

INNENRAUMLUFTGUTACHTEN

Kindergarten Rappelkiste Pavillon Gemeinde Berglen-Oppelsbohm



**Auftraggeber: Bürgermeisteramt Berglen
Technische Verwaltung Herr Krejci
Beethovenstraße 14 – 20, 73663 Berglen**

TAGEBUCH-NR. 80 677 – 80 680

Februar / März 2017

1. Ausfertigung von 2 Exemplaren



INHALTSVERZEICHNIS

1. AUFGABENSTELLUNG..... 3

2. ÖRTLICHE GEGEBENHEITEN 3

2.1 WETTERBEDINGUNGEN AM PROBENAHMETAG 3

2.2 ALLGEMEINE ANGABEN ZU DEN BEPROBTEN RÄUMEN 3

2.3 FOTODOKUMENTATION 4

3. ANGABEN ZUR ANALYSENTECHNIK 5

3.1 ANGABEN ZUR PROBENAHMETECHNIK 6

4. MESSERGEBNISSE 7

4.1 MESSERGEBNISSE VOC 7

4.2 MESSERGEBNISSE MVOC 13

4.3 MESSERGEBNISSE FORMALDEHYD 14

4.4 MESSERGEBNISSE SCHIMMELPILZE 15

5. BEWERTUNG 16

5.1 BEWERTUNG VOC 16

5.2 BEWERTUNG MVOC 17

5.3 BEWERTUNG FORMALDEHYD 18

4.4 BEWERTUNG SCHIMMELPILZE 19

5. ZUSAMMENFASSUNG DER UNTERSUCHUNGSERGEBNISSE 21

6. LITERATURVERZEICHNIS 23



1. AUFGABENSTELLUNG

Am 08. Februar 2017 wurde das Institut Dr. Lörcher in Ludwigsburg durch Herrn Krejci, Technische Verwaltung Gemeinde Berglen, beauftragt, Raumlufthproben im Pavillon des Kindergartens „Rappelkiste“ in Berglen-Oppelsbohm zu entnehmen und auf Formaldehyd, MVOC (Microbial volatile organic compounds) und flugfähige, kultivierbare Schimmelpilzsporen zu untersuchen:

Ziel der Untersuchungen war es, mögliche Ursachen für den muffigen, anhaftenden Geruch in den Räumen des Kindergartens festzustellen.

Die Probenentnahme erfolgte am Dienstag, den 21.02.2017 in der Zeit von 08:000 – 10.30 Uhr durch Herrn Stephan Maier, Institut Dr. Lörcher.

2. ÖRTLICHE GEGEBENHEITEN

Bei dem Pavillon des Kindergarten „Rappelkiste“ handelt es sich um ein eingeschossiges Gebäude mit Flachdach aus den 50'er Jahren. Das Gebäude wurde früher als Hausmeisterwohnung genutzt und im Jahr 2016 umfangreich renoviert.

Am Tag der Probenahme war ein deutlicher muffiger Geruch wahrnehmbar. Dieser Geruch war im Eingangsbereich unter dem Vordach und im Windfang besonders intensiv und in den Gruppenräumen weniger stark wahrnehmbar. Auffällig war eine offensichtlich defekte Dachentwässerung auf der nördlichen Gebäudeseite sowie je nach Ausrichtung und Raum mehr oder weniger stark ausgeprägte schwarze Ablagerungen auf den Innenseiten der Rollläden.

Die Messungen erfolgten unter Standardbedingungen, d.h. nach Gleichgewichtseinstellung über Nacht bei geschlossenen Fenstern und Außentüren im Flur des Kindergartens. Sämtliche Türen zu den Räumen des Kindergartens waren über Nacht und während den Messungen geöffnet.

2.1 WETTERBEDINGUNGEN AM PROBENAHMETAG

Am Probenahmetag herrschte regnerisches Wetter mit Temperaturen um die 9 °C, einer Luftfeuchtigkeit von 100 %rF und Windgeschwindigkeiten von ca. 15 km/h (Angabe DWD).

2.2 ALLGEMEINE ANGABEN ZU DEN BEPROBTEN RÄUMEN

	Flur Pavillon
Geruchlicher Eindruck	Leicht muffig
Mittlere Lufttemperatur:	24,3 °C
Mittlere relative Luftfeuchte:	39 %rF



2.3 FOTODOKUMENTATION



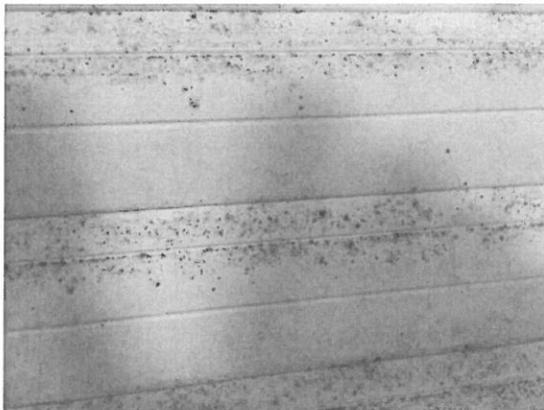
Außenaufnahme Pavillon



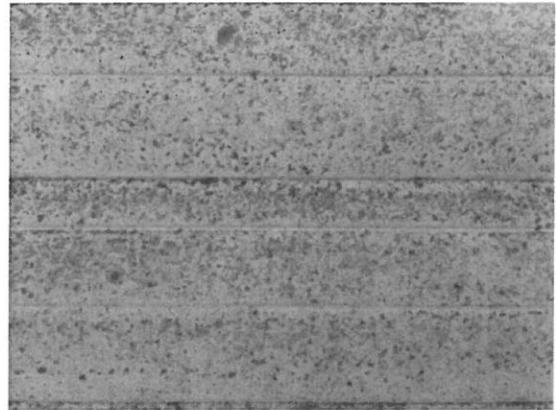
Raumluftmessung Flur Pavillon



Gruppenraum „Südseite“



Rollladen Innenseite



Rollladen Innenseite



Dachentwässerung Nordseite



Dachentwässerung Nordseite



3. ANGABEN ZUR ANALYSENTECHNIK

Die Raumlufthproben zur Bestimmung der **VOC/MVOC** wurden entsprechend den Vorgaben der DIN EN ISO 16000-1 entnommen und nach DIN EN ISO 16000-6 auf leichtflüchtige organische Substanzen untersucht. Die dabei angewandte Probenahmetechnik ist die aktive Adsorption der flüchtigen organischen Verbindungen aus der Raumlufth auf Tenax Adsorptionsröhrchen.

Die Entnahme der Luftproben zur Bestimmung von **Formaldehyd** erfolgte gemäß den Vorgaben der DIN EN ISO 16000-2 aktiv mittels DNPH-Kartuschen. Die analytische Bestimmung erfolgte mittels HPLC-DAD.

Zur Bestimmung der Anzahl an kultivierbaren **Schimmelpilzsporen** in der Luft wurden mittels eines MAS-100 Eco Luftkeimsammlers in den Innenräumen sowie im Außenbereich je 4 Proben mit Luftvolumina von 100 L und 200 L entnommen.

Der Luftkeimsammler arbeitet auf dem Prinzip des Andersen Air Samplers und saugt die Luft durch eine perforierte Platte an. Der daraus resultierende Luftstrom wird auf die Oberfläche von speziell für das Wachstum von Schimmelpilzen geeigneten Nährböden (DG18-Agar und Malzextraktagar-MEA) geleitet. Nach der Probenahme wird die Probe bei 25°C und 37°C über einen Zeitraum von 7-10 Tagen bebrütet und die entwickelten Kolonien ab dem 3. Tag täglich ausgezählt.

Die Identifizierung der auf DG 18- und Malzextrakt-Agar subkultivierten Schimmelpilzisolat in Material oder Luftproben erfolgte durch makroskopische und mikroskopische Prüfung sowie Zuordnung nach in der folgenden Literatur enthaltenen Schlüsseln:

- SAMSON R.A., HOUBRAKEN, J., THRANE, U., FRISVAD, J.C., ANDERSEN, B.: Introduction to Food- and Indoor Fungi, Centralbureau voor Schimmelcultures, Utrecht 2012
- De Hoog G.S., Guarro, J. Gene J., Figueras M.J.: Atlas of Clinical Fungi, Centralbureau voor Schimmelcultures, Universität Rovira, 2000



3.1 ANGABEN ZUR PROBENAHMETECHNIK

Raum	Kiga Rappelkiste Pavillon Flur Tgb-Nr. 80678	Kiga Rappelkiste Pavillon Flur Tgb-Nr. 80677	Kiga Rappelkiste Pavillon Flur Tgb-Nr. 80680
Parameter	VOC	Formaldehyd	MVOC
Probenahmetechnik	aktiv		
Adsorptionsmittel	TENAX	DNPH	TENAX
Platzierung des Probenahme- systems im beprobten Raum	Im Flur		
Höhe über Fußboden ca.	~1,3 m		
Probenahmebedingungen	Standardbedingungen (mit geöffneten Türen zu den Räumen des Kindergartens)		
Pumpentyp	GilAirPlus [PN30] / [OS 13.4]	Bravo M2 [OS17]	Alpha 2 [OS13.5]
Durchflussrate	0,1 L/min	1,5 L/min	0,1 L/min
Probenahmezeit	08:30 – 09:20 Uhr	08:17 – 09:17 Uhr	09:48 – 10:28 Uhr
Probenvolumen	4,87 L / 0,2 L	90,0 L	4,0 L

Raum	Kiga Rappelkiste Pavillon Flur Tgb-Nr. 80679	Außenluft Tgb-Nr. 80679
Parameter	Kultivierbare Schimmelpilzsporen	
Probenahmetechnik	aktiv	
Adsorptionsmittel	Malzextrakt-Agar/DG 18	
Platzierung des Probenahme- systems im beprobten Raum	Flur	vor dem Eingang
Höhe über Fußboden ca.	~1,3 m	~1,5 m
Probenahmebedingungen	Standardbedingungen	9 °C
Pumpentyp	MAS 100 Eco [PN 24]	
Durchflussrate	100 L/min	
Probenvolumen	100 L, 200 L	



4. MESSERGERBNISSSE

4.1 MESSERGERBNISSSE VOC

Auswahl der Substanzen gemäß Anhang A DIN EN ISO 16000-6.

Detektierte Substanzen	CAS-Nr.	Kiga Rappelkiste Pavillon Flur Tgb-Nr. 80678 [µg/m³]	Auffälligkeitswerte AGÖF (90% Perz.) [µg/m³]	Richtwerte Innenraumluf- Kommission UBA	
				RW I [µg/m³]	RW II [µg/m³]

Alkane und Cycloalkane

n-Hexan	110-54-3	3	8,0	--	--
n-Heptan	142-82-5	3	9,0	--	--
n-Octan	111-65-9	< 2	5,0	--	--
n-Decan	124-18-5	< 2	11,0	--	--
n-Undecan	1120-21-4	< 2	14,0	--	--
n-Dodecan	112-40-3	2	9,0	--	--
n-Tridecan	629-50-5	< 2	5,0	--	--
n-Tetradecan	629-59-4	< 50*	4,0	--	--
n-Pentadecan	629-62-9	< 50*	3,0	--	--
n-Hexadecan	544-76-3	< 50*	2,0	--	--
2-Methylpentan	107-83-5	< 2	7,0	--	--
3-Methylpentan	96-14-0	< 2	4,0	--	--
1-Octen	111-66-0	< 2	< 2	--	--
Methylcyclopentan	96-37-7	< 2	3,0	--	--
Methylcyclohexan	108-87-2	< 2	4,0	--	--



Detektierte Substanzen	CAS-Nr.	Kiga Rappelkiste Pavillon Flur Tgb-Nr. 80678 [µg/m³]	Auffälligkeitswerte AGÖF (90% Perz.) [µg/m³]	Richtwerte Innenraumluft- Kommission UBA	
				RW I [µg/m³]	RW II [µg/m³]

Alkohole

2-Propanol	67-63-0	10	91,4	--	--
1-Butanol	71-36-3	11	35,0	--	--
2-Ethyl-1-hexanol	104-76-7	< 2	13,0	100	1000

Aromatische Kohlenwasserstoffe

Benzol	71-43-2	< 2	3,0	BImSchV Außenluft- Grenzwert: 5 µg/m³	
Toluol	108-88-3	5	30,0	300	3000
Ethylbenzol	100-41-4	< 2	10,0	200	2000
m/p-Xylol	1330-20-7	2	29,0	--	--
o-Xylol	95-47-6	< 2	9,0	--	--
n-Propylbenzol	103-65-1	< 2	2,1	--	--
1,2,4-Trimethylbenzol	95-63-6	< 2	10,9	--	--
1,3,5-Trimethylbenzol	108-67-8	< 2	3,0	--	--
1,2,3-Trimethylbenzol	526-73-8	< 2	2,6	--	--
Styrol	100-42-5	< 2	12,0	30	300
Naphthalin	91-20-3	< 2	1,2	10	30
4-Phenylcyclohexen	4964-16-5	< 50*	< 1	--	--



Detektierte Substanzen	CAS-Nr.	Kiga Rappelkiste Pavillon Flur Tgb-Nr. 80678 [µg/m³]	Auffälligkeits- werte AGÖF (90% Perz.) [µg/m³]	Richtwerte Innenraumluf- t-Kommission UBA	
				RW I [µg/m³]	RW I [µg/m³]

Glykole/Glykoether

2-Methoxyethanol	109-86-4	< 2	< 5	20	200
2-Ethoxyethanol	110-80-5	5	< 2,5	100	1000
2-Butoxyethanol	111-76-2	42	13,4	100	1000
1-Methoxy-2-propanol	107-98-2	90	14,0	1000	10.000
2-Butoxyethoxyethanol	112-34-5	< 10*	8,0	400	1000
2-Phenoxyethanol	122-99-6	< 10*	5,0	--	--

Ester

Ethylacetat	141-78-6	< 2	22,9	--	--
Butylacetat	123-86-4	3	26,6	--	--
Isopropylacetat	108-21-4	< 2	< 1,5	--	--
Methoxypropylacetat	108-65-6	< 2	7,8	--	--
Dimethylphthalat	131-11-3	< 50*	< 2	--	--
Texanol	25265-77-4	< 150*	2,0	--	--
TXIB (Texanolisobutyrat)	6846-50-0	< 150*	3,0	--	--

Ketone

Methylethylketon	78-93-3	8	33,4	--	--
Methylisobutylketon	108-10-1	< 2	4,0	100	1000
Cyclohexanon	108-94-1	< 2	5,0	--	--
Acetophenon	98-86-2	< 2	4,0	--	--



Detektierte Substanzen	CAS-Nr.	Kiga Rappelkiste Pavillon Flur Tgb-Nr. 80678 [µg/m³]	Auffälligkeitswerte AGÖF (90% Perz.) [µg/m³]	Richtwerte Innenraumluft- Kommission UBA	
				RW I [µg/m³]	RW II [µg/m³]

Aldehyde

Butanal	123-72-8	< 5	10,0	--	--
Pentanal	110-62-6	46	20,3	--	--
Hexanal	66-25-1	76	55,0	--	--
Nonanal	124-19-6	55	19,0	--	--
Benzaldehyd	100-52-7	5	15,0	20	200

Terpene

3-Caren	13466-78-9	4	25,9	--	--
alpha-Pinen	80-56-8	14	68,0	200	2.000
beta-Pinen	127-91-3	2	8,7		
Limonen	138-86-3	10	23	1.000	10.000

Andere Substanzen

2-Pentylfuran	3777-69-3	< 2	2,0	--	--
Benzothiazol	95-16-9	< 2	1,0	--	--

Hintergrundwerte: AGÖF: Orientierungswerte für flüchtige organische Verbindungen in der Raumluft (Fassung 28.11.2013)
 Auffälligkeitwert 90% Perzentil, AGÖF/Geruch = Auffälligkeitwert wegen niedriger Geruchsschwelle
 RW I und RW II = Richtwerte der Innenraumluftkommission des Umweltbundesamtes

*= Aufgrund einer Gerätestörung konnte der Messlauf nicht bis zum Ende hin ausgewertet werden. Die schwererflüchtigen Substanzen im Bereich von C14 bis C16 konnten lediglich über das mit dem geringeren Luftvolumen beaufschlagten Sammelröhrchen mit entsprechend schlechterer Bestimmungsgrenze ausgewertet werden.



WEITERE IDENTIFIZIERTE SUBSTANZEN

Gemäß DIN EN ISO 16000-6 Abschnitt 12.1 werden die identifizierten Verbindungen über ihren jeweiligen Responsefaktor anhand der entsprechenden Standardverbindungen quantifiziert. (Tabelle 6.1 – Quantifizierte Substanzen). Stehen die jeweiligen Verbindungen nicht als Standard zur Verfügung oder ist die Identifizierung nicht eindeutig möglich, erfolgt die Quantifizierung als Toluol-Äquivalent ggf. mit Hinweis auf die entsprechende Verbindung.

In folgender Tabelle sind zusätzliche in der Luftprobe identifizierten Substanzen bzw. nicht eindeutig identifizierbare Substanzen als Toluol-Äquivalent aufgelistet.

Detektierte Substanzen [Ⓞ]	Kiga Rappelkiste Pavillon Flur Tgb-Nr. 80678 [µg/m ³]	Auffälligkeits- werte AGÖF (90% Perz.) [µg/m ³]	Richtwerte Innenraumluf- Kommission UBA	
			RW I [µg/m ³]	RW II [µg/m ³]
Ethanol	11	--	--	--
Aceton	13	161	--	--
n-Pentan	3	--	--	--
Essigsäure	20	88	--	--
Heptanal	8	6,7	--	--
Octanal	7	8	--	--
Hinweis auf ein Siloxan	44	--	--	--

[Ⓞ] Substanzen quantifiziert als Toluol-Äquivalent



GESAMTE FLÜCHTIGE ORGANISCHE VERBINDUNGEN (TVOC)

Gemäß DIN ISO 16000-6 (November 2012) Abschnitt 3.4 Summe flüchtiger organischer Verbindungen, die auf Tenax TA® gesammelt und zwischen und einschließlich n-Hexan und n-Hexadecan eluiert werden. Die Verbindungen wurden mit dem Massenspektrometer als Detektor (TVOC_{MS}) nachgewiesen. Die Angaben der Messergebnisse erfolgen als Toluol-Äquivalente, in dem die Gesamtfläche des Chromatogramms auf das analytische Fenster des Toluols bezogen wird.

Bewertung erfolgt gemäß Beurteilung von Innenraumluftkontaminationen mittels Referenz- und Richtwerten (TVOC-Konzept) Bekanntmachungen des Umweltbundesamtes, Bundesgesundheitsblatt 7/2007.

Detektierte Substanzen	Dim.	Kiga Rappelkiste Pavillon Flur Tgb-Nr. 80678	Stufe 1	Stufe 2
		[µg/m ³]	Hygienisch unbedenklich Zielwert	noch unbedenklich erhöhter Lüftungsbedarf
VVOC _{MS} (< C6)	[µg/m ³]	98	--	--
TVOC _{MS} (C6-C16)	[µg/m ³]	-- (TVOC _{MS} (C6-C13): 364)*	< 300	300 bis 1.000
SVOC _{MS} (> C16)	[µg/m ³]	--	--	--

VVOC = sehr flüchtige organische Verbindungen, Siedepunkt unterhalb 50°C
 TVOC = flüchtige organische Verbindungen, Siedepunkt 50°C-260°C
 SVOC = schwerflüchtige organische Verbindungen, Siedepunkt oberhalb 260°C

Übersicht der einzelnen Bewertungs-Stufen gemäß Bewertungsgrundlagen für TVOC; Bekanntmachungen des Umweltbundesamtes, Bundesgesundheitsblatt 7/2007:

Detektierte Substanzen	Dim.	Stufe 1	Stufe 2	Stufe 3	Stufe 4
		Hygienisch unbedenklich Zielwert	noch unbedenklich erhöhter Lüftungsbedarf	Hygienisch auffällig	Hygienisch bedenklich
TVOC _{MS} (C6-C16)	[µg/m ³]	< 300	300 bis 1.000	> 1.000 bis 3.000	> 3.000 bis 10.000



4.2 MESSERGEBNISSE MVOC

Detektierte Substanzen	Kiga Rappelkiste Pavillon Flur Tgb-Nr. 80680
------------------------	----------------------------------------------------

Hauptindikatoren

Dimethyldisulfid	0,12
3-Methylbutanol	0,076
1-Octen-3-ol	0,42
3-Octanon	< 0,2
3-Methylfuran	0,15
Summe Hauptindikatoren	0,766

weitere relevante MVOC's

Dimethylsulfid	0,084
Geosmin	< 0,05
Myrcen	0,31
Farnesen	< 0,1
1-Butanol	6,9
2-Pentanol	< 0,2
2-Methylbutanol	< 0,05
2-Heptanon	2,1
2-Methylfuran	0,24
2-Pentylfuran	2,1
2,5-Dimethylfuran	< 0,1
Summe weiterer MVOC	11,7

Summe MVOC ges.	12,5
------------------------	-------------

Bewertung	<p>> 0,10 µg/m³ bei mindestens einem Hauptindikator und Summenkonzentration > 1,0 µg/m³:</p> <p>Ein mikrobieller Befall muss vorhanden sein!</p>
------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------



4.3 MESSERGEBNISSE FORMALDEHYD

Detektierte Substanzen	Kiga Rappelkiste Pavillon Flur Tgb-Nr. 80677	BGA-Richtwert	WHO-Wert
Formaldehyd	82 µg/m³ (0,07 ppm)	124 µg/m ³ (0,1 ppm)	< 60 µg/m ³ (<0,05 ppm)



4.4 MESSERGEBNISSE SCHIMMELPILZE

Species -- = nicht nachweisbar ($< 5 \text{ KBE/m}^3$)	Tgb-Nr. 80 679	
	Kiga Rappelkiste Pavillon Flur [KBE/m ³]	Außenluft [KBE/m ³]
Alternaria spp.	--	--
Cladosporium spp.	40	90
Aspergillus flavus	--	--
Aspergillus fumigatus	--	10
Aspergillus nidulans	--	--
Aspergillus niger	--	--
Aspergillus ochraceus	--	--
Aspergillus penicillioides	--	--
Aspergillus restrictus	--	--
Aspergillus sydowii	--	--
Aspergillus versicolor	110	--
Aspergillus ustus	--	--
Aspergillus spp.	--	--
Eurotium amstelodami	--	--
Eurotium herbariorum	--	--
Eurotium spp.	--	15
Penicillium brevicompactum	--	--
Penicillium chrysogenum	--	--
Penicillium expansum	--	--
Penicillium olsonii	--	--
Penicillium glabrum	--	--
Penicillium spp.	20	30
Mucor spp.	--	--
Rhizopus spp.	--	--
andere Zygomyceten	--	--
Acremonium spp.	--	--
Aureobasidium spp.	--	--
Botrytis spp.	--	--
Chaetomium spp.	--	--
Engyodontium spp.	--	--
Epicocumm nigrum	--	--
Fusarium spp.	--	--
Paecilomyces spp.	--	--
Phialophora spp.	--	--
Scopulariopsis spp.	--	--
Stachybotrys chartarum	--	--
Tritirachium album	--	--
Trichoderma spp.	--	--
Wallemia spp.	10	--
Andere Species	--	--
Sterile Mycelien	10	100
Gesamt-KBE-Schimmel	190	245

KBE = Keimbildende Einheiten

(TgbNr. 80677 - 80680 / Seite 15 von 23)



Dr. rer. nat. Klaus-Peter Lörcher, Diplom-Chemiker
 von der IHK Region Stuttgart öffentlich bestellter und
 vereidigter Sachverständiger für analytische Chemie,
 Wasser-, Abwasser- und Abfallchemie

71636 Ludwigsburg
 Martin-Luther-Straße 26
 Tel. 07141 / 975 70-0
 Fax. 07141 / 975 70-70

Laborzweigstelle:
 74074 Heilbronn
 Charlottenstraße 10
 Tel. 07131/25 64 00

Zugel. Untersuchungsstelle
 nach §19 TrinkwVerordnung
 mail@Loercher.de
 www.Loercher.de

5. BEWERTUNG

5.1 BEWERTUNG VOC

Während für den Außenluftbereich sowie für die Luft am Arbeitsplatz Grenzwerte für einzelne chemische Luftschadstoffe festgelegt sind, existieren für die Innenraumlufte von Wohnräumen, Fahrzeugen, Büroräumen, Schulen etc. nur für wenige ausgewählte Verbindungen umfassende Vorgaben in Form von Richtwerten.

Diese Richtwerte werden von einer „Ad-hoc-Arbeitsgruppe“ aus Mitgliedern der Innenraumlufthygiene-Kommission (IRK) beim Umweltbundesamt sowie der Arbeitsgemeinschaft der Obersten Landesgesundheitsbehörden (AOLG) erarbeitet. Es gibt zwei Richtwert-Kategorien:

Richtwert II (RW II) ist ein wirkungsbezogener Wert, der sich auf die gegenwärtigen toxikologischen und epidemiologischen Kenntnisse zur Wirkungsschwelle eines Stoffes unter Einführung von Unsicherheitsfaktoren stützt. Er stellt die Konzentration eines Stoffes dar, bei deren Erreichen beziehungsweise Überschreiten unverzüglich zu handeln ist. Diese höhere Konzentration kann, besonders für empfindliche Personen bei Daueraufenthalt in den Räumen, eine gesundheitliche Gefährdung sein.

Richtwert I (RW I) beschreibt die Konzentration eines Stoffes in der Innenraumlufte, bei der bei einer Einzelstoffbetrachtung nach gegenwärtigem Erkenntnisstand auch dann keine gesundheitliche Beeinträchtigung zu erwarten ist, wenn ein Mensch diesem Stoff lebenslang ausgesetzt ist. Aus Gründen der Vorsorge sollte auch im Konzentrationsbereich zwischen Richtwert I und II gehandelt werden, sei es durch technische und bauliche Maßnahmen am Gebäude oder durch verändertes Nutzerverhalten. RW I kann als Zielwert bei der Sanierung dienen. Die Richtwerte beziehen sich auf Einzelstoffe und beinhalten keine Aussage über mögliche Kombinationswirkungen verschiedener Substanzen.

Da für die Mehrzahl der in Innenräumen vorliegenden Stoffe keine Richtwerte festgelegt wurden, müssen zur Bewertung Ergebnisse aus der statistischen Auswertung von Reihenuntersuchungen in Haushalten und/oder Büroräumen bzw. Schulen herangezogen werden.

Hier sind unter anderem das Umwelt Survey des damaligen Bundesgesundheitsamtes (BGA) aus den Jahren 1985/86, in dem 479 zufällig ausgewählte Wohnungen in der Bundesrepublik (BRD) auf VOC-Belastungen untersucht wurden oder Veröffentlichungen der Arbeitsgemeinschaft ökologischer Forschungsinstitute (AGÖF) zu nennen.

Eine gesundheitliche Beurteilung lässt sich aufgrund der Einhaltung oder Überschreitung von Hintergrundwerten nicht vornehmen, da diese Werte nicht toxikologisch begründet sind, sondern lediglich eine Aussage über die übliche Hintergrundbelastung zulassen bzw. auf eine Emissionsquelle für die jeweiligen Stoffe im Raum hindeuten.

Neben dem Vergleich mit statistisch abgesicherten Vergleichswerten kann die Luftqualität in Innenräumen auch über das sog. TVOC-Konzept beurteilt werden.



Als VOC (Volatile Organic Compounds) werden leichtflüchtige organische Verbindungen mit Siedepunkten zwischen 50°C und 260°C bezeichnet. TVOC (Total Volatile Organic Compounds) bezeichnet die Summe dieser Verbindungen.

TVOC-Werte unter 300 µg/m³ gelten nach diesem Konzept als hygienisch unbedenklich und werden als Zielwerte in Innenräumen angestrebt. Zwischen 300 µg/m³ und 1000 µg/m³ gilt die Luftqualität noch als hygienisch unbedenklich, es besteht jedoch erhöhter Lüftungsbedarf. Ab Werten > 1000 µg/m³ werden weitere Handlungsmaßnahmen erforderlich.

Die Werte für die Summe der VOCs (TVOC) sind ebenfalls nicht toxikologisch abgeleitet, sondern können zur Charakterisierung der Exposition und zur Quellensuche sowie als Screening-Parameter für eine mögliche sensorische Auffälligkeit benutzt werden.

Aufgrund einer technischen Störung bei der Messung konnte die Auswertung der TVOC's nur ein eingeschränkter Bereich von C6 bis C13 statt bis C16 ausgewertet werden. Hinsichtlich der Summenkonzentration ergibt sich so ein Wert von 364 µg/m³ und somit die Stufe 2 mit der Bewertung „hygienisch noch unbedenklich mit erhöhtem Lüftungsbedarf“. Hinsichtlich der Einzelstoffe ergeben sich deutliche Auffälligkeiten bei den Aldehyden und der Gruppe der Glykole/Glykoether. Diese Substanzen werden in Farben, Lacken, Wasch- und Reinigungsmitteln bzw. auch als Duftstoffe eingesetzt und sind vermutlich auf die neue Möblierung und Renovierung zurückzuführen.

Richtwerte I oder II der Innenraumluftkommission wurden bei keiner der untersuchten Einzelsubstanzen überschritten.

5.2 BEWERTUNG MVOC

Die Bewertung erfolgt nach „Tabelle 6 – Bewertungsschema zur Interpretation von MVOC-Messung“ aus dem Leitfaden „Schimmelpilze in Innenräumen“ des Landesgesundheitsamtes Baden-Württemberg. Hierbei wird der Konzentrationsbereich nach den Hauptindikatoren und der Summenkonzentration aller MVOC's bewertet.

In der untersuchten Probe im Flur des Pavillons lagt die Summe der Hauptindikatoren bei 0,766 µg/m³, wobei drei der als Hauptindikator zählenden Substanzen über dem Auffälligkeitswert von > 0,1 µg/m³ lagen und die Summe weiterer relevanter MVOC's bei 11,7 µg/m³, somit ergibt sich nach dem o.g. Bewertungsschema, dass ein mikrobieller Befall im Gebäude vorhanden sein muss.



5.3 BEWERTUNG FORMALDEHYD

Formaldehyd ist ein farbloses Reizgas, das schon in sehr geringen Konzentrationen zu Gesundheitsbeeinträchtigungen führen kann.

Für hohe Raumluftkonzentrationen kommen unterschiedliche Quellen in Innenräumen in Betracht. Bei Verbrennungsvorgängen wie Tabakrauchen, Gasherden und Ethanolöfen entstehen große Mengen an Formaldehyd, Spanplatten und andere Holzwerkstoffe, Desinfektionsmittel sowie in seltenen Fällen Kunststoffschäume und Teppiche können ebenfalls Formaldehyd abgeben. Holz selbst gibt bei Raumtemperatur nur vernachlässigbar geringe Mengen an Formaldehyd ab.

Moderne Holzwerkstoffe können heute unbedenklich eingesetzt werden. Laufende Materialuntersuchungen haben gezeigt, dass sich die Situation bei diesen Materialien seit Einführung der Formaldehydverordnung 1990 stark verbessert hat. Alte Spanplatten emittieren mitunter, entgegen weitverbreiteter Ansicht, auch heute noch größere Mengen an Formaldehyd. Importe von Holzwerkstoffen aus bestimmten Ländern stellten früher ein ungelöstes Problem dar. Es waren dabei vor allem Sperrholz, Fertigparkettböden und schichtverleimte Platten betroffen.

Erhöhte Formaldehydkonzentrationen verursachen bei empfindlichen Menschen Bindehautreizungen, Schwellungen der Schleimhäute und Kopfschmerzen. Formaldehyd wirkt sich verstärkend auf asthmatische Symptome aus. Inhalativ aufgenommen, das heißt eingeatmet, hat Formaldehyd mit großer Wahrscheinlichkeit allergisierendes Potential. Die Substanz wird von der WHO als krebserzeugend eingestuft, dies allerdings nur in höheren Konzentrationen, als üblicherweise in Innenräumen gemessen werden

Quelle: raumluft.org

Der Orientierungswert des Bundesgesundheitsamtes für Formaldehyd, bei dem bei empfindlichen Personen bereits Schleimhautreizungen in Augen und Nase auftreten können, liegt bei $124 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (0,1 ppm). Der WHO-Vorsorgewert liegt bei $< 60 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (0,05 ppm).

Der Gehalte an Formaldehyd in der Raumluft im Flur des Pavillon liegt mit $82 \mu\text{g}/\text{m}^3$ unter dem Orientierungswert des Bundesgesundheitsamtes aber der WHO-Vorsorgewert von $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ist deutlich überschritten.



4.4 BEWERTUNG SCHIMMELPILZE

Schimmelpilze kommen in der Umwelt des Menschen in über 100.000 Arten weit verbreitet vor. Sie haben in der Natur die Aufgabe, organische Substanz abzubauen und den Pflanzen als Nährstoffquelle zugänglich zu machen. Der Mensch ist deshalb an ein Vorkommen von Schimmelpilzen in seiner Umgebung angepasst und weist eine hohe natürliche Resistenz auf. Er reagiert folglich nur selten mit Krankheitssymptomen auf eine Schimmelpilzexposition.

Klinisch relevante Infektionen auf inhalativem Wege sind bei bestimmten Arten denkbar, wenn sich die Schimmelpilzexposition quantitativ oder qualitativ stark von der Hintergrundexposition unterscheidet oder der Mensch in seiner Abwehrfähigkeit stark geschwächt ist. Allergische Reaktionen auf Schimmelpilze sind auch bei Hintergrundexposition und grundsätzlich für alle Arten von Schimmelpilzen möglich.

Einige Schimmelpilzarten sind in der Lage Giftstoffe (Mykotoxine) zu bilden, die bei Aufnahme zu gesundheitlichen Problemen führen können. Die Ausprägung der toxischen und allergenen Wirkungen ist sehr stark von der Art der Schimmelpilze und von der aufgenommenen Gesamtmenge abhängig.

Daneben können durch die Freisetzung von Stoffwechselprodukten der Pilze in bestimmten Wachstumsstadien unangenehme Gerüche in Innenräumen auftreten, die zu starken Beeinträchtigungen für die Nutzer führen können.

Aufgrund der dicken Zellwände aus Chitin sind Schimmelpilzsporen sehr widerstandsfähig gegen Austrocknung. In diese Zellwände sind bei vielen Schimmelpilzarten Melanine eingelagert, die die Sporen vor Schäden durch UV-Licht schützen.

Daher können Schimmelpilzsporen lange Trockenheit überdauern und über große Distanzen durch die Luft verbreitet werden. Außerdem sind einige Schimmelpilzsporen sehr hitzeresistent.

Aus den ubiquitär vorhandenen Sporen entwickelt sich immer dann ein Schimmelpilzmycel, wenn geeignete Nährstoffe und genügend Feuchtigkeit zur Verfügung stehen, z.B. wenn bauliche Wasserschäden nicht sofort und intensiv getrocknet werden.

Da Schimmelpilze sehr viele organische Stoffe verstoffwechseln können, genügen als Nährstoffquelle z.B. Tapeten, Gipskarton oder Staubablagerungen auf Beton.

Es gibt zurzeit in Deutschland noch keine verbindlichen Bewertungskriterien für eine Schimmelpilzbelastung im Innenraum. Zur Bewertung wird deshalb der Vergleich der Gesamtzahl der kultivierbaren Schimmelpilzsporen sowie die Artenverteilung in einer zeitgleich entnommenen Außenluftprobe auf Grundlage von Leitfäden des Umweltbundesamtes sowie des Landesgesundheitsamtes Baden-Württemberg herangezogen.



Wissenschaftlich abgesicherte Aussagen über eine Dosis-Wirkungsbeziehung zwischen der Schimmelpilzexposition in Innenräumen und gesundheitlichen Beschwerden sind zurzeit noch nicht möglich. Aus einer gemessenen Schimmelpilzkonzentration kann deshalb auch nicht unmittelbar auf gesundheitliche Wirkungen geschlossen werden.

Die Zahl der an der Innenraum-Messstelle pro m³ festgestellten flugfähigen, kultivierbaren Schimmelpilzsporen verschiedener Gattungen und Arten liegt in der Summe in der gleichen Größenordnung wie die parallel dazu gemessene Zahl der in einem m³ Außenluft vorhandenen flugfähigen, kultivierbaren Schimmelpilzsporen verschiedener Gattungen und Arten.

Das Spektrum der an der Innenraum-Messstelle festgestellten Schimmelpilz-Gattungen ähnelt dem jahreszeitlich typischen Spektrum der an der Außenluft festgestellten Schimmelpilze (insbesondere mit den für die Außenluft typischen Pilzen der Gattung *Cladosporium* sowie sterilen Myzelien), was mit dem Einfluss der Außenluft auf die Innenluft durch Luftaustausch (z.B. Lüften, Undichtigkeiten der Fenster sowie) sowie durch Eintrag von flugfähigen Sporen beim Betreten der Räume zu erklären und unauffällig ist.

Auffällig ist jedoch die an der Innenraum-Messstelle festgestellte Belastung mit der als Feuchteindikator bekannten Schimmelpilz-Art *Aspergillus versicolor*, die in der Außenluft nicht nachgewiesen wurde, in einer Größenordnung ($\Delta IL - AL > 100 \text{ KBE/m}^3 \text{ Luft}$), die auf Grundlage der im Anhang des o.g. "Schimmelpilzsanierungs-Leitfadens" veröffentlichten Bewertungshilfe in die Kategorie "Innenraumquelle wahrscheinlich" einzustufen und somit als Hinweis auf einen im Bereich der hier untersuchten Messstelle vorliegenden Nässeschaden zu interpretieren ist.



5. ZUSAMMENFASSUNG DER UNTERSUCHUNGSERGEBNISSE

Detektierte Substanzklassen	Dim.	Pavillon Flur	Bewertung
TVOC _{MS} (C6-C16)	µg/m ³	-- (TVOC _{MS} (C6-C13): 364)*	Noch unbedenklich, erhöhter Lüftungsbedarf Aldehyde und Glykole/Glykoether auffällig
(Hauptkomponenten) MVOC	µg/m ³	0,766	Ein mikrobieller Befall muss vorhanden sein!
(Summe incl. weiterer relevanter MVOC's)	µg/m ³	12,5	
Formaldehyd	µg/m ³	82 µg/m³ (0,07 ppm)	BGA-Richtwert eingehalten WHO-Wert überschritten
Schimmelpilze	KBE/m ³	110 KBE/m³ Aspergillus versicolor	Innenraumquelle wahrscheinlich



Wie aus der Tabelle zu entnehmen ist, bestätigen die Messergebnisse den Verdacht eines Schimmelbefalles im Kindergarten.

Sowohl die festgestellte Belastung der Innenraumlufte mit 110 KBE/m³ der Schimmelpilzes der Gattung *Aspergillus versicolor* als auch mehrere deutlich nachweisbare Hauptkomponenten der MVOC's sowie deren Summenkonzentration belegen dies eindeutig.

Hinsichtlich der auffälligen Werte bei den Aldehyden bzw. Glykolen/Glykolethern ist davon aufzugehen, dass diese aus Lösungsmitteln, Lacken und Farben von der Renovierung bzw. den neuen Möbeln kommen oder auch durch Reinigungsmitteln in die Räume gelangen. Richtwerte I und II der Innenraumluftekommission wurden nicht überschritten.

Der Gehalt an Formaldehyd ist mit 82 µg/m³ relativ hoch, wobei der BGA-Richtwert eingehalten, die WHO-Empfehlung hingegen überschritten ist.

Auffällig waren schwarze Beläge an den Innenseiten der Rollläden sowie eine offensichtliche defekte Dachentwässerung auf der Nordseite des Gebäudes.

Ein Wassereintritt über das Dach könnte die erhöhten Werte in der Innenraumlufte und den muffigen Geruch erklären.

Ebenso könnte hier verbautes und bei der Renovierung nicht ersetztes Spanplattenmaterial eine zusätzliche Quelle für Formaldehyd darstellen.

Wir empfehlen hier eine Öffnung und Sichtung des Dachaufbaues incl. der Rollläden durch eine entsprechende Fachfirma und ggf. weiter Messungen in diesen Bereichen.

Anmerkung: Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die untersuchten Proben.

Der Bericht darf ohne schriftliche Genehmigung des Prüflabors nicht auszugsweise vervielfältigt werden. Alle für die Innenraumlufte angegebenen Messwerte beziehen sich auf die zum Zeitpunkt der Probenahme herrschenden Raumklimabedingungen. Eine Einzelmessung stellt lediglich eine Stichprobenmessung dar, deren Konzentration unter Umständen sehr stark von den Gegebenheiten unter anderen Bedingungen abweichen kann.

Ludwigsburg, den

Dr. Klaus-Peter Lörcher
(Institutsleiter)



6. LITERATURVERZEICHNIS

- DIN ISO 16000-6
Innenraumluchtverunreinigungen - Teil 6: Bestimmung von VOC in der Innenraumlucht und in Prüfkammern, Probenahme auf TENAX TA®, thermische Desorption und Gaschromatographie mit MS/FID (ISO 16000- 6:2011)
- Richtwerte für gesättigte acyclische aliphatische C4- bis C11-Aldehyde in der Innenraumlucht
Bundesgesundheitsbl 2009, 52, Seite 650–659
- Richtwerte für die Innenraumlucht: Bicyclische Terpene (Leitsubstanz α -Pinen)
Bundesgesundheitsblatt-Gesundheitsforschung-Gesundheitsschutz 46 (2003) S. 346-352
- Richtwerte für die Innenraumlucht: Toluol, Bundesgesundheitsblatt 39 (1996) S. 416-421
- Bewertung der Luftqualität in Innenräumen, Bekanntmachungen des BGA,
Bundesgesundheitsblatt 3/93 Beurteilung von Innenraumluftkontaminationen mittels Referenz- und Richtwerten (TVOC-Konzept)
- Richtwerte für die Innenraumlucht. Die Beurteilung der Innenraumluchtqualität mit Hilfe der Summen der flüchtigen organischen Verbindungen (TVOC-Werte).
Bundesgesundheitsblatt- Gesundheitsforschung-Gesundheitsschutz 3:270-278
Empfehlung zur Anwendung und Präzisierung des TVOC-Konzeptes
Bekanntmachungen des Umweltbundesamtes, Bundesgesundheitsblatt 7/2007
- Handreichung der Ad-hoc-Arbeitsgruppe der Innenraumlufthygiene-Kommission des Umweltbundesamtes und der obersten Landesbehörden zur Beurteilung von Innenraumluftkontaminationen mittels Referenz- und Richtwerten
- AGÖF-Orientierungswerte für flüchtige organische Verbindungen in der Raumlucht
(Aktualisierte Fassung vom 28. November 2013)
- Ad-hoc-Arbeitsgruppe aus Mitgliedern der Innenraumlufthygiene-Kommission (IRK) des Umweltbundesamtes und des Ausschusses für Umwelthygiene der AGLMB.
- AGÖF-Orientierungswerte für mittel- und schwerflüchtige organische Verbindungen und Schwermetalle im Hausstaub (Fassung Frühjahr 2004)
- Leitfaden zur Ursachensuche und Sanierung bei Schimmelpilzwachstum in Innenräumen
(„Schimmelpilz-Sanierungsleitfaden“)
Innenraumlufthygienekommission des Umweltbundesamtes 2005
- Schimmelpilze in Innenräumen – Nachweis, Bewertung, Qualitätsmanagement
Landesgesundheitsamt Baden-Württemberg 14.12.2001 (überarbeitet Dezember 2004)
- ARGUK Umweltlabor GmbH, Oberursel
Fertighausgeruch durch Chloranisole in der Raumlucht älterer Fertighäuser (Sept. 2003)
- WKI Frauenhofeninstitut
Sanierung geruchsbelasteter Holzhäuser durch bauphysikalische und chemisch-physikalische Maßnahmen.



