

## **Gutachten Nr. 191213**

**Auftraggeber:** Stadt Dissen  
Große Str. 33  
49201 Dissen

**Objekt:** Grundschule Dissen  
Jahnstr. 3  
49201 Dissen

**Auftrag vom:** 11.10.2019

**Bearbeiter:** Thomas Jockel

**Ortstermin:** 03.12.2019 11:00 - 12:50

**Anwesende Personen:** Frau Petkau (Stadt Dissen)  
Frau von Bockelberg (Schulleiterin)  
Thomas Jockel (Sachverständiger)

**Gutachtenerstellung:** 17.12.2019

## Inhaltsverzeichnis

	Seite
<b>1 AUFGABENSTELLUNG:</b> .....	<b>3</b>
<b>2 OBJEKT UND SITUATION VOR ORT:</b> .....	<b>3</b>
<b>3 DURCHGEFÜHRTE ARBEITEN:</b> .....	<b>3</b>
<b>4 ERGEBNIS UND BEWERTUNG:</b> .....	<b>4</b>
4.1 Ergebnisse im Vergleich zu Hintergrundkonzentration:.....	5
4.2 Ergebnis Summenwert TVOC: .....	8
4.3 Ergebnisse im Vergleich zu Richt- und Grenzwerten: .....	11
4.4 Ergebnisse im Vergleich zu Geruchsschwellenwerten:.....	14
4.5 Formaldehyd:.....	20
<b>5 ZUSAMMENFASSUNG:</b> .....	<b>25</b>
<b>6 LITERATURVERZEICHNIS</b> .....	<b>26</b>

### Anlage

Anlage 1: Laborbericht Nr. E912575

Anlage 2: verwendete Probenahmegeräte

### Verwendete Abkürzungen:

VOC:	leichtflüchtige organische Verbindungen
TVOC:	Summenkonzentration leichtflüchtige organische Verbindungen
BG:	Bestimmungsgrenze
UBA:	Umweltbundesamt
HH:	Hansestadt Hamburg
AGÖF:	Arbeitsgemeinschaft ökologischer Forschungsinstitute e.V.
OW:	Orientierungswert

## **1 Aufgabenstellung:**

Ich bin beauftragt worden aus Gründen der Gesundheitsvorsorge in den Räumen 12 und 14 (Unterrichtsräume) jeweils eine Raumluftprobenahme zur Untersuchung auf leichtflüchtige organische Verbindungen (VOC) und Aldehyde durchzuführen.

## **2 Objekt und Situation vor Ort:**

Es handelt es sich bei dem Gebäude um eine Grundschule. Der Kautschuk-Fußbodenbelag ist ca. 25 Jahre alt. Von den Nutzern der Räume wird ein auffälliger Geruch beschrieben. Insbesondere nach dem Wischen des Fußbodens und auch bei höheren Temperaturen ist der Geruch deutlich stärker wahrnehmbar.

Es wurde zuvor bereits eine Analyse des Fußbodenbelags im Labor auf VOC durchgeführt (Gutachten Nr. 191101) und ein Kurzbericht (Nr.19115) zur Geruchsüberprüfung des Fußbodenbelags erstellt.

## **3 Durchgeführte Arbeiten:**

Ich habe in beiden Räumen jeweils folgende Raumluftprobenahmen in einer Höhe von ca. 1,5 Metern mittig im Raum durchgeführt.

Mit Hilfe der Probenahmepumpe BiVOC2 habe ich jeweils zwei Liter Raumluft durch ein TENAX-Röhrchen zur Analyse auf VOC gezogen. Weiterhin habe ich eine Blindwertprobe entnommen. Die Probenahme habe ich in Anlehnung an die DIN ISO 16000-1 [1], DIN ISO 16000-5 [2] und DIN ISO 16000-6 [3] durchgeführt.

Mit Hilfe der Probenahmepumpe BiVOC2 habe ich je 50 Liter Raumluft durch eine DNPH-Kartusche zur Analyse auf Aldehyde gezogen.

Die Probenahme wurde in Anlehnung die DIN EN ISO 16000-2 [4] und 3 [5] durchgeführt.

Die Probenahme wurde in beiden Räumen unter Nutzungsbedingungen durchgeführt. Die Probenahme wurde in der Pause nach vorheriger Nutzung der Räume ohne zusätzliches Lüften durchgeführt. Im Raum 12 wurde von

einer Reinigungskraft unmittelbar vor der Probenahme der Fußboden feucht gewischt.

Abschließend habe ich alle Proben verpackt und an Labore zur Analyse versendet.



Bild 1: Raum 12



Bild 2: Raum 14

## 4 Ergebnis und Bewertung:

Alle Messergebnisse und die daraus abgeleiteten Empfehlungen gelten für die Situation zum Zeitpunkt der Messung und Probenahme.

Es gibt für die Bewertung von VOC verschiedene Möglichkeiten. Nachfolgend finden Sie verschiedene Tabellen zu den Bewertungsmöglichkeiten und den Ergebnissen der Laboruntersuchung. Die verschiedenen Bewertungsmöglichkeiten und Bewertungen werden hier auch im Einzelnen erläutert. In den Tabellen werden aus Gründen der Übersichtlichkeit nur die Substanzen tabellarisch aufgelistet, deren Konzentration als erhöht oder hoch bewertet werden. Das gesamte Laborergebnis befindet sich aus Gründen der Übersichtlichkeit in der Anlage 1. Eine abschließende Zusammenfassung der Bewertung und Untersuchung der Räume befindet sich unter Punkt 5.

#### **4.1 Ergebnisse im Vergleich zu Hintergrundkonzentration:**

##### **Erläuterungen:**

Bei dem Schema nach statistischer Ableitung werden die Werte mit allgemeinen Konzentrationen, die üblicherweise in Innenräumen zu finden sind, verglichen und bewertet. Zur Ermittlung der allgemeinen Hintergrundkonzentration wertete die AGÖF (überarbeitete Fassung 05.10.2013, 10. Fachkongress der AGÖF, Nürnberg 2013; [www.agoef.de](http://www.agoef.de), Orientierungswerte) 4846 Luftmessungen der Mitgliederinstitute aus den Jahren 2006 bis 2012 aus und gibt 50- bzw. 90-Percentile an.

*Normalwert (50-Percentile):* durchschnittlicher Belastungswert, der üblicherweise von Quellen im Innenraum verursacht wird. Ein zwingender Handlungsbedarf lässt sich nicht ableiten.

*Auffälligkeitswert (90-Percentile):* Bei einem Überschreiten des Wertes ist von einer Quelle auszugehen. Je nach Substanz sind weitere Untersuchungen bzw. eine Quellenidentifizierung angezeigt und eine Sanierung anzuraten.

*Orientierungswert der AGÖF:* Der Orientierungswert lehnt sich an dem 90-Percentile an, soweit ein 90-Percentil oberhalb der Bestimmungsgrenze ermittelt wurde. Beim Überschreiten sollte überprüft werden, ob im Rahmen einer vorbeugenden Belastungsverringerung weiterer Handlungsbedarf besteht. Je nach Substanz sind unter Beachtung einer gesundheitlichen Relevanz und Sanierungsnotwendigkeit weitere Untersuchungen bzw. eine Quellenidentifizierung angezeigt.

Gegebenenfalls wurden laboreigene Erfahrungswerte zugrunde gelegt. Da sich das Substanzspektrum ständig verändert, werden ältere Studien nicht mehr zum Vergleich herangezogen.

Davon ausgehend erfolgt die Beurteilung der Raumluftkonzentrationen anhand eines Orientierungswertes. Der Orientierungswert orientiert sich an den 90-Percentilen. Es werden hierbei drei Bewertungsstufen für die Luft verwendet: Konzentration *unauffällig*, *erhöht* und *hoch*, wobei die beiden letzten Bewertungsstufen Konzentrationen oberhalb des Orientierungswertes entsprechen.

*unauffällig*: der Orientierungswert wird unterschritten, keine Maßnahmen nötig.

**erhöht**: die Konzentration ist zwischen dem Orientierungswert und dem 3-fachen des Orientierungswertes. Eine Quelle im Untersuchungsobjekt ist möglich. Als Sofortmaßnahme ist regelmäßiges Lüften evtl. mit einem Lüftungsplan anzuraten. Bei empfindlichen Menschen sind weitere Maßnahmen möglich.

**hoch**: die Konzentration liegt oberhalb des 3-fachen des Orientierungswertes. Eine Quelle im Untersuchungsobjekt ist wahrscheinlich und neben Sofortmaßnahmen (regelmäßiges Lüften evtl. mit Lüftungsplan) sind weitere Maßnahmen wie Quellensuche oder ggf. medizinische Abklärung und Sanierung anzudenken. Die Verbindung kann evtl. geruchlich wahrgenommen werden.

Eine Belastung nach diesem Bewertungsschema führt nicht zwangsweise zu körperlichen Beschwerden.

### **Ergebnisse:**

#### **Raum 14:**

Verbindung	BG	µg/m <sup>3</sup>	Bewertung	OW
Limonen	1	102	hoch	23
Menthol	1	1,5	erhöht	1
β-Linalool	1	1,2	erhöht	1
β-Myrcen	1	3,7	erhöht	2
Hexamethylcyclotrisiloxan	2	27	erhöht	16
Dekamethylcyclopentasiloxan	2	73	hoch	22

#### **Raum 12:**

Verbindung	BG	µg/m <sup>3</sup>	Bewertung	OW
2-Butoxyethanol	2	53	hoch	13
2-Butoxyethoxyethanol	3	24	erhöht	8
Limonen	1	234	hoch	23
β-Linalool	1	1,1	erhöht	1
β-Myrcen	1	8,5	hoch	2
Hexamethylcyclotrisiloxan	2	18	erhöht	16
Dekamethylcyclopentasiloxan	2	47	erhöht	22
Diethylcarbonat	2	2,6	erhöht	1
Benzothiazol	1	1,2	erhöht	1

BG: Bestimmungsgrenze

OW: AGÖF Orientierungswert

Bewertungsstufen: unauffällig, erhöht, hoch

### **Bewertung:**

Bei der Einzelstoffbetrachtung zeigen sich im Vergleich zu einer allgemeinen Hintergrundkonzentration in „Raum 14“ hohe Konzentrationen an Limonen und Dekamethylcyclopentasiloxan und in „Raum 12“ hohe Konzentrationen an 2-Butoxyethanol, Limonen und  $\beta$ -Myrcen. Dies weist auf Quellen in den Räumen hin.

In der zuvor durchgeführten Materialanalyse des Fußbodenbelags wurden auch Limonen,  $\beta$ -Myrcen und Dekamethylcyclopentasiloxan nachgewiesen. Von daher gehe davon aus, dass der Fußbodenbelag die Quelle für diese drei Substanzen ist.

Typische Quellen für 2-Butoxyethanol können Farben und Fußbodenbelagskleber sein.

Maßnahmen zur Konzentrationsverringerung sind primär regelmäßiges Lüften evtl. mit Lüftungsplan. Bei Bedarf kann eine Quellenidentifizierung mit weiteren Analysen durchgeführt werden.

Beschwerden sind aufgrund dieser Konzentrationen nicht zwangsweise gegeben.

Nach dem oben erläuterten Bewertungsschema sind zwar einige weitere Verbindungen mit erhöhter Konzentration feststellbar, diese führen aber zu keiner Belastung der Raumluft, da die Konzentrationen absolut betrachtet gering sind.

## 4.2 Ergebnis Summenwert TVOC:

### Erläuterungen:

Für den Summenwert TVOC (total volatile organic carbon) hat das Umweltbundesamt UBA ([www.uba.de](http://www.uba.de), Innenraumrichtwerte) ein gesondertes Bewertungskonzept erstellt. Der TVOC ist definiert als die Summe der flüchtigen organischen Verbindungen, die bei der Analyse im Chromatogramm zwischen Hexan und Hexadekan eluieren. Ergänzend ist aber bei den Einzelverbindungen der Einstufung des Ausschusses zur gesundheitlichen Bewertung von Bauprodukten (UBA) für VOC zu folgen. Die Gesamtsumme TVOC beinhaltet dabei die Summe der identifizierten Verbindungen  $VOC_{id}$  (ca. 180 Verbindungen incl. UBA-Verbindungen und 10 intensivste Signale, ggf. extra quantifiziert) und die Summe der nicht identifizierten Verbindungen  $VOC_{un}$ , die anhand Toluol-Äquivalent quantifiziert werden:

$$TVOC = VOC_{id} + VOC_{un}$$

Der Anteil  $VOC_{id}$  soll 2/3 des TVOC ausmachen, wenn der TVOC  $> 1000 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ist.

Verbindungen, die vor Hexan eluieren, werden als VVOC (very volatile organic carbon) zusammengefasst, Verbindungen die nach Hexadekan eluieren, als SVOC (semivolatile organic carbon) definiert. Als hygienisch unbedenklich werden TVOC-Konzentrationen  $< 300 \mu\text{g}/\text{m}^3$  angesehen. Dieser Wert wird auch als Zielwert angegeben. Bei Konzentrationen von  $300 - 1000 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ist dies noch hygienisch unbedenklich, es besteht aber ein erhöhter Lüftungsbedarf. Konzentrationen von  $1000 - 3000 \mu\text{g}/\text{m}^3$  sind hygienisch auffällig, ein befristeter Aufenthalt für einen Zeitraum bis 12 Monaten ist bei verstärktem Lüften möglich. Als hygienisch bedenklich werden Konzentrationen von  $3000 - 10000 \mu\text{g}/\text{m}^3$  eingestuft. Hier ist eine Raumnutzung maximal 1 Monat und nur bei verstärkter Lüftung möglich. Konzentrationen  $> 10000 \mu\text{g}/\text{m}^3$  sind hygienisch inakzeptabel und eine Raumnutzung allenfalls vorübergehend täglich (stundenweise) nur bei Durchführung verstärkter regelmäßiger Lüftungsmaßnahmen zumutbar.

Der TVOC-Wert von  $1000 \mu\text{g}/\text{m}^3$  wird auch als Orientierungswert von AGÖF angegeben und kann als Eingreifwert angesehen werden.

Eine Bewertung nach dem TVOC-Schema ist möglich, wenn keine toxikologisch begründeten Richtwerte von Einzelstoffen überschritten werden. Ergänzend



sollen Überschreitungen von Referenzwerten (wie AGÖF-Orientierungswerte) entsprechend bewertet werden.

**Ergebnisse:**

**Raum 14:**

<b>VVOC</b>	219,4	unauffällig
<b>VOC<sub>id</sub></b>	363,5	verstärkt Lüften
<b>SVOC<sub>id</sub></b>	1	unauffällig
<b>TVOC nach UBA:</b>		
<b>TVOC</b>	390,5	verstärkt Lüften
<b>Bewertung nach UBA:</b>		
Stufe 1: < 300 µg/m <sup>3</sup>	hygienisch unbedenklich	Zielwert
Stufe 2: 300 - 1000 µg/m <sup>3</sup>	hygienisch noch unbedenklich	erhöhter Lüftungsbedarf
Stufe 3: 1000 - 3000 µg/m <sup>3</sup>	hygienisch auffällig	befristet (<12 Monate); als Obergrenze für Räume, die für einen längerfristigen Aufenthalt bestimmt sind
Stufe 4: 3000 - 10000 µg/m <sup>3</sup>	hygienisch bedenklich	Raum befristet (maximal 1 Monat) und bei verstärkter Lüftung nutzbar
Stufe 5: > 10000 µg/m <sup>3</sup>	hygienisch inakzeptabel	Die Raumnutzung ist allenfalls vorübergehend täglich stundenweise unter Lüften möglich.

## Raum 12:

VVOC	186,9	unauffällig
VOC <sub>id</sub>	528,9	verstärkt Lüften
SVOC <sub>id</sub>	1	unauffällig
<b>TVOC nach UBA:</b>		
TVOC	564,9	verstärkt Lüften
<b>Bewertung nach UBA:</b>		
Stufe 1: < 300 µg/m <sup>3</sup>	hygienisch unbedenklich	Zielwert
Stufe 2: 300 - 1000 µg/m <sup>3</sup>	hygienisch noch unbedenklich	erhöhter Lüftungsbedarf
Stufe 3: 1000 - 3000 µg/m <sup>3</sup>	hygienisch auffällig	befristet (<12 Monate); als Obergrenze für Räume, die für einen längerfristigen Aufenthalt bestimmt sind
Stufe 4: 3000 - 10000 µg/m <sup>3</sup>	hygienisch bedenklich	Raum befristet (maximal 1 Monat) und bei verstärkter Lüftung nutzbar
Stufe 5: > 10000 µg/m <sup>3</sup>	hygienisch inakzeptabel	Die Raumnutzung ist allenfalls vorübergehend täglich stundenweise unter Lüften möglich.

VVOC ist die Summe der quantifizierten Verbindungen mit Retentionszeit kleiner Hexan.

VOC<sub>id</sub> ist die Summe der quantifizierten Verbindungen im Bereich Hexan-Hexadekan, ohne Isododekane, UBA-Alkane Nonan-Tetradekan, UBA-Alkylbenzole.

SVOC<sub>id</sub> ist die Summe der quantifizierten Verbindungen mit Retentionszeit größer Hexadekan.

TVOC ist die Berechnung nach UBA mit Summe der identifizierten VOC<sub>id</sub> und der nicht identifizierten VOC<sub>un</sub>, die als Toluoläquivalent mit GCMS bestimmt wurden.

Die Teilsummen VVOC, VOC<sub>id</sub> und SVOC<sub>id</sub> sowie der TVOC<sub>16000</sub> wurden analog dem TVOC bewertet.

### **Bewertung:**

Der TVOC ist in beiden Räumen in einem durchschnittlichen Konzentrationsbereich, in dem der Vorsorgewert jeweils überschritten und ein Eingreifwert jeweils unterschritten wird.

Auf Grund der Überschreitung des Vorsorgewertes in beiden Räumen sollte eine Verringerung der Gesamtkonzentration angestrebt werden. Dies ist primär mit verstärktem Lüften zu erreichen.

Die Räume sind hygienisch als noch unbedenklich einzustufen. Beschwerden sind aufgrund des TVOC nicht anzunehmen.

### 4.3 Ergebnisse im Vergleich zu Richt- und Grenzwerten:

#### Erläuterungen:

Bei dem Schema nach toxikologischer Ableitung werden die Werte mit medizinisch toxikologisch ermittelten Richtwerten verglichen, die von verschiedenen Behörden (u.a. [www.uba.de](http://www.uba.de), Innenraumrichtwert) nach Ergebnissen von Tierversuchen in Verbindung mit Unsicherheitsfaktoren für empfindliche Bevölkerungsgruppen ermittelt wurden. Richtwert I entspricht dem Vorsorgewert, bei dessen Unterschreitung keine Maßnahmen notwendig sind, Richtwert II dem Eingreifwert, oberhalb dessen Maßnahmen umgehend notwendig sind, da gesundheitliche Gefahren bei empfindlichen Raumnutzern nicht mehr mit hinreichender Wahrscheinlichkeit auszuschließen sind. Im Konzentrationsbereich zwischen den Richtwerten soll primär verstärkt gelüftet und gereinigt werden. Sollten bei der Kontrollmessung weiterhin Überschreitungen gegeben sein, sind weitergehende Maßnahmen empfohlen. Hierzu gehören Quellensuche und ggf. bauliche Maßnahmen wie Quellenbeseitigung oder Einbau einer Lüftungsanlage.

Eine Belastung nach diesem Bewertungsschema führt nicht zwangsweise zu körperlichen Beschwerden, sie sind aber wahrscheinlich.

Ergänzend wurde von dem Ausschuss für Innenraumrichtwerte ein Konzept zur Bewertung von kanzerogenen Verbindungen erstellt. Hierbei soll das zusätzliche Krebsrisiko bei lebenslanger Exposition durch diese Verbindung nicht mehr als  $10^{-6}$  betragen. Diese Konzentration wird als risikobezogener Leitwert bezeichnet. Ist dieser Leitwert unterhalb eines Referenzwertes, der als statistischer Mittelwert einer allgemeinen Hintergrundkonzentration angegeben ist, wird der Referenzwert als vorläufiger Leitwert festgesetzt.

## **Ergebnis:**

In den nachfolgenden Tabelle werden aus Gründen der Übersichtlichkeit nur die Substanzen aufgeführt, die laut Laborbericht nachweisbar waren.

### **Raum 14:**

<b>Verbindung</b>	<b>µg/m<sup>3</sup></b>	<b>Maßnahmen</b>	<b>RW I</b>	<b>RW II</b>	<b>Quelle</b>
Toluol	2,4	keine	300	3000	UBA
Xylol	1,3	keine	100	800	UBA
C7/C8-Aromaten-Index	0,021	keine	1	10	UBA Index
Ethylacetat	7,6	keine	600	6000	UBA
TXIB	1	keine	-	1000	HH v
1-Butanol	4,1	keine	700	2000	UBA
2-Ethylhexanol	4	keine	100	1000	UBA
2-Butoxyethanol	13	keine	100	1000	UBA
2-Butoxyethoxyethanol	4,6	keine	400	1000	UBA
1-Methoxy-2-propanol	3,3	keine	1000	10000	UBA
Glykolindex	0,145	keine	1	10	UBA Glykole
Summe monocyclische Terpene	103,5	keine	1000	10000	UBA
Limonen	102	keine	1000	10000	UBA
Summe bicyclische Terpene	5	keine	200	2000	UBA
α-Pinen	2	keine	200	2000	UBA
Summe Siloxane	103,2	keine	400	4000	UBA
Benzaldehyd	5,1	keine	20	200	UBA
Acetaldehyd	15	keine	100	1000	UBA v
Summe Alkanale C4-C11	18,4	keine	100	2000	UBA
Essigsäure	76	keine	100	400	UBA v
Aceton	154	keine	50000	200000	UBA

**Raum 12:**

Verbindung	µg/m <sup>3</sup>	Maßnahmen	RW I	RW II	Quelle
Cyclohexan	1	keine	400	4000	HH v
Toluol	2	keine	300	3000	UBA
Xylol	1,2	keine	100	800	UBA
C7/C8-Aromaten-Index	0,019	keine	1	10	UBA Index
Ethylacetat	5,1	keine	600	6000	UBA
TXIB	1,3	keine	-	1000	HH v
1-Butanol	4,1	keine	700	2000	UBA
2-Ethylhexanol	2,8	keine	100	1000	UBA
Acetophenon	1	keine	200	2000	UBA
Phenol	1	keine	20	200	UBA
2-Butoxyethanol	53	keine	100	1000	UBA
2-Butoxyethoxyethanol	24	keine	400	1000	UBA
Glykolindex	0,590	keine	1	10	UBA Glykole
Summe monocyclische Terpene	234	keine	1000	10000	UBA
Limonen	234	keine	1000	10000	UBA
Summe bicyclische Terpene	2,7	keine	200	2000	UBA
α-Pinen	2,7	keine	200	2000	UBA
Summe Siloxane	68,5	keine	400	4000	UBA
Benzaldehyd	7,2	keine	20	200	UBA
Acetaldehyd	11	keine	100	1000	UBA v
Summe Alkanale C4-C11	18,6	keine	100	2000	UBA
Essigsäure	71	keine	100	400	UBA v
Benzothiazol	1,2	keine	10	-	UBA v
Aceton	129	keine	50000	200000	UBA

### **Bewertung:**

Es werden in beiden Räumen keine Richt- und Grenzwerte überschritten. Nach Bewertungsvorgaben des Umweltbundesamts bzw. der Hamburger Behörde für Soziales, Familie, Gesundheit und Verbraucherschutz sind für beide Räume keine Maßnahmen notwendig.

Nach den von den AGÖF-Instituten abgeleiteten vorläufigen Richtwerten sind ebenfalls keine Maßnahmen notwendig.

Zu beachten ist aber, dass die zugrunde gelegten toxischen Konzentrationen üblicherweise aus Tierversuchen mit Einzelstoffuntersuchungen und messtechnisch nachweisbaren organischen Schäden ermittelt werden, ein Einbeziehen von „allgemeinen“ Beschwerden wie z. B. Kopfschmerzen, Abgeschlagenheit oder neurologischen Beschwerden ist nicht gegeben. Die Richtwerte gelten für Einzelstoffbelastungen, Mehrstoffbelastungen mit möglichen Synergieeffekten wurden nach diesem Ermittlungsverfahren nicht ermittelt und werden somit nicht berücksichtigt. Körperliche Reaktionen aufgrund Synergieeffekten sind auch bei niedrigeren Konzentrationen nicht ausgeschlossen. Empfindliche Personengruppen wie Kleinkinder oder andere geschwächte Personengruppen - insbesondere MCS-Patienten - können auch schon bei deutlich geringeren Werten reagieren. Somit sind diese toxikologischen Richtwerte als obere Grenze zu sehen.

### **4.4 Ergebnisse im Vergleich zu Geruchsschwellenwerten:**

#### **Erläuterungen:**

Gerüche wirken von vielen Quellen auf den Menschen ein. Bis heute existiert keine einheitliche Definition von Belästigungen aufgrund von Gerüchen. Gerüche gelten als belästigend im Sinne ihrer Unerwünschtheit, wenn exponierte Personen die Exposition nach Möglichkeit mindern oder vermeiden. Bei den Wirkungen ist es hilfreich, zwischen olfaktorischen und extra-olfaktorischen Wirkungen zu unterscheiden. Zu den olfaktorischen, d. h. den auf den Geruchssinn selbst beschränkten Wirkungen zählen die Geruchsempfindung allgemein sowie die Aspekte der Geruchsstärke-Empfindung (Intensität) und die Abnahme der Geruchsstärke-Empfindung (Adaptation). Extra-olfaktorische Wirkungen schließen Wirkungen auf das autonome Nervensystem und das Zentralnervensystem sowie psychische Wirkungen im weitesten Sinne, Spontanverhalten, Leistung und Erleben mit ein.

Für letztere haben die Geruchsempfindungen eine Auslösefunktion. Neben der Belästigungswirkung können so auch somatische und psychosomatische Symptome wie Kopfschmerzen, Schlafstörungen, Übelkeit, Appetitverlust, Konzentrationsschwäche und Benommenheit im Zusammenhang mit der Einwirkung von Geruchsstoffimmissionen auftreten. Dennoch muss bisher davon ausgegangen werden, dass eine direkte Gesundheitsschädlichkeit von Gerüchen nicht nachweisbar ist.

Im Bundesimmissionsschutzgesetz werden im § 3 Abs. 1 Gerüche als schädliche Umwelteinwirkungen aufgefasst, wenn sie „nach Art, Ausmaß und Dauer geeignet sind, [...] erhebliche Belästigungen für die Allgemeinheit oder die Nachbarschaft herbeizuführen“. Als erheblich werden u. a. das Überschreiten bestimmter Grenzhäufigkeiten angegeben oder Belästigungen, die dem Betroffenen billigerweise nicht mehr zugemutet werden können. Gerüche werden von anorganischen und organischen Chemikalien verursacht. Typische anorganische Gerüche werden von Salzsäure (ätzend, beißend) oder Schwefelwasserstoff (Geruch nach faulen Eiern) verursacht. Organische Chemikalien verursachen eine Vielzahl von Gerüchen unterschiedlichster Art wie aromatisch oder fruchtig (Ester und Alkohole), ranzig (Säuren), fischartig (Amine) oder faulig (Schwefelverbindungen). Die Geruchsschwellen für die einzelnen Verbindungen variieren sehr stark. So liegt z. B. der Geruchsschwellenwert für Bis-(2-Methyl-3-furyl)-disulfid (Thiamin-Geruch in Lebensmitteln) bei ca. 0,00002 µg/m<sup>3</sup>, für Dimethylsulfid (schwefliger Geruch) bei 0,1 µg/m<sup>3</sup>, für Vanillin (Vanillegeruch) bei 0,6 – 1,2 µg/m<sup>3</sup>, für einzelne Aldehyde bei 0,9 – 3,2 µg/m<sup>3</sup> (z. B. in Parfümen und in Aromastoffen) und für Phenol bei 22 µg/m<sup>3</sup>.

Analytisch können im Rahmen dieser Untersuchung Konzentrationen von ca. 0,2 - 2 µg/m<sup>3</sup> noch erfasst werden. Dies impliziert aber auch, dass viele Verbindungen wesentlich besser olfaktorisch wahrgenommen werden können, bevor ein analytischer Nachweis gegeben ist.

Gerüche können nach Richtlinie VDI 3882, Blatt 1 (1992) sowohl nach ihrer Intensität (7 Stufen von nicht wahrnehmbar bis extrem stark) als auch nach ihrer hedonischen Wirkung (9 Stufen von äußerst unangenehm bis äußerst angenehm) skaliert werden. Diese 9-stufige Skala der hedonischen Wirkung wird auch im Immissionsschutz verwendet.

Bei der Bewertung anhand der Geruchsschwellenwerte werden die Konzentrationen mit bekannten Geruchsschwellenwerten verglichen. Die Geruchsschwellenwerte werden üblicherweise mit einem Normalkollektiv (Durchschnittsmensch) ermittelt, so dass bei dieser Konzentration 50% der Probanden die Verbindung geruchlich wahrnehmen können ODT<sub>50</sub> (Olfactory Detection Level). Sie wurden bei Einzelstoffkonzentrationen ermittelt. Erfahrungsgemäß liegt oft ein Geruchsgemisch vor, so dass die Wahrnehmungsschwelle von einzelnen Verbindungen im Gemisch deutlich oberhalb ihres eigentlichen ODT<sub>50</sub> liegen kann.

Neben den Geruchsschwellenwerten ist auch die Akzeptanz von entscheidender Bedeutung. So werden angenehme Gerüche positiv wahrgenommen und sie sind teilweise sogar erwünscht. Bei unangenehmen Gerüchen ist die Akzeptanz entsprechend gering. Beispiele hierfür sind  $\alpha$ -Pinen für einen angenehmen Holzgeruch – hier werden auch hohe Konzentrationen sogar positiv wahrgenommen – und Naphthalin für einen unangenehmen Teer- oder Mottenkugelgeruch – hier liegt die Akzeptanzschwelle nur gering oberhalb der Wahrnehmungsschwelle.

Dies erschwert auch die Bewertung für Innenräume. Liegt nur eine einzelne Belastung mit einem Geruchsstoff vor, dann ist das Heranziehen des ODT<sub>50</sub> durchaus sinnvoll. So wird bei einer reinen Naphthalin-Belastung (PAK-Quelle, Mottenkugel) oder Acetophenon-Quelle (Nadelfilzboden) eine Konzentration gering oberhalb ihrer Akzeptanzschwelle nur bedingt toleriert, die gleichen Konzentrationen werden aber in einem Geruchsgemisch (weitere Quellen wie Linoleumboden oder Ausgleichsmassen mit Kleber) nicht wahrgenommen.

Das UBA

([www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/dokumente/geruchslwertwerte\\_2014.pdf](http://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/dokumente/geruchslwertwerte_2014.pdf)) geht bei seinem Bewertungsschema zu vorläufigen Geruchsschwellenwerten vGLW von einem Substanzgemisch aus. Bei Mischgerüchen geht es von einer Wahrnehmung/Erkennen bei dem ca. 6-fachen des ODT<sub>50</sub> aus. Oberhalb dieser Konzentration sind primär Lüftungsmaßnahmen notwendig. Erst oberhalb ca. dem 48-fachen des ODT<sub>50</sub> geht das UBA von einer erheblichen Beeinträchtigung aus und weitere



Maßnahmen ggf. auch baulicher Art sind dann notwendig. Nach UBA werden die Raumluftmessungen schon 1 h nach Raumverschluss durchgeführt, wie es eine Lüftungsempfehlung für Arbeitsstätten vorgibt. Diese Lüftungsintensität ist aber nach meiner Auffassung nur in Firmen und öffentlichen Gebäuden ansatzweise realisierbar, für Privaträume (insbesondere Schlafzimmer) nicht möglich. Hier empfehle ich ein angepasstes Lüftungsverhalten.

Bei der Bewertung „Geruch“ werden von mir die Konzentrationen mit bekannten Geruchsschwellenwerten oder Geruchswahrnehmungsschwellen verglichen. Es werden nur Daten von Quelle mit hoher Qualität übernommen wie z. B. UBA oder AGÖF. Diese Schwellen werden als 50-Percentil eines Kollektivs angegeben oder ODT<sub>50</sub> (Olfactory Detection Level) und wurden bei Einzelstoffkonzentrationen ermittelt. Erfahrungsgemäß liegt oft ein Geruchsgemisch vor, so dass die Wahrnehmungsschwelle von einzelnen Verbindungen im Gemisch deutlich oberhalb ihres eigentlichen ODT<sub>50</sub> liegen kann. Hieran habe ich die Beurteilung der Konzentration angepasst.

**möglich:** die Konzentration liegt oberhalb des ODT<sub>50</sub> bis zum 3-fachen des ODT<sub>50</sub>. Eine geruchliche Wahrnehmung ist möglich. Bei Geruch ist primär auf ein entsprechendes Lüftungsverhalten zu achten.

**wahrscheinlich:** die Konzentration ist zwischen dem 3-fachen und 6-fachen des ODT<sub>50</sub>. Eine geruchliche Wahrnehmung ist wahrscheinlich. Bei Geruch ist primär auf ein entsprechendes Lüftungsverhalten evtl. mit einem Lüftungsplan zu achten.

**ja:** die Konzentration liegt oberhalb des 6-fachen des ODT<sub>50</sub> (vGLW I). Die Verbindung wird nahezu sicher geruchlich wahrgenommen. Als Maßnahme ist regelmäßiges Lüften evtl. mit einem Lüftungsplan anzuraten und weitere Maßnahmen wie Quellensuche oder ggf. Sanierung anzudenken.

**Maßnahmen:** die Konzentration liegt oberhalb des vGLW II (48-fachen des ODT<sub>50</sub>). Die Verbindung wird geruchlich wahrgenommen, sehr wahrscheinlich auch belästigend. Initial ist als Maßnahme regelmäßiges Lüften mit Lüftungsplan durchzuführen, weitere Tätigkeiten sind anzudenken. Diese können sowohl luftreinigende Maßnahmen wie Einbau einer Lüftungsanlage

oder Luftwäscher wie auch quellentechische Maßnahmen wie Quellenversiegelung oder idealerweise Quellenentfernung beinhalten.

Ergänzend wurde eine Akzeptanzschwelle angegeben, oberhalb derer bei Einzelstoffbelastung das Kollektiv die Konzentration als nicht mehr akzeptabel eingestuft hat. Die Verwendung der Akzeptanzschwelle zur Bewertung ist meist nur einer Einzelbelastung mit einem Geruchsstoff sinnvoll. Hier sind dann bei Überschreitung ebenfalls initial Lüftungsmaßnahmen durchzuführen und bei anhaltendem Geruch weitere Maßnahmen auch baulicher Art dringend anzuraten.

Wie oben erläutert werden Gerüche nicht nur nach ihrer Intensität eingeteilt, sondern auch nach ihrer hedonischen Wirkung. Je nach hedonischer Wirkung sind weitergehende Maßnahmen wie Quellensuche und Sanierung auch bei sehr geringen Konzentrationen bzw. niedriger Einstufung möglich.

Eine Belastung nach diesem Bewertungsschema führt nicht zwangsweise zu körperlichen Beschwerden. Beschwerden sind aufgrund der somatischen Wirkung aber durchaus möglich.

**Ergebnis:**

**Raum 14:**

Verbindung	µg/m³	Geruch	ODT50	Akzeptanz	vGLW I	vGLW II	Lit.-Quelle
Limonen	102	möglich	90		500	4000	UBA
Acetaldehyd	15	wahrscheinlich	2,8		20	100	UBA
Butanal	2,9	möglich	1,4		8	70	UBA
Hexanal	4,9	wahrscheinlich	1,4		8	70	UBA
Oktanal	2	möglich	0,9		5	40	UBA
Nonanal	6,1	möglich	3,2		20	150	UBA
Essigsäure	76	wahrscheinlich	13		80	600	UBA

## Raum 12:

Verbindung	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	Geruch	ODT50	Akzeptanz	vGLW I	vGLW II	Lit.-Quelle
Limonen	234	möglich	90		500	4000	UBA
Acetaldehyd	11	wahrscheinlich	2,8		20	100	UBA
Butanal	3,1	möglich	1,4		8	70	UBA
Hexanal	4,8	wahrscheinlich	1,4		8	70	UBA
Oktanal	2,1	möglich	0,9		5	40	UBA
Nonanal	6	möglich	3,2		20	150	UBA
Dekanal	2,6	möglich	2,6		20	100	UBA
Essigsäure	71	wahrscheinlich	13		80	600	UBA
Benzothiazol	1,2	möglich	0,7		4	30	UBA

ODT50:

Akzeptanz:

Geruchwahrnehmungsschwelle

Akzeptanzschwelle

UBA: Veröffentlichungen des Ausschusses für Innenraumrichtwerte des UBA

AGÖF: Veröffentlichungen von AGÖF bzw. einzelner Mitgliedsinstitute

Geruch: nein, möglich, wahrscheinlich, ja

## Bewertung:

Bei der Bewertung anhand bekannter Geruchsschwellenwerte bzw.

Akzeptanzwerte sind für beide Räume Auffälligkeiten feststellbar.

Nach dem verwendeten Bewertungsschema können in beiden Räumen einige Verbindungen geruchlich wahrgenommen werden, insbesondere Limonen, Aldehyde und Essigsäure, sowie in Raum 12 zusätzlich Benzothiazol. Ein auffälliger Geruch in den Räumen kann mit diesen Konzentrationen erklärt werden.

Fast alle diese Substanzen wurden auch in der Materialprobe des Fußbodenbelags (Gutachten Nr. 191101) nachgewiesen. Von daher gehe davon aus, dass der Fußbodenbelag die Quelle für diese Substanzen ist. Weiterhin war ein deutlicher Geruch unmittelbar nach dem Wischen des Fußbodenbelags im Raum 12 wahrnehmbar. Auch die geruchliche Überprüfung des Fußbodenbelags (siehe Kurzbericht Nr. 191115) hat einen deutlichen Hinweis gegeben, dass der Fußbodenbelag bei Erwärmung und auch nach dem Befeuchten einen deutlich wahrnehmbaren Geruch abgibt.

Gesundheitliche Beschwerden sind aufgrund der geruchlichen Beeinträchtigung nicht auszuschließen. Bei Bedarf sollte dieser Sachverhalt mit einem Wohn- oder Umweltmediziner abgeklärt werden.

Um langfristig die Geruchsquelle zu beseitigen, sollte der Fußbodenbelag entfernt werden. Nach den Gegebenheiten vor Ort, der geruchlichen Prüfung der Materialproben (Kurzbericht Nr.191115) und den Ergebnissen der chemischen Analysen ist für mich der Verursacher für den im Raum wahrnehmbaren Geruch der Fußbodenbelag. Um nachhaltig den Geruch zu beseitigen, ist es erforderlich den Fußbodenbelag zu entfernen. Weiterhin muss auch der Fußbodenbelagskleber und ca. 3mm der oberen Estrichschicht entfernt werden.

In der Schule sind große Flächen mit dem Fußbodenbelag vorhanden. Um sicher zu gehen, dass der Geruch mit den zuvor beschriebenen Maßnahmen auch eindeutig beseitigt werden kann, ist es sinnvoll zuerst einen Raum exemplarisch zu sanieren. Nach dem Entfernen des Fußbodenbelages und dem Abräsen des Estrichs sollte über mehrere Wochen beobachtet werden, wie sich die Geruchsbelastung in dem Raum entwickelt. Eventuell sind dann noch weitere Maßnahmen erforderlich. Erst wenn kein Geruch mehr vorhanden ist, sollte ein neuer Fußbodenbelag verlegt werden.

#### **4.5 Formaldehyd:**

##### **Ergebnis:**

<b>Raum</b>	<b>Formaldehyd <math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math></b>
Raum 14	33
Raum 12	32

##### **Bewertung:**

Der Ausschuss für Innenraumrichtwerte des Umweltbundesamtes hat im Bundesgesundheitsblatt 2016.59:1040-1044 für die Raumlufkonzentration von Formaldehyd in Innenräumen einen Richtwert von  $0,1 \text{ mg}/\text{m}^3$  ( $=100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) festgelegt. Dieser Wert soll auch unter ungünstigen Bedingungen nicht überschritten werden. Bei Konzentrationen unterhalb dieses Messwertes wird

vom oben genannten Ausschuss von gesundheitlicher Unbedenklich gesprochen.

Die WHO äußert sich in ihren Air quality guidelines zur Bewertung von Formaldehyd in Innenräumen wie folgt:<sup>1</sup>

Die niedrigste Konzentration, die nach kurzfristiger Exposition beim Menschen mit Reizungen des Hals- und Nasenbereichs assoziiert wird, beträgt 100 µg/m<sup>3</sup>, auch wenn manche Personen bereits niedrigere Formaldehyd-Konzentrationen wahrnehmen können. Um signifikante sensorische Irritationen bei der Allgemeinbevölkerung zu vermeiden, wird empfohlen, einen 30-Minuten-Durchschnitt von 100 µg/m<sup>3</sup> als Richtwert für die Luftqualität nicht zu überschreiten. Da dieses mehr als eine Größenordnung niedriger ist als die angenommene Expositionsschwelle für zytotoxische Schädigungen der Nasenschleimhaut, stellt dieser Richtwert ein Expositionsniveau dar, bei dem es ein vernachlässigbares Krebsrisiko für die oberen Atemwege des Menschen gibt.

Hieraus lässt sich ableiten, dass die zuvor genannten 100 µg/m<sup>3</sup> als Gefahrenvorsorgewert zu verstehen ist und für kurzfristige Expositionen gilt. In vielen anderen Publikationen werden für langfristige Expositionen 50 µg/m<sup>3</sup> (Frankreich, Kanada) oder 60 µg/m<sup>3</sup> (Österreich, WHO) als Richtwert zur Gesundheitsvorsorge im Innenraum genannt.

Weiterhin gilt es zu bedenken, dass die genannten Richtwerte für normal gesunde Menschen gelten. Bei Kindern, kranken oder älteren Menschen sollten niedrige Werte angesetzt werden.

Eine schlüssige Empfehlung wurde von Zwiener/Lange in dem Buch „Gebäude-Schadstoffe und Gesunde Innenraumlufte (2012)“ veröffentlicht:

---

<sup>1</sup> WHO Regional Office for Europe, Copenhagen, Denmark, 2001: WHO Air quality guidelines for Europe Chapter 5.8 Formaldehyde, [http://www.euro.who.int/document/aicq/5\\_8formaldehyde.pdf](http://www.euro.who.int/document/aicq/5_8formaldehyde.pdf):

„The lowest concentration that has been associated with nose and throat irritation in humans after short-term exposure is 0.1 mg/m<sup>3</sup>, although some individuals can sense the presence of formaldehyde at lower concentrations. To prevent significant sensory irritation in the general population, an air quality guideline value of 0.1 mg/m<sup>3</sup> as a 30-minute average is recommended. Since this is over one order of magnitude lower than a presumed threshold for cytotoxic damage to the nasal mucosa, this guideline value represents an exposure level at which there is a negligible risk of upper respiratory tract cancer in humans.“

Formaldehyd-Konzentration (ca.)	Qualität der Innenraumluft/ Anspruchsniveau	Herleitung/Richtwert
< 10 µg/m <sup>3</sup>	Sehr gut/Sehr hoch	ALARA-Prinzip <sup>1)</sup> Frankreich (VGAI, Langzeit): 10 µg/m <sup>3</sup> Kalifornien (CREL <sup>2)</sup> , Langzeit): 9 µg/m <sup>3</sup>
10 - 30 µg/m <sup>3</sup>	Gut/Hoch	RW I (Vorschlag <sup>3)</sup> ): 30 µg/m <sup>3</sup>
30 - 60 µg/m <sup>3</sup>	Befriedigend/Mäßig	ALARA-Prinzip <sup>1)</sup> Frankreich (VGAI, Kurzzeitzeit): 50 µg/m <sup>3</sup> Kalifornien (CREL <sup>2)</sup> , 8 Std.): 55 µg/m <sup>3</sup>
60 - 80 µg/m <sup>3</sup>	Ausreichend/Gering	WHO (Concentration of limited or no concern): 60 µg/m <sup>3</sup> <sup>6)</sup> WHO <sup>6)</sup> (Kurzzeit): 80 µg/m <sup>3</sup>
80 - 100 µg/m <sup>3</sup>	Unzureichend/Sehr gering	UBA <sup>5)</sup> : 100 µg/m <sup>3</sup>
> 100 µg/m <sup>3</sup>	Ungenügend/-	Gesundheitsgefahr

<sup>1)</sup> ALARA = as low as reasonable achievable = so gering wie (vernünftigerweise) erreichbar.

Das as

ALARA-Prinzip liegt den in Frankreich und Kalifornien festgelegten Innenraumrichtwerten für Formaldehyd zugrunde. Es ist eine besonders ausgeprägte Form des Vorsorgeprinzips.

<sup>2)</sup> (C)REL = (Chronic) Reference Exposure Level.

<sup>3)</sup> Sagunski 2006

<sup>4)</sup> VGAI = Valeur de qualite d`air interieur (Innenraum-Richtwert).

<sup>5)</sup> UBA = Umweltbundesamt

<sup>6)</sup> WHO = World Health Organization (Weltgesundheitsorganisation) Es ist unklar, ob der 1983 als vorläufig veröffentlichte Wert von 60 µg/m<sup>3</sup> (Concentration of limited or no concern) noch gültig ist.

Der Gehalt an Formaldehyd liegt mit 32 bzw. 33 µg/m<sup>3</sup> in beiden Räumen unterhalb des oben genannten Richtwertes des Umweltbundesamts und der WHO von 100 µg/m<sup>3</sup>

Dieser Richtwert ist als Gefahrenvorsorgewert für kurzfristige Expositionen zu verstehen. Es ist aber davon auszugehen, dass die gemessenen Formaldehydkonzentrationen in den überprüften Räumen dauerhaft vorhanden sind.

Weiterhin ist zu beachten, dass es sich bei den ermittelten Messwerten um Momentaufnahmen handelt. Die Formaldehydkonzentration kann zu anderen Zeitpunkten durch andere Temperaturen, Luftfeuchte oder anderes Lüftungsverhalten niedriger, aber auch höher ausfallen.

Aus diesem Grund habe ich die festgestellten Raumlufkonzentrationen auf andere Temperaturen- und Feuchtebedingungen in der nachfolgenden Tabelle umgerechnet.

Raum 14:

			auf Norm- bedingungen* umgerechnet		auf Extrem- bedingungen* umgerechnet		Orientierungs- und Richtwerte			
	BG	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	ppm	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	ppm	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	ppm	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	ppm	Quelle
Formaldehyd	2	33	0,013	29	0,018	41	0,025	100	0,08	1), 2)
Belastung**		auffällig		unauffällig		auffällig		60	0,05	3)
								30	0,025	4)

**BG: Bestimmungsgrenze**

\*) : Konzentration auf Normbedingungen (23 °C / 45 % r.F. / Raumbeladung 1 / Luftwechselrate 1) bzw. auf Extrembedingungen (26 °C / 60 % r.F. / Raumbeladung 1 / Luftwechselrate 1) umgerechnet nach Mehlhorn. Die Berechnung ist nur richtig, wenn Spanplatten die Formaldehydquelle sind.

\*\*) : Belastung: unauffällig <30  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  ; auffällig 30 - 60  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , erhöht 60 - 100  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , hoch >100  $\mu\text{g}/\text{m}^3$

- 1) Richtwert Umweltbundesamt UBA, der auch unter Extrembedingungen nicht überschritten werden soll.
- 2) Richtwert WHO (Weltgesundheitsorganisation), Konzentration oberhalb der Anlass zur Besorgnis gegeben ist.
- 3) Richtwert WHO (Weltgesundheitsorganisation), Konzentration unterhalb der kein Anlass zur
- 4) Orientierungswert VDI (Verein Deutscher Ingenieure

## Raum 12:

	BG	auf Norm- bedingungen*		auf Extrem- bedingungen*		Orientierungs- und Richtwerte		
		µg/m <sup>3</sup>	ppm	µg/m <sup>3</sup>	ppm	µg/m <sup>3</sup>	ppm	Quelle
Formaldehyd	2	32	0,013	29	0,018	41	0,025	100 0,08 1), 2)
Belastung**		auffällig		unauffällig		auffällig		60 0,05 3)
								30 0,025 4)

### BG: Bestimmungsgrenze

\*) : Konzentration auf Normbedingungen (23 °C / 45 % r.F. / Raumbeladung 1 / Luftwechselrate 1) bzw. auf Extrembedingungen (26 °C / 60 % r.F. / Raumbeladung 1 / Luftwechselrate 1) umgerechnet nach Mehlhorn. Die Berechnung ist nur richtig, wenn Spanplatten die Formaldehydquelle sind.

\*\*): Belastung: unauffällig <30 µg/m<sup>3</sup> ; auffällig 30 - 60 µg/m<sup>3</sup>, erhöht 60 - 100 µg/m<sup>3</sup>, hoch >100 µg/m<sup>3</sup>

- 1) Richtwert Umweltbundesamt UBA, der auch unter Extrembedingungen nicht überschritten werden soll.
- 2) Richtwert WHO (Weltgesundheitsorganisation), Konzentration oberhalb der Anlass zur Besorgnis gegeben ist.
- 3) Richtwert WHO (Weltgesundheitsorganisation), Konzentration unterhalb der kein Anlass zur Besorgnis gegeben ist.
- 4) Orientierungswert VDI (Verein Deutscher Ingenieure)

Werden alle die oben aufgeführten Aspekte berücksichtigt, bewerte ich die gemessenen Formaldehyd - Rauluftkonzentrationen in beiden Räumen als auffällig. Für empfindliche Personen ist eine Reaktion auf die vorhandene Formaldehydkonzentration möglich.

Als mögliche Quelle kommen die OSB-Platten im Deckenaufbau oder Möbel aus Spanplatten in Betracht.

In OSB-Platten und Spanplatten werden in der Regel ein formaldehydhaltiger Kleber verwendet. Auch wenn die Platten die vorgegebene E1-Norm einhalten, kann es zu auffälligen Formaldehydkonzentrationen in der Raumluft des betreffenden Raumes kommen.

Formaldehyd ist eine sehr leichtflüchtige Substanz und die vorhandene Konzentration in der Raumluft kann durch regelmäßiges Lüften reduziert werden. Diese Maßnahme bewerte ich bei den vorhandenen Formaldehydkonzentrationen als ausreichend.



## 5 Zusammenfassung:

Es wurden keine Richtwerte von Einzelverbindungen überschritten.

Der TVOC ist jeweils in einem Bereich, der hygienisch noch unbedenklich ist.

Im Vergleich zu einer allgemeinen Hintergrundkonzentration sind einige Verbindungen erhöht bzw. hoch. Dies weist auf Quellen in den Räumen hin. Beeinträchtigungen auf Grund des Geruchs sind möglich.

Als Quelle für die meisten nachgewiesenen Substanzen, die in auffälligen Konzentrationen vorhanden waren und mit hoher Wahrscheinlichkeit für den wahrnehmbaren Geruch verantwortlich sind, kommt der Fußbodenbelag in Frage. Bei der Materialanalyse wurden einige Substanzen in dem Fußbodenbelag nachgewiesen die auch in der Raumluft der beiden Räume nachweisbar waren.

In beiden Räumen wurden auffällige Formaldehydkonzentrationen nachgewiesen. Als mögliche Quellen kommen die OSB-Platten im Deckenaufbau und Spanplatten in Möbel in Betracht.

Die Probenahme und die Laborergebnisse haben keine Überschreitung von Richt- und Grenzwerten nachweisen können. Daraus kann ich keinen unmittelbaren Handlungsbedarf außer Lüften ableiten. Auch wenn keine Grenz- oder Richtwerte überschritten werden, kann der in den Räumen vorhandene Geruch als unangenehm und somit auch als belastend wahrgenommen werden. Gesundheitliche Beschwerden sind auf Grund der geruchlichen Beeinträchtigung und der nachgewiesenen Formaldehydkonzentration nicht auszuschließen.

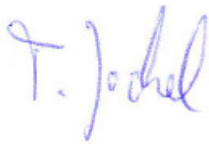
Ein gesundheitliche Bewertung kann abschließend nur durch einen Wohn- oder Umweltmediziner durchgeführt werden.

Wenn der Geruch nachhaltig entfernt werden soll, ist der Ausbau des Fußbodenbelags unter Beachtung der oben genannten Punkte zu empfehlen.

## 6 Literaturverzeichnis

- [1] DIN Deutsches Institut für Normung e.V., „DIN ISO 16000 - 1,“ Beuth Verlag, Berlin, 2006.
- [2] DIN Deutsches Institut für Normung e.V., „DIN ISO 16000 - 5,“ Beuth Verlag, Berlin, 2007.
- [3] DIN Deutsches Institut für Normung e.V., „DIN ISO 16000 - 6,“ Beuth Verlag, Berlin, 2012.
- [4] DIN Deutsches Institut für Normung e.V. , „DIN ISO 16000 - 2,“ Beuth Verlag, Berlin, 2006.
- [5] DIN Deutsche Institut für Normung e.V., „DIN ISO 16000 - 3,“ Beuth Verlag, Berlin, 2013.

Detmold, den 17.12.2019



Berufsverband  
Deutscher  
Baubiologen e.V. **VDB**  
SACHVERSTÄNDIGER

Thomas Jockel

Baubiologe IBN/VDB, Sachverständiger

Veröffentlichungen von Untersuchungsberichten, auch auszugsweise, Hinweise auf Prüfungen zu Werbezwecken und die Verarbeitung von Gutachteninhalten, bedürfen in jedem Einzelfall der widerruflichen schriftlichen Einwilligung des Verfassers.

Ende des Gutachtens

# **Anlagen**

# Anlage 1

BauBiologie Jockel  
Herr Thomas Jockel  
Maiweg 41  
32760 Detmold

12.12.2019

Seite 1 von 17

Labornummer:	E912575	Auftragsdatum:	03.12.2019
Bearbeiter:	Johannes Förtsch	Eingangsdatum:	04.12.2019
Untersuchungszeitraum:	04. - 12.12.2019	Bestellnummer:	10321

## Laborbericht

### Untersuchung Innenraumschadstoffe

Auftraggeber: siehe Anschrift

Untersuchungsobjekt: Kd.Nr. 10321

Proben: 2x Luftprobe TENAX  
2x Luftprobe DNP-H-Kartusche

#### Untersuchungsauftrag:

Das Labor wurde im Rahmen einer Konzentrationsermittlung beauftragt, die Raumluft auf flüchtige organische Verbindungen und Formaldehyd zu untersuchen. Die Beauftragung erfolgte mit Zusendung der Proben.

Die genauen Angaben über Erstellungsdatum, Renovierungsarbeiten und Raumgrößen sowie die Probenahme sind dem Auftraggeber bekannt, so dass diese nicht wiedergegeben werden.

## Inhaltsverzeichnis:

1. Raumluftprobe: flüchtige organische Verbindungen .....	3
1.1 Probenahmebedingungen .....	3
1.2 Umfang der Laboranalytik .....	4
1.3 Blindwertermittlung .....	5
1.4 Durchführung der Laboranalytik .....	5
1.5 Ergebnisse der Laboranalytik.....	6

Mit freundlichen Grüßen

Johannes Förtsch  
(Bachelor of Science, Angewandte Chemie)

## 1. Raumlufprobe: flüchtige organische Verbindungen

Mit dieser Probenahme werden flüchtige organische Verbindungen nach den Angaben des UBA (Umweltbundesamt) und der Norm ISO 16000-6 erfasst. Hierzu wird die Raumluf über TENAX geleitet, das die jeweiligen Inhaltsstoffe aus der Raumluf zurückhält. Sehr leichtflüchtige Aldehyde und Ketone werden ggf. über DNPH-dotierte Kartuschen erfasst.

### 1.1 Probenahmebedingungen

Allgemeine Klimabedingungen und Probenahme:

Wetterlage:	-	Wind:	-
Luftdruck:	1015 hPa	Außentemperatur:	-
		Außenfeuchtigkeit:	-
Kundenprobennummer:	-		
Objekt:	Kd.Nr. 10321; Raum 14		
Probenahmestelle:	keine Angabe		
Probenahmehöhe:	keine Angabe		
Probenehmer:	T. Jockel	Temperatur:	21,4 °C
RLT-Anlage:	keine Angabe	Luftfeuchtigkeit:	65,3 % r.F.
letzte Lüftung:	keine Angabe	Vorgabe Lüftungszyklus:	keine Angabe
Bemerkung:	-		
Probenahme	Tenax	DNPH-Kartusche	Silikagel
Probennummer:	E912575/1	E912575/3	-
Datum:	03.12.2019	03.12.2019	-
Beginn [Uhr]:	keine Angabe	11:20	-
Ende [Uhr]:	keine Angabe	11:55	-
Dauer [min]:	11 min 0sec	33	-
Luftmenge [Liter]:	2,00	50,0	-
Sammelrate [l/min]:	0,180	1,5	-
Röhrchen-Nummer:	308942	11075107	-
Blindwert-Nummer:	320151	-	-
Probenahmegerät:	BiVOC2	BiVOC2	-
			Qualitätsinformation:
			Kontrolle TENAX:
			ok
			Bedingung TENAX:
			Standardliter
			Messung nach
			Lüftungsvorgaben
			von ISO 16000:
			keine Angabe
			Flußkontrolle DNPH:
			ok

Wetterlage:	-	Wind:	-	
Luftdruck:	1015 hPa	Außentemperatur:	-	
		Außenfeuchtigkeit:	-	
Kundenprobennummer:	-			
Objekt:	Kd.Nr. 10321; Raum 12			
Probenahmestelle:	keine Angabe			
Probenahmehöhe:	keine Angabe			
Probenehmer:	T. Jockel	Temperatur:	21,9 °C	
RLT-Anlage:	keine Angabe	Luftfeuchtigkeit:	58,5 % r.F.	
letzte Lüftung:	keine Angabe	Vorgabe Lüftungszyklus:	keine Angabe	
Bemerkung:	-			
Probenahme	Tenax	DNPH-Kartusche	Silikagel	Qualitätsinformation:
Probennummer:	E912575/2	E912575/4	-	Kontrolle TENAX:
Datum:	03.12.2019	03.12.2019	-	ok
Beginn [Uhr]:	keine Angabe	12:10	-	Bedingung TENAX:
Ende [Uhr]:	keine Angabe	12:43	-	Standardliter
Dauer [min]:	11min 0sec	33	-	Messung nach
Luftmenge [Liter]:	2,00	50,0	-	Lüftungsvorgaben
Sammelrate [l/min]:	0,180	1,5	-	von ISO 16000:
Röhrchen-Nummer:	317485	11619305	-	keine Angabe
Blindwert-Nummer:	320151	-	-	Flußkontrolle DNPH:
Probenahmegerät:	BiVOC2	BiVOC2	-	ok

Die Probenahme wurde vom Auftraggeber durchgeführt und die Angaben übernommen. Anhand dieser Angaben wurden die Ergebnisse ermittelt. Die Angabe der Ergebnisse erfolgt unter der Annahme einer normgerechten Probenahme. Situations- oder nutzungsbedingte Abweichungen von der Norm sind dem Auftraggeber bekannt und werden in der Bewertung der Ergebnisse nicht berücksichtigt. Bei Messungen unter anderen Bedingungen können die ermittelten Ergebnisse abweichen. Das Probenahmevervolumen bezieht sich auf Standardbedingungen (1013 mbar, 20 °C).

## 1.2 Umfang der Laboranalytik

Mit der Probenahme auf TENAX können die meisten flüchtigen organischen Verbindungen mit einer ausreichenden Empfindlichkeit analysiert werden. Da hierbei sehr leichtflüchtige Aldehyde und Ketone nicht ausreichend gut erfasst werden können (diese zählen zu den VVOC), Propanal und Butanal aber für die Ermittlung des UBA-Richtwertes für Aldehyde notwendig ist, ist für diese Verbindungen zusätzlich die Probenahme auf DNPH-Kartusche notwendig. Hier erfolgt die Bestimmung mit HPLC nach a DIN EN ISO 16000-3, bei der auch Formaldehyd miterfasst werden kann.

Zusätzlich können einige Verbindungen bzw. Verbindungsgruppen mit TENAX nicht oder nur unzureichend bestimmt werden.

Zur genauen Bestimmung von Ameisensäure und Essigsäure ist die Probenahme auf spezielles Silikagel und Analytik mit Ionenchromatographie nach VDI 4301 Blatt 7 nötig (Analytik analog dem Verfahren DIN EN ISO 10304-1).

Für die Konservierungsmittel Isothiazolinone wurde vom AIR ein niedriger Vorsorgewert für die Summe von vier Isothiazolinonen festgelegt, der mit TENAX nicht erreicht werden kann. Hier ist zur Bestimmung die Probenahme auf spezielles Silikagel und die Analytik mit gekoppelter Flüssigchromatographie-Massenspektrometrie LC-MS/MS nötig.

### **1.3 Blindwertermittlung**

Im Rahmen der Untersuchung wurde für die Probenahme mit TENAX ein Feldblindwert mit analysiert. Die ermittelten Konzentrationen wurden über das Auswerteprogramm sowohl bei den Einzelverbindungen wie auch bei dem TVOC direkt von den Messwerten abgezogen, so dass die erhaltenen Luftkonzentrationen blindwertkorrigiert sind.

### **1.4 Durchführung der Laboranalytik**

Das Adsorber-Material TENAX wird nach Thermodesorption mit gekoppelter Gaschromatographie-Massenspektrometrie (MARKES TD100-xr bzw. PerkinElmer Turbomatrix 650, Shimadzu GC-MS QP 2010 Ultra, 60 m Säule) vermessen. Zur Übersichtsanalyse (Screening) wurde die Messung im SCAN-Modus aufgenommen und die angegebenen Substanzen mit externen Standards quantifiziert. Die Durchführung erfolgte nach dem akkreditierten Verfahren a DIN EN ISO 16000-6. Die Standardabweichung der Analytik liegt üblicherweise bei < 9% und bei wenigen (insbesondere polaren) Verbindungen bei bis zu 22%, im Bereich der Bestimmungsgrenze steigt sie bis 30% an (bei einzelnen Verbindungen bis 50%).

Aufgrund prinzipieller analytischer Gegebenheiten sind die Konzentrationen der Carbonsäuren sowie die der sehr polaren Verbindungen mit einer erhöhten Unsicherheit behaftet. Essigsäure besitzt aufgrund einer Blindwertproblematik eine signifikant erhöhte Unsicherheit, so dass diese Konzentrationen nur orientierend zu werten sind.

Zur Bestimmung der sehr leichtflüchtigen Aldehyde wurde das Adsorber-Material (mit 2,4-Dinitrophenylhydrazin DNPH dotiertes Silikagel) mit Desorptionsmittel (Acetonitril) versetzt und die Lösung mittels HPLC-DAD (Shimadzu HPLC LC10vp) vermessen. Die Quantifizierung erfolgte mit internen und externen Standards. Die Durchführung erfolgte nach dem akkreditierten Verfahren a DIN EN ISO 16000-3 für die gesättigten und kurzkettigen ungesättigten und aromatischen Aldehyde sowie Ketone. Die Standardabweichung der Analytik liegt bei bis zu 6%, im Bereich der Bestimmungsgrenze steigt sie bis 20% an.



### 1.5 Ergebnisse der Laboranalytik

Probennummer: E912575/1; Raum 14		
Verbindung	BG	µg/m <sup>3</sup>
<b>Aliphaten (aliphatische Kohlenwasserstoffe/Alkane):</b>		
Hexan	1	<
Heptan	1	1,2
Oktan	1	<
Nonan	1	<
Dekan	1	<
Undekan	1	<
Dodekan	1	<
Tridekan	1	<
Tetradekan	1	<
Pentadekan	1	<
Hexadekan	1	<
Heptadekan	1	1
Oktadekan	1	<
Nonadekan	1	<
2-Methylpentan	1	<
3-Methylpentan	1	<
2-Methylhexan	1	<
3-Methylhexan	1	<
2,3-Dimethylpentan	1	<
2,2,4-Trimethylpentan	1	<
2,3-Dimethylheptan	1	<
Pentamethylheptan	1	<
Heptamethylnonan	1	<
Methylcyclopentan	1	<
Cyclohexan	1	<
Methylcyclohexan	1	<
Alkane Nonan-Tetradekan	30	<
Bemerkung Nonan-Tetradekan		
<b>Summe Aliphaten</b>		2,2
<b>Alkene (ungesättigte aliphatische Kohlenwasserstoffe):</b>		
1-Hepten	1	<
1-Okten	1	<
1-Nonen	1	<
1-Deken	1	<
1-Undeken	1	<
1-Dodeken	1	<
1-Trideken	1	<
trimeres Isobuten	1	<
Vinylcyclohexen	1	<
Isododekene	20	<
<b>Summe Alkene</b>		<
<b>Aromaten:</b>		
Benzol	1	<
Toluol	1	2,4
Ethylbenzol	1	<
m/p-Xylol	1	1,3
o-Xylol	1	<

Verbindung	BG	µg/m <sup>3</sup>
n-Propylbenzol	1	<
iso-Propylbenzol	1	<
1,2,3-Trimethylbenzol	1	<
1,2,4-Trimethylbenzol	1	<
1,3,5-Trimethylbenzol	1	<
o-Ethyltoluol	1	<
m-Ethyltoluol	1	<
p-Ethyltoluol	1	<
p-Cymol	1	<
1,2,4,5-Tetramethylbenzol	1	<
1,4-Diethylbenzol	1	<
n-Butylbenzol	1	<
1,4-Diisopropylbenzol	1	<
C4-C9-Aromaten	30	<
Styrol	1	<
α-Methylstyrol	1	<
4-Phenylcyclohexen	1	<
Indan	1	<
Inden	1	<
1,2,3,4-Tetrahydronaphthalin	1	<
Naphthalin	1	<
Naphthalin UBA		<
1-Methylnaphthalin	0,5	<
2-Methylnaphthalin	0,5	<
Dimethylnaphthaline	0,5	<
Acenaphthylen	0,2	<
Acenaphthen	0,2	<
Fluoren	0,2	<
Phenanthren	0,2	<
Anthracen	0,2	<
Diisopropyl-naphthaline	2	<
<b>Summe Aromaten</b>		3,7
Summe C9-C15-Alkylbenzole		<
<b>Ester:</b>		
Methylacetat	2	<
Ethylacetat	1	7,6
Propylacetat	1	<
Isopropylacetat	1	<
n-Butylacetat	1	1,3
iso-Butylacetat	1	<
2-Ethylhexylacetat	1	<
n-Butylformiat	1	<
Methylacrylat	1	<
n-Butylacrylat	1	<
2-Ethylhexylacrylat	1	<
Methylmethacrylat	1	<
Methylbenzoat	1	<
Bernsteinsäuredimethylester	1	<
Glutarsäuredimethylester	1	<
Adipinsäuredimethylester	1	<
Bernsteinsäurediisobutylester	1	<
Glutarsäurediisobutylester	1	<

Verbindung	BG	µg/m <sup>3</sup>
Adipinsäurediisobutylester	1	<
Maleinsäuredibutylester	1	<
Dimethylphthalat	1	<
Diethylphthalat	1	<
Dibutylphthalat	1	<
Diisobutylphthalat	1	<
<b>Summe Ester</b>		8,9
<b>Ketone:</b>		
Aceton	2	154
Methylethylketon	1	12
2-Pentanon	1	<
Methylbutylketon	1	<
Methylisobutylketon	1	<
2-Heptanon	1	<
3-Heptanon	1	<
2-Oktanon	1	<
Cyclohexanon	1	1,1
Acetophenon	1	<
<b>Summe Ketone</b>		167,1
<b>Alkohole:</b>		
1-Propanol	2	2,9
2-Propanol	2	4
1-Butanol	1	4,1
iso-Butanol	1	1
1-Pentanol	1	<
1-Hexanol	1	<
2-Ethylhexanol	1	4
1-Nonanol	2	<
1-Dekanol	2	<
Benzylalkohol	1	<
Phenol	1	<
o-Kresol	1	<
m/p-Kresol	1	<
Kresole		<
2,6-Di-tert.-butyl-4-methylphenol	1	<
<b>Summe Alkohole</b>		16
<b>Glykole/Glykolether/Glykolester:</b>		
Ethylenglykol	10	<
2-Methoxyethanol	2	<
2-Ethoxyethanol	2	<
2-Butoxyethanol	2	13
2-Hexoxyethanol	2	<
2-Phenoxyethanol	2	<
2-Methoxyethylacetat	1	<
2-Ethoxyethylacetat	1	<
2-Butoxyethylacetat	1	<
Diethylenglykol	10	<
2-Methoxyethoxyethanol	3	<
2-Ethoxyethoxyethanol	3	<
2-Butoxyethoxyethanol	3	4,6
Diethylenglykoldimethylether	1	<
Ethyldiglykolacetat	1	<

Verbindung	BG	µg/m <sup>3</sup>
Butyldiglykolacetat	1	<
Triethylenglykolbutylether	3	<
Triethylenglykoldimethylether	2	<
Summe Ethylenglykole:		17,6
Propylenglykol	10	<
1-Methoxy-2-propanol	2	3,3
1-Ethoxy-2-propanol	2	<
1-Butoxy-2-propanol	2	<
1-tert.-Butoxy-2-propanol	2	<
1-Phenoxypropanol	2	<
1-Methoxy-2-propylacetat	1	<
Dipropylenglykol	10	<
Dipropylenglykolmonomethylether	3	<
Dipropylenglykolmono-n-butylether	3	<
Tripropylenglykol	10	<
Tripropylenglykolmonobutylether	3	<
Summe Propylenglykole:		3,3
3-Methoxybutanol-1	2	<
3-Methoxybutylacetat	1	<
Texanol	2	<
TXIB	1	1
<b>Summe Glykol-Verbindungen</b>		<b>21,9</b>
<b>Halogenkohlenwasserstoffe (HKW):</b>		
Trichlormethan	1	<
Tetrachlormethan	1	<
1,2-Dichlorethan	1	<
1,1,1-Trichlorethan	1	<
Trichlorethen	1	<
Tetrachlorethen	1	<
Chlorbenzol	1	<
1,2-Dichlorbenzol	1	<
1,3-Dichlorbenzol	1	<
1,4-Dichlorbenzol	1	<
1-Chlornaphthalin	1	<
<b>Summe Halogen-KW</b>		<b>&lt;</b>
<b>Terpene:</b>		
monocyclische Terpene:		
Limonen	1	102
Menthol	1	1,5
α-Terpinen	1	<
γ-Terpinen	1	<
α-Terpineol	1	<
Terpinolen	1	<
Summe monocyclische Terpene		103,5
bicyclische Terpene:		
Borneol	1	<
Bornylacetat	1	1
Camphen	1	<
Campher	1	<
3-Caren	1	1
Eukalyptol	1	<
α-Pinen	1	2

Verbindung	BG	µg/m <sup>3</sup>
β-Pinen	1	1
Summe bicyclische Terpene		5
Sesquiterpene:		
β-Caryophyllen	1	<
Longifolen	1	<
acyclische Terpene:		
β-Linalool	1	1,2
Linalylacetat	1	<
β-Myrcen	1	3,7
<b>Summe Terpene</b>		113,4
<b>Siloxane:</b>		
Hexamethylcyclotrisiloxan	2	27
Oktamethylcyclotetrasiloxan	2	<
Dekamethylcyclopentasiloxan	2	73
Dodekamethylcyclohexasiloxan	2	3,2
<b>Summe Siloxane</b>		103,2
<b>Aldehyde:</b>		
Acetaldehyd	2	15
Propanal	2	<
Butanal	1	2,9
Pentanal	1	<
Hexanal	1	4,9
Heptanal	1	<
Oktanal	1	2
Nonanal	1	6,1
Dekanal	1	2,5
Undekanal	1	<
Methylpropanal	1	<
3-Methylbutanal	1	<
2-Ethylhexanal	1	<
Benzaldehyd	1	5,1
Acrolein	1	<
Crotonaldehyd	1	<
Methacrolein	1	<
2-Hexenal	1	<
2-Heptenal	1	<
2-Oktenal	1	<
2-Nonenal	1	<
2-Dekenal	1	<
Furfural	1	<
<b>Summe Aldehyde</b>		38,5
<b>Carbonsäuren (TENAX):</b>		
Essigsäure	10	76
Propionsäure	5	<
Butansäure	5	<
Pentansäure	5	<
Hexansäure	5	<
Heptansäure	5	<
Oktansäure	5	<
Nonansäure	5	<
Dekansäure	5	<
2-Ethylhexansäure	5	<

Verbindung	BG	µg/m <sup>3</sup>
<b>Summe Carbonsäuren</b>	(mit IC)	76
<b>Sonstige Verbindungen:</b>		
Tetrahydrofuran	1	<
2-Methylfuran	1	<
2-Pentylfuran	1	<
Dioxan	1	<
tert.-Butylmethylether	1	<
Dibutoxymethan	1	<
Diethylcarbonat	2	<
N-Methylpyrrolidon	2	<
Butanonoxim	1	<
Acetonoxim	1	<
Pentanonoxim	1	<
Caprolactam	2	<
Dimethylformamid	2	<
Dimethylacetamid	2	<
Benzothiazol	1	<
Methyl-Isothiazolinon	1	<
Tris-2-chlorethyl-phosphat	1	<
<b>Summe Sonstige</b>		<
<b>Carbonsäuren (Silikagel/IC):</b>		
Ameisensäure	10	n.b.
Essigsäure (IC)	10	n.b.
<b>Isothiazolinone (Silikagel/LCMS)</b>		
Methyl-Isothiazolinon (LC)	0,04	n.b.
Chlormethyl-Isothiazolinon	0,02	n.b.
Benz-Isothiazolinon	0,05	n.b.
Octyl-Isothiazolinon	0,01	n.b.
<b>Summe Isothiazolinone</b>		n.b.
Formaldehyd	2	33

BG: Bestimmungsgrenze      n.b.: nicht bestimmt  
 Isododekane anhand 1-Dodeken quantifiziert, nur  
 semiquantitative Angabe.  
 C9-C15-Alkylbenzole: quantifiziert anhand Butylbenzol im TIC,  
 nur semiquantitative Angabe  
 Bei ca.-Angabe wurde die Verbindung anhand von Toluol  
 quantifiziert.  
 Teilsommen sind nicht enthalten und nur informativ (Ausnahme  
 Alkane und Alkylbenzole).  
 Bei Nonan-Tetradekan und C9-C15-Alkylbenzolen wurde über  
 alle Signale aufsummiert.  
 GSW m/p-Xylol entspricht GSW p-Xylol.  
 Weitere Informationen zur Quantifizierung und zu den  
 Verbindungen sind im Anhang.

Probennummer: E912575/2; Raum 12		
Verbindung	BG	µg/m <sup>3</sup>
<b>Aliphaten (aliphatische Kohlenwasserstoffe/Alkane):</b>		
Hexan	1	<
Heptan	1	1,2
Oktan	1	<
Nonan	1	<
Dekan	1	<
Undekan	1	<
Dodekan	1	<
Tridekan	1	1,9
Tetradekan	1	<
Pentadekan	1	<
Hexadekan	1	<
Heptadekan	1	1
Oktadekan	1	<
Nonadekan	1	<
2-Methylpentan	1	<
3-Methylpentan	1	<
2-Methylhexan	1	<
3-Methylhexan	1	<
2,3-Dimethylpentan	1	<
2,2,4-Trimethylpentan	1	<
2,3-Dimethylheptan	1	<
Pentamethylheptan	1	<
Heptamethylnonan	1	<
Methylcyclopentan	1	<
Cyclohexan	1	1
Methylcyclohexan	1	<
Alkane Nonan-Tetradekan	30	<
Bemerkung Nonan-Tetradekan		
<b>Summe Aliphaten</b>		5,1
<b>Alkene (ungesättigte aliphatische Kohlenwasserstoffe):</b>		
1-Hepten	1	<
1-Okten	1	<
1-Nonen	1	<
1-Deken	1	<
1-Undeken	1	<
1-Dodeken	1	<
1-Trideken	1	<
trimeres Isobuten	1	<
Vinylcyclohexen	1	<
Isododekene	20	<
<b>Summe Alkene</b>		<
<b>Aromaten:</b>		
Benzol	1	<
Toluol	1	2
Ethylbenzol	1	<
m/p-Xylol	1	1,2
o-Xylol	1	<

Verbindung	BG	µg/m <sup>3</sup>
n-Propylbenzol	1	<
iso-Propylbenzol	1	<
1,2,3-Trimethylbenzol	1	<
1,2,4-Trimethylbenzol	1	<
1,3,5-Trimethylbenzol	1	<
o-Ethyltoluol	1	<
m-Ethyltoluol	1	<
p-Ethyltoluol	1	<
p-Cymol	1	<
1,2,4,5-Tetramethylbenzol	1	<
1,4-Diethylbenzol	1	<
n-Butylbenzol	1	<
1,4-Diisopropylbenzol	1	<
C4-C9-Aromaten	30	<
Styrol	1	<
α-Methylstyrol	1	<
4-Phenylcyclohexen	1	<
Indan	1	<
Inden	1	<
1,2,3,4-Tetrahydronaphthalin	1	<
Naphthalin	1	<
Naphthalin UBA		<
1-Methylnaphthalin	0,5	<
2-Methylnaphthalin	0,5	<
Dimethylnaphthaline	0,5	<
Acenaphthylen	0,2	<
Acenaphthen	0,2	<
Fluoren	0,2	<
Phenanthren	0,2	<
Anthracen	0,2	<
Diisopropyl-naphthaline	2	<
<b>Summe Aromaten</b>		3,2
Summe C9-C15-Alkylbenzole		<
<b>Ester:</b>		
Methylacetat	2	<
Ethylacetat	1	5,1
Propylacetat	1	<
Isopropylacetat	1	<
n-Butylacetat	1	3
iso-Butylacetat	1	<
2-Ethylhexylacetat	1	<
n-Butylformiat	1	<
Methylacrylat	1	<
n-Butylacrylat	1	<
2-Ethylhexylacrylat	1	<
Methylmethacrylat	1	<
Methylbenzoat	1	<
Bernsteinsäuredimethylester	1	<
Glutarsäuredimethylester	1	<
Adipinsäuredimethylester	1	<
Bernsteinsäurediisobutylester	1	<
Glutarsäurediisobutylester	1	<



Verbindung	BG	µg/m <sup>3</sup>
Adipinsäurediisobutylester	1	<
Maleinsäuredibutylester	1	<
Dimethylphthalat	1	<
Diethylphthalat	1	<
Dibutylphthalat	1	<
Diisobutylphthalat	1	<
<b>Summe Ester</b>		8,1
<b>Ketone:</b>		
Aceton	2	129
Methylethylketon	1	15
2-Pentanon	1	<
Methylbutylketon	1	<
Methylisobutylketon	1	<
2-Heptanon	1	<
3-Heptanon	1	<
2-Oktanon	1	<
Cyclohexanon	1	3,1
Acetophenon	1	1
<b>Summe Ketone</b>		148,1
<b>Alkohole:</b>		
1-Propanol	2	2,3
2-Propanol	2	4,4
1-Butanol	1	4,1
iso-Butanol	1	1
1-Pentanol	1	<
1-Hexanol	1	<
2-Ethylhexanol	1	2,8
1-Nonanol	2	<
1-Dekanol	2	<
Benzylalkohol	1	<
Phenol	1	1
o-Kresol	1	<
m/p-Kresol	1	<
Kresole		<
2,6-Di-tert.-butyl-4-methylphenol	1	<
<b>Summe Alkohole</b>		15,6
<b>Glykole/Glykolether/Glykolester:</b>		
Ethylenglykol	10	<
2-Methoxyethanol	2	<
2-Ethoxyethanol	2	<
2-Butoxyethanol	2	53
2-Hexoxyethanol	2	<
2-Phenoxyethanol	2	<
2-Methoxyethylacetat	1	<
2-Ethoxyethylacetat	1	<
2-Butoxyethylacetat	1	<
Diethylenglykol	10	<
2-Methoxyethoxyethanol	3	<
2-Ethoxyethoxyethanol	3	<
2-Butoxyethoxyethanol	3	24
Diethylenglykoldimethylether	1	<
Ethylidiglykolacetat	1	<

Verbindung	BG	µg/m <sup>3</sup>
Butyldiglykolacetat	1	<
Triethylenglykolbutylether	3	<
Triethylenglykoldimethylether	2	<
Summe Ethylenglykole:		77
Propylenglykol	10	<
1-Methoxy-2-propanol	2	<
1-Ethoxy-2-propanol	2	<
1-Butoxy-2-propanol	2	<
1-tert.-Butoxy-2-propanol	2	<
1-Phenoxypropanol	2	<
1-Methoxy-2-propylacetat	1	<
Dipropylenglykol	10	<
Dipropylenglykolmonomethylether	3	<
Dipropylenglykolmono-n-butylether	3	<
Tripropylenglykol	10	<
Tripropylenglykolmonobutylether	3	<
Summe Propylenglykole:		<
3-Methoxybutanol-1	2	<
3-Methoxybutylacetat	1	<
Texanol	2	<
TXIB	1	1,3
<b>Summe Glykol-Verbindungen</b>		<b>78,3</b>
<b>Halogenkohlenwasserstoffe (HKW):</b>		
Trichlormethan	1	<
Tetrachlormethan	1	<
1,2-Dichlorethan	1	<
1,1,1-Trichlorethan	1	<
Trichlorethen	1	<
Tetrachlorethen	1	<
Chlorbenzol	1	<
1,2-Dichlorbenzol	1	<
1,3-Dichlorbenzol	1	<
1,4-Dichlorbenzol	1	<
1-Chlornaphthalin	1	<
<b>Summe Halogen-KW</b>		<
<b>Terpene:</b>		
monocyclische Terpene:		
Limonen	1	234
Menthol	1	<
α-Terpinen	1	<
γ-Terpinen	1	<
α-Terpineol	1	<
Terpinolen	1	<
Summe monocyclische Terpene		234
bicyclische Terpene:		
Borneol	1	<
Bornylacetat	1	<
Camphen	1	<
Campher	1	<
3-Caren	1	<
Eukalyptol	1	<
α-Pinen	1	2,7

Verbindung	BG	µg/m <sup>3</sup>
β-Pinen	1	<
Summe bicyclische Terpene		2,7
Sesquiterpene:		
β-Caryophyllen	1	<
Longifolen	1	<
acyclische Terpene:		
β-Linalool	1	1,1
Linalylacetat	1	<
β-Myrcen	1	8,5
<b>Summe Terpene</b>		246,3
<b>Siloxane:</b>		
Hexamethylcyclotrisiloxan	2	18
Oktamethylcyclotetrasiloxan	2	<
Dekamethylcyclopentasiloxan	2	47
Dodekamethylcyclohexasiloxan	2	3,5
<b>Summe Siloxane</b>		68,5
<b>Aldehyde:</b>		
Acetaldehyd	2	11
Propanal	2	<
Butanal	1	3,1
Pentanal	1	<
Hexanal	1	4,8
Heptanal	1	<
Oktanal	1	2,1
Nonanal	1	6
Dekanal	1	2,6
Undekanal	1	<
Methylpropanal	1	<
3-Methylbutanal	1	<
2-Ethylhexanal	1	<
Benzaldehyd	1	7,2
Acrolein	1	<
Crotonaldehyd	1	<
Methacrolein	1	<
2-Hexenal	1	<
2-Heptenal	1	<
2-Oktenal	1	<
2-Nonenal	1	<
2-Dekenal	1	<
Furfural	1	<
<b>Summe Aldehyde</b>		36,8
<b>Carbonsäuren (TENAX):</b>		
Essigsäure	10	71
Propionsäure	5	<
Butansäure	5	<
Pentansäure	5	<
Hexansäure	5	<
Heptansäure	5	<
Oktansäure	5	<
Nonansäure	5	<
Dekansäure	5	<
2-Ethylhexansäure	5	<

Verbindung	BG	µg/m <sup>3</sup>
<b>Summe Carbonsäuren</b>	(mit IC)	71
<b>Sonstige Verbindungen:</b>		
Tetrahydrofuran	1	<
2-Methylfuran	1	<
2-Pentylfuran	1	<
Dioxan	1	<
tert.-Butylmethylether	1	<
Dibutoxymethan	1	<
Diethylcarbonat	2	2,6
N-Methylpyrrolidon	2	<
Butanonoxim	1	<
Acetonoxim	1	<
Pentanonoxim	1	<
Caprolactam	2	<
Dimethylformamid	2	<
Dimethylacetamid	2	<
Benzothiazol	1	1,2
Methyl-Isothiazolinon	1	<
Tris-2-chlorethyl-phosphat	1	<
<b>Summe Sonstige</b>		3,8
<b>Carbonsäuren (Silikagel/IC):</b>		
Ameisensäure	10	n.b.
Essigsäure (IC)	10	n.b.
<b>Isothiazolinone (Silikagel/LCMS)</b>		
Methyl-Isothiazolinon (LC)	0,04	n.b.
Chlormethyl-Isothiazolinon	0,02	n.b.
Benz-Isothiazolinon	0,05	n.b.
Octyl-Isothiazolinon	0,01	n.b.
<b>Summe Isothiazolinone</b>		n.b.
Formaldehyd	2	32

BG: Bestimmungsgrenze      n.b.: nicht bestimmt  
 Isododekane anhand 1-Dodekan quantifiziert, nur  
 semiquantitative Angabe.  
 C9-C15-Alkylbenzole: quantifiziert anhand Butylbenzol im TIC,  
 nur semiquantitative Angabe  
 Bei ca.-Angabe wurde die Verbindung anhand von Toluol  
 quantifiziert.  
 Teilsommen sind nicht enthalten und nur informativ (Ausnahme  
 Alkane und Alkylbenzole).  
 Bei Nonan-Tetradekan und C9-C15-Alkylbenzolen wurde über  
 alle Signale aufsummiert.  
 GSW m/p-Xylol entspricht GSW p-Xylol.  
 Weitere Informationen zur Quantifizierung und zu den  
 Verbindungen sind im Anhang.



## Anlage 2

### **Verwendete Messgeräte:**

Raumluftfeuchte / -temperatur, Luftdruck: Greisinger GFTB 100

### **Verwendete Probenahmegeräte:**

- Probenahmepumpe: Holbach BiVOC2 Serien Nr. 33V0006

### **Probenahmematerial:**

- DNPH-Kartusche
- TENAX-Röhrchen