

INNENRAUMLUFTGUTACHTEN

Kindergarten Rappelkiste Pavillon Gemeinde Berglen-Oppelsbohm



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

TAGEBUCH-NR. 80 831 - 80 837

Juni 2017

1. Ausfertigung von 2 Exemplaren



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

(TgbNr. 80831 - 80837 / Seite 1 von 23)

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

INHALTSVERZEICHNIS

1.	AUFGABENSTELLUNG.....	3
2.	ÖRTLICHE GEGEBENHEITEN	3
2.1	WETTERBEDINGUNGEN AN DEN PROBENAHMETAGEN	4
2.2	FOTODOKUMENTATION.....	4
2.3	ALLGEMEINE ANGABEN ZU DEN BEPROBTEN RÄUMEN	5
3.	ANGABEN ZUR ANALYSENTECHNIK	5
3.1	ANGABEN ZUR PROBENAHMETECHNIK 31.05.2017	6
3.2	ANGABEN ZUR PROBENAHMETECHNIK 01.06.2017	7
4.	MESSERGEBNISSE	7
4.1	MESSERGEBNISSE FORMALDEHYD.....	7
4.2	MESSERGEBNISSE VOC	8
4.3	MESSERGEBNISSE MVOC	14
4.4	MESSERGEBNISSE SCHIMMELPILZE.....	15
5.	BEWERTUNG.....	16
5.1	BEWERTUNG FORMALDEHYD.....	16
5.2	BEWERTUNG VOC	17
5.3	BEWERTUNG MVOC	19
5.4	BEWERTUNG SCHIMMELPILZE	19
6.	ZUSAMMENFASSUNG DER UNTERSUCHUNGSERGEBNISSE	21
6.	LITERATURVERZEICHNIS	23



1. AUFGABENSTELLUNG

Am 30.05.2017 erhielt das Institut Dr. Lörcher in Ludwigsburg durch Herrn Krejci, Technische Verwaltung Gemeinde Berglen, den Folgeauftrag, Raumlufproben im Pavillon des Kindergartens „Rappelkiste“ in Berglen-Oppelsbohm zu entnehmen und auf Formaldehyd, VOC (volatile organic compounds) MVOC (Microbial volatile organic compounds) und flugfähige, kultivierbare Schimmelpilzsporen zu untersuchen.

Ziel der Folgeuntersuchungen war es, die Quelle des muffigen Geruches im Kindergarten weiter einzugrenzen.

Die Probenentnahme erfolgte am Mittwoch, den 31.05.2017 in der Zeit von 15:00 – 17.00 Uhr und am Donnerstag, den 01.06.2017 in der Zeit von 15:00 – 16.00 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.

Im Februar 2017 wurden, wegen eines muffigen Geruches, Messungen der Raumluf vorgenommen. Die Ergebnisse belegen einen Schimmelbefall, sowie erhöhte Gehalte an verschiedenen VOC's, vor allem Aldehyde.

Die Kindergartennutzung wurde daraufhin eingestellt, sämtliche beweglichen Möbel entfernt und die mit einem schwarzen Belag auffälligen Rollläden demontiert und gereinigt.

Laut Herr Krejci führt eine Lüftungssituation bei der der Windfang nach außen geöffnet, die Kindergartenräume jedoch geschlossen sind, dazu, dass der muffige Geruch in den Kindergarten-Gruppenräumen selbst nicht mehr auffällig ist.

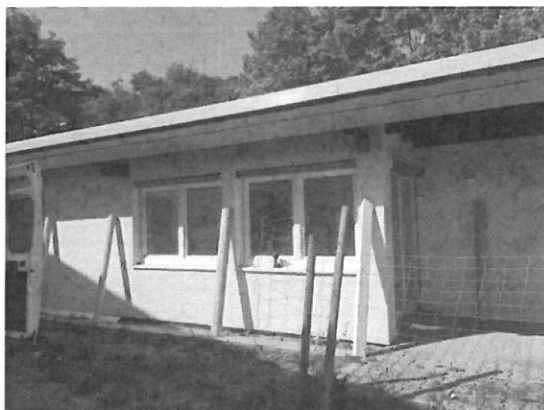
Aus diesem Grund sollte an zwei aufeinanderfolgenden Tage jeweils einmal MVOC und Schimmel im Kindergarten mit belüftetem Windfang unter Standardbedingungen als auch am Folgetag im Windfang unter Standardbedingungen gemessen werden. Zusätzlich erfolgt in den Kindergartenräumen eine Messung auf Formaldehyd und VOC um den Einfluss der Möbel bzw. das Abklingverhalten in der Raumluf nach den Renovierungsarbeiten einschätzen zu können. Sämtliche Türen innerhalb des Kindergartens waren währen der Gleichgewichtseinstellung und während der Messung geöffnet, im Putzraum befanden sich diverse Reinigungsmittel.



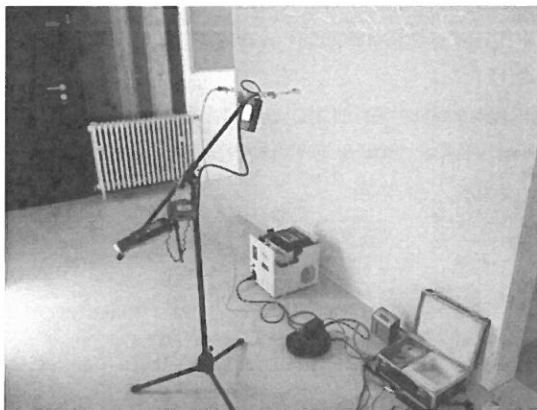
2.1 WETTERBEDINGUNGEN AN DEN PROBENAHMETAGEN

An beiden Probenahmetagen herrschte sommerliches Wetter mit Temperaturen von $\sim 25^\circ\text{C}$ und einer Luftfeuchtigkeit von 48 %rF am 31.05.2017 und $\sim 26^\circ\text{C}$ und 36%rF am 01.06.2017 bei leicht böigem Nordwestwind.

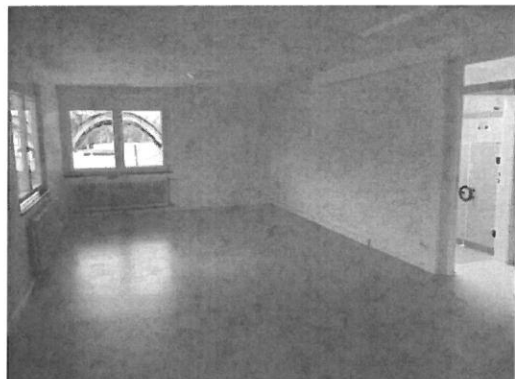
2.2 FOTODOKUMENTATION



Außenaufnahme Pavillon mit demontierten Rollläden



Raumluftmessung Flur Pavillon



Leere Gruppenräume



Putzraum



Luftmessung Windfang



Außenluftprobe



2.3 ALLGEMEINE ANGABEN ZU DEN BEPROBTEN RÄUMEN

	Flur Pavillon (31.05.2017)	Windfang Pavillon (01.06.2017)
Geruchlicher Eindruck	auffällig – typisch für neu renoviert	muffig
Mittlere Lufttemperatur:	23,6 °C	21,3 °C
Mittlere relative Luftfeuchte:	56 %rF	62 %rF

3. ANGABEN ZUR ANALYSENTECHNIK

Die Raumluftproben 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 Raumluft 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 Schimmelpilzisolats 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 31.05.2017

Raum	Kiga Rappelkiste Pavillon Flur Tgb-Nr. 80832	Kiga Rappelkiste Pavillon Flur Tgb-Nr. 80831	Kiga Rappelkiste Pavillon Flur Tgb-Nr. 80834
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 (geöffnete Türen innerhalb den Räumen des Kindergartens) Windfang nach außen hin belüftet		
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	15:18 – 16:08 Uhr	15:05 – 16:05 Uhr	15:11 – 15:51 Uhr
Probevolumen	4,97 L / 0,2 L	90,0 L	4,0 L

Raum	Kiga Rappelkiste Pavillon Flur Tgb-Nr. 80835	Außenluft Tgb-Nr. 80835
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	24,5°C
Pumpentyp	MAS 100 Eco [PN 24]	
Durchflussrate	100 L/min	
Probevolumen	100 L, 200 L	



3.2 ANGABEN ZUR PROBENAHMETECHNIK 01.06.2017

Raum	Kiga Rappelkiste Pavillon Windfang Tgb-Nr. 80836	Kiga Rappelkiste Pavillon Windfang Tgb-Nr. 80837	Außenluft Tgb-Nr. 80837
Parameter	MVOC	Kultivierbare Schimmelpilzsporen	
Probenahmetechnik	aktiv		
Adsorptionsmittel	TENAX	Malzextrakt-Agar/DG 18	
Platzierung des Probenahme- systems im beprobten Raum	Windfang		vor dem Eingang
Höhe über Fußboden ca.	~1,3 m		~1,5 m
Probenahmebedingungen	Standardbedingungen		26,5°C
Pumpentyp	Alpha 2 [OS13.5]	MAS 100 Eco [PN 24]	
Durchflussrate	0,1 L/min	100 L/min	
Probenvolumen	4,0 L	100 L, 200 L	

4. MESSERGEBNISSE**4.1 MESSERGEBNISSE FORMALDEHYD**

Detektierte Substanzen	Kiga Rappelkiste Pavillon Flur Tgb-Nr. 80831	BGA-Richtwert	WHO-Wert
Formaldehyd	180 µg/m ³ (0,15 ppm)	124 µg/m ³ (0,1 ppm)	< 60 µg/m ³ (<0,05 ppm)



4.2 MESSERGEBNISSE VOC

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

Detektierte Substanzen	CAS-Nr.	Kiga Rappelkiste Pavillon Flur Tgb-Nr. 80832 [µg/m³]	Auffälligkeits- werte AGÖF (90% Perz.) [µg/m³]	Richtwerte Innenraumluf- t-Kommission UBA	
				RW I [µg/m³]	RW II [µg/m³]

Alkane und Cycloalkane

n-Hexan	110-54-3	10	8,0	--	--
n-Heptan	142-82-5	5	9,0	--	--
n-Octan	111-65-9	29	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	< 2	4,0	--	--
n-Pentadecan	629-62-9	< 2	3,0	--	--
n-Hexadecan	544-76-3	< 2	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. 80832 [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	< 2	91,4	--	--
1-Butanol	71-36-3	< 2	35,0	--	--
2-Ethyl-1-hexanol	104-76-7	3	13,0	100	1000

Aromatische Kohlenwasserstoffe

Benzol	71-43-2	< 2	3,0	BlmSchV Außenluft- Grenzwert: 5 µg/m³	
Toluol	108-88-3	7	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	4994-16-5	< 2	< 1	--	--



Detektierte Substanzen	CAS-Nr.	Kiga Rappelkiste Pavillon Flur Tgb-Nr. 80832 [µg/m³]	Auffälligkeits- werte AGÖF (90% Perz.) [µg/m³]	Richtwerte Innenraumluf- t-Kommission UBA	
				RW I [µg/m³]	RW II [µg/m³]

Glykole/Glykolether

2-Methoxyethanol	109-86-4	< 2	< 5	20	200
2-Ethoxyethanol	110-80-5	< 5	< 2,5	100	1000
2-Butoxyethanol	111-76-2	< 10	13,4	100	1000
1-Methoxy-2-propanol	107-98-2	25	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	3	22,9	--	--
Butylacetat	123-86-4	< 2	26,6	--	--
Isopropylacetat	108-21-4	2	< 1,5	--	--
Methoxypropylacetat	108-65-6	< 2	7,8	--	--
Dimethylphthalat	131-11-3	< 2	< 2	--	--
Texanol	25265-77-4	< 5	2,0	--	--
TXIB (Texanolisobutytrat)	6846-50-0	< 5	3,0	--	--

Ketone

Methylethylketon	78-93-3	9	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. 80832 [µg/m³]	Auffälligkeits- werte AGÖF (90% Perz.) [µg/m³]	Richtwerte Innenraumluf- t-Kommission UBA	
				RW I [µg/m³]	RW II [µg/m³]

Aldehyde

Butanal	123-72-8	92	10,0	--	--
Pentanal	110-62-6	140	20,3	--	--
Hexanal	66-25-1	130	55,0	--	--
Nonanal	124-19-6	110	19,0	--	--
Benzaldehyd	100-52-7	8	15,0	20	200

Terpene

3-Caren	13466-78-9	3	25,9	--	--
alpha-Pinen	80-56-8	11	68,0	200	2.000
beta-Pinen	127-91-3	< 2	8,7		
Limonen	138-86-3	2	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 Innenraumlufthausmission des Umweltbundesamtes



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 ^①	Kiga Rappelkiste Pavillon Flur Tgb-Nr. 80832 [µg/m³]	Auffälligkeits- werte AGÖF (90% Perz.) [µg/m³]	Richtwerte Innenraumluf- t-Kommission UBA	
			RW I [µg/m³]	RW II [µg/m³]
Ethanol	3	--	--	--
Aceton	5	161	--	--
Essigsäure	13	88	--	--
3-Furaldehyd	3			
Hinweis auf ein verzweigtes Alkanal	10			
Heptansäure	4			
Cycloheptan	10			
2-Cyclohexen-1-ol	15			

^① 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. 80832 [µg/m³]	Stufe 1 Hygienisch unbedenklich Zielwert	Stufe 2 noch unbedenklich erhöhter Lüftungsbedarf
VVOC _{MS} (< C6)	[µg/m³]	32	--	--
TVOC _{MS} (C6-C16)	[µg/m³]	210	< 300	300 bis 1.000
SVOC _{MS} (> C16)	[µg/m³]	--	--	--

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 Hygienisch unbedenklich Zielwert	Stufe 2 noch unbedenklich erhöhter Lüftungsbedarf	Stufe 3 Hygienisch auffällig	Stufe 4 Hygienisch bedenklich
TVOC _{MS} (C6-C16)	[µg/m³]	< 300	300 bis 1.000	> 1.000 bis 3.000	> 3.000 bis 10.000



4.3 MESSERGEBNISSE MVOC

Detektierte Substanzen	Pavillon Flur Tgb-Nr. 80834 [µg/m³]	Pavillon Windfang Tgb-Nr. 80836 [µg/m³]
------------------------	---	---

Hauptindikatoren

Dimethyldisulfid	< 0,05	< 0,05
3-Methylbutanol	0,26	k.A.*
1-Octen-3-ol	< 0,7*	< 0,6*
3-Octanon	< 0,6*	< 0,5*
3-Methylfuran	0,22	0,44
Summe Hauptindikatoren	0,48	0,44

weitere relevante MVOC's

Dimethylsulfid	< 0,05	< 0,05
Geosmin	< 0,05	< 0,05
Myrcen	0,29	0,31
Farnesen	< 0,1	< 0,1
1-Butanol	25	k.A.*
2-Pentanol	k.A.*	k.A.*
2-Methylbutanol	0,21	k.A.*
2-Heptanon	4,2	3,2
2-Methylfuran	0,36	0,44
2-Pentylfuran	1,8	0,28
2,5-Dimethylfuran	0,37	0,5
Summe weiterer MVOC	32,2	4,7

Summe MVOC ges.	32,7	5,1
------------------------	-------------	------------

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

*=Aufgrund der Probenbeschaffenheit mussten teilweise die Bestimmungsgrenzen angepasst werden und einige Verbindungen konnten analytisch nicht ausgewertet werden



4.4 MESSERGEBNISSE SCHIMMELPILZE

Species -- = nicht nachweisbar ($< 5 \text{ KBE/m}^3$)	31.05.2017 - Tgb-Nr. 80 835		01.06.2017 - Tgb-Nr. 80 837	
	Flur [KBE/m ³]	Außenluft [KBE/m ³]	Windfang [KBE/m ³]	Außenluft [KBE/m ³]
Alternaria spp.	20	10	--	--
Cladosporium spp.	280	1700	660	1200
Aspergillus flavus	--	--	--	--
Aspergillus fumigatus	10	--	15	--
Aspergillus nidulans	--	--	--	--
Aspergillus niger	--	5	--	--
Aspergillus ochraceus	--	--	--	--
Aspergillus penicillioides	--	--	--	--
Aspergillus restrictus	--	--	--	--
Aspergillus sydowii	--	--	--	--
Aspergillus versicolor	--	--	--	--
Aspergillus ustus	--	--	--	--
Aspergillus spp.	10	--	--	--
Eurotium amstelodami	--	--	--	--
Eurotium herbariorum	--	--	--	--
Eurotium spp.	--	--	--	--
Penicillium brevicompactum	--	--	--	--
Penicillium chrysogenum	--	--	10	--
Penicillium expansum	--	--	--	--
Penicillium olsonii	--	--	--	--
Penicillium glabrum	--	--	--	--
Penicillium spp.	20	50	10	10
Mucor spp.	--	--	--	--
Rhizopus spp.	5	--	--	--
andere Zygomyceten	--	--	--	--
Acremonium spp.	--	--	--	--
Aureobasidium spp.	--	--	--	--
Botrytis spp.	5	--	20	--
Chaetomium spp.	--	--	--	--
Engyodontium spp.	--	--	--	--
Epicoccum nigrum	--	--	--	--
Fusarium spp.	--	30	20	30
Paecilomyces spp.	--	--	--	--
Phialophora spp.	--	--	--	--
Scopulariopsis spp.	--	--	--	--
Stachybotrys chartarum	--	--	--	--
Tritirachium album	--	--	--	--
Trichoderma spp.	--	--	--	--
Wallemia spp.	--	--	--	--
Andere Species	--	--	10	--
Sterile Mycelien	30	30	30	20
Gesamt-KBE-Schimmel	380	1825	775	1260

KBE = Keimbildende Einheiten

(TgbNr. 80831 - 80837 / Seite 15 von 23)



Dr. rer. nat. Klaus-Peter Lörcher, Diplom-Chemiker
von der IHK Region Stuttgart öffentlich bestellt 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 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, Formaldehyd hat 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 Gehalt an Formaldehyd in der Raumluft im Flur des Pavillon liegt mit $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$ auf einem hohen Niveau. Sowohl der WHO-Vorsorgewert von $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$ als auch der Orientierungswert des Bundesgesundheitsamtes sind deutlich überschritten.

Schon bei der ersten Messung am 21.02.2017 zeigte sich mit einem Gehalt von $82 \mu\text{g}/\text{m}^3$ hier eine Auffälligkeit, wobei das Gebäude über die Zentralheizung beheizt worden war. Vor der Beprobung am 31.05.2017 herrschte hingegen heißes Sommerwetter mit intensiver Sonneneinstrahlung auf Dach und Wände und die Beprobung erfolgte am Nachmittag nachdem die Gebäudesubstanz sicher aufgeheizt war.



5.2 BEWERTUNG VOC

Während für den Außenluftbereich sowie für die Luft am Arbeitsplatz Grenzwerte für einzelne chemische Luftschadstoffe festgelegt sind, existieren für die Innenraumluft 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 Innenraumluftthygiene-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 Innenraumluft, 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.

Die Summenkonzentration an VOCs lag mit 210 µg/m³* unter dem Zielwert von 300 µg/m³ und somit im hygienisch unbedenklichen Bereich jedoch wurden auffällig hohe Gehalte an Aldehyden nachgewiesen. Die Gehalte von Butanal (92 µg/m³), Pentanal (140 µg/m³), Hexanal (130 µg/m³) und Nonanal (110 µg/m³) lagen deutlich oberhalb der Auffälligkeitswerte.

Für die Summe Aldehyde der Kettenlänge C4 –C11 wurde von der Arbeitsgruppe der Innenraumluftkommission ein Richtwert I von 100 µg/m³ und ein Richtwert II von 2000 µg/m³ festgelegt.

Summiert man die im Rahmen der VOC-Analytik bestimmten vier Aldehyde ergibt sich eine Summe von 472* µg/m³ und somit ist der Richtwert I hiermit schon deutlich überschritten.

Ebenso wie beim Formaldehyd waren die Aldehyde auch schon bei der ersten Messung auffällig und liegen nun, vermutlich durch die hohen Temperaturen in der Bausubstanz, auf einem deutlich höheren Niveau.

*Die Auswertung der TVOC erfolgt über Toluoläquivalente und nicht über die Quantifizierung mittels Reinsubstanzstandards, die Aldehyde fallen aus diesem Grund bei der TVOC-Bewertung weniger stark ins Gewicht bzw. ist deshalb eine rechnerische Aufsummierung der Einzelwerte so nicht möglich.



5.3 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.

Durch starke Überlagerungen durch andere Substanzen (hohe Gehalte an Aldehyden) waren nicht alle Hauptindikatoren und weitere relevante MVOC's analytisch auswertbar jedoch ergibt sich bei beiden Proben nach dem o.g. Bewertungsschema, dass ein Schimmelpilzbefall vorhanden sein muss.

5.4 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 Gesamtzahl der an beiden Innenraum-Messstellen pro m³ Luft festgestellten flugfähigen, kultivierbaren Schimmelpilzsporen verschiedener Gattungen und Arten liegt deutlich niedriger als die parallel dazu gemessene Zahl flugfähigen, kultivierbaren Schimmelpilzsporen in den jeweiligen Außenluftproben.

Das Spektrum der an den Innenraum-Messstellen festgestellten Schimmelpilz-Gattungen und Arten ähnelt dem jahreszeitlich typischen Spektrum der an der Außenluft festgestellten Schimmelpilze (insbesondere mit den für die Außenluft typischen Pilzen der Gattungen *Alternaria*, *Cladosporium* und *Fusarium* sowie mit sterilen Mycelien), was mit dem Einfluss der Außenluft auf die Innenraumluft durch unvermeidlichen Luftaustausch (z.B. Lüften, Undichtigkeiten von Fenstern) sowie durch Eintrag von flugfähigen Sporen beim Betreten der Räume zu erklären und als unauffällig zu bewerten ist.

Gemäß der im Anhang des o.g. "Schimmelpilzsanierungs-Leitfadens" veröffentlichten Bewertungshilfe ist auf Grundlage der nach Art und Umfang der vorgenommenen Untersuchung erhaltenen Ergebnisse eine akute Innenraumquelle für Schimmelpilze im Bereich beider geprüften Messstellen als unwahrscheinlich anzunehmen.

Gleichwohl fällt an beiden Innenraum-Messstellen das Vorkommen verschiedener Gattungen und Arten (*Aspergillus fumigatus*, *Botrytis* spp. und *Rhizopus* sp. An der Messstelle im Flur und *Aspergillus fumigatus*, *Penicillium chrysogenum* und *Botrytis* spp im Windfang) in sehr niedrigen Konzentrationen (jeweils knapp oberhalb der Nachweisgrenze) auf; dies ist möglicherweise auf eine Restbelastung der Luft aus einem in der Vergangenheit liegenden, zwischenzeitlich beseitigten Wasserschaden zurückzuführen oder als Hinweis auf eine von der hier überprüften Messstelle weiter entfernt (z.B. in einem anderen Raum oder einer unzugänglichen Stelle) liegende Schimmelpilzquelle zu bewerten.



6. ZUSAMMENFASSUNG DER UNTERSUCHUNGSERGEBNISSE

Detektierte Substanzklassen	Dim.	Pavillon Flur	Pavillon Windfang	Bewertung
TVOC_{MS} (C6-C16)	µg/m ³	210	--	Hygienisch unbedenklich Summe TVOC <u>jedoch</u> Aldehyde deutlich auffällig! Σ _{C4-C11} RW I deutlich überschritten
MVOC (Hauptkomponenten) (Summe incl. weiterer relevanter MVOC's)	µg/m ³ µg/m ³	0,48 32,7	0,44 5,1	Ein mikrobieller Befall muss vorhanden sein!
Formaldehyd	µg/m ³	180	--	BGA-Richtwert <u>und</u> WHO-Wert deutlich überschritten
Schimmelpilze	KBE/m ³	380	775	Innenraumquelle unwahrscheinlich jedoch Hinweise auf verdeckte oder entfernt liegende Schimmelpilzquelle



Wie aus der Tabelle zu entnehmen ist, liegen die Gehalte an Formaldehyd und an längerkettigen Aldehyden auf einem hohen Konzentrationsniveau.

Der Orientierungswert für Formaldehyd ist deutlich überschritten, ebenso der Richtwert I für die Aldehyde.

Diese Substanzen waren auch schon bei der ersten Messung auffällig und liegen nun, vermutlich durch die intensive Sonneneinstrahlung und den damit verbundenen hohen Temperaturen der Bausubstanz, in einem deutlich höheren Konzentrationsbereich.

Als mögliche Quellen kommen Grobspanplatten, Wand- und Bodenaufbau, Farben, Lacke, Schäume und Fugenmaterial u.U. aber auch ein Schimmelschaden in Frage.

Für eine Nutzung durch den Kindergarten sind die Räume derzeit, vor allem durch den hohen Gehalt an Formaldehyd, nicht geeignet!

Hinsichtlich der geruchliche Auffälligkeit hatten die unterschiedlichen Lüftungsszenarien den Effekt, dass der muffige Geruch in den Innenräumen nicht mehr wahrnehmbar war, jedoch ist die Frage, in wieweit eine Überlagerung durch die Ausdünstungen von Aldehyden stattgefunden hat. Die Bewertung der MVOC's ergibt in beiden Fällen weiterhin, dass ein Schimmelpilzbefall vorhanden sein muss. Die Untersuchung der Luft auf Schimmelpilzsporen ergibt (ein) beiden Fällen, dass ein Schimmelfall unwahrscheinlich ist, jedoch ergeben sich auch hier an beiden Stellen mit der jeweiligen Lüftungssituation Hinweise auf einen verdeckten bzw. entfernter liegenden Schimmelpilzschaden und somit dürfte eine aktive Belüftung des Windfangbereiches alleine nicht zielführend sein um das Problem dauerhaft in den Griff zu bekommen.

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 Innenraumluft 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 23.06.2017

Dr. Klaus-Peter Lörcher
(Institutsleiter)



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

(TgBNr. 80831 - 80837 / Seite 22 von 23)

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

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 Raumluft (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 Raumluft älterer Fertighäuser (Sept. 2003)
- WKI Frauenhofeninstitut
Sanierung geruchsbelasteter Holzhäuser durch bauphysikalische und chemisch-physikalische Maßnahmen.



