

UNTERSUCHUNGSBERICHT


SCHULHAUS GRENZHOF
LUZERNSTRASSE 7
CH-6014 LUZERN



AUFTRAGGEBER	Stadt Luzern, Immobilien Management, Hirschengraben 17, 6002 Luzern
OBJEKT	Schulhaus Grenzhof, Luzern
PROJEKTNUMMER	2014-2967-01
KUNDENREFERENZ	I:\DAT\PRO\MESS\2014\luzernstr. 7 (sh grenzhof), luzern\bericht 2967-01.docx
PROJEKTLEITUNG	Hans-Lukas Kramer
AUFTRAG VOM	1. Dezember 2014
AUSFÜHRUNG DER ABKLÄRUNGEN:	13. Januar 2015
QUALITÄTSSICHERUNG:	lw
ANZAHL SEITEN BERICHT:	17

Zürich, 19. Februar 2015

BAU- UND UMWELTCHEMIE
Beratungen + Messungen AG



i.A.

Barbara Jehle
Geschäftsführerin



Hans-Lukas Kramer
Projektleitung

Dieser Bericht besteht aus oben genannter Anzahl Seiten einschliesslich Deckblatt und darf nur vollinhaltlich, ohne Weglassung oder Hinzufügung, veröffentlicht werden. Wird er auszugsweise vervielfältigt, so ist vorab die Genehmigung der Firma *BAU- UND UMWELTCHEMIE Beratungen + Messungen AG*, Zürich einzuholen. Dieser Bericht wurde nach bestem Wissen und Gewissen unter Bedachtnahme aller bekannten und erhobenen Umstände erstellt. Für über die Aussagen des Berichts hinausgehende Folgerungen und Konsequenzen übernehmen die Aussteller keinerlei Haftung. Bei allfälligen Vorladungen als Zeuge durch das Gericht, muss der Aufwand, sofern nicht vom Gericht gedeckt, durch den Auftraggeber in voller Höhe im Stundenansatz entschädigt werden. Die auf dem Internet publizierten Allgemeinen Geschäftsbedingungen der *BAU- UND UMWELTCHEMIE Beratungen + Messungen AG* sind integrierender Bestandteil dieses Berichts (www.raumlufthygiene.ch -> AGB).

INHALTSVERZEICHNIS

1.	Ausgangslage	4
2.	Untersuchungen	5
3.	Messergebnisse und Interpretation	6
3.1	Chemie – Analyse – Raumluft	6
3.2	Chemie – Analyse – Hausstaub	9
3.3	Keim – Analyse – Luft	12
4.	Schlussfolgerungen und Empfehlungen	14
4.1	Schlussfolgerungen	14
4.2	Empfehlungen	15
5.	Fotodokumentation	16
6.	Anhang I Probenahme	17
6.1	Chemie – Analyse – Raumluft	17
6.2	Chemie – Analyse – Hausstaub	17
6.3	Keim – Analyse – Luft	17

1. AUSGANGSLAGE

OBJEKT

Die Schulanlage Grenzhof besteht aus 2 Pavillons, der Bibliothek und einer Turnhalle. Die Anlage wurde vermutlich in den 1960er Jahren in Stahlskelettbauweise erstellt. Die untersuchten Klassenräume P1/D1 und P1/15 verfügen über einen Linoleum Bodenbelag, im Zimmer P1/Werken ist ein gestrichener Zementuntergrund vorhanden, im P2/Bastelraum ist ein Riemenboden verlegt, in der Turnhalle ein PVC-Belag. In der Regel sind die Wände verputzt und die Decken bestehen aus Sichtbeton. Die Turnhalle verfügt über getäferte Wände und Decke, im P1/15 sind die Wände mit Holztäfer verkleidet. Die Räume werden über Radiatoren temperiert. Die Turnhalle wird über eine Lüftungsanlage gelüftet, die weiteren Räume ausschliesslich über die Fenster.

SCHADENSBE SCHREIBUNG

In den Räumen der Schulanlage klagen die Raumnutzer über auffällige Geruchsbelastungen. Durch den Probenehmer der Fa. BAU- UND UMWELTCHEMIE Beratungen + Messungen AG konnten muffige Gerüche besonders in den Räumen P1/15 und P2/Bastelraum wahrgenommen werden. Es soll abgeklärt werden, ob die Geruchsbelastungen mit gesundheitlich relevanten Schadstoffkonzentrationen einhergehen. In gewissen Räumen (beispielsweise P1/D1 und P2/Bastelraum) besteht zudem der Verdacht, dass verdeckte Schimmelpilzbefälle vorhanden sind.

BISHER DURCHGEFÜHRTE MASSNAHMEN/ MESSUNGEN

Bisher durchgeführte Messungen sind nicht bekannt.

2. UNTERSUCHUNGEN

AUFTRAG

Die Fa. BAU- UND UMWELTCHEMIE Beratungen + Messungen AG wurde beauftragt, gemäss Offerte vom 7. November 2014, Raumluftmessungen auf flüchtige organische Verbindungen (VOC) und Aldehyde sowie Staubmessungen auf Flammschutzmitteln, Weichmacher und polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) durchzuführen und die Ergebnisse gesundheitlich zu bewerten. Zudem sollen exemplarische Raumluftmessungen auf Keime in zwei Räumen im Vergleich zur Aussenluft durchgeführt werden.

MESSPUNKTE

Die untersuchten Messpunkte sind in Tab. 1 zusammengestellt.

Tab. 1: Übersicht über die durchgeführten Messungen

Bereich	Parameter	P1/15 (OG)	P1/D1 (EG)	P1/Werken (UG)	P2/Bastelraum (UG)	Turnhalle (EG)	AUL (Aussenluft)
Chemie	Aldehyde in der Raumluf	x	x	x	x	x	--
Chemie	Flüchtige organische Verbindungen in der Raumluf	x	x	x	x	x	--
Physik	Schwerflüchtige Verbindungen im Hausstaub	x (Mischprobe)			--	--	--
Biologie	Keime in der Luft	--	x	--	x	--	x

MESS- UND RANDBEDINGUNGEN

Die chemischen Luftanalysen und die Keimanalysen erfolgten mittels aktiver Probenahme - beschrieben im Anhang I - unter Standardbedingungen¹ an den untersuchten Messpunkten. Einzig in der Turnhalle wurde unter Nutzungsbedingungen bei laufender Lüftungsanlage (Normalbetrieb) gemessen. Die Raumlufttemperatur und die relative Luftfeuchtigkeiten sind in den Resultate-Tabellen der Kapitel 3.1 auf S. 6 und 3.3 auf S. 12 aufgeführt. Draussen war der Himmel bedeckt und es war windstill. Der Hausstaub wurde in einem neuen Staubbeutel gesammelt. Die Hausstaubproben stammen jeweils von den begehbaren Bodenflächen der gesamten Räume. Die Staubprobenahme erfolgte 4 Tage nach der letzten Reinigung und im Anschluss an die Luftprobenahme, so dass eine direkte Beeinflussung, etwa durch Aufwirbeln von Feinstaub beim Saugen, der beiden Probenahmen ausgeschlossen werden kann.

¹ Um die Ergebnisse von verschiedenen Raumluftmessungen miteinander zu vergleichen und gegenüber Richtwerten bewerten zu können, erfolgen die Messungen unter Standardbedingungen. Entsprechend der ISO Norm 16000-2 und 16000-5 muss der zu messende Raum 15 Minuten intensiv gelüftet werden und danach etwa 8 Stunden bis zum Ende der Messung geschlossen bleiben. Raumluftechnische Anlagen sind während dieser Zeit ausgeschaltet oder sämtliche Zuluftdurchlässe luftdicht verklebt.

3. MESSERGEBNISSE UND INTERPRETATION

3.1 CHEMIE – ANALYSE – RAUMLUFT

ERGEBNISSE

Tab. 2 zeigt den TVOC (Total Volatile Organic Compounds), den Formaldehydwert und eine Zusammenstellung aller chemischen Verbindungen bzw. ihrer Summen, die in einer relevanten Konzentration nachgewiesen wurden. Alle anderen Stoffe sind - im Vergleich zu entsprechenden Richtwerten² oder statistisch erhobenen Raumluftkonzentrationen^{3,4,5} - in niedrigen Konzentrationen vorhanden und werden nicht weiter bewertet.

Tab. 2: Ergebnisse der Raumluftmessungen

Messpunkte		P1/15 (OG)	P1/D1 (EG)	P1/Werken (UG)	P2/Bastelraum (UG)	Turnhalle (EG)
Temp./ Rel. Luftfeuchte		21.3 °C 33.9 %	20.7 °C 28.0 %	19.4 °C 40.0 %	17.7 °C 61.5 %	16.8 °C 49.5 %
Verbindung	CAS Nr.	µg/m ³				
TVOC	--	125	64	24	1'030	127
Summe Aromaten	--	44	3	10	510	83
Summe Teerölinhaltsstoffe / Naphthaline	--	44	7	< 2	25	13
Naphthalin	--	16	3	< 2	16	7
Formaldehyd	50-00-0	65	21	60	49	26

GESAMTSITUATION (TVOC) - INTERPRETATION

Der gemessene Gehalt an Lösemitteln in der Raumluft, die sogenannte TVOC-Konzentration, liegt an den Messpunkten bei 24 bis 1'030 µg/m³. Üblicherweise werden in Wohnungen und Büros Werte zwischen 250 und 500 µg/m³ gemessen. In Räumen wie Klassenzimmern, die für einen längerfristigen Aufenthalt bestimmt sind, sollte für einen beschwerdefreien Aufenthalt auf Dauer ein TVOC-Wert im Bereich von 1000 bis 3000 µg/m³ nicht überschritten werden. Ziel sollte es sein, zur Sicherung raumlufthygienischer (keine toxikologische Begründung) und angenehmer

² Pluschke P., Luftschadstoffe in Innenräumen, Springer-Verlag, Berlin, 1996

³ DIWODAT, Interne Datenbank der Fa. BAU- UND UMWELTCHEMIE Beratungen + Messungen AG, Stand April 2009

⁴ Umweltbundesamt, Bereitstellung einer Datenbank zum Vorkommen von flüchtigen organischen Verbindungen in der Raumluft, WaBoLu-Heft 05 08, 2007

⁵ H.-D. Neumann, UK NRW (Unfallkasse Nordrhein-Westfalen, Gesunde Luft in Schulen, 2013

Raumlufthverhältnisse⁶ in Innenräumen im langzeitigen Mittel eine TVOC-Konzentration von 200 bis 300 µg/m³ zu erreichen bzw. nach Möglichkeit sogar zu unterschreiten.

SUMME AROMATEN – INTERPRETATION

Zum Messzeitpunkt betragen die Summen an Aromaten zwischen 10 und 510 µg/m³. Im Zimmer P2/Bastelraum besteht die Konzentration hauptsächlich aus Lösemitteln wie Xylol (209 µg/m³), Styrol (66 µg/m³) und Toluol (58 µg/m³). In den anderen Räumen besteht sie vorwiegend aus Teerölinhaltsstoffen. Aus Vorsorgegründen sollte die Summenkonzentration an Aromaten eine Konzentration von 500 µg/m³ nicht überschreiten⁷. Die Konzentration an Styrol soll aus Vorsorgegründen einen Wert⁸ von 30 µg/m³ nicht überschreiten. Dringender Handlungsbedarf gilt ab einer Konzentration von 300 µg/m³.

Aromatische Kohlenwasserstoffe werden als Lösemittel in den verschiedensten Lacken, Anstrichstoffen und Klebern verwendet.

SUMME TEERÖLINHALTSSTOFFE UND NAPHTHALINE – INTERPRETATION

Die gemessenen Summenkonzentrationen der flüchtigen Teerölinhaltsstoffe liegen unter Standardbedingungen zwischen < 2 und 44 µg/m³ und setzen sich hauptsächlich aus Naphthalinen zusammen. Die Summenkonzentrationen der Naphthaline lagen an den Messpunkten zwischen < 2 und 33 µg/m³ (vgl. Tab. 2). Weiter wurden Dibenzofuran und Diphenyl mit Konzentrationen von <2 bis 4 µg/m³ gefunden. Für die Summe der Teerölinhaltstoffe und Naphthaline besteht ein vorläufiger Eingreifwert⁹ von 30 µg/m³ und ein vorsorglicher Richtwert von 10 µg/m³. Die Konzentrationen der Einzelverbindung Naphthalin liegen unter den gegebenen Bedingungen bei < 2 bis 16 µg/m³. Der gesundheitliche Eingreifwert¹⁰ für Naphthalin liegt bei 30 µg/m³, der empfohlene WHO-Jahresmittelwert¹¹ bei 10 µg/m³.

Je nach Zusammensetzung bewegt sich die Geruchsschwelle des Naphthalingemisches erfahrungsgemäss zwischen 20 und 50 µg/m³.

Teerölinhaltsstoffe sind Bestandteile von Teerölen, mit denen beispielsweise Isolationsmaterialien imprägniert wurden sowie von PAK-haltigen Klebern. Naphthaline werden auch bei der unvollständigen Verbrennung freigesetzt.

⁶ Seifert B., Richtwerte für die Innenraumluft - Die Beurteilung der Innenraumluftqualität mit Hilfe der Summe der flüchtigen organischen Verbindungen (TVOC-Wert), Bundesgesundheitsblatt – Bundesgesundheitsblatt-Gesundheitsforschung-Gesundheitsschutz 42, S. 270-278, 1999

⁷ Pluschke, P.: Luftschadstoffe in Innenräumen – Ein Leitfaden, S. 124, Springer-Verlag, 1996

⁸ Sagunski, H.: Richtwerte für die Innenraumluft: Styrol, Bundesgesundheitsblatt 41, S. 392-421, 1998

⁹ Umweltbundesamt, Richtwerte für die Innenraumluft: Naphthalin und Naphthalin-ähnliche Verbindungen, Bundesgesundheitsblatt 56(10): 1448-1459, 2013

¹⁰ Sagunski H, Heger W, Richtwerte für die Innenraumluft: Naphthalin, Bundesgesundheitsblatt – Gesundheitsforsch – Gesundheitsschutz 47, S. 705-712, 2004

¹¹ World Health Organization, WHO Guidelines for Indoor Air Quality: selected Pollutants, Dezember 2010

FORMALDEHYD – INTERPRETATION

An den untersuchten Messpunkten wurden Formaldehydkonzentrationen von 21 bis 65 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ gemessen. Das Bundesamt für Gesundheit (BAG) hat für Formaldehyd einen verbindlichen Richtwert von 125 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (0.1 ppm)¹² festgelegt. Der von der Weltgesundheitsorganisation¹³ (WHO) empfohlene 30-Minuten Richtwert für Innenräume beträgt 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Typische Innenraumkonzentrationen¹⁴ in der Schweiz liegen zwischen 35 und 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Als Quellen sind vorwiegend Holzwerkstoffe anzusehen.

¹² Bundesamt für Gesundheit, Formaldehyd in der Innenraumluft, 2010

¹³ World Health Organisation (WHO), Guidelines for indoor air quality: selected pollutants, 2010

¹⁴ Thalmann P, Formaldehyd in Innenräumen – ein aktuelles altes Problem, Tec21, 15/2006

3.2 CHEMIE – ANALYSE – HAUSSTAUB

ERGEBNISSE

Tab. 3 zeigt eine Zusammenstellung aller chemischen Verbindungen, die in einer relevanten Konzentration nachgewiesen wurden. Alle anderen Stoffe sind - im Vergleich zu entsprechenden Richt- und Orientierungswerten^{15,16} in niedrigen Konzentrationen - unterhalb des 95. Perzentilwertes¹⁷ - vorhanden und werden nicht weiter bewertet.

Tab. 3: Ergebnisse der Hausstaubuntersuchungen

Verbindung	CAS-Nr.	P1/15 + P1/D1 + P1/Werken
		mg/kg
<i>Weichmacher / Flammschutzmittel</i>		
Tris-(2-butoxyethyl)-phosphat (TBEP)	78-51-3	2'300
Di-i-nonylphthalat (DiNP)	28553-12-0	1'200
Di-2-ethylhexylphthalat (DEHP) / Di-2-ethylhexylterephthalat (DEHTP)	117-81-7 / 6422-86-2	1'830
<i>Teerölinhaltsstoffe / Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe</i>		
Summe PAK (nach EPA)*	--	18.4
Benzo[a]pyren	50-32-8	0.37

*16 Einzelverbindungen, die nach der US Bundesumweltbehörde Environmental Protection Agency untersucht werden;

TRIS-(2-BUTOXYETHYL)-PHOSPHAT (TBEP) - INTERPRETATION

Tris-(2-butoxyethyl)-phosphat (TBEP), ein Flammschutzmittel und Weichmacher, wurde in einer Konzentration von 2'300 mg/kg nachgewiesen. Im Vergleich zu statistischen Referenzwerten ist diese Konzentrationen als auffällig zu bezeichnen^{17,18}. Für eine Expositionsabschätzung gegenüber

¹⁵ Kersten W., Schwer flüchtige organische Umweltchemikalien in Hamburger Hausstäuben, Gefahrstoffe-Reinhaltung der Luft, Bd 63, Nr. 3, 2003

¹⁶ Nagorka R., et. al, Weichmacher im Hausstaub, Gefahrstoffe-Reinhaltung der Luft, Bd. 65, Nr. 3, S. 99-105, 2005

¹⁷ 95. Perzentil bedeutet, dass bei 95 % der gefundenen Werte die Konzentration niedriger liegt. Wenn keine toxikologischen Richtwerte für den Innenraum vorliegen, dient der 95. Perzentil-Wert als Orientierungswert. Bei einer Überschreitung werden aus vorsorglichen Überlegungen Massnahmen zur Verminderung empfohlen.

¹⁸ Kersten, W. Schwer flüchtige organische Umweltchemikalien in Hamburger Hausstäuben, Gefahrstoffe-Reinhaltung der Luft, 63 Nr. 3, 2003

TBEP kann die Wirkungsschwelle¹⁹ für das chemisch verwandte Tris-(2-chloroethyl)-phosphat (TCEP) herangezogen werden. Im ungünstigsten Fall wird von einem Kind/Jugendlichen (45 kg Körpergewicht) dementsprechend über die Aufnahme von Hausstaub²⁰ die längerfristig tolerierbare Tagesdosis um den Faktor 15 unterschritten.

D-I-NONYLPHTHALAT (DINP) – INTERPRETATION

Die Konzentration von Di-iso-nonylphthalat (DiNP) beträgt 1'200 mg/kg. Die Konzentration überschreitet den statistischen Auffälligkeitswert^{17,21}. Zur ersten Beurteilung der gesundheitlichen Situation kann die tolerierbare tägliche Aufnahmemenge (TDI, engl. Tolerable daily intake)²² und die durchschnittliche Staubaufnahme eines Menschen herangezogen werden. Im ungünstigsten Fall wird von Kindern/Jugendlichen (45kg Körpergewicht) über den Hausstaub die empfohlene tägliche Tagesdosis um den Faktor 120 unterschritten.

DI-2-ETHYLHEXYLPHTHALAT (DEHP) / DI-2-ETHYLHEXYLTEREPHTHALAT (DEHTP) – INTERPRETATION

Die nachgewiesene Summe der DEHTP und DEHP-Konzentration liegt bei 1'830 mg/kg Hausstaub. Diese Werte sind als statistisch auffällig zu bezeichnen^{17,23}. Zur Beurteilung der gesundheitlichen Situation kann die tolerierbare tägliche Aufnahmemenge (TDI, engl. Tolerable daily intake) und die durchschnittliche Staubaufnahme eines Menschen für DEHP herangezogen werden. Im ungünstigsten Fall wird von Kindern/Jugendlichen (45 kg Körpergewicht) über den Hausstaub die empfohlene tägliche Tagesdosis um den Faktor 25 unterschritten.

POLYZYKLISCHE AROMATISCHE KOHLENWASSERSTOFFE (PAK) – INTERPRETATION

Die Summenkonzentration der PAK im Hausstaub liegt bei 18.4 mg/kg. Benzo[a]pyren als Leitkomponente²⁴ zur Bewertung des gesundheitlichen Handlungsbedarfs in Innenräumen ist in einer Konzentration von 0.37 mg/kg nachgewiesen worden.

Für die Summe PAK können in "unbelasteten Innenräumen" Konzentrationen ab 20 bis 25 mg/kg^{25,26} als statistisch auffällig bezeichnet werden. Für Benzo[a]pyren kann ab Konzentrationen

¹⁹ Sagunski, H. und E. Roskamp: Richtwerte für die Innenraumluft: Tris(2-chloroethyl)phosphat, Bundesgesundheitsblatt-Gesundheitsforschung-Gesundheitsschutz 45, S. 300-306, 2002

²⁰ Arbeitsgemeinschaft der leitenden Medizinalbeamtinnen und –beamten der Länder (AGLMB), Standards zur Expositionsabschätzung, Bericht des Ausschusses für Umwelthygiene, Behörde für Arbeit, Gesundheit und Soziales, Hamburg 2000

²¹ Nagorka R. et al., Weichmacher im Hausstaub, Gefahrstoffe-Reinhaltung Luft Bd 65, Nr. 3, S.99-105, 2005

²² European Commission, Opinion on Phthalate migration from soft PVC toys and child-care articles, 6th CSTE plenary meeting, Brussels, 26/27, November 1998

²³ Becker et al, Hausstaub - Stoffgehalte im Hausstaub aus Haushalten der Bevölkerung in Deutschland, Wobolu-Hefte, 1998

²⁴ Stahl, T. et. al, Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAH) im Innenraum, Bundesgesundheitsblatt-Gesundheitsforschung-Gesundheitsschutz 47:868-881, 2004;

²⁵ Walker, C. et al., Biozide im Hausstaub, Ergebnisse eines repräsentativen Monitorings in Innenräumen, Gefahrstoffe Reinhaltung der Luft, Bd. 59 (1999) Nr. 1/2

²⁶ Umweltbundesamt (UBA), Resultate des Umweltsurveys 1990-1992 von 1200 zufällig ausgewählten Hausstaubproben, (nicht anlassbezogene Proben)

von 1 mg/kg in zufällig ausgewählten Räumen von einer deutlichen Belastung ausgegangen werden²⁵. Untersuchungen in nicht belasteten Wohnungen zeigen im Durchschnitt Benzo[a]pyren-Werte zwischen 0.2 und 0.3 mg/kg²⁷. Die gefundenen Werte liegen in diesem durchschnittlichen Bereich.

²⁷ Uhl, M. et al, Hausstaub – ein Indikator für Innenraumbelastung, Umweltbundesamt Österreich, 2004

3.3 KEIM – ANALYSE – LUFT

ERGEBNISSE

In der Tab. 4 sind die Ergebnisse der Luftkeimmessungen aufgeführt.

Tab. 4: Ergebnisse der Luftkeimmessungen

Messpunkt	AUL	P1/D1	P2/Bastelraum
Temp./	2.7 °C	21.2 °C	19.4 °C
Rel. Luftfeuchte	57.4 %	33.0 %	40.0 %
Organismen	KBE ²⁸ /m ³	KBE/m ³	KBE/m ³
Bakterien	460	220	320
Thermoactinomyceten	< 10	< 10	< 10
Schimmelpilze ²⁹			
Durchschnitt	420	233	610
Maximum	540	330	690

LUFTKEIME – INTERPRETATION

In der Aussenluft lag die Konzentration an Bakterien bei 460 KBE/m³ und die Konzentration an Schimmelpilzen lag bei durchschnittlichen 420 KBE/m³.

In der Raumlufte wurden Bakterienkonzentrationen im P1/D1 von 220 KBE/m³ bzw. im P2/Bastelraum von 320 KBE/m³ Bakterien nachgewiesen. Die durchschnittliche Konzentration an Schimmelpilzen lag im Raum P1/D1 bei 233 KBE/m³ und im P2/Bastelraum bei 610 KBE/m³.

In der Raumlufte des Raumes P1/D1 liegt die Keimkonzentration im Vergleich zur Aussenluft somit in einem unauffälligen Bereich. Im Raum P2/Bastelraum liegt die Gesamtkonzentration an Keimen hingegen etwas höher als in der Aussenluft und ist für Innenräume hoch³⁰. In diesem Raum wurden vornehmlich Schimmelpilze der Gattung *Aspergillus spp.* nachgewiesen, welche in der Aussenluft nicht gefunden wurden. Dies deutet auf eine interne Quelle hin.

Die meisten Schimmelpilze der nachgewiesenen Gattung *Aspergillus spp.* gehören der Risikogruppe 1 an³¹. Bei der vorliegenden Schimmelpilzbelastung können bei sensibilisierten Personen aber über eine inhalative Exposition allergische Reaktionen hervorgerufen werden. So kann die Gattungen *Aspergillus spp.* bei Personen mit einer Schimmelpilzallergie eine allergische

²⁸ KBE – Kolonie Bildende Einheiten

²⁹ Es ist der Durchschnittswert der Ergebnisse für alle drei benutzten Nährböden angegeben.

³⁰ ECA, Biological Particles in Indoor Environments, Report No. 12, 1993, S.43

³¹ Bei Schimmelpilzen der Risikogruppe 1 ist es unwahrscheinlich, dass sie beim Menschen Krankheiten verursachen.

Rhinitis (schnupfenartige Beschwerden) auslösen. Des Weiteren können bei sensibilisierten Personen irritative Wirkungen wie Reizungen der Augen und der Atemorgane auftreten³².

³² Kommission „Methoden und Qualitätssicherung in der Umweltmedizin“, Schimmelpilzbelastung in Innenräumen – Befunderhebung, gesundheitliche Bewertung und Massnahmen, Bundesgesundheitsblatt-Gesundheitsforschung-Gesundheitsschutz 10, S. 1308 -1323, 2007

4. SCHLUSSFOLGERUNGEN UND EMPFEHLUNGEN

4.1 SCHLUSSFOLGERUNGEN

In den untersuchten Räumen unterschreiten die Formaldehyd-Konzentrationen unter den gegebenen Bedingungen deutlich den BAG-Richtwert. Die untersuchten Räume P1/D1, P1/Werken und P1/15 sowie die Turnhalle weisen TVOC-Konzentrationen (Summe der flüchtigen organischen Verbindungen) unterhalb des Eingreifwertes auf. Einzig am Messpunkt P2/Bastelraum liegt die Gesamtkonzentration im Bereich des Eingreifwertes. Dies ist auf Nutzung und Lagerung von Farben und Klebern in diesem Raum zurückzuführen. Aus gesundheitlicher Sicht besteht diesbezüglich kein Handlungsbedarf.

Teerölinhaltstoffe bzw. Naphthaline konnten in den Räumen P1/D1, und P1/15, P2/Bastelraum und in der Turnhalle nachgewiesen werden. Während im Raum P1/15 der gesundheitliche Eingreifwert für die Summe dieser Verbindungen überschritten wird und Handlungsbedarf besteht, liegen die Konzentrationen in den weiteren untersuchten Räumen unter dem gesundheitlichen Vorsorgewert. Als Quelle der Naphthalin-Konzentrationen werden teerölbelastete Materialien im Boden und/oder Wandaufbau vermutet. Diese Verbindungen sind als Quelle des charakteristischen Geruchs in den Gebäuden anzusehen. In Räumen mit gleichen Gerüchen wie beispielsweise im Zimmer P1/15 sind ohne weitere Messungen auch vergleichbare Belastungen an Teerölinhaltstoffen bzw. Naphthalinen zu erwarten.

Es ist zu beachten, dass die Formaldehyd- und Naphthalin-Konzentrationen von klimatischen Bedingungen abhängig sind. Es wird vermutet, dass im Sommerhalbjahr - bei hoher Temperatur und Luftfeuchtigkeit – unter Standardbedingungen höhere Konzentrationen als bei den aktuellen Messungen auftreten können.

Im Hausstaub wurden die Weichmacher TBEP, DiNP und DEHP/DEHP in statistisch auffälligen Konzentrationen nachgewiesen. Dies deutet auf Quellen wie beispielsweise PVC-Materialien oder weichmacherhaltige Einpflegen in den Räumen hin. Die Modellierung zur Abschätzung der gesundheitlichen Auswirkungen zeigen jedoch, dass die längerfristig täglich tolerierbare Aufnahmemenge über den Hausstaub auch im ungünstigsten Fall nicht erreicht wird.

Im Raum P2/Bastelraum wurde eine erhöhte Belastung an Schimmelpilzen in der Raumluft nachgewiesen. Dies deutet auf einen verdeckten Schimmelpilzbefall hin. Der muffige Geruch ist in diesem Raum neben den Naphthalinen auch auf die Keimbelastung zurückzuführen. Es besteht Handlungsbedarf um gesundheitliche Symptome vorsorglich ausschliessen zu können. Im Raum P1/D1 deuten die Keimwerte nicht auf einen Schimmelpilzbefall hin.

4.2 EMPFEHLUNGEN

Wir empfehlen im Zimmer P1/15 sowie in drei weiteren Schulzimmern der Schulanlage Raumluftmessungen auf Teerölinhaltstoffe/Naphtaline unter Nutzungsbedingungen durchzuführen³³. Daraus kann die Verbreitung im Schulgebäude sowie die Dringlichkeit abgeleitet werden, mit der die Naphthalin-Konzentrationen reduziert werden sollten.

Zur kurzfristigen Reduktion der Belastungssituation der Raumlufte (besonders im Zimmer P1/15) ist zu empfehlen, die Räume regelmässig (mehrmals täglich) für 5 bis 10 Minuten über Fenster und Türen quer zu lüften. In Absprache mit der Schulleitung und den Lehrern kann ein geeignetes Lüftungsregime abgesprochen werden.

Zur Bestimmung der Quellen der Naphtaline, empfehlen wir mittels Sondierungen, Materialproben und Emissionsmessungen die mit Teeröl behandelten Materialien zu identifizieren. Anschliessend lassen sich daraus Sanierungsvarianten ableiten.

Zur regelmässigen Reinigung sollte ein Staubsauger mit einem HEPA-Filter eingesetzt, oder die Bodenbeläge feucht gereinigt werden, um die Belastungsexposition über den Staub vorsorglich zu minimieren. Weiter kann über Produkteabklärungen geprüft werden, ob eine weichmacherhaltige Einpflege verwendet wurde.

Für den Raum P2/Bastelraum sind weitere Abklärungen zur Identifizierung der Keimquellen einzuleiten. Wir empfehlen, die Aussenwände vollumfänglich von Mobiliar etc. zu befreien und die Oberflächen optisch bzw. über Probenahmen auf erhöhte Feuchtigkeit bzw. Schimmelpilzbefall zu untersuchen und ggf. Sondagen durchzuführen. Zur langfristigen Behebung sind Massnahmen notwendig, welche einer erhöhten Feuchtigkeit an Oberflächen systematisch entgegen wirken.

³³ Für solche Messungen werden die Räume gelüftet und eine Unterrichtseinheit abgewertet bevor die Messung durchgeführt wird.

5. FOTODOKUMENTATION



Abb. 1: P1/werken, Raumlufmessung Chemie



Abb. 2: P1/D1, Raumlufmessung Chemie

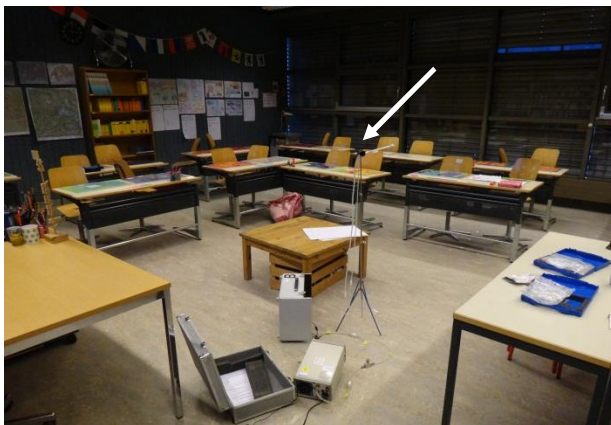


Abb. 3: P1/15, Raumlufmessung Chemie



Abb. 4: P2/Bastelraum, Raumlufmessung Chemie



Abb. 5: Turnhalle, Messpunkt Raumlufmessung Chemie



Abb. 6: P1/D1, Keimmessung

6. ANHANG I PROBENAHME

6.1 CHEMIE – ANALYSE – RAUMLUFT

ALDEHYDE IN DER RAUMLUFT – DNPH

Die Probenahme erfolgte nach der Arbeitsvorschrift *AV ALDEHYDE LUFT*, die sich auf die Richtlinien ISO 16000-2 und ISO 16000-3 abstützt. Die Anreicherung erfolgte an Dinitrophenylhydrazin (DNPH)-Kartuschen mit anschliessender HPLC-Auswertung der Hydrazonderivate. Die Bestimmungsgrenze beträgt $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

FLÜCHTIGE ORGANISCHE VERBINDUNGEN IN DER RAUMLUFT – TENAX

Die Probenahme erfolgte nach der Arbeitsvorschrift *AV VOC LUFT*, die sich auf die Richtlinien ISO 16000-5 und ISO 16000-6 abstützt. Die Anreicherung erfolgte an TENAX TA mit anschliessender GC/MS Auswertung.

Der Summenparameter für flüchtige organische Verbindungen (TVOC = Total Volatile Organic Compounds) wird gemäss ISO 16000-6 bestimmt und umfasst alle auf TENAX eluierbaren und identifizierten Stoffe im Retentionszeitbereich zwischen n-Hexan und n-Eicosan und oberhalb ihrer Bestimmungsgrenzen von $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Die Bestimmungsgrenze für chlorierte Verbindungen sowie Acetophenon beträgt $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$, für Naphthalin und Benzol $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Die nicht identifizierten Signale werden oberhalb von $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ bei der Summenberechnung des TVOC berücksichtigt.

6.2 CHEMIE – ANALYSE – HAUSSTAUB

Die Probenahme erfolgte nach der Arbeitsvorschrift *AV SVOC STAUB*, welche sich auf die VDI-Richtlinie 4300 Blatt 8 abstützt. Anschliessend wurde die Probe im Labor aufgearbeitet (Staubprobe sieben auf $63 \mu\text{m}$, acetylieren). Die Analyse erfolgt mittels gaschromatografischer und Elektroneneinfang- bzw. Flammenionisationsdetektion (GC/ECD/FID). Der Messfehler beträgt $\pm 15 \%$.

6.3 KEIM – ANALYSE – LUFT

Die Probenahme erfolgte nach dem Kurzzeit-Impaktionsverfahren und nach der Arbeitsvorschrift *AV KEIME*, welche sich auf die VDI E 4300 Blatt 10 abstützt. Die Nährböden werden im Labor bebrütet und die koloniebildenden Einheiten (KBE) sowie deren Gattungen bestimmt. Die Nährmedien werden bei 30°C bzw. 50°C während 5 Tagen inkubiert.

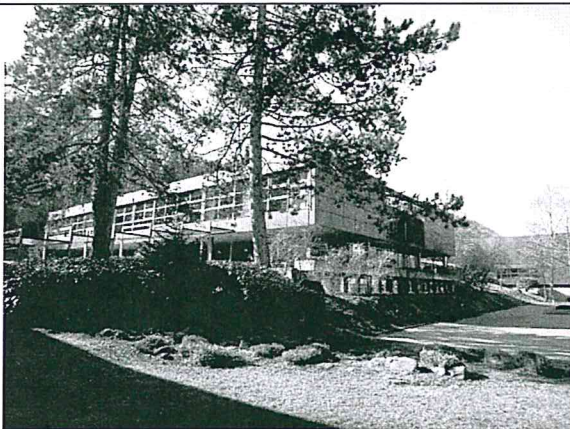
Auf Anfrage werden weitere, nicht benannte Kenndaten zu Messungen und Analysen (Messunsicherheit etc.) mitgeteilt.

WASSERWERKSTRASSE 129
8037 ZÜRICH
TEL +41 (0)44 440 72 11
FAX +41 (0)44 440 72 13

GERECHTIGKEITSGASSE 80
3011 BERN
TEL +41 (0)31 550 49.50
FAX +41 (0)31 550 49 51

2. UNTERSUCHUNGSBERICHT

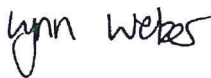
SCHULHAUS GRENZHOF
LUZERNSTRASSE 7
CH-6014 LUZERN



AUFTRAGGEBER Stadt Luzern, Immobilien Management, Hirschengraben 17, 6002 Luzern
OBJEKT Schulhaus Grenzhof, Luzern
PROJEKTNUMMER 2015-2967-02
KUNDENREFERENZ I:\DAT\PRO\MESS\2015\luzernstr. 7 (sh grenzhof), luzern\ebericht 2967-02.docx
PROJEKTLEITUNG Hans-Lukas Kramer
AUFTRAG VOM 1. Dezember 2014
AUSFÜHRUNG DER ABKLÄRUNGEN: 13. Januar 2015
QUALITÄTSSICHERUNG: lw
ANZAHL SEITEN BERICHT: 10

Zürich, 09. April 2015

BAU- UND UMWELTCHEMIE
Beratungen + Messungen AG



i.A.

Barbara Jehle
Geschäftsführerin



Hans-Lukas Kramer
Projektleitung

Dieser Bericht besteht aus oben genannter Anzahl Seiten einschliesslich Deckblatt und darf nur vollinhaltlich, ohne Weglassung oder Hinzufügung, veröffentlicht werden. Wird er auszugsweise vervielfältigt, so ist vorab die Genehmigung der Firma *BAU- UND UMWELTCHEMIE Beratungen + Messungen AG*, Zürich einzuholen. Dieser Bericht wurde nach bestem Wissen und Gewissen unter Bedachtnahme aller bekannten und erhobenen Umstände erstellt. Für über die Aussagen des Berichts hinausgehende Folgerungen und Konsequenzen übernehmen die Aussteller keinerlei Haftung. Bei allfälligen Vorladungen als Zeuge durch das Gericht, muss der Aufwand, sofern nicht vom Gericht gedeckt, durch den Auftraggeber in voller Höhe im Stundenansatz entschädigt werden. Die auf dem Internet publizierten Allgemeinen Geschäftsbedingungen der *BAU- UND UMWELTCHEMIE Beratungen + Messungen AG* sind integrierender Bestandteil dieses Berichts (www.raumlufthygiene.ch -> AGB).

INHALTSVERZEICHNIS

1.	Ausgangslage	4
2.	Untersuchungen	5
3.	Messergebnisse und Interpretation	6
3.1	Chemie – Analyse – Raumluft	6
4.	Schlussfolgerungen und Empfehlungen	8
4.1	Schlussfolgerungen	8
4.2	Empfehlungen	8
5.	Fotodokumentation	9
6.	Anhang I Probenahme	10
6.1	Chemie – Analyse – Raumluft	10

1. AUSGANGSLAGE

OBJEKT

Die Schulanlage Grenzhof besteht aus 2 Pavillons, der Bibliothek und einer Turnhalle. Die Anlage wurde vermutlich in den 1960er Jahren in Stahlskelettbauweise erstellt. Die untersuchten Klassenräume sowie der Kindergarten verfügen über Linoleum Bodenbeläge. Die Wände sind mit Holztäfer verkleidet bzw. verputzt, an den Decken sind Akustikplatten angebracht. Die Räume werden über Radiatoren temperiert und über die Fenster gelüftet.

SCHADENSBE SCHREIBUNG

In den Räumen der Schulanlage klagen die Raumnutzer über auffällige Geruchsbelastungen, welche in den Klassenräumen und in der Turnhalle durch Naphthaline verursacht werden¹. Im Raum P2/Bastelraum führen zudem erhöhte Keimbelastungen aufgrund zu hoher Feuchtigkeit an Oberflächen ebenfalls zu muffigen Gerüchen.

BISHER DURCHGEFÜHRTE MASSNAHMEN/ MESSUNGEN

Die im Januar 2015 durch die Fa. BAU- UND UMWELTCHEMIE Beratungen und Messungen AG durchgeführten Messungen ergaben im Schulhaus Grenzhof auffällige Konzentrationen an Naphthalinen und weiteren Teerölinhaltsstoffen¹. Während im Raum P1/15 der gesundheitliche Eingreifwert für die Summe dieser Verbindungen unter Standardbedingungen überschritten wurde, lagen die Konzentrationen in den weiteren untersuchten Räumen P1/D1, P2/Bastelraum sowie in der Turnhalle unter dem gesundheitlichen Vorsorgewert. Die Formaldehyd-Werte in der Raumluft lagen in allen Räumen unterhalb des BAG-Richtwerts. Im Hausstaub wurden die Weichmacher TBEP, DiNP und DEHP/DEHP in statistisch auffälligen Konzentrationen nachgewiesen. Die Modellierung zur Abschätzung der gesundheitlichen Auswirkungen zeigte jedoch, dass die längerfristig täglich tolerierbaren Aufnahmemengen für diese Verbindungen über den Hausstaub auch im ungünstigsten Fall nicht erreicht werden. Im Raum P2/Bastelraum wurde eine erhöhte Belastung an Schimmelpilzen in der Raumluft nachgewiesen.

¹ BAU- UND UMWELTCHEMIE Beratungen und Messungen AG, Untersuchungsbericht 2014-2967-01, Zürich 2015

2. UNTERSUCHUNGEN

AUFTRAG

Die Fa. BAU- UND UMWELTCHEMIE Beratungen + Messungen AG wurde beauftragt Raumlufmessungen auf flüchtige organische Verbindungen (VOC) inkl. Naphthaline und Teerölinhaltsstoffe unter Nutzungsbedingungen durchzuführen und die Ergebnisse gesundheitlich zu bewerten.

MESSPUNKTE

Die untersuchten Messpunkte sind in Tab. 1 zusammengestellt.

Tab. 1: Übersicht über die durchgeführten Messungen

Bereich	Parameter	P1/15 (OG)	P1/16 (OG)	P2/KIGA (OG)	P2/23 (OG)
Chemie	Flüchtige organische Verbindungen in der Raumluf	x	x	x	x

MESS- UND RANDBEDINGUNGEN

Die chemischen Luftanalysen erfolgten mittels aktiver Probenahme - beschrieben im Anhang I - unter Nutzungsbedingungen² an den untersuchten Messpunkten. Die Raumluf-temperaturen und die relativen Luftfeuchtigkeiten an den Messpunkten sind in den Resultate-Tabellen des Kapitels 3.1 auf S. 6 aufgeführt.

² Vor der Messung wurde durch fünfzehnminütiges Öffnen von Türen und Fenstern intensiv gelüftet. Türen und Fenster wurden anschliessend wieder geschlossen und nach einer Wartezeit von einer Stunde wurde die Luftprobe genommen.

3. MESSERGEBNISSE UND INTERPRETATION

3.1 CHEMIE – ANALYSE – RAUMLUFT

ERGEBNISSE

Tab. 2 zeigt den TVOC-Wert (Total Volatile Organic Compounds) und eine Zusammenstellung der nachgewiesenen Konzentrationen an Naphthalinen und Teerölinhaltstoffen. Alle anderen Stoffe sind - im Vergleich zu entsprechenden Richtwerten³ oder statistisch erhobenen Raumluftkonzentrationen^{4,5,6} - in niedrigen Konzentrationen vorhanden und werden nicht weiter bewertet. Zum Vergleich ist auch der im Januar 2015 unter Standardbedingungen gemessene Wert aus Zimmer P1/15 aufgeführt (blau hinterlegt).

Tab. 2: Ergebnisse der Raumluftmessungen

Messpunkte		P1/15 (OG)	P1/15 (OG)	P1/16 (OG)	P2/KIGA (OG)	P2/23 OG
Bedingungen		Standard ⁷	Nutzung	Nutzung	Nutzung	Nutzung
Temp./ Rel. Luftfeuchte		21.3 °C 33.9 %	21.9°C 39.3%	22.5°C 39.5%	22.8°C 33.0%	24.0°C 30.0%
Datum		13.01.2015	10.03.2015	10.03.2015	10.03.2015	10.03.2015
Verbindung	CAS Nr.	µg/m ³				
TVOC	--	125	165	49	360	147
Summe Teerölinhaltstoffe / Naphthaline	--	44	31	26	51	60
Naphthalin	91-20-3	16	11	8	22	24

³ Pluschke P., Luftschadstoffe in Innenräumen, Springer-Verlag, Berlin, 1996

⁴ DIWODAT, Interne Datenbank der Fa. BAU- UND UMWELTCHEMIE Beratungen + Messungen AG, Stand April 2009

⁵ Umweltbundesamt, Bereitstellung einer Datenbank zum Vorkommen von flüchtigen organischen Verbindungen in der Raumluft , WaBoLu-Heft 05 08, 2007

⁶ H.-D. Neumann, (UK NRW (Unfallkasse Nordrhein-Westfalen), Gesunde Luft in Schulen, 2013

⁷ Um die Ergebnisse von verschiedenen Raumluftmessungen miteinander zu vergleichen und gegenüber Richtwerten bewerten zu können, erfolgen die Messungen unter Standardbedingungen. Entsprechend der ISO Norm 16000-2 und 16000-5 muss der zu messende Raum 15 Minuten intensiv gelüftet werden und danach etwa 8 Stunden bis zum Ende der Messung geschlossen bleiben. Raumlufttechnische Anlagen sind während dieser Zeit ausgeschaltet oder sämtliche Zuluftdurchlässe luftdicht verklebt.

GESAMTSITUATION (TVOC) – INTERPRETATION

Der gemessene Gehalt an Lösemitteln in der Raumluft, die sogenannte TVOC-Konzentration, liegt an den Messpunkten bei 49 bis 360 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Im Raum P1/15 liegt die aktuelle Gesamtkonzentration unter Nutzungsbedingungen etwas höher als bei der ersten Messung. Der kleine Unterschied ist auf Lösemittel und Duftstoffe zurückzuführen, die vermutlich kurz vor der Messung am 10. März 2015 im Raum verwendet wurden. Üblicherweise werden in Wohnungen und Klassenzimmern Werte zwischen 250 und 500 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ gemessen. Für einen beschwerdefreien Aufenthalt soll auf Dauer ein TVOC-Wert im Bereich von 1000 bis 3000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ nicht überschritten werden. Ziel sollte es sein, zur Sicherung raumlufthygienischer (keine toxikologische Begründung) und angenehmer Raumlufthverhältnisse⁸ in Innenräumen im langzeitigen Mittel eine TVOC-Konzentration von 200 bis 300 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ zu erreichen bzw. nach Möglichkeit sogar zu unterschreiten.

SUMME TEERÖLINHALTSSTOFFE UND NAPHTHALINE – INTERPRETATION

Die gemessenen Summenkonzentrationen der flüchtigen Teerölinhaltsstoffe liegen unter Nutzungsbedingungen zwischen 26 und 60 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ und setzen sich hauptsächlich aus Naphthalinen zusammen. Weiter wurden Dibenzofuran und Diphenyl mit Konzentrationen von 3 bis 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ gefunden. Im Zimmer P1/15 zeigt sich, dass die Konzentrationen dieser Verbindungen unter Nutzungsbedingungen rund 2/3 so hoch sind, wie unter Standardbedingungen (Messung vom 13. Januar 2015). Für die Summe der Teerölinhaltstoffe und Naphthaline besteht ein vorläufiger Eingreifwert⁹ von 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ und ein vorsorglicher Richtwert von 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Die Konzentrationen der Einzelverbindung Naphthalin liegen unter den gegebenen Bedingungen bei 8 bis 24 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Der gesundheitliche Eingreifwert für Naphthalin liegt bei 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, der empfohlene WHO-Jahresmittelwert¹⁰ bei 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Je nach Zusammensetzung bewegt sich die Geruchsschwelle von Naphthalinmischungen erfahrungsgemäss zwischen 20 und 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Teerölinhaltsstoffe sind Bestandteile von Teerölen, mit denen beispielsweise Isolationsmaterialien imprägniert wurden, sowie von PAK-haltigen Klebern. Naphthaline werden auch bei der unvollständigen Verbrennung freigesetzt.

⁸ Seifert B., Richtwerte für die Innenraumluft - Die Beurteilung der Innenraumluftqualität mit Hilfe der Summe der flüchtigen organischen Verbindungen (TVOC-Wert), Bundesgesundheitsblatt – Bundesgesundheitsblatt-Gesundheitsforschung-Gesundheitsschutz 42, S. 270-278, 1999

⁹ Umweltbundesamt, Richtwerte für die Innenraumluft: Naphthalin und Naphthalin-ähnliche Verbindungen, Bundesgesundheitsblatt 56(10): 1448-1459, 2013

¹⁰ World Health Organization, WHO Guidelines for Indoor Air Quality: selected Pollutants, Dezember 2010

4. SCHLUSSFOLGERUNGEN UND EMPFEHLUNGEN

4.1 SCHLUSSFOLGERUNGEN

Naphthaline und Teerölinhaltstoffe konnten unter Nutzungsbedingungen¹¹ in allen untersuchten Räumen nachgewiesen werden. Der gesundheitliche Eingreifwert für die Summe dieser Verbindungen sowie der von der WHO empfohlene Jahresmittelwert für Naphthalin wurden in den Räumen P2/Kindergarten sowie P2/23 überschritten. In den untersuchten Räumen P1/15 und P1/16 lagen die Konzentrationen gerade im Bereich dieser Richtwerte bzw. knapp darunter.

Im Klassenzimmer P1/15 ist erkenntlich, dass durch das Lüften vor Unterrichtsbeginn und in den Pausen nur eine Reduktion um ca. 1/3 gegenüber Standardbedingungen¹² erreicht werden kann. Die Lüftungsmöglichkeiten sind in den Klassenzimmern nicht optimal, da nur vergleichsweise kleine Flächen geöffnet werden können. Weiter wird vermutet, dass die Konzentrationen jeweils recht schnell wieder ansteigen, da neben den Primärquellen auch Sekundärquellen wie Akustikplatten oder Putze zu den Konzentrationen beitragen dürften.

Als Quelle der Naphthalin-Konzentrationen werden teerölbelastete Materialien im Boden und/oder Wandaufbau vermutet. Diese Verbindungen sind als Quelle des charakteristischen Geruchs in den Gebäuden anzusehen. Es ist zu beachten, dass die Naphthalin-Konzentrationen von klimatischen Bedingungen abhängig sind, und dass im Sommerhalbjahr - bei hoher Temperatur und Luftfeuchtigkeit – erfahrungsgemäss die höchsten Konzentrationen auftreten können.

4.2 EMPFEHLUNGEN

Kurzfristig empfehlen wir, die Konzentrationen an Naphthalinen in allen Klassenzimmern durch die Aufrechterhaltung eines Lüftungsregimes möglichst tief zu halten. Die Räume sind dazu am Morgen vor Beginn des Unterrichts, sowie während der Nutzungszeit stündlich, bzw. nach jeder Unterrichtslektion für 10 Minuten mit offenen Fenstern und Türen quer zu lüften.

Weiter kann mittelfristig der Einsatz von mobilen mechanischen Lüftungsgeräten oder von Umluftgeräten mit Aktivkohlefiltern zur Reduktion der Konzentrationen geprüft werden.

Als Grundlage für ein Sanierungskonzept zur längerfristigen Reduktion der Schadstoffkonzentrationen durch bauliche Massnahmen empfehlen wir, Sondageöffnungen in den Zwischendecken sowie an Wänden anzubringen und die Materialien auf Teerölinhaltsstoffe und Naphthaline zu untersuchen. Es ist davon auszugehen, dass für eine nachhaltige Verbesserung der Situation die Primärquellen aus dem Gebäude zu entfernen sind.

¹¹ Gemessen wurde unter Nutzungsbedingungen jeweils eine Stunde nach der letzten Querlüftung.

¹² Um die Ergebnisse von verschiedenen Raumluftmessungen miteinander zu vergleichen und gegenüber Richtwerten bewerten zu können, erfolgen Messungen unter Standardbedingungen. Gemessen wurde unter Nutzungsbedingungen jeweils mindestens acht Stunden nach der letzten Querlüftung.

5. FOTODOKUMENTATION



Abb. 1: P1/16, Raumlufmessung Chemie



Abb. 2: P1/15, Raumlufmessung Chemie

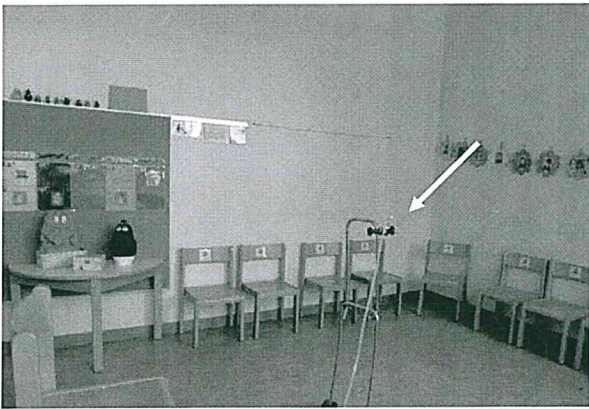


Abb. 3: P2/Kindergarten, Raumlufmessung Chemie



Abb. 4: P2/23, Raumlufmessung Chemie

KGa II

6. ANHANG I PROBENAHRME

6.1 CHEMIE – ANALYSE – RAUMLUFT

Die Probenahme erfolgte nach der Arbeitsvorschrift *AV VOC LUFT*, die sich auf die Richtlinien ISO 16000-5 und ISO 16000-6 abstützt. Die Anreicherung erfolgte an TENAX TA mit anschliessender GC/MS Auswertung.

Der Summenparameter für flüchtige organische Verbindungen (TVOC = Total Volatile Organic Compounds) wird gemäss ISO 16000-6 bestimmt und umfasst alle auf TENAX eluierbaren und identifizierten Stoffe im Retentionszeitbereich zwischen n-Hexan und n-Eicosan und oberhalb ihrer Bestimmungsgrenzen von $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Die Bestimmungsgrenze für chlorierte Verbindungen sowie Acetophenon beträgt $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$, für Naphthalin und Benzol $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Die nicht identifizierten Signale werden oberhalb von $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ bei der Summenberechnung des TVOC berücksichtigt.

Auf Anfrage werden weitere, nicht benannte Kenndaten zu Messungen und Analysen (Messunsicherheit etc.) mitgeteilt.

3. UNTERSUCHUNGSBERICHT

SCHULHAUS GRENZHOF
LUZERNERSTRASSE 7
CH-6014 LUZERN

Bau- und Umweltchemie
Beratungen und Messungen AG

Wasserwerkstrasse 129
8037 Zürich
T. +41 (0)44 440 72 11
F. +41 (0)44 440 72 13

Gerechtigkeitsgasse 80
3011 Bern
T. +41 (0)31 550 49 50
F. +41 (0)31 550 49 51

Postkonto 80-76931-5
CHE-109.554.251 MWST.

buc@raumlufthygiene.ch
www.raumlufthygiene.ch



3. Untersuchungsbericht 2967-04.1_korr

Auftraggeber	Stadt Luzern, Immobilien Management, Hirschengraben 17, 6002 Luzern
Objekt	Schulhaus Grenzhof, Luzern
Projektnummer	2016-2967-04.1_korr
Projektleitung	Dominik Suter
Auftrag vom	27. September 2016
Ausführung der Abklärungen:	13. Oktober 2016
Qualitätssicherung:	ph
Anzahl Seiten Bericht:	13

Zürich, 23. November 2016

BUC Bau- und Umweltchemie AG



Dominik Suter

Projektleitung

Dieser Bericht besteht aus oben genannter Anzahl Seiten einschliesslich Deckblatt und darf nur vollinhaltlich, ohne Weglassung oder Hinzufügung, veröffentlicht werden. Wird er auszugsweise vervielfältigt, so ist vorab die Genehmigung der Firma *BUC Bau- und Umweltchemie AG*, Zürich einzuholen. Dieser Bericht wurde nach bestem Wissen und Gewissen unter Bedachtnahme aller bekannten und erhobenen Umstände erstellt. Für über die Aussagen des Berichts hinausgehende Folgerungen und Konsequenzen übernehmen die Aussteller keinerlei Haftung. Bei allfälligen Vorladungen als Zeuge durch das Gericht, muss der Aufwand, sofern nicht vom Gericht gedeckt, durch den Auftraggeber in voller Höhe im Stundenansatz entschädigt werden.

INHALTSVERZEICHNIS

1.	Ausgangslage	4
2.	Untersuchungen	4
3.	Messergebnisse und Interpretation	7
3.1	Chemie – Analyse	7
4.	Schlussfolgerungen/ Empfehlungen	10
4.1	Schlussfolgerungen	10
4.2	Empfehlungen	11
5.	Fotodokumentation	12
6.	Anhang I Probenahme	13
6.1	Chemie – Analyse	13

1. AUSGANGSLAGE

Objekt

Die Schulanlage Grenzhof an der Luzernerstrasse 7 in Luzern wurde in den 1960er Jahren in Stahlskelettbauweise erstellt und besteht aus zwei Pavillons, einer Bibliothek und einer Turnhalle. In den untersuchten Klassenräumen und im Kindergarten ist ein Linoleum Bodenbelag eingebracht. Die Wände sind mit Holztäfer verkleidet bzw. verputzt und an den Decken sind Akustikplatten angebracht. Die Räume werden über Radiatoren temperiert und über die Fenster gelüftet.

Schadensbeschreibung

In den Räumen der Schulanlage klagen die Raumnutzer über auffällige Geruchsbelastungen, welche in den Klassenräumen und in der Turnhalle durch Naphthaline verursacht werden.

Bisher durchgeführte Massnahmen/ Messungen

Im Januar 2015 wurden in der Schulanlage Grenzhof durch die Fa. BUC Bau- und Umweltchemie AG Raumlufmessungen unter Standardbedingungen¹ durchgeführt². Es wurden auffällige Konzentrationen an Naphthalinen und weiteren Teerölinhaltsstoffen nachgewiesen. In einem der untersuchten Klassenräume im Pavillion 1 wurde der gesundheitliche Eingreifwert für die Summe dieser Verbindungen überschritten. Im März 2015 wurden Messungen in jeweils zwei Räumen der Pavillons 1 und 2 unter Nutzungsbedingungen³ durchgeführt⁴. Naphthaline und Teerölinhaltstoffe wurden in allen untersuchten Räumen nachgewiesen. Der gesundheitliche Eingreifwert für die Summe dieser Verbindungen sowie der von der WHO empfohlene Jahresmittelwert für Naphthalin wurden in den Räumen P2/Kindergarten sowie P2/23 überschritten. In den unter-

¹ Um die Ergebnisse von verschiedenen Raumlufmessungen miteinander zu vergleichen und gegenüber Richtwerten bewerten zu können, erfolgen die Messungen i.d.R. unter Standardbedingungen. Entsprechend der ISO Norm 16000-2 und 16000-5 muss der zu messende Raum 15 Minuten intensiv gelüftet werden und danach etwa 8 Stunden bis zum Ende der Messung geschlossen bleiben.

² BUC Bau- und Umweltchemie AG, Untersuchungsbericht 2014-2967-01, Zürich 2015

³ Gemessen wurde jeweils eine Stunde nach der letzten Querlüftung.

⁴ BUC Bau- und Umweltchemie AG, Untersuchungsbericht 2015-2967-02, Zürich 2015

3. Untersuchungsbericht 2967-04.1_korr

suchten Räumen P1/15 und P1/16 lagen die Konzentrationen gerade im Bereich dieser Richtwerte bzw. knapp darunter.

Im Juli 2015 wurde im Rahmen eines Gebäudechecks zur Identifikation schadstoffhaltiger Baumaterialien⁵ ermittelt, dass im Zwischenboden eine PAK⁶-haltige Spreuschüttung vorhanden ist. Dieses Material ist als Quelle der beschriebenen Schadstoffe in der Raumluft anzusehen.

⁵ BUC Bau- und Umweltchemie AG, Untersuchungsbericht 2014-2967-03, Zürich 2015
Untersucht wurde der Zwischenboden des Schulzimmers Nr. 16 im OG des Pavillon 2

⁶ PAK = polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe

2. UNTERSUCHUNGEN

Auftrag

Die Fa. BUC Bau und Umweltchemie AG wurde beauftragt, Raumluftmessungen auf flüchtige organische Verbindungen (VOC) in den bereits im März 2015 untersuchten Räumen durchzuführen und die Ergebnisse zu vergleichen sowie gesundheitlich zu bewerten.

Messpunkte

Die untersuchten Messpunkte sind in der Tab. 1 zusammengestellt.

Tab. 1: Übersicht über die durchgeführten Messungen

Bereich	Parameter	P1/15	P1/16	P2/KiGa II	P2/23
Chemie	Flüchtige organische Verbindungen in der Raumluft	x	x	x	x

Mess- und Randbedingungen

Die chemischen Luftanalysen erfolgten mittels aktiver Probenahme - beschrieben im Anhang I - unter Nutzungsbedingungen⁷ an den untersuchten Messpunkten. Die Raumlufttemperaturen und die relativen Luftfeuchtigkeiten an den Messpunkten sind in der Tab. 2 des folgenden Kapitels 3.1 aufgeführt.

⁷ Vor der Messung wurde durch fünfzehnminütiges Öffnen von Türen und Fenstern intensiv gelüftet. Türen und Fenster wurden anschliessend wieder geschlossen und nach einer Wartezeit von einer Stunde wurde die Luftprobe genommen.

3. MESSERGEBNISSE UND INTERPRETATION

3.1 CHEMIE – ANALYSE

Ergebnisse

Die Tab. 2 zeigt den TVOC-Wert (Total Volatile Organic Compounds) und eine Zusammenstellung aller chemischen Verbindungen bzw. ihrer Summen, die in einer relevanten Konzentration nachgewiesen wurden. Des Weiteren sind die Konzentrationen der Naphthaline und Teerölinhaltstoffe angegeben. Alle anderen Stoffe sind - im Vergleich zu entsprechenden Richtwerten⁸ oder statistisch erhobenen Raumluftkonzentrationen^{9,10,11} - in niedrigen Konzentrationen vorhanden und werden nicht weiter bewertet. Zum Vergleich sind zudem die im März 2015 unter Nutzungsbedingungen gemessene Werte aufgeführt (grau hinterlegt).

Tab. 2: Chemische Verbindungen, die in einer relevanten Konzentration auftreten

Messpunkte		P1/15		P1/16*		P2/KiGa II		P2/23	
Messdatum		März 2015	Okt. 2016	März 2015	Okt. 2016	März 2015	Okt. 2016	März 2015	Okt. 2016
Temperatur		21.9° C	20.4° C	22.5° C	18.7° C	22.8° C	23.2° C	24.0° C	21.8° C
rel. Luftfeuchte		33.9%	45.0%	39.5%	44.8%	33.0%	45.0%	30.0%	50.3%
Verbindung	CAS Nr.	[µg/m ³]							
TVOC	-	165	38	49	21	360	216	147	382
Summe Teerölinhaltstoffe / Naphthaline	-	31	24	26	11	51	50	60	74
Summe Naphthaline	-	22	18	18	8	40	38	45	58
Naphthalin	91-20-3	11	9	8	4	22	21	24	32

* Im Raum P1/16 wurden vor Beginn der Messung geöffnete Kippfenster vorgefunden.

⁸ Pluschke P., Luftschadstoffe in Innenräumen, Springer-Verlag, Berlin, 1996

⁹ DIWODAT, Interne Datenbank der Fa. BAU- UND UMWELTCHEMIE Beratungen + Messungen AG, Stand Juli 2015

¹⁰ Umweltbundesamt, Bereitstellung einer Datenbank zum Vorkommen von flüchtigen organischen Verbindungen in der Raumluft, WaBoLu-Heft 05 08, 2007

¹¹ H.-D. Neumann, (UK NRW (Unfallkasse Nordrhein-Westfalen), Gesunde Luft in Schulen, 2013

Gesamtsituation (TVOC) – Interpretation

Der gemessene Gehalt an Lösemitteln in der Raumluft, die sogenannte TVOC-Konzentration, liegt an den Messpunkten bei 21 bis 382 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (vgl. Tab. 2).

Üblicherweise werden in Wohnungen und Klassenzimmern Werte zwischen 250 und 500 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ gemessen. Für einen beschwerdefreien Aufenthalt soll auf Dauer ein TVOC-Wert im Bereich von 1'000 bis 3'000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ nicht überschritten werden. Ziel sollte es sein, zur Sicherung raumlufthygienischer (keine toxikologische Begründung) und angenehmer Raumluftverhältnisse¹² in Innenräumen im langzeitigen Mittel eine TVOC-Konzentration von 200 bis 300 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ zu erreichen bzw. nach Möglichkeit sogar zu unterschreiten.

Summe Teerölinhaltsstoffe und Naphthaline – Interpretation

Die gemessenen Summenkonzentrationen der flüchtigen Teerölinhaltsstoffe liegen unter Nutzungsbedingungen zwischen 11 und 74 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ und setzen sich hauptsächlich aus Naphthalinen (Naphthalin, 2-Methylnaphthalin, 1-Methylnaphthalin) zusammen (vgl. Tab. 2). Die Einzelverbindung Naphthalin wurde in Konzentrationen von 4 bis 32 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ nachgewiesen.

Für die Summe der Teerölinhaltstoffe und Naphthaline besteht ein vorläufiger Eingreifwert¹³ von 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ und ein vorsorglicher Richtwert von 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. An den Messpunkten im Pavillion 1 wird der Eingreifwert zum Messzeitpunkt unter- und im Pavillion 2 überschritten.

Der gesundheitliche Eingreifwert für die Einzelverbindung Naphthalin liegt bei 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, der empfohlene WHO-Jahresmittelwert¹⁴ liegt bei 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Der Eingreifwert wird am Messpunkt P2/23 und der WHO-Jahresmittelwert am Messpunkt P2/KiGa II überschritten.

Im Vergleich zu der Messreihe im März 2015 wurden im Pavillion 1 tiefere Konzentrationen gemessen. Insbesondere der aktuelle Wert am Messpunkt P1/16 macht nur noch rund 40 % der im März gemessenen Konzentration aus. Die Fenster

¹² Seifert B., Richtwerte für die Innenraumluft - Die Beurteilung der Innenraumluftqualität mit Hilfe der Summe der flüchtigen organischen Verbindungen (TVOC-Wert), Bundesgesundheitsblatt – Bundesgesundheitsblatt-Gesundheitsforschung-Gesundheitsschutz 42, S. 270-278, 1999

¹³ Umweltbundesamt, Richtwerte für die Innenraumluft: Naphthalin und Naphthalin-ähnliche Verbindungen, Bundesgesundheitsblatt 56(10): 1448-1459, 2013

¹⁴ World Health Organization, WHO Guidelines for Indoor Air Quality: selected Pollutants, Dezember 2010

3. Untersuchungsbericht 2967-04.1_korr

in diesem Raum waren über die Nacht in gekippter Stellung und die Temperatur lag rund 4 °C tiefer. Die aktuelle Konzentration im Pavillion 2 am Messpunkt P2/KiGa II ist praktisch identisch hoch wie im März 2015 und der Wert am Messpunkt P2/23 fällt aktuell höher aus.

Teerölinhaltsstoffe sind Bestandteile von PAK-haltigen Baumaterialien. Im vorliegenden Objekt wurde in einem exemplarisch untersuchten Zwischenboden eine PAK-haltige Spreuschüttung identifiziert.

Je nach Zusammensetzung bewegt sich die Geruchsschwelle von Naphthalin-gemischen erfahrungsgemäss zwischen 20 und 50 µg/m³.

4. SCHLUSSFOLGERUNGEN/ EMPFEHLUNGEN

4.1 SCHLUSSFOLGERUNGEN

Es wurden jeweils zwei Messpunkte im Pavillion 1 und 2 auf flüchtige organische Verbindungen untersucht und mit den Resultaten vom März 2015 verglichen. Der gesundheitliche Eingreifwert für die Summe der Teerölinhaltstoffe und Naphthaline sowie der von der WHO empfohlene Jahresmittelwert für die Einzelverbindung Naphthalin wurden wie bereits im März 2015 in den zwei untersuchten Räumen des Pavillion 2 überschritten. Die in der aktuellen Messkampagne nachgewiesenen Konzentrationen sind praktisch identisch (P2/KiGa II) bzw. höher ausgefallen als im März 2015 (P2/23).

Im Pavillion 1 am Messpunkt P1/15 werden der gesundheitliche Eingreifwert für die Summe der Teerölinhaltstoffe und Naphthaline sowie der empfohlene Jahresmittelwert der WHO knapp unterschritten. Zum Messzeitpunkt im März 2015 wurden die entsprechenden Richtwerte noch knapp überschritten. Am Messpunkt P1/16 liegen die Werte deutlich tiefer als im März 2015. Es gilt aber zu berücksichtigen, dass die Fenster in diesem Raum über die Nacht in gekippter Stellung waren und die Messung im Vergleich bei einer deutlich geringeren Temperatur stattfand. Da die Naphthalin-Konzentration von den klimatischen Bedingungen abhängt, kann eine zeitweise Überschreitung der oben genannten gesundheitlichen Richtwerte in diesen Räumen im Jahresverlauf nicht ausgeschlossen werden. Bei hohen Temperaturen und Luftfeuchtigkeit in den Sommermonaten muss mit höheren Konzentrationen gerechnet werden.

Aufgrund der Messergebnisse besteht sowohl aus gesundheitlicher wie auch geruchlicher Sichtweise Handlungsbedarf.

4.2 EMPFEHLUNGEN

Kurzfristig empfehlen wir aufgrund der geruchs- und gesundheitsrelevanten Konzentrationen an Teerölinhaltstoffen und Naphthalinen, die Belastung in allen Klassenzimmern durch die Aufrechterhaltung eines Lüftungsregimes möglichst zu minimieren. Die Räume sind dazu am Morgen vor Beginn des Unterrichts, sowie während der Nutzungszeit stündlich, bzw. nach jeder Unterrichtslektion für 10 Minuten mit offenen Fenstern und Türen quer zu lüften.

Wie bereits im letzten Untersuchungsbericht hingewiesen, kann der Einsatz von mechanischen Lüftungsgeräten oder von Umluftgeräten mit Aktivkohlefiltern zur Reduktion der Konzentrationen eingesetzt werden. Falls eine solche Lösung in Betracht gezogen wird, wird empfohlen, die Auswirkungen eines definierten Luftwechsels auf die Naphthalin- und Teeröl-Konzentrationen in einem Raum zu simulieren und messtechnisch zu untersuchen.

5. FOTODOKUMENTATION



Abb. 1: Pavillion 1, Raum P1/15, Raumluftmessung auf flüchtige org. Verb.



Abb. 2: Pavillion 1, Raum P1/16, Raumluftmessung auf flüchtige org. Verb.



Abb. 3: Pavillion 2, Raum P2/23, Raumluftmessung auf flüchtige org. Verb.



Abb. 4: Pavillion 2, Raum P2/KiGa II, Raumluftmessung auf flüchtige org. Verb.

6. ANHANG I PROBENAHRME

6.1 CHEMIE – ANALYSE

Flüchtige organische Verbindungen – Tenax

Die Probenahme erfolgte nach der Arbeitsvorschrift *AV VOC LUFT*, die sich auf die Richtlinien ISO 16000-5 und ISO 16000-6 abstützt. Die Volumenströme der Probenahmegeräte werden normiert auf Standardbedingungen (20 °C, 1013.25 mbar). Die Anreicherung erfolgte an TENAX TA mit anschliessender GC/MS Auswertung.

Der Summenparameter für flüchtige organische Verbindungen (TVOC = Total Volatile Organic Compounds) wird gemäss ISO 16000-6 bestimmt und umfasst alle auf TENAX eluierbaren und identifizierten Stoffe im Retentionszeitbereich zwischen n-Hexan und n-Eicosan und oberhalb ihrer Bestimmungsgrenzen von 10 µg/m³. Die Bestimmungsgrenze für chlorierte Verbindungen sowie Acetophenon beträgt 5 µg/m³, für Naphthalin und Benzol 2 µg/m³. Die nicht identifizierten Signale werden oberhalb von 10 µg/m³ bei der Summenberechnung des TVOC berücksichtigt.

Auf Anfrage werden weitere, nicht benannte Kenndaten zu Messungen und Analysen (Messunsicherheit etc.) mitgeteilt.

4. UNTERSUCHUNGSBERICHT

SCHULHAUS GRENZHOF
LUZERNERSTRASSE 7
CH-6014 LUZERN

**Bau- und Umweltchemie
Beratungen und Messungen AG**

Thurgauerstrasse 60
8050 Zürich

T. +41 (0)44 440 72 11

F. +41 (0)44 440 72 13

Gerechtigkeitsgasse 80
3011 Bern

T. +41 (0)31 550 49 50

F. +41 (0)31 550 49 51

IBAN

CH04 0900 0000 8007 6931 5

CHE-109.554.251 MWST

buc@raumlufthygiene.ch

www.raumlufthygiene.ch



4. Untersuchungsbericht 2967-06

Auftraggeber	Herr Rosario Brillante, Stadt Luzern, Immobilien Management, Hirschengraben 17, 6002 Luzern
Objekt	Schulhaus Grenzhof, Luzern
Projektnummer	2018-2967-06
Projektleitung	Raphael Rapold
Auftrag vom	21. März 2018
Ausführung der Abklärungen:	05. April 2018
Qualitätssicherung:	ml
Anzahl Seiten Bericht:	13

Zürich, 11. Mai 2018

BUC Bau- und Umweltchemie AG

Barbara Jehle
GeschäftsführerinRaphael Rapold
Projektleitung

Dieser Bericht besteht aus oben genannter Anzahl Seiten einschliesslich Deckblatt und darf nur vollinhaltlich, ohne Weglassung oder Hinzufügung, veröffentlicht werden. Wird er auszugsweise vervielfältigt, so ist vorab die Genehmigung der Firma *BUC Bau- und Umweltchemie AG*, Zürich einzuholen. Dieser Bericht wurde nach bestem Wissen und Gewissen unter Bedachtnahme aller bekannten und erhobenen Umstände erstellt. Für über die Aussagen des Berichts hinausgehende Folgerungen und Konsequenzen übernehmen die Aussteller keinerlei Haftung. Bei allfälligen Vorladungen als Zeuge durch das Gericht, muss der Aufwand, sofern nicht vom Gericht gedeckt, durch den Auftraggeber in voller Höhe im Stundenansatz entschädigt werden.

INHALTSVERZEICHNIS

1.	Ausgangslage	4
2.	Untersuchungen	6
3.	Messergebnisse und Interpretation Chemie-Analyse	7
4.	Schlussfolgerungen / Empfehlungen	10
4.1	Schlussfolgerungen	10
4.2	Empfehlungen	11
5.	Fotodokumentation	12
6.	Anhang Probenahme Chemie	13

1. AUSGANGSLAGE

Objekt

Die Schulanlage Grenzhof an der Luzernerstrasse 7 in Luzern wurde in den 1960er Jahren in Stahlskelettbauweise erstellt und besteht aus zwei Pavillons, einer Bibliothek und einer Turnhalle. In den untersuchten Klassenräumen und im Kindergarten ist ein Linoleum Bodenbelag eingebracht. Die Wände sind mit Holztäfer verkleidet bzw. verputzt und an den Decken sind Akustikplatten angebracht. Die Räume werden über Radiatoren temperiert und über die Fenster gelüftet.

Schadensbeschreibung

In den Räumen der Schulanlage klagen die Raumnutzer über auffällige Geruchsbelastungen, welche in den Klassenräumen und in der Turnhalle vermutlich durch Naphthaline verursacht werden.

Bisher durchgeführte Massnahmen/ Messungen

Im Januar 2015 wurden in der Schulanlage Grenzhof durch die Fa. BUC Bau- und Umweltchemie AG Raumlufmessungen unter Standardbedingungen¹ durchgeführt². Es wurden auffällige Konzentrationen an Naphthalinen und weiteren Teerölinhaltsstoffen nachgewiesen. In einem der untersuchten Klassenräume im Pavillon 1 wurde der gesundheitliche Eingreifwert für die Summe dieser Verbindungen überschritten. Im März 2015 wurden Messungen in jeweils zwei Räumen der Pavillons 1 und 2 unter Nutzungsbedingungen³ durchgeführt⁴. Naphthaline und Teerölinhaltstoffe wurden in allen untersuchten Räumen nachgewiesen. Der gesundheitliche Eingreifwert für die Summe dieser Verbindungen sowie der von der WHO empfohlene Jahresmittelwert für Naphthalin wurden in den Räumen P2/Kindergarten sowie P2/23 überschritten. In den untersuchten Räumen P1/15 und

¹ Um die Ergebnisse von verschiedenen Raumlufmessungen miteinander zu vergleichen und gegenüber Richtwerten bewerten zu können, erfolgen die Messungen i.d.R. unter Standardbedingungen. Entsprechend der ISO Norm 16000-2 und 16000-5 muss der zu messende Raum 15 Minuten intensiv gelüftet werden und danach etwa 8 Stunden bis zum Ende der Messung geschlossen bleiben.

² BUC Bau- und Umweltchemie AG, Untersuchungsbericht 2014-2967-01, Zürich 2015

³ Gemessen wurde jeweils eine Stunde nach der letzten Querlüftung.

⁴ BUC Bau- und Umweltchemie AG, Untersuchungsbericht 2015-2967-02, Zürich 2015

4. Untersuchungsbericht 2967-06

P1/16 lagen die Konzentrationen gerade im Bereich dieser Richtwerte bzw. knapp darunter. Im Juli 2015 wurde im Rahmen eines Gebäudechecks zur Identifikation schadstoffhaltiger Baumaterialien⁵ ermittelt, dass im Zwischenboden eine PAK⁶-haltige Spreuschüttung vorhanden ist. Dieses Material ist als Quelle der beschriebenen Schadstoffe in der Raumluft anzusehen. Im Oktober 2016 wurde die Raumluft erneut unter Nutzungsbedingungen untersucht⁷. Die Konzentrationen im Oktober 2016 im Pavillon 2 waren praktisch identisch bzw. sogar höher ausgefallen als im März 2015. Im Pavillon 1 waren die Konzentrationen im Oktober 2016 deutlich tiefer ausgefallen als im März 2015, was jedoch zumindest teilweise mit den Messbedingungen begründet wurde.

Darauf wurde in den Räumen Aktivkohlefilter installiert, was die Geruchsproblematik nicht verbesserte. Nach Austausch der Aktivkohlefilter mit 3-stufigen Luftreinigungsgeräte der Fa. Swission GmbH zur Geruchsneutralisation hat sich nach Aussage des Auftraggebers die Geruchsproblematik deutlich verbessert. Bei den Luftreinigern handelt es sich um Geräte mit einem Ionisator mit Hochspannungs-Koronarentladung.

⁵ BUC Bau- und Umweltchemie AG, Untersuchungsbericht 2014-2967-03, Zürich 2015

Untersucht wurde der Zwischenboden des Schulzimmers Nr. 16 im OG des Pavillon 2

⁶ PAK = polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe

⁷ BUC Bau- und Umweltchemie AG, Untersuchungsbericht 2014-2967-04.1_korr, Zürich 2016

2. UNTERSUCHUNGEN

Auftrag

Die Fa. BUC Bau und Umweltchemie AG wurde beauftragt, Raumluftmessungen auf flüchtige organische Verbindungen (VOC) in den bereits im März 2015 und im Oktober 2016 untersuchten Räumen durchzuführen und die Ergebnisse zu vergleichen sowie gesundheitlich zu bewerten.

Messpunkte

Die untersuchten Messpunkte sind in der Tab. 1 zusammengestellt.

Tab. 1: Übersicht über die durchgeführten Messungen

Bereich	Parameter	P1/15	P1/16	P2/KiGa II	P2/23	P2/Logo
Chemie	Flüchtige organische Verbindungen in der Raumluft	x	x	x	x	x

Mess- und Randbedingungen

Die chemischen Luftanalysen erfolgten mittels aktiver Probenahme - beschrieben im Anhang I - unter Nutzungsbedingungen⁸ an den untersuchten Messpunkten. Die Raumlufttemperaturen und die relativen Luftfeuchtigkeiten an den Messpunkten sind in der Tab. 2 des folgenden Kapitels 3.1 aufgeführt.

An den Messpunkten P2/23 und P1/16 wurde die Luftreinigungsgeräte am 04. April 2018 um 15 Uhr ausgeschaltet. An den übrigen Messpunkten liefen die Luftreinigungsgeräte während den Messungen auf Stufe 1.

⁸ Vor der Messung wurde durch fünfzehnminütiges Öffnen von Türen und Fenstern intensiv gelüftet. Türen und Fenster wurden anschliessend wieder geschlossen und nach einer Wartezeit von einer Stunde wurde die Luftprobe genommen.

3. MESSERGEBNISSE UND INTERPRETATION CHEMIE-ANALYSE

Ergebnisse

Tab. 2 zeigt den TVOC-Wert (Total Volatile Organic Compounds) und eine Zusammenstellung aller chemischen Verbindungen bzw. ihrer Summen, die in einer relevanten Konzentration nachgewiesen wurden. Zusätzlich sind die Konzentrationen der Naphthaline und Teerölinhaltstoffe angegeben. Alle anderen Stoffe sind - im Vergleich zu entsprechenden Richtwerten⁹ oder statistisch erhobenen Raumluftkonzentrationen^{10,11,12} - in niedrigen Konzentrationen vorhanden und werden nicht weiter bewertet. Zum Vergleich sind zudem die im März 2015 und Oktober 2016 unter Nutzungsbedingungen gemessene Werte aufgeführt (grau hinterlegt).

Tab. 2: Chemische Verbindungen, die in einer relevanten Konzentration auftreten

Messpunkte		P1/15			P1/16*			P2/KiGa II			P2/23*			P2/Logo
		März 2015	Okt. 2016	April 2018	März 2015	Okt. 2016	April 2018	März 2015	Okt. 2016	April 2018	März 2015	Okt. 2016	April 2018	April 2018
Messdatum														
Temperatur [°C]		21.9	20.4	21.7	22.5	18.7	21.7	22.8	23.2	22.4	24.0	21.8	21.4	22.8
rel. Luftfeuchte [%]		33.9	45.0	33.6	39.5	44.8	30.1	33.0	45.0	30.8	30.0	50.3	32.0	32.0
Verbindung	CAS Nr.	[µg/m ³]												
TVOC	-	165	38	42	49	21	56	360	216	107	147	382	253	142
Summe Teerölinhaltstoffe / Naphthaline	-	31	24	23	26	11	18	51	50	67	60	74	82	22
Summe Naphthaline	-	22	18	17	18	8	12	40	38	53	45	58	66	20
Naphthalin	91-20-3	11	9	9	8	4	6	22	21	29	24	32	36	12

*Luftreinigungsgeräte ausgeschaltet, an den nicht markierten Messpunkten auf Stufe 1 in Betrieb.

⁹ Pluschke P., Luftschadstoffe in Innenräumen, Springer-Verlag, Berlin, 1996

¹⁰ DIWODAT, Interne Datenbank der Fa. BAU- UND UMWELTCHEMIE Beratungen + Messungen AG, Stand Juli 2015

¹¹ Umweltbundesamt, Bereitstellung einer Datenbank zum Vorkommen von flüchtigen organischen Verbindungen in der Raumluft, WaBoLu-Heft 05 08, 2007

¹² H.-D. Neumann, (UK NRW (Unfallkasse Nordrhein-Westfalen), Gesunde Luft in Schulen, 2013

Gesamtsituation (TVOC) – Interpretation

Der gemessene Gehalt an Lösemitteln in der Raumluft, die sogenannte TVOC-Konzentration, liegt an den Messpunkten bei 42 bis 253 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (vgl. Tab. 2).

Üblicherweise werden in Wohnungen und Klassenzimmern Werte zwischen 250 und 500 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ gemessen. Für einen beschwerdefreien Aufenthalt soll auf Dauer ein TVOC-Wert im Bereich von 1'000 bis 3'000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ nicht überschritten werden. Ziel sollte es sein, zur Sicherung raumlufthygienischer (keine toxikologische Begründung) und angenehmer Raumluftverhältnisse¹³ in Innenräumen im langzeitigen Mittel eine TVOC-Konzentration von 200 bis 300 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ zu erreichen bzw. nach Möglichkeit sogar zu unterschreiten.

Summe Teerölinhaltsstoffe und Naphthaline – Interpretation

Die gemessenen Summenkonzentrationen der flüchtigen Teerölinhaltsstoffe liegen unter Nutzungsbedingungen zwischen 18 und 82 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ und setzen sich hauptsächlich aus Naphthalinen (Naphthalin, 2-Methylnaphthalin, 1-Methylnaphthalin) zusammen (vgl. Tab. 2). Die Einzelverbindung Naphthalin wurde in Konzentrationen von 6 bis 36 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ nachgewiesen.

Für die Summe der Teerölinhaltstoffe und Naphthaline besteht ein vorläufiger Eingreifwert¹⁴ von 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ und ein vorsorglicher Richtwert von 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. An allen Messpunkten wird der vorsorgliche Richtwert überschritten. An den Messpunkten P1/15 und P1/16, sowie am Messpunkt P2/Logo wird der Eingreifwert zum Messzeitpunkt unter- und an den Messpunkten P2/ KiGa II und P2/23 überschritten.

Der gesundheitliche Eingreifwert für die Einzelverbindung Naphthalin liegt ebenfalls bei 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, der empfohlene WHO-Jahresmittelwert¹⁵ liegt bei 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Der Eingreifwert wird am Messpunkt P2/23 und der WHO-Jahresmittelwert am Messpunkt P2/KiGa II sowie P2/Logopädie überschritten.

Im Vergleich zu der Messreihe im Oktober 2016 wurden im Pavillon 1 praktisch identisch hohe (P1/15) und sogar leicht höhere (P1/16) Naphthalin-Konzentrationen

¹³ Seifert B., Richtwerte für die Innenraumluft - Die Beurteilung der Innenraumluftqualität mit Hilfe der Summe der flüchtigen organischen Verbindungen (TVOC-Wert), Bundesgesundheitsblatt – Bundesgesundheitsblatt-Gesundheitsforschung-Gesundheitsschutz 42, S. 270-278, 1999

¹⁴ Umweltbundesamt, Richtwerte für die Innenraumluft: Naphthalin und Naphthalin-ähnliche Verbindungen, Bundesgesundheitsblatt 56(10): 1448-1459, 2013

¹⁵ World Health Organization, WHO Guidelines for Indoor Air Quality: selected Pollutants, Dezember 2010

4. Untersuchungsbericht 2967-06

gemessen. Die höheren gemessenen Konzentrationen im P1/16 lassen sich unter anderem dadurch erklären, dass bei der Messung im Oktober 2016 die Fenster über Nacht gekippt waren und die Raumtemperatur rund 3°C tiefer war.

Die aktuellen Konzentrationen im Pavillon 2 am Messpunkt P2/KiGa II sind rund 40% höher als wie im Oktober 2016 und die Werte am Messpunkt P2/23 fallen rund 10% höher aus. Der Messpunkt P2/Logo wurde das erste Mal gemessen, daher kann kein temporaler Vergleich gezogen werden.

Teerölinhaltsstoffe sind Bestandteile von PAK-haltigen Baumaterialien. Im vorliegenden Objekt wurde in einem exemplarisch untersuchten Zwischenboden eine PAK-haltige Spreuschüttung identifiziert.

4. SCHLUSSFOLGERUNGEN / EMPFEHLUNGEN

4.1 SCHLUSSFOLGERUNGEN

Es wurden jeweils zwei Messpunkte im Pavillon 1 und drei Messpunkte im Pavillon 2 auf flüchtige organische Verbindungen untersucht und mit den Resultaten vom Oktober 2016 verglichen. Der gesundheitliche Eingreifwert für die Summe der Teerölinhaltstoffe und Naphthaline wurden wie bereits im Oktober 2016 in den Messpunkten P2/KiGa II und P2/23 überschritten. Der von der WHO empfohlene Jahresmittelwert für die Einzelverbindung Naphthalin wurde in allen drei untersuchten Räumen des Pavillon 2 überschritten. Am Messpunkt P2/23 wird sogar der gesundheitliche Eingreifwert für die Einzelverbindung Naphthalin überschritten. Die in der aktuellen Messkampagne nachgewiesenen Konzentrationen sind trotz Luftreiniger erhöht (P2/KiGa II) bzw. auch ohne Luftreiniger höher ausgefallen als im Oktober 2016 (P2/23). Für den Messpunkt P2/Logo kann aufgrund fehlender Vergleichswerte keine Aussage bezüglich des Effekts des Luftreinigungsgerätes getroffen werden.

Im Pavillon 1 wird an beiden Messpunkten P1/15 und P1/16 der gesundheitliche Eingreifwert für die Summe der Teerölinhaltstoffe und Naphthaline sowie der empfohlene Jahresmittelwert der WHO für die Einzelsubstanz Naphthalin unterschritten. Jedoch wird der vorsorgliche Richtwert für die Summe der Teerölinhaltstoffe und Naphthaline an beiden Messpunkten überschritten. Am Messpunkt P1/15 wurden trotz aktivem Luftreinigungsgerät praktisch identische Konzentrationen wie im Oktober 2016 gemessen.

Zusammenfassend konnte die Schadstoffbelastung trotz des Einsatzes von ionisierenden Luftreinigungsgeräten im Vergleich zum Vorjahr nicht vermindert werden. Auch wenn eine geruchliche Verbesserung in den Räumen wahrnehmbar ist, zeigen die Messergebnisse in allen Räumen ähnliche und sogar höhere Naphthalin- und Teerölinhaltstoffkonzentrationen auf wie im Oktober 2016. Es kann aber auch nicht ausgeschlossen werden, dass die Raumluftkonzentrationen ohne Luftreinigungsgeräte nicht noch höher wären.

Aufgrund der Messergebnisse besteht aus gesundheitlicher Sichtweise Handlungsbedarf.

4.2 EMPFEHLUNGEN

Kurzfristig empfehlen wir aufgrund der gesundheitsrelevanten Konzentrationen an Teerölinhaltstoffen und Naphthalinen, die Belastung in allen Klassenzimmern durch die Aufrechterhaltung eines Lüftungsregimes möglichst zu minimieren. Die Räume sind dazu am Morgen vor Beginn des Unterrichts, sowie während der Nutzungszeit stündlich, bzw. nach jeder Unterrichtslektion für 10 Minuten mit offenen Fenstern und Türen quer zu lüften.

Da in den Räumen P2/KiGa II und P2/23 die gesundheitlichen Eingreifwerte mehrmals überschritten wurden und die bisherigen Massnahmen keine wesentliche Verbesserung der Schadstoffbelastung erzielen konnten, wird empfohlen diese Räume ab sofort nicht mehr zu benutzen.

Langfristig wird empfohlen, die PAK-haltige Spreuschüttung zu entfernen. Wie bereits im letzten Untersuchungsbericht hingewiesen, kann der Einsatz von mechanischen Lüftungsgeräten oder von Umluftgeräten mit Aktivkohlefiltern zur möglichen Reduktion der Konzentrationen eingesetzt werden. Auch wenn solche Geräte bereits eingesetzt wurden und die geruchliche Belastung scheinbar nicht entfernen konnten, ist eine Reduktion der Luftschadstoffbelastung möglich. Falls eine solche Lösung in Betracht gezogen wird, wird empfohlen, die Auswirkungen auf die Naphthalin- und Teeröl-Konzentrationen messtechnisch nach einigen Monaten zu untersuchen.

4. Untersuchungsbericht 2967-06

5. FOTODOKUMENTATION



Abb. 1: Pavillon 1, Raum P1/15, Raumluftmessung auf flüchtige org. Verb.



Abb. 2: Pavillon 1, Raum P1/16, Raumluftmessung auf flüchtige org. Verb.



Abb. 3: Pavillon 2, Raum P2/23, Raumluftmessung auf flüchtige org. Verb.



Abb. 4: Pavillon 2, Raum P2/KiGa II, Raumluftmessung auf flüchtige org. Verb.



Abb. 5: Pavillon 2, Raum P2/Logo, Raumluftmessung auf flüchtige org. Verb.

6. ANHANG PROBENAHE CHEMIE

Flüchtige organische Verbindungen – Tenax

Die Probenahme erfolgte nach der Arbeitsvorschrift *AV VOC LUFT*, die sich auf die Richtlinien ISO 16000-5 und ISO 16000-6 abstützt. Die Volumenströme der Probenahmegeräte werden normiert auf Standardbedingungen (20 °C, 1013.25 mbar). Die Anreicherung erfolgte an TENAX TA mit anschliessender GC/MS Auswertung.

Der Summenparameter für flüchtige organische Verbindungen (TVOC = Total Volatile Organic Compounds) wird gemäss ISO 16000-6 bestimmt und umfasst alle auf TENAX eluierbaren und identifizierten Stoffe im Retentionszeitbereich zwischen n-Hexan und n-Eicosan und oberhalb ihrer Bestimmungsgrenzen von 10 µg/m³. Die Bestimmungsgrenze für chlorierte Verbindungen sowie Acetophenon beträgt 5 µg/m³, für Naphthalin und Benzol 2 µg/m³. Die nicht identifizierten Signale werden oberhalb von 10 µg/m³ bei der Summenberechnung des TVOC berücksichtigt.

Auf Anfrage werden weitere, nicht benannte Kenndaten zu Messungen und Analysen (Messunsicherheit etc.) mitgeteilt.

5. UNTERSUCHUNGSBERICHT

SCHULHAUS GRENZHOF
LUZERNERSTRASSE 7
CH-6014 LUZERN

**Bau- und Umweltchemie
Beratungen und Messungen AG**

Thurgauerstrasse 60
8050 Zürich

T. +41 (0)44 440 72 11

F. +41 (0)44 440 72 13

Gerechtigkeitsgasse 80
3011 Bern

T. +41 (0)31 550 49 50

F. +41 (0)31 550 49 51

IBAN

CH04 0900 0000 8007 6931 5

CHE-109.554.251 MWST

buc@raumlufthygiene.ch

www.raumlufthygiene.ch



5. Untersuchungsbericht 2967-07

Auftraggeber	Herr Rosario Brillante, Stadt Luzern, Immobilien Management, Hirschengraben 17, 6002 Luzern
Objekt	Schulhaus Grenzhof, Luzern
Projektnummer	2018-2967-07
Projektleitung	Raphael Rapold
Auftrag vom	16. Mai 2018
Ausführung der Abklärungen:	31. Mai 2018 / 01. Juni 2018
Qualitätssicherung:	ml
Anzahl Seiten Bericht:	29

Zürich, 05. Juli 2018

BUC Bau- und Umweltchemie AG



Raphael Rapold

Projektleitung

Dieser Bericht besteht aus oben genannter Anzahl Seiten einschliesslich Deckblatt und darf nur vollinhaltlich, ohne Weglassung oder Hinzufügung, veröffentlicht werden. Wird er auszugsweise vervielfältigt, so ist vorab die Genehmigung der Firma *BUC Bau- und Umweltchemie AG*, Zürich einzuholen. Dieser Bericht wurde nach bestem Wissen und Gewissen unter Bedachtnahme aller bekannten und erhobenen Umstände erstellt. Für über die Aussagen des Berichts hinausgehende Folgerungen und Konsequenzen übernehmen die Aussteller keinerlei Haftung. Bei allfälligen Vorladungen als Zeuge durch das Gericht, muss der Aufwand, sofern nicht vom Gericht gedeckt, durch den Auftraggeber in voller Höhe im Stundenansatz entschädigt werden.

INHALTSVERZEICHNIS

1.	Ausgangslage	4
2.	Untersuchungen	6
3.	Messergebnisse und Interpretation Chemie-Analyse	8
4.	Schlussfolgerungen/ Empfehlungen	21
4.1	Schlussfolgerungen	21
4.2	Empfehlungen	22
5.	Fotodokumentation	24
6.	Anhang: Probenahme Chemie	29

1. AUSGANGSLAGE

Objekt

Die Schulanlage Grenzhof an der Luzernerstrasse 7 in Luzern wurde in den 1960er Jahren in Stahlskelettbauweise erstellt und besteht aus zwei Pavillons, einer Bibliothek und einer Turnhalle. In den untersuchten Klassenräumen und im Kindergarten ist ein Linoleum Bodenbelag eingebracht. Die Wände sind mit Holztäfer verkleidet bzw. verputzt und an den Decken sind Akustikplatten angebracht. Die Räume werden über Radiatoren temperiert und über die Fenster gelüftet.

Schadensbeschreibung

In den Räumen der Schulanlage klagen die Raumnutzer über auffällige Geruchsbelastungen, welche in den Klassenräumen und in der Turnhalle durch Teerölinhaltsstoffe und Naphthaline verursacht werden.

Bisher durchgeführte Massnahmen/ Messungen

Im Januar 2015 wurden in der Schulanlage Grenzhof durch die Fa. BUC Bau- und Umweltchemie AG Raumlufmessungen unter Standardbedingungen¹ durchgeführt². Es wurden auffällige Konzentrationen an Naphthalinen und weiteren Teerölinhaltsstoffen nachgewiesen. In einem der untersuchten Klassenräume im Pavillon 1 wurde der gesundheitliche Eingreifwert für die Summe dieser Verbindungen überschritten. Im März 2015 wurden Messungen in jeweils zwei Räumen der Pavillons 1 und 2 unter Nutzungsbedingungen³ durchgeführt⁴. Naphthaline und Teerölinhaltstoffe wurden in allen untersuchten Räumen nachgewiesen. Der gesundheitliche Eingreifwert für die Summe dieser Verbindungen sowie der von der WHO empfohlene Jahresmittelwert für Naphthalin wurden in den Räumen P2/Kindergarten sowie P2/23 überschritten. In den untersuchten Räumen P1/15 und P1/16 lagen die Konzentrationen gerade im Bereich dieser Richtwerte bzw. knapp

¹ Um die Ergebnisse von verschiedenen Raumlufmessungen miteinander zu vergleichen und gegenüber Richtwerten bewerten zu können, erfolgen die Messungen i.d.R. unter Standardbedingungen. Entsprechend der ISO Norm 16000-2 und 16000-5 muss der zu messende Raum 15 Minuten intensiv gelüftet werden und danach etwa 8 Stunden bis zum Ende der Messung geschlossen bleiben.

² BUC Bau- und Umweltchemie AG, Untersuchungsbericht 2014-2967-01, Zürich 2015

³ Gemessen wurde jeweils eine Stunde nach der letzten Querlüftung.

⁴ BUC Bau- und Umweltchemie AG, Untersuchungsbericht 2015-2967-02, Zürich 2015

darunter. Im Juli 2015 wurde im Rahmen eines Gebäudechecks zur Identifikation schadstoffhaltiger Baumaterialien⁵ ermittelt, dass im Zwischenboden eine PAK⁶-haltige Spreuschüttung vorhanden ist. Dieses Material ist als Quelle der beschriebenen Schadstoffe in der Raumluft anzusehen. Im Oktober 2016 wurde die Raumluft erneut unter Nutzungsbedingungen untersucht⁷. Die Konzentrationen im Oktober 2016 im Pavillon 2 waren praktisch identisch bzw. sogar höher ausgefallen als im März 2015. Im Pavillon 1 waren die Konzentrationen im Oktober 2016 deutlich tiefer ausgefallen als im März 2015, was jedoch zumindest teilweise mit den Messbedingungen begründet wurde.

Darauf wurde in den Räumen Aktivkohlefilter installiert, was die Geruchsproblematik nicht verbesserte. Nach Austausch der Aktivkohlefilter mit 3-stufigen Luftreinigungsgeräte der Fa. Swiss Ion GmbH zur Geruchsneutralisation hat sich nach Aussage des Auftraggebers die Geruchsproblematik deutlich verbessert. Bei den Luftreinigern handelt es sich um Geräte mit einem Ionisator mit Hochspannungskoronarentladung.

Nach weiteren Kontrollmessungen durch die Fa. BUC- Bau und Umweltchemie AG im April 2018⁸ wurde festgestellt, dass der Einsatz der Lüftungsgeräte keine messbare Verbesserung der Raumlufthygiene herbeigeführt hat. Die Konzentrationen an Naphthalinen und Teerölinhaltsstoffen sind höher oder gleich hoch ausgefallen als im Oktober 2016. Nach wie vor überschritten die Konzentrationen an Naphthalinen und Teerölinhaltsstoffen die gesundheitlichen Eingreifwerte (Pavillon 2) resp. Vorsorgewerte (Pavillon 1).

⁵ BUC Bau- und Umweltchemie AG, Untersuchungsbericht 2014-2967-03, Zürich 2015
Untersucht wurde der Zwischenboden des Schulzimmers Nr. 16 im OG des Pavillon 2

⁶ PAK = polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe

⁷ BUC Bau- und Umweltchemie AG, Untersuchungsbericht 2014-2967-04.1_korr, Zürich 2016

⁸ BUC Bau- und Umweltchemie AG, Untersuchungsbericht 2014-2967-06, Zürich 2018

2. UNTERSUCHUNGEN

Auftrag

Die Fa. BUC Bau und Umweltchemie AG wurde beauftragt, Raumluftmessungen auf flüchtige organische Verbindungen (VOC) in sämtlichen Räumen im Pavillon 1 und Pavillon 2 durchzuführen und die Ergebnisse zu vergleichen sowie gesundheitlich zu bewerten.

Messpunkte

Die untersuchten Messpunkte sind in Tab. 1. zusammengestellt.

Tab. 1: Übersicht über die durchgeführten Messungen

Raum	Parameter Bereich Chemie: Flüchtige organische Verbindungen in der Raumluft
P1/15	x
P1/16	x
P1/14	x
P1/18	x
P1/17	x
P1/13&11	x
P1/12	x
P1/1E	x
P1/1D	x
P2/KiGa II	x
P2/23	x
P2/Logo	x
P2/22	x
P2/24	x
P2/21	x
P2/25	x
P2/KiGa I	x
P2/26	x
Betr.1. OG	x
Betr. EG	x
Aula	x
Turnhalle	x

Mess- und Randbedingungen

Die chemischen Luftanalysen erfolgten mittels aktiver Probenahme - beschrieben im Anhang I - unter Standardbedingungen¹ an den untersuchten Messpunkten. Die Raumlufttemperaturen und die relativen Luftfeuchtigkeiten an den Messpunkten sind in Tab. 2 des folgenden Kapitels 3 aufgeführt.

Während der vorliegenden Messungen waren in allen Räumen die Luftreinigungsgeräte der Fa. Swiss Ion GmbH in Betrieb. Zusätzlich war an den Messpunkten P2/23 sowie P2/KiGa II jeweils ein Aktivkohleluftreinigungsgerät „Blueair“ der Fa. Holag in Betrieb. Am Messpunkt P1/16 waren 2 Aktivkohleluftreinigungsgeräte „Roters XYG460“ der Fa. Trobag in Betrieb sowie am Messpunkt P1/15 ein Gerät „Roters XYG460“.

3. MESSERGEBNISSE UND INTERPRETATION CHEMIE-ANALYSE

Ergebnisse

Tab. 2 zeigt den TVOC-Wert (Total Volatile Organic Compounds) und eine Zusammenstellung aller chemischen Verbindungen bzw. ihrer Summen, die in einer relevanten Konzentration nachgewiesen wurden. Zusätzlich sind die Konzentrationen der Naphthaline und Teerölinhaltstoffe angegeben. Alle anderen Stoffe sind - im Vergleich zu entsprechenden Richtwerten⁹ oder statistisch erhobenen Raumlufkonzentrationen^{10,11,12} - in niedrigen Konzentrationen vorhanden und werden nicht weiter bewertet. Zum Vergleich sind, sofern vorhanden, die im März 2015 und Oktober 2016 unter Nutzungsbedingungen gemessene Werte aufgeführt (grau hinterlegt).

Zur besseren Gesamtübersicht über die das Gesamtbild der Gebäudebelastung sind in den Grundrissen 1-7 die Messergebnisse räumlich pro Gebäude dargestellt.

⁹ Pluschke P., Luftschadstoffe in Innenräumen, Springer-Verlag, Berlin, 1996

¹⁰ DIWODAT, Interne Datenbank der Fa. BAU- UND UMWELTCHEMIE Beratungen + Messungen AG, Stand Juli 2015

¹¹ Umweltbundesamt, Bereitstellung einer Datenbank zum Vorkommen von flüchtigen organischen Verbindungen in der Raumluf , WaBoLu-Heft 05 08, 2007

¹² H.-D. Neumann, (UK NRW (Unfallkasse Nordrhein-Westfalen), Gesunde Luft in Schulen, 2013

5. Untersuchungsbericht 2967-07


Tab. 2: Chemische Verbindungen, die in einer relevanten Konzentration auftreten

Messpunkte		P1/15				P1/16				P2/KiGa II				P2/23				P2/Logo	
		März 2015	Okt. 2016	April 2018	Mai 2018*	März 2015	Okt. 2016	April 2018	Mai 2018*	März 2015	Okt. 2016	April 2018	Mai 2018**	März 2015	Okt. 2016	April 2018	Mai 2018**	April 2018	Mai 2018
Messdatum																			
Temperatur [°C]		21.9	20.4	21.7	25.6	22.5	18.7	21.7	23.4	22.8	23.2	22.4	25.6	24.0	21.8	21.4	25.6	22.8	22.0
rel. Luftfeuchte [%]		33.9	45.0	33.6	48.7	39.5	44.8	30.1	55.0	33.0	45.0	30.8	48.2	30.0	50.3	32.0	49.1	32.0	56.2
Verbindung	CAS Nr.	[µg/m³]																	
TVOC	-	165	38	42	129	49	21	56	40	360	216	107	451	147	382	253	621	142	650
Summe Teerölinhaltstoffe / Naphthaline	-	31	24	23	38	26	11	18	12	51	50	67	104	60	74	82	106	22	49
Summe Naphthaline	-	22	18	17	25	18	8	12	8	40	38	53	76	45	58	66	82	20	40
Naphthalin	91-20-3	11	9	9	12	8	4	6	4	22	21	29	40	24	32	36	43	12	22
Benzol	71-43-2												2				3		

*Roters XYG460

**Blueair

 Keine Richtwerte überschritten

 Vorsorgewert überschritten

 Eingreifwert überschritten

5. Untersuchungsbericht 2967-07

Fortsetzung Tab. 2: Chemische Verbindungen, die in einer relevanten Konzentration auftreten

Messpunkte		P2/22	P2/24	P2/21	P2/25	P2/KiGa I	P2/26	Betr. 1. OG	P1/14***	P1/18	P1/17	P1/13&11	P1/12****	P1/1E	P1/1D	Betr. EG	Aula	Turnhalle ****
Messdatum		Mai 2018																
Temperatur [°C]		22.7	24.3	25.5	26.2	24.7	25.0	25.4	22.1	24.1	23.8	24.7	23.1	21.6	21.4	25.6	25.1	26.5
rel. Luftfeuchte [%]		57.8	53.7	52.4	45.0	51.2	52.7	53.7	60.6	52.7	53.1	48.6	55.0	59.6	62.3	51.4	54.8	48.8
Verbindung	CAS Nr.	[µg/m ³]																
TVOC	-	564	533	381	510	600	166	485	49	548	655	498	59	264	292	99	122	23
Summe Teerölinhaltstoffe / Naphthaline	-	140	133	96	179	165	80	91	18	92	122	158	21	8	13	16	67	23
Summe Naphthaline	-	91	86	73	140	107	59	75	11	45	71	90	12	8	11	9	41	15
Naphthalin	91-20-3	47	45	38	70	56	30	35	5	17	31	42	6	5	6	3	19	8

***Umluftgerät mit Aussenluftansaugung

****Fenster 1h vor Messung durch Lehrperson geöffnet

*****Lüftungsanlage in Betrieb

Keine Richtwerte überschritten

Vorsorgewert überschritten

Eingreifwert überschritten

5. Untersuchungsbericht 2967-07

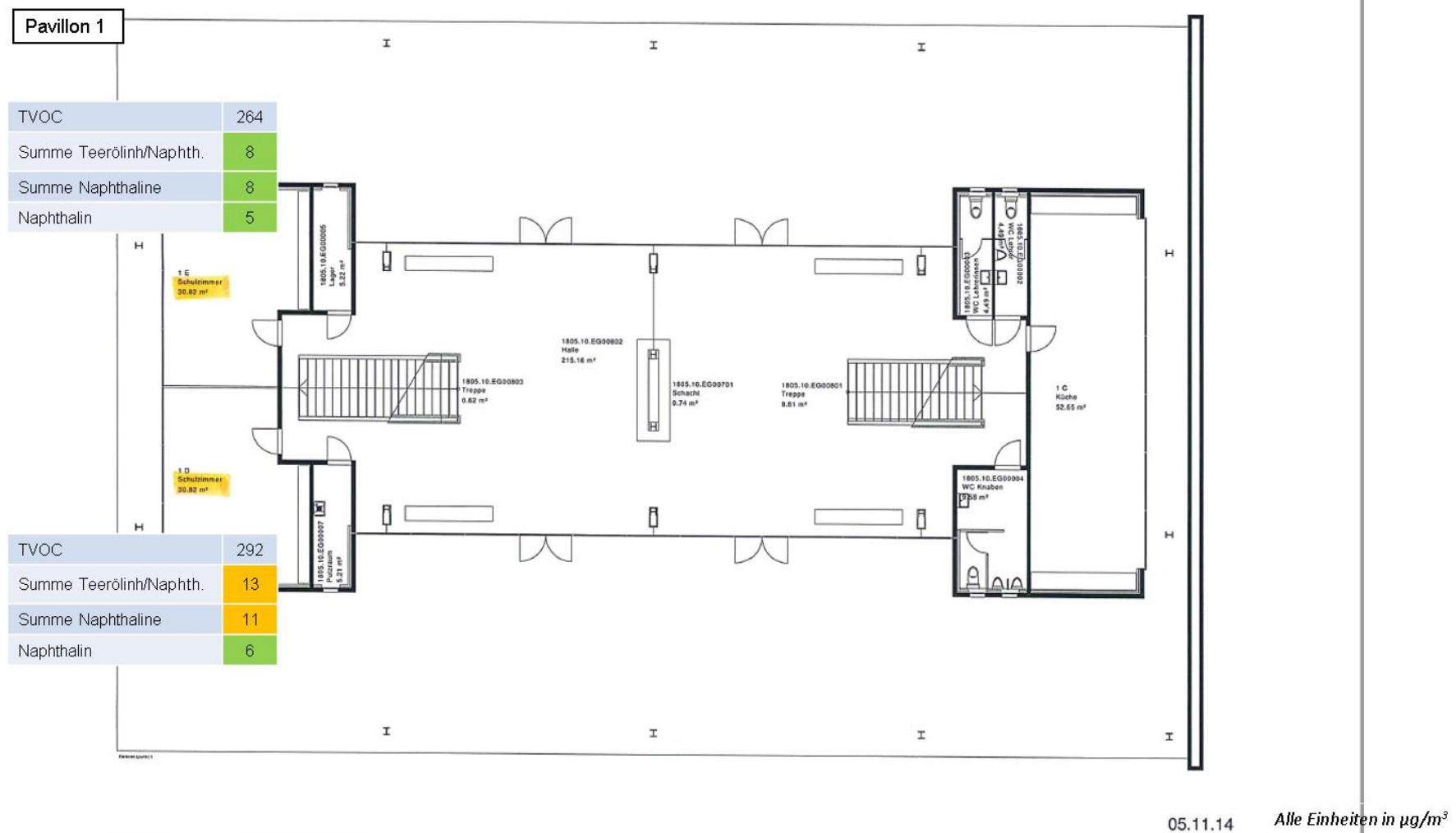
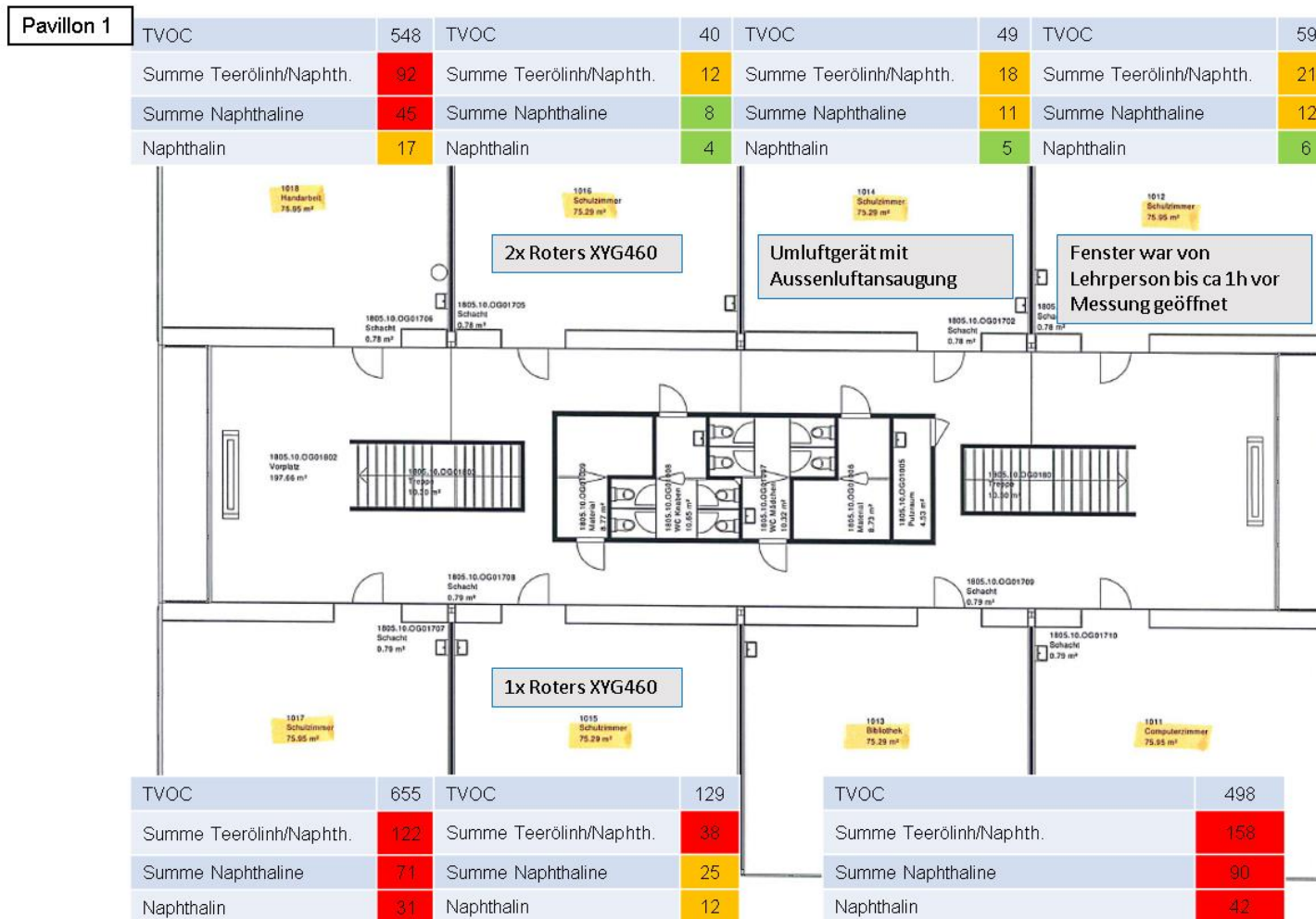


Abb. 1: Grundriss 1: Pavillon 1, EG, Resultate Mai 2018

5. Untersuchungsbericht 2967-07

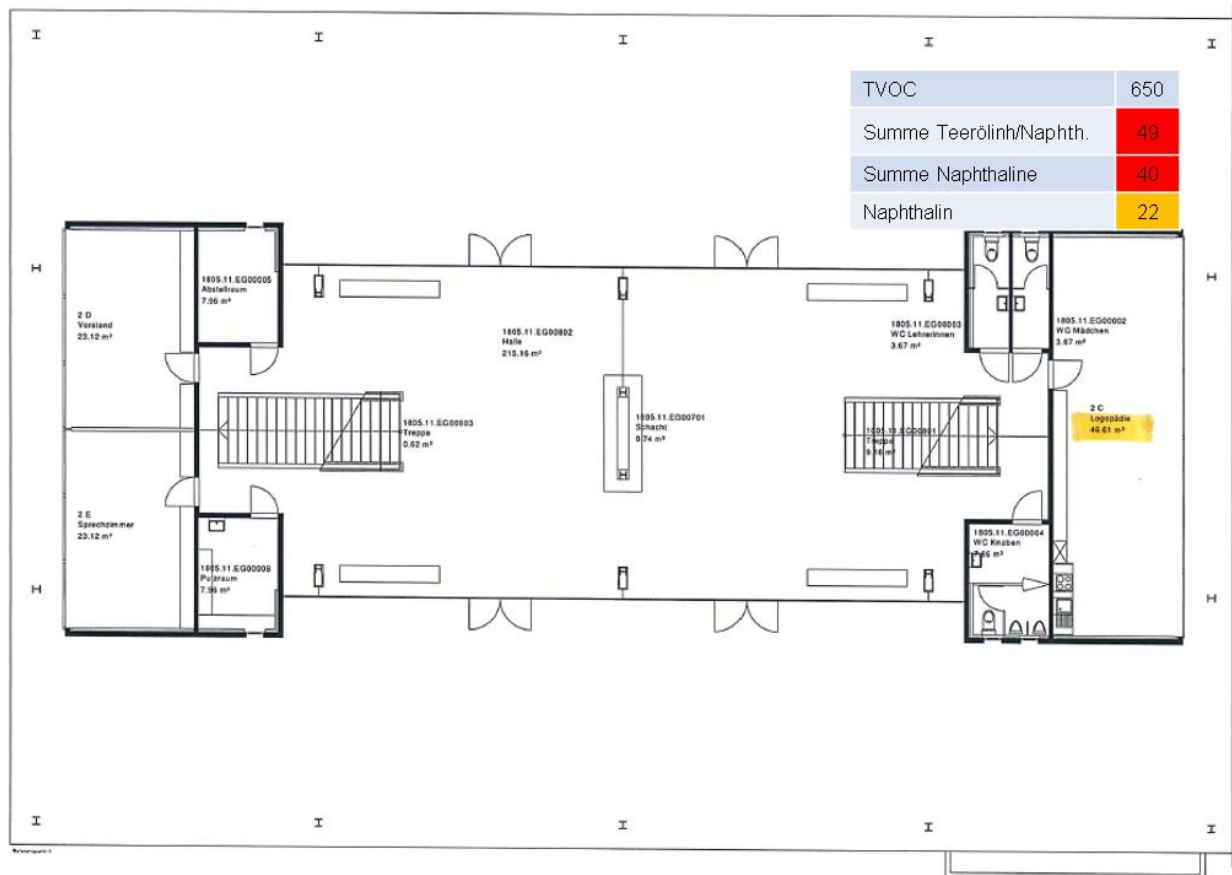


Alle Einheiten in $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Abb. 2: Pavillon 1, OG, Resultate Mai 2018

5. Untersuchungsbericht 2967-07

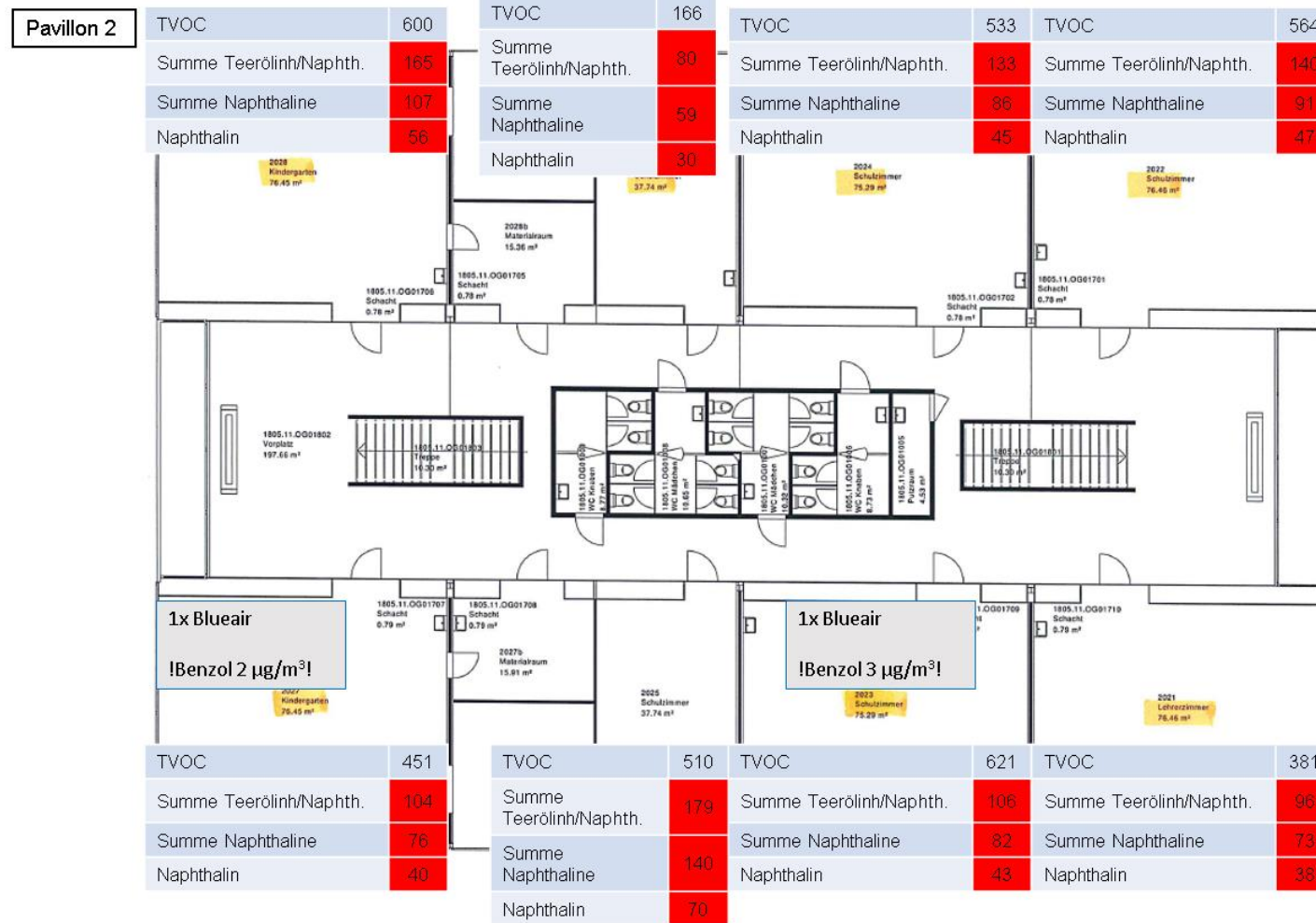
Pavillon 2



Alle Einheiten in µg/m³

Abb. 3: Pavillon 2, EG, Resultate Mai 2018

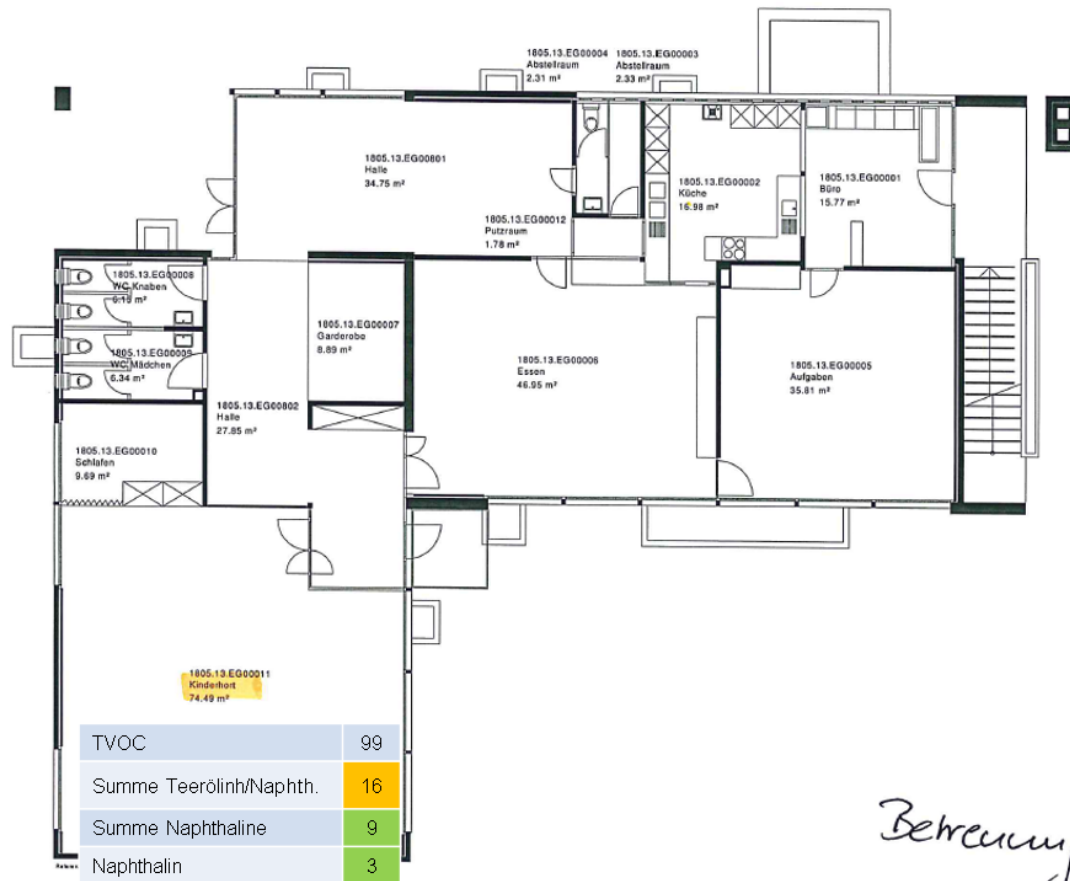
5. Untersuchungsbericht 2967-07



Alle Einheiten in µg/m³

Abb. 4: Pavillon 2, OG, Resultate Mai 2018

5. Untersuchungsbericht 2967-07

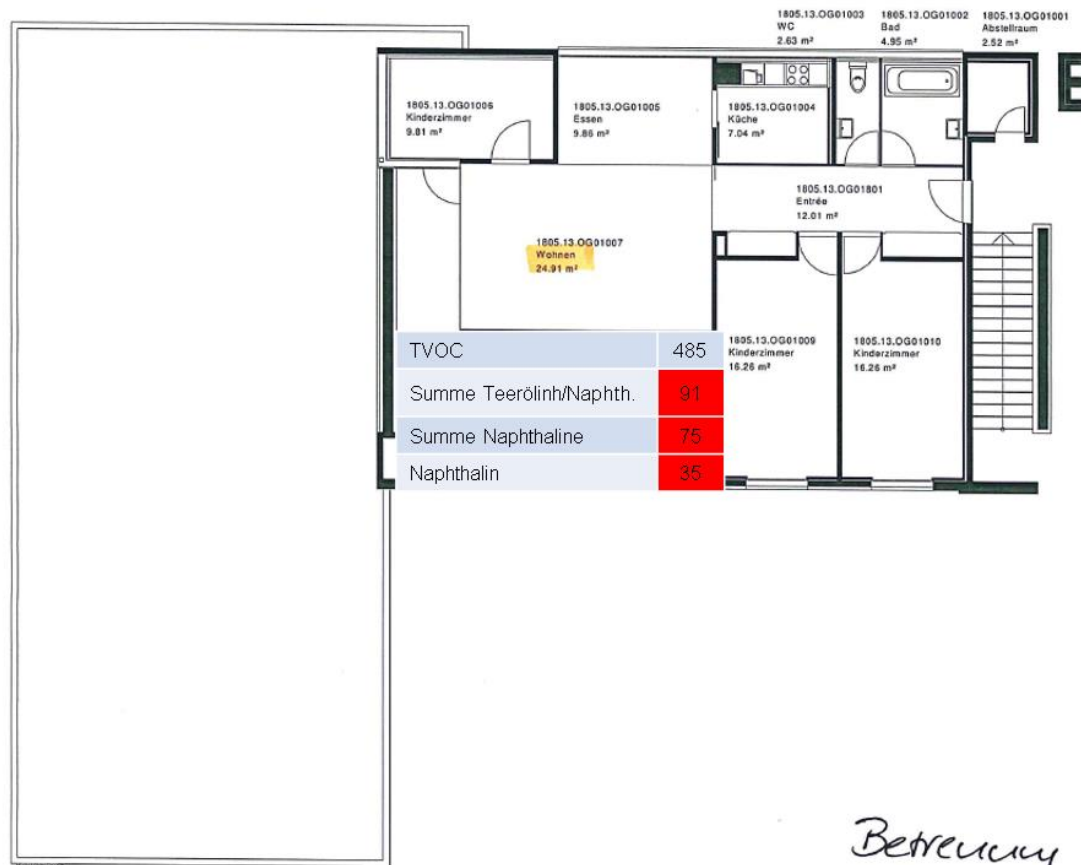


Betreuung EG

Alle Einheiten in µg/m³

Abb. 5: Betreuung, EG, Resultate Mai 2018

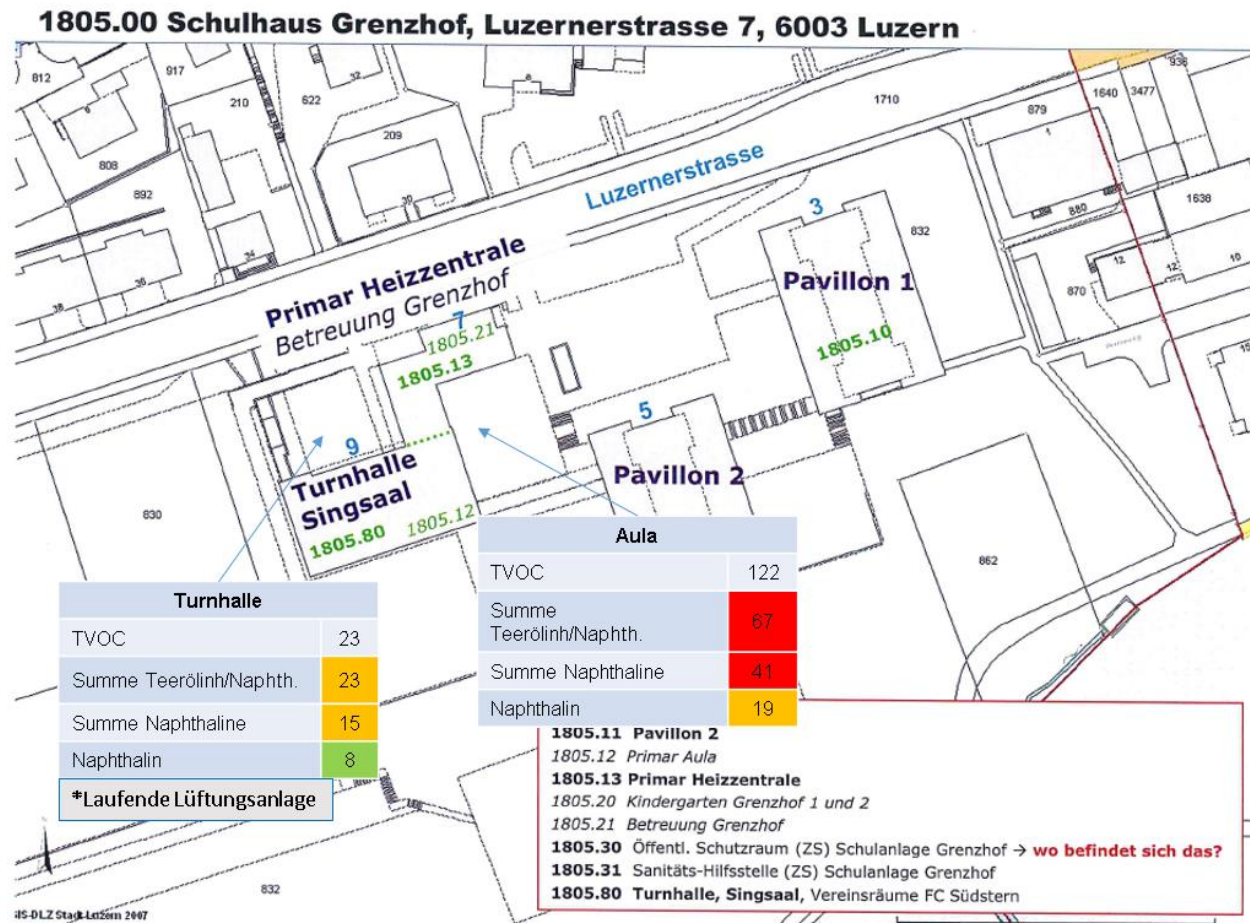
5. Untersuchungsbericht 2967-07



06.11.14 Alle Einheiten in $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Abb. 6: Betreuung, OG, Resultate Mai 2018

5. Untersuchungsbericht 2967-07



Alle Einheiten in $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Abb. 7: Turnhalle / Aula, Resultate Mai 2018

Gesamtsituation (TVOC) – Interpretation

Der gemessene Gehalt an Lösemitteln in der Raumluft, die sogenannte TVOC-Konzentration, liegt an den Messpunkten bei 23 bis 655 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (vgl. Tab. 2).

Üblicherweise werden in Wohnungen und Klassenzimmern Werte zwischen 250 und 500 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ gemessen. Für einen beschwerdefreien Aufenthalt soll auf Dauer ein TVOC-Wert im Bereich von 1'000 bis 3'000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ nicht überschritten werden. Ziel sollte es sein, zur Sicherung raumlufthygienischer (keine toxikologische Begründung) und angenehmer Raumluftverhältnisse¹³ in Innenräumen im langzeitigen Mittel eine TVOC-Konzentration von 200 bis 300 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ zu erreichen bzw. nach Möglichkeit sogar zu unterschreiten.

Summe Teerölinhaltsstoffe und Naphthaline – Interpretation

Die gemessenen Summenkonzentrationen der flüchtigen Teerölinhaltsstoffe liegen unter Standardbedingungen zwischen 8 und 179 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ und setzen sich hauptsächlich aus Naphthalinen (2-Methylnaphthalin, 1-Methylnaphthalin) zusammen (vgl. Tab. 2). Die Einzelverbindung Naphthalin wurde in Konzentrationen von 3 bis 70 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ nachgewiesen.

Für die Summe der Teerölinhaltstoffe und Naphthaline besteht ein vorläufiger Eingreifwert¹⁴ von 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ und ein vorsorglicher Richtwert von 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Der gesundheitliche Eingreifwert für die Einzelverbindung Naphthalin liegt bei 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, der empfohlene WHO-Jahresmittelwert¹⁵ liegt bei 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

In Tab. 2 sind die Überschreitungen der entsprechenden Richtwerte farblich markiert.

Im Vergleich zu der Messreihe im April 2018 wurden im Pavillon 1 höhere Konzentrationen (P1/15) resp. ähnlich hohe Konzentrationen (P1/16) gemessen. Im Pavillon 1 EG wird der Vorsorgewert eingehalten (P1/1E) bzw. leicht überschritten (P1/1D). Im Pavillon 1 OG werden in den Räumen mit installierten Geräten „Roters XYG460“ und der Umluftanlage, bzw. im Raum P1/12, wo vor der Messung durch

¹³ Seifert B., Richtwerte für die Innenraumluft - Die Beurteilung der Innenraumluftqualität mit Hilfe der Summe der flüchtigen organischen Verbindungen (TVOC-Wert), Bundesgesundheitsblatt – Bundesgesundheitsblatt-Gesundheitsforschung-Gesundheitsschutz 42, S. 270-278, 1999

¹⁴ Umweltbundesamt, Richtwerte für die Innenraumluft: Naphthalin und Naphthalin-ähnliche Verbindungen, Bundesgesundheitsblatt 56(10): 1448-1459, 2013

¹⁵ World Health Organization, WHO Guidelines for Indoor Air Quality: selected Pollutants, Dezember 2010

eine Lehrperson gelüftet wurde, die Vorsorgewerte überschritten, die Eingreifwerte jedoch unterschritten. Im Raum P1/15 wird der Eingreifwert trotz einem Gerät „Roters XYG460“ für die Summenkonzentration Teerölinhaltsstoffe und Naphthaline aber leicht überschritten. In den restlichen Räumen im OG (P1/17, P1/18, P1/13&11) werden die Eingreifwerte überschritten.

Die aktuellen Konzentrationen im Pavillon 2 waren an allen Messpunkten höher als im April 2018. Die Eingreifwerte werden an allen Messpunkten überschritten. Lediglich die Konzentration der Einzelsubstanz Naphthalin unterschreitet am Messpunkt in der Logopädie den Eingreifwert knapp.

Die allgemein höheren gemessenen Konzentrationen in Pavillon 1 und 2 lassen sich unter anderem durch die höheren Temperaturen (Beispiel P2/23: +4.2°C wärmer im Vergleich zur Messung im April 2018), andererseits durch die Messung unter Standardbedingungen (Bisher wurde unter Nutzungsbedingungen gemessen) erklären.

In der Betreuung EG wird der Vorsorgewert für die Summenkonzentration Teerölinhaltsstoffe und Naphthaline leicht überschritten, der Vorsorgewert die Einzelverbindung Naphthalin wird unterschritten. Im OG wird der Eingreifwert für die Summenkonzentration als auch für die Einzelsubstanz Naphthalin überschritten.

In der Turnhalle wird der Vorsorgewert für die Summenkonzentration Teerölinhaltsstoffe und Naphthaline leicht überschritten, der Vorsorgewert die Einzelverbindung Naphthalin wird unterschritten. In der Turnhalle lief vor und während der Messung die eingebaute Lüftungsanlage. In der Aula wird der Eingreifwert für die Summenkonzentration überschritten, die Konzentration der Einzelsubstanz Naphthalin überschreitet den Vorsorgewert.

Teerölinhaltsstoffe sind Bestandteile von PAK-haltigen Baumaterialien. Im vorliegenden Objekt wurde in einem exemplarisch untersuchten Zwischenboden eine PAK-haltige Spreuschüttung identifiziert.

Benzol – Interpretation Einzelstoff

Der Einzelstoff Benzol wurde am Messpunkt P2/23 in einer Konzentration von 3 µg/m³ und am Messpunkt P2/KiGa II in einer Konzentration von 2 µg/m³ gemessen. Die Belastung mit Benzol kann ab einem Wert von 6 µg/m³ als statistisch auffällig beurteilt werden. Da für Benzol das Minimierungsgebot gilt, ist kein gesundheitlicher Vorsorgewert definiert. Es gilt jedoch ein Eingreifwert von 10 µg/m³. Die gemessene Konzentration unterschreitet den Eingreifwert.

Häufigste Quelle des Benzols in Innenräumen sind eingetragene Abgase von Verbrennungsmotoren. Als weitere mögliche Quelle im vorliegenden Fall kann aber ebenfalls die teeröhlhaltige Spreuschüttung vermutet werden.

4. SCHLUSSFOLGERUNGEN/ EMPFEHLUNGEN

4.1 SCHLUSSFOLGERUNGEN

In sämtlichen genutzten Räume im Pavillon 1 und Pavillon 2 wurde die Raumluft auf Naphthaline und Teerölinhaltstoffe untersucht. Der gesundheitliche Eingreifwert für die Summe der Teerölinhaltstoffe und Naphthaline wurde in 15 Räumen überschritten. Eine Überschreitung des gesundheitlichen Vorsorgewertes, nicht jedoch des Eingreifwertes wurde in 6 Räumen festgestellt. Keine Überschreitung der Richtwerte wurde in einem Raum festgestellt (vgl. Tab. 2).

Der gesundheitliche Eingreifwert für die Einzelverbindung Naphthalin wurde in 11 Räumen überschritten. Eine Überschreitung des von der WHO empfohlenen Jahresmittelwertes für die Einzelverbindung Naphthalin, jedoch keine Überschreitung des Eingreifwertes, wurde in 4 Räumen festgestellt. Keine Überschreitung der Richtwerte für die Einzelverbindung Naphthalin wurde in 7 Räumen festgestellt.

Bezüglich des Effektes der Luftreinigungsgeräte wird anhand der Resultate vermutet, dass folgende Geräte einen schadstoffkonzentrationssenkenden Effekt aufweisen: „Roters XYG460“ (P1/15, P1/16) und das Umluftgerät mit Aussenluftansaugung (P1/14).

Die Geräte „Blueair“ der Fa. Holag sowie die Ionisatoren der Fa. Swiss Ion konnten die Raumluftkonzentrationen an Naphthalin nicht unter die Eingreifwerte senken und scheinen einen vergleichsweise geringeren Effekt zu zeigen. Es kann aber auch nicht ausgeschlossen werden, dass die Konzentrationen ohne diese Geräte nicht noch höher wären.

Aufgrund der Messergebnisse besteht aus gesundheitlicher Sichtweise Handlungsbedarf.

4.2 EMPFEHLUNGEN

Zusammenfassend besteht in folgenden Räumen aufgrund der Überschreitung von Eingreifwerten unmittelbarer Handlungsbedarf:

P1/15, P2/KiGa II, P2/23, P2/Logo, P2/22, P2/24, P2/21, P2/25, P2/KiGa I, P2/26, Betr. 1. OG; P1/18, P1/17, P1/13&11, Aula

In folgenden Räumen besteht aufgrund der Überschreitung von Vorsorgewerten vorsorglicher Handlungsbedarf:

P1/16, P1/14, P1/12, P1/1D, Betr. EG, Turnhalle

In folgendem Raum besteht kein Handlungsbedarf:

P1/1E

Kurzfristig empfehlen wir aufgrund der gesundheitsrelevanten Konzentrationen an Teerölinhaltstoffen und Naphthalinen, die Belastung in allen Klassenzimmern durch die Aufrechterhaltung eines Lüftungsregimes möglichst zu minimieren. Die Räume sind dazu am Morgen vor Beginn des Unterrichts, sowie während der Nutzungszeit stündlich, bzw. nach jeder Unterrichtslektion für 10 Minuten mit offenen Fenstern und Türen quer zu lüften.

Es wird empfohlen die Räumlichkeiten im Pavillon 2, in welchen die Eingreifwerte an allen Messpunkten überschritten werden ab sofort nicht mehr zu benutzen. Um die Konzentration an Schadstoffen zu senken, wird empfohlen, die PAK-haltige Spreuschüttung zu entfernen mit ergänzenden Abdichtungsarbeiten. Da die Schadstoffe möglicherweise in die Rohbaubsubstanz eingedrungen sein könnten, wird zudem empfohlen eine Lüftungsanlage einzubauen. In einem vergleichbaren Fall eines teerölbelasteten Schulhauses¹⁶ zeigte eine Entfernung der belasteten Bodenschicht zur Probesanierung eines stark belasteten Raumes zwar eine Reduktion, jedoch keine Senkung der Naphthalin-Belastung unter die Richtwerte.

In den Räumlichkeiten im Pavillon 1 ist anhand der Messergebnisse eine tiefere Teerölinhaltsstoff-Belastung als im Pavillon 2 vorhanden. Um den Schulbetrieb im Pavillon 1 weiterzuführen wird empfohlen, den Einbau einer Lüftungsanlage mit möglichst hohem Luftwechsel durchzuführen. Alternativ kann versucht werden, mit einem oder zwei Geräten „Roters XYG460“ die Schadstoffbelastung der Raumluft

¹⁶ Schulhaus Manuel, 3006 Bern, BUC Bau- und Umweltchemie AG, Berichte 0414-01 bis -23, 2004-2015

unter die Eingreif-, idealerweise unter die Vorsorgewerte zu senken. Im oben erwähnten vergleichbaren Schulhaus¹⁶ konnten in einem mittelstark belasteten Raum die Raumluftkonzentrationen mittels Einbau einer Lüftungsanlage mit einem hohen Luftwechsel unter die Richtwerte gesenkt werden.

Im Betreuungsgebäude wird empfohlen, das OG nicht mehr zu benutzen. Das EG kann mit häufigem Fensterlüften weiterbetrieben werden.

In der Turnhalle wird der Vorsorge- jedoch nicht der Eingreifwert überschritten. Es ist zu prüfen ob in der eingebauten Lüftungsanlage ein höherer Luftwechsel eingestellt werden kann. In der Aula wird häufiges Lüften sowie die Installation von mindestens einem Luftreiniger „Roters XYG460“ empfohlen.

Es wird empfohlen, die Naphthalin- und Teeröl-Konzentrationen regelmässig zu überprüfen.

5. FOTODOKUMENTATION

5. Untersuchungsbericht 2967-07



Abb. 8: Pavillon 1, Raum P1/15, Raumluftmessung auf flüchtige org. Verb.



Abb. 9: Pavillon 1, Raum P1/16, Raumluftmessung auf flüchtige org. Verb.



Abb. 10: Pavillon 2, Raum P2/23, Raumluftmessung auf flüchtige org. Verb.



Abb. 11: Pavillon 2, Raum P2/KiGa II, Raumluftmessung auf flüchtige org. Verb.



Abb. 12: Pavillon 2, Raum P2/Logo, Raumluftmessung auf flüchtige org. Verb.



Abb. 13: Pavillon 2, Raum P2/22, Raumluftmessung auf flüchtige org. Verb.

5. Untersuchungsbericht 2967-07



Abb. 14: Pavillon 2, Raum P2/24, Raumluftmessung auf flüchtige org. Verb.



Abb. 15: Pavillon 2, Raum P2/21, Raumluftmessung auf flüchtige org. Verb.



Abb. 16: Pavillon 2, Raum P2/25, Raumluftmessung auf flüchtige org. Verb.



Abb. 17: Pavillon 2, Raum P2/KiGa I, Raumluftmessung auf flüchtige org. Verb.



Abb. 18: Pavillon 2, Raum P2/26, Raumluftmessung auf flüchtige org. Verb.



Abb. 19: Betr. 1. OG, Raumluftmessung auf flüchtige org. Verb.

5. Untersuchungsbericht 2967-07



Abb. 20: Pavillon 1, Raum P1/14, Raumluftmessung auf flüchtige org. Verb.



Abb. 21: Pavillon 1, Raum P1/18, Raumluftmessung auf flüchtige org. Verb.



Abb. 22: Pavillon 1, Raum P1/17, Raumluftmessung auf flüchtige org. Verb.



Abb. 23: Pavillon 1, Raum P1/13&11, Raumluftmessung auf flüchtige org. Verb.



Abb. 24: Pavillon 1, Raum P1/12, Raumluftmessung auf flüchtige org. Verb.



Abb. 25: Pavillon 1, Raum P1/1E, Raumluftmessung auf flüchtige org. Verb.

5. Untersuchungsbericht 2967-07



Abb. 26: Pavillon 1, Raum P1/1D, Raumluftmessung auf flüchtige org. Verb.



Abb. 27: Betr. EG, Raumluftmessung auf flüchtige org. Verb.



Abb. 28: Aula, Raumluftmessung auf flüchtige org. Verb.



Abb. 29: Turnhalle, Raumluftmessung auf flüchtige org. Verb.

6. ANHANG: PROBENAHME CHEMIE

Flüchtige organische Verbindungen – Tenax

Die Probenahme erfolgte nach der Arbeitsvorschrift *AV VOC LUFT*, die sich auf die Richtlinien ISO 16000-5 und ISO 16000-6 abstützt. Die Volumenströme der Probenahmegeräte werden normiert auf Standardbedingungen (20 °C, 1013.25 mbar). Die Anreicherung erfolgte an TENAX TA mit anschliessender GC/MS Auswertung.

Der Summenparameter für flüchtige organische Verbindungen (TVOC = Total Volatile Organic Compounds) wird gemäss ISO 16000-6 bestimmt und umfasst alle auf TENAX eluierbaren und identifizierten Stoffe im Retentionszeitbereich zwischen n-Hexan und n-Eicosan und oberhalb ihrer Bestimmungsgrenzen von 10 µg/m³. Die Bestimmungsgrenze für chlorierte Verbindungen sowie Acetophenon beträgt 5 µg/m³, für Naphthalin und Benzol 2 µg/m³. Die nicht identifizierten Signale werden oberhalb von 10 µg/m³ bei der Summenberechnung des TVOC berücksichtigt.

Auf Anfrage werden weitere, nicht benannte Kenndaten zu Messungen und Analysen (Messunsicherheit etc.) mitgeteilt.

6. UNTERSUCHUNGSBERICHT

SCHULHAUS GRENZHOF
LUZERNERSTRASSE 7
CH-6014 LUZERN

**Bau- und Umweltchemie
Beratungen und Messungen AG**

Thurgauerstrasse 60
8050 Zürich

T. +41 (0)44 440 72 11

F. +41 (0)44 440 72 13

Gerechtigkeitsgasse 80
3011 Bern

T. +41 (0)31 550 49 50

F. +41 (0)31 550 49 51

IBAN

CH04 0900 0000 8007 6931 5

CHE-109.554.251 MWST

buc@raumlufthygiene.ch

www.raumlufthygiene.ch



6. Untersuchungsbericht 2967-08

Auftraggeber	Herr Rosario Brillante, Stadt Luzern, Immobilien Management, Hirschengraben 17, 6002 Luzern
Objekt	Schulhaus Grenzhof, Luzern
Projektnummer	2018-2967-08
Projektleitung	Raphael Rapold
Auftrag vom	28. Juni 2018
Ausführung der Abklärungen:	11. Juli 2018
Qualitätssicherung:	ml
Anzahl Seiten Bericht:	21

Zürich, 16. August 2018

BUC Bau- und Umweltchemie AG



Raphael Rapold

Projektleitung

Dieser Bericht besteht aus oben genannter Anzahl Seiten einschliesslich Deckblatt und darf nur vollinhaltlich, ohne Weglassung oder Hinzufügung, veröffentlicht werden. Wird er auszugsweise vervielfältigt, so ist vorab die Genehmigung der Firma *BUC Bau- und Umweltchemie AG*, Zürich einzuholen. Dieser Bericht wurde nach bestem Wissen und Gewissen unter Bedachtnahme aller bekannten und erhobenen Umstände erstellt. Für über die Aussagen des Berichts hinausgehende Folgerungen und Konsequenzen übernehmen die Aussteller keinerlei Haftung. Bei allfälligen Vorladungen als Zeuge durch das Gericht, muss der Aufwand, sofern nicht vom Gericht gedeckt, durch den Auftraggeber in voller Höhe im Stundenansatz entschädigt werden.

INHALTSVERZEICHNIS

1.	Ausgangslage	4
2.	Untersuchungen	7
3.	Messergebnisse und Interpretation Chemie-Analyse	9
4.	Schlussfolgerungen / Empfehlungen	17
4.1	Schlussfolgerungen	17
4.2	Empfehlungen	18
5.	Fotodokumentation	20
6.	Anhang Probenahme Chemie	21

1. AUSGANGSLAGE

Objekt

Die Schulanlage Grenzhof an der Luzernerstrasse 7 in Luzern wurde in den 1960er Jahren in Stahlskelettbauweise erstellt und besteht aus zwei Pavillons, einer Bibliothek und einer Turnhalle. In den untersuchten Klassenräumen und im Kindergarten ist ein Linoleum Bodenbelag eingebracht. Die Wände sind mit Holztäfer verkleidet bzw. verputzt und an den Decken sind Akustikplatten angebracht. Die Räume werden über Radiatoren temperiert und über die Fenster gelüftet.

Schadensbeschreibung

In den Räumen der Schulanlage klagen die Raumnutzer über auffällige Geruchsbelastungen, welche in den Klassenräumen und in der Turnhalle durch Teerölinhaltsstoffe und Naphthaline verursacht werden.

Bisher durchgeführte Massnahmen / Messungen

Im Januar 2015 wurden in der Schulanlage Grenzhof durch die Fa. BUC Bau- und Umweltchemie AG Raumlufmessungen unter Standardbedingungen¹ durchgeführt². Es wurden auffällige Konzentrationen an Naphthalinen und weiteren Teerölinhaltsstoffen nachgewiesen. In einem der untersuchten Klassenräume im Pavillon 1 wurde der gesundheitliche Eingreifwert für die Summe dieser Verbindungen überschritten. Im März 2015 wurden Messungen in jeweils zwei Räumen der Pavillons 1 und 2 unter Nutzungsbedingungen³ durchgeführt⁴. Naphthaline und Teerölinhaltstoffe wurden in allen untersuchten Räumen nachgewiesen. Der gesundheitliche Eingreifwert für die Summe dieser Verbindungen sowie der von der WHO empfohlene Jahresmittelwert für Naphthalin wurden in den Räumen P2/Kindergarten sowie P2/23 überschritten. In den untersuchten Räumen P1/15 und P1/16 lagen die Konzentrationen gerade im Bereich dieser Richtwerte bzw. knapp

¹ Um die Ergebnisse von verschiedenen Raumlufmessungen miteinander zu vergleichen und gegenüber Richtwerten bewerten zu können, erfolgen die Messungen i.d.R. unter Standardbedingungen. Entsprechend der ISO Norm 16000-2 und 16000-5 muss der zu messende Raum 15 Minuten intensiv gelüftet werden und danach etwa 8 Stunden bis zum Ende der Messung geschlossen bleiben.

² BUC Bau- und Umweltchemie AG, Untersuchungsbericht 2014-2967-01, Zürich 2015

³ Gemessen wurde jeweils eine Stunde nach der letzten Querlüftung.

⁴ BUC Bau- und Umweltchemie AG, Untersuchungsbericht 2015-2967-02, Zürich 2015

darunter. Im Juli 2015 wurde im Rahmen eines Gebäudechecks zur Identifikation schadstoffhaltiger Baumaterialien⁵ ermittelt, dass im Zwischenboden eine PAK⁶-haltige Spreuschüttung vorhanden ist. Dieses Material ist als Quelle der beschriebenen Schadstoffe in der Raumluft anzusehen. Im Oktober 2016 wurde die Raumluft erneut unter Nutzungsbedingungen untersucht⁷. Die Konzentrationen im Oktober 2016 im Pavillon 2 waren praktisch identisch bzw. sogar höher ausgefallen als im März 2015. Im Pavillon 1 waren die Konzentrationen im Oktober 2016 deutlich tiefer ausgefallen als im März 2015, was jedoch zumindest teilweise mit den Messbedingungen begründet wurde.

Darauf wurde in den Räumen Aktivkohlefilter installiert, was die Geruchsproblematik nicht verbesserte. Nach Austausch der Aktivkohlefilter mit 3-stufigen Luftreinigungsgeräte der Fa. Swiss Ion GmbH zur Geruchsneutralisation hat sich nach Aussage des Auftraggebers die Geruchsproblematik deutlich verbessert. Bei den Luftreinigern handelt es sich um Geräte mit einem Ionisator mit Hochspannungskoronarentladung.

Nach weiteren Kontrollmessungen durch die Fa. BUC- Bau und Umweltchemie AG im April 2018⁸ wurde festgestellt, dass der Einsatz der Lüftungsgeräte keine messbare Verbesserung der Raumlufthygiene herbeigeführt hat. Die Konzentrationen an Naphthalinen und Teerölinhaltsstoffen sind höher oder gleich hoch ausgefallen als im Oktober 2016. Nach wie vor überschritten die Konzentrationen an Naphthalinen und Teerölinhaltsstoffen die gesundheitlichen Eingreifwerte (Pavillon 2) resp. Vorsorgewerte (Pavillon 1).

Im Mai/Juni 2018⁹ wurde die Raumluft aller im Schulbetrieb benutzen Räume gemessen. Aufgrund der Messergebnisse wurde empfohlen die Räumlichkeiten im Pavillon 2, in welchem die Eingreifwerte an allen Messpunkten überschritten wurden, nicht mehr zu benutzen.

In den Räumlichkeiten im Pavillon 1 ist anhand der Messergebnisse eine tiefere Teerölinhaltsstoff-Belastung als im Pavillon 2 vorhanden. Um den Schulbetrieb im

⁵ BUC Bau- und Umweltchemie AG, Untersuchungsbericht 2015-2967-03, Zürich 2015

Untersucht wurde der Zwischenboden des Schulzimmers Nr. 16 im OG des Pavillon 2

⁶ PAK = polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe

⁷ BUC Bau- und Umweltchemie AG, Untersuchungsbericht 2016-2967-04.1_korr, Zürich 2016

⁸ BUC Bau- und Umweltchemie AG, Untersuchungsbericht 2018-2967-06, Zürich 2018

⁹ BUC Bau- und Umweltchemie AG, Untersuchungsbericht 2018-2967-07, Zürich 2018

Pavillon 1 weiterzuführen wird empfohlen, eine Lüftungsanlage mit möglichst hohem Luftwechsel einzubauen. Alternativ wurde empfohlen, die Schadstoffkonzentrationen in der Raumluft mit dem Einsatz von Luftreinigungsgeräten mit Aktivkohlefilter zu reduzieren.

2. UNTERSUCHUNGEN

Auftrag

Die Fa. BUC Bau und Umweltchemie AG wurde beauftragt, Raumluftmessungen auf flüchtige organische Verbindungen (VOC) in je drei Räumen im Pavillon 1 und Pavillon 2 durchzuführen und die Ergebnisse zu vergleichen sowie gesundheitlich zu bewerten. Dabei soll der Wirkungsgrad von drei verschiedenen Luftreinigungsgeräten mit Aktivkohlefilter eruiert werden.

Messpunkte

Die untersuchten Messpunkte sind in Tab. 1. zusammengestellt.

Tab. 1: Übersicht über die durchgeführten Messungen

Bereich	Parameter	P2/KiGa I	P2/21	Betreuung OG	P1/18	P1/17	P1/15
Chemie	Flüchtige organische Verbindungen in der Raumluft	x	x	x	x	x	x

Mess- und Randbedingungen

Die chemischen Luftanalysen erfolgten mittels aktiver Probenahme - beschrieben im Anhang - unter Standardbedingungen¹⁰ im Pavillon 2 und unter Nutzungsbedingungen¹¹ im Pavillon 1 an den untersuchten Messpunkten. Die Raumlufttemperaturen und die relativen Luftfeuchtigkeiten an den Messpunkten sind in Tab. 2 des folgenden Kapitels 3 aufgeführt.

In den Räumen wurde jeweils vor und nach fünfständiger Betriebsdauer eines Luftreinigungsgerätes gemessen. Während der vorliegenden Messungen war im Raum P2/KiGa I sowie P1/18 jeweils ein Luftreinigungsgerät „Cleanzone SLS“ der Firma IQAir installiert. In den Räumen P2/21 sowie P1/17 war jeweils ein Luftreinigungsgerät „Airclean GCX“ der Firma IQAir installiert. In den Räumen P1/15

¹⁰ Am Vorabend der Messung wurde durch fünfzehnminütiges Öffnen von Türen und Fenstern intensiv gelüftet. Türen und Fenster wurden anschliessend wieder geschlossen und nach einer Wartezeit von ungefähr acht Stunden wurde die Luftprobe genommen.

¹¹ Vor der Messung wurde durch fünfzehnminütiges Öffnen von Türen und Fenstern intensiv gelüftet. Türen und Fenster wurden anschliessend wieder geschlossen und nach einer Wartezeit von einer Stunde wurde die Luftprobe genommen.

sowie Betreuung OG war jeweils ein Luftreinigungsgerät „Roters XYG460“ der Fa. Trobag installiert.

Das Gerät „Cleanzone SLS“ wurde auf Stufe 5 mit einem entsprechenden Luftstrom von 820 m³/h in Betrieb genommen. Das Gerät „Airclean GCX“ wurde auf Stufe 3 mit einem entsprechenden Luftstrom von 190 m³/h in Betrieb genommen. Das Gerät „Roters XYG460“ verfügt nur über eine mögliche Betriebsstufe mit unbekanntem Luftwechsel und wurde so in Betrieb genommen.

3. MESSERGEBNISSE UND INTERPRETATION CHEMIE-ANALYSE

Ergebnisse

Tab. 2 zeigt den TVOC-Wert (Total Volatile Organic Compounds) und eine Zusammenstellung aller chemischen Verbindungen bzw. ihrer Summen, die in einer relevanten Konzentration nachgewiesen wurden. Zusätzlich sind die Konzentrationen der Naphthaline und Teerölinhaltstoffe angegeben. Alle anderen Stoffe sind - im Vergleich zu entsprechenden Richtwerten¹² oder statistisch erhobenen Raumlufkonzentrationen^{13,14,15} - in niedrigen Konzentrationen vorhanden und werden nicht weiter bewertet. Zum Vergleich sind die im Mai 2018 unter Standardbedingungen gemessenen Werte aufgeführt (grau hinterlegt).

Zur besseren Gesamtübersicht über die das Gesamtbild der Gebäudebelastung sind in den Grundrissen 1-7 die Messergebnisse räumlich pro Gebäude dargestellt.

¹² Pluschke P., Luftschadstoffe in Innenräumen, Springer-Verlag, Berlin, 1996

¹³ DIWODAT, Interne Datenbank der Fa. BAU- UND UMWELTCHEMIE Beratungen + Messungen AG, Stand Juli 2015

¹⁴ Umweltbundesamt, Bereitstellung einer Datenbank zum Vorkommen von flüchtigen organischen Verbindungen in der Raumluf , WaBoLu-Heft 05 08, 2007

¹⁵ H.-D. Neumann, UK NRW (Unfallkasse Nordrhein-Westfalen), Gesunde Luft in Schulen, 2013

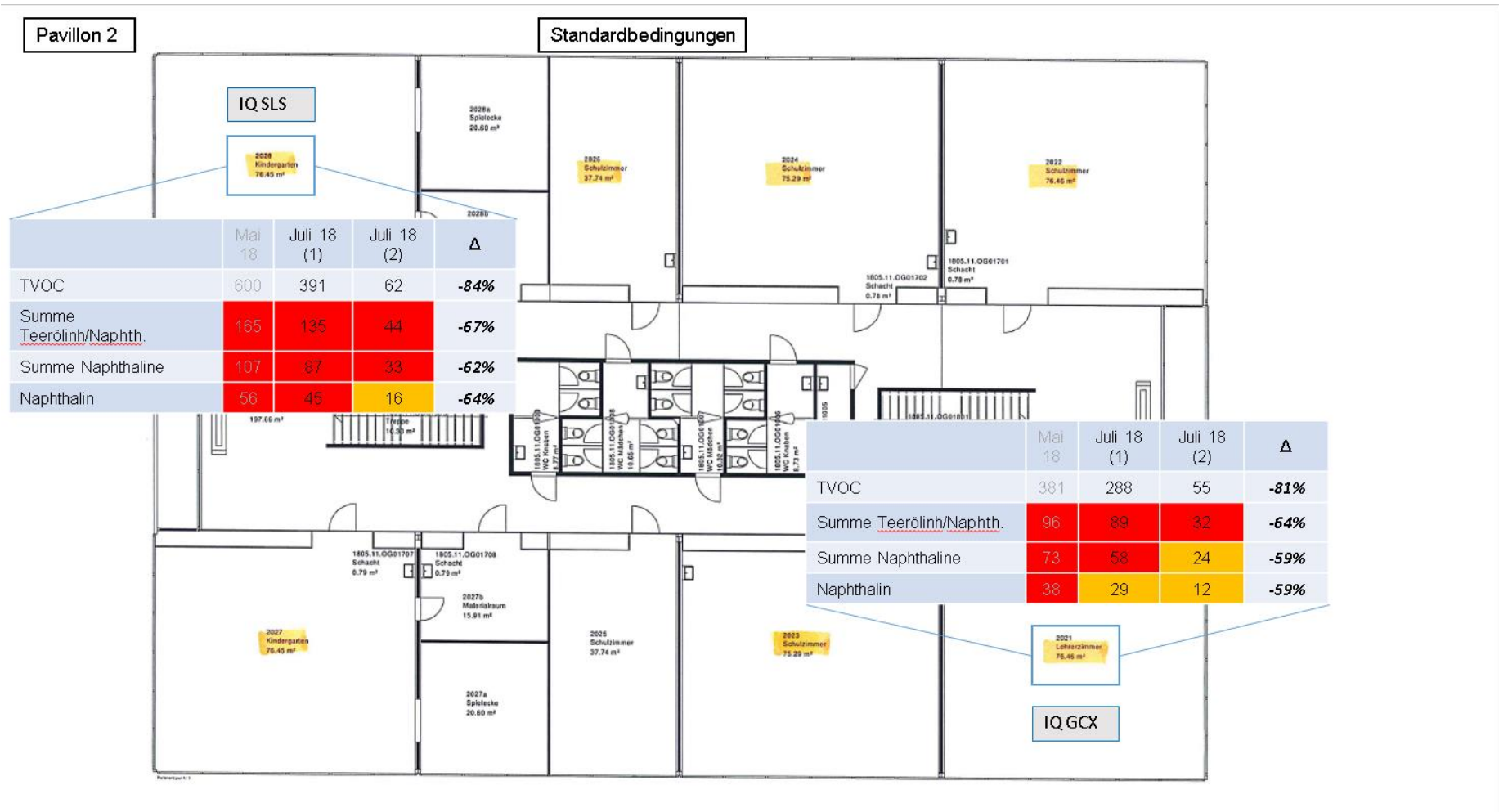
6. Untersuchungsbericht 2967-08

Tab. 2: Chemische Verbindungen, die in einer relevanten Konzentration auftreten

Messpunkte		P2/KiGa I			P2/21			Betreuung OG			P1/18			P1/17			P1/15		
Messdatum		Mai 2018	Juli 2018 (1)	Juli 2018 (2)	Mai 2018	Juli 2018 (1)	Juli 2018 (2)	Mai 2018	Juli 2018 (1)	Juli 2018 (2)	Mai 2018	Juli 2018 (1)	Juli 2018 (2)	Mai 2018	Juli 2018 (1)	Juli 2018 (2)	Mai 2018	Juli 2018 (1)	Juli 2018 (2)
Temperatur [°C]		24.7	22.5	24.8	25.5	24.6	25.1	25.4	24.7	25.6	24.1	24.1	25.4	23.8	24.1	26.1	25.6	24.4	25.8
rel. Luftfeuchte [%]		51.2	55.5	49.6	52.4	49.9	47.9	53.7	51.5	50.0	52.7	46.7	45.9	53.1	45.9	44.1	48.7	48.0	45.3
Verbindung	CAS Nr.	[µg/m³]																	
TVOC	-	600	391	62	381	288	55	485	240	96	548	170	19	655	418	216	129	294	279
Summe Teerölinhaltstoffe / Naphthaline	-	165	135	44	96	89	32	91	84	64	92	43	19	122	100	56	38	82	61
Summe Naphthaline	-	107	87	33	73	58	24	75	60	51	45	24	8	71	53	31	25	50	37
Naphthalin	91-20-3	56	45	16	38	29	12	35	28	23	17	9	3	31	22	12	12	23	17
		IQ SLS			IQ GCX			Roters			IQ SLS			IQ GCX			Roters		

■ Keine Richtwerte überschritten
 ■ Vorsorgewert überschritten
 ■ Eingreifwert überschritten

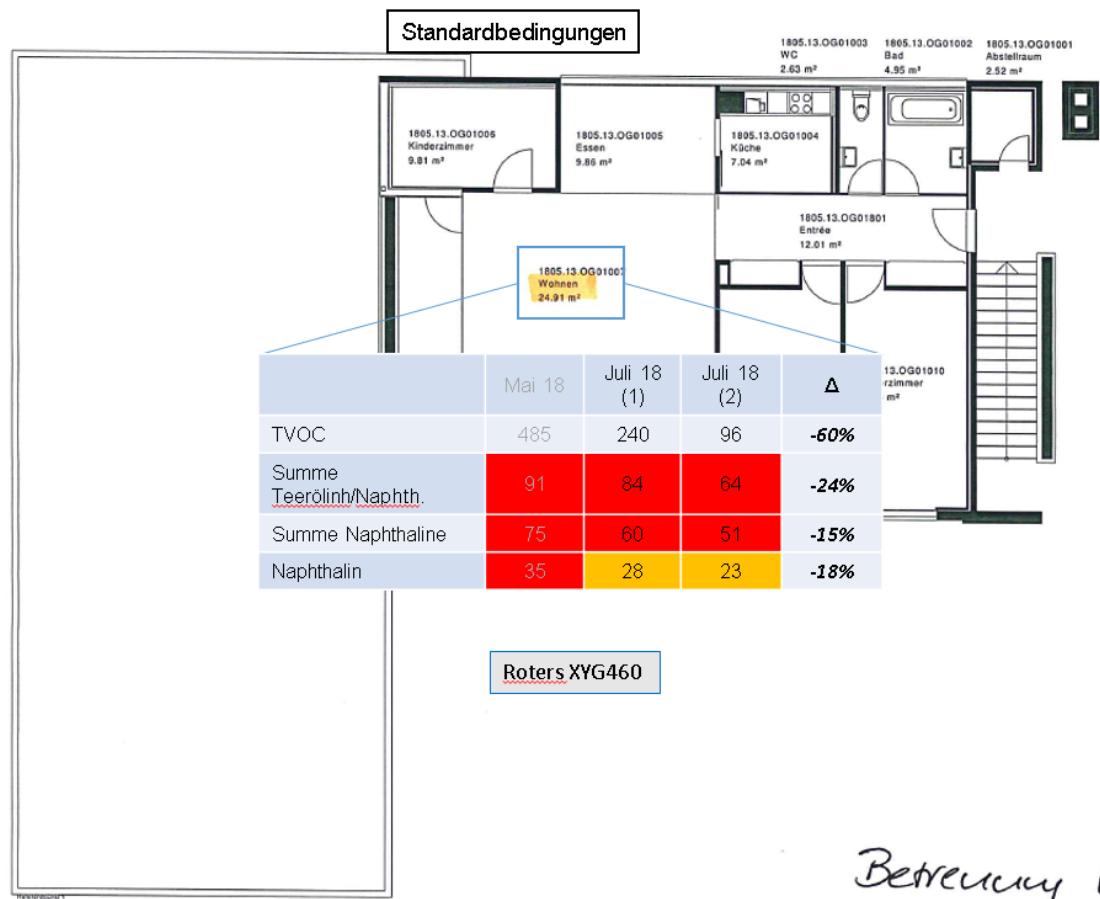
6. Untersuchungsbericht 2967-08



Alle Einheiten in $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Abb. 1: Pavillon 2, OG, Resultate Juli 2018

6. Untersuchungsbericht 2967-08



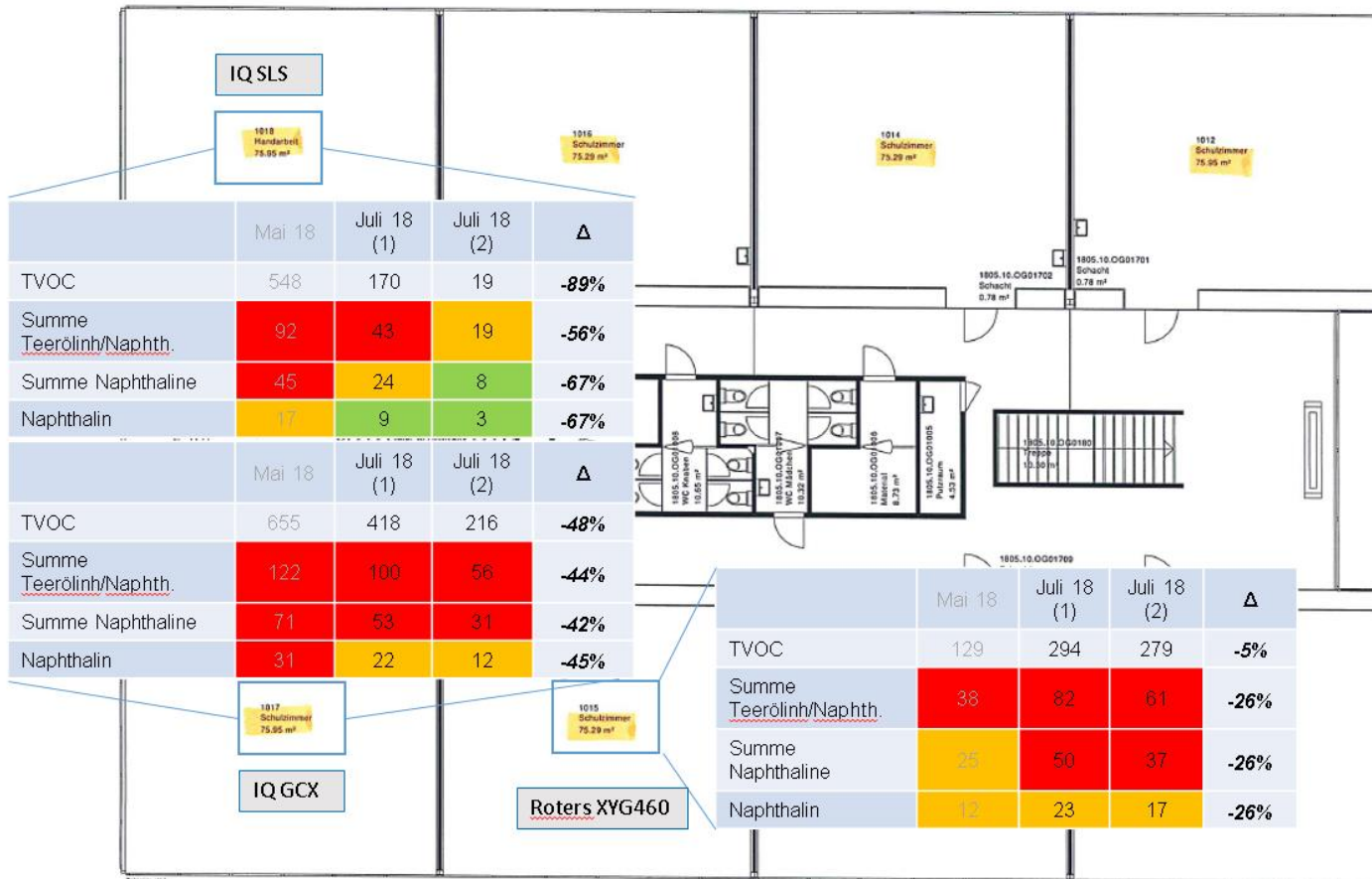
06.11.14 Alle Einheiten in µg/m³

Abb. 2: Betreuung, OG, Resultate Juli 2018

6. Untersuchungsbericht 2967-08

Pavillon 1

Nutzungsbedingungen



Alle Einheiten in $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Abb. 3: Pavillon 1, OG, Resultate Juli 2018

6. Untersuchungsbericht 2967-08

	Juli 18 (1)	Juli 18 (2)						
P1/15	294	279	-5%	Betreuung OG	240	96	-60%	Roters
	82	61	-26%		84	64	-24%	
	50	37	-26%		60	51	-15%	
	23	17	-26%		28	23	-18%	
			-21%				-29%	
P1/17	418	216	-48%	P2/21	288	55	-81%	IQ GCX
	100	56	-44%		89	32	-64%	
	53	31	-42%		58	24	-59%	
	22	12	-45%		29	12	-59%	
			-45%				-66%	
P1/18	170	19	-89%	P2/KiGa I	391	62	-84%	IQ SLS
	43	19	-56%		135	44	-67%	
	24	8	-67%		87	33	-62%	
	9	3	-67%		45	16	-64%	
			-69%				-70%	

Abb. 4: Übersicht und Zusammenfassung Resultate Juli 2018

Gesamtsituation (TVOC) – Interpretation

Der gemessene Gehalt an Lösemitteln in der Raumluft, die sogenannte TVOC-Konzentration, liegt an den Messpunkten vor Inbetriebnahme der Luftreinigungsgeräte bei 170 bis 418 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Nach fünfstündiger Betriebsdauer liegt die TVOC-Konzentration bei 19 bis 279 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (vgl. Tab. 2).

Üblicherweise werden in Wohnungen und Klassenzimmern Werte zwischen 250 und 500 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ gemessen. Für einen beschwerdefreien Aufenthalt soll auf Dauer ein TVOC-Wert im Bereich von 1'000 bis 3'000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ nicht überschritten werden. Ziel sollte es sein, zur Sicherung raumlufthygienischer (keine toxikologische Begründung) und angenehmer Raumluftverhältnisse¹⁶ in Innenräumen im langzeitigen Mittel eine TVOC-Konzentration von 200 bis 300 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ zu erreichen bzw. nach Möglichkeit sogar zu unterschreiten.

Summe Teerölinhaltsstoffe und Naphthaline – Interpretation

Die gemessene Summenkonzentration der flüchtigen Teerölinhaltsstoffe liegt an den Messpunkten vor Inbetriebnahme der Luftreinigungsgeräte bei 43 bis 135 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Nach fünfstündiger Betriebsdauer liegt die TVOC-Konzentration bei 19 bis 64 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Die obengenannten Summenkonzentrationen setzen sich hauptsächlich aus Naphthalinen (2-Methylnaphthalin, 1-Methylnaphthalin) zusammen (vgl. Tab. 2). Die Einzelverbindung Naphthalin wurde vor Inbetriebnahme in Konzentrationen von 9 bis 45, nach fünfstündiger Betriebsdauer in Konzentrationen von 3 bis 23 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ nachgewiesen.

Für die Summe der Teerölinhaltstoffe und Naphthaline besteht ein vorläufiger Eingreifwert¹⁷ von 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ und ein vorsorglicher Richtwert von 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Der gesundheitliche Eingreifwert für die Einzelverbindung Naphthalin liegt bei 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, der gesundheitliche Vorsorgewert, welcher ebenfalls dem empfohlenen WHO-Jahresmittelwert¹⁸ entspricht, liegt bei 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

¹⁶ Seifert B., Richtwerte für die Innenraumluft - Die Beurteilung der Innenraumluftqualität mit Hilfe der Summe der flüchtigen organischen Verbindungen (TVOC-Wert), Bundesgesundheitsblatt – Bundesgesundheitsblatt-Gesundheitsforschung-Gesundheitsschutz 42, S. 270-278, 1999

¹⁷ Umweltbundesamt, Richtwerte für die Innenraumluft: Naphthalin und Naphthalin-ähnliche Verbindungen, Bundesgesundheitsblatt 56(10): 1448-1459, 2013

¹⁸ World Health Organization, WHO Guidelines for Indoor Air Quality: selected Pollutants, Dezember 2010

In Tab. 2 sind die Überschreitungen der entsprechenden Richtwerte farblich markiert.

Vor der Inbetriebnahme der Luftreinigungsgeräte wurden an allen Messpunkten im Pavillon 1 und 2 sowie am Messpunkt in der Betreuung OG die Eingreifwerte für die Summe der Teerölinhaltstoffe und Naphthaline überschritten. Der Eingreifwert für die Einzelverbindung Naphthalin wird am Messpunkt P2/KiGa I überschritten. Der Vorsorgewert wird an den restlichen Messpunkten überschritten und am Messpunkt P1/18 unterschritten.

Nach fünfstündiger Betriebsdauer der Luftreinigungsgeräte wurden die Konzentrationen an flüchtigen Verbindungen in der Raumluft in allen Räumen messbar reduziert. In den Räumen mit installiertem Gerät IQ SLS konnten die Konzentrationen um durchschnittlich 69% - 70% reduziert werden. In den Räumen mit installiertem Gerät IQ GCX konnten die Konzentrationen um durchschnittlich 45% - 66% reduziert werden. In den Räumen mit installiertem Gerät Roters XYG460 konnten die Konzentrationen um durchschnittlich 21% - 29% reduziert werden. Die Eingreifwerte für die Summe der Teerölinhaltstoffe und Naphthaline werden an allen Messpunkten mit Ausnahme vom Messpunkt P1/18 immer noch überschritten, jedoch messbar tiefer. Der Eingreifwert für die Einzelverbindung Naphthalin wird an keinem Messpunkt mehr überschritten. Der Vorsorgewert wird an allen Messpunkten überschritten mit Ausnahme vom Messpunkt P1/18.

4. SCHLUSSFOLGERUNGEN / EMPFEHLUNGEN

4.1 SCHLUSSFOLGERUNGEN

In sechs Räumen im Pavillon 1 und Pavillon 2 sowie der Betreuung OG wurde die Raumluft auf Naphthaline und Teerölinhaltstoffe untersucht. Der gesundheitliche Eingreifwert für die Summe der Teerölinhaltstoffe und Naphthaline wurde vor der Inbetriebnahme der Luftreinigungsgeräte in allen Räumen überschritten. Nach Inbetriebnahme der Geräte wurde der Eingreifwert immer noch in fünf Räumen überschritten, jedoch messbar tiefer. Der Eingreifwert wurde im Raum P1/18 mit installiertem Gerät „IQ SLS“ unterschritten (vgl. Tab. 2).

Der gesundheitliche Eingreifwert für die Einzelverbindung Naphthalin wurde vor Inbetriebnahme der Luftreinigungsgeräte in einem Raum überschritten. Eine Überschreitung des gesundheitlichen Vorsorgewertes (entspricht ebenfalls dem von der WHO empfohlenen Jahresmittelwert für die Einzelverbindung Naphthalin) jedoch keine Überschreitung des Eingreifwertes, wurde in vier Räumen festgestellt. Keine Überschreitung der Richtwerte für die Einzelverbindung Naphthalin wurde in einem Raum festgestellt. Nach Inbetriebnahme der Geräte wurde der Eingreifwert in keinem Raum überschritten. Der Vorsorgewert wurde in fünf Räumen überschritten und in einem Raum unterschritten (vgl. Tab. 2).

Bezüglich des Effektes der Luftreinigungsgeräte wird anhand der Resultate vermutet, dass alle Geräte einen schadstoffkonzentrationsenkenden Effekt aufweisen. Die Geräte „Cleanzone SLS“ sowie „Airclean GCX“ der Firma IQAir haben jedoch einen nachgewiesenen stärkeren konzentrationsmindernden Effekt als das Gerät „Roters XYG460“ der Fa. Trobag. Am besten abgeschlossen hat das Gerät „Cleanzone SLS“
Aufgrund der Messergebnisse besteht aus gesundheitlicher Sichtweise Handlungsbedarf.

4.2 EMPFEHLUNGEN

Kurzfristig empfehlen wir aufgrund der gesundheitsrelevanten Konzentrationen an Teerölinhaltstoffen und Naphthalinen, die Belastung in allen Klassenzimmern durch die Aufrechterhaltung eines Lüftungsregimes möglichst zu minimieren. Die Räume sind dazu am Morgen vor Beginn des Unterrichts, sowie während der Nutzungszeit stündlich, bzw. nach jeder Unterrichtslektion für 10 Minuten mit offenen Fenstern und Türen quer zu lüften.

Es wird empfohlen die Räumlichkeiten im Pavillon 2, in welchen die Eingreifwerte an allen Messpunkten überschritten werden ab sofort nicht mehr zu benutzen. Um die Konzentration an Schadstoffen zu senken, wird empfohlen, die PAK-haltige Spreuschüttung zu entfernen mit ergänzenden Abdichtungsarbeiten. Da die Schadstoffe möglicherweise in die Rohbaustanz eingedrungen sein könnten, wird zudem empfohlen eine Lüftungsanlage einzubauen. In einem vergleichbaren Fall eines teerölbelasteten Schulhauses¹⁹ zeigte eine Entfernung der belasteten Bodenschicht zur Probesanierung eines stark belasteten Raumes zwar eine Reduktion, jedoch keine Senkung der Naphthalin-Belastung unter die Richtwerte.

In den Räumlichkeiten im Pavillon 1 ist anhand der Messergebnisse eine tiefere Teerölinhaltsstoff-Belastung als im Pavillon 2 vorhanden. Um den Schulbetrieb im Pavillon 1 weiterzuführen wird empfohlen, den Einbau einer Lüftungsanlage mit möglichst hohem Luftwechsel durchzuführen. Im oben erwähnten vergleichbaren Schulhaus¹⁹ konnten in einem mittelstark belasteten Raum die Raumluftkonzentrationen mittels Einbau einer Lüftungsanlage mit einem hohen Luftwechsel unter die Richtwerte gesenkt werden. Alternativ wird empfohlen, ein oder zwei Geräte der Firma IQAir pro Klassenzimmer im durchgehenden Betrieb zu installieren. Die vorliegenden Untersuchungen haben gezeigt, dass dadurch die Schadstoffbelastung messbar gesenkt werden kann.

Im Betreuungsgebäude wird aufgrund der Messwerte empfohlen, das OG nicht mehr zu benutzen. Sollte eine weitere Benutzung der Räumlichkeiten zur Aufrechterhaltung des Schulbetriebes notwendig sein, wird empfohlen den Einbau einer Lüftungsanlage mit hohem Luftwechsel durchzuführen. Alternativ wird empfohlen zwei (aufgrund der Grösse der Räumlichkeiten) Geräte der Firma IQAir im durchgehenden Betrieb zu installieren.

¹⁹ Schulhaus Manuel, 3006 Bern, BUC Bau- und Umweltchemie AG, Berichte 0414-01 bis -23, 2004-2015

Das Gerät „Cleanzone SLS“ wird als das geeignetste Gerät zum Einsatz während des Schulbetriebes empfohlen, aufgrund des höchsten schadstoffmindernden Effektes, des höchsten Luftstromes und der tiefsten akustischen Belastung unter den drei getesteten Geräten. Die Schadstoffkonzentrationen in der Raumluft konnten nach einer Betriebsdauer von fünf Stunden messbar um 69% bzw. 70% reduziert werden. Wir vermuten folglich, dass die Schadstoffkonzentrationen nach einer längeren Betriebsdauer beziehungsweise im durchgehenden Betrieb noch stärker reduziert werden könnten. Sollten weiterhin Geräte der Typs „Airclean GCX“ verwendet werden, wird empfohlen, diese aufgrund der akustischen Belastung auf Stufe 3 zu betreiben bzw. zu prüfen auf welcher Stufe der Schulbetrieb nicht durch das Betriebsgeräusch gestört wird. Das Gerät „Roters XYG460“ der Fa. Trobag wird als ungeeignet zur Benutzung während des Schulbetriebs bewertet, aufgrund des nachgewiesenen tieferen schadstoffsenkenden Effektes sowie der hohen akustischen Belastung durch das Betriebsgeräusch.

Es wird empfohlen, die Naphthalin- und Teeröl-Konzentrationen regelmässig zu überwachen.

5. FOTODOKUMENTATION



Abb. 5: Pavillon 2, KiGa I, Raumlufthmessung auf flüchtige org. Verb.



Abb. 6: Pavillon 2, Raum 21, Raumlufthmessung auf flüchtige org. Verb.



Abb. 7: Betreuung OG, Raumlufthmessung auf flüchtige org. Verb.



Abb. 8: Pavillon 1, Raum 18, Raumlufthmessung auf flüchtige org. Verb.



Abb. 9: Pavillon 1, Raum 17, Raumlufthmessung auf flüchtige org. Verb.



Abb. 10: Pavillon 1, Raum 15, Raumlufthmessung auf flüchtige org. Verb.

6. ANHANG PROBENAHE CHEMIE

Flüchtige organische Verbindungen – Tenax

Die Probenahme erfolgte nach der Arbeitsvorschrift *AV VOC LUFT*, die sich auf die Richtlinien ISO 16000-5 und ISO 16000-6 abstützt. Die Volumenströme der Probenahmegeräte werden normiert auf Standardbedingungen (20 °C, 1013.25 mbar). Die Anreicherung erfolgte an TENAX TA mit anschliessender GC/MS Auswertung.

Der Summenparameter für flüchtige organische Verbindungen (TVOC = Total Volatile Organic Compounds) wird gemäss ISO 16000-6 bestimmt und umfasst alle auf TENAX eluierbaren und identifizierten Stoffe im Retentionszeitbereich zwischen n-Hexan und n-Eicosan und oberhalb ihrer Bestimmungsgrenzen von 10 µg/m³. Die Bestimmungsgrenze für chlorierte Verbindungen sowie Acetophenon beträgt 5 µg/m³, für Naphthalin und Benzol 2 µg/m³. Die nicht identifizierten Signale werden oberhalb von 10 µg/m³ bei der Summenberechnung des TVOC berücksichtigt.

Auf Anfrage werden weitere, nicht benannte Kenndaten zu Messungen und Analysen (Messunsicherheit etc.) mitgeteilt.

7. UNTERSUCHUNGSBERICHT

SCHULHAUS GRENZHOF
LUZERNERSTRASSE 7
CH-6014 LUZERN

**Bau- und Umweltchemie
Beratungen und Messungen AG**

Thurgauerstrasse 60
8050 Zürich

T. +41 (0)44 440 72 11

F. +41 (0)44 440 72 13

Gerechtigkeitsgasse 80
3011 Bern

T. +41 (0)31 550 49 50

F. +41 (0)31 550 49 51

IBAN

CH04 0900 0000 8007 6931 5

CHE-109.554.251 MWST

buc@raumlufthygiene.ch

www.raumlufthygiene.ch



6. Untersuchungsbericht 2967-09

Auftraggeber	Herr Rosario Brillante, Stadt Luzern, Immobilien Management, Hirschengraben 17, 6002 Luzern
Objekt	Schulhaus Grenzhof, Luzern
Projektnummer	2018-2967-09
Projektleitung	Raphael Rapold
Auftrag vom	09. April 2019
Ausführung der Abklärungen:	26. April 2019
Qualitätssicherung:	nh
Anzahl Seiten Bericht:	13

Zürich, 06. Juni 2019

BUC Bau- und Umweltchemie AG



Patrik Neuhäusler
Geschäftsführer



Raphael Rapold
Projektleitung

Dieser Bericht besteht aus oben genannter Anzahl Seiten einschliesslich Deckblatt und darf nur vollinhaltlich, ohne Weglassung oder Hinzufügung, veröffentlicht werden. Wird er auszugsweise vervielfältigt, so ist vorab die Genehmigung der Firma *BUC Bau- und Umweltchemie AG*, Zürich einzuholen. Dieser Bericht wurde nach bestem Wissen und Gewissen unter Bedachtnahme aller bekannten und erhobenen Umstände erstellt. Für über die Aussagen des Berichts hinausgehende Folgerungen und Konsequenzen übernehmen die Aussteller keinerlei Haftung. Bei allfälligen Vorladungen als Zeuge durch das Gericht, muss der Aufwand, sofern nicht vom Gericht gedeckt, durch den Auftraggeber in voller Höhe im Stundenansatz entschädigt werden.

INHALTSVERZEICHNIS

1.	Ausgangslage	4
2.	Untersuchungen	7
3.	Messergebnisse und Interpretation Chemie-Analyse	8
4.	Schlussfolgerungen / Empfehlungen	11
4.1	Schlussfolgerungen	11
4.2	Empfehlungen	11
5.	Fotodokumentation	12
6.	Anhang Probenahme Chemie	13

1. AUSGANGSLAGE

Objekt

Die Schulanlage Grenzhof an der Luzernerstrasse 7 in Luzern wurde in den 1960er Jahren in Stahlskelettbauweise erstellt und besteht aus zwei Pavillons, einer Bibliothek und einer Turnhalle. In den untersuchten Klassenräumen und im Kindergarten ist ein Linoleum Bodenbelag eingebracht. Die Wände sind mit Holztäfer verkleidet bzw. verputzt und an den Decken sind Akustikplatten angebracht. Die Räume werden über Radiatoren temperiert und über die Fenster gelüftet.

Schadensbeschreibung

In den Räumen der Schulanlage klagen die Raumnutzer über auffällige Geruchsbelastungen, welche in den Klassenräumen und in der Turnhalle durch Teerölinhaltsstoffe und Naphthaline verursacht werden.

Bisher durchgeführte Massnahmen / Messungen

Im Januar 2015 wurden in der Schulanlage Grenzhof durch die Fa. BUC Bau- und Umweltchemie AG Raumlufmessungen unter Standardbedingungen¹ durchgeführt². Es wurden auffällige Konzentrationen an Naphthalinen und weiteren Teerölinhaltsstoffen nachgewiesen. In einem der untersuchten Klassenräume im Pavillon 1 wurde der gesundheitliche Eingreifwert für die Summe dieser Verbindungen überschritten. Im März 2015 wurden Messungen in jeweils zwei Räumen der Pavillons 1 und 2 unter Nutzungsbedingungen³ durchgeführt⁴. Naphthaline und Teerölinhaltstoffe wurden in allen untersuchten Räumen nachgewiesen. Der gesundheitliche Eingreifwert für die Summe dieser Verbindungen sowie der von der WHO empfohlene Jahresmittelwert für Naphthalin wurden in den Räumen P2/Kindergarten sowie P2/23 überschritten. In den untersuchten Räumen P1/15 und P1/16 lagen die Konzentrationen gerade im Bereich dieser Richtwerte bzw. knapp

¹ Um die Ergebnisse von verschiedenen Raumlufmessungen miteinander zu vergleichen und gegenüber Richtwerten bewerten zu können, erfolgen die Messungen i.d.R. unter Standardbedingungen. Entsprechend der ISO Norm 16000-2 und 16000-5 muss der zu messende Raum 15 Minuten intensiv gelüftet werden und danach etwa 8 Stunden bis zum Ende der Messung geschlossen bleiben.

² BUC Bau- und Umweltchemie AG, Untersuchungsbericht 2014-2967-01, Zürich 2015

³ Gemessen wurde jeweils eine Stunde nach der letzten Querlüftung.

⁴ BUC Bau- und Umweltchemie AG, Untersuchungsbericht 2015-2967-02, Zürich 2015

6. Untersuchungsbericht 2967-09

darunter. Im Juli 2015 wurde im Rahmen eines Gebäudechecks zur Identifikation schadstoffhaltiger Baumaterialien⁵ ermittelt, dass im Zwischenboden eine PAK⁶-haltige Spreuschüttung vorhanden ist. Dieses Material ist als Quelle der beschriebenen Schadstoffe in der Raumluft anzusehen. Im Oktober 2016 wurde die Raumluft erneut unter Nutzungsbedingungen untersucht⁷. Die Konzentrationen im Oktober 2016 im Pavillon 2 waren praktisch identisch bzw. sogar höher ausgefallen als im März 2015. Im Pavillon 1 waren die Konzentrationen im Oktober 2016 deutlich tiefer ausgefallen als im März 2015, was jedoch zumindest teilweise mit den Messbedingungen begründet wurde.

Darauf wurde in den Räumen Aktivkohlefilter installiert, was die Geruchsproblematik nicht verbesserte. Nach Austausch der Aktivkohlefilter mit 3-stufigen Luftreinigungsgeräte der Fa. Swiss Ion GmbH zur Geruchsneutralisation hat sich nach Aussage des Auftraggebers die Geruchsproblematik deutlich verbessert. Bei den Luftreinigern handelt es sich um Geräte mit einem Ionisator mit Hochspannungskoronarentladung.

Nach weiteren Kontrollmessungen durch die Fa. BUC- Bau und Umweltchemie AG im April 2018⁸ wurde festgestellt, dass der Einsatz der Lüftungsgeräte keine messbare Verbesserung der Raumlufthygiene herbeigeführt hat. Die Konzentrationen an Naphthalinen und Teerölinhaltsstoffen sind höher oder gleich hoch ausgefallen als im Oktober 2016. Nach wie vor überschritten die Konzentrationen an Naphthalinen und Teerölinhaltsstoffen die gesundheitlichen Eingreifwerte (Pavillon 2) resp. Vorsorgewerte (Pavillon 1).

Im Mai/Juni 2018⁹ wurde die Raumluft aller im Schulbetrieb benutzen Räume gemessen. Aufgrund der Messergebnisse wurde empfohlen die Räumlichkeiten im Pavillon 2, in welchem die Eingreifwerte an allen Messpunkten überschritten wurden, nicht mehr zu benutzen.

In den Räumlichkeiten im Pavillon 1 ist anhand der Messergebnisse eine tiefere Teerölinhaltsstoff-Belastung als im Pavillon 2 vorhanden. Um den Schulbetrieb im

⁵ BUC Bau- und Umweltchemie AG, Untersuchungsbericht 2015-2967-03, Zürich 2015
Untersucht wurde der Zwischenboden des Schulzimmers Nr. 16 im OG des Pavillon 2

⁶ PAK = polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe

⁷ BUC Bau- und Umweltchemie AG, Untersuchungsbericht 2016-2967-04.1_korr, Zürich 2016

⁸ BUC Bau- und Umweltchemie AG, Untersuchungsbericht 2018-2967-06, Zürich 2018

⁹ BUC Bau- und Umweltchemie AG, Untersuchungsbericht 2018-2967-07, Zürich 2018

6. Untersuchungsbericht 2967-09

Pavillon 1 weiterzuführen wird empfohlen, eine Lüftungsanlage mit möglichst hohem Luftwechsel einzubauen. Alternativ wurde empfohlen, die Schadstoffkonzentrationen in der Raumluft mit dem Einsatz von Luftreinigungsgeräten mit Aktivkohlefilter zu reduzieren. Da der Einbau einer Lüftungsanlage kurzfristig nicht durchführbar war, wurde die Effektivität verschiedener Luftreinigungsgeräte mit Aktivkohlefilter mittels vergleichender Messungen überprüft¹⁰. Dabei wurde das Gerät „Cleanzone SLS“ der Firma IQAir als das geeignetste Gerät zum Einsatz während des Schulbetriebes empfohlen, aufgrund des höchsten schadstoffmindernden Effektes, des höchsten Luftstromes und der tiefsten akustischen Belastung unter den drei getesteten Geräten. Die Schadstoffkonzentrationen in der Raumluft konnten nach einer Betriebsdauer von fünf Stunden messbar um 69% bzw. 70% reduziert werden. Die Raumluftkonzentrationen in den Zimmern im Pavillon 2 konnten jedoch nicht unter die gesundheitlichen Eingreifwerte gesenkt werden. Um den Schulbetrieb in den anderen Räumlichkeiten weiterzuführen wurde in allen Zimmern Geräte des Typs „Cleanzone SLS“ installiert, welche im Dauerbetrieb eingeschaltet sind.

¹⁰ BUC Bau- und Umweltchemie AG, Untersuchungsbericht 2018-2967-08, Zürich 2018

2. UNTERSUCHUNGEN

Auftrag

Die Fa. BUC Bau und Umweltchemie AG wurde beauftragt, Raumluftmessungen auf flüchtige organische Verbindungen (VOC) in drei Räumen im Pavillon 1 sowie in der Aula und im Betreuungsgebäude durchzuführen und die Ergebnisse zu vergleichen sowie gesundheitlich zu bewerten.

Messpunkte

Die untersuchten Messpunkte sind in Tab. 1. zusammengestellt.

Tab. 1: Übersicht über die durchgeführten Messungen

Bereich	Parameter	Betreuung OG	Aula	P1/11	P1/17	P1/18
Chemie	Flüchtige organische Verbindungen in der Raumluft	x	x	x	x	x

Mess- und Randbedingungen

Die chemischen Luftanalysen erfolgten mittels aktiver Probenahme - beschrieben im Anhang – unter Nutzungsbedingungen¹¹ an den untersuchten Messpunkten. Die Raumlufttemperaturen und die relativen Luftfeuchtigkeiten an den Messpunkten sind in Tab. 2 des folgenden Kapitels 3 aufgeführt.

Während der vorliegenden Messungen war in allen Räumen jeweils ein Luftreinigungsgerät „Cleanzone SLS“ der Firma IQAir installiert. In der Aula waren aufgrund der Raumgrösse zwei Geräte installiert. Die Geräte waren während der Messung, wie während des Schulbetriebes, eingeschaltet.

¹¹ Vor der Messung wurde durch fünfzehnminütiges Öffnen von Türen und Fenstern intensiv gelüftet. Türen und Fenster wurden anschliessend wieder geschlossen und nach einer Wartezeit von einer Stunde wurde die Luftprobe genommen.

3. MESSERGEBNISSE UND INTERPRETATION CHEMIE-ANALYSE

Ergebnisse

Tab. 2 zeigt den TVOC-Wert (Total Volatile Organic Compounds) und eine Zusammenstellung aller chemischen Verbindungen bzw. ihrer Summen, die in einer relevanten Konzentration nachgewiesen wurden. Zusätzlich sind die Konzentrationen der Naphthaline und Teerölinhaltstoffe angegeben. Alle anderen Stoffe sind - im Vergleich zu entsprechenden Richtwerten¹² oder statistisch erhobenen Raumlufkonzentrationen^{13,14,15} - in niedrigen Konzentrationen vorhanden und werden nicht weiter bewertet. Zum Vergleich sind die im Mai 2018 unter Standardbedingungen gemessenen Werte aufgeführt (grau hinterlegt).

¹² Pluschke P., Luftschadstoffe in Innenräumen, Springer-Verlag, Berlin, 1996

¹³ DIWODAT, Interne Datenbank der Fa. BAU- UND UMWELTCHEMIE Beratungen + Messungen AG, Stand Juli 2015

¹⁴ Umweltbundesamt, Bereitstellung einer Datenbank zum Vorkommen von flüchtigen organischen Verbindungen in der Raumluf , WaBoLu-Heft 05 08, 2007

¹⁵ H.-D. Neumann, UK NRW (Unfallkasse Nordrhein-Westfalen), Gesunde Luft in Schulen, 2013

6. Untersuchungsbericht 2967-09

Tab. 2: Chemische Verbindungen, die in einer relevanten Konzentration auftreten

Messpunkte		Betreuung OG		Aula		P1/11		P1/17		P1/18	
		Mai 2018	April 2019	Mai 2018	April 2019	Mai 2018	April 2019	Mai 2018	April 2019	Mai 2018	April 2019
Messdatum											
Temperatur [°C]		25.4	20.0	25.1	20.4	24.7	19.4	23.8	19.9	24.1	19.4
rel. Luftfeuchte [%]		53.7	42.0	54.8	40.6	48.6	40.1	53.1	39.8	52.7	38.6
Verbindung	CAS Nr.	[µg/m³]									
TVOC	-	485	6	122	n.n.	498	n.n.	655	30	548	39
Summe Teerölinhaltstoffe / Naphthaline	-	91	6	67	n.n.	158	n.n.	122	n.n.	92	2
Summe Naphthaline	-	75	6	41	n.n.	90	n.n.	71	n.n.	45	2
Naphthalin	91-20-3	35	3	19	n.n.	42	n.n.	31	n.n.	17	n.n.

n.n. = nicht nachweisbar

■ Keine Richtwerte überschritten
 ■ Vorsorgewert überschritten
 ■ Eingreifwert überschritten

Gesamtsituation (TVOC) – Interpretation

Der gemessene Gehalt an Lösemitteln in der Raumluft, die sogenannte TVOC-Konzentration, liegt an den Messpunkten zwischen einem nicht nachweisbaren Bereich bis $39 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (vgl. Tab. 2). Diese Konzentrationen können als sehr niedrig bewertet werden.

Üblicherweise werden in Wohnungen und Klassenzimmern Werte zwischen 250 und $500 \mu\text{g}/\text{m}^3$ gemessen. Für einen beschwerdefreien Aufenthalt soll auf Dauer ein TVOC-Wert im Bereich von 1'000 bis $3'000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ nicht überschritten werden. Ziel sollte es sein, zur Sicherung raumlufthygienischer (keine toxikologische Begründung) und angenehmer Raumluftverhältnisse¹⁶ in Innenräumen im langzeitigen Mittel eine TVOC-Konzentration von 200 bis $300 \mu\text{g}/\text{m}^3$ zu erreichen bzw. nach Möglichkeit sogar zu unterschreiten.

Summe Teerölinhaltsstoffe und Naphthaline – Interpretation

Die gemessene Summenkonzentration der flüchtigen Teerölinhaltsstoffe liegt an den Messpunkten zwischen einem nicht nachweisbaren Bereich bis $6 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Für die Summe der Teerölinhaltstoffe und Naphthaline besteht ein vorläufiger Eingreifwert¹⁷ von $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ und ein vorsorglicher Richtwert von $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Der gesundheitliche Eingreifwert für die Einzelverbindung Naphthalin liegt bei $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$, der gesundheitliche Vorsorgewert, welcher ebenfalls dem empfohlenen WHO-Jahresmittelwert¹⁸ entspricht, liegt bei $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Die gesundheitlichen Vorsorgewerte werden sowohl bezüglich Summenkonzentration als auch der Einzelverbindung Naphthalin an allen Messpunkten unterschritten.

¹⁶ Seifert B., Richtwerte für die Innenraumluft - Die Beurteilung der Innenraumluftqualität mit Hilfe der Summe der flüchtigen organischen Verbindungen (TVOC-Wert), Bundesgesundheitsblatt – Bundesgesundheitsblatt-Gesundheitsforschung-Gesundheitsschutz 42, S. 270-278, 1999

¹⁷ Umweltbundesamt, Richtwerte für die Innenraumluft: Naphthalin und Naphthalin-ähnliche Verbindungen, Bundesgesundheitsblatt 56(10): 1448-1459, 2013

¹⁸ World Health Organization, WHO Guidelines for Indoor Air Quality: selected Pollutants, Dezember 2010

4. SCHLUSSFOLGERUNGEN / EMPFEHLUNGEN

4.1 SCHLUSSFOLGERUNGEN

In drei Räumen im Pavillon 1 sowie in der Aula und im Betreuungsgebäude wurde die Raumluft auf flüchtige organische Verbindungen (VOC), inkl. Naphthaline und Teerölinhaltstoffe untersucht. Dabei wurden sehr tiefe VOC-Konzentrationen, sowohl bezüglich der Summe (TVOC) als auch Einzelverbindungen gemessen. Die gesundheitlichen Vorsorgewerte für Naphthalin und die Summenkonzentration an Teerölinhaltstoffen wurden allen Messpunkten unterschritten. Die getroffenen Massnahmen, d.h. die Installation der Luftreinigungsgeräte und häufiges stosslüften, lassen sich folglich als effektiv bewerten. Die deutlich tieferen Temperaturen während den vorliegenden Messungen im Vergleich zu den letzten Messungen im Mai 2018 haben wahrscheinlich ebenfalls einen reduzierenden Effekt auf die VOC-Konzentrationen.

Aufgrund der Messergebnisse kann der Schulbetrieb mit den getroffenen Massnahmen weitergeführt werden.

4.2 EMPFEHLUNGEN

Mit den vorliegenden Messergebnissen kann der Schulbetrieb mit den getroffenen Massnahmen weitergeführt werden.

5. FOTODOKUMENTATION



Abb. 1: Aula, Raumlufmessung auf flüchtige org. Verb.



Abb. 2: Pavillon 1, Raum 11, Raumlufmessung auf flüchtige org. Verb.



Abb. 3: Betreuung OG, Raumlufmessung auf flüchtige org. Verb.



Abb. 4: Pavillon 1, Raum 17, Raumlufmessung auf flüchtige org. Verb.



Abb. 5: Pavillon 1, Raum 17, Raumlufmessung auf flüchtige org. Verb.

6. ANHANG PROBENAHE CHEMIE

Flüchtige organische Verbindungen – Tenax

Die Probenahme erfolgte nach der Arbeitsvorschrift *AV VOC LUFT*, die sich auf die Richtlinien ISO 16000-5 und ISO 16000-6 abstützt. Die Volumenströme der Probenahmegeräte werden normiert auf Standardbedingungen (20 °C, 1013.25 mbar). Die Anreicherung erfolgte an TENAX TA mit anschliessender GC/MS Auswertung.

Der Summenparameter für flüchtige organische Verbindungen (TVOC = Total Volatile Organic Compounds) wird gemäss ISO 16000-6 bestimmt und umfasst alle auf TENAX eluierbaren und identifizierten Stoffe im Retentionszeitbereich zwischen n-Hexan und n-Eicosan und oberhalb ihrer Bestimmungsgrenzen von 10 µg/m³. Die Bestimmungsgrenze für chlorierte Verbindungen sowie Acetophenon beträgt 5 µg/m³, für Naphthalin und Benzol 2 µg/m³. Die nicht identifizierten Signale werden oberhalb von 10 µg/m³ bei der Summenberechnung des TVOC berücksichtigt.

Auf Anfrage werden weitere, nicht benannte Kenndaten zu Messungen und Analysen (Messunsicherheit etc.) mitgeteilt.

UNTERSUCHUNGSBERICHT

—
— SCHULHAUS GRENZHOF
— LUZERNSTRASSE 7
— CH-6014 LUZERN



Bau- und Umweltchemie
Beratungen und Messungen AG

Wasserwerkstrasse 129
8037 Zürich
T. +41 (0)44 440 72 11
F. +41 (0)44 440 72 13

Gerechtigkeitsgasse 80
3011 Bern
T. +41 (0)31 550 49 50
F. +41 (0)31 550 49 51

Postkonto 80-76931-5
CHE-109.554.251 MWST.

buc@raumlufthygiene.ch
www.raumlufthygiene.ch

AUFTRAGGEBER	Stadt Luzern, Immobilien Management, Hirschengraben 17, 6002 Luzern
OBJEKT	Schulhaus Grenzhof, Luzern
PROJEKTNUMMER	2015-2967-03
KUNDENREFERENZ	I:\DAT\PROMESS\2015\luzernstr. 7 (sh grenzhof), luzern\gebäudecheck 2967-03.docx
PROJEKTLEITER	Adrian Wäckerlin
AUFTRAG VOM	30. Juni 2015
AUSFÜHRUNG DER ABKLÄRUNGEN:	14. / 21. Juli 2015
QUALITÄTSSICHERUNG:	hk
ANZAHL SEITEN BERICHT:	27

Zürich, 11. August 2015

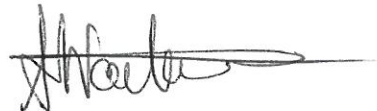
BAU- UND UMWELTCHEMIE

Beratungen + Messungen AG



Barbara Jehle

Geschäftsführerin



Adrian Wäckerlin

Projektleitung

Dieser Bericht besteht aus oben genannter Anzahl Seiten einschliesslich Deckblatt und darf nur vollinhaltlich, ohne Weglassung oder Hinzufügung, veröffentlicht werden. Wird er auszugsweise vervielfältigt, so ist vorab die Genehmigung der Firma *BAU- UND UMWELTCHEMIE Beratungen + Messungen AG*, Zürich einzuholen. Dieser Bericht wurde nach bestem Wissen und Gewissen unter Bedachtnahme aller bekannten und erhobenen Umstände erstellt. Für über die Aussagen des Berichts hinausgehende Folgerungen und Konsequenzen übernehmen die Aussteller keinerlei Haftung. Bei allfälligen Vorladungen als Zeuge durch das Gericht, muss der Aufwand, sofern nicht vom Gericht gedeckt, durch den Auftraggeber in voller Höhe im Stundenansatz entschädigt werden. Die auf dem Internet publizierten Allgemeinen Geschäftsbedingungen der *BAU- UND UMWELTCHEMIE Beratungen + Messungen AG* sind integrierender Bestandteil dieses Berichts (www.raumlufthygiene.ch -> AGB).

INHALTSVERZEICHNIS

1. Ausgangslage	4
2. Untersuchungen	5
3. Messergebnisse und Interpretation	6
3.1 Asbest im Material	6
3.2 Polychlorierte Biphenyle (PCB) im Material	8
3.3 Chlorparaffine (CP) im Material	9
3.4 Polyzyklische Aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) im Material	10
3.5 Biozide im Material	11
3.6 Schwermetalle im Material	12
4. Schlussfolgerungen / Sanierungsempfehlungen	13
4.1 Asbest im Material	13
4.2 Polychlorierte Biphenyle (PCB) im Material	14
4.3 Chlorparaffine (CP) im Material	14
4.4 Polyzyklische Aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) im Material	14
4.5 Biozide im Material	14
4.6 Schwermetalle im Material	15
5. Fotodokumentation	16
6. Anhang I Probenahme	23
6.1 Asbest im Material	23
6.2 Polychlorierte Biphenyle (PCB) im Material	23
6.3 Polyzyklische Aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) im Material	23
6.4 Chlorparaffine (CP) im Material	23
6.5 Biozide im Material	23
7. Anhang II - Zusammenfassung schadstoffhaltiger Materialien	24

1. AUSGANGSLAGE

OBJEKT

Die Schulanlage Grenzhof besteht aus Pavillon 1, Pavillon 2, einem Nebengebäude mit Kinderbetreuung und einer Turnhalle. Die Anlage wurde vermutlich in den 1960er Jahren in Stahlskelettbauweise erstellt. Die Pavillons weisen jeweils ein Erdgeschoss (EG), ein Obergeschoss (OG) sowie ein Untergeschoss (UG) auf. Während sich in den Obergeschossen mehrheitlich Klassenzimmer befinden, weisen die Erdgeschosse meist Büros der Schulleitung, Toiletten, Küchen oder Materialräume auf. Im Untergeschoss des Pavillon 1 sind Werkräume sowie Musik-Proberäume untergebracht, im UG des Pavillons 2 befinden sich Musik-Proberäume sowie Lagerräume von Vereinen. Das Nebengebäude der Kinderbetreuung weist ebenfalls ein EG, ein UG und ein OG auf. Im EG und OG befinden sich die Räumlichkeiten der Kindertagesstätte mit Toiletten und Küchen, im UG sind die zentrale Heizungsanlage, Technikräume sowie Musik-Proberäume und Vereinslokalitäten untergebracht.

BISHER DURCHGEFÜHRTE UNTERSUCHUNGEN/MASSNAHMEN

Im Januar 2015 wurden Raumlufmessungen auf flüchtige organische Verbindungen (VOC) und Aldehyde, Staubmessungen auf Flammschutzmittel, Weichmacher und polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) sowie exemplarische Raumlufmessungen auf Keime durch die Fa. BAU- UND UMWELTCHEMIE Beratungen + Messungen AG durchgeführt¹. Aufgrund der Resultate wurden im März 2015 Nachmessungen ebenfalls durch die Fa. BAU- UND UMWELTCHEMIE Beratungen + Messungen AG durchgeführt².

¹ BAU- UND UMWELTCHEMIE Beratungen + Messungen AG, 1. Untersuchungsbericht 2014-2967-01, Zürich 2015

² BAU- UND UMWELTCHEMIE Beratungen + Messungen AG, 2. Untersuchungsbericht 2015-2967-02, Zürich 2015

2. UNTERSUCHUNGEN

AUFTRAG

Die Fa. BAU- UND UMWELTCHEMIE Beratungen + Messungen AG wurde beauftragt, gemäss Offerte vom 30. Juni 2015 einen Gebäudecheck zur Identifikation schadstoffhaltiger Bauprodukte wie Asbest, polychlorierter Biphenyle (PCB), polyzyklischer aromatischer Kohlenwasserstoffe (PAK) sowie Bioziden (PCP, Lindan etc.) durchzuführen.

MESSPUNKTE

Während der Begehung der Gebäude wurden von potentiell schadstoffbelasteten Materialien Proben zur analytischen Untersuchung entnommen. Die Lage und Art aller entnommenen Proben mit den Referenz-Nummern (Ref.-Nr.) sowie die Analysenresultate respektive Einstufungen sind im Kap. 3 in den jeweiligen Unterkapiteln zu den Schadstoffparametern dokumentiert.

Zur besseren Übersicht sind die positiven Ergebnisse aus den Untersuchungen in Kap. 7 zusammengefasst.

MESS- UND RANDBEDINGUNGEN

In den Gebäuden wurde eine systematische Begehung durchgeführt. Aufgrund der fehlenden Zugänglichkeit konnten jedoch nicht alle Räume begangen werden. Hierzu zählen Kellerabteile im UG des Pavillons 2 sowie Räume im Nebengebäude. Die Materialprobenahmen erfolgten gemäss den Arbeitsvorschriften, beschrieben im Anhang I.

3. MESSERGEBNISSE UND INTERPRETATION

3.1 ASBEST IM MATERIAL

ERGEBNISSE

Die Ergebnisse der Materialuntersuchungen auf Asbest sind in Tab. 1 dargestellt.

Tab. 1: Ergebnisse der Materialuntersuchungen auf Asbest

Ref.-Nr.	Probenahmeort	Probematerial	Analysenergebnis*	Abb.
Pavillon 1				
03-01	UG, Raum 1A	Kleber Keramikwandplatten, weiss	Organische Fasern	1
03-02	UG, SR/Proberaum	Mörtel Rohrisolierung	Organische Fasern	2
-	UG, SR/Technikraum	Abwasserrohre	Einstufung Asbestzement	3
03-05	EG, WC	Kleber Sockelplatten, schwarz	Organische Fasern	4
0306	EG, WC	Kitt im Glasanschluss	Negativ, keine Fasern	5
03-07	EG, WC	Kleber Keramikwandplatten, weiss	Organische Fasern	6
03-08	Küche	Kleber Keramikwandplatten, marmoriert	Negativ, keine Fasern	7
03-11	EG/OG, Mischprobe	Wandputz	Negativ, keine Fasern	8
03-12	OG, Decke	Deckenelement	Organische Fasern	9
-	UG	Diverse Futterrohre Lüftung	Einstufung Asbestzement	24
Pavillon 2				
03-28	UG, SR/Proberaum	Mörtel Rohrisolierung	Organische Fasern	17
03-29	EG/OG, WC, Mischprobe	Kleber Keramikwandplatten, weiss	Organische Fasern	18
03-30	EG/OG, Mischprobe	Wandputz	Negativ, keine Fasern	19
03-32	EG, WC	Kleber Sockelplatten, schwarz	Organische Fasern	20
03-34	Dach	Stellriemen	Organische Fasern	37

Ref.-Nr.	Probenahmeort	Probematerial	Analysenergebnis*	Abb.
Pavillon 2				
-	UG	Diverse Futterrohre Lüftung	Einstufung Asbestzement	25
Nebengebäude				
03-15	UG, Türe Heizungsraum-Schacht	Kitt im Türanschluss	Chrysotilasbest 1-15%	10
03-16	UG, Heizungsraum, Waschbecken	Mörtel Rohrisolierung	Organische Fasern	11
03-17	UG, Flur, Heizungsanlage	Mörtel Rohrisolierung	Organische Fasern	12
03-20	UG, Waschküche	Kitt im Glasanschluss	Negativ, keine Fasern	13
03-22	OG, Küche	Kleber Keramikwandplatten, beige	Organische Fasern	14
03-24	EG, Hintereingang	Kitt im Fensteranschluss	Negativ, keine Fasern	35
03-25	EG, Waschbecken Flur	Kleber Keramikwandplatten, weiss	Organische Fasern	15
03-26	EG/OG, Mischprobe	Wandputz	Negativ, keine Fasern	16
-	UG	Diverse Abwasserrohre	Einstufung Asbestzement	21-22
-	UG, Verbindungskanal zu Pavillon 1	Kabelkanal	Einstufung Asbestzement	23
-	UG	Diverse Futterrohre Lüftung	Einstufung Asbestzement	26
Turnhalle				
03-33	Haupteingang	Kitt im Glasanschluss	Chrysotilasbest**	36
03-35	UG, Herrenkabine	Kleber Boden	Negativ, keine Fasern	38
03-36	UG, Herrenkabine	Kitt im Glasanschluss	Negativ, keine Fasern	39
03-37	EG, Halle	PVC-Bodenbelag	Negativ, keine Fasern	40

*Massenprozent

**Massengehalt lässt sich aufgrund der organischen Matrix nicht bestimmen

ASBEST – INTERPRETATION

In Tab. 1 sind die Ergebnisse der Asbestuntersuchungen dargestellt. Dabei sind sowohl die asbesthaltigen Materialproben gemäss Analyse als auch die als asbesthaltig eingestuftes Materialien farblich hinterlegt. Bei baugleichen Elementen kann in allen Gebäuden mit denselben

Ergebnissen gerechnet werden. Die Farben sind so gewählt, dass eine Zuordnung gemäss der Dringlichkeit von Sanierungsmassnahmen³ für das Material erkennbar ist: **Dringlichkeitsstufe I**⁴, **Dringlichkeitsstufe II**⁵ und **Dringlichkeitsstufe III**⁶. Für asbesthaltige Materialien im Aussenbereich kann nach diesem Schema **keine Zuordnung**⁷ vorgenommen werden.

Die Asbestzementprodukte (Eternit) sind im unbeschädigten Zustand entsprechend dem Bundesamt für Gesundheit (BAG) als risikoarm anzusehen. Erst bei Beschädigungen oder mechanischem Bearbeiten ist mit einer Faserfreisetzung zu rechnen.

3.2 POLYCHLORIERTE BIPHENYLE (PCB) IM MATERIAL

ERGEBNISSE

In der folgenden Tab. 2 sind die PCB-Resultate der untersuchten Materialien zusammengestellt.

Tab. 2: Ergebnisse der Materialuntersuchungen auf PCB

Ref.-Nr.	Probenahmeort	Probematerial	PCB-Gehalt* mg/kg	Abb.
Pavillon 1				
03-03	UG, Flur / SR	Bodenanstrich, grau	n.e.	27
Nebengebäude				
03-13	UG, Flur	Bodenanstrich, hellgrün	n.e.	28
03-14	UG, Heizungsraum	Bodenanstrich, dunkelgrün	n.e.	29
03-19	UG, Öltank	Anstrich Öltank, schwarz	134	30
03-23	OG, Terrasse	Fugendichtungsmasse (FDM)	n.e.	31

*Berechnung nach DIN 51527; Summe Indikator-Kongenere multipliziert mit Faktor 5

n.e.: nicht ermittelbar; Nachweisgrenze der Indikator-Kongenere unterhalb der Nachweisgrenze von 0.1 mg/kg

³ Forum Asbest Schweiz FACH, Asbest in Innenräumen Dringlichkeit von Massnahmen, 2008

⁴ **Dringlichkeitsstufe I**: Sanierung umgehend einleiten, evtl. temporäre Massnahmen/Sofortmassnahmen ergreifen und evtl. Raumluftmessungen

⁵ **Dringlichkeitsstufe II**: Eine Sanierung ist vorzumerken und vor baulichen Eingriffen durchzuführen. Eine Neu beurteilung ist bei Nutzungsänderung oder Vorkommnissen oder spätestens nach 2 – 5 Jahren durchzuführen

⁶ **Dringlichkeitsstufe III**: Eine Sanierung ist vorzumerken und vor baulichen Eingriffen durchzuführen. Eine Neu beurteilung ist bei Nutzungsänderung oder Vorkommnissen durchzuführen

⁷ **keine Zuordnung** in die Dringlichkeit für Massnahmen möglich

PCB IM MATERIAL – INTERPRETATION

Die untersuchten Materialproben enthalten PCB-Gehalte kleiner der Nachweisgrenze bis 134 mg/kg. Aus der Konzentration von 134 mg/kg PCB ist eine entsorgungsrelevante Belastung für die Probe abzuleiten. Diese ist farblich hinterlegt (Tab. 2).

Nach der BUWAL Richtlinie „PCB-haltige Fugendichtungsmassen“⁸ müssen bei allen Abfällen, die einen PCB-Anteil > 50 mg/kg aufweisen, besondere Regeln beim Entfernen und Entsorgen beachtet werden.

3.3 CHLORPARAFFINE (CP) IM MATERIAL

ERGEBNISSE

In der folgenden Tab. 3 ist der CP-Gehalt des untersuchten Materials aufgeführt.

Tab. 3: Ergebnis der Materialuntersuchung auf CP

Ref.-Nr.	Probenahmeort	Probematerial	CP-Gehalt*	Abb.
			mg/kg	
Pavillon 2				
03-27	UG	Bodenanstrich, grau	n.n.	32

*C10- 20

n.n.: nicht nachweisbar; weniger als Bestimmungsgrenze (100 mg/kg)

CP IM MATERIAL – INTERPRETATION

Der Gehalt an Chlorparaffinen der Chlorierungsgrade C10-20 in der untersuchten Materialprobe ist kleiner der Nachweisgrenze (<100 mg/kg).

Aufgrund ihrer physikalischen Eigenschaften sind CP als umweltgefährdende Stoffe mit polychlorierten Biphenylen (PCB) vergleichbar. Nach der BUWAL Richtlinie „PCB-haltige Fugendichtungsmassen“⁹ müssen bei allen Abfällen die einen PCB-Anteil > 50 mg/kg aufweisen, besondere Regeln beim Entfernen und Entsorgen beachtet werden. Im richtigen Umgang mit den CP ist Bezug auf diese Richtlinie zu nehmen, wie in einzelnen Kantonen gefordert wird.

⁸ Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL), Richtlinie PCB-haltige Fugendichtungsmassen, Bern, 2003

⁹ Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL), Richtlinie PCB-haltige Fugendichtungsmassen, Bern, 2003

3.4 POLYZYKLISCHE AROMATISCHE KOHLENWASSERSTOFFE (PAK) IM MATERIAL

ERGEBNISSE

Tab. 4 zeigt den PAK-Gehalt des untersuchten Materials

Tab. 4: Ergebnis der Materialuntersuchung auf PAK

Ref.-Nr.	Probenahmeort	Probematerial	PAK-Gehalt nach EPA*	Naphtalin	Benzo[a]pyren	Abb.
			mg/kg	mg/kg	mg/kg	

Pavillon 2

03-10	OG, Raum Nr. 16	Bodenfüllung, Spreu	9'916	5.3	430	33
-------	-----------------	---------------------	-------	-----	-----	----

*16 Einzelverbindungen, die nach der US Bundesumweltbehörde Environmental Protection Agency untersucht werden

PAK IM MATERIAL – INTERPRETATION

Das beprobte Material weist einen PAK-Gehalt von 9'916 mg/kg und einen Benzo[a]pyren-Gehalt von 430 mg/kg auf. Mit Bezug auf die vorangegangenen Raumlufmessungen der Fa. BAU- UND UMWELTCHEMIE Beratungen + Messungen AG^{1,2} ist zudem der Naphtalin-Gehalt von 5.3 mg/kg zu erwähnen. Die relevanten Belastungen sind farblich hinterlegt (Tab. 4).

Für eine Ablagerung auf Inertstoffdeponien dürfen der PAK-Gehalt 25 mg/kg bzw. der Benzo[a]pyren-Gehalt 3 mg/kg¹⁰ nicht überschreiten, für Reaktordeponien gelten Grenzwerte von 250 mg/kg für den PAK-Gehalt respektive 10 mg/kg für Benzo-[a]-pyren.

¹⁰ Technische Verordnung über Abfälle (TVA) vom 10. Dezember 1990 (Stand am 1. Juli 2011)

3.5 BIOZIDE IM MATERIAL

ERGEBNISSE

Tab. 5 zeigt den Biozid-Gehalt des untersuchten Materials.

Tab. 5: Ergebnisse der Materialuntersuchungen auf Biozide

Ref.-Nr.	Probenahmeort	Probematerial	Biozid-Verbindung CAS-Nr.	Konzentration mg/kg	Abb.
Pavillon 2					
03-09	OG, Raum Nr. 16	Holzanstrich, Täfer	Pentachlorphenol PCP 87-86-5	56	34

PENTACHLORPHENOL (PCP) – INTERPRETATION

In der analysierten Materialprobe wurde eine Konzentration an PCP und dessen Metaboliten von 56 mg/kg gemessen.

Unterhalb einer PCP-Konzentration von 5 mg/kg gilt Holz als unbehandelt¹¹. Mit PCP behandelte Hölzer weisen Konzentrationen von mehr als 50 mg/kg auf.

Die vorgefundene Konzentration zeigt auf, dass das analysierte Material wahrscheinlich mit PCP behandelt wurde. Pentachlorphenol ist ein Bakterizid und Fungizid mit ausgeprägter giftiger Wirkung für Mikroorganismen.

¹¹ Landesamt für Gesundheit und Soziales Mecklenburg-Vorpommern, DDT und Lindan in Innenräumen, Informationsblatt Hylotox 59, 2005

3.6 SCHWERMETALLE IM MATERIAL

ERGEBNISSE

In Bezug auf die Belastung mit Schwermetallen konnten lediglich ältere verbaute Elektroröhre aus Blei und zum Teil die Sicherungsanlagen im Nebengebäude (UG) ermittelt werden.

SCHWERMETALLE – INTERPRETATION

Von den oben genannten, mit Schwermetall belasteten Produkten kann in diesem Falle keine unmittelbare Gesundheitsgefährdung hergeleitet werden. Werden die älteren Elektroanlagen erneuert oder entsorgt, sind die zum Schutz der Gesundheit notwendigen Massnahmen zu treffen und die entsorgungsrelevanten Vorschriften einzuhalten (Technische Verordnung über Abfälle)¹⁰.

4. SCHLUSSFOLGERUNGEN / SANIERUNGSEMPFEHLUNGEN

4.1 ASBEST IM MATERIAL

In den Gebäuden wurden verschiedene asbesthaltige Materialien identifiziert. Eine Auflistung dieser Materialien ist in Tab. 6 (Kap. 7, Anhang II) ausführlich mit der Einstufung in die Dringlichkeitsstufen für die Sanierungsmassnahmen wiedergegeben.

Nachhaltig sinnvoll ist die Sanierung durch Entfernung aller asbesthaltigen Materialien aus den Gebäuden. Werden an den Produkten mit der Einstufung in die Dringlichkeitsstufe II¹² und III¹³ bei Instandsetzungs- oder Renovationsmassnahmen Arbeiten notwendig, sind diese unter Beachtung der Arbeitsschutzbestimmungen von EKAS und SUVA durchzuführen^{14,15,16,17,18,19}. Für die Asbestzementprodukte kann grundsätzlich bei zerstörungsfreien Arbeiten der Ausbau von Fachbetrieben vorgenommen werden. Asbesthaltige Materialien sind gemäss den geltenden Entsorgungsvorschriften, den Vorschriften der Verordnung über den Verkehr mit Abfällen (VeVA) und der Technischen Verordnung über Abfälle (TVA) sowie den kantonalen Bestimmungen zu transportieren und zu entsorgen.

Arbeiten an den asbesthaltigen Materialien sind der zuständigen Behörde sowie der SUVA mitzuteilen.

Der Verbleib asbesthaltiger Materialien im Gebäude ist mit den Zuordnungen in die Dringlichkeitsstufen für Sanierungsmassnahmen in den Gebäudeakten zu dokumentieren und den Gebäudeverantwortlichen mitzuteilen.

¹² **Dringlichkeitsstufe II:** Eine Sanierung ist vorzumerken und vor baulichen Eingriffen durchzuführen. Eine Neubeurteilung ist bei Nutzungsänderung oder Vorkommnissen oder spätestens nach 2 – 5 Jahren durchzuführen

¹³ **Dringlichkeitsstufe III:** Eine Sanierung ist vorzumerken und vor baulichen Eingriffen durchzuführen. Eine Neubeurteilung ist bei Nutzungsänderung oder Vorkommnissen durchzuführen

¹⁴ Eidgenössische Koordinationskommission für Arbeitssicherheit (EKAS), Asbest, EKAS-Richtlinie 6503, Luzern, 2008

¹⁵ Schweizerische Unfallversicherung (SUVA), Asbesthaltiger Fensterkitt 1: Überblick, Factsheet 33039

¹⁶ Schweizerische Unfallversicherung (SUVA), Asbesthaltiger Fensterkitt 2: Entfernen mit Stechbeitel oder Spachtel im Freien, Factsheet 33040

¹⁷ Schweizerische Unfallversicherung (SUVA), Asbesthaltiger Fensterkitt 3: Entfernen mit wärmebasiertem Verfahren, Factsheet 33041

¹⁸ Schweizerische Unfallversicherung (SUVA), Asbesthaltiger Fensterkitt 4: Entfernen mit Handmaschinen und Handwerkzeugen, Factsheet 330432

¹⁹ Schweizerische Unfallversicherung (SUVA), Asbesthaltiger Fensterkitt 5: Ausglasen von Fenstern bei Rückbauarbeiten im Freien, Factsheet 33043

4.2 POLYCHLORIERTE BIPHENYLE (PCB) IM MATERIAL

Von den untersuchten Materialien ist der schwarze Anstrich der Öltanks im UG des Nebengebäudes (Referenz-Nr. 03-19) primär mit PCB belastet. Werden die Tanks im Rahmen von Renovationsmassnahmen erneuert oder aus dem Gebäude entfernt, sind diese unter Beachtung der Regeln zum Schutz der Arbeiter, Dritten und der Umwelt zu sanieren sowie nach abfallrechtlichen Bestimmungen sachgerecht zu transportieren und entsorgen^{20,21}. Für das Entfernen der PCB-haltigen Anstriche, inklusive Reinigungsarbeiten, sind Firmen zu beauftragen, die über das qualifizierte Fachpersonal und die erforderliche Ausrüstung verfügen. Von den PCB-haltigen Materialien sind aufgrund von Lage und Nutzung keine relevanten Raumluft-Belastungen zu erwarten.

4.3 CHLORPARAFFINE (CP) IM MATERIAL

Der untersuchte Bodenanstich weist hinsichtlich der Chlorparaffine keine positiven Werte auf. Es ist in Bezug auf die CP kein Handlungsbedarf angezeigt.

4.4 POLYZYKLISCHE AROMATISCHE KOHLENWASSERSTOFFE (PAK) IM MATERIAL

Gemäss der Analyse sind im Zwischenboden des Schulzimmers Nr. 16 im OG des Pavillon 2 (Referenz-Nr. 03-10) entsorgungsrelevante PAK-Konzentrationen vorhanden. Werden Arbeiten am PAK-haltigen Material geplant, sind zur Vermeidung geruchlicher und gesundheitlicher Belastungen die Arbeiten unter Durchführung von Schutzmassnahmen zur Staubreduzierung und Verwendung persönlicher Schutzausrüstung vorzusehen. Die ausgebauten Materialien sind entsprechend den kantonalen Bestimmungen zum Umgang mit diesen Stoffen deklariert zu transportieren und zu entsorgen. Falls das organische Material separiert werden kann, ist eine Entsorgung bei einer annahmehberechtigten KVA einzuplanen. Den bereits durchgeführten Raumluftmessungen und den olfaktorischen Wahrnehmungen zufolge, ist in allen Gebäuden der Schulanlage mit vergleichbaren PAK-Belastungen in den Zwischenböden zu rechnen.

4.5 BIOZIDE IM MATERIAL

Die untersuchte Oberfläche des beprobten Wandtäfers im Schulzimmer Nr. 16 im OG Pavillon 2 (Referenz-Nr. 03-09) ist mit PCP belastet. Ohne weitere Materialanalysen sind entsprechende Materialien in weiteren Schulzimmern als belastet einzustufen. Biozide sollten im Innenraum nicht verwendet werden. Sollten die Täfer im Gebäude verbleiben, geben Raumluft- und Staubuntersuchungen Aufschluss über die Exposition der Raumnutzer. Werden Arbeiten

²⁰ Technische Verordnung über Abfälle (TVA) vom 10 Dezember 1990, Stand Januar 2010, SR 814.600

²¹ Bau- und Umweltschutzdirektion Kanton Basel-Landschaft, Amt für Umweltschutz, Die sachgemässe Entfernung und Entsorgung PCB-haltiger Fugendichtungsmassen und Anstriche, Werkzeuge, Verfahren, Werkzeuge, Wegleitung für die Bau- und Sanierungspraxis, Liestal, 2004

am Material geplant, sind zur Vermeidung gesundheitlicher Belastungen Schutzmassnahmen zur Staubreduzierung wie folgt zu treffen:

- Trennen der Arbeitsstätten von übrigen Gebäudebereichen
- Aufnahme des Staubes mit einem Industriesauger der Filterklasse H
- Verwendung persönlicher Schutzausrüstung

Wird ein Recycling des Materials angestrebt, sind weitere Analysen zur Entsorgung (Entsorgungsanalytik)²² durchzuführen. Zur Entsorgung und thermischen Verwertung sind geeignete Kehrichtverbrennungsanlagen (KVA) vorzusehen.

4.6 SCHWERMETALLE IM MATERIAL

Im UG des Nebengebäudes befinden sich diverse alte Elektroinstallationen wie Schalt- bzw. Sicherungsanlagen, bei welchen blei- oder andere schwermetallhaltige Elemente verbaut wurden. Zudem sind mehrere bleihaltige Elektrokabelrohre installiert. Wird beabsichtigt, die Produkte zu überarbeiten, sind die Arbeiten auf jeden Fall unter Schutzmassnahmen (persönliche Schutzausrüstung, Trennen der Arbeitsstätten von übrigen Gebäudebereichen, Aufnahme des Staubes mit einem Industriesauger mindestens der Filterklasse M) durchzuführen²³. Wird in Rahmen von Sanierungsarbeiten ein Ersatz vorgesehen, ist das schwermetallhaltige Material fachgerecht zu entsorgen.

²² wird ggf. durch Entsorgungsunternehmer durchgeführt

²³ Bundesministerium für Arbeit und Soziales (BMAS), Technische Regeln für Gefahrstoffe (TRGS), TRGS 505 Blei, Deutschland 2007

5. FOTODOKUMENTATION

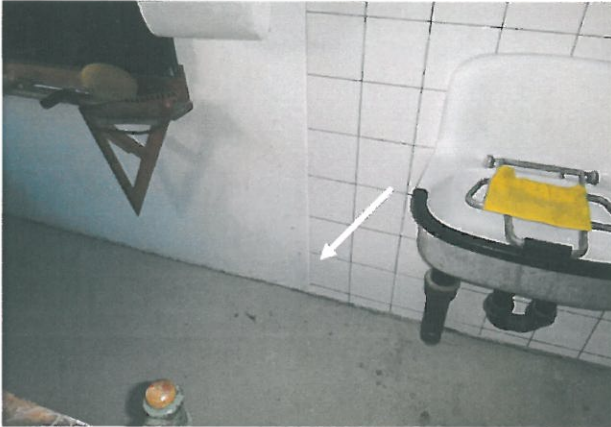


Abb. 1: Pavillon 1: UG, Werkraum 1A, Kleber Keramikfliesen, weiss

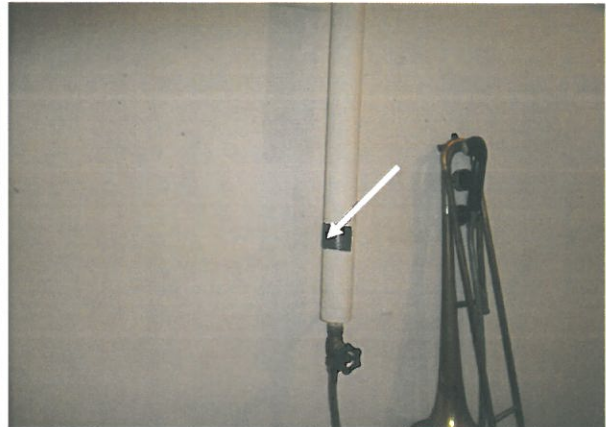


Abb. 2: Pavillon 1: UG, SR/Proberaum, Rohrinsolierung



Abb. 3: Pavillon 1: UG, SR/Technikraum, Abwasserrohrre Asbestzement



Abb. 4: Pavillon 1: WC, Kleber Sockelplatten, schwarz

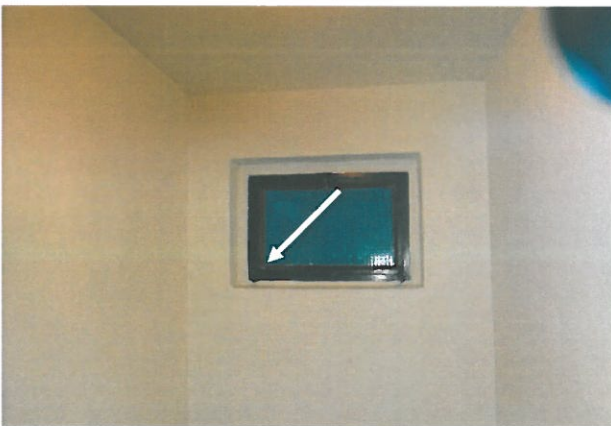


Abb. 5: Pavillon 1: EG, WC, Kitt im Glasanschluss



Abb. 6: Pavillon 1: EG, WC, Kleber Keramikwandplatten, weiss



Abb. 7: Pavillon 1: EG, Küche, Kleber Keramikwandplatten, marmoriert



Abb. 8: Pavillon 1: EG/OG, Mischprobe Wandputz



Abb. 9: Pavillon 1: OG, Deckenelement



Abb. 10: Nebengebäude, UG, Türe Heizungsraum-Schacht



Abb. 11: Nebengebäude, UG, Heizungsraum, Mörtel Rohrisolierung Waschbecken, grau



Abb. 12: Nebengebäude, UG, Flur, Mörtel Rohrisolierung Heizungsanlage, weiss

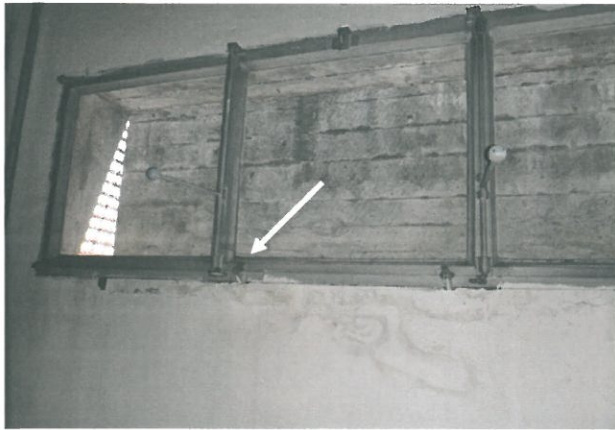


Abb. 13: Nebengebäude: UG, Waschküche, Kitt im Glasanschluss



Abb. 14: Nebengebäude: OG, Küche, Kleber Keramikwandplatten, beige



Abb. 15: Nebengebäude: EG, Waschbecken Flur, Kleber Keramikwandplatten, weiss



Abb. 16: Nebengebäude: EG/OG, Mischprobe Wandputz



Abb. 17: Pavillon 2: UG, SR/Proberaum, Mörtel Rohrisolierung



Abb. 18: Pavillon 2: EG, WC, Kleber Keramikwandplatten, weiss, (Mischprobe mit Kleber WC OG)

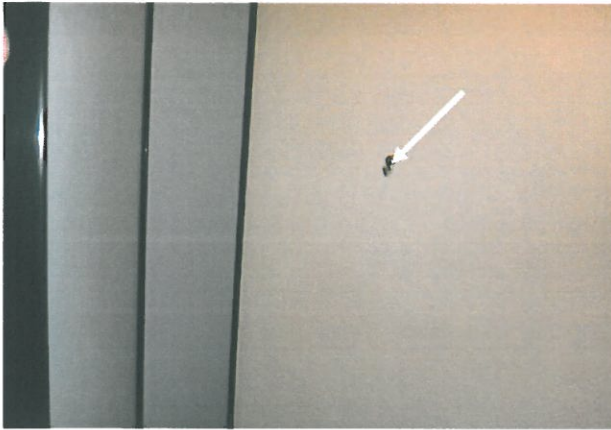


Abb. 19: Pavillon 2: OG, WC, Wandputz (Mischprobe mit WC EG)



Abb. 20: Pavillon 2: EG, WC, Kleber Sockelplatten, schwarz



Abb. 21: Nebengebäude: UG, Abwasserrohre

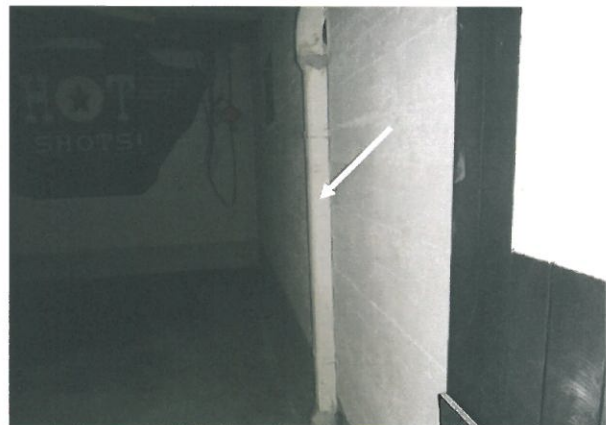


Abb. 22: Nebengebäude: UG, Abwasserrohre



Abb. 23: Nebengebäude: UG, Verbindungskanal, Kabelkanal



Abb. 24: Pavillon 1: UG, Diverse Futterrohre Lüftung

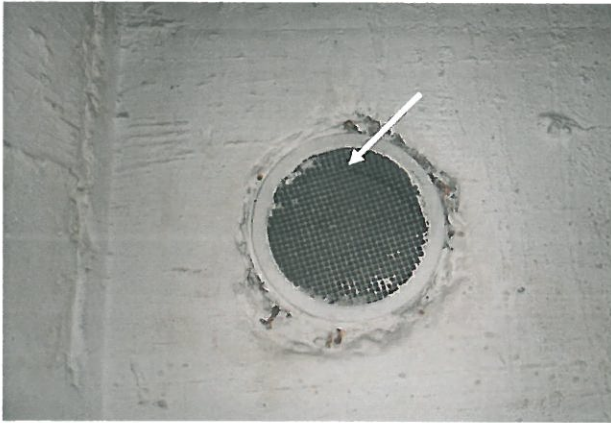


Abb. 25: Pavillon 2: UG, Diverse Futterrohre Lüftung

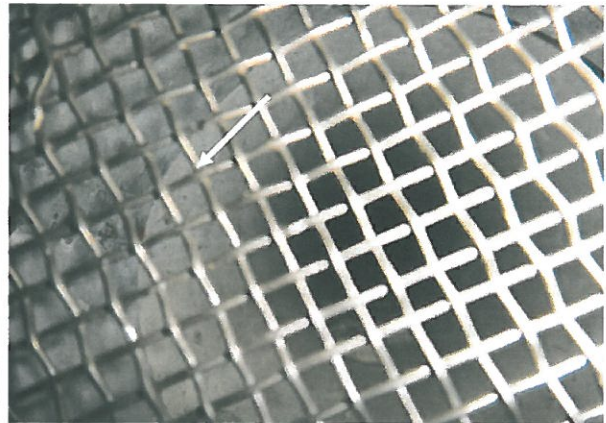


Abb. 26: Nebengebäude: UG, Diverse Futterrohre Lüftung



Abb. 27: Pavillon 1: UG, Flur Bodenanstich, grau (Mischprobe mit Bodenanstich SR)

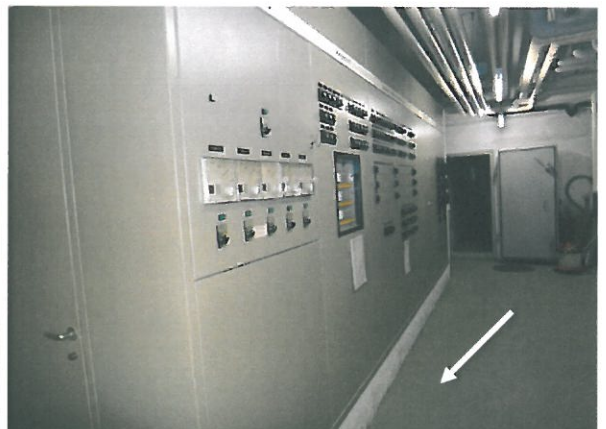


Abb. 28: Nebengebäude: UG, Flur, Bodenanstich, hellgrün



Abb. 27: Nebengebäude: UG, Heizungsraum, Bodenanstich, dunkelgrün



Abb. 30: Nebengebäude: UG, Öltank, Anstrich, schwarz



Abb. 31: Nebengebäude: OG, Terrasse, Fugendichtmasse



Abb. 32: Pavillon 2: UG, Flur / SR, Bodenanstrich, grau



Abb. 33: Pavillon 2: OG, Raum Nr. 16, Bodenfüllung, Spreu



Abb. 34: Pavillon 2: OG, Raum Nr. 16, Holzanstrich, Täfer



Abb.35: Nebengebäude: EG, Hintereingang, Kitt im Fensteranschluss



Abb. 36: Turnhalle: EG, Haupteingangstüre, Kitt im Glasanschluss



Abb. 37: Pavillon 2: Dach, Stellriemen



Abb. 38: Turnhalle: UG, Herrenkabine, Kleber Boden



Abb. 39: Turnhalle: UG, Herrenkabine, Kitt im Glasan-
schluss

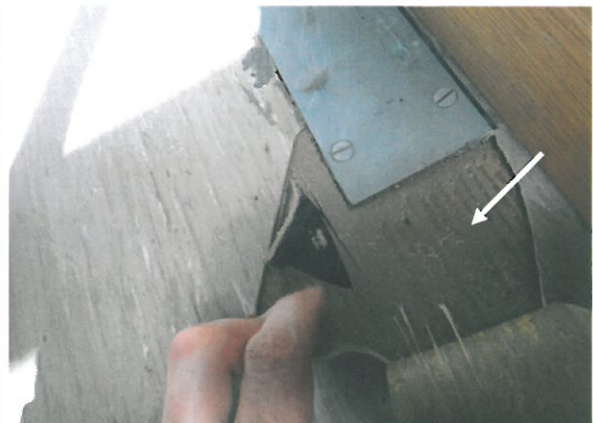


Abb. 40: Turnhalle: EG, Halle, PVC-Bodenbelag

6. ANHANG I PROBENAHME

6.1 ASBEST IM MATERIAL

Die Materialprobenahme erfolgte nach der Arbeitsvorschrift AV ASBEST MATERIAL, welche sich auf die Richtlinie VDI 3866²⁴ abstützt. Die Auswertungen der Materialprobe erfolgte mittels Rasterelektronenmikroskop (REM) und energiedispersiver Röntgenstrahlenemissionsanalyse (EDX gemäss VDI 3866 Blatt 5²⁵).

6.2 POLYCHLORIERTE BIPHENYLE (PCB) IM MATERIAL

Die Materialprobenahme erfolgte nach der Arbeitsvorschrift AV SVOC MATERIAL, welche sich auf die PCB-Richtlinie des BUWAL abstützt. Die Analyse erfolgte mittels Kapillargaschromatografie und Elektroneneinfang- bzw. Flammenionisationsdetektion (GC/ECD/FID).

6.3 POLYZYKLISCHE AROMATISCHE KOHLENWASSERSTOFFE (PAK) IM MATERIAL

Die Materialprobenahme erfolgte nach der Arbeitsvorschrift AV SVOC MATERIAL, welche sich auf die PCB-Richtlinie des BUWAL abstützt. Die Analyse erfolgte mittels Kapillargaschromatografie und Massenspektrometrie (GC/MS).

6.4 CHLORPARAFFINE (CP) IM MATERIAL

Die Materialprobenahme erfolgte nach der Arbeitsvorschrift AV SVOC MATERIAL, welche sich auf die PCB-Richtlinie des BUWAL abstützt. Die Analyse erfolgte mittels Gaschromatographie und Elektroneneinfang-Detektor (GC/ECD) gegen externe Standard.

6.5 BIOZIDE IM MATERIAL

Die Materialprobenahme erfolgte nach der Arbeitsvorschrift AV SVOC MATERIAL, welche sich auf die PCB-Richtlinie des BUWAL abstützt. Die Analyse erfolgte mittels Kapillargaschromatografie und Elektroneneinfang- bzw. Flammenionisationsdetektion bzw. Massenspektrometrie (GC/MS).

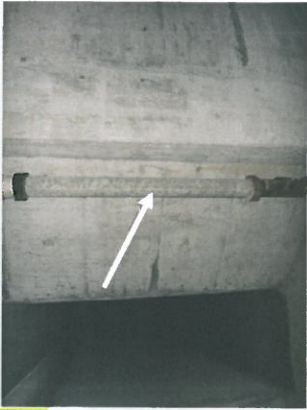

Auf Anfrage werden weitere, nicht benannte Kenndaten zu Messungen und Analysen (Messunsicherheit etc.) mitgeteilt.



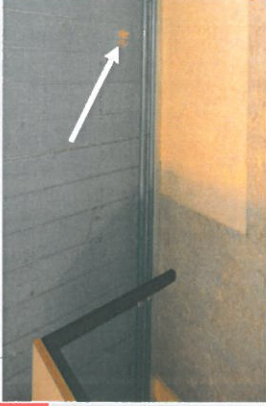
²⁴ Verein Deutscher Ingenieure (VDI), Bestimmung von Asbest in technischen Produkten – Grundlagen - Entnahme und Aufbereitung der Proben, Berlin, Dezember 2000

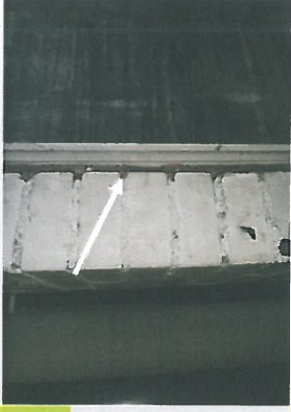


²⁵ Verein Deutscher Ingenieure (VDI), VDI 3866, Blatt 5, Bestimmung von Asbest in technischen Produkten: Grundlagen, Rasterelektronenmikroskopisches Verfahren, Oktober 2004

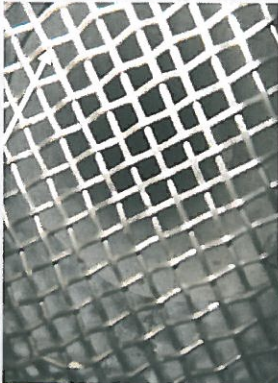


7. ANHANG II - ZUSAMMENFASSUNG SCHADSTOFFHALTIGER MATERIALIEN

Tab. 6: Übersicht über positiv analysierte Materialproben

Ref-Nr.	Probenahmeort	Probematerial	Ergebnis	Abb.
Pavillon 1				
-	UG, SR/Technikraum	Abwasserrohre	Einstufung Asbestzement	
	Dringlichkeitsstufe III: Sanierung ist vorzumerken und vor baulichen Eingriffen durchzuführen. Eine Neubeurteilung ist bei Nutzungsänderung oder Vorkommnissen durchzuführen			
	s. Kap. 4.1			
-	UG	Diverse Futterrohre Lüftung	Einstufung Asbestzement	
	Dringlichkeitsstufe III: Sanierung ist vorzumerken und vor baulichen Eingriffen durchzuführen. Eine Neubeurteilung ist bei Nutzungsänderung oder Vorkommnissen durchzuführen			
	s. Kap. 4.1			

Ref-Nr.	Probenahmeort	Probematerial	Ergebnis	Abb.
Pavillon 2				
-	UG	Diverse Futterrohre Lüftung	Einstufung Asbestzement	
<p>Dringlichkeitsstufe III: Sanierung ist vorzumerken und vor baulichen Eingriffen durchzuführen. Eine Neubeurteilung ist bei Nutzungsänderung oder Vorkommnissen durchzuführen</p>				
03-10	OG, Raum Nr. 16	Bodenfüllung, Spreu	PAK-Gehalt: 9916 mg/kg	
<p>Entsorgungsrelevante PAK-Gehalte Arbeiten unter Berücksichtigung allgemeiner Arbeitsschutzbestimmungen Systematische Vorkommen in allen Gebäuden s. Kap. 4.4</p>				
03-09	OG, Raum Nr. 16	Anstrich, Wandtäfer	PCP-Gehalt: 56 mg/kg	
<p>Entsorgungsrelevante PCP-Gehalte Arbeiten unter Berücksichtigung allgemeiner Arbeitsschutzbestimmungen Systematische Vorkommen in Pavillon 1 und 2 s. Kap. 4.5</p>				

Ref-Nr.	Probenahmeort	Probematerial	Ergebnis	Abb.
Nebengebäude				
03-15	UG, Türe Heizungsraum-Schacht	Kitt im Türanschluss	Chrysotilasbest, 1-15%	
	Dringlichkeitsstufe II: Sanierung vor baulichen Eingriffen; Neubeurteilung ist bei Nutzungsänderung oder Vorkommnissen oder spätestens nach 2 – 5 Jahren durchzuführen			
	s. Kap. 4.1			
-	UG	Diverse Abwasserrohre	Einstufung Asbestzement	
	Dringlichkeitsstufe III: Sanierung ist vorzumerken und vor baulichen Eingriffen durchzuführen. Eine Neubeurteilung ist bei Nutzungsänderung oder Vorkommnissen durchzuführen			
	s. Kap. 4.1			
-	UG, Verbindungskanal zu Pavillon 1	Kabelkanal	Einstufung Asbestzement	
	Dringlichkeitsstufe III: Sanierung ist vorzumerken und vor baulichen Eingriffen durchzuführen. Eine Neubeurteilung ist bei Nutzungsänderung oder Vorkommnissen durchzuführen			
	s. Kap. 4.1			

Ref-Nr.	Probenahmeort	Probematerial	Ergebnis	Abb.
Nebengebäude				
-	UG	Diverse Futterrohre Lüftung	Einstufung Asbestzement	
		Dringlichkeitsstufe III: Sanierung ist vorzumerken und vor baulichen Eingriffen durchzuführen. Eine Neubeurteilung ist bei Nutzungsänderung oder Vorkommnissen durchzuführen		
	s. Kap. 4.1			
03-19	UG	Anstrich Öltank, schwarz	PCB-Gehalt: 134 mg/kg	
		Entsorgungsrelevante PCB-Gehalte Arbeiten unter Berücksichtigung allgemeiner Arbeitsschutzbestimmungen		
	s. Kap. 4.2			
Turnhalle				
03-33	EG, Haupteingang	Kitt im Glasanschluss	Chrysofilasbest	
		Dringlichkeitsstufe III: Sanierung ist vorzumerken und vor baulichen Eingriffen durchzuführen. Eine Neubeurteilung ist bei Nutzungsänderung oder Vorkommnissen durchzuführen		
	s. Kap. 4.1			