erfolgten unter ungelüfteten Bedingungen.

3.1 Klimaparametermessung

Während der Raumluft-Probenahmen erfolgten Klimaparametermessungen zur Erfassung der Temperatur, der relativen Luftfeuchte und des Luftdruckes in der Innenraumluft. Die Messung der Temperatur und der relativen Luftfeuchtigkeit erfolgte mit einem elektronischen Messgerät der Firma Testo, Modell 625 (mit Feuchte-Temperaturfühler (NTC - 10 - + 60 °C, Genauigkeit $\pm 0,5$ °C, kapazitiver Feuchtefühler 0 - 100 % r.F., Genauigkeit $\pm 2,5$ % r.F. im Bereich 5...95 % r.F.). Der Luftdruck wurde mit einem digitalen Barometer, Modell GMH3180-12 (0 - 1300 mbar absolut, Firma Greisinger) ermittelt.

3.2 Bestimmung von Stoffen in der Raumluft

Zur Bestimmung der Konzentration an Volatile Organic Compounds (VOC) wurden mittels entsprechend ausgelegter Pumpen definierte Luftmengen angesaugt und die relevanten Inhaltsstoffe an mit Tenax TA gefüllte Sorptionsrohre angereichert oder zur Anreicherung und Fixierung durch eine spezielle Kartusche mit Silicagel gesaugt (imprägniert mit 2,4-Dinitrophenylhydrazin, für die Bestimmung von Formaldehyd und anderen Carbonylverbindungen).

Zur Bestimmung der Konzentration an Chlornaphthalinen/Chloranisolen bzw. der Konzentration an Microbial Volatile Organic Compounds (MVOC) wurden mittels entsprechend ausgelegter Pumpen definierte Luftmengen angesaugt und die relevanten Inhaltsstoffe jeweils an mit Tenax TA gefüllte Sorptionsrohre angereichert.

Nähere Einzelheiten zu den Analysenverfahren sind den Prüfberichten der Anlage 3 zu diesem Messbericht zu entnehmen. Die weitere Präparation sowie die Analytik und Auswertung erfolgte im akkreditierten Gefahrstofflabor der TÜV NORD Umweltschutz GmbH & Co. KG in Hamburg für die Carbonylverbindungen, im akkreditierten Labor für Materialanalysen und Innenraumchemie des WKI Fraunhofer Institut, Braunschweig für das Screening auf VOC und die Bestimmung von CN/CA sowie im akkreditierten Labor der SGS Fresenius GmbH in Dresden für die Bestimmung von MVOC.

4 Messergebnisse

4.1 Ergebnisse der Messung ausgewählter Klimaparameter

Die Ergebnisse der Messung von Temperatur, Luftdruck sowie der relativen Luftfeuchtigkeit während der Probenahmen sind in der Tabelle 2 zusammengestellt.

Tab. 2: Ergebnisse der Messung ausgewählter Klimaparameter

Bereich	Datum	Temperatur [°C]	rel. Feuchte [%]	Luftdruck [hPa]
Schlafräum	12.12.2013	19,0	45	1015

4.2 Ergebnisse der Innenraumlufmessungen

4.2.1 Ergebnisse der VOC-Innenraumlufmessungen

In der Tabelle 3 sind die bei den Probenahmen mittels DNPH bestimmten und z.T. leichtflüchtigen Carbonylverbindungen einschließlich Formaldehyd aufgeführt. In der folgenden Tabelle 4 sind die Ergebnisse der VOC-Screening Untersuchung zusammengefasst.

Die Ergebnisse der Laboranalysen sind den Prüfberichten (Anlage 4) entnommen und mit den Daten des Probenahmeprotokolls (Anlage 3) weiter verarbeitet worden. Es wurden alle Komponenten ab einem Gehalt von $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ berücksichtigt. Die mit auffälligen Raumlufgehalten nachgewiesenen Einzelverbindungen sind in Fettdruck und „hinterlegt“ dargestellt. In den letzten Spalten dieser Tabellen sind (soweit vorhanden) die Richtwerte (RW vgl. Anlage 1) für Innenraumluf mit aufgeführt.

Tab. 3: Raumlufgehalten an Aldehyden und Ketonen

Probenahmeort Bezeichn.	Schlafräum Kse874 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	RW I ¹⁾ $\mu\text{g}/\text{m}^3$	RW II ²⁾ $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Substanz			
Formaldehyd ¹⁾	19,4		
Acetaldehyd ¹⁾	16,9	100	1000
Acrolein	< 0,5		
Furfural	2,5	10	100
n-Propanal	9,1		
Crotonaldehyd	< 0,5		
n-Butanal	2,9	10 ³⁾	
Benzaldehyd	5,3	20	200
Cyclohexanon	< 0,5		
n-Pentanal	5,3	³⁾	
4-Methyl-2-pentanon (MIBK)	< 0,5	100	1.000
Hexanal	15,0	20 ³⁾	
Heptanal	2,4	³⁾	
Nonanal	9,4	³⁾	
Aceton	57,5		
2-Butanon	8,4		
Summe VOC ²⁾	60,2		

¹⁾ nicht zur Bildung des TVOC-Wertes beitragende sehr flüchtige organische Verbindungen (VOC: Very Volatile Organic Compounds), vgl. Anlage 1

²⁾ ohne Formaldehyd, Acetaldehyd und Aceton

³⁾ vgl. Text

Tab. 4: Ergebnisse der VOC-Screening Untersuchungen (Teil 1)

Verbindungen	Messpunkt	Schlafrum	RW I ²⁾	RW II ²⁾
		Gehalt [µg/m ³]	Gehalt [µg/m ³]	Gehalt [µg/m ³]
Alkane, Aliphaten				
n-Heptan (C7)		4		
n-Octan (C8)		2		
n-Nonan (C9)		1		
n-Decan (C10)		3		
n-Undecan (C11)		2		
n-Tridecan (C 13)		1		
2-Methylhexan		1		
Cycloalkane				
Methylcyclohexan		2		
Aromaten				
Toluol		3	300	3.000
m,p-Xylol		2		
o-Xylol *)		1		
Styrol		5	30	300
Terpene				
alpha-Pinen		5		
beta-Pinen		1		
delta-3-Caren		2		
(R)-(+)-Limonen		39	4)	
Halogenierte Kohlenwasserstoffe				
Tetrachlorethen (Per)		2		
Alkohole				
Ethanol 1)		71		
2-Propanol (Isopropanol) 1)		113		
n-Butanol		14		
iso-Butanol (2-Methyl-1-propanol)		2		
n-Pentanol		3		
2-Ethyl-1-hexanol		6		
Benzylalkohol		8	400	4.000
Ketone				
2-Butanon (MEK)		23		
2-Heptanon (Methylpentylketon)		1		
2-Methyl-2-hepten-6-on		2		
Ester				
Methylacetat 1)		3		
Ethylacetat		9		
Essigsäurebutylester (n-Butylacetat)		16		
Essigsäureisobutylester (Isobutylacetat)		1		
Essigsäure-3-methylbutylester (Isopentylacetat) *)		4		
Glycolderivate				
1,2-Propandiol (1,2-Propylenglykol, 1,2-PG)		42		
2-Butoxyethanol (Ethylenglykolmono-n-butylether, EGMB)		5	100	1.000
2-Phenoxyethanol (Ethylenglykolmonophenylether, EGMP)		1		
2-(2-Ethoxyethoxy)-ethanol (Diethylenglykolmonoethylether, DEGME)		8	700 (v)	2.000 (v)
1-Butoxy-2-propanol (Propylenglykol-1-butylether)		19		
1-(2-Butoxy-1-methylethoxy)propan-2-ol (DPGMB)		1		

Erläuterungen, nach Tab. 4, Teil 2

Tab. 4: Ergebnisse der VOC-Screening Untersuchungen (Teil 2)

Verbindungen	Messpunkt	Schlafräum	RW I ³⁾	RW II ³⁾
		Gehalt [µg/m ³]	Gehalt [µg/m ³]	Gehalt [µg/m ³]
Aldehyde				
n-Butanal (Butyraldehyd)		6	200	2.000
n-Pentanal (Valeraldehyd)		12	3)	
n-Hexanal (Capronaldehyd)		25	3)	
n-Heptanal (Önanthaldehyd)		4	3)	
n-Octanal (Caprylaldehyd)		9	3)	
n-Nonanal (Pelargonaldehyd)		26	3)	
n-Decanal (Caprinaldehyd)		5	3)	
Benzaldehyd		8	20	200
Carbonsäuren				
Ethansäure (Essigsäure)		66		400 (v)
Butansäure (Buttersäure)		2		
Hexansäure (Capronsäure)		11		
Octansäure (Caprylsäure)		2		
Nonansäure (Pelargonsäure)		2		
2-Ethylhexansäure (Butylethylhexansäure)		2		
Siloxane				
Decamethylcyclopentasiloxan (D5)		33		
Andere				
Isopren 1)		2		
iso-Pentan 1)		87		
n-Pentan 1)		53		
Butane 1)		3		
Cyclopentan 1)		2		
Summe andere Iso-Alkane		6		
Summe andere Terpene		4		
Summe andere C3-Benzole		10		
Summe andere C4-Benzole		8		
Summe C9-C15-Alkylbenzole		18	100	1.000
Summe C9-C14 Alkane/isoalkane		13	200	2.000
Summe C4-C11-Aldehyde (gesät. n- und iso-aliph. Aldehyd.)		95	100	2.000
Summe monocyclische Terpene		39	1.000	10.000
Summe bicyclische Terpene		8	200	2.000
Summe D3-D6 Siloxane		33	400	4.000
Summe VVOC (< C6) ¹⁾		340		
Summe TVOC (C6 - C16)		476	vgl. Text	vgl. Text
Summe SVOC (> C16) ²⁾		< 1		
Summe aller gemessenen Verbindungen, TVOC		816		

- ¹⁾ nicht zur Bildung des TVOC-Wertes beitragende sehr flüchtige organische Verbindungen (VVOC: Very Volatile Organic Compounds), vgl. Anlage 1
- ²⁾ schwer flüchtige organische Verbindungen (SVOC: Semi-Volatile Organic Compounds), vgl. Anlage 1
- ³⁾ vgl. Text bzw. Anlage 1
- ⁴⁾ „Leitverbindung“ für monocyclische Monoterpene, vgl. Text
- ^{*)} zur Quantifizierung wurden andere Referenz-Substanzen verwendet (vgl. Prüfbericht lt. Anlage 4)

4.2.2 Ergebnisse der Raumlufmessungen auf Chlornaphthaline und Chloranisole

In der Tabelle 5 sind die Ergebnisse der Messungen auf den Gehalt an Chlornaphthalinen (Monochlornaphthaline und Dichlornaphthaline) sowie auf den Gehalt an Chloranisolen (TCA: 2,4,6-Trichloranisol, TeCA: 2,3,4,6-Tetrachloranisol, PCA: Pentachloranisol) in der Raumluf zusammengestellt.

Die Gehalte der Proben sind dem Prüfbericht der Anlage 4, die Probenahmedaten sind dem Probenahmeprotokoll der Anlage 2 entnommen.

Tab. 5: Ergebnisse der Untersuchungen auf den Gehalt an Chlornaphthalinen und Chloranisolen in der Raumluf

Substanz	Probenahmeort Bezeichn.	Schlafrum m198987 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
2-Chlornaphthalin	<	0,05
1-Chlornaphthalin	<	0,05
2,6-Dichlornaphthalin	<	0,05
2,4,6-Trichloranisol	<	0,05
2,3,4,6-Tetrachloranisol	<	0,05
Pentachloranisol	<	0,05

4.2.3 Ergebnis der Untersuchung auf MVOC

In der nachfolgenden Tabelle 6 sind die Ergebnisse der MVOC-Untersuchung zusammengefasst. Die Ergebnisse der Laboranalyse sind dem Prüfbericht (Anlage 3) entnommen und mit den Daten des Probenahmeprotokolls (Anlage 2) weiter verarbeitet worden.

Bei der Summation der MVOC wurden die Verbindungen *2-Methylpropanol* und *n-Butanol* entsprechend der üblichen Praxis nicht berücksichtigt. Diese Verbindungen (und weitere) sind nicht spezifisch für Stoffwechselprodukte von Mikroorganismen, da sie auch von Bauteilen, Einrichtungsgegenständen u.ä. emittiert werden können (sogenannte Nebenindikatoren). Nähere Erläuterungen zur Bewertung sind dem Text im Abschnitt 5.3 zu entnehmen.

Tab. 6: Ergebnis der MVOC-Raumluftuntersuchung

Probenahmeort Prob.-Bezeichn.	Schlafräum 138 ng/m ³	Geruchsschwelle µg/m ³	Geruchsnote (vgl. Text)
Substanz			
3-Methylfuran ³⁾	● 140		etherartig ⁵⁾
2-Methylpropanol ^{**)}	○ 0	300 ¹⁾ , 3 ³⁾	süß ¹⁾ , weinartig ¹⁾ , muffig ³⁾
n-Butanol	○ 5.300	11.000 ⁴⁾ , 400 ⁵⁾	
2-Pentanol	< 20	k.A.	
3-Methyl-1-butanol ^{2)*)}	● 20	30 ¹⁾ , 0,07 ³⁾	fuselölartig ¹⁾ , sauer, stechend ⁵⁾
2-Methyl-1-butanol ^{2)*)}	● 90	45 ¹⁾²⁾	sauer ¹⁾²⁾ , scharf ¹⁾
Dimethylsulfid ⁴⁾	● 50	0,1 ¹⁾²⁾	unangenehm ¹⁾ , moderich, faulig ¹⁾ , Kohl, Zwiebel ⁵⁾
2-Hexanon	○ 350	708 ¹⁾	medizinisch ¹⁾ , scharf ¹⁾
2-Heptanon	○ 650	94 ¹⁾²⁾	pikant ¹⁾ , würzig ¹⁾ , pilz-ähnlich ⁵⁾
1-Octen-3-ol ⁴⁾	● 210	10 ³⁾ , 19 ¹⁾²⁾	pilzig ¹⁾ , herb ¹⁾ , modrig-muffig ⁵⁾
3-Octanon ⁴⁾	● 160	324 ¹⁾	fruchtig ¹⁾ , würzig ¹⁾
3-Octanol	< 20	k.A.	
Dimethylsulfid ⁷⁾	< 40	2,5 ¹⁾ , 2 ²⁾	verfault ¹⁾ , schwefelig, Kohl, Benzin ⁶⁾
Summe MVOC	● 6.830		
Summe MVOC ^{b)}	● 1.670		
Summe MVOC ^{a)}	● 530		

^{a)} Hauptindikatoren, vgl. Text Bewertung

^{b)} ohne 2-Methylpropanol und n-Butanol, vgl. Text Bewertung

⁷⁾ zusätzlich erfasste Parameter

1) Böck et al. 1998, Böck 2001

4) Molhave et.al. 2000

2) Keller 2002

5) Fischer, 2000

3) Seidel und Plappert 1999

6) andere Quellen

^{**)} nicht auswertbar bzw. überlagert

"Ampel-Bewertung" für Hauptindikatoren, vgl. Text

- mikrobieller Befall ist wahrscheinlich
- mikrobielle Befall nicht ausschließbar
- kein mikrobieller Befall

5 Bewertung der Ergebnisse

5.1 Bewertung der Ergebnisse der VOC Raumluftuntersuchungen

Die Innenraumluft kann eine Vielzahl organischer Verbindungen in den unterschiedlichsten Zusammensetzungen enthalten. Entsprechend einer WHO-Konvention wird zur Klassifizierung organischer Verbindungen nach dem Siedebereich unterschieden zwischen flüchtigen, sehr flüchtigen und schwerflüchtigen Verbindungen (Begriffsbestimmungen vgl. Anlage 1 zu diesem Messbericht; Fußnoten Tabelle A 1).

Im Rahmen der vorliegenden Untersuchung wurde mit Hilfe der Probenahme mittels TENAX TA[®] auf ein großes Spektrum flüchtiger organischer Verbindungen (VOC) hin untersucht.

Rechtsverbindliche Grenzwerte für die Bewertung der Untersuchungsergebnisse für Innenraumluftkontaminationen bestehen derzeit mit Ausnahme des Chlorkohlenwasserstoffs Tetrachlorethen nicht. Zur Beurteilung und Bewertung von Innenraumluftbelastungen durch organische Luftschadstoffe wurden seit 1996 von der Ad-hoc Arbeitsgruppe der Innenraumlufthygiene-Kommission des Umweltbundesamtes und der Obersten Landesgesundheitsbehörden für einzelne Stoffe bzw. Stoffgruppen Innenraumluft-Richtwerte erarbeitet (vgl. Anlage 1).

Danach wird zwischen einem Richtwert I (RW I) und einem Richtwert II (RW II) unterschieden. Während bei Überschreitung des gefahrenbezogenen RW II unmittelbarer Handlungsbedarf (Prüfbedarf) besteht, ist bei Unterschreitung des RW I auch bei lebenslanger Exposition nicht mit gesundheitlichen Beeinträchtigungen zu rechnen. Eine Überschreitung des RW I ist mit einer über das übliche Maß hinausgehenden, hygienisch unerwünschten Belastung verbunden.

Im Weiteren wird für die vorliegende Untersuchung auf die Einhaltung von Richtwerten für Einzelverbindungen (soweit nachweisbar) und Stoffgruppen eingegangen.

In der Stoffgruppe der *Alkane* und *aliphatischen Kohlenwasserstoffe* wurden im Schlafräum keine Substanzen mit auffälligen Gehalten detektiert (vgl. Tab. 4). Der RW I ($200 \mu\text{g}/\text{m}^3$) für die Summe der **aromatenarmen Kohlenwasserstoffgemische** (*C₉-C₁₄-Alkane/Isöalkane*) wird nicht überschritten.

Die Gehalte an aromatischen KW (*Toluol, Xylole*) sind als nicht erhöht zu werten. Existierende RW werden nicht überschritten. *Toluol* und *Xylole* werden häufig als Lösemittel insbesondere in Klebern, Lacken oder Farben (Druckfarben) eingesetzt. Dementsprechend sind als Quellen für eine Belastung der Innenraumluft vor allem Farben, Lacke und frische Druckerzeugnisse in Betracht zu ziehen.

Styrol konnte mit $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in der Raumluft nachgewiesen werden. Der RW I für diese Substanz ($30 \mu\text{g}/\text{m}^3$) wird sicher unterschritten. Styrol wird als wichtiger Grundstoff zur Herstellung von verschiedenen Polymeren bzw. Copolymeren genutzt (z.B. Polystyrol, SyntheselateX, ungesättigte Polyester) und kann als „Restmonomeres“ aus entsprechenden Produkten freigesetzt werden (Haushaltsgeräte, Teppichböden, Verpackungen usw.). Styrol wird weiterhin bei unvollständigen Verbrennungsvorgängen in relevanten Konzentrationen gebildet (Zigarettenrauch, Verbrennungsmotoren in KFZ u.ä.).

Aus den Stoffgruppen der **Esterverbindungen** wurden mehrere Substanzen nachgewiesen. Der Gehalt an *n-Butylacetat* ($16 \mu\text{g}/\text{m}^3$) ist als gering auffällig zu werten. Ester sind als „klassische“ Lösemittel in zahlreichen Anwendungen zu finden und werden im Innenraum u.a. aus bauchemischen Produkten wie Harzen, Grundierungen und Anstrichsystemen emittiert.

In der Stoffgruppe der **Glykolverbindungen** konnten mehrere Substanzen detektiert werden. Als auffällig sind die Gehalte an *1,2-Propylenglycol* ($42 \mu\text{g}/\text{m}^3$) und *1-Butoxy-2-propanol* ($19 \mu\text{g}/\text{m}^3$) zu nennen. Bestehende RW werden nicht überschritten. Substanzen dieser Stoffgruppe gelten z.T. als geruchsintensiv und finden in der Regel Anwendung in so genannten „lösemittelfreien“ technischen Produkten, wie z.B. Bodenbelagsklebern, wasserlöslichen Dispersions- oder Acrylfarben.

In der Stoffgruppe der **Alkohole** wurden ebenfalls mehrere Verbindungen nachgewiesen (vgl. Tab. 4, Teil 1). Die Höhe des Gehaltes an *2-Propanol* ($113 \mu\text{g}/\text{m}^3$) ist als auffällig für typische Innenraumluft zu werten. *2-Propanol* zählt zu den **VVOC** (vgl. Anlage 1) und wird in der Summation als **VOC** nicht berücksichtigt.

Die Hauptmenge des produzierten *Ethanol*s wird in Form von alkoholischen Getränken für Genusszwecke verbraucht. Er dient als Lösungsmittel für Fette, Öle und Harze, vor allem in der Lack- und Firnisfabrikation sowie zur Herstellung von Essen-

zen. Er ist das wichtigste Lösungsmittel für Duftstoffe und Kosmetika. Wegen der keimtötenden Wirkung wird er zum Konservieren und Desinfizieren eingesetzt.

N-Propanol, *n-Butanol* und *Isopropanol (2-Propanol)* sind chemische Grundstoffe, die eine weit verbreitete Anwendung als Lösemittel, als Frostschutzmittel, bei Desinfektionsarbeiten und bei der Herstellung zahlreicher Konsumartikel, wie Seifen, Parfüms, Polituren, Raumluftsprays u. ä. finden. Daneben kann Isopropanol u.a. aus entsprechenden Phthalsäureestern (Weichmachern) bei verdeckten Feuchteschäden freigesetzt werden (alkalische Esterspaltung, z.B. auf Estrich).

Die Quelle(n) für diese Substanzen sind u.a. in verwendeten Reinigungs- und Desinfektionsmitteln zu sehen, können aber auch Bestandteile von Farben und Lacken sein.

Die Verbindung *2-Ethyl-1-hexanol* wird insbesondere aus dem Standardweichmacher für PVC und Vinylchlorid Copolymerisate Diethylhexylphthalat (DEHP) häufig bei verdeckten Feuchteschäden freigesetzt (alkalische Esterspaltung, z.B. auf Estrich). Daneben stellt *2-Ethyl-1-hexanol* ein schwerflüchtiges Lösemittel für Fette, Wachse, Farbstoffe und Insektizide dar.

Der RW I des aromatischen Alkohols *Benzylalkohol* wird sicher eingehalten.

Die in der Raumluft ermittelten Substanzen *α-Pinen*, *β-Pinen*, *Δ-3-Caren* und *d-Limonen* gehören zur Stoffgruppe der **Terpene** und kommen in der Natur als Bestandteil vieler ätherischer Öle, u. a. in Zitronenschalenöl bzw. Hölzern vor. Technisch werden Terpene als Geruchsverbesserer oder Lösemittel in Anstrichsystemen, Klebern oder auch in Reinigungsartikeln und Parfümen eingesetzt. Für Monocyclische Monoterpene, deren „Leitverbindung“ *d-Limonen* ist, existiert ein RW I von $1.000 \mu\text{g}/\text{m}^3$, der hier sicher unterschritten wird. Der toxikologisch abgeleitete RW I für die Summe Bicyclischer Terpene (u.a. *α-Pinen*, *β-Pinen*, *Δ-3-Caren*, *Camphen*) von $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ wird ebenfalls eingehalten.

Aus der Stoffgruppe der **Carbonsäuren** wurde bei der Messung eine Vielzahl an Substanzen in der Raumluft nachgewiesen. Der Gehalt an *Essigsäure (Ethansäure)* ist als gering auffällig zu bezeichnen ($66 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Die aus der Literatur bekannte Geruchsschwelle für *Essigsäure* von $43 \mu\text{g}/\text{m}^3$ wird überschritten. Der zurzeit als noch vorläufig zu bezeichnende RW II ($400 \mu\text{g}/\text{m}^3$) wird jedoch sicher eingehalten. Die weiterhin nachgewiesenen Fettsäuren aus dieser Stoffgruppe *Butansäure (Buttersäure, $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$)*, *Hexansäure (Capronsäure, $11 \mu\text{g}/\text{m}^3$)*, *Octansäure (Caprylsäure, $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$)*, *Nonansäure (Pelargonsäure, $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$)* und *2-Ethyl-Hexansäure ($2 \mu\text{g}/\text{m}^3$)* sind, in dieser Größenordnung und in der Vielzahl, als auffällig zu werten.

Die niederen und mittleren Fettsäuren (u.a. *Buttersäure* und *Hexansäure*) weisen einen penetranten und unangenehmen Geruch auf.

Der Geruch von *Buttersäure* wird als sehr unangenehm beschrieben (Geruchsschwelle ^[1]: ca. $4 \mu\text{g}/\text{m}^3$, Geruch nach ranziger Butter bzw. nach Erbrochenem). *Hexansäure* ist eine gesättigte Fettsäure, die haut- und schleimhautreizend wirkt und abstoßend ranzig riecht (unangenehmen Geruch, Geruchsschwelle ^[1]: ca. $3 \mu\text{g}/\text{m}^3$,

^[1] SORBE - Sicherheitstechnische Kenndaten chemischer Stoffe, Ausgabe Juli 2011

ranziger Geruch, Geruch nach „Limburger Käse“ bzw. „Ziegengeruch“). Die Verbindung kommt in der Natur in ätherischen Ölen, als Fettsäure im Milchlipp und ranziger Butter sowie in Hautschweiß vor. Geruchsschwellen werden im vorliegenden Fall z.T. überschritten.

Bekanntermaßen können Carbonsäuren aus Linoleum-Belag abgegeben werden. Eine Quellenermittlung wird empfohlen.

Für die Belastung von Innenräumen durch **Aldehyde und Ketone** lässt sich folgendes feststellen. Der einfachste und hinsichtlich seiner Wirkung auf den Menschen am besten untersuchte Vertreter dieser Stoffgruppe ist Formaldehyd (Methanal). *Formaldehyd* ist ein farbloses, stechend riechendes Gas, das wegen seiner hohen Reaktivität in vielen Bereichen der Industrie als Grundstoff eingesetzt wird und u.a. als Ausgangsstoff für die Herstellung anderer Chemikalien (besonders in der Kunststoffindustrie), als Konservierungsmittel und als Bindemittel bei der Spanplatten-Produktion dient.

Aus derartigen Produkten kann **Formaldehyd** insbesondere unter feuchten und warmen Bedingungen an die Umgebungsluft abgegeben werden. Weitere Quellen für Formaldehyd in der Luft sind Verbrennungsvorgänge in der Industrie und im Hausbrand, der Kraftfahrzeugverkehr sowie photochemische Abbauprozesse organischer Stoffe in der Atmosphäre.

In Innenräumen kommt es beim Rauchen wegen der unvollständigen Verbrennung ebenfalls zur Bildung von *Formaldehyd*. Dementsprechend ist *Formaldehyd* in der Umwelt nahezu ubiquitär mit Gehalten von 0,12 µg/m³ (maritime Reinluft) bis zu 12 µg/m³ (Luft in Ballungszentren) nachzuweisen.

Formaldehyd kann als hautresorptiver und sensibilisierender Stoff in weit überdurchschnittlichem Maß Überempfindlichkeitsreaktionen allergischer Art auslösen. Die allergischen Erscheinungen können nach Sensibilisierung z.B. der Haut und der Atemwege je nach persönlicher Disposition unterschiedlich schnell und stark ausgelöst werden.

Für die Bewertung von Innenräumen hat das ehemalige Bundesgesundheitsamt (BGA) 1977 einen „wohnhygienischen“ Toleranzwert von **0,1 ppm** (\triangleq 120 µg/m³) empfohlen, der auch unter ungünstigsten Bedingungen einzuhalten ist.

Nachdem vom Bundesinstitut für Risikobewertung im Jahr 2006 die Konzentrationsabhängigkeit der krebserzeugenden Wirkung von *Formaldehyd* festgestellt wurde, die sich erst oberhalb eines als sicher angesehen Wertes zeigt („Safe Level“), wurde eine Konzentration von 0,1 ppm abgeleitet, bei deren Unterschreitung für die Allgemeinbevölkerung ein ausreichend sicherer Schutz vor der krebserzeugenden Wirkung des *Formaldehyds* gegeben ist.

Die Ad-hoc-Arbeitsgruppe Innenraum-Richtwerte beim Umweltbundesamt hat sich dieser Sicht angeschlossen, so dass keine Änderung des o.g. Richtwertes für *Formaldehyd* in der Innenraumluft von 0,1 ppm erforderlich ist [Bundesgesundheitsblatt-Gesundheitsforschung-Gesundheitsschutz 11 (2006), 1169].

Im vorliegenden Fall wird der Richtwert des BGA für **Formaldehyd** von 0,1 ppm (\triangleq 120 µg/m³) mit einem Raumluftgehalt von 19 µg/m³ sicher unterschritten.

Der Richtwert I der **Summe der C₄- bis C₁₁-Aldehyde** wird nicht überschritten. In dieser Summierung werden gesättigte n- und iso-aliphatische Aldehyde zusammengefasst. Diese Verbindungen, zu denen u.a. *Butanal*, *Pentanal*, *Hexanal*, *Heptanal*, *Octanal*, *Nonanal* und *Decanal* zählen, gehören zu den häufig, zumeist als unerwünscht in der Innenraumluft vorkommenden Verbindungen, die zum Geruchsbild beitragen können. Einige dieser Verbindungen konnten auch im vorliegenden Fall, jedoch mit z.T. auffälligen Gehalten nachgewiesen werden (*Pentanal*, *Hexanal*, *Octanal*, *Nonanal*, *Decanal*).

Quellen stellen u.a. fettsäurehaltige Hölzer und Holzwerkstoffe, Lacke, Alkydharzfarben, Beschichtungsstoffe auf Naturöl-Basis (z.B. pflanzliche Wachse) u.a. dar. Weiterhin sind Anwendungen auch als Geruchs- und Aromastoffe in Raumsprays bekannt. Der Geruch dieser Substanzen wird als „seifig/blumig“ bzw. „seifig/fettig“ beschrieben. Aus Literaturangaben werden die Geruchsschwellen für *Butanal* mit 28 µg/m³, *Pentanal* mit 22 µg/m³, für *Hexanal* mit 58 µg/m³, für *Heptanal* mit 23 µg/m³, für *Octanal* mit 7 µg/m³, für *Nonanal* mit 14 µg/m³ und für *Decanal* mit 6 µg/m³ angegeben. Die Geruchsschwellen von *Octanal* und *Nonanal* werden überschritten.

Weiterhin konnte in dieser Stoffgruppe *n-Propanal* (9 µg/m³) nachgewiesen werden (geruchsintensive Substanz). Die Geruchsschwelle von *n-Propanal* (14 µg/m³) wird nicht überschritten.

Die mit einem RW versehene Verbindung *Furfural* war messtechnisch mit 3 µg/m³ nachweisbar, der bestehende Richtwert I von 10 µg/m³ wird daher unterschritten.

Für die aromatische Aldehydverbindung *Benzaldehyd* wird der RW I von 20 µg/m³ mit einer Raumluftkonzentration von 8 µg/m³ ebenfalls sicher unterschritten. *Benzaldehyd* ist der Hauptbestandteil des Bittermandelöles. In Lebensmitteln wird dieses oder die Substanz selbst verwendet zur Geruchs- und Geschmacksverbesserung von Lebertranemulsionen, zur Herstellung von Likören und Branntweinen mit Bittermandelgeschmack sowie als Bittermandelelessenz in Kuchen und Feinbäckereien. Im technischen Bereich wird Benzaldehyd als Lösemittel für Polyvinylchlorid, bei der Herstellung von Acridinfarbstoffen und von Antifouling-Farben auf PVC-Basis eingesetzt. Des Weiteren kommt Benzaldehyd als Duftstoff zum Parfümieren von Seifen und als Zusatzstoff für Kosmetika, insbesondere für „Natur-Kosmetik“ zur Anwendung.

Für *Acetaldehyd* (gilt als VVOC, wird nicht in der VOC-Summutation berücksichtigt, vgl. Anlage 1) existiert ein RW I von 100 µg/m³. Dieser Richtwert wird mit einem nachgewiesenen Gehalt von 17 µg/m³ sicher unterschritten. Er ist Bestandteil von Farben, Parfümen und Färbemitteln und hat vielseitige Anwendungen in der Gummi- und Papierindustrie. Weiterhin wird er u.a. als Konservierungsstoff von Früchten und Fisch eingesetzt.

Bei den **Siliziumorganischen Verbindungen** konnte lediglich eine Verbindung (D5, vgl. Tab. 4 Teil 2) nachgewiesen werden, wobei der Gehalt als nicht erhöht für typische Innenraumluft zu werten ist. Der RW I für die Summe der D3-D6-Siloxane von 0,4 mg/m³ (≙ 400 µg/m³) wird sicher unterschritten. Siloxane sind flüchtige Siliziumverbindungen, die als Hilfsstoffe eine breite Anwendung z.B. in der

Glas/Keramikindustrie und in der Textilindustrie finden. Auch in der Medizin und der Pharmazie werden Siloxane als Zusatzstoffe eingesetzt. Zu erwähnen ist auch der Einsatz als Lösemittel oder in modernen Kosmetika und Waschmitteln.

Aceton ist eine häufig in Innenräumen messtechnisch nachweisbare Substanz (vgl. Tab. 3, *Aceton* wird nicht in der VOC-Summutation berücksichtigt). Es dient in der Lack- und Klebstoffindustrie als universelles Lösungs- und Extraktionsmittel und findet auch als Abbeizmittel für Öl- und Lackfarben breite Anwendung. Nach Renovierungen sind durchaus Raumluftgehalte bis $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ nachweisbar. Der nachgewiesene Gehalt in der Luft im Schlafraum ($58 \mu\text{g}/\text{m}^3$) ist als nicht erhöht zu werten. In dieser Stoffgruppe wurde ebenfalls die Substanz *2-Butanon* (MEK, Methylethylketon) mit gering erhöhtem Gehalt für typische Raumluft nachgewiesen ($23 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

In der Raumluft war der **halogenierte Kohlenwasserstoff Tetrachlorethen** (Per, $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$) nachweisbar. Zur Beurteilung des Gehaltes an Tetrachlorethen wurde auf der Basis verschiedener wissenschaftlicher Studien ein NOAEL-Wert (**No Observed Adverse Effect Level**, beschreibt die Dosis, bei der keine schädigende Wirkung beobachtet wird), von $27 \text{ mg TCE}/\text{m}^3$ festgelegt. Unter Berücksichtigung verschiedener Faktoren (Toxikokinetik, Expositionszeit) erfolgte die Ableitung eines Immissionswertes für TCE von $270 \mu\text{g}/\text{m}^3$, der mit dem von der WHO (World Health Organisation) im Jahr 2000 vorgeschlagenen Wert von $250 \mu\text{g TCE}/\text{m}^3$ vergleichbar ist. Basierend auf diesen Erkenntnissen wurde der sog. **Wirkungsbezogene Innenraumrichtwert (WIR)** von $250 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (ermittelt als 7-Tage-Mittelwert) festgelegt. Im Sinne des § 15 der zweiten Durchführungsbestimmung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (2. BImSchV, § 15 „Allgemeine Anforderungen“) [1] ist in einem dem Aufenthalt von Menschen dienenden betriebsfremden Raum (z.B. neben chemischen Reinigungen) der **Grenzwert für Tetrachlorethen** von $0,1 \text{ mg}/\text{m}^3$ (entsprechen $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$) einzuhalten. Dieser Wert wird sicher unterschritten.

Die gemessenen Gehalte der Verbindungen *iso-Pentan* und *n-Pentan* (VVOC, vgl. Anlage 1) sind für die Innenraumluft in dieser Größenordnung als gering erhöht anzusehen. Pentane werden typischerweise als Lösungsmittel eingesetzt.

Die Belastung von Innenräumen durch **TVOC** als summarischer Bewertungsgröße kann nach dem Schema der Ad-hoc-AG (vgl. Anlage 1) beurteilt werden, wenn keine Richtwertüberschreitungen (RW II) vorliegen. Solche Richtwertüberschreitungen (RW II) liegen nicht vor. Für die Belastung von Innenräumen durch **TVOC** als summarischer Bewertungsgröße erfolgt demnach nach dem Schema der Ad-hoc-AG für den untersuchten Raum folgende Beurteilung:

- **Schlafraum:** „**hygienisch noch unbedenklich**“ (TVOC-Wert = $0,48 \text{ mg}/\text{m}^3$).

Einschränkend muss die geruchliche Auffälligkeit genannt werden (unter ungelüfteten Bedingungen). Gerüche können als Belastung empfunden werden und Unwohlsein auslösen, auch wenn eine toxikologisch basierte Gesundheitsgefährdung nicht nachgewiesen ist.

¹ 2. Verordnung zur Durchführung des Bundesimmissionsschutzgesetzes vom 10. Dezember 1990, (BGBl. S. 2694, geändert durch VO vom 5.6.1991, BGBl. S.1218)

5.2 Bewertung der Raumlufthuntersuchungen auf Chlornaphthaline und Chloranisole

Chlornaphthaline (CN) bilden eine Gruppe von 75 Verbindungen unterschiedlicher Anzahl und Anordnung der Chloratome. Im Innenraum sind aufgrund ihrer Anwendung fast nur die *Monochlornaphthaline 1- und 2-Chlornaphthalin* von Bedeutung. Sie wurden Bauspanplatten zugesetzt, um diese vor Schäden durch Feuchtigkeit zu schützen. Chlornaphthalin hat einen sehr intensiven, penetranten, etwas muffigen Geruch. In hohen Konzentrationen wirkt es reizend. Die Symptome bei einer Chlornaphthalin-Raumbelastung lassen sich in zwei Gruppen einteilen:

Gruppe 1, Geruchsbelästigung:

- typischer, muffig-süßlicher Geruch
- „anhaftend“, d.h. Textilien nehmen Geruch an

Gruppe 2, Belastende Wirkungen:

- Schleimhautreizung (Nasen-/Rachenraum)
- Augenbrennen
- Hautreizung
- Kopfschmerzen

Der Anteil an *Di-Chlornaphthalinen* im Innenraum liegt typischerweise immer geringer als der Anteil an *Monochlornaphthalinen*.

Für Räume, die betrieblich zur Verarbeitung von *Monochlornaphthalinen* genutzt werden, ist eine Bewertung der Luft am Arbeitsplatz nach TRGS 900 vorzunehmen. Hier galt bis 2005 ein (gesetzlicher) Grenzwert (maximale Arbeitsplatzkonzentration, „MAK-Wert“) von $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Dieser Grenzwert wird zurzeit überarbeitet. Da bisher nur wenig Erkenntnisse zur Inhalationstoxizität von *Chlornaphthalinen* vorliegen, wird dieser Wert im Innenraum als sofortiger Eingriffswert, bei dem umgehend Sanierungsarbeiten zur Senkung des Gehaltes in der Raumlufth durchzuführen sind, genannt. Wegen der deutlichen Geruchsbelästigung sollen Raumlufthgehalte von 10 - $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ angestrebt werden (Zielwert).

Substanzen in dieser Stoffgruppe wurden nicht nachgewiesen (Gehalte $< 0,05 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Die Summe an CN (*Mono- und Dichlornaphthaline*) liegt daher unter den vorgefundenen Bedingungen **deutlich unterhalb des o. g. Zielwertes**.

Chloranisole sind Verbindungen, die bisher hauptsächlich als Verursacher des „Korktons“ in Wein bekannt wurden. Bei der Freisetzung in Luft machen sie sich durch einen schimmelig-muffigen Geruch bemerkbar. Im Innenraum werden diese Stoffe nicht direkt eingesetzt. Sie können aber aus Verbindungen wie Phenolen, *Chlorphenolen* oder *Chlorbenzolen* in Verbindung mit mikrobieller Aktivität entstehen. Der typische Geruch dieser Verbindungen wird mit Fertighäusern älterer Bauart in Verbindung gebracht. Solche Gerüche können als Belastung empfunden werden und Unwohlsein auslösen, auch wenn eine toxikologisch basierte Gesundheitsgefährdung nicht nachgewiesen ist.

Als besonders „geruchsintensiv“ gelten die *Trichloranisole* (TCA) 2,4,6-Trichloranisol und 2,3,4-Trichloranisol. Die Geruchsschwelle von TCA wird mit $0,002 \mu\text{g}/\text{m}^3 \triangleq 2 \text{ ng}/\text{m}^3$ angegeben und als ultra-intensiv charakterisiert. Als weniger geruchlich intensiv (Geruchsschwelle ca. $0,100 \mu\text{g}/\text{m}^3 \triangleq 100 \text{ ng}/\text{m}^3$) gelten die TeCA (u.a. 2,3,4,6-Tetrachloranisol). *Pentachloranisole* (PCA) spielen im Hinblick auf den Geruch eine untergeordnete Rolle (Geruchsschwelle ca. $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Chloranisole konnten nicht in der Raumluft nachgewiesen werden (Gehalte $< 0,05 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Eine toxikologisch basierte Gesundheitsgefährdung ist bei diesen sehr geringen Gehalten nicht nachgewiesen.

5.3 Bewertung der MVOC-Untersuchung

Beim Stoffwechsel von Schimmelpilzen können mikrobielle flüchtige organische Verbindungen (MVOC: Microbial Volatile Organic Compounds) gebildet werden, die für den typischen Geruch nach Schimmelpilzen verantwortlich gemacht werden. Neben Verbindungen, die nur typisch sind für das Schimmelpilzwachstum (sogenannte Hauptindikatoren für verdeckten Schimmelpilzbefall), werden einige MVOC auch aus nicht biogenen Quellen emittiert (Gebäudesubstanz, Bauteile, Einrichtungsgegenstände ...). Zu diesen „Nebenindikatoren“ zählen z.B. die Verbindungen *n-Butanol* und *2-Methylpropanol*, *2-Hexanon* und *2-Heptanon*, die auch im untersuchten Bereich nachzuweisen waren. Als sogenannte „Hauptindikatoren“, die bei einem mikrobiellen Schaden nachweisbar sind, zählen insbesondere die Verbindungen *3-Methylfuran*, *3-Methyl-1-butanol*, *2-Methyl-1-butanol*, *Dimethyldisulfid*, *1-Octen-3-ol* und *3-Octanon*.

In der Fachliteratur gibt es verschiedene Bewertungsmaßstäbe für MVOC-Untersuchungen im Rahmen der Ermittlung von Schimmelpilzschäden. Grundsätzlich ist festzustellen, dass „auffällige“ MVOC-Gehalte allein keinen ausreichenden Nachweis für einen verdeckten Schimmelpilzbefall darstellen, wohl aber wertvolle Hinweise für mögliche Schimmelpilzschäden geben können. MVOC werden im Bereich von wenigen ng/m^3 bis ca. $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ gefunden. VOC werden in höheren Konzentrationsbereichen gemessen.

Im vorliegenden Fall werden für die Bewertung der MVOC-Untersuchungsergebnisse die in der nachfolgenden Tabelle 7 aufgeführten Vorschläge von Lorenz/Landesgesundheitsamt Baden Württemberg herangezogen.

Tab. 7: MVOC-Bewertung nach Lorenz/LGA BW

Summe festgel. Haupt- und Nebenindikatoren	kein Nachweis eines Hauptindikators $< 50 \text{ ng}/\text{m}^3$	mindestens ein Hauptindikator $50 - 100 \text{ ng}/\text{m}^3$	mindestens ein Hauptindikator $> 100 \text{ ng}/\text{m}^3$
$< 500 \text{ ng}/\text{m}^3$	kein Befall	evtl. lokaler Befall	Befall wahrscheinlich
$500 - 1.000 \text{ ng}/\text{m}^3$	vermutlich kein Befall	Befall wahrscheinlich	Befall sehr wahrscheinlich
$> 1.000 \text{ ng}/\text{m}^3$	Befall fraglich	Befall sehr wahrscheinlich	Befall muss vorhanden sein

Eine Wertung nach o.g. Einstufung wurde in „Ampelform“ in der Tabelle 6 (Ergebnisse der MVOC-Messung) für die Gehalte der „MVOC-Hauptindikatoren“ vorgenommen. Danach wurden drei Hauptindikatoren mit relevanten Gehalten ($\geq 100 \text{ ng/m}^3$, rote Ampel) nachgewiesen.

Aufgrund ihrer chemischen Struktur und Eigenschaften verfügen insbesondere die MVOC und auch VOC-Substanzen über charakteristische Geruchsnoten (vgl. Tab. 6). Bedingung ist, dass die „Wahrnehmungs- und die Erkennungsschwellen“ überschritten werden und der wahrgenommene Geruch einem bestimmten Duftstoff zugeordnet werden kann. Diese Schwellenwerte sind stoffspezifische Größen und von der Umgebungstemperatur und der Luftfeuchtigkeit abhängig. Das Auftreten des charakteristischen Schimmelpilzgeruchs kann jedoch nicht als quantitative Messgröße verwendet werden. Geruchsintensität und Schimmelbefall korrelieren nicht zwangsläufig. Für die Wahrnehmung eines bestimmten Geruches ist nicht eine bestimmte Einzelsubstanz oder die Gesamtkonzentration der MVOC verantwortlich, vielmehr spiegelt die „Mischung“ an Substanzen den vorhandenen Geruchseindruck wider. Geruchsschwellen von einigen VOC sind in der Tabelle 6 aufgeführt. *1-Octen-3-ol* ist eine alkoholische Verbindung, die zu dem typischen Pilzgeruch führt.

Aufgrund des Geruchseindrucks und der Bewertung nach dem in Tab. 7 aufgeführten Bewertungsschema ist im untersuchten Bereich ein (verdeckter) *Schimmelpilzbefall wahrscheinlich*. Ein sichtbarer Befall durch Schimmelpilze ist nicht gegeben.

6 Zusammenfassung

Die TÜV NORD Umweltschutz GmbH & Co. KG wurde von Herrn Hasselmann (Gemeinde Börßum) beauftragt, in einem Schlafräum im Kindergarten in Börßum, Dahlgrundsweg 4 in Börßum Raumlufuntersuchungen durchzuführen.

Anlass für die vorsorglich durchgeführten Raumlufuntersuchungen gab die Sorge, dass gegebene geruchliche Beeinträchtigungen auf eine Raumlufbelastung durch Schadstoffe zurückführbar sein könnten.

Mit den Raumlufuntersuchungen sollten, insbesondere die für einige organische Stoffe bzw. Stoffgruppen vorhandenen Richtwertempfehlungen für die Innenraumluf (TVOC) vorsorglich überprüft werden. Aus den Untersuchungsergebnissen lassen sich folgende Aussagen ableiten:

- Unter ungelüfteten Bedingungen wird ein Raumlufgehalt für *Formaldehyd* erreicht, der als gering zu bezeichnen ist. Der Richtwert des BGA von **0,1 ppm** ($\triangleq 120 \mu\text{g/m}^3$) für *Formaldehyd* wird sicher unterschritten.
- Für die Belastung von Innenräumen durch TVOC als summarische Bewertungsgröße ist nach dem Schema der Ad-hoc-AG IRK/AOLG der Schlafräum als **„hygienisch noch unbedenklich“** zu werten.
- Richtwerte (RW I und RW II) für Einzelsubstanzen bzw. für Stoffgruppen werden nicht überschritten.
- Einige der detektierten VVOC-Substanzen gelten jedoch als gering auffällig für typische Innenräume. Sie waren z.T. mit höheren Gehalten nachweisbar, insbe-

sondere: diverse *Carbonsäuren, Aldehyd-Verbindungen, Tetrachlorethen, 2-Propanol und 1,2-Propandiol*. Neben deutlichen geruchlichen Wahrnehmungen (Überschreitung von Geruchsschwellen) sind Reizungen der Schleimhaut nicht auszuschließen.

- *Chlornaphthaline* als auch *Chloranisole* (geruchsintensiven Verbindungen) waren nicht nachweisbar.
- Aufgrund von festgestellten *MVOC-Hauptindikatoren* mit auffälligem Gehalt, ist nach dem zitierten Bewertungsschema die Einschätzung, dass ein „*Schimmelpilzbefall wahrscheinlich*“ ist, vorzunehmen. Allein die Präsenz dieser Verbindungen ist jedoch kein vollständiger Beweis für einen Schimmelpilzbefall in diesem Bereich. Aufgrund der vorgenommenen Sanierungsmaßnahmen wird im vorliegenden Fall der Geruch eher den mit auffälligen Gehalten nachgewiesenen VOC zugeordnet (*Aldehyde, Carbonsäuren*). Ein sichtbarer Befall bzw. ein auffälliger Geruch nach Schimmel war zum Zeitpunkt der Probenahme nicht gegeben.

Wegen der z.T. auffälligen Gehalte und auch der Präsenz geruchsintensiver Verbindungen ist weiterer Handlungs- bzw. gegebenenfalls noch Untersuchungsbedarf gegeben. **Wir empfehlen folgende weitere Vorgehensweise:**

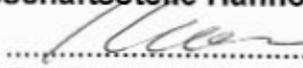
1. Fortführung des täglichen Lüftungsregimes, das die mehrmalige Stoßlüftung des Bereiches umfassen sollte.
2. Eine Quellsuche für die in auffälligen Konzentrationen festgestellten Verbindungen sollte vorgenommen werden.
3. Die festgestellten Quellen für die Raumlufbelastung sind gegebenenfalls unter Berücksichtigung der Verhältnismäßigkeit der Maßnahmen zu beseitigen.
4. Der Erfolg der eingeleiteten Maßnahmen sollte durch erneute VOC-Raumlufuntersuchungen nachgewiesen werden.

Für Gerüche im Innenraum existieren derzeit keine Vorgaben bzw. Richt- oder Grenzwerte. Häufig rufen Geruchswahrnehmungen beim Menschen Ängste vor einer Schadstoffbelastung hervor. Werden den betroffenen Menschen diese Ängste nicht genommen, etwa durch das Ergebnis entsprechender Untersuchungen, kann es zu tatsächlichen gesundheitlichen Beeinträchtigungen kommen. Die aktuellen Ergebnisse wurden unter ungelüfteten Bedingungen erzielt (reduzierte Lüftungsbedingungen, ca. 12 h nicht gelüftet). Bei typischer Nutzung, in Verbindung mit typischem Luftwechsel, sind geringere Gehalte zu erwarten.

Auf der Grundlage der Untersuchungsergebnisse (Gefahrstoffgehalte) sind keine Nutzungsbeschränkungen der Räumlichkeit zu begründen.

Eine abschließende gesundheitliche Beurteilung kann unsererseits nicht erstellt werden und sollte bei Bedarf durch einen diesbezüglich erfahrenen Mediziner

TÜV NORD Umweltschutz GmbH
Geschäftsstelle Hannover


.....
Der Sachverständige
(Dipl.-Ing. Klose)

Anlage 1: Basisinformationen zur Beurteilung von Innenraumluftkontaminationen

Rechtsverbindliche Grenzwerte für die Bewertung von Innenraumluftkontaminationen durch chemische Verbindungen bestehen derzeit mit Ausnahme des Chlorkohlenwasserstoffs Tetrachlorethen nicht. Zur Beurteilung und Bewertung von Innenraumluftbelastungen durch organische und anorganische Luftschadstoffe wurden in der jüngsten Vergangenheit von der Ad-hoc Arbeitsgruppe der Innenraumlufthygiene-Kommission des Umweltbundesamtes und der Obersten Landesgesundheitsbehörden (Ad-hoc-AG IRK/AOLG) für einzelne Stoffe bzw. Stoffgruppen Innenraumluft-Richtwerte auf der Grundlage eines 1996 veröffentlichten Basisschemas erarbeitet.

Danach wird zwischen Richtwert I (RW I) und Richtwert II (RW II) unterschieden, wobei der gefahrenbezogene RW II definitionsgemäß unter den Bedingungen einer kontinuierlichen und ganztägigen Nutzung der Räume durch empfindliche Personengruppen abgeleitet wurde. Nur in wenigen und hier nicht weiter diskutierten Ausnahmefällen ist es statthaft, die Richtwertkonzentrationen bei einer gegenüber der Bezugsbasis von 24 Stunden reduzierten Aufenthaltszeit im Innenraum über einen „Zeitfaktor“ zu verringern.

RW I und RW II-Werte:

Der Richtwert II (RW II) ist ein wirkungsbezogener begründeter Wert, der sich auf die gegenwärtigen toxikologischen und epidemiologischen Kenntnisse zur Wirkungsschwelle eines Stoffes unter Einführung von Unsicherheitsfaktoren stützt. Er stellt die Konzentration eines Stoffes dar, bei deren Erreichen bzw. Überschreiten unverzüglich Handlungsbedarf besteht, da diese Konzentration geeignet ist, insbesondere für empfindliche Personen bei Daueraufenthalt in den Räumen eine gesundheitliche Gefährdung darzustellen. Je nach Wirkungsweise des betrachteten Stoffes kann der Richtwert II als Kurzzeitwert (RW II K) oder Langzeitwert (RW II L) definiert sein. Der Handlungsbedarf ist als unverzüglicher Prüfbedarf zu verstehen, z.B. im Hinblick auf Sanierungsentscheidungen zur Verringerung der Exposition.

Richtwert I (RW I) ist die Konzentration eines Stoffes in der Innenraumluft, bei der im Rahmen einer Einzelstoffbetrachtung nach gegenwärtigem Erkenntnisstand auch bei lebenslanger Exposition keine gesundheitlichen Beeinträchtigungen zu erwarten sind. Eine Überschreitung ist mit einer über das übliche Maß hinausgehenden, hygienisch unerwünschten Belastung verbunden. Aus Vorsorgegründen besteht auch im Konzentrationsbereich zwischen RW I und RW II Handlungsbedarf. Der RW I wird vom RW II durch Einführen eines zusätzlichen Faktors (in der Regel 10) abgeleitet. Dieser Faktor ist eine Konvention. Der RW I kann als Sanierungszielwert dienen. Er soll nicht „ausgeschöpft“, sondern nach Möglichkeit unterschritten werden.

Danach wurden bisher folgende Richtwerte abgeleitet:

	<u>RW I</u>	<u>RW II</u>	<u>Jahr</u>
➤ Toluol	0,3 mg/m ³	3 mg/m ³	(1996)
➤ Dichlormethan	0,2 mg/m ³	2 mg/m ³ ¹⁾	(1997)
➤ Kohlenmonoxid	6,0 mg/m ³ (1/2 h) ¹⁾ 1,5 mg/m ³ (8 h)	60 mg/m ³ (1/2 h) 15 mg/m ³ (8 h)	(1997) (1997)
➤ Pentachlorphenol	0,1 µg/m ³	1 µg/m ³	(1997)
➤ Stickstoffdioxid	-	0,35 mg/m ³ (1/2 h)	(1998)
➤	-	0,06 mg/m ³ (1 Wo)	(1998)
➤ Styrol	0,03 mg/m ³	0,3 mg/m ³	(1998)
➤ Quecksilber (als metall. Dampf)	0,035 µg/m ³	0,35 µg/m ³	(1999)
➤ Tris(2-chlorethyl)-phosphat	0,005 mg/m ³ ²⁾	0,05 mg/m ³ ²⁾	(2000)
➤ Bicyclische Terpene ³⁾	0,2 mg/m ³	2 mg/m ³	(2003)
➤ Naphthalin	0,002 mg/m ³ ⁴⁾	0,02 mg/m ³	(2004)
➤ Aromatenarme Kohlenwasserstoffgemische (C ₉ -C ₁₄)	0,2 mg/m ³	2 mg/m ³	(2005)
➤ Σ C ₄ – C ₁₁ -Aldehyde gesättigte n- und iso-aliphatische Aldehyde	0,1 mg/m ³	2 mg/m ³	(2009)
➤ Butanal	0,2 mg/m ³	2 mg/m ³	(2009)
➤ Benzaldehyd	0,02 mg/m ³	0,2 mg/m ³	(2010)
➤ Monocyclische Terpene ⁵⁾	1,0 mg/m ³	10 mg/m ³	(2010)
➤ Benzylalkohol	0,4 mg/m ³	4 mg/m ³	(2010)
➤ Zyklische Dimethylsiloxane (D3 bis D6)	0,4 mg/m ³	4 mg/m ³	(2011)
➤ 2-Furaldehyd (Furfural)	0,01 mg/m ³	0,1 mg/m ³	(2011)
➤ Phenol	0,02 mg/m ³	0,2 mg/m ³	(2011)
➤ Kresole	0,02 mg/m ³	0,2 mg/m ³	(2012)
➤ Σ C ₉ – C ₁₅ -Alkylbenzole	0,1 mg/m ³	2 mg/m ³	(2012)
➤ Ethylbenzol	0,2 mg/m ³	2 mg/m ³	(2012)
➤ Methylisobutylketon (MIBK)	0,1 mg/m ³	1 mg/m ³	(2013)
➤ Ethylenglykolmonomethylether	0,02 mg/m ³	0,2 mg/m ³	(2013)
➤ Diethylenglykolmonomethylether	2 mg/m ³	6 mg/m ³	(v) (2013)
➤ Diethylenglykoldimethylether	0,03 mg/m ³	0,3 mg/m ³	(2013)
➤ Ethylenglykolmonoethylether	0,1 mg/m ³	1,0 mg/m ³	(2013)
➤ 2-Ethoxyethylacetat	0,2 mg/m ³	2 mg/m ³	(v) (2013)
➤ Diethylenglykolmonoethylether	0,7 mg/m ³	2 mg/m ³	(v) (2013)
➤ Ethylenglykolmonobutylether	0,1 mg/m ³	1 mg/m ³	(2013)
➤ 2-Butoxyethylacetat	0,2 mg/m ³	2 mg/m ³	(v) (2013)
➤ Diethylenglykolbutylether	0,4 mg/m ³	1 mg/m ³	(v) (2013)
➤ Ethylenglykolhexylether	0,1 mg/m ³	1 mg/m ³	(2013)
➤ 2-Propylenglykol-1-methylether	1 mg/m ³	10 mg/m ³	(2013)
➤ Dipropylenglykolmethylether	2 mg/m ³	7 mg/m ³	(v) (2013)
➤ 2-Propylenglykol-1-ethylether	0,3 mg/m ³	3 mg/m ³	(2013)
➤ Propylenglykol-1-tertiärbutylether	0,3 mg/m ³	3 mg/m ³	(2013)
➤ Acetaldehyd	0,1 mg/m ³	1 mg/m ³	(2013)

¹⁾ Mittelungszeitraum

²⁾ Obwohl die Ergebnisse tierexperimenteller Studien auf ein krebserzeugendes Potential der Verbindung hinweisen und für krebserzeugende Stoffe das Basisschema zur Richtwertableitung keine Anwendung finden sollte, sieht die Kommission aufgrund des Fehlens von eindeutigen Hinweisen zur Genotoxizität und des Bedarfs an Orientierungshilfen die Ableitung für TCEP für vertretbar an.

³⁾ Leitsubstanz α-Pinen

⁴⁾ Der RW I-Wert dürfte Schutz auch vor geruchlichen Belästigungen bilden

⁵⁾ Leitsubstanz d-Limonen

(v) vorläufig

Die nach dem Basisschema der Ad-hoc-AG IRK/AOLG abgeleiteten Richtwerte sind als Einzelstoffbetrachtung zu sehen und beinhalten keine Aussage über mögliche Kombinationswirkungen verschiedener Substanzen. Für die Summenbelastung durch flüchtige organische Verbindungen (VOC¹⁾) lässt sich ein solcher toxikologisch begründeter Richtwert für die Innenraumluft naturgemäß nicht aufstellen, da es sich um ein in seiner quantitativen und qualitativen Zusammensetzung unbestimmtes Vielstoffgemisch handelt.

Zur Beurteilung der Gesamtbelastung durch VOC wurde von der Ad-hoc-AG IRK/AOLG ein Schema für TVOC-Werte entwickelt, das das TVOC-Konzept von Seifert präzisiert (1998; Bundesgesundheitsblatt – Gesundheitsforschung Gesundheitsschutz 42, 270 ff). Voraussetzung für die Anwendung dieses Schemas ist die Einhaltung der o.g. toxikologisch begründeten Richtwerte.

In der Tabelle A 1 wird dieses Stufenkonzept der hygienischen Bewertung von TVOC-Werten dargestellt [2007; Bundesgesundheitsblatt – Gesundheitsforschung Gesundheitsschutz, 990 ff.].

Tab. A 1: Hygienische Bewertung von TVOC-Werten

Stufe	Bereich	Hygienische Bewertung
1	≤ 0,3 mg/m ³	Hygienisch unbedenklich In der Regel keine Beschwerden
2	> 0,3 – 1 mg/m ³	Hygienisch noch unbedenklich , soweit keine Richtwertüberschreitungen für Einzelstoffe bzw. Stoffgruppen vorliegen. In Einzelfällen Beschwerden oder Geruchswahrnehmungen, z.B. nach kleineren Renovierungsmaßnahmen oder Neumöblierungen in den letzten Wochen.
3	> 1 – 3 mg/m ³	Hygienisch auffällig Nutzung bei Räumen, die regelmäßig genutzt werden, nur befristet akzeptabel (< 12 Monate). Innerhalb von ca. 6 Monaten sollte TVOC-Konzentration deutlich unter den anfangs gemessenen TVOC-Wert abgesenkt werden. Fälle mit Beschwerden oder Geruchswahrnehmungen, z.B. nach größeren Renovierungsarbeiten.
4	> 3 – 10 mg/m ³	Hygienisch bedenklich Nutzung bei Räumen, die regelmäßig genutzt werden, nur befristet akzeptabel (< 1 Monat). Die TVOC-Konzentration sollte innerhalb eines Monats unter 3 mg/m ³ abgesenkt werden. Fälle mit Häufung von Beschwerden oder Geruchswahrnehmungen, z.B. nach größeren Renovierungsarbeiten.
5	> 10 mg/m ³	Hygienisch inakzeptabel Raumnutzung möglichst vermeiden. Ein Aufenthalt ist allenfalls pro Tag stundenweise/zeitlich befristet zulässig. Bei Werten oberhalb von 25 mg/m ³ ist eine Raumnutzung zu unterlassen. Die TVOC-Konzentration sollte innerhalb eines Monats unter 3 mg/m ³ abgesenkt werden. In der Regel Beschwerden und Geruchswahrnehmungen z.B. nach Fehlanwendungen, Unfällen.

[1] Klassifizierung organischer Verbindungen gemäß WHO nach dem Siedepunkt (DIN ISO 16000-6):

- schwerflüchtige organische Verbindungen **SVOC** (Semi-Volatile Organic Compounds): organische Verbindungen mit einem Siedepunkt im Bereich von (240°C bis 260°C) bis (380°C bis 400°C)
- flüchtige organische Verbindungen **VOC** (Volatile Organic Compounds): organische Verbindungen mit einem Siedepunkt im Bereich von (50°C bis 100°C) bis (240°C bis 260°C)
- sehr flüchtige organische Verbindungen **VVOC** (Very Volatile Organic Compounds): organische Verbindungen mit einem Siedepunkt im Bereich von < 0°C bis (50°C bis 100°C)
- gesamte flüchtige organische Verbindungen **TVOC** (Total Volatile Organic Compounds): Summe VOC, die auf TENAX TA[®] gesammelt und zwischen einschließlich n-Hexan und n-Hexadecan eluiert werden.

Anlage 2: Örtliche Gegebenheiten, sichtbare Bausubstanz

Schlafraum

<u>Maße:</u>	rechteckförmige Grundfläche ca. 4,9 m x 4,4 m, mit Schlafnische ca. 2,2 m x 2,5 m, Raumhöhe Giebel 5,0 m, Fensterseite ca. 2,8 m
<u>Boden:</u>	massiv, Linoleum, umlaufenden Kunststoffleiste, versiegelt
<u>Wände:</u>	massiv, Leichtbauweise, Raufaser, gelb gestrichen
<u>Decke:</u>	sichtbare Holzbalkendecke, Zwischenräume mit Bretter verblendet, grau lackiert
<u>Tür:</u>	2 Eingangstüren (Holzwerkstoff), lackiert
<u>Fenster:</u>	1 Außentür/Fenster
<u>Heizung:</u>	1 Heizkörper

Die Einrichtung bestand im Wesentlichen aus:

- 1 Schlafpodest mit integrierten Liegen, Leimholz, mit Teppich verklebt
- 1 kleinen Schrank (Spanplatte Kunststoffbeschichtet)
- 1 Regal mit Schlafmatten und Bettzeug
- 1 Teppich

Geruch: deutlicher Geruch (Linoleum (?), nicht näher zu beschreiben)

Bemerkungen:

Die Türen sowie das Fenster waren während der Messung geschlossen.

Nähere Details sind den folgenden Bildern zu entnehmen:



Bild 1: Schlafraum



Bild 2: Schlafraum

Anlage 3: Probenahmeprotokolle

Probenahmeprotokoll für VOC														
Messort		Kindergarten, Börßum			TÜV-Sachverst. Klose			Datum:			12.12.2013			
Bericht-Nr.		8000646370												
Bereich(e):		(1) Schlafraum			(4)									
		(2)			(5)									
		(3)			(6)									
AB Lfd. Nr.	Probe Art	Probepumpe (OS-Nr.)	Prob.-Bez.	Bereich/Probenahmeort	Probenahme von [Uhr]	Probenahme bis [Uhr]	T [°C]	rel. F. [%]	p [hPa]	t _a [Uhr]	t _c [Uhr]	Pumpe Ø v [l/min]	Bemerkungen (Lüftung des Raumes, Geruch, Ausstattung, Unterbrechungen, ect.)	V _{act} [l]
1	TD	SKC (8198-0221)	m198986	Schlafraum zentraler Bereich	07:35	08:40	19,0	45	1015	0:00	1:05	0,115		7,48
1	DNPH	SKC (8198-0212)	Kse874	Schlafraum zentraler Bereich	07:35	08:40	19,0	45	1015	0:00	1:05	0,97		62,8
1	TD	SKC (8198-0221)	m198987	Schlafraum zentraler Bereich	07:35	08:40	19,0	45	1015	0:00	1:05	0,100		6,50
1	TD	SKC (8198-0214)	20 138	Schlafraum zentraler Bereich	07:35	08:40	19,0	45	1015	0:00	1:05	0,088		5,72

TÜV NORD Umweltschutz
 verwendet mit Gerät: 03-001
 Empfindl./rel.F.: Testo 625 (8198-0198)
 Lufröhre: GMH 3180 (8198-0151)
 Volumenstrom: Defendier 520-M (8198-0216)

Anlage 4: Prüfberichte

Prüfbericht-Nr. 113UML1447

Auftraggeber TNU-extern : Gemeinde Börßum
Auftraggeber TNU-intern : Herr Klose
Auftragsumfang : Untersuchung von 1 Probe auf Carbonylverbindungen
gemäß Arbeitsblatt 283052 nach VDI 3862 Blatt 3, De-
zember 2000
Auftragsnummer TNU : 8000646370
Probenbegleitblattnummer: 2013-2435
Datum Probeneingang Labor : 16.12.13
Analysendatum: 19.12.13
Seitenzahl des Berichtes : 4
Datum des Berichtes : 20.12.13
Bearbeiter/in(en) Labor : Renate Kreimann
Telefon : +49 (40) 8557 – 2849
Fax : +49 (40) 8557 – 2142
e-mail: rkreimann@tuev-nord.de

Für den Inhalt

i.v. Dorke
Bearbeiter/in (en) Labor

Für die fachliche Richtigkeit

Bennigsdorf
Laborleiter / Stellvertreter

TÜV NORD Umweltschutz

Arbeitsgebiet Labor

Verwendete Untersuchungsmethoden

Bestimmung der Messkonzentration von flüchtigen Aldehyden und Ketonen gemäß Arbeitsblatt 283052 nach VDI 3862 Blatt 3, Dezember 2000

Beteiligung eines Fremdlabors

nein

Verfahrenskenngrößen

Unter Berücksichtigung eines Probenahmevolumens von 30 Litern gelten folgende Bestimmungsgrenzen:

	Konzentration [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Gehalt [$\mu\text{g}/\text{Probe}$]
Formaldehyd	0,33	0,01
Acetaldehyd	0,68	0,02
Aceton	0,58	0,02
Acrolein	0,70	0,02
Furfural	1,20	0,04
Propanal	0,73	0,02
Crotonaldehyd	1,32	0,04
2-Butanon	1,15	0,03
n-Butanal	0,88	0,03
Benzaldehyd	0,83	0,03
Cyclohexanon	1,13	0,03
Pentanal	0,92	0,03
4-Methyl-2-Pentanon	0,43	0,01
Hexanal	1,25	0,04
Heptanal	1,57	0,05
Nonanal	2,90	0,09

TÜV NORD Umweltschutz

Arbeitsgebiet Labor

Besonderheiten

keine

Analytik

Die Hydrazone werden, abweichend von der VDI Methode, mit DNPH-Lösung ($c = 0,1 \text{ mg/mL}$) vom Silicagel desorbiert. Neben den in der Methode genannten Analyten werden zusätzlich Cyclohexanon und Hexanal sowie ggf. Glutaraldehyd bestimmt.

Butanal wird als n-Butanal bestimmt.

Kalibrierverfahren

Beim HPLC-Verfahren wird eine lineare Kalibriergerade aus 5 Punkten erstellt, die regelmäßig mit unabhängigen Kontrollstandards überprüft wird.

Standards

Es werden selbst angefertigte Hydrazonderivate eingesetzt.

TÜV NORD Umweltschutz
Arbeitsgebiet Labor

Ergebnisse der Messung

Probennummer extern	KSE 874
Probennummer intern	2013-2435-001
	[µg/Probe]
Formaldehyd	1,22
Acetaldehyd	1,06
Aceton	3,61
Acrolein	< BG
Furfural	0,16
Propanal	0,57
Crotonaldehyd	< BG
Methylethylketon	0,53
n-Butanal	0,18
Benzaldehyd	0,33
Cyclohexanon	< BG
Pentanal	0,33
Methylisobutylketon	< BG
Hexanal	0,94
Heptanal	0,15
Nonanal	0,59

Fraunhofer WKI | Bienroder Weg 54 E | 38108 Braunschweig

TÜV NORD Umweltschutz GmbH & Co. KG
Attn: Herr Frank Klose
Am TÜV 1

30519 Hannover

Fraunhofer Institut für Holzforschung
Wilhelm-Klauditz-Institut WKI

Institutsleiter
Prof. Dr. -Ing. Bohumil Kasal

Bienroder Weg 54 E
38108 Braunschweig | Germany

Andrea Schulze

Materialanalytik & Innenluftchemie
Phone + 49 531 2155-394 | Fax + 49 531 2155-905
sample_info@wki.fraunhofer.de
www.wki.fraunhofer.de

Braunschweig, 19.12.2013

Untersuchungsbericht Nr. MAIC-2013-4271

Auftraggeber:	TÜV NORD Umweltschutz GmbH & Co. KG, Hannover.	
Gegenstand der Untersuchungen:	VOC- Bestimmung sowie Analyse von Chloranisolen und Chlornaphthalinen von zwei Tenax-Adsorptionsröhrchen.	
Inhalt:	1. Probenbeschreibung	Seite 2
	2. Experimentelles	Seite 2
	3. Ergebnisse	Seite 2

Dieser Bericht umfasst 5 Seiten.

Der Untersuchungsbericht darf nur ungekürzt weitergegeben oder vervielfältigt werden. Eine auszugsweise Veröffentlichung ist nur mit schriftlicher Genehmigung des Fraunhofer-Instituts für Holzforschung – Wilhelm-Klauditz-Instituts (WKI) – gestattet. Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die untersuchten Prüfgegenstände. Das untersuchte Material wurde verbraucht.

Probenbeschreibung:

WKI Nr.	Eingangsdatum	Probenbezeichnung	Produkt-Nr.	Hersteller-Code	Datums-Stempel
P36260	16.12.2013	m198986 V=7,57l	n.a.	n.a.	n.a.
P36261	16.12.2013	m198987 V=6,50l	n.a.	n.a.	n.a.

(Reserveprobe von m198986)

 Ihr Zeichen: UBG-H/Kse
 Aktenzeichen: 8000646370

(Probe P36260: Aluminiumfolie/Einzeln vollständig verpackt; Probe P36261: Aluminiumfolie/Einzeln vollständig verpackt)

Experimentelles:
Bestimmung von VOC

Die Röhrchen werden in einem automatischen Thermodesorption/Purge&Trap-Injektor bei 330 °C thermodesorbiert, die Fokussierung der dabei freigesetzten Substanzen erfolgt in einer Kühlfalle bei -30 °C. Nach Transfer auf eine unpolare GC-Kapillarsäule werden die Komponenten gaschromatographisch getrennt und massenspektrometrisch nachgewiesen. Die Identifikation der Substanzen wird mit Hilfe von Spektrenbibliotheken (NIST, Wiley) vorgenommen.

Die Berechnung der angegebenen Konzentrationen erfolgt auf Basis des vom Auftraggeber mitgeteilten Probenahmenvolumens. Die identifizierten Komponenten über 1 µg/m³ werden mit Hilfe von reinen Referenzsubstanzen quantitativ bestimmt.

Bestimmung von Chloranisolen und -naphthalinen

Die Röhrchen werden in einem automatischen Thermodesorption/Purge&Trap-Injektor bei 330 °C thermodesorbiert, die Fokussierung der dabei freigesetzten Substanzen erfolgt in einer Kühlfalle bei -30 °C. Nach Transfer auf eine unpolare GC-Kapillarsäule werden die Komponenten gaschromatographisch getrennt und massenspektrometrisch (Single Ion Monitoring, SIM) nachgewiesen.

Die Berechnung der angegebenen Konzentrationen erfolgt auf Basis des vom Auftraggeber mitgeteilten Probenahmenvolumens. Chloranisole und Chlornaphthaline werden mit Hilfe von reinen Referenzsubstanzen quantitativ bestimmt, die Bestimmungsgrenze beträgt 0,05 µg/m³.

Ergebnisse:

Die Untersuchungsergebnisse sind auf den folgenden Seiten tabellarisch zusammengefasst.

Ergebnisse der VOC-Bestimmung von Probe P36260 (m198986 V=7,57l)

CAS-No.	Substanz	Konzentration in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ Info	
		A12943/P36260	7.57L
000106-97-8	Butane (n-Pentan)	3	<C6
000064-17-5	Ethanol	71	<C6bc
000078-78-4	iso-Pentan	87	<C6cd
000067-63-0	2-Propanol	113	<C6bc
000109-66-0	n-Pentan	53	<C6c
000078-79-5	Isopren	2	<C6cg
000079-20-9	Methylacetat	3	<C6bc
000287-92-3	Cyclopentan	2	<C6c
000123-72-8	Butanal	6	<C6bcd
000078-93-3	2-Butanon (MEK)	23	bd
000064-19-7	Essigsäure	66	bd
000141-78-6	Ethylacetat	9	bd
000078-83-1	iso-Butanol	2	b
000591-76-4	2-Methylhexan	1	
000071-36-3	n-Butanol	14	bd
000142-82-5	C 7 (Heptan)	4	b
000110-62-3	Pentanal	12	bd
000108-87-2	Methylcyclohexan	2	b
000057-55-6	1,2-Propandiol	42	b
000108-88-3	Toluen	3	bdh
000071-41-0	n-Pentanol	3	b
000110-19-0	i-Butylacetat	1	bd
000107-92-6	Buttersäure	2	bd
000111-65-9	C 8 (Octan)	2	b
000066-25-1	n-Hexanal	25	bd
000127-18-4	Tetrachlorethen	2	bdi
000123-86-4	n-Butylacetat	16	bd
001330-20-7	m,p-Xylol	2	bh
000123-92-2	iso-Pentylacetat (n-Butylacetat)	4	
000110-43-0	2-Heptanon	1	
000100-42-5	Styrol	5	bdh
000095-47-6	o-Xylol (m,p-Xylen)	1	bh
000111-84-2	C 9 (Nonan)	1	b
000111-71-7	n-Heptanal	4	bd
000111-76-2	Butylglykol	5	b
000080-56-8	alpha-Pinen	5	bdf
005131-66-8	1-Butoxy-2-propanol	19	b

000100-52-7	Benzaldehyd	8	bd
000142-62-1	Hexansäure	11	bd
018172-67-3	beta-Pinen	1	bdf
000110-93-0	2-Methyl-2-hepten-6-on	2	
000124-18-5	C 10 (Decan)	3	b
000111-90-0	Ethylglykol	8	b
000124-13-0	Octanal	9	bd
000498-15-7	3-Caren	2	bdf
000104-76-7	2-Ethyl-1-hexanol	6	bd
005989-27-5	Limonen	39	bdf
000100-51-6	Benzylalkohol	8	b
001120-21-4	C 11 (Undecan)	2	b
000124-19-6	n-Nonanal	26	bd
000149-57-5	2-Ethylhexansäure	2	bd
000541-02-6	Decamethylcyclopentasiloxan	33	b
000124-07-2	Octansäure	2	bd
000112-31-2	n-Decanal	5	bd
000122-99-6	2-Phenoxyethanol	1	b
029911-28-2	Dipropylenglykolbutylether (Isomergemisch)	1	bd
000112-05-0	Nonansäure (Octansäure)	2	
000629-50-5	C 13 (Tridecan)	1	b
(013475-82-6)	Summe andere Iso-Alkane:	6	
(000108-67-8)	Summe andere C3-Benzole:	10	
(000535-77-3)	Summe andere C4-Benzole:	8	
(000080-56-8)	Summe andere Terpene:	4	f
Summe aller gemessenen Verbindungen:		816	
Summe VVOC (< C6):		340	
Summe VOC (C6-C16):		476	
Summe SVOC (> C16):		< 1	

(Die tiefgestellt angegebenen Fragmente/Substanzen wurden als Referenz für die Quantifizierung verwendet)
 Zusatzinformationen: (b) NIK-Werte-Liste; (c) „Safe sampling volume“ zu klein, Minderbefunde möglich; (d) Geruchsrelevant; (e) Siedepunkt der Substanz ist höher als die thermische Obergrenze des Desorbers, Minderbefunde möglich; (f) Vermutlich vom Holzanteil freigesetzt; (h) aromatische Substanz IOS-MAT0054; (i) chloriertes Lösemittel IOS-MAT0054; (<C6) VVOC-Substanz; (>C16) SVOC-Substanz.

Einstufung gemäß UN GHS / EC 1272/2008: (a): Akut toxische Verbindung Kat. 1+2+3; (g): Chronisch toxische Verbindung CMR Kat. 1A+1B; (l): Spezifisch zielorgan-toxische Verbindung STOT RE1+SE1

Ergebnisse der VOC-Bestimmung von Probe P36261 (m198987 V=6,50l)

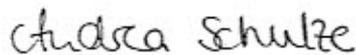
CAS-No.	Substanz	Konzentration in $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Info
A12943/P36261 6,5l			
000087-40-1	2,4,6-Trichloranisol	< 0,05	
000091-58-7	2-Chlornaphthalin	< 0,05	
000090-13-1	1-Chlornaphthalin	< 0,05	
000938-22-7	2,3,4,6 Tetrachloranisol	< 0,05	
002065-70-5	2,6-Dichlornaphthalin	< 0,05	>c16
001825-21-4	Pentachloranisol	< 0,05	>c16
Summe aller gemessenen Verbindungen:		< 0,05	
Summe VVOC (< C6):		< 0,05	
Summe VOC (C6-C16):		< 0,05	
Summe SVOC (> C16):		< 0,05	

(Die tiefgestellt angegebenen Fragmente/Substanzen wurden als Referenz für die Quantifizierung verwendet)

Zusatzinformationen: (b) NIK-Werte-Liste; (c) ‚Safe sampling volume‘ zu klein, Minderbefunde möglich; (d) Geruchsrelevant; (e) Siedepunkt der Substanz ist höher als die thermische Obergrenze des Desorbers, Minderbefunde möglich; (f) Vermutlich vom Holzanteil freigesetzt; (h) aromatische Substanz IOS-MAT0054; (i) chloriertes Lösemittel IOS-MAT0054; (<C6) VVOC-Substanz; (>C16) SVOC-Substanz.

Einstufung gemäß UN GHS / EC 1272/2008: (a): Akut toxische Verbindung Kat. 1+2+3; (g): Chronisch toxische Verbindung CMR Kat. 1A+1B; (I): Spezifisch zielorgan-toxische Verbindung STOT RE1+SE1

Sachbearbeiterin



A. Schulze

Für den Fachbereich



Dr. E. Uhde

SGS INSTITUT FRESENIUS GmbH Königsbrücker Landstr. 161 01109 Dresden

TÜV Nord Umweltschutz GmbH & Co. KG
Geschäftsstelle Hannover
Am TÜV 1
30519 Hannover

Prüfbericht 1983883
Auftrags Nr. 2825466
Kunden Nr. 10027723



Frau Anetta Todt
Telefon +49 351/8841-230
Fax +49 351/8841-231

Environmental Services

SGS INSTITUT FRESENIUS GmbH
Königsbrücker Landstr. 161
01109 Dresden

Dresden, den 20.12.2013

Ihr Auftrag/Projekt: AZ 800064370
Ihr Bestellzeichen: UBG-H/Kse
Ihr Bestelldatum: 12.12.2013

Prüfzeitraum von 16.12.2013 bis 20.12.2013
erste laufende Probenummer 131118895
Probeneingang am 13.12.2013

SGS INSTITUT FRESENIUS

Anetta Todt
Customer Services

Monika Rost
Customer Services

Seite 1 von 2

SGS INSTITUT FRESENIUS GmbH | Im Malsel 14 D-65232 Taunusstein t +49 6128 744-0 f +49 6128 744-9890 www.institut-fresenius.de

Geschäftsführer: Vincent Cicous Fumoff, Aufsichtsratsvorsitzender: Dirk Hollemann, Sitz der Gesellschaft: Taunusstein
HRB 21543 Amtsgericht Wiesbaden

Die Prüfergebnisse beziehen sich auf die untersuchten Proben. Die Veröffentlichung und Verwertbarkeit unserer Prüfberichte und Gutachten zu Werbezwecken sowie deren auszugsweise Verwendung in anderen Fällen bedürfen unserer schriftlichen Genehmigung. Alle Dienstleistungen werden auf Grundlage der anwendbaren Allgemeinen Geschäftsbedingungen der SGS, die auf Anfrage zur Verfügung gestellt werden, erbracht.
Member of the SGS Group (Société Générale de Surveillance)

Probe 131118895		Probenmatrix	Luft		
Container 138					
Luftvolumen 5,72 l					
Eingangsdatum	13.12.2013	Eingangsart	von Ihnen übersendet		
Entnahmedatum					
Parameter	Einheit	Ergebnis	Bestimmungs- grenze	Methode	Lab
MVOC-Thermodesorption					
3-Methylfuran	µg/m³	0,14	0,02	GC-MS mit TDS	DD
2-Methylpropanol	µg/m³	n.a. ⁽¹⁾	0,02	GC-MS mit TDS	DD
n-Butanol	µg/m³	5,3	0,05	GC-MS mit TDS	DD
2-Pentanol	µg/m³	< 0,02	0,02	GC-MS mit TDS	DD
3-Methyl-1-butanol	µg/m³	0,02 ⁽²⁾	0,02	GC-MS mit TDS	DD
2-Methyl-1-butanol	µg/m³	0,09 ⁽²⁾	0,02	GC-MS mit TDS	DD
Dimethyldisulfid	µg/m³	0,05	0,02	GC-MS mit TDS	DD
2-Hexanon	µg/m³	0,35	0,02	GC-MS mit TDS	DD
2-Heptanon	µg/m³	0,65	0,02	GC-MS mit TDS	DD
1-Octen-3-ol	µg/m³	0,21	0,02	GC-MS mit TDS	DD
3-Octanon	µg/m³	0,16	0,02	GC-MS mit TDS	DD
3-Octanol	µg/m³	< 0,02	0,02	GC-MS mit TDS	DD
(1) nicht auswertbar					
(2) überlagert					
Summen					
Sum MVOC o. 2-Methylprop und n-Butanol	µg/m³	1,6			DD
Summe MVOC	µg/m³	6,9			DD
zusätzlich erfasste Parameter					
Dimethylsulfid	µg/m³	< 0,04	0,04	GC-MS mit TDS	DD