



Industrie Service

**Mehr Wert.
Mehr Vertrauen.**

Bericht über

Innenraumlufthuntersuchungen bezüglich Formaldehyd und flüchtigen organischen Verbindungen (VOC-Screening) in der Grundschule und der KiTa in der Schulstr. 26 in 73266 Bissingen a. d. Teck

Auftraggeber: Gemeinde Bissingen
Vordere Straße 45
73266 Bissingen a. d. Teck

Untersuchungsobjekt: Grundschule und KiTa
Schulstr. 26
73266 Bissingen a. d. Teck

Auftragsnummer: --

Auftragsbestätigung: 15.09.2020 (E-Mail)

Projekt-Nr.: 20/3350696

Zeit der Messung: 14.11.2020

Datum: 16.12.2020

Unsere Zeichen:
IS-UT-MAK
Dokument: 3350696-Gemeinde
Bissingen-Mehraufwand-ism-
s.doc

Das Dokument besteht aus:
24 Seiten
Seite 1

Aufgabenstellung	Raumlufthmessungen in der Grundschule und der KiTa in der Schulstr. 26 in 73266 Bissingen a. d. Teck bzgl. Formaldehyd und VOC
-------------------------	---

Die auszugsweise Wiedergabe des Dokumentes und die Verwendung zu Werbezwecken bedürfen der schriftlichen Genehmigung der TÜV SÜD Industrie Service GmbH.

Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die untersuchten Prüfgegenstände

Sachbearbeiter
Telefon



1 Zweck der Untersuchungen

Die TÜV SÜD Industrie Service GmbH wurde von der Gemeinde Bissingen mit der Durchführung von Innenraumuntersuchungen in der Grundschule und der KiTa in der Schulstr. 26 in 73266 Bissingen a. d. Teck beauftragt.

Hierbei sollte festgestellt werden, ob die Raumluft mit Formaldehyd oder flüchtigen organischen Verbindungen (VOC) belastet ist.

Das Gebäude lässt sich baujahrs- bzw. sanierungsbedingt in 3 Bereiche aufteilen: Die KiTa, den Bereich Grundschule „Alt“ und den Bereich Grundschule „Neu“. Der Untersuchungsumfang wurde gemeinsam mit Herr Stüber (anw.architekten GmbH) festgelegt:

Raumluftmessungen:

Bereich KiTa „rot“:

- Flüchtige organische Verbindungen (VOC-Screening)
- Worst-Case-Szenario 8h ungelüftet

Bereich KiTa „gelb“:

- Flüchtige organische Verbindungen (VOC-Screening)
- unter Nutzungsbedingungen

Bereich Grundschule „Alt“:

Klassenzimmer 03/4b

- Formaldehyd
- Worst-Case-Szenario 8h ungelüftet

Klassenzimmer 04/2

- Formaldehyd
- unter Nutzungsbedingungen

Bereich Grundschule „Neu“:

Klassenzimmer 07/Mathe

- Formaldehyd
- unter Nutzungsbedingungen

Klassenzimmer 17/1a

- Formaldehyd
- Worst-Case-Szenario 8h ungelüftet

Musiksaal

- Formaldehyd
- Worst-Case-Szenario 8h ungelüftet

Die Untersuchungen wurden am 14.12.2020 durchgeführt.

2 Durchführung der Untersuchungen

2.1 Randbedingungen

Die Raumtemperatur, der Luftdruck und die relative Luftfeuchte wurden mit einem Messgerät vom Typ ALMEMO 2590, Hersteller Ahlborn (QM-Nr.: QS-004 09530) ermittelt. Ferner wurden die Raumgröße und -ausstattung festgehalten.

2.2 Messung von Formaldehyd

Die Untersuchung der Formaldehydkonzentration erfolgte nach der internen Arbeitsanweisung U-IS-04 in Anlehnung an die VDI Richtlinien 3862 Blatt 3 und DIN EN ISO 16000-2.

Zur Probenahme wurde mittels Personal Air Samplern vom Typ GilAir Plus Luft über ein mit DNPH vorbehandeltes Silikagel (Kartusche, Hersteller Waters) gesaugt. Das abgesaugte Volumen wurde auf Normzustand (20°C, 1013 hPa) umgerechnet.

Der Gehalt des aus dem Formaldehyd mit DNPH gebildeten Derivates wurde nach Desorption vom Silicagel mittels HPLC bestimmt und als Formaldehyd berechnet.

Die Bestimmungsgrenze beträgt 0,001 ppm bei einem Probevolumen von 100 l.

2.3 Messung flüchtiger organischer Verbindungen

Die Messung der Konzentrationen an flüchtigen organischen Verbindungen erfolgte nach der internen Arbeitsanweisung U-IS 05 in Anlehnung an die VDI-Richtlinien 2100 Blatt 2 und DIN EN ISO 16000-5. Hierfür wurde mittels einer Pumpe Luft durch eine Adsorptionseinheit, bestehend aus einem mit Aktivkohle befüllten Röhrchen (Typ Niosh) geleitet (Volumenstrom ca. 0,8 l/min, Probenahmedauer: 2 h) gesaugt. Das abgesaugte Gasvolumen wurde an einer kalibrierten Gasmengenmessenrichtung abgelesen und auf Normzustand (20°C, 1013 hPa) umgerechnet.. Der Gehalt an flüchtigen organischen Verbindungen wurde nach Desorption von der Aktivkohle gaschromatographisch bestimmt. Die Identifikation der Einzelkomponenten erfolgte massenspektroskopisch.

Die Bestimmungsgrenzen für die Einzelkomponenten sind je nach Art des zu bestimmenden Stoffes unterschiedlich. Sie sind für das vorliegende Probevolumen bei den Ergebnissen mit angegeben.

3 Ergebnisse der Untersuchungen

3.1 Angaben zum Untersuchungsobjekt

3.1.1 Bereich KiTa „rot“

Lage	EG
Raumgröße	ca. 35 m ² ; ca. 110 m ³
Decke	Schallschutzdecke
Wände	Beton, gestrichen 1 Außenwand, 3 Innenwände
Boden	Kunststoff
Fenster	Kunststoffrahmen, 2-fach Isolierglas
Einrichtung	Holzmöbel, Tische, Stühle, Schränke, Waschbecken, Regal, Spiele, Teppich (Nebenraum: Betten, Schränke, Spielzeug, Decken, Deko)
Heizung	Wandheizkörper unter den Fenstern
Besonderheiten	offen zum Nebenraum



Bild 1: Messstelle Bereich KiTa „rot“

3.1.2 Bereich KiTa „gelb“

Lage	EG
Raumgröße	ca. 36 m ² ; ca. 114 m ³
Decke	abgehängt
Wände	Beton, gestrichen 1 Außenwand, 3 Innenwände
Boden	Kunststoff
Fenster	Kunststoffrahmen, 2-fach Isolierglas
Einrichtung	Holz Möbel, Tische, Stühle, Schränke, Waschbecken, Regal, Spiele, Teppich (Nebenraum: Betten, Schränke, Spielzeug, Decken, Deko)
Heizung	Wandheizkörper an den Fenstern
Besonderheiten	offen zu Nebenraum



Bild 2: Messstelle Bereich KiTa „gelb“

3.1.3 Bereich Grundschule „Alt“ Klassenzimmer 03/4b

Lage	OG
Raumgröße	ca. 74 m ² ; ca. 236 m ³
Decke	Schallschutzdecke
Wände	2 Beton, tapeziert, gestrichen 1 mit Teppich verkleidet 1 Außenwand, 3 Innenwände
Boden	Kunststoff
Fenster	Kunststoffrahmen, 2-fach Isolierglas
Einrichtung	Holzmöbel, Tische, Stühle, Schränke, Waschbecken, Regal, Bücher, Dekoration, Spiele
Heizung	Wandheizkörper unter den Fenstern
Besonderheiten	-



Bild 3: Messstelle Bereich Grundschule „Alt“ Klassenzimmer 03/4b

3.1.4 Bereich Grundschule „Alt“ Klassenzimmer 04/2

Lage	OG
Raumgröße	ca. 74 m ² ; ca. 236 m ³
Decke	Schallschutzdecke
Wände	2 Beton, tapeziert, gestrichen 1 mit Teppich verkleidet 1 Außenwand, 3 Innenwände
Boden	Kunststoff
Fenster	Kunststoffrahmen, 2-fach Isolierglas
Einrichtung	Holzmöbel, Tische, Stühle, Schränke, Waschbecken, Regal, Bücher, Dekoration, Schuhkartons mit Malsachen, Tafel, Vorhänge
Heizung	Wandheizkörper unter den Fenstern
Besonderheiten	-



Bild 3: Messstelle Bereich Grundschule „Alt“ Klassenzimmer 04/2

3.1.5 Bereich Grundschule „Neu“ Klassenzimmer 07/Mathe

Lage	EG
Raumgröße	ca. 74 m ² ; ca. 236 m ³
Decke	Schallschutzdecke
Wände	2 Beton, tapeziert, gestrichen 1 mit Teppich verkleidet 1 Außenwand, 3 Innenwände
Boden	Kunststoff
Fenster	Kunststoffrahmen, 2-fach Isolierglas
Einrichtung	Holzmöbel, Tische, Stühle, Schränke, Waschbecken, Regal, Bücher, Dekoration, Spiele
Heizung	Wandheizkörper unter den Fenstern
Besonderheiten	-



Bild 3: Messstelle Bereich Grundschule „Neu“ Klassenzimmer 07/Mathe

3.1.6 Bereich Grundschule „Neu“ Klassenzimmer 17/1a

Lage	EG
Raumgröße	ca. 56 m ² ; ca. 180 m ³
Decke	Schallschutzdecke
Wände	2 1 Beton, tapeziert, gestrichen 2 Leichtbauwände, bemalt und Holzvertäfelung 1 Außenwand, 3 Innenwände
Boden	Kunststoff
Fenster	Aluminiumrahmen, 2-fach Isolierglas
Einrichtung	Holzmöbel, Tische, Stühle, Schränke, Waschbecken, Regal, Bücher, Dekoration, Schuhkartons mit Malsachen, Pflanzen
Heizung	Wandheizkörper unter den Fenstern
Besonderheiten	-



Bild 3: Messstelle Bereich Grundschule „Neu“ Klassenzimmer 17/1a

3.1.7 Bereich Grundschule „Neu“ Musiksaal

Lage	OG
Raumgröße	ca. 81 m ² ; ca. 260 m ³
Decke	Holzvertäfelungen
Wände	2 Wände mit Holzvertäfelungen 2 Außenwände, 2 Innenwände
Boden	Kunststoff
Fenster	Aluminiumrahmen, 2-fach Isolierglas
Einrichtung	Musikinstrumente, Stühle, Tische, Tafel, Leinwand
Heizung	Wandheizkörper unter den Fenstern
Besonderheiten	-



Bild 3: Messstelle Bereich Grundschule „Neu“ Musiksaal

4 Ergebnisse der Messungen

Messdatum: 14.11.2020

Gesamtmesszeit: 1 bzw. 2 Stunden

4.1.1 Randbedingungen der Messungen

		Kita „rot“	Kita „gelb“
Messzeit		09:55 – 12:05 Uhr	08:57 – 11:02 Uhr
Luftdruck	hPa	973	973
Temperatur	°C	20	20
Relative Luftfeuchte	% r. h.	49	48
Lüftung		am Vortag gelüftet, über Nacht geschlossen, Worst-Case-Messungen	2 h vor Messbeginn gelüftet, Messung unter Nutzungsbedingungen
Temperatur (außen)	°C	13,8	
Relative Luftfeuchte (außen)	% r. h.	67	
Witterung		sonnig, Wind schwach	

Grundschule „Alt“

		Klassenzimmer 03/4b	Klassenzimmer 04/2
Messzeit		10:28 – 11:28 Uhr	09:05 – 10:05 Uhr
Luftdruck	hPa	972	972
Temperatur	°C	20,6	20
Relative Luftfeuchte	% r. h.	47	49
Lüftung		am Vortag gelüftet, über Nacht geschlossen, Worst-Case-Messungen	2 h vor Messbeginn gelüftet, Messung unter Nutzungsbedingungen
Temperatur (außen)	°C	13,8	
Relative Luftfeuchte (außen)	% r. h.	67	
Witterung		sonnig, Wind schwach	

Grundschule „Neu“

		Klassenzimmer 07/Mathe	Klassenzimmer 17/1a	Musiksaal
Messzeit		09:10 – 10:10 Uhr	11:12 – 12:12 Uhr	10:18 – 11:20 Uhr
Luftdruck	hPa	972	973	973
Temperatur	°C	20,6	20	18
Relative Luftfeuchte	% r. h.	48	52	51
Lüftung		2 h vor Messbeginn gelüftet, Messung unter Nutzungsbedingungen	am Vortag gelüftet, über Nacht geschlossen, Worst-Case-Messungen	am Vortag gelüftet, über Nacht geschlossen, Worst-Case-Messungen
Temperatur (außen)	°C	13,8		
Relative Luftfeuchte (außen)	% r. h.	67		
Witterung		sonnig, Wind schwach		

4.1.2 Formaldehyd

Probe Nr.:	Klassenzimmer 03/4b FF1	Klassenzimmer 04/2 F4
Komponente / Dimension	[ppm]	[ppm]
Formaldehyd	0,008	0,010

Probe Nr.:	Klassenzimmer 07/Mathe F2	Klassenzimmer 17/1a F5	Musiksaal F3
Komponente / Dimension	[ppm]	[ppm]	[ppm]
Formaldehyd	0,02	0,019	0,037

Nachweisgrenze: 0,001 ppm. 1 ppm Formaldehyd entspricht 1,25 mg/m³ (20 °C, 1013 hPa)

4.1.3 Flüchtige organische Verbindungen – KiTa „rot“

Probe-Nr.: A1 QM-Nr.: 004-02364	Konzentration	Bestimmungsgrenze	Vergleichswerte aus 431 Messungen 2008 bis 2014			RW I / RW II oder AGW
	mg/m ³		mg/m ³	n Werte	Medianwert	
Aromatische Kohlenwasserstoffe				µg/m ³	µg/m ³	mg/m ³
Benzol	0,001	0,001	272	1,8	6,1	0,2 ¹
Toluol	0,002	0,001	417	7,0	47,8	0,3 / 3
Ethylbenzol	n.n.	0,001	348	2,5	29,4	0,2 / 2
m/p-Xylol	0,001	0,001	401	5,1	95,8	0,1 / 0,8
o-Xylol	n.n.	0,001	306	2,5	34,4	

Probe-Nr.: A1 QM-Nr.: 004-02364	Konzentration mg/m³	Bestimmungsgrenze mg/m³	Vergleichswerte aus 431 Messungen 2008 bis 2014			RW I / RW II oder AGW mg/m³
			n Werte	Medianwert µg/m³	95Perzentil µg/m³	
Styrol	n.n.	0,001	249	3,0	30,0	0,03 / 0,3
Cumol	n.n.	0,001	51	1,5	25,1	100
n-Propylbenzol	n.n.	0,001	87	2,0	88,3	²
1.2.4-Trimethylbenzol	n.n.	0,001	316	2,3	37,3	100
1.3.5-Trimethylbenzol	n.n.	0,001	108	2,6	62,4	²
2-Ethyltoluol	n.n.	0,001	93	2,4	110,1	²
restl. C9-Alkylaromaten	n.n.	0,002	133	5,7	99,8	²
C10-Alkylaromaten	n.n.	0,002	176	5,0	31,9	²
Naphthalin	n.n.	0,000	95	1,3	8,5	0,01 / 0,03
4-Phenylcyclohexen	n.n.	0,001	1	4,7	---	²
<i>Summe Alkylbenzole C₉ - C₁₅</i>	0,003					0,1 / 1
<i>Summe Aromaten</i>	0,003					
Aliphatische Kohlenwasserstoffe						
Pentan	n.n.	0,004	162	51,8	2357,9	3000
n-Hexan	n.n.	0,004	10	11,7	121,5	180 ⁴
n-Heptan	n.n.	0,002	228	4,3	38,6	2100
n-Octan	n.n.	0,002	122	3,0	48,7	2400
n-Nonan	n.n.	0,002	119	3,0	23,2	⁵
n-Decan	n.n.	0,002	215	3,9	26,4	⁵
n-Undecan	n.n.	0,002	240	4,0	22,0	⁵
n-Dodecan	0,002	0,002	206	3,6	14,4	⁵
n-Tridecan	n.n.	0,002	140	2,7	13,1	⁵
n-Tetradecan	n.n.	0,002	147	3,0	14,3	⁵
n-Pentadecan	n.n.	0,002	114	2,4	9,0	⁵
n-Hexadecan	n.n.	0,002	88	2,1	5,1	⁵
iso-Alkane C ₉ -C ₁₆	n.n.	0,002	231	48,1	2362,0	⁵
Octen	n.n.	0,002	0	---	---	-
Decen	n.n.	0,002	1	0,9	---	-
Triisobuten	n.n.	0,004	0	---	---	-
<i>Summe aromatenarme Kohlenwasserstoffe C₉ - C₁₄</i>	0,002					0,2 / 2
<i>Summe Aliphaten</i>	0,002					
Cycloaliphaten						
Methylcyclopentan	n.n.	0,002	57	3,9	20,5	1800
Cyclohexan	n.n.	0,002	157	4,7	67,7	700
Methylcyclohexan	n.n.	0,002	109	4,6	49,5	810
<i>Summe Cycloaliphaten</i>	0,000					
Terpene						
alpha-Pinen	0,002	0,001	342	7,1	147,8	0,2 / 2
beta-Pinen	n.n.	0,001	224	3,3	39,9	120 (B) ⁶
3-Caren	0,001	0,001	227	4,3	74,6	120 (B) ⁶
Limonen	0,013	0,001	384	5,8	53,2	1 / 10
<i>Summe Terpene</i>	0,017					
Alkohole						
Ethanol	0,091	0,004	409	83,6	793,5	960
2-Propanol	0,208	0,004	387	23,0	759,4	500
1-Butanol	0,004	0,002	352	11,9	59,0	0,7 / 2
2-Ethyl-1-hexanol	0,004	0,002	266	7,7	44,9	54



Probe-Nr.: A1 QM-Nr.: 004-02364	Konzentra- tion	Bestim- mungs- grenze	Vergleichswerte aus 431 Messungen 2008 bis 2014			RW I / RW II oder AGW
	mg/m ³	mg/m ³	n Werte	Medianwert µg/m ³	95Perzentil µg/m ³	mg/m ³
Benzylalkohol	0,026	0,002	74	12,3	87,4	0,4 / 4
Summe Alkohole	0,333					
Glycolderivate						
2-Methoxyethanol	n.n.	0,004	2	7,1	---	0,02 / 0,2
2-Ethoxyethanol	n.n.	0,004	1	6,2	---	0,1 / 1
2-Butoxyethanol	0,064	0,002	205	7,3	84,6	0,1 / 1
1-Methoxy-2-propanol	n.n.	0,002	240	6,9	35,5	1 / 10
2-Butoxyethoxyethanol	0,051	0,004	113	13,0	91,7	67
Propoxypropanol	0,015	0,004	5	19,0	---	0,025 (v) / 0,25 (v)
Summe Glycolderivate	0,130					
Aldehyde						
n-Butanal	n.n.	0,004	14	12,2	35,1	64
n-Pentanal	n.n.	0,002	143	4,8	30,0	-
n-Hexanal	0,004	0,002	247	7,9	45,8	40 (PL)
n-Heptanal	n.n.	0,002	60	4,8	14,8	-
2-Ethylhexanal	0,002	0,002	1	4,7	---	-
n-Octanal	0,005	0,002	92	5,0	18,8	-
n-Nonanal	n.n.	0,002	192	4,0	18,8	-
n-Decanal	0,011	0,002	77	4,8	9,6	-
Furfural	n.n.	0,002	21	6,9	18,8	0,01 / 0,1
Benzaldehyd	n.n.	0,004	111	11,8	25,4	0,02 / 0,2
<i>Summe gesättigte, azyklische aliphatische Aldehyde C₄-C₁₁</i>	<i>0,022</i>					0,1 / 2
Summe Aldehyde	0,022					
Ketone						
Aceton	0,021	0,004	383	38,4	285,2	1200
Methylethylketon	n.n.	0,004	204	11,1	111,1	600
Methylisobutylketon	n.n.	0,001	101	3,5	28,6	0,1 / 1
Cyclohexanon	n.n.	0,002	72	5,0	41,9	80
Acetophenon	n.n.	0,002	24	6,0	32,5	49 (DK)
Summe Ketone	0,021					
Halogenierte Kohlenwasserstoffe						
Trichlorethen	n.n.	0,001	14	3,9	98,6	0,02⁹
Tetrachlorethen	n.n.	0,001	54 *	2,3	45,0	138 ³
1.1.1-Trichlorethan	n.n.	0,001	6	3,5	---	1100
1.4-Dichlorbenzol	n.n.	0,001	3	32,0	---	6 ³
Summe Halogenierte KW	n.n.					
Ester						
Ethylacetat	0,005	0,002	101	10,1	119,0	0,6 / 6
Butylacetat	0,001	0,001	303	4,2	77,0	300
Isopropylacetat	n.n.	0,002	12	3,9	14,0	420 (DFG)
Methoxypropylacetat	n.n.	0,002	113	5,0	95,7	28/270 ^{7,10}
2-Ethoxyethylacetat	n.n.	0,002	0	---	---	0,2 / 2
Benzylacetat	n.n.	0,002	2	36,2	---	62 (B)
Dimethylphthalat	n.n.	0,002	8	4,9	---	3 (DK,S)
Texanol	n.n.	0,002	2	371,4	---	-
TXIB	0,005	0,002	26	3,1	131,3	-

Probe-Nr.: A1 QM-Nr.: 004-02364	Konzentra- tion	Bestim- mungs- grenze	Vergleichswerte aus 431 Messungen 2008 bis 2014			RW I / RW II oder AGW
	mg/m ³		mg/m ³	n Werte	Medianwert µg/m ³	
Summe Ester	0,006					
Sonstige						
2-Pentylfuran	n.n.	1	35	3,1	7,3	150
THF	n.n.	5	12	9,0	369,6	151
Siloxan D5, Decamethylcyclopentasiloxane	0,013	5	56	15,9	187,6	-
Summe Siloxane D3-D6	0,013					0,4 / 4
Summe Sonstige	n.n.					
Summe VOC	0,599					
TVOC nach Seifert	0,379					

Abkürzungen und Fußnoten: Siehe Anhang

*: Die Auswertung wurde um zwei Extremwerte bereinigt.

4.1.4 Flüchtige organische Verbindungen – KiTa „gelb“

Probe-Nr.: V2 QM-Nr.: 004-02363	Konzentra- tion	Bestim- mungs- grenze	Vergleichswerte aus 431 Messungen 2008 bis 2014			RW I / RW II oder AGW
	mg/m ³		mg/m ³	n Werte	Medianwert µg/m ³	
Aromatische Kohlenwasserstoffe						
Benzol	0,001	0,001	272	1,8	6,1	0,2 ¹
Toluol	0,003	0,001	417	7,0	47,8	0,3 / 3
Ethylbenzol	0,001	0,001	348	2,5	29,4	0,2 / 2
m/p-Xylol	0,003	0,001	401	5,1	95,8	0,1 / 0,8
o-Xylol	0,001	0,001	306	2,5	34,4	
Styrol	n.n.	0,001	249	3,0	30,0	0,03 / 0,3
Cumol	n.n.	0,001	51	1,5	25,1	100
n-Propylbenzol	n.n.	0,001	87	2,0	88,3	²
1,2,4-Trimethylbenzol	n.n.	0,001	316	2,3	37,3	100
1,3,5-Trimethylbenzol	n.n.	0,001	108	2,6	62,4	²
2-Ethyltoluol	n.n.	0,001	93	2,4	110,1	²
restl.C9-Alkylaromaten	n.n.	0,002	133	5,7	99,8	²
C10-Alkylaromaten	n.n.	0,002	176	5,0	31,9	²
Naphthalin	n.n.	0,001	95	1,3	8,5	0,01 / 0,03
4-Phenylcyclohexen	n.n.	0,001	1	4,7	---	²
Summe Alkylbenzole C₉ - C₁₅	n.n.					0,1 / 1
Summe Aromaten	0,007					
Aliphatische Kohlenwasserstoffe						
Pentan	n.n.	0,004	162	51,8	2357,9	3000
n-Hexan	n.n.	0,004	10	11,7	121,5	180 ⁴
n-Heptan	n.n.	0,002	228	4,3	38,6	2100
n-Octan	n.n.	0,002	122	3,0	48,7	2400
n-Nonan	n.n.	0,002	119	3,0	23,2	⁵
n-Decan	0,001	0,002	215	3,9	26,4	⁵
n-Undecan	0,003	0,002	240	4,0	22,0	⁵
n-Dodecan	0,001	0,002	206	3,6	14,4	⁵
n-Tridecan	n.n.	0,002	140	2,7	13,1	⁵

Probe-Nr.: V2 QM-Nr.: 004-02363	Konzentration mg/m³	Bestimmungsgrenze mg/m³	Vergleichswerte aus 431 Messungen 2008 bis 2014			RW I / RW II oder AGW mg/m³
			n Werte	Medianwert µg/m³	95Perzentil µg/m³	
n-Tetradecan	n.n.	0,002	147	3,0	14,3	⁵
n-Pentadecan	n.n.	0,002	114	2,4	9,0	⁵
n-Hexadecan	n.n.	0,002	88	2,1	5,1	⁵
Octen	n.n.	0,002	0	---	---	-
Decen	n.n.	0,002	1	0,9	---	-
Triisobuten	n.n.	0,002	0	---	---	-
Summe Alkane C9-C16	0,005		-	---	---	-
Cycloaliphaten						
Methylcyclopentan	n.n.	0,002	57	3,9	20,5	1800
Cyclohexan	n.n.	0,002	157	4,7	67,7	700
Methylcyclohexan	n.n.	0,002	109	4,6	49,5	810
Summe Cycloaliphaten	0,000					
Terpene						
alpha-Pinen	0,002	0,001	342	7,1	147,8	0,2 / 2
beta-Pinen	n.n.	0,001	224	3,3	39,9	120 (B) ⁶
3-Caren	0,001	0,001	227	4,3	74,6	120 (B) ⁶
Limonen	0,012	0,001	384	5,8	53,2	1 / 10
Summe Terpene	0,014					
Alkohole						
Ethanol	0,097	0,004	409	83,6	793,5	960
2-Propanol	0,291	0,004	387	23,0	759,4	500
1-Butanol	0,008	0,002	352	11,9	59,0	0,7 / 2
2-Ethyl-1-hexanol	0,006	0,002	266	7,7	44,9	54
Benzylalkohol	0,033	0,002	74	12,3	87,4	0,4 / 4
Summe Alkohole	0,435					
Glycolderivate						
2-Methoxyethanol	n.n.	0,004	2	7,1	---	0,02 / 0,2
2-Ethoxyethanol	n.n.	0,004	1	6,2	---	0,1 / 1
2-Butoxyethanol	0,091	0,002	205	7,3	84,6	0,1 / 1
1-Methoxy-2-propanol	n.n.	0,002	240	6,9	35,5	1 / 10
2-Butoxyethoxyethanol	0,061	0,004	113	13,0	91,7	0,4 / 1
2-Phenoxyethanol	0,019	0,004	68	12,1	49,2	0,03 / 0,1
Summe Glycolderivate	0,170					
Aldehyde						
n-Butanal	n.n.	0,004	14	12,2	35,1	64
n-Pentanal	0,003	0,002	143	4,8	30,0	-
n-Hexanal	0,007	0,002	247	7,9	45,8	40 (PL)
n-Heptanal	0,002	0,002	60	4,8	14,8	-
n-Octanal	0,003	0,002	92	5,0	18,8	-
n-Nonanal	0,007	0,002	192	4,0	18,8	-
n-Decanal	n.n.	0,002	77	4,8	9,6	-
Benzaldehyd	0,017	0,002	111	11,8	25,4	0,02 / 0,2
Summe gesättigte, azyklische aliphatische Aldehyde C ₄ -C ₁₁	0,039					0,1 / 2
Summe Aldehyde	0,039					
Ketone						
Aceton	0,031	0,004	383	38,4	285,2	1200
Methylethylketon	0,003	0,004	204	11,1	111,1	600
Methylisobutylketon	n.n.	0,001	101	3,5	28,6	0,1 / 1

Probe-Nr.: V2 QM-Nr.: 004-02363	Konzentra- tion	Bestim- mungs- grenze	Vergleichswerte aus 431 Messungen 2008 bis 2014			RW I / RW II oder AGW
	mg/m ³	mg/m ³	n Werte	Medianwert µg/m ³	95Perzentil µg/m ³	mg/m ³
Cyclohexanon	n.n.	0,002	72	5,0	41,9	80
Acetophenon	n.n.	0,002	24	6,0	32,5	49 (DK)
<i>Summe Ketone</i>	<i>0,034</i>					
Halogenierte Kohlenwasserstoffe						
Trichlorethen	n.n.	0,001	14	3,9	98,6	0,02⁹
Tetrachlorethen	n.n.	0,001	54 *	2,3	45,0	0,1 / 1
1.1.1-Trichlorethan	n.n.	0,001	6	3,5	---	1100
1.4-Dichlorbenzol	n.n.	0,001	3	32,0	---	6 ³
<i>Summe Halogenierte KW</i>	<i>0,000</i>					
Ester						
Ethylacetat	0,010	0,002	101	10,1	119,0	0,6 / 6
Butylacetat	0,002	0,001	303	4,2	77,0	300
Isopropylacetat	n.n.	0,002	12	3,9	14,0	420 (DFG)
Methoxypropylacetat	n.n.	0,002	113	5,0	95,7	28/270 ^{7,10}
2-Ethoxyethylacetat	n.n.	0,002	0	---	---	0,2 / 2
Dimethylphthalat	n.n.	0,002	8	4,9	---	3 (DK,S)
Texanol	n.n.	0,002	2	371,4	---	-
TXIB	n.n.	0,002	26	3,1	131,3	-
<i>Summe Ester</i>	<i>0,012</i>					
Sonstige						
2-Pentylfuran	n.n.	0,001	35	3,1	7,3	150
THF	n.n.	0,004	12	9,0	369,6	151
Diethylenglycolethylether	0,041		-	---	---	-
<i>Summe Siloxane D4-D6</i>	<i>0,003</i>					
<i>Summe Sonstige</i>	<i>0,089</i>					
Summe VOC	0,809					
TVOC nach Seifert	0,535					

Abkürzungen und Fußnoten: Siehe Anhang

*: Die Auswertung wurde um zwei Extremwerte bereinigt.

4.2 Erläuterungen zu den Ergebnissen

4.2.1 Formaldehyd

Formaldehyd tritt in der Umgebungsluft natürlich und zivilisationsbedingt auf. Für Stadtgebiete ist von Konzentrationen von ca. 0,003 ppm als Normalbelastung auszugehen. Als Emissionsquellen für Formaldehyd in Innenräumen werden Spanplatten, Aminoplastortschäume, und Parkettver-siegelungen sowie Kleber, Lacke, Textilien, Tapeten, Teppiche, Dämmmaterialien usw. genannt. Für Spanplatten sind die Einflussfaktoren für die Formaldehydabgabe im Wesentlichen die Art und Verarbeitung von Bindemitteln und Platte, die Umgebungstemperatur, und die relative Luftfeuchte. Eine Erhöhung der relativen Luftfeuchte bzw. der Temperatur führt im Allgemeinen

zu einer erhöhten Formaldehydabgabe. Für den Aufbau der Formaldehydkonzentration in Räumen ist darüber hinaus der Luftwechsel wesentlich.

Im Bundesgesundheitsblatt 8/2016 wurde vom Ausschuss für Innenraumrichtwerte ein Richtwert I für Formaldehyd von $0,1 \text{ mg/m}^3$ entsprechend $0,08 \text{ ppm}$ veröffentlicht.

Diese Konzentration sollte nach Auffassung des Ausschusses auch kurzzeitig, bezogen auf einen Messzeitraum von einer halben Stunde berücksichtigt werden.

Die Ableitung des Richtwertes I erfolgte dabei aufgrund seiner reizenden Wirkung, die bei einer geringeren Konzentration relevant ist, als die krebserzeugende Wirkung. Der Richtwert I deckt damit die krebserzeugende Wirkung mit ab.

Ein Richtwert II wurde dabei nicht festgelegt, da für dessen Ableitung keine belastbaren Angaben vorliegen.

4.2.2 Flüchtige organische Verbindungen

Der Sammelbegriff flüchtige organische Verbindungen beinhaltet eine Vielzahl von Stoffen, die mit der Probenahme auf einem festen Träger, in der Regel Aktivkohle, erfasst werden und nach Desorption vom Trägermaterial und gaschromatographischer Auftrennung z.B. mit einem Massenspektrometer identifiziert werden können. Hierzu zählen unter anderem aliphatische, aromatische und halogenierte Kohlenwasserstoffe, Alkohole, Glykole und Glykolderivate, Ester, höhere Aldehyde, Ketone, Dimethylsiloxane und Terpene. Die nach DIN EN ISO 16000-5 zu bestimmenden Verbindungen werden bei der gaschromatographischen Trennung mit einer unpolaren Säule zwischen n-Hexan und n-Hexadecan detektiert. Dies entspricht Verbindungen mit Siedepunkten zwischen ca. 60°C und 290°C . Verbindungen mit niedrigeren oder höheren Siedepunkten werden ebenfalls angegeben, wenn sie in der Probe nachgewiesen werden. Bei Stoffen mit niedrigerem Siedepunkt und bei Ethanol sind jedoch Minderbefunde möglich. Für die zulässige Belastung von Aufenthaltsräumen existieren für den Hauptteil der gefundenen flüchtigen organischen Verbindungen keine Grenz- oder Richtwerte.

Im Bundesgesundheitsblatt 3/93 empfiehlt das Bundesgesundheitsamt für die Bewertung von Konzentrationen flüchtiger organischer Verbindungen in Innenräumen sich im ersten Schritt an den mittleren Konzentrationen zu orientieren, die bei der Untersuchung einer größeren Zahl von Aufenthaltsräumen ermittelt wurden. Grundsätzlich gelten für alle Werte, dass sie nicht isoliert betrachtet werden dürfen, sondern nur in Verbindung mit den jeweiligen definierten Randbeding-

ungen. Untersuchungen in willkürlich ausgewählten Aufenthaltsräumen erfolgen in der Regel über längere Zeit mit Passivsammlern, ohne dass die jeweiligen Randbedingungen (Temperatur, Feuchte, Lüftungsverhältnisse, Nutzung) bekannt sind. Bei den Messergebnissen sind deshalb zum Vergleich die Häufigkeit des Nachweises, die arithmetischen Mittelwerte und, soweit mindestens 10 Messwerte größer der Nachweisgrenze vorliegen, 95-Perzentilwerte eigener Untersuchungen der letzten Jahre, die unter gleichen Randbedingungen hinsichtlich Lüftung und Nutzung entstanden sind, angegeben. Die angegebenen Mittelwerte und 95-Perzentile beziehen sich nur auf die Messwerte größer der Nachweisgrenze. Werte kleiner der Nachweisgrenze bleiben unberücksichtigt. Aus den Messwerten wird die Verteilungskurve der aufgetretenen Konzentrationen berechnet.

Der 95-Perzentilwert gibt die Konzentrationen wieder, unterhalb der 95 % der nach der Verteilungskurve zu erwartenden Messwerte liegen. Die Unsicherheit der Angaben bei der Häufigkeitsverteilung wird umso geringer je mehr Messwerte vorliegen.

Im Bundesgesundheitsblatt werden seit 11/96 Richtwerte für einzelne Verbindungen und Stoffgruppen in der Luft von Innenräumen veröffentlicht. Die Werte werden abgeleitet von der Annahme einer Konzentration, bei der erste Wirkungen bei achtstündiger Exposition auftreten. Zusätzlich werden toxikokinetische Effekte, veränderte Expositionsdauer, individuelle Variabilität und eine erhöhte Atemrate von Kindern berücksichtigt.

Für folgende Substanzen wurden Richtwerte veröffentlicht:

Substanz	Richtwert I (RWI)	Richtwert II (RWII)	Erscheinungsjahr
	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	
Toluol	300	3.000	1996
Ethylbenzol	200	2.000	2012
Xylol (Dimethylbenzole)	100	800	2015
Styrol	30	300	1998
C ₉ – C ₁₅ Alkylbenzole	100	1.000	2012
Naphthalin	10	30	2013
Bizyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (Naphthalin, Methylnaphthaline, Dimethylnaphthaline)	10 (v)	30 (v)	2013
aromatenarme Kohlenwasserstoffe C ₉ – C ₁₄	200	2.000	2005
α -Pinen (als Leitkomponente für bicyclische Terpene abgeleitet für ein Verhältnis zwischen α -Pinen, β -Pinen und 3-Caren von etwa 10:1:3)	200	2.000	2003
α -Limonen (als Leitkomponente für monozyklische Monoterpene)	1.000	10.000	2010
Phenol	20	200	2011
1-Butanol	700	2.000	2014

Substanz	Richtwert I (RWI)	Richtwert II (RWII)	Erscheinungsjahr
	µg/m ³	µg/m ³	
Ethylhexanol	100 (v)	1.000 (v)	2013
Benzylalkohol	400	4.000	2010
2-Methoxyethanol (EGME)	20	200	2013
2-(2-Methoxyethoxy)ethanol (DEGME)	2.000 (v)	6.000 (v)	2013
1-Methoxy-2-(2-methoxyethoxy)ethan (DEGDME)	30	300	2013
2-Ethoxyethanol (EGEE)	100	1.000	2013
2-Ethoxyethylacetat (EGEEA)	200	2.000	2013
2-(2-Ethoxyethoxy)ethanol (DEGEE)	700 (v)	2.000 (v)	2013
2-Butoxyethanol (EGBE)	100	1.000	2013
2-n-Butoxyethylacetat (EGBEA)	200 (v)	2.000 (v)	2013
2-(2-n-Butoxyethoxy)ethanol (DEGBE)	400 (v)	1.000 (v)	2013
2-Hexoxyethanol (EGHE)	100	1.000	2013
1-Methoxy-2-propanol (2PG1ME)	1.000	10.000	2013
2-Methoxymethylethoxypropanol (DPGME)	2.000 (v)	7.000 (v)	2013
1-Ethoxypropan-2-ol (2PG1EE)	300	3.000	2013
1(1,1-Dimethylethoxy)-2-propanol (2PG1tBE)	300	3.000	2013
2-Phenoxyethanol	30	100	2018
Propan-1,2-diol	60	600	2017
Gesättigte, azyklische aliphatische Aldehyde C ₄₋₁₁	100	2.000	2009
Furaldehyd (Furfural)	10	100	2011
Benzaldehyd	20	200	2010
Methylisobutylketon	100	1.000	2013
Butanonoxim	20	60	2015
Dichlormethan	200	2.000	1997
Trichlorethen	20 ¹⁾	-	2015
Tetrachlorethen	100	1.000	2017
2-Chlorpropan	800	8.000	2015
Ethylacetat	600	6.000	2014
1-Methyl-2-pyrrolidon	100	1.000	2014
zyklische Dimethylsiloxane D3 – D6	400	4.000	2011

(v): vorläufige Richtwerte

1): Leitwert für Stoffe der Kategorie K 1A bzw. K 1B der krebserzeugenden Stoffe.
 Sie (Anm.: Die Innenraumkommission IRK) betrachtet für Trichlorethen expositionsmindernde Maßnahmen unterhalb des Leitwertes als nicht angemessen.

Für nicht einzelnen aufgeführte Glycolether und Glycolester wurde ersatzweise ein vorläufiger RW I von 0,005 ppm und ein RW II von 0,05 ppm festgelegt.

Der RW I ist die Konzentration eines Stoffes in der Innenraumluft, bei der im Rahmen einer Einzelstoffbetrachtung nach gegenwärtigem Kenntnisstand auch bei lebenslanger Exposition

keine gesundheitlichen Beeinträchtigungen zu erwarten sind. Eine Überschreitung ist mit einer über das übliche Maß hinausgehenden, hygienisch unerwünschten Belastung verbunden.

Der RW II ist ein wirkungsbezogener, begründeter Wert, der sich auf die gegenwärtigen toxikologischen und epidemiologischen Kenntnisse der Wirkungsschwelle eines Stoffes unter Einführung von Unsicherheitsfaktoren stützt. Er stellt die Konzentration eines Stoffes dar, bei deren Erreichen bzw. Überschreiten unverzüglich Handlungsbedarf besteht.

Die Grenzwerte für die Konzentrationen von Gefahrstoffen in der Luft am Arbeitsplatz (AGW) können für Aufenthaltsräume nicht herangezogen werden, da sie nur für den Umgang mit Gefahrstoffen gelten. Da sie jedoch für die berufliche Exposition medizinisch begründet sind, orientiert sich ihr Wert an ihrer gesundheitlichen Wirkung auf den Menschen unter den Bedingungen gewerblicher Arbeitsplätze. Damit kann auch die unterschiedliche Relevanz einzelner Stoffe in Aufenthaltsräumen in erster Näherung abgeschätzt werden.

TVOC

Im Bundesgesundheitsblatt 7-2007 wurden von der Ad-hoc-Arbeitsgruppe der Innenraumlufthygiene-Kommission des Umweltbundesamtes und der obersten Landesgesundheitsbehörden Empfehlungen für die hygienische Bewertung anhand von TVOC-Werten gegeben.

Voraussetzung für die Anwendung von TVOC-Werten – den Summenkonzentrationen von flüchtigen organischen Verbindungen – zur Beurteilung der Raumluft ist, dass toxikologisch begründete Richtwerte für Einzelsubstanzen dabei nicht überschritten werden.

Ferner ist zu berücksichtigen, dass aufgrund der unterschiedlichen Möglichkeiten der Stoffzusammensetzung eine toxikologische Begründung für einzelne TVOC-Bereiche nicht vorliegt und auch nicht möglich ist.

Laut Bundesgesundheitsblatt 7-2007 sind VOC folgendermaßen definiert:

*„Als flüchtige organische Verbindungen (VOC) werden nach internationalen Empfehlungen organisch-chemische Verbindungen des Siedebereichs von ca. 50 -260 °C bezeichnet (...)
Nach ECA und AgBB werden als VOC organische Verbindungen bezeichnet, die analytisch auf einer desaktivierten unpolaren Säule im Elutionsbereich zwischen n-Hexan und Hexadecan detektierbar sind.“*

Die Verbindungen Pentan (Siedepunkt 36 °C), Ethanol und Aceton (beide Verbindungen liegen auf einer desaktivierten unpolaren Säule im Elutionsbereich vor n-Hexan) erfüllen diese Bedingungen nicht und werden somit nicht zur Beurteilung der TVOC-Konzentration herangezogen.

Die Einteilung in verschiedene TVOC-Bereiche beruht auf der statistischen Auswertung des 1. Umwelt-Surveys von 1985/86 und Untersuchungen mit Probanden und definierten Stoffgemischen. Die Konzentration der Stufe 1 von $0,3 \text{ mg/m}^3$ entsprechend $300 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ entspricht dabei dem 50. Perzentil, die der Stufe 2 mit 1 mg/m^3 entsprechend $1000 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ entspricht dem 95. Perzentil der Ergebnisse des 1. Umwelt Survey.

Seit der Erstellung des 1. Umwelt-Surveys haben sich sowohl das Stoffspektrum in Aufenthaltsräumen als auch die Konzentrationen der einzelnen Stoffe in den Räumen gravierend verändert.

Stufe 1. „TVOC-Werte unter $0,3 \text{ mg/m}^3$ sind hygienisch unbedenklich sofern keine Richtwerte überschritten werden. Sie werden als Zielwert (hygienischer Vorsorgebereich) bezeichnet und sind mit ausreichendem Abstand nach Neubau oder Renovierungsmaßnahmen in Räumen erreichbar bzw. nach Möglichkeit zu unterschreiten.“

Stufe 2. „TVOC-Werte zwischen $> 0,3 \text{ mg/m}^3$ und 1 mg/m^3 können als hygienisch noch unbedenklich eingestuft werden, sofern keine Richtwerte überschritten sind. Dieser Konzentrationsbereich weist z.B. auf noch nicht völlig ausgelüftete Lösemiteleinträge hin und indiziert die Notwendigkeit einer verstärkten Lüftung.“

Stufe 3 „TVOC-Werte zwischen $> 1 \text{ mg/m}^3$ und 3 mg/m^3 sind als hygienisch auffällig zu bezeichnen und gelten befristet als Obergrenze für Räume, die für einen längeren Aufenthalt bestimmt sind. In normal genutzten Wohn- Schul- und Büroräumen ohne kürzlich erfolgte Renovierung oder Neumöblierung sollte ein TVOC-Wert unter Nutzungsbedingungen von kleiner 1 mg/m^3 nicht dauerhaft überschritten werden.“

Stufe 4 „Räume mit einem TVOC-Wert zwischen $> 3 \text{ mg/m}^3$ und 10 mg/m^3 werden als hygienisch bedenklich beurteilt und sollten, sofern keine Alternativen zur Verfügung stehen, nur befristet (maximal ein Monat) bei Durchführung verstärkter regelmäßiger Lüftungsmaßnahmen genutzt werden. Es ist eine toxikologische Einzelstoff- bzw. Stoffgruppenbewertung vorzunehmen.“

Stufe 5 „TVOC-Werte zwischen $> 10 \text{ mg/m}^3$ und 25 mg/m^3 werden als hygienisch inakzeptabel eingestuft. Die Raumnutzung ist in der Regel zu vermeiden, ein Aufenthalt ist allenfalls vorübergehend täglich (stundenweise) und bei Durchführung verstärkter regelmäßiger Lüftungsmaßnahmen zumutbar. Bei Werten $> 25 \text{ mg/m}^3$ ist von einer Nutzung abzusehen.“

5 Bewertung

Die Raumlufthuntersuchungen erfolgten unter Randbedingungen, wie sie in verschiedenen Blättern der VDI-Richtlinie 4300, "Messen von Innenraumlufthverunreinigungen" sowie der DIN EN ISO 16000-ff für die Überprüfung der Einhaltung von Richt- bzw. Vergleichswerten vorgegeben werden.

Ergebnisse der Raumlufthuntersuchungen am 14.11.2020:

5.1 Formaldehyd

Die ermittelte Konzentration in allen untersuchten Räumen lag **unter dem für Wohn- und Aufenthaltsräume geltenden Richtwert RW I von 0,08 ppm des Ausschusses für Innenraumrichtwerte**. Da es sich bei den Messungen im Klassenzimmer 03/4b, 17/1a und dem Musikzimmer außerdem um Worts-Case-Messungen handelte kann davon ausgegangen werden, dass **keine Belastung der Raumlufth mit Formaldehyd vorhanden ist**.

5.2 Flüchtige organische Verbindungen

Messung in der KiTa „rot“:

Die Summe aller nachgewiesenen flüchtigen organischen Verbindungen in der Raumlufth des KiTa „rot“ betrug 0,599 mg/m³. Der **TVOC-Wert** nach Seifert, d.h. abzüglich der Komponenten Pentan, Ethanol und Aceton betrug **0,379 mg/m³**. Die gefundene TVOC Konzentration ist damit gemäß Einstufung des UBA (Stufe 3: > 0,3 mg/m³ und < 1 mg/m³) als **hygienisch noch unbedenklich** zu bezeichnen.

Messung in der KiTa „gelb“:

Die Summe aller nachgewiesenen flüchtigen organischen Verbindungen in der Raumlufth des KiTa „gelb“ betrug 0,809 mg/m³. Der **TVOC-Wert** nach Seifert, d.h. abzüglich der Komponenten Pentan, Ethanol und Aceton betrug **0,535 mg/m³**. Die gefundene TVOC Konzentration ist damit gemäß Einstufung des UBA (Stufe 3: > 0,3 mg/m³ und < 1 mg/m³) als **hygienisch noch unbedenklich** zu bezeichnen.



Industrie Service

Umwelt Service
Referat Umweltmesstechnik

Sachbearbeiter

[Redacted]

[Redacted]