

## Schule und Gesundheit in Frankfurt am Main

### Die Rebstockschule





Stadt Frankfurt am Main

# **Schule und Gesundheit in Frankfurt am Main**

**Die Rebstockschule**

## Impressum

### **Herausgeber:**

Stadt Frankfurt am Main  
Der Magistrat  
Gesundheitsamt  
Breite Gasse 28  
60313 Frankfurt am Main

[info.gesundheitsamt@stadt-frankfurt.de](mailto:info.gesundheitsamt@stadt-frankfurt.de)  
[www.gesundheitsamt.stadt-frankfurt.de](http://www.gesundheitsamt.stadt-frankfurt.de)

### **Autorin**

Prof. Dr. U. Heudorf

### **Bildnachweis Umschlagseiten**

Hochbauamt der Stadt Frankfurt am Main  
Gesundheitsamt der Stadt Frankfurt am Main

### **Druck**

Druck- und Verlagshaus Zarbock GmbH und Co KG, 60386 Frankfurt am Main

### **Erscheinungsdatum**

August 2017

### **Auflage**

300

### **Copyright**

© Stadt Frankfurt am Main, Gesundheitsamt, 2017

### **Nachdruck ist mit Quellenanzeige gestattet**

**ISBN** 978-3-941782-24-2



Sehr geehrte Damen und Herren,

in der Rebstockschule wurden in den letzten Wochen und Monaten aufgrund der von manchen Eltern beklagten gesundheitlichen Beschwerden ihrer Kinder umfangreiche Recherchen angestellt und umfangreiche Raumlufmessungen sowie weitere Untersuchungen auf PAK, PCB, Pestizide, Isozyanate, Asbest, Feinstaub und Schimmel vorgenommen. Die Ergebnisse dieser Recherchen und Messungen werden in dem Ihnen vorliegenden Bericht ausführlich dargelegt. Sie werden ergänzt um Angaben aus Stellungnahmen des Ausschusses Innenraumluftrichtwerte oder von früheren Messungen in anderen Frankfurter Schulen. Im Anhang werden sämtliche Untersuchungsberichte des beauftragten Labors im Original dokumentiert, damit jeder Leser, jede Leserin sich selbst ein Bild machen kann.

Erfreulicherweise wurden in der Rebstockschule bei der Untersuchung auf mehrere Hundert Stoffe in keinem einzigen Fall Überschreitungen von umweltmedizinisch-toxikologisch abgeleiteten Richtwerten gefunden. Alle gesundheitlich-toxikologisch abgeleiteten Richtwerte waren weit unterschritten. Auch wurden der Stadt keine Befunde von Nutzerinnen oder Nutzern des Gebäudes vorgelegt, die einen belastbaren Zusammenhang zur Schule aufzeigen konnten.

Die vom Gesundheitsamt gemessenen Kohlendioxidwerte - bei laufender Lüftungsanlage im Winter und unter Fensterlüftung im Sommer – zeigen eine sehr gute Raumlufqualität in der Rebstockschule auf, die deutlich besser ist als in den vielen früheren Untersuchungen des Gesundheitsamtes in sowohl in konventioneller Bauart als auch im Passivhausstandard errichteten Schulen.

Die gute Botschaft also: Die Rebstockschule hat keine Schadstoffproblematik; sie ist eine (bau)gesunde Schule.

Die Recherchen haben aber auch Verbesserungsbedarf aufgezeigt: die Raumnutzerinnen und –nutzer müssen besser in die Nutzung der Passivhausschulen eingewiesen, Gebäudehandbücher bereitgestellt, die Funktionsweise der raumluftechnischen Anlagen sowie die Gebäudeleittechnik besser kommuniziert und überprüft werden. In den letzten Jahren gingen wiederholt Klagen über zu hohe Raumtemperaturen im Sommer in den Passivhausschulen ein; auch in der Rebstockschule wurden bei den Messungen im Sommerbetrieb sehr hohe Raumtemperaturen gemessen.

Der Magistrat wird diese Fragen aufgreifen und die notwendigen Verbesserungen einleiten. Frankfurt arbeitet seit vielen Jahren präventiv für die Gesundheit der Kinder und des Lehrpersonals in den Schulen. Bereits vor mehr als 20 Jahren wurden flächendeckende, umfangreiche Asbest – und PCB-Sanierungsmaßnahmen durchgeführt, vor mehr als 10 Jahren nach großangelegten Untersuchungen zur Kohlendioxid- und Feinstaubbelastung ein Lüftungsprogramm aufgelegt und die Reinigung in den Klassenräumen wieder im Winter auf tägliche Feuchtreinigung erhöht – nach unserer Kenntnis tat dies Frankfurt als erste Stadt in Deutschland.

Die Gesundheit der Kinder in dieser Stadt liegt mir sehr am Herzen. Mit den zuständigen Kolleginnen und Kollegen im Magistrat habe ich vereinbart, dass wir nicht nur eine neue „Lüftungsoffensive“ für Schulen starten werden, sondern auch parallel mit dem bevorstehenden Start des Amtes für Bauen und Immobilien (ABI) eine interdisziplinäre Arbeitsgruppe Schule- Bauen- Gesundheit mit dem Gesundheitsamt einrichten und mit den notwendigen Ressourcen versehen, um etwaige Probleme rasch bearbeiten und noch besser - auch präventiv - für die Gesundheit der Kinder in Frankfurt handeln zu können.



Stefan Majer  
Gesundheitsdezernent der Stadt Frankfurt am Main

## Inhaltsverzeichnis

<b>Zusammenfassung</b> .....	1
<b>Methylmetacrylat-Freisetzung am 20.12.2016</b> .....	3
Exkurs Methylmetacrylat (Hintergrundinformationen).....	5
<b>Allgemeine gesundheitliche Beschwerden (unabhängig von der Methymetacrylatfreisetzung)</b> .....	6
Exkurs Styrol.....	9
<b>Orientierende Messungen des Gesundheitsamtes und Daten zur Schule</b> .....	11
Exkurs Empfehlungen des Gesundheitsamtes zum weiteren Vorgehen in der Rebstockschule (07.03.2017).....	13
<b>Untersuchungsprogramm auf flüchtige organische Substanzen (VOC) und parallel CO2-Bestimmung</b> .....	14
<b>Ergebnisse der Untersuchungen zur Raumlufqualität für die Nutzer</b> .....	14
Exkurs: Raumluf-Hygiene in Schulen Kohlendioxid als Indikator für Raumlufthygiene .....	15
Exkurs: Raumluf-Hygiene in Schulen Sonderfall Passivhausschulen: .....	16
<b>Vergleich der Raumlufqualität in der Rebstockschule mit früheren Untersuchungen zur Raumlufqualität in Frankfurter Schulen</b> .....	19
<b>Raumtemperaturen in der Rebstockschule</b> .....	21
<b>Weitere Raumlufuntersuchungen auf Vorschlag des Gesundheitsamtes VOC</b> .....	22
Exkurs TVOC Konzept.....	23
Exkurs: Richtwerte für Verunreinigungen der Innenraumluf.....	24
Exkurs Terpene .....	27
Exkurs: Stoff-Informationen – Auszüge aus den Richtwertpublikationen der Ad-hoc-AG .....	30
<b>Weitere Messungen „baubiologisches Gutachten“</b> .....	33
Exkurs PAK, Pestizide und Phthalate im Hausstaub – eine Gesundheitsgefahr?.....	35
Exkurs: Weichmacher: Phthalate .....	39
Exkurs: Flammschutzmittel.....	41
Exkurs Feinstaub im Klassenzimmer.....	43
Exkurs: Schimmel im Innenraum.....	45
<b>Fragen zur Bodenbelastung (Altlast), Radioaktivität und zum Trinkwasser</b> .....	47

## Tabellen und Abbildungen

<b>Abb. 1</b> Zu überarbeitender Fußboden in der Spülküche.....	3
<b>Abb. 2</b> Verwendetes Produkt (Gefäß stand am 21.012.2016 im Küchenbereich).....	3
<b>Abb. 3</b> Orientierende Raumlufmessungen in 4 Klassenräumen der Rebstockschule von 21.-28.02.2017....	11
<b>Abb. 4</b> Kohlendioxidwerte, Anzahl der Personen im Raum und Lüftungsindex x10 in 4 Klassenräumen in der Rebstockschule. Vergleich der Untersuchung am 28.03.2017 mit laufender RLT-Anlage und mit der Untersuchung am 31.05.2017 mit ausschließlicher Fensterlüftung .....	17
<b>Abb. 5</b> Kohlendioxidmessung mit dem Wöhler-Messgerät.....	18
<b>Tab. 1</b> Vergleich der CO <sub>2</sub> -Messungen in verschiedenen Schulen in Frankfurt (2006-2009) mit den Ergebnissen aus der Rebstockschule (2017).....	19
<b>Abb. 6</b> Vergleich der Kohlendioxidwerte in konventionell belüfteten Schulen (K), der Passivhausschule Preungesheim (PH) und der Rebstockschule im Winterbetrieb (W) und im Sommerbetrieb (S).....	20
<b>Abb. 7</b> Raumtemperaturen in der Rebstockschule in 4 Klassenräumen – gemessen am 28.03. 2017 bei laufender RLT-Anlage und Heizung („Winter-Betrieb“) und am 31.05.2017 unter Fensterlüftung und ohne Heizung („Sommer-Betrieb“).....	21
<b>Abb. 8</b> Raumtemperaturen in der Rebstockschule in 4 Klassenräumen – gemessen am 28.03.2017 bei laufender RLT-Anlage und Heizung („Winter-Betrieb“) und am 31.05.2017 unter ausschließlicher Fensterlüftung und ohne Heizung („Sommer-Betrieb“) – im Vergleich mit der Außenlufttemperatur (Halbstundenmittelwerte HLNUG; Mess-Station Frankfurt Ost).....	21
<b>Tab. 2</b> Vergleich der an drei verschiedenen Tagen in unterschiedlichem Nutzungszustand in verschiedenen Klassenräumen und in der Turnhalle (2 Tage) gemessenen Parameter mit den publizierten Richtwerten des „Ausschusses für Innenraumrichtwerte“ AIR.....	25
<b>Tab. 3a</b> Raumlufmessungen auf VOC in verschiedenen Räumen in der Rebstockschule unter verschiedenen Lüftungsbedingungen – Im Vergleich mit Richtwerten.....	26
<b>Tab. 3b</b> Raumlufmessungen auf VOC – Terpene und Terpenoide.....	27
<b>Tab. 3c</b> Raumlufmessungen auf VOC - LHKW, Alkohole und Carbonsäureester .....	28
<b>Tab. 3d</b> Raumlufmessungen auf VOC – Weitere Alkohole und deren Ester, Aldehyde und Ketone, Siloxane und Gesamtwerte .....	29
<b>Tab. 4a</b> Raumlufmessungen– Aldehyde und Carbonsäuren.....	31
<b>Tab. 4b</b> Aldehyde und Carbonsäuren in verschiedenen Räumen in der Rebstockschule unter verschiedenen Lüftungsbedingungen– im Vergleich mit Richtwerten.....	32
<b>Tab. 5</b> Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe PAK in der Raumluf und im Hausstaub der Rebstockschule (Mai 2017).....	33
<b>Tab. 6</b> Organochlorbiozide in der Raumluf und im Hausstaub der Rebstockschule (Mai 2017).....	34
<b>Tab. 7</b> Organo-Phosphorbiozide und Pyrethroide in der Raumluf und im Hausstaub der Rebstockschule (Mai 2017).....	37
<b>Tab. 8</b> Isocyanate in der Raumluf der Rebstockschule.....	38
<b>Tab. 9</b> Phthalate (Weichmacher) in der Raumluf und im Hausstaub der Rebstockschule (Mai 2017).....	38
<b>Tab. 10</b> Polychlorierte Biphenyle PCB in der Raumluf und im Hausstaub der Rebstockschule (Mai 2017).....	40
<b>Tab. 11</b> Asbest- und künstliche Mineralfasern in der Raumluf der Rebstockschule (Mai 2017).....	40
<b>Tab. 12</b> Flammschutzmittel in der Raumluf und im Hausstaub der Rebstockschule (Mai 2017).....	41
<b>Tab. 13</b> Partikel und Feinstaubmessungen in der Rebstockschule am 31.05.2017.....	42
<b>Tab. 14</b> Schimmelpilze in der Raumluf in der Rebstockschule am 31.05.2017.....	45
<b>Tab. 15</b> MVOC (Microbial Volatile Organic Compounds) in der Raumluf in der Rebstockschule am 31.05.2017.....	47



## Anlagen

- Anlage 1 ARGUK-Umweltlabor Messung Methylmetacrylat 1
- Anlage 2 ARGUK-Umweltlabor Messung Methylmetacrylat 2
- Anlage 3 Protokoll des Treffens im Stadtschulamt am 09.03.2017
- Anlage 4 Schreiben der 14 Eltern vom Februar 2017
- Anlage 5 Schreiben vom 14.09.2017
- Anlage 6 Erste Messungen zur Raumluftqualität, Febr. 2017, Gesundheitsamt
- Anlage 7 Messungen zur Raumluftqualität März und Mai 2017, Gesundheitsamt
- Anlage 8 ARGUK-Umweltlabor Messung 28.03.2017
- Anlage 9 ARGUK-Umweltlabor Anlagen Messung 28.03.2017
- Anlage 10 ARGUK-Umweltlabor Messung 11.04.2017
- Anlage 11 ARGUK-Umweltlabor Anlagen Messung 11.04.2017
- Anlage 12 ARGUK-Umweltlabor Messung 31.05.2017
- Anlage 13 ARGUK-Umweltlabor Anlagen Messung 31.05.2017
- Anlage 14 Brief Regierungspräsidium Darmstadt zum Bodenschutzgesetz
- Anlage 15 Mail Hessisches Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz, März 2017 -



## Zusammenfassung

In der Rebstockschule wurden im Winter 2017 gesundheitliche Beschwerden geäußert. Dies führte zu umfangreichen Recherchen und Messungen. In der zusammenfassenden gesundheitlichen Bewertung ist festzustellen:

- Die **Methylmetacrylatfreisetzung** im Rahmen von Ausbesserungsarbeiten in der Spülküche hat zu starker Geruchsbelästigung und zu akuten gesundheitlichen Beschwerden geführt; eine längerfristige Belastung im Gebäude wurde ausgeschlossen, chronische Beschwerden waren nicht zu erwarten und sind auch nicht geäußert worden.
- Zur Abklärung der von einem Vater im Februar 2017 beklagten **gesundheitlichen Beschwerden** seines Kindes wurden zunächst Recherchen zum Gebäude und orientierende Messungen vorgenommen. Diese ergaben, dass zum Zeitpunkt der auftretenden Beschwerden die Raumlufthechnische Anlage (RLT-Anlage nicht lief (September 2016, Sommerbetrieb) bzw. ausgefallen war (Jan/Februar 2017, Winterbetrieb). Es kann in dieser Zeit zu hohen CO<sub>2</sub>-Gehalten gekommen sein, die die meisten Beschwerden erklären könnten. Das Gesundheitsamt schlug ein Messprogramm vor.

Eine Befragung der Raumnutzinnen und Raumnutzer (Schulleitung, Lehrervertretung, Personalräte, Schulleiternbeiräte und Vertretung der Nachmittagsbetreuung) am 09.03.2017 erbrachte, dass diesen keine gesundheitlichen Beschwerden bekannt sind – weder bei Kindern noch bei Lehrerinnen und Lehrern.

Dem Gesundheitsamt wurde ein von 14 Eltern unterzeichnetes Schreiben übergeben, in dem über Kopfschmerzen, Schleimhautreizungen, Unwohlsein und Verhaltensauffälligkeiten geklagt wird. Neun Eltern nahmen das Angebot eines eingehenden ärztlichen Gespräches mit Ärztinnen des Gesundheitsamtes wahr. Es stellte sich heraus, dass die Beschwerden bei vier Kindern bereits zuvor bestanden, in fünf Fällen sahen die Eltern einen Zusammenhang zur Schule.

Eine Befragung der Kinderärztinnen und Kinderärzte in der Region Ende März 2017 ergab, dass diesen keine besonderen Beschwerden von Kindern der Rebstockschule bekannt sind.

Beim betriebsärztlichen Dienst der Schule stellte sich trotz mehrfacher Angebote und auch Einladungen vor Ort keine einzige Mitarbeiterin und kein einziger Mitarbeiter vor.

Drei Kinder und eine Lehrerin ließen sich bei einem Umweltmediziner in Bayern umweltmedizinisch untersuchen und beraten. In den Medien wurde über verschiedene erhöhte Werte und Belastungen berichtet. Dies kann aus Sicht der Stadt nicht bestätigt werden, da trotz vieler Bitten und Angebote nur ein Vater von dem Angebot der gesundheitlichen Beratung im Gesundheitsamt Gebrauch gemacht hat, aber gleichzeitig untersagt hat, darüber zu reden.

In verschiedenen Telefonaten und Mailverkehr suchte das Gesundheitsamt den Kontakt mit dem Umweltmediziner aus Bayern, um – nichtnamentlich – dessen Verdachtsdiagnosen und Vermutungen zu Zusammenhängen zur Schule zu erfahren. Im Mai berichtete dieser von erhöhten Styrolwerten bei allen Untersuchten, die jedoch unsicher seien und durch Untersuchung des Urins auf Styrol-Abbauprodukte bestätigt werden müssten. Am 20.07.2017 berichtete er auf Nachfrage des Amtes, dass in den Urinen keine Metabolite nachweisbar waren, eine **Styrolbelastung also nicht bestätigt** werden konnte.

- Bei den **Recherchen** zeigte sich, dass – wie bei früher eröffneten **Passivhausschulen** auch – **die Nutzer der Schule nicht ausreichend in die Nutzung des Gebäudes eingewiesen** waren. Offenbar war die Einführung zu Beginn nicht ausreichend und/oder durch Personalwechsel in der Schule nicht mehr präsent. Vielen war nicht bekannt, dass die RLT-Anlage

plangemäß nur in der Winterphase arbeitet und im Sommer abgestellt wird. Darüber hinaus wurde über Probleme mit der Gebäudeleittechnik und der RLT-Anlage berichtet.

- Die **orientierenden Untersuchungen des Gesundheitsamtes** wiesen sowohl im Winterbetrieb bei laufender RLT-Anlage als auch im Sommerbetrieb **sehr gute CO<sub>2</sub>-Werte** auf – deutlich bessere als in allen anderen früheren Untersuchungen in Frankfurt am Main. Die Untersuchungen des Gesundheitsamtes zeigten aber im Mai 2017 – Sommerbetrieb ohne RLT-Anlage – **sehr hohe Raumtemperaturen**; d.h. die früheren Klagen aus anderen Passivhausschulen und -kindergärten wurden auch hier bestätigt.
- Sämtliche **Raumluftuntersuchungen auf VOC-** Alkohole, Aldehyde, Alkane, Aromaten, Terpene, Siloxane etc. zeigten sehr niedrige Werte, die sämtlich **deutlich unter allen publizierten Richtwerten** blieben.
- Auch die seitens der Eltern geforderten **weiteren Untersuchungen auf PAK, PCB, Pestizide, Isozyanate, Asbest, Feinstaub, Schimmel** blieben meist unter der Nachweisgrenze bzw. zeigten niedrige Werte mit – wo vorhanden - **Unterschreitung sämtlicher Richtwerte**. Wiewohl die meisten dieser Untersuchungen aus fachlicher Sicht nicht sinnvoll waren, entweder, weil die Stoffe schon seit vielen Jahren verboten sind und deswegen weder eingebaut worden sein oder genutzt sein konnten (PCB, Asbest, versch. Organochlorpestizide), oder es keine Hinweise gab, dass sie eingesetzt worden waren (weitere Pestizide), oder weil aktuell kein Wasser- oder Schimmelschaden vorlag, wurden sie auf Drängen von Eltern durchgeführt.

**Zusammenfassend** wurden aus umweltmedizinischer Sicht die bekannten Probleme der Passivhausschulen auch an der Rebstockschule gefunden – insbesondere unzureichende Kommunikation über die RLT-Anlage und das Lüften, über evtl. Ausfälle der RLT-Anlage und dann fehlende Information über die notwendige manuelle Lüftung sowie die im Sommer zu hohen Temperaturen, da die Schule zwar durch die dichte Gebäudehülle und die dreifach verglasten Fenster wenig Hitze von draußen hereinlässt, die durch die Nutzerinnen und Nutzer selbst produzierte Hitze aber auch nicht abgeführt werden kann.

Sämtliche Untersuchungen im Gebäude der Rebstockschule erbrachten keinen Hinweis auf eine Schadstoffproblematik in der Rebstockschule; alle gesundheitlich-toxikologisch abgeleiteten Richtwerte waren weit unterschritten. Dies ist in Übereinstimmung mit der Tatsache, dass der Stadt keine Befunde von Nutzern des Gebäudes vorgelegt wurden, die einen belastbaren Zusammenhang zur Schule aufzeigen konnten.

Die letzten Monate waren für viele sehr schwierig, für diejenigen Eltern, die auf die von ihnen geforderten Untersuchungsbefunde (Raumluft und Hausstaub) warten mussten, für die Eltern und auch Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter in der Schule, die keine Beschwerden äußerten und sich wünschten, dass wieder Ruhe und Normalität in der Schule einkehrt und alle ein gutes Lernumfeld haben, für die Stadt Frankfurt am Main, die wiederholt öffentlichkeitswirksam mit Beschwerden oder Befunden konfrontiert wurde, die sich bei weiteren Recherchen nicht sichern ließen und die – über die fachlich sinnvollen Untersuchungen hinaus – alle geforderten Untersuchungen in Auftrag gab.

Dieser Bericht wird vorgelegt in der Hoffnung, dass durch die transparente Darlegung der Chronologie der Geschehnisse, der Recherchen und der Ergebnisse sämtlicher Untersuchungsbefunde für alle Interessierten Klarheit erreicht wird und ihnen Sorgen genommen werden, damit im kommenden Jahr die Schule wieder gut arbeiten kann.

Frankfurt, im Juli 2017

Prof. Ursel Heudorf, Gesundheitsamt

## Methylmetacrylat-Freisetzung am 20.12.2016

Im Dezember 2016 wurde seitens des Hochbauamtes eine **Mängelbeseitigung am Boden der Spülküche** beauftragt. Statt des für Freitag vor dem Wochenende geplanten Termins kam es, weil weitere Handwerker zum Versetzen von Geräten erforderlich waren, zu einer Verschiebung auf Montag, den **20.12.2016**. Dabei kam es zu einer **starken Geruchsfreisetzung** aufgrund von unsachgemäßen Arbeiten am Küchenboden in der Spülküche. Die Schule wurde evakuiert und es kam zu einem Feuerwehreinsatz. Einige Personen wurden in Krankenhäuser gefahren.

Am 21.12.2016 wurde das Gesundheitsamt vom Stadtschulamt darüber informiert, dass es am Vortag im Rahmen von Mängelbeseitigungsarbeiten am Fußboden der Spülküche zu einer starken Geruchsfreisetzung gekommen war. Das Gesundheitsamt wurde gebeten, am gleichen Vormittag an einem Vorort-Termin teilzunehmen. Zu diesem Zeitpunkt stand das Gefäß mit dem Methylmetacrylat noch in der Küche (Abb. 1 und 2).



**Abb. 1 Zu überarbeitender Fußboden in der Spülküche**

**Abb. 2: Verwendetes Produkt (Gefäß stand am 21.12.2016 im Küchenbereich)**



Am 20.12.2016 wurde seitens der Feuerwehr keine Messung vorgenommen. Am Vormittag des 21.12.2016 wurde im Beisein des Stadtschulamtes und des Gesundheitsamtes von einem Vertreter der Herstellerfirma in der Spülküche bei deutlicher Geruchsbelastung eine Konzentration von 0,6 ppm gemessen; der für eine erste Orientierung herangezogene Arbeitsplatzgrenzwert TRGS 900, beträgt 50ppm; d.h. die Konzentration war – auch wenn geruchlich stark nachweisbar – nahezu 100-fach unter der für Erwachsene und gesunde Arbeiter über lange Zeiträume aus toxikologischer Sicht als tolerabel bewerteten Konzentration. Diese ermittelte Konzentration von 0,6 ppm unterschritt auch den AEGL-Wert (Acute Exposure Guideline Levels) von 17 ppm deutlich (um das ca. 25fache). AEGL-Werte werden in Deutschland vom Umweltbundesamt publiziert.

Am Nachmittag des 21.12.2016 gab das Gesundheitsamt seine Stellungnahme an das Stadtschulamt, das wiederum kurzfristig in einem Schreiben alle Eltern informierte. Am Folgetag informierte sich das Gesundheitsamt bei den angefahrenen Kliniken. Alle Schüler und Erwachsene, die über Symptome geklagt hatten, wurden spätestens am Abend nach Hause entlassen, keiner wurde stationär zu einer Behandlung aufgenommen. Gravierende Befunde waren nicht berichtet worden.

Die Vertreterin des Gesundheitsamtes hinterließ ihre Kontaktdaten für eventuelle Nachfragen von Lehrern oder Eltern zu möglichen gesundheitlichen Auswirkungen. Am 09.01.2017 rief eine Mutter an, die keine Symptome berichtete, sondern sich grundsätzlich zu möglichen Wirkungen des Stoffes beraten ließ – insbesondere für ihr Kind mit bekannten Allergien in der Anamnese. Weitere Anrufe, Fragen oder Beschwerden erreichten das Gesundheitsamt in diesem Zusammenhang nicht.

Das Hochbauamt ließ im Nachgang durch die Fa. ARGUK Umweltlabor (Anlagen 1, 2) noch zwei zusätzliche Messungen auf Methylmetacrylat durchführen. Die erste Messung erfolgte in zeitlicher Nähe zu der Schadstofffreisetzung, die zweite nach gründlicher Reinigung der Flächen. Die Ergebnisse der Raumlufthuntersuchungen in der Spülküche, der Eingangshalle und einem Klassenraum, jetzt ausgedrückt in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , liegen weit unter den AEGL Werten (s.o.; dort  $\text{mg}/\text{m}^3$ , also tausendfach höher). Alle Werte lagen in der zweiten Messung unter  $100 \mu\text{g}$  Methylmetacrylat /  $\text{m}^3$  – einem Wert, der seitens der Hamburgischen Gesundheitsbehörde unter Vorsorgeaspekten für eine dauerhafte Exposition abgeleitet worden war. Bei weiteren Messungen im März, April und Mai 2017 (s. Anlagen der Untersuchungsberichte der Fa. ARGUK) wurde nochmals auf Methylmetacrylat untersucht. Dabei wurde eine chronische Exposition ausgeschlossen.

Auch bei weiteren Treffen, z.B. am 09.03.2017 (Anlage 3), wurde bei der Aufarbeitung des Themas „Methylmetacrylat-Freisetzung“ einhellig festgestellt, dass keine Nutzer der Schule in der Folge über hierauf zurückzuführende Beschwerden klagten. Dies war angesichts der Stoffeigenschaften, wonach Atemwegsreizungen und entsprechende Symptomatiken nach einer Latenz (also einem symptomfreien Intervall) nach Inhalation nicht auftreten, auch nicht zu erwarten.

Verschiedentlich wurde – in Diskussionen, in den Medien etc. – kritisiert, dass die raumluftechnische Anlage nicht sofort beim Feststellen der Stoff-Freisetzung abgeschaltet wurde und es so zu der Geruchsbelastung in der Schule gekommen war. Aus fachlicher Sicht ist diese Kritik nicht nachvollziehbar, denn die von den anderen RLT-Anlagen getrennte RLT-Anlage des Küchenbereichs arbeitet – wie die gesamten RLT-Anlagen des Gebäudes – nicht mit Umluft, sondern es wird ausschließlich die Luft aus dem Gebäude nach draußen geblasen und durch Frischluft von außen ersetzt (Fortluft und Frischluft). Die Geruchsbelastung im Gebäude kam daher, dass der Küchenbereich baulich an das Foyer angrenzt und eine Geruchsbelastung durch Küchengerüche durch die RLT-Anlage und die Abzüge in der Küche weitgehend, aber nicht vollständig vermeidbar ist. Insofern wäre aus fachlicher Sicht das Schließen der Türe und des Rollladens zur Küche und Spülküche und eine maximale Lüftung im Küchenbereich erforderlich gewesen. Dies wurde offenbar so nicht vorgenommen und auch das Gefäß mit der Substanz wurde bis zum 21.12.2016 in der Spülküche belassen. Dies führte nach Angaben der Nutzer zu einer höheren Geruchsbelastung am 21.12.2016 als noch am 20.12.2016 (Anlage 3).

**Fazit aus gesundheitlicher Sicht:** Im Rahmen der Mängelbeseitigung in der Spülküche kam es zu einer Freisetzung des stark geruchsintensiven und schleimhautreizenden Methylmetacrylat. Subchronische oder chronische Gesundheitsbeschwerden waren bei dieser Freisetzung und bei der Toxikologie dieses Stoffes nicht zu erwarten und wurden auch nicht berichtet.

## Exkurs

### Methylmetacrylat (Hintergrundinformationen)

Dieser Stoff wird vielfältig angewandt, u.a. bei der Herstellung von Zahnprothesen, beim Implantieren von Knochenimplantaten und zunehmend auch in Nagelstudios (Nagelkosmetik). Der Mensch hat eine sehr niedrige Geruchsschwelle für diesen Stoff, d.h. er riecht ihn bereits in niedrigsten Konzentrationen (Geruchsschwelle 0,1 ppm, AEGL Guideline MMA). Der Stoff verursacht in höheren Konzentrationen starke Schleimhautreizungen. Die Geruchsbelästigung ist so stark, dass schleimhautreizende und resorptiv-schädliche Konzentrationen kaum erreicht werden können, da die Geruchsbelastung zu einer Vermeidung des Geruchs führt. Chronische Vergiftungen beim Menschen sind unbekannt.

Allerdings sind Kontaktallergien (also Allergien nach längerfristigem direkten Hautkontakt) beschrieben, weshalb seitens des Bundesinstituts für Risikobewertung (BfR) der Einsatz dieses Mittels im Rahmen der Nagelkosmetik als Kleber für künstliche Nägel kritisch bewertet wird (Bundesinstitut für Risikobewertung, 2011).

Klassifizierung	10-Mi-nuten	30-Mi-nuten	1-Stunde	4-Stun-den	8-Stun-den	Endpunkt (Quelle)
AEGL-1 (Spürbares Unwohlsein)	17 ppm (71 mg/m <sup>3</sup> )	17 ppm (71 mg/m <sup>3</sup> )	17 ppm (71 mg/m <sup>3</sup> )	17 ppm (71 mg/m <sup>3</sup> )	17 ppm (71 mg/m <sup>3</sup> )	Keine signifikanten akuten Effekte bei Arbeitern, die bis zu 8 Stunden/Tag gegenüber 25-50 ppm exponiert waren (Cromer und Kronoveter 1976)
AEGL-2 (Schwerwiegende, lang andauernde oder fluchtbehindernde Wirkungen)	150 ppm (620 mg/m <sup>3</sup> )	150 ppm (620 mg/m <sup>3</sup> )	120 ppm (500 mg/m <sup>3</sup> )	76 ppm (320 mg/m <sup>3</sup> )	50 ppm (100 mg/m <sup>3</sup> )	Atrophie des olfaktorischen Epithels bis zur vollständigen Zerstörung der Schleimhaut in Ratten (Mainwaring et al. 2001, Jones 2002)
AEGL-3 (Letale Wirkungen)	720ppm (3000 mg/m <sup>3</sup> )	720 ppm (3000 mg/m <sup>3</sup> )	570 ppm (2400 mg/m <sup>3</sup> )	360 ppm (1500 mg/m <sup>3</sup> )	180 ppm (750 mg/m <sup>3</sup> )	BMCL <sub>05</sub> ; schwere Atemprobleme bis zu Atemstillstand in Ratten (Tansy et al. (1980a) und NTP (1986) zusammen ausgewertet)

\*) Hautsensibilisierende Eigenschaften von MMA können nicht ausgeschlossen werden.

In der **Rebstockschule** wurde im Küchenbereich am 21.12.2016 bei deutlicher geruchlicher Belästigung eine Konzentration von 0,6 ppm gemessen, also nahezu 100-fach unter dem für eine erste Orientierung herangezogene Arbeitsplatzgrenzwert TRGS 900 von 50 ppm (aber: TRGS legt die für Erwachsene und gesunde Arbeiter über lange Zeiträume aus toxikologischer Sicht als tolerabel bewertete Konzentration fest und gilt nicht für Schulen). Diese ermittelte Konzentration von 0,6 ppm unterschritt auch den AEGL-Wert (Acute Exposure Guideline Levels) von 17 ppm deutlich (um das ca. 25-fache). AEGL Acute Exposure Guideline Levels (in Deutschland vom Umweltbundesamt publiziert).

#### Literatur:

Bundesinstitut für Risikobewertung: Flüssige Mittel zur Nagelmodellage mit hohen Methylmetacrylat-Gehalten sind gesundheitlich bedenklich. Stellungnahme Nr. 014/2012 des BfR vom 22.12.2011

Subcommittee on AEGLs: Interim Acute Exposure Guideline Levels (AEGLs) Methylmetacrylat. Dezember 2006

## Allgemeine gesundheitliche Beschwerden (unabhängig von der Methylmetacrylatfreisetzung)

### Chronologie

Am Freitag, den 17.02.2017, erhielt das Gesundheitsamt eine Mail eines Vaters, der berichtete, dass sein Sohn wegen gesundheitlicher Beschwerden aufgrund von Innenraumbelastungen in der Schule an diesem Tag nicht zur Schule gehen könne und er verwies auf zahlreiche ihm vorliegende Emails anderer Eltern. Es gehe dabei nicht mehr um das Ergebnis am 20.12.2016 und die akute Toxizität, sondern er verwies auf ein Schreiben an die Schulleitung vom 14.09.2016 und bereits damals bestehende Hinweise auf massive gesundheitliche Beschwerden der Kinder, das er dem Gesundheitsamt am 03.03.2017 überlies<sup>1</sup>. In weiteren Mails, z.B. am 21.02.2017 wies er darauf hin, dass es bereits in der vergangenen Woche wieder zu vermehrten Symptomen bei Kindern gekommen sei, u.a. Kopfweg etc., für die er eine Innenraum-Schadstoffbelastung verantwortlich machte. Diese Beschwerden wurden von Herrn W. bei einem Gespräch im Gesundheitsamt am 03.03.2017 nochmals bekräftigt. Er wurde dabei um Weitergabe der ihm vorliegenden Beschwerden gebeten und er sagte bei diesem Treffen zu, diese Liste dem Gesundheitsamt zukommen zu lassen.

02.03.2017: Weitere Informationen erfragte das Gesundheitsamt beim Stadtschulamt, der Schulleitung und dem betriebsärztlichen Dienst der Schule. Bei einem Treffen am 09.03.2017, zu dem das Stadtschulamt – neben dem Gesundheitsamt, dem Hochbauamt und dem staatlichen Schulamt – die Schulleiterin, den Personalrat der Schule, die Vertreter der Nachmittagsbetreuung sowie die gewählten Schulleiternbeirätinnen eingeladen hatte, existierten keine Meldungen über betroffene Kinder oder Lehrkräfte. Auch auf dezidiertes Nachfragen bei der Elternvertretung, der Schulleitung, dem Vertreter der Nachmittagsbetreuung und den Lehrkräften des Personalrats wurden keine Beschwerden angegeben. Auch dem zuvor vom Gesundheitsamt befragten betriebsärztlichen Dienst der Schule lagen keine Anfragen oder Beschwerden von Mitarbeitern vor. Das mit allen Anwesenden abgestimmte Protokoll des Treffens findet sich in der Anlage (Anlage 3). Parallel wurde dem Gesundheitsamt das von dem Vater bereits am 03.03.2017 thematisierte Schreiben mit Unterschriften von 14 Eltern übergeben. Darin hieß es „Unsere Kinder weisen Symptome wie Kopfschmerzen, Schleimhautreizungen, Unwohlsein, Verhaltensauffälligkeiten etc. auf ...“ (Anlage 4). Bei diesem Treffen am 09.03.2017 berichtete das Gesundheitsamt über seine bisherigen Recherchen, Ergebnisse und Schlussfolgerungen und schlug ein Messprogramm vor. Darüber hinaus kündigte es an, sich genauer um die Beschwerden der Kinder aus dem nun überreichten Elternbrief zu kümmern.

22.03.2017: Auf Vorschlag des Gesundheitsamtes fand am 22.03.2017 ein Treffen mit den Eltern statt, um im direkten Kontakt zu betroffenen Eltern Symptomenkomplexe genau zu erfassen und zu dokumentieren. Einem Beisein der Presse (in diesem Fall des Hessischen Rundfunks) stimmte das Gesundheitsamt (Prof. Heudorf) ausdrücklich zu. Dieses wurde jedoch von dem Elternvertreter, der die Organisation des Abends freundlicherweise übernommen hatte, nach Rücksprache mit den Eltern abgelehnt. Im Verlauf des Abends berichteten zunächst im Plenum Eltern (von insgesamt 15 Kindern) über die Beschwerden ihrer Kinder. Angegeben wurden Kopfschmerzen, Konzentrationsstörungen, Nasenbluten, Bauchschmerzen mit Durchfall und Verstopfung im Wechsel, sowie Verhaltensauffälligkeiten und nächtliche Hitzewallungen bei einigen Kindern.

Detaillierte ärztliche Anamnesen wurden unter Wahrung der ärztlichen Schweigepflicht im Anschluss an das Plenum von Vertreterinnen des Gesundheitsamtes, Frau Prof. Heudorf und Frau Dr. Steul, beide Kinderärztinnen, jeweils in Einzelgesprächen mit den Eltern angeboten und durchgeführt. Acht Eltern(paare) nahmen das Angebot an dem Abend an, ein weiterer Elternteil nahm das Angebot an, sich auch später mit dem Gesundheitsamt in Verbindung zu setzen. Dabei wurde dezidiert nach ein-

---

<sup>1</sup> Dieses Schreiben ist im Anhang dokumentiert; dort sind keine gesundheitlichen Beschwerden dokumentiert, sondern es wird hingewiesen auf „1. Klima in Klassenräumen ... falsches Lüftungsverhalten des Personals mangels Kenntnis der Passivhaustechnik/Schulung...., 2. Hygiene Toilettenräume/Essecke/Schule ... entspricht nicht den allg. gültigen Qualitätskriterien...., 3. Messung der Innenraumluft ... auf div. Stoffe u.a. PAK (polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe) ... da eine Ausgasung div. Baustoffe über den Richtwerten mit an Sicherheit grenzender Wahrscheinlichkeit – besteht ... (Anlage 5)



zelen Symptomen in zeitlichem oder räumlichem Zusammenhang mit der Schule befragt – Auftreten zu bestimmten Tageszeiten, in bestimmten Wochen oder Monaten, Auftreten in bestimmten Räumen. Unter anderem wurde auch abgefragt, ob ein Kinderarzt diesbezüglich konsultiert wurde und ob die Eltern einen Zusammenhang zum Schulbesuch erkennen können.

Von den 9 Elternteilen, mit denen ein persönliches Gespräch geführt wurde, gaben 7 Kopfschmerzen bei ihren Kindern an. Drei Kinder klagten über Bauchschmerzen, 3 über Konzentrationsschwäche. Des Weiteren wurden Symptome angegeben wie Müdigkeit, Durchfall, Übelkeit, Appetitlosigkeit, Husten, Einschlafstörung, Hitzewallungen, Nasenbluten, Verhaltensauffälligkeiten (bereits vor Einschulung vorhanden). Von diesen 9 Kindern hatten 6 wegen ihrer Symptome einen Kinderarzt besucht. Fünf Familien hielten einen Zusammenhang mit dem Schulgebäude für möglich, vier Familien geben an, dass die entsprechende Symptomatik bereits vor Einschulung bestand bzw. dass die Symptomatik nicht mit Einschulung begann etc. Ein eindeutiger Zusammenhang zu bestimmten Räumen der Schule (Klassenräume, Sporthalle) wurde nicht angegeben.

Das Gesundheitsamt kontaktierte in den Wochen nach dem 22.03.2017 alle Kinderarztpraxen mit Einzugsgebiet im Schulgebiet, um gehäufte unklare Symptomkonstellationen zu erfragen, die womöglich im Zusammenhang mit der Raumluftqualität stehen könnten. Auf Nachfrage gaben alle befragten Kinderärzte an, keine entsprechenden Symptomberichte von Eltern erhalten zu haben. Bei einem Kind war bekannt, dass ein Kinderarzt wegen entsprechender Symptomatik aufgesucht worden war, dieser brachte aber die beschriebenen Symptome nicht in Zusammenhang mit einer umweltmedizinischen Belastung.

Am 28.03.2017 suchte ein Vater mit seinem Sohn einen Umweltmediziner in Bayern auf. Im Weiteren stellten sich – ausweislich der Angaben eines Vaters und den Berichten in den Medien (Anlage) – dort die Eltern von insgesamt drei Kindern und eine Lehrerin der Schule zur umweltmedizinischen Untersuchung vor.

Am 10.04.2017 wurde im Rahmen eines Gesprächs mit der Dezernentin für Bildung und Integration, Frau Weber, von Vertretern der neu gegründeten IG Schadstoffe berichtet, dass eine schwangere Lehrerin wegen Raumluftproblemen nicht mehr in der Schule arbeiten dürfe und eine Personalrätin über gesundheitliche Beschwerden berichtete (im Gegensatz zur Aussage am 09.03.2017). Darüber hinaus wurde ein Attest eines Gynäkologen vorgelegt, dieser sprach in einem Formblatt auf Grundlage von § 3 Abs. 1 Mutterschutzgesetz „ein individuelles Beschäftigungsverbot aus, da Leben oder Gesundheit von Mutter und Kind bei Fortdauer der Beschäftigung gefährdet ist“, gültig bis zu Beginn des Mutterschutzes. Vor diesem Hintergrund wurde der für das Lehrpersonal der Schule zuständige betriebsärztliche Dienst der Schule, Herr Dr. Schilling, Medical Airport, gebeten, nochmals mit der Schule Kontakt aufzunehmen. Da sich bis zu diesem Zeitpunkt kein Mitarbeiter der Schule bei ihm gemeldet hatte, obwohl der Schule sein Angebot bekannt war, hat er sich am 18.04.2017 nochmals persönlich in der Schule vorgestellt und dort auch mit einem Großteil des Lehrerkollegiums gesprochen. Dabei stellte er fest, dass er allen als Betriebsarzt bekannt war und auch die Möglichkeit bekannt war, dass die Mitarbeiter bezüglich der Raumluftproblematik jederzeit einen betriebsärztlichen Sprechstundentermin vereinbaren könnten. Darüber hinaus wurde der behandelnde Gynäkologe um Nachricht gebeten, ob er aus ärztlicher Sicht einen Zusammenhang zu einer Raumluftbelastung sehe. Weder wurde dies bestätigt noch nahm ein/e Mitarbeiter/in das Angebot der betriebsärztlichen Sprechstunde an. Dr. Schilling erhielt lediglich im Mai einen Anruf einer Lehrerin, die ihn über einen auffälligen Styrolwert in Kenntnis setzte.

Am 19.04.2017 gingen in der Schule gleichlautende Atteste für drei Schüler ein, in denen der zugezogene Umweltmediziner schrieb: „*Es wird dringend das konsequente Meiden der Turnhalle empfohlen*“. Nach Kenntnis dieser Atteste (ohne Namen, aus Datenschutzgründen) nahm Frau Prof. Heudorf Kontakt mit dem Kollegen in Bayern auf. Dieser berichtete, dass die bisher vorliegenden Befunde nicht auf eine gemeinsame Exposition schließen lassen, aber weitere Befunde noch ausstehen. Das Gesundheitsamt bat um Information, falls sich im Weiteren Hinweise auf eine gemeinsame Exposition in der

Schule ergäben, die die Beschwerden verursachen können, und die das Gesundheitsamt zuständigkeitshalber bearbeiten müsste, um evtl. Gesundheitsbeschwerden weiterer Kinder oder Lehrer zu verhüten. Das Gesundheitsamt stellte dem Umweltmediziner sämtliche vorliegenden Untersuchungsergebnisse aus der Schule zur Verfügung.

Am 22.05.2017 teilte die IG Raumluf-Grundschule-Rebstock dem Dezernat für Bildung und Integration mit:

*„Über die Ärztepraxis aus Bayern liegen mittlerweile drei Blutergebnisse von drei Kindern der Grundschule Rebstock vor, alle drei sind auffällig im Bereich:*

- 1. Schilddrüsenwerte: diffuse (hormonelle?) Beeinträchtigung der Funktion durch Schadstoffe wie Chemikalien, Weichmacher oder Putzmittel?!*
- 2. Schimmelpilz: könnte aus nicht sichtbarem Schimmelpilzbildung in den Luftunversorgten Räumen - insbesondere Turnhalle - deuten (bekanntes Passivhausproblem)?! Das Lüftungsproblem ist ja unbestritten.*
- 3. Styrol und Pyrethroide als weitere Auffälligkeiten.“*

Am 29.05.2017 wurde in der Frankfurter Neuen Presse berichtet: *„Laut Weissinger weisen 40 Kinder der Rebstockschule ähnliche Krankheitssymptome auf. Um der Sache auf den Grund zu gehen, habe man drei Schüler und eine Lehrerin bei einem Facharzt für Umweltmedizin untersuchen lassen. Bei allen seien veränderte Schilddrüsenwerte und ein erhöhter Kortisol-Spiegel festgestellt worden. Ebenso habe man bei Blut- und Urintests unter anderem Spuren von Schimmel, Styrol sowie Ameisen- und Essigsäure nachgewiesen. Ein diagnostisches Ausschlussverfahren habe gezeigt, dass die Krankheitsursache auf dem Schulgelände zu suchen sei.“*

Aufgrund dieses Schreibens und des Presseberichts nahm das Gesundheitsamt erneut mit dem Umweltmediziner Kontakt auf. Dr. B. berichtete von erhöhten Styrolwerten. Zwar sind Produkte auf Styrol-Basis in den Außenwänden der Schule vielfältig verbaut worden, doch zeigten alle Raumluf-Messungen, dass dies nicht zu einer Innenraumlufbelastung in der Schule führte. Sämtliche Untersuchungen in unterschiedlichen Lüftungs-Settings, auch im ungelüfteten Zustand blieben an bzw. unter der Nachweisgrenze, sodass aus fachlicher Sicht des Gesundheitsamtes kein Zusammenhang zwischen den Styrolwerten im Blut und dem Aufenthalt in den Schulräumen gesehen werden konnte.

06.06./07.06.2017: Auf Nachfrage des Gesundheitsamtes nach der Zuverlässigkeit der Untersuchung auf Styrol im Blut („Könnte auch eine Kontamination der Probe vorliegen? Haben Sie Glasröhrchen benutzt (bei Plastikröhrchen ist mit Kontaminationen zu rechnen). Könnte dies ggf. die Diskrepanz zwischen Blutbelastung und dem fehlenden Nachweis in der Luft in der Schule erklären?“) teilte Dr. B. mit, dass sich beim Blutscreening auf Styrol durchaus ungenaue Ergebnisse ergeben können. Er habe allen Beteiligten erklärt, dass es zwar einen dringenden Verdacht gebe, der aber erst falsifiziert/ nachgewiesen werden könne, wenn entsprechende Urinproben vorliegen.

14.06.2017: Obwohl alle Eltern und Mitarbeiter der Schule seitens des Dezernats für Bildung und Integration seit April wiederholt gebeten wurden, ihre Befunde mit dem Gesundheitsamt resp. dem betriebsärztlichen Dienst zu besprechen, bzw. dort die Sprechstunde aufzusuchen und ein ärztliches Gespräch zu suchen, nahm kein Lehrer das betriebsärztliche Angebot wahr. Im Gesundheitsamt sprach ein Vater eines Kindes unter Begleitung einer weiteren Mutter am 14.06.2017 vor, legte alle bis dato vorhandenen Untersuchungen seines Kindes dar. Die Befunde wurden ausführlich zwischen dem Vater und Frau Prof. Heudorf und Frau Dr. Steul vom Gesundheitsamt besprochen. Da der Vater aber darauf besteht, dass diese weder veröffentlicht oder an Dritte weitergegeben werden dürfen noch in irgendeiner Form darauf Bezug genommen werden darf, kann hier nicht weiter darauf eingegangen werden.

Am 20.07.2017 teilte Dr. B. auf Nachfrage des Gesundheitsamtes nach den Ergebnissen der Abbauprodukte von Styrol im Urin mit, dass in keinem untersuchten Fall Urinmetaboliten von Styrol nachgewiesen werden konnten. D.h. eine Styrolbelastung konnte nicht bestätigt werden. (s. auch Exkurs zu Styrol).

## Exkurs Styrol

Styrol ist in geschäumter oder ungeschäumter Form in vielen Produkten, Dämm- und Montage-materialien enthalten. Styrol und Styrolverbindungen finden sich in Matratzen – vor allem Latex-matratzen, in Rückenbeschichtungen von Teppichböden, in Gummiprodukten, Wärmedämmungen, in Montageschäumen etc., sowie in Kunststoffgehäusen vieler Elektrogeräte, aber auch in Einwegge-schirr, Verpackungen und Verkaufsschalen.

Bereits 1998 wurden Richtwerte für die Innenraumluft abgeleitet. In der entsprechenden Publikation heißt es: „*Styrol-Immissionen stammen aus der industriellen Produktion sowie aus verschiedenen Verbrennungsvorgängen (z.B. Tabakrauchen, Betrieb von Kraftfahrzeugen) ... Beim Zigarettenrau-chen werden etwa 18-48 µg Styrol pro Zigarette in die Innenraumluft abgegeben und teilweise wieder eingeatmet. Wegen eines verbleibenden Gehaltes an Restmonomeren können zahlreiche Verbrau-cherprodukte (z.B. Haushaltsgeräte, Verpackungen, Teppichböden) die Innenraumluft mit Styrol verunreinigen. Untersuchungen der Innenraumluft von 479 Wohnungen 1985 /86 in Westdeutschland ergaben Styrolkonzentrationen von etwa 1 µg/m<sup>3</sup> (geschätzter Median) bzw. 6 µg/m<sup>3</sup> (95. Perzentil) mit Maximalwert von 41 µg/m<sup>3</sup>. ...*“

In dieser Stellungnahme werden zahlreiche arbeitsmedizinische Untersuchungen referiert, bei denen die Arbeitnehmer Styrolkonzentrationen von ca. 40 bis über 200 Milligramm/m<sup>3</sup> ausgesetzt waren und unter dieser Belastung eine Verminderung der Nervenleitfähigkeit, Gedächtnis- und Konzentrations-störungen, Kopfschmerzen, Müdigkeit, Schwindel und eine Beeinträchtigung des Hör- und Sehver-mögens nachgewiesen wurde.

Auszug aus den in der Publikation zitierten Studien

	Anzahl der Untersuchten	Belastungs-konzentrationen
<b>Neurologische Effekte</b>		
Verminderung der Nervenleitfähigkeit	70 Arbeitnehmer	Ab 210 mg/m <sup>3</sup>
Verminderung der Nervenleitfähigkeit	32 Arbeitnehmer	Ab 55 mg/m <sup>3</sup>
Gedächtnis- und Konzentrationsstörungen; Langjährige Exposition		46, 105, 126 mg/m <sup>3</sup>
Kopfschmerzen, Müdigkeit Schwindel		210 mg/m <sup>3</sup>
Verlängerte Reaktionszeit		237 mg/m <sup>3</sup>
Neurol. Symptome ohne Auffälligkeiten in Psychometrische Tests	20 Arbeitnehmer	38 mg/m <sup>3</sup>
Neuropsychologische Symptome abh. von Monoaminoxidase-Aktivität		45-210 mg/m <sup>3</sup>
Gleichgewichtsstörung, langjährige Exposition	18 Arbeitnehmer	100 mg/m <sup>3</sup>
Hörvermögen beeinträchtigt		150 mg/m <sup>3</sup>
Farbsehvermögen beeinträchtigt	75 Arbeitnehmer	69 mg/m <sup>3</sup> , ab 34 mg/m <sup>3</sup>
Farbsehvermögen beeinträchtigt	k.A.	100 mg/m <sup>3</sup>
<b>Irritative Effekte</b>		
Augenbindehaut-Reizungen		84-92 mg/m <sup>3</sup> bzw. ab 210, 360 und 420 mg/m <sup>3</sup>

Vor diesem Hintergrund kamen die Autoren zu dem Schluss: „*Angesichts der dargestellten Daten-basis stellt die Neurotoxizität den kritischen Effekt von Styrol dar, der für die Ableitung von Richtwerten herangezogen werden kann. Für die Festsetzung von Richtwerten eignet sich vor allem eine Humanstudie zur Beeinträchtigung des Farbsehvermögens durch Styrol [41]. Dieser spezifische Wirkungsendpunkt wird durch weitere Studien gestützt... Eine Abhängigkeit der Wirkung des Styrols von der kumulierten Dosis wurde nicht beobachtet, sodass eine Unterscheidung in Kurzzeit- und Langzeitwert wenig sinnvoll erscheint*“.

Unter Bezug auf eine Studie, mit Beeinträchtigung des Farbsehvermögens ab 34 mg/ m<sup>3</sup> (d.h. 34.000 µg/m<sup>3</sup>), wurde unter Verwendung verschiedener Sicherheitsfaktoren (10 Intraspezies-Faktor, 5 wegen Arbeitsplatzexposition, Faktor 2 „Kinderfaktor“, in Summe Faktor/Divisor 100) der Richtwert II von 300 µg/ m<sup>3</sup> abgeleitet, der Richtwert I wird durch nochmaliges Teilen durch 10 erhalten: 30µg/ m<sup>3</sup>

## **Styrol (Fortsetzung)**

### **Kinder-Umwelt-Survey – Raumluftbelastung in Kinderzimmern in Deutschland**

Im Zeitraum von Mai 2003 bis Mai 2006 wurde der Kinder-Umwelt-Survey (KUS) durchgeführt. Bei einer bevölkerungsrepräsentativen Querschnittsstichprobe ermittelte das Umweltbundesamt die tatsächliche Belastung von mehreren Hundert 3- bis 14-jährigen Kindern in Deutschland mit chemischen, biologischen und physikalischen Umweltfaktoren. U.a. wurde die Raumluft in 555 Haushalten untersucht.

In 41 % der 555 untersuchten Haushalte konnte Styrol über der Nachweisgrenze gefunden werden, mit einem geometrischen Mittelwert von  $1,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$  und einem Maximalwert von  $32 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . In neuen oder kürzlich sanierten Häusern war die im Mittel gefundene Styrolkonzentration mit  $2,82 \mu\text{g}/\text{m}^3$  signifikant höher als in älteren und nicht sanierten Häusern ( $1,03 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) (KUS 2010).

Im Kinder-Umwelt-Survey wurde die innere Belastung von Kindern mit Styrol nicht untersucht. Die beste Methode, eine innere Styrol-Belastung zu untersuchen, ist die Analyse der Stoffwechselprodukte von Styrol im Urin: Mandelsäure und Phenylglyoxylsäure. In der Recherche der wissenschaftlichen Literatur konnten keine größeren Studien zur Styrolbelastung von Kindern in Deutschland gefunden werden. In einer US-Amerikanischen Studie mit 6-11-jährigen Kindern wurden im Mittel 123 ng Mandelsäure/ml (Jungen) bzw. 106 ng/ml (Mädchen) gemessen; abnehmend mit zunehmendem Alter.

### **Einsatz von Polystyrol als Dämm-Material allgemein und in der Rebstockschule**

Dämm-Material auf Polystyrol-Basis macht ca. 60% des Anteils der in Deutschland eingesetzten Dämm-Materialien aus. Auch in der Rebstockschule wurde Dämm-Material auf Polystyrolbasis verbaut. Bei sachgerechtem Einbau ist erfahrungsgemäß nicht von einer Belastung des Innenraums mit Styrol auszugehen. Dies zeigen auch die Messergebnisse aus der Rebstockschule, wo trotz umfangreichem Einsatz von Polystyrol als Dämm- und Dichtungs-Material keine Innenraumluftbelastungen gefunden wurden.

Bei den Nutzern der Rebstockschule wurde ausweislich der Mitteilung des konsultierten Umweltmediziners am 20.07.2017 keine auffällige innere Belastung an Styrol, nachgewiesen über die Metabolite, festgestellt – in Übereinstimmung mit den Raumluftuntersuchungen, die zwischen  $<2 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (Nachweisgrenze) und maximal bei  $3 \mu\text{g}/\text{m}^3$  lagen.

### **Literatur:**

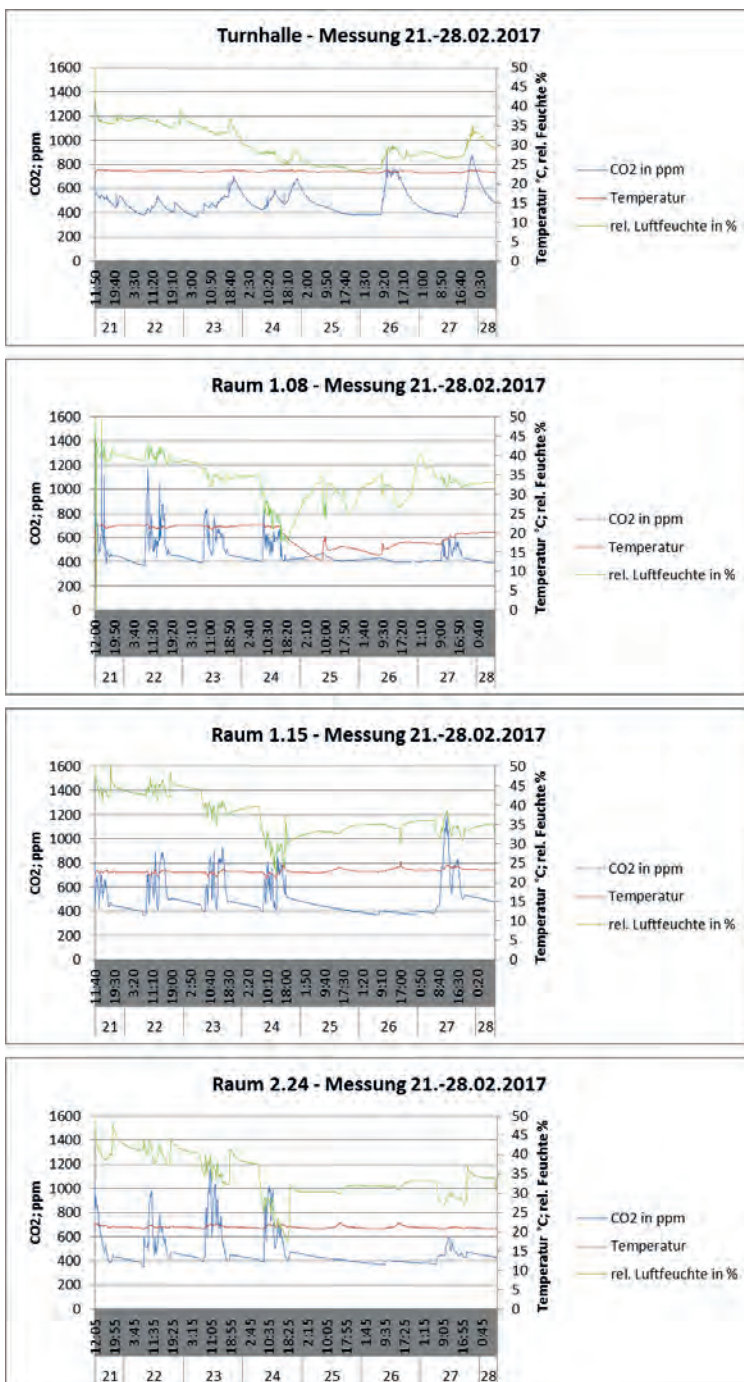
Ad hoc-Arbeitsgruppe IRK / AOLG: Richtwerte für die Innenraumluft: Styrol. Bundesgesundheitsblatt (1998) 41: 392-398.

Umweltbundesamt: Kinder-Umwelt-Survey (KUS) 2003/06 - Innenraumluft – Flüchtige organische Verbindungen in der Innenraumluft in Haushalten mit Kindern in Deutschland. SCHRIFTENREIHE UMWELT & GESUNDHEIT | 03/2010. Dessau-Roßlau / Berlin, August 2010

Jain RB. Levels of selected urinary metabolites of volatile organic compounds among children aged 6-11 years. Environ Res. (2015) 142:461-70. doi: 10.1016/j.envres.2015.07.023. Epub 2015, Aug. 7

## Orientierende Messungen des Gesundheitsamtes und Daten zur Schule

Nach der Information eines Vaters über gesundheitliche Beschwerden seines Sohnes und anderer Kinder am Freitag, dem 17.02.2017 führte das Gesundheitsamt von Dienstag, dem 21.02.2017 bis Dienstag den 28.02.2017 in drei Klassenräumen und der Turnhalle orientierende Raumlufmessungen durch, mit CO<sub>2</sub> als Indikator für die Raumlufqualität, rel. Luftfeuchte und Temperatur – unter üblicher Nutzung. Im Ergebnis zeigten sich hier vergleichsweise (im Vergleich mit vielen anderen Untersuchungen zur Raumlufqualität in Schulen) günstige Werte von CO<sub>2</sub>-Konzentrationen bis um die 1000 ppm. D.h. die raumluftechnische Anlage hat zu dem Messzeitpunkt gut funktioniert. Zur Bewertungsgrundlage siehe nebenstehenden Exkurs: Kohlendioxid als Indikator für Raumlufhygiene. (Bericht in der Anlage 6)



**Abb. 3: Orientierende Raumlufmessungen in 4 Klassenräumen der Rebstockschule von 21.-28.02.2017**

Darüber hinaus hat das Gesundheitsamt vom Stadtschulamt und vom Hochbauamt Daten zur Schule erfragt: Die Schule verfügt über eine raumluftechnische Anlage, die wie in den anderen Passivhaus-schulen auch, nur in der Heizperiode läuft; außerhalb der Heizperiode ist ausschließlich eine Fenster-lüftung vorgesehen. Offenbar ist dies aber der Schule nicht ausreichend mitgeteilt worden; bei der Be-fragung vor Ort im Rahmen der orientierenden Messungen gaben Lehrer an, nicht eingewiesen wor-den zu sein. – Das Hochbauamt berichtete, dass zur Eröffnung der Schule eine Übergabe stattfand, die Informationen aber möglicherweise durch zwischenzeitliche Personalwechsel (u.a. neue Schullei-tung, neuer Hausmeister) nicht mehr „präsent“ waren. Darüber hinaus berichtete das Hochbauamt von immer wieder auftretenden Problemen mit der Elektrik und Steuerung: Nachtlüftungsklappen lassen sich zuweilen nicht sachgerecht öffnen und schließen. Das Gesundheitsamt bat das Hochbauamt um Überlassung von Protokollen der Gebäudeleittechnik resp. zur RLT-Anlage.

Hypothese war zu diesem Zeitpunkt, dass die von Herrn W. dargestellten Beschwerden möglicherwei-se auf schlechte Raumlufqualität durch fehlende/zu geringe Lüftung zurückzuführen sind. Da den Nutzern offenbar nicht bekannt war, dass außerhalb der Heizperiode manuell (Fensterlüftung) gelüftet werden muss, wurde dies wahrscheinlich auch nicht getan. Dies könnte eine Ursache für die vermehrt im September 2016 angegebenen Beschwerden sein. Die in der Woche vor dem 21.2.2017 vermehrt aufgetretenen Beschwerden könnten ggf. auf eine in dieser Zeit nicht sachgerecht funktionierende raumluftechnische Anlage zurückzuführen sein, zumal in dieser Zeit der Hausmeister erkrankt war und die am Monitor erkennbare Fehlfunktion somit unerkannt blieb.

Tatsächlich zeigten die am 06.03.2017 vom Hochbauamt überlassenen Protokolle, dass die Lüftungs-anlage Ost in der Zeit vom 23.01. bis 15.02.2017 nicht funktionierte. D.h. bei fehlender Fensterlüftung muss es in dieser Zeit auch zu einer schlechten Raumlufqualität in den Klassen gekommen sein, die wiederum die von Herrn W. geschilderten Beschwerden erklären kann.

Daraus leitete das Gesundheitsamt am 07.03.2017 die im nebenstehenden Kästchen dargestellten Empfehlungen zum weiteren Vorgehen aus umweltmedizinischer Sicht ab. Dieses wurde am 09.03. 2017 mit den anwesenden Vertretern aus der Schule (Leitung, Personalrat, Elternvertreter, Nachmit-tagsbetreuung), staatliches und städtisches Schulamt (Einlader), Bildungsdezernat, Hochbauamt und Gesundheitsamt besprochen. Über die Ergebnisse dieser am 28.03.2017, 11.4.2017 und 31.05.2017 vorgenommenen Untersuchungen wird im folgenden Kapitel berichtet.

## **Empfehlungen des Gesundheitsamtes zum weiteren Vorgehen in der Rebstockschule (07.03.2017)**

### **Informationen und Kommunikationen über die Raumluftechnische Anlage**

Die Nutzer der Schule müssen grundsätzlich über die Funktion der Raumluftechnischen Anlage informiert sein und über die Notwendigkeit, außerhalb der Heizperiode wie in anderen (Nicht-Passivhaus)-Schulen auch, ausreichend über die Fenster zu lüften. Die Nutzer müssen auch informiert sein, dass bei einem evtl. Ausfall der RLT-Anlage und/ oder der Steuerung eine Fensterlüftung stattfinden muss.

Solche Informationen sollen in einem Gebäudehandbuch schriftlich niedergelegt werden und die Informationen/Schulungen sollen regelmäßig wiederholt werden, um auch bei Personalwechseln die Information sicherzustellen.

Dazu ist zwingend notwendig, dass den Nutzern evtl. Störungen unmittelbar bekannt werden. Dies ist bislang nicht sichergestellt. Der Schulhausmeister, der Fehlfunktionen am Monitor erkennen kann, war erkrankt – ein diesbezüglicher Ersatz ist bislang nicht vorgesehen. Hier muss gewährleistet werden, dass solche Informationen zeitnah bekannt werden. Verschiedene Möglichkeiten sind denkbar,

- u.a. akustischer oder optischer Alarm
- CO<sub>2</sub>-Ampeln in den Klassenräumen

Seitens des Gesundheitsamtes sind die CO<sub>2</sub>-Ampeln zu bevorzugen, da diese auch in der Zeit außerhalb des Betriebs der RLT- Anlage eine schlechte Raumlufqualität anzeigen.

Unabhängig von einer technischen Lösung, sollen kurzfristig kleine Bindfäden vor den Lufteinlässen in den Klassenräumen angebracht werden. Dann kann in jedem einzelnen Raum unabhängig an der Bewegung der Fädchen nachvollzogen werden, ob die Zuluft tatsächlich zugeführt wird. Diese Methode ist unmittelbar anwendbar und durch fehlende Technik selbst nicht störanfällig.

### **Weitere Abklärung und Ermittlung der Beschwerden**

Befragung des Elternbeirats, ggf. Befragung der Eltern (mit dem Elternbeirat und der Schule am 09.03.2017 abzustimmen)

### **Weitere Untersuchungen zur Abklärung der Befunde**

#### **Das Gesundheitsamt schlägt folgendes Untersuchungsprogramm vor:**

- Messung leichtflüchtiger Substanzen (VOC) in der Raumluf von 3-4 Klassenzimmern – parallel zu CO<sub>2</sub>-Messungen unter normalen Nutzungsbedingungen und funktionierender RLT-Anlage – die Ergebnisse lassen eine Bewertung zu, ob die RLT-Anlage (ggf. incl. Fensterlüftung) eine gesundheitlich zuträgliche Raumlufqualität für die Nutzer sicherstellt.
- Weitere Messserie bei ausgeschalteter RLT-Anlage und geschlossenen Fenstern, z.B. am Wochenende – unter der Voraussetzung, dass die Räume am Wochenende nicht genutzt werden. Die Ergebnisse können Aufschluss geben, welche Stoffe aus dem Gebäude, seinen Materialien, ggf. Möblierung etc. in die Raumluf freigesetzt werden – und je nach Ergebnissen zu einer Suche nach möglichen Quellen veranlassen.
- Wiederholung der Messungen unter Nutzungsbedingungen (s.o.) nach Ende der Heizperiode bei dann abgeschalteter RLT-Anlage und unter Fensterlüftung – anhand dieser Ergebnisse kann bewertet werden, wie dann gelüftet werden muss, damit die Raumnutzer einer guten, gesundheitlich zuträglichen Raumlufqualität ausgesetzt sind.

## Untersuchungsprogramm auf flüchtige organische Substanzen (VOC) und parallel CO<sub>2</sub>-Bestimmung

Zur weiteren Abklärung schlug das Gesundheitsamt vor, CO<sub>2</sub> und flüchtige organische Substanzen in der Raumluft von 3-4 Klassenräumen unter unterschiedlichen Bedingungen mit folgenden Fragestellungen zu messen:

**1. Stellt die RLT-Anlage (ggf. incl. Fensterlüftung) eine gesundheitlich zuträgliche Raumluftqualität für die Nutzer sicher?**

Messung unter normalen Winter-Nutzungsbedingungen und funktionierender RLT-Anlage. Diese Untersuchung wurde am 28.03.2017 vor den Osterferien (Winter-Modus der RLT-Anlage) vorgenommen.

**2. Welche Stoffe werden aus dem Gebäude, seinen Materialien, ggf. Möblierung etc. in die Raumluft freigesetzt?**

Messung bei ausgeschalteter RLT-Anlage und geschlossenen Fenstern (sog. „worst-case-Messung“) ohne Anwesenheit von Personen. Die Ergebnisse sollen ggf. eine Suche nach möglichen Quellen veranlassen.

Diese Untersuchung wurde am 11.04.2017 vorgenommen.

**3. Kann durch normale Fensterlüftung unter „Sommer-Nutzungsbedingungen“, d.h. ausgeschalteter RLT-Anlage und Fensterlüftung eine gesundheitlich zuträgliche Raumluftqualität für die Nutzer sichergestellt werden?**

Messung bei ausgeschalteter RLT-Anlage (Sommer-Betrieb) und üblicher Fensterlüftung. Diese Untersuchung wurde am 31.05.2017 vorgenommen.

### Ergebnisse der Untersuchungen zur Raumluftqualität für die Nutzer (Fragen 1 und 3)

Das Gesundheitsamt Frankfurt hat langjährige Erfahrung mit der Messung der Raumluftqualität in Klassenräumen. Bereits 2006 hat es einen Standard entwickelt, wonach zusätzlich zur messtechnischen Erfassung von Kohlendioxid, Temperatur und rel. Luftfeuchte alle 5 Minuten durch einen Mitarbeiter des Amtes protokolliert wird, wie viele Personen im Raum sind (Anzahl), welcher Aktivität sie gerade nachgehen (1: Pause oder Klasse leer; 2: Frontalunterricht; 3: Basteln, Werken; 4: Toben, Gerangel), und wie gerade gelüftet wird (Lüftungsindex: dabei erhielt ein vollständig geöffnetes Fenster/Türe einen Punkt, ein gekipptes Fenster/gekipptes Oberlicht 0,5 Punkte. Der Lüftungsindex wurde durch Addition erhalten). So können die gemessenen CO<sub>2</sub>-Konzentrationen gut bewertet werden.

Die Ergebnisse der Messung von Kohlendioxid und der Erfassung der Personen im Raum sowie des Lüftungsindex (in der Abbildung mit 10 multipliziert) sind in der Abbildung 4 zusammengefasst. Der Übersichtlichkeit halber wurden die weiteren Parameter Temperatur und rel. Luftfeuchte nicht in die Abbildungen mit aufgenommen, sie können im Anhang nachgesehen werden (Anlage 7). In den Abbildungen wird der CO<sub>2</sub>-Gehalt blau dargestellt (linke senkrechte Achse, ppm), der mit dem Faktor 10 multiplizierte Lüftungsindex in rot und die Anzahl der Personen im Raum in grün (rechte senkrechte Achse).

Zur Bewertung wurden die Leitwerte **für die Kohlendioxid-Konzentrationen in der Innenraumluft** angewandt, die die Ad-hoc-AG der Innenraumkommission im Jahr 2008 festgelegt hatte. (Siehe auch das nebenstehende Kästchen zur Festlegung der Leitwerte und zum Sonderfall Passivhaus-Schulen).



## Exkurs: Raumlufthygiene in Schulen

### Kohlendioxid als Indikator für Raumlufthygiene:

Häufig wird über schlechte Luft in Klassenräumen geklagt. Als Indikator für schlechte, verbrauchte Luft hat sich der Kohlendioxidgehalt der Luft als geeignet erwiesen. Kohlendioxid selbst ist nicht hochtoxisch, bei hohen Kohlendioxidkonzentrationen kommt es jedoch zu einer pH-Verschiebung im Blut mit zu geringer Sauerstoffsättigung im Blut. In der Folge können Abgeschlagenheit, Müdigkeit und Kopfschmerzen auftreten. Schon im 19. Jahrhundert hat Pettenkofer sich intensiv mit Fragen der Innenraumhygiene beschäftigt und zu erreichende Standards formuliert. Die „Pettenkoferzahl“ 1000 ppm Kohlendioxid bezeichnet seither den lufthygienisch akzeptablen Bereich. Bereits vor mehr als 150 Jahren klagte Pettenkofer über unzuträgliche Luftqualität und hohe Kohlendioxidbelastungen in Klassenräumen und stellte fest: *„Ich bin auf das Lebendigste überzeugt, dass wir die Gesundheit unserer Jugend wesentlich stärken würden, wenn wir in den Schulhäusern, in denen sie durchschnittlich fast den fünften Theil des Tages verbringt, die Luft stets so gut und rein erhalten würden, dass ihr Kohlensäuregehalt nie über 1 pro mille anwachsen könnte“*.... *„der Kohlensäuregehalt alleine macht die Luftverderbnis nicht aus, wir benutzen ihn bloß als Maßstab, wonach wir auch noch auf den größeren und geringeren Gehalt an anderen Stoffen schließen, welche zur Menge der ausgeschiedenen Kohlensäure sich proportional verhält“* (Pettenkofer 1858).

Diese Problematik hoher Kohlendioxidbelastungen in Klassenräumen besteht bis heute unvermindert fort. Da jeder Mensch pro Stunde bei sitzender Tätigkeit ca. 15–20 Liter CO<sub>2</sub> ausatmet, können hohe Werte in Klassenräumen sehr rasch erreicht werden, wenn nicht ausreichend gelüftet wird. Leider wird diesem aus umwelt- und präventivmedizinischer Sicht so wichtigen Thema oft nicht genug Beachtung geschenkt, obwohl hohe Kohlendioxidbelastungen nicht nur der Gesundheit, sondern auch der Lernfähigkeit der Kinder abträglich sind. Darüber hinaus bedeuten sie eine zusätzliche gesundheitliche Belastung für Lehrer. (Die aus arbeitsrechtlicher Sicht maximale Arbeitsplatzbelastung soll unter 5000 ppm liegen (MAK-Wert)).

Die Ad-hoc-AG der Innenraumkommission hat im Jahr 2008 folgende aktuelle **Leitwerte für die Kohlendioxid-Konzentrationen in der Innenraumlufth** publiziert:

CO <sub>2</sub> -Konzentration (ppm)	Hygienische Bewertung	Empfehlung
< 1000	Hygienisch unbedenklich	Keine weiteren Maßnahmen
1000-2000	Hygienisch auffällig	Lüftungsmaßnahmen intensivieren (Außenluftvolumenstrom bzw. Luftwechsel erhöhen) Lüftungsverhalten überprüfen und verbessern
> 2000	Hygienisch inakzeptabel	Belüftbarkeit des Raumes prüfen ggf. weitgehende Maßnahmen prüfen

Umfangreiche Untersuchungen zur **Kohlendioxidbelastung** in Klassenräumen in Frankfurt am Main (2006-2009) zeigten während der Anwesenheit der Klassen im Raum generell eine hohe Kohlendioxidbelastung (Median) über dem Pettenkoferwert, mit einem Maximalwert von 4850 ppm, d. h. knapp unter dem MAK-Wert. Dies sind Belastungen, die bei den Raumnutzern zu Müdigkeit und Konzentrationsstörungen führen müssen. Fazit der Untersuchungen des Gesundheitsamtes:

**Die Kohlendioxidbelastung in Klassenräumen ist in aller Regel viel zu hoch, kann aber durch Lüften wirkungsvoll vermindert werden.**

#### Literatur:

Pettenkofer v M. Über den Luftwechsel in Wohngebäuden. Literarisch-artistische Anstalt der Cotta'schen Buchhandlungen, München, 1858.

Ad-hoc Arbeitsgruppe „Innenraumrichtwerte“ der Innenraumlufthygiene-Kommission (IRK) des Umweltbundesamtes und der Obersten Landesgesundheitsbehörden. Gesundheitliche Bewertung von Kohlendioxid in der Innenraumlufth. Bundesgesundheitsbl Gesundheitsforsch Gesundheitsschutz 51 (2008), S. 1358 -1369.

## **Exkurs: Raumlufthygiene in Schulen Passivhausschulen**

Seit 2004 werden in Frankfurt am Main alle neuen Schulen im Passivhausstandard errichtet. Passivhausschule bedeutet, durch eine besonders dichte Gebäudehülle den Energiebedarf auf 15 kWh/m<sup>2</sup> und Jahr (ca. 1,5 l Heizöl pro m<sup>2</sup> und Jahr) zu begrenzen sowie den Primärenergiebedarf für Strom und Heizung unter 120 kWh/m<sup>2</sup> zu halten (Bretzke o.J.). Im Winter wird Frischluft nach Erwärmung über einen Plattenaustauscher durch die nach draußen zu führende verbrauchte und erwärmte Luft über eine Raumluftheizungsanlage (RLT-Anlage) in die Klassenräume eingeführt. Bei korrekt laufender RLT-Anlage werden demnach deutlich geringere Maximalwerte erreicht als unter konventioneller Fensterlüftung, die mittleren CO<sub>2</sub>-Werte sind mit denen aus konventionell mittels Fenster gelüfteten Räumen vergleichbar. Bei Ausfall der Lüftungsanlage und ohne Ersatz-Fensterlüftung wurden durchaus hohe CO<sub>2</sub>-Belastungen bis über 3000 ppm dokumentiert (Feist 2006).

Aus den Untersuchungen zur Raumlufthygiene in Passivhausschulen zog das Gesundheitsamt folgende Schlussfolgerungen (Heudorf, 2008):

- „Während der „Sommerphase“, d.h. ohne maschinelle Grundlüftung muss in einer Passivhausschule wie in Schulen konventioneller Bauweise eine ausreichende Raumlufthygiene durch Fensterlüftung sichergestellt werden. Das bedeutet: es sind ausreichende Lüftungsmöglichkeiten erforderlich, die über die Möglichkeiten der hier vorgestellten Schulen hinausgehen. Die Schule muss über die notwendige Lüftung informiert sein. Das Lüftungsregime sollte im Hygieneplan nach § 36 Infektionsschutzgesetz festgelegt und bei den Begehungen der Gesundheitsämter angesprochen und überprüft werden.
- Während der „Winterphase“ wird in Passivhausschulen mit integrierter maschineller Grundlüftung mit Wärmerückgewinnung eine Basislüftung vorgehalten. Aus energetischen Gründen wird in der Regel keine Gesamtlüftung vorgehalten. D.h. je nach dem gewählten Volumenstrom ist eine zusätzliche Pausenlüftung zwingend erforderlich, um eine gute Luftqualität im Klassenraum sicherzustellen. Auch hierüber ist die Schule zu informieren und das gewählte Lüftungsregime ist im Hygieneplan festzulegen.
- In der „Winterphase“ kann es zu Ausfällen der Gebäudeleittechnik und damit der maschinellen Lüftung kommen; auch in diesem Fall muss die Möglichkeit einer ausreichenden manuellen Lüftung bestehen (ausreichende Fensterflächen), die entsprechenden Informationen in der Schule vorhanden sein und das Lüftungsverhalten festgelegt werden.

Ohne die Argumente der Energieeinsparung oder des Klimaschutzes zu schmälern: aus hygienischer, präventivmedizinischer Sicht stehen in Schulen eindeutig die Frage des Raumklimas, der Innenraumhygiene, d.h. die Gesundheit und das Wohlbefinden der Raumnutzer im Zentrum des Interesses. Die hier vorgestellten Untersuchungen haben die seitens der Passivhaus-Vertreter propagierten guten raumhygienischen Standards in Passivhausschulen so nicht bestätigen können. Vor diesem Hintergrund ist Zenger et al. (2003) zuzustimmen: *„Es ist ein erstrebenswertes Ziel, dass bei der Planung, Auslegung und Sanierung von Schulgebäuden neben den energetischen Aspekten vermehrt auch lufthygienische Kriterien berücksichtigt werden.“* Pettenkofer und seine Forderungen sind also nach wie vor aktuell, auch in Passivhausschulen.“

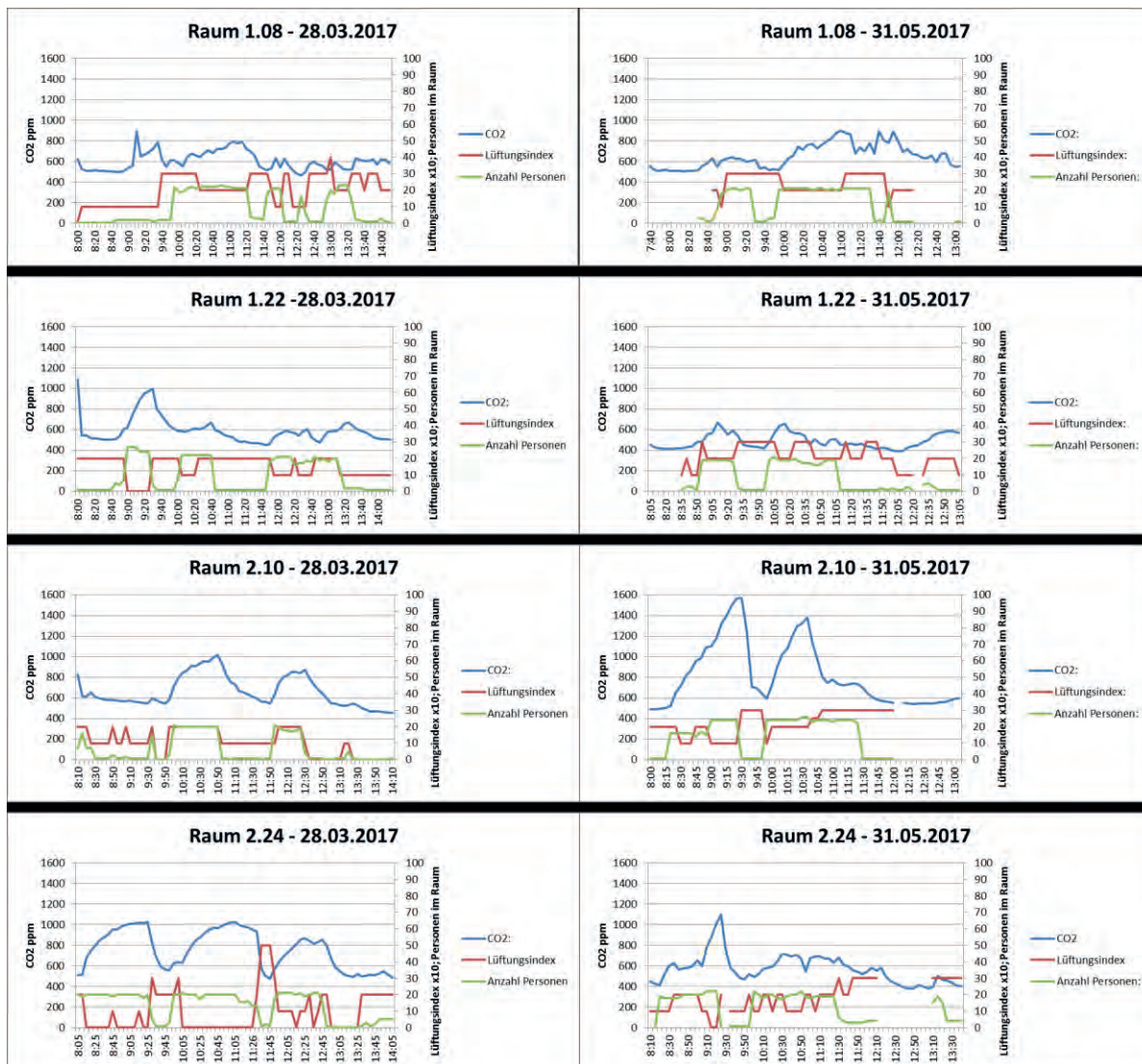
### **Literatur:**

Feist W. Das Passivhaus – ein Konzept auch für den Schulbau. In Feist W (Hrsg): Protokollband Passivhausschulen. Passivhaus-Institut, Eigenverlag, Darmstadt, 2006; S. 13-34

Heudorf U: Bringt die Passivhausschule die Lösung der raumlufthygienischen Probleme in Schulen? Gesundheitswesen (2007) 69: 408-141.

Heudorf U. Raumlufthygienische Probleme in Schulen – Bringen Passivhausschulen die Lösung? Umweltmed Forsch Prax (2008) 13: 219-226.

Heudorf U, Exner M: Hygiene in Schulen. Altbekannte Probleme nach wie vor aktuell. Bundesgesundheitsblatt Gesundheitsforsch Gesundheitsschutz (2008) 51: 1297-1303.



**Abb. 4: Kohlendioxidwerte, Anzahl der Personen im Raum und Lüftungsindex x10 in 4 Klassenräumen in der Rebstockschule. Vergleich der Untersuchung am 28.03.2017 bei laufender RLT-Anlage mit der Untersuchung am 31.05.2017 bei ausschließlicher Fensterlüftung**

**Messung im Winter-Betrieb:** Am 28.03.2017 lief die raumluftechnische Anlage und es wurden keinerlei Vorgaben zur zusätzlichen Lüftung gemacht („übliche Nutzung“), am 31.05.2017 war die RLT-Anlage ausgeschaltet (Sommer-Betrieb) und die Räume wurden ausschließlich über die Fensterlüftung belüftet, wobei den Lehrern keine Vorgaben gemacht wurden, wie gelüftet werden soll („übliche Nutzung“). Es ist erkennbar, wann die Kinder im Raum anwesend waren und wann sie Pause hatten. Darüber hinaus ist erkennbar, dass sehr häufig zumindest Türen zu anderen Räumen oder zum Flur offenstanden und/oder zusätzlich mittels Fensterlüftung gelüftet wurde. Die CO<sub>2</sub>-Werte liegen durchweg deutlich unter 1000 ppm, also im Bereich „hygienisch unbedenklich“. Bei geschlossenen Fenstern und Türen (gut erkennbar im Raum 1.22 von 9:00 bis 9:25 Uhr und im Raum 2.24 von 8:15 bis 9:25 Uhr und von 10:05 bis 11:26 Uhr) und Anwesenheit der Klassen im Raum steigt der CO<sub>2</sub>-Wert bis ca. 1000 ppm an (gemessene Maximalwerte 1023 und 1014 ppm). Gut erkennbar ist ein langsamer Abfall des CO<sub>2</sub>-wertes durch das Weiterlaufen der RLT-Anlage, wenn die Klasse den Raum verlassen hat und nur die Tür offen bleibt (Raum 2.10 10:55-11.50 Uhr). Durch zusätzliches Lüften kann dieser Abfall deutlich beschleunigt werden (Raum 2.24 ab 9:30 und ab 11:35 Uhr).

**Messung im Sommer-Betrieb:** Bei der Wiederholung der Messungen im „Sommer-Betrieb“ also bei ausgeschalteter RLT-Anlage am 31.05.2017 blieb die CO<sub>2</sub>-Konzentration in den Räumen 1.08 und 1.22 bei durchweg mindestens 1-2 geöffneten Türen und Fenstern auch bei Anwesenheit der Kinder im niedrigen Bereich. Geringe Anstiege der CO<sub>2</sub>-Konzentration bei Eintreffen der Klasse wurden durch die offenen Türen und Fenster begrenzt. Im Raum 2.10 zeigte sich unter Anwesenheit von zunächst 16, dann 24 Kindern im Raum von 8:25 bis 9:25 Uhr ein steiler Anstieg der CO<sub>2</sub>-Konzentration von 523 auf 1574 ppm, ein vergleichbarer Anstieg ist von 9:55 bis 10:40 Uhr bei Anwesenheit der Klasse (24-26 Personen im Raum) von 593 auf 1130 ppm erkennbar. Während beider Phasen lag der mit 10 multiplizierte Lüftungsindex bei 20, d.h. es waren entweder 2 Türen oder Tür und Fenster offen. Es kann angenommen werden, dass diese Anstiege bei geschlossenen Fenstern und Türen noch deutlicher ausgefallen wären. Im Raum 2.24 wurde zwischen 9:10 und 9:25 Uhr – bei Anwesenheit von 22 Personen – ein Anstieg der CO<sub>2</sub>-Konzentration von 783 auf 1100 ppm beobachtet, wobei sowohl um 9:15 Uhr als auch um 9:20 Uhr geschlossene Fenster und Türen vermerkt waren. Dieser Anstieg ist – wie erwartet – noch steiler als im Raum 2.10 bei geöffneter Tür.

Die Daten unterstreichen eindrucksvoll die Bedeutung der Pausenlüftung – mindestens nach jeden 45 Minuten – und unterstützen die Empfehlung einer kurzen Zwischenlüftung nach ca. 20-25 Minuten Unterricht.



**Abb. 5 Kohlendioxidmessung mit dem Wöhler-Messgerät**

## Vergleich der Raumluftqualität in der Rebstockschule mit früheren Untersuchungen zur Raumluftqualität in Frankfurter Schulen

Die in der Rebstockschule gemessenen CO<sub>2</sub>-Werte können mit früheren Messungen des Gesundheitsamtes in Schulen in Frankfurt verglichen werden. Nachfolgend sind – um die Vergleichbarkeit sicherzustellen – ausschließlich Messwerte unter Anwesenheit der Klasse im Raum (min. 5 Personen) berücksichtigt.

Zum Vergleich werden in der Tabelle 1 die Messungen in 4 Klassenräumen von zwei konventionell belüfteten Schulen im Februar 2006, mit 26 Klassenräumen in 26 Schulen im April/Mai 2009 und den Messungen in der Passivhausschule in Preungesheim im November 2007 den CO<sub>2</sub>-Messwerten in 4 Klassenräumen in der Rebstockschule bei laufender RLT-Anlage im Winterbetrieb (28.03.2017) und bei ausgeschalteter RLT-Anlage im Sommerbetrieb (31.05.2017) gegenübergestellt.

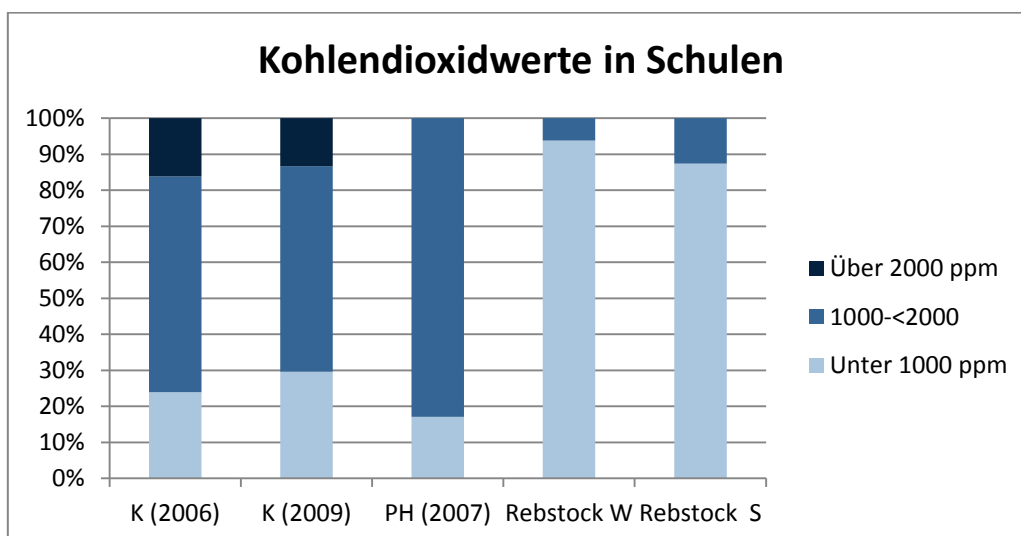
Es zeigt sich, dass der Median (P50, mittlerer Wert) in den konventionell belüfteten Schulen und in der Passivhausschule Preungesheim bei ca. 1200 ppm CO<sub>2</sub> lag – also im Bereich „hygienisch auffällig“ - ohne großen Unterschied zwischen den konventionell belüfteten Schulen und der Passivhaus-Schule. Stets wurden Maximalwerte über 2500 erreicht – also Bereiche, die nach der Bewertung der Ad-hoc-AG der Innenraumkommission im Bereich „hygienisch inakzeptabel“ lagen. Demgegenüber lag der Medianwert in der Rebstockschule in beiden Messperioden um ca. 700 ppm, also im hygienisch unbedenklichen Bereich, und die Maximalwerte überschritten unter laufender RLT-Anlage nur knapp den Pettenkofer-Wert und blieben im „Sommer“ mit 1564 ppm im hygienisch auffälligen Bereich. Dies ist sowohl Folge der im Vergleich zu den ersten Passivhausschulen deutlich höheren Luftaustauschrate der RLT-Anlage, als auch eines vergleichsweise generell sehr guten Lüftungsverhaltens in der Rebstockschule.

In den konventionell durch Fensterlüftung belüfteten Klassenräumen arbeiteten die Kinder und Lehrer ca. 30% ihrer Zeit unter „hygienisch unbedenklichen“ Raumluftbedingungen, 50% der Zeit unter „hygienisch auffälligen“ Bedingungen und ca. 20% der Zeit unter hygienisch inakzeptablen Bedingungen mit CO<sub>2</sub>-Werten über 2000 ppm. In der Passivhausschule Preungesheim war die Situation – unter funktionierender Lüftungsanlage im Winterbetrieb – mit 17% der Zeit unter „hygienisch unbedenklichen“ Bedingungen und dem Rest „hygienisch auffälligen“ Bedingungen deutlich besser. Im Vergleich dazu arbeiteten – sowohl im Winter- als auch im Sommerbetrieb die Kinder und Lehrer der Rebstockschule zu etwa 90% der Zeit unter „hygienisch unbedenklichen“ Bedingungen und nur ca. 10% unter „hygienisch auffälligen“ Bedingungen. „Hygienisch inakzeptable“ Werte wurden bei den Messungen nicht festgestellt.

**Tab. 1: Vergleich der CO<sub>2</sub>-Messungen in verschiedenen Schulen in Frankfurt (2006-2009) mit den Ergebnissen aus der Rebstockschule (2017)**

	2006 (Februar)	2009 (April)	2007 (November)	2017 „Winter“	2017 „Sommer“
	Konventionell	Konventionell	Preungesheim PHH – RLT- Lüftung	Rebstock PHH – RLT- Lüftung	Rebstock PHH- Fenster- lüftung
<b>Anzahl Schulen</b>	2	26	1	1	1
<b>Anzahl Klassenräume</b>	4	26	2	4	4
<b>Kohlendioxid (ppm)</b>					
P 25	900	874	1111	584	574
P 50	1200	1254	1275	712	671
P 75	1700	1731	1515	867	783
Maximalwert	4850	>2500	>2500	1024	1564
<b>Kohlendioxid (Angaben in %)</b>					
Unter 1000 ppm	28,5	34,2	17,1	93,8	87,4
10-<1500 ppm	37,7	29,2	56	6,2	11,8
1500-<2000 ppm	14,6	21,2	26,9	-	0,8
Über 2000 ppm	19,2	15,4	-	-	-

Die in Tabelle 1 aufgeführten Verteilungen sind in Abbildung 6 nochmals anschaulich dargestellt. In der Rebstockschule wurden sehr gute Raumluftqualitäten erreicht, die deutlich besser sind als alle zuvor in anderen Frankfurter Schulen gemessenen Werte.



**Abb. 6 Vergleich der Verteilung der Kohlendioxidwerte in konventionell belüfteten Schulen (K), der Passivhausschule Preungesheim (PH) und der Rebstockschule im Winterbetrieb (W) und im Sommerbetrieb (S). Unter 1000 ppm: hygienisch unbedenklich; 1000-<2000 ppm: hygienisch auffällig; > 2000 ppm hygienisch inakzeptabel.**

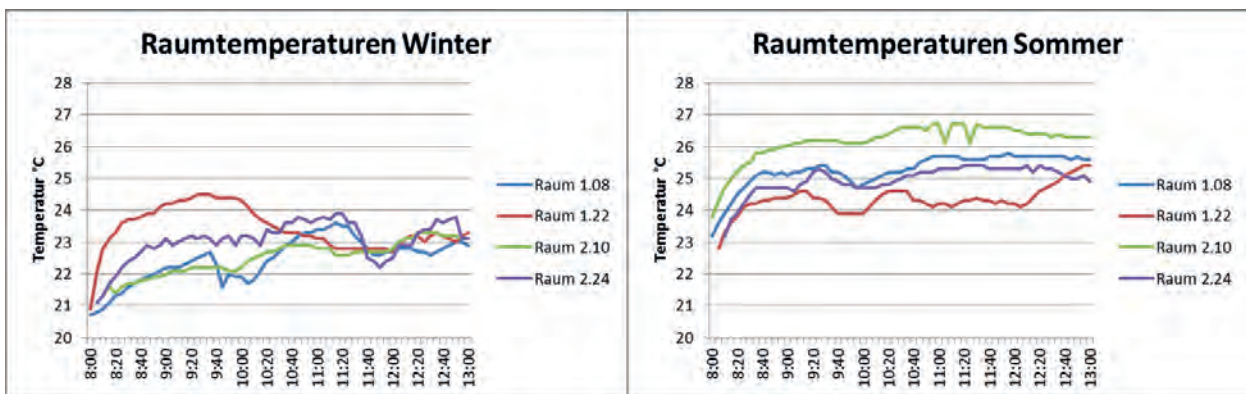


**Klassenraum in der Rebstockschule**

## Raumtemperaturen in der Rebstockschule

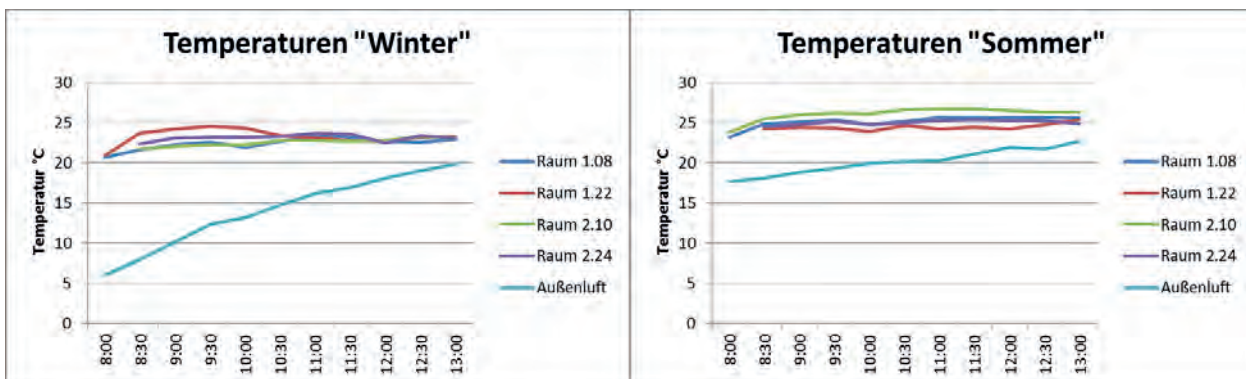
In den letzten Jahren erreichten das Gesundheitsamt zahlreiche Beschwerden über zu hohe Raumtemperaturen in Passivhausschulen. Insbesondere im Sommer wurde beschrieben, dass sich die Räume aufheizen und weder durch Lüften am Tag noch durch Nachtlüftung ausreichend gekühlt werden könnten. Dies wurde bei Untersuchungen in 4 Passivhaus-Kitas im Juni-Juli 2013 bestätigt: die Maximaltemperaturen im Raum lagen zwischen 24,9°C und 32,7°C (s. Jahresbericht der Abteilung Infektiologie und Hygiene, 2014/2015).

Die parallel zu den CO<sub>2</sub>-Messungen in den vier Klassenräumen der Rebstockschule erhaltenen Temperaturwerte sind in Abb. 7 dargestellt, getrennt nach Messungen im Winter (28.03.2017) und Sommer (31.05.2017). Im Winter, in der Heizperiode, lagen die Raumtemperaturen zumeist im Bereich von ca. 23°C, im Sommer – ohne Heizung – zwischen 24°C in Raum 1.22 bis über 26°C in Raum 2.10.



**Abb. 7 Raumtemperaturen in der Rebstockschule in 4 Klassenräumen – gemessen am 28.03.2017 bei laufender RLT-Anlage und Heizung („Winter-Betrieb“) und am 31.05.2017 unter Fensterlüftung und ohne Heizung („Sommer-Betrieb“)**

In Abb. 8 sind die in der Rebstockschule am 28.03.2017 und am 31.05.2017 gemessenen Raumtemperaturen den Halbstundenmittelwerten der Außentemperatur an der Messstation Frankfurt Ost, entnommen der Internetseite der HLNUG ([www.hlnug.de](http://www.hlnug.de)), gegenübergestellt. Es ist erkennbar, dass die Raumtemperaturen am 31.05.2017 trotz noch eher wenig sommerlichen Außentemperaturen erreicht wurden. Auch ist kein sicherer Effekt der Nachtauskühlung (Nachtkühlklappen) in der Rebstockschule erkennbar, denn die Temperaturen lagen bereits bei ca. 23 °C bei Schulstart am Morgen. Es kann geschlossen werden, dass im Hochsommer deutlich höhere Raumtemperaturen erreicht werden.



**Abb. 8 Raumtemperaturen in der Rebstockschule in 4 Klassenräumen – gemessen am 28.03.2017 bei laufender RLT-Anlage und Heizung („Winter-Betrieb“) und am 31.05.2017 unter ausschließlicher Fensterlüftung und ohne Heizung („Sommer-Betrieb“) – im Vergleich mit der Außenlufttemperatur (Halbstundenmittelwerte HLNUG; Mess-Station Frankfurt Ost).**

## **Weitere Raumlufthuntersuchungen auf Vorschlag des Gesundheitsamtes**

### **Untersuchungen der Raumlufth auf flüchtige organische Substanzen**

Das Gesundheitsamt hatte am 07.03.2017 weitere Untersuchungen mit verschiedenen Fragestellungen vorgeschlagen, darunter die Bestimmung der flüchtigen Kohlenwasserstoffe (VOC volatile organic compounds). Als TVOC wird die Summe flüchtiger organischer Verbindungen zusammengefasst, die zwischen n-Hexan und n-Hexadecan eluiert werden, Verbindungen des Siedebereiches von ca. 50-260°C. Sie umfassen eine Vielzahl aliphatischer und aromatischer Kohlenwasserstoffe (z.B. Alkane, Alkene, Cycloalkane, Benzol, Toluol, Ethylbenzol, Dimethylbenzole, Alkylbenzole, Styrol), mono- und bicyclische Terpene, verschiedene Chlorkohlenwasserstoffe, Alkohole, viele Aldehyde und Ketone, Siloxane etc.

Für viele Stoffe hat die Ad-hoc-AG resp. Ausschuss für Innenraumrichtwerte AIR toxikologisch basierte Richtwerte abgeleitet. Auf Basis von Tierversuchen oder von Humanstudien werden – unter Anwendung verschiedener Sicherheitsfaktoren (bzw. (Un)Sicherheitsfaktoren, eigentlich Divisoren) - Richtwerte – also Stoffkonzentrationen in der Raumlufth festgelegt. Der Richtwert II gilt auch als handlungsauslösender Wert, der Richtwert I, in der Regel durch Division um 10 aus dem Richtwert II abgeleitet, als Zielwert. Weitere Informationen und die Definitionen der Richtwerte finden sich in nebenstehendem Kästchen.

Für die Summe der flüchtigen organischen Substanzen (volatile organic compounds, VOC) wurden erstmals 1999 unter hygienischen Aspekten Bewertungswerte publiziert. In dem 5-stufigen Bewertungsschema werden Raumlufthkonzentrationen in hygienisch unbedenklich, hygienisch noch unbedenklich, hygienisch auffällig, hygienisch bedenklich und hygienisch inakzeptabel eingestuft und entsprechende Maßnahmen empfohlen. Diese Bewertungen gelten, sofern nicht einzelne, von der Ad-hoc-AG der Innenraumkommission – heute Ausschuss für Innenraumrichtwerte AIR – toxikologisch abgeleitete Richtwerte überschritten werden. Im nebenstehenden Kästchen finden sich weitere Informationen hierzu.

Diese Richtwerte sind Grundlage für eine gesundheitliche, umweltmedizinische Bewertung von Innenraumlufth-Messwerten. Darüber hinaus werden Messwerte oft auch mit anderen, statistisch abgeleiteten Vergleichswerten oder Referenzwerten verglichen. Diese statistisch abgeleiteten Werte lassen keine gesundheitliche Bewertung zu. Eine Überschreitung eines statistisch abgeleiteten Referenzwertes bedeutet nicht automatisch ein gesundheitliches Risiko, ebenso wenig wie eine Unterschreitung eines statistischen Referenzwertes bedeutet, dass kein Gesundheitsrisiko vorliegt. Leider werden Überschreitungen solchermaßen statistisch abgeleiteter Vergleichswerte von Nicht-Fachleuten immer wieder als Grundlage für ein vermutetes Gesundheitsrisiko angesehen, teilweise auch die Überschreitung der Nachweis- und Bestimmungsgrenze. Dies ist aber nicht der Fall.

Vor diesem Hintergrund werden in den nachfolgenden Tabellen die Messergebnisse des ARGUK-Umweltlabors der verschiedenen Mess-Serien zusammengefasst. In Tabelle 2 werden sie den publizierten Richtwerten RW I und RW II gegenübergestellt. In der weiteren Tabelle 3a-d sind alle als VOC detektierten Stoffe der verschiedenen Mess-Serien zusammengefasst. Der Übersichtlichkeit halber werden in den Tabellen Werte unter der Nachweis- resp. Bestimmungsgrenze mit „<“ angegeben. Im Anhang sind die einzelnen Gutachten sowie die Messprotokolle vollumfänglich dokumentiert.



### **Exkurs: Bewertung von Schadstoffen in der Raumluf - TVOC-Konzept**

Für den Gesamtgehalt an flüchtigen organischen Verbindungen (TVOC) wurden Empfehlungen zur Begrenzung der Raumlufkonzentrationen im Rahmen eines 5-Stufen-Schemas erarbeitet. Dieses ist nicht toxikologisch begründet, sondern stellt eine hygienische Gesamtbeurteilung für VOC dar. Voraussetzung für die Anwendung des Schemas ist, dass toxikologisch begründete Richtwerte von Einzelstoffen oder Stoffgruppen dabei nicht überschritten werden.

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

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

**Stufe 3.** TVOC-Werte zwischen  $> 1$  und  $3 \text{ mg/m}^3$  sind als **hygienisch auffällig** zu beurteilen und gelten befristet ( $< 12$  Monate) als Obergrenze für Räume, die für einen längerfristigen Aufenthalt bestimmt sind. In normal genutzten Wohn-, Schul- oder Büroräumen ohne kürzlich erfolgte Renovierung oder Neumöblierung sollte eine TVOC-Konzentration unter Nutzungsbedingungen von  $1 \text{ mg/m}^3$  nicht dauerhaft überschritten werden. Derartige Werte waren als Hinweis auf einen zusätzlichen und ggf. unerwünschten VOC-Eintrag zu werten. Die gesundheitliche Relevanz auffälliger Referenzwertüberschreitungen sollte geprüft werden. Eine toxikologische Einzelbewertung zumindest der Stoffe mit den höchsten Konzentrationen wird empfohlen.

**Stufe 4.** Räume mit TVOC-Werten zwischen  $> 3$  und  $10 \text{ mg/m}^3$  werden als **hygienisch bedenklich** beurteilt und sollten, sofern keine Alternativen zur Verfügung stehen, nur befristet (maximal ein Monat) und bei Durchführung verstärkter regelmäßiger Lüftungsmaßnahmen genutzt werden. Es ist eine toxikologische Einzelstoff- bzw. Stoffgruppenbewertung vorzunehmen. Die Nachmessung zur Überprüfung der Innenraumlufqualität erfolgt unter Nutzungsbedingungen (Kapitel 9).

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

#### Literatur:

Ad-hoc-Arbeitsgruppe: Beurteilung von Innenraumlufkontaminationen mittels Referenz- und Richtwerten. Bundesgesundheitsblatt Gesundheitsforschung Gesundheitsschutz (2007) 50: 990-1005.

Seifert B. Richtwerte für die Innenraumluf: Die Beurteilung der Innenraumlufqualität mit Hilfe der Summe der flüchtigen organischen Verbindungen (TVOC-Wert) Bundesgesundheitsblatt Gesundheitsforschung Gesundheitsschutz (1999) 42: 270-278

## **Richtwerte für Verunreinigungen der Innenraumluft – Ableitungen des Ausschusses für Innenraumrichtwerte des Umweltbundesamtes** (früher Ad-hoc-Arbeitsgruppe Innenraumrichtwerte der Innenraumlufthygiene-Kommission)

Die Kommission hat bereits seit den 1990er Jahren nach einem sog. "Basisschema" aus dem Jahr 1996 toxikologisch hergeleitete, gesundheitsbezogene Richtwerte für die Innenraumluft erarbeitet. Diese Richtwerte wurden ausgehend von dem LO(A)EL, also der niedrigsten Konzentration, bei welcher im Tierversuch oder in Humanstudien erste adverse Effekte erkennbar waren, berechnet. Dabei wurde ein Sicherheitsfaktor (eigentlich Divisor) von 10 eingesetzt, wenn der LO(A)EL aus einem Tierversuch entnommen wurde (sog. Interspezies-Faktor). Um auch besonders empfindliche Menschen zu schützen, wurde ein weiterer Sicherheitsfaktor von 10 eingesetzt (sog. Intraspezies-Faktor). Wurde eine arbeitsmedizinische Untersuchung zugrunde gelegt, wurde nochmals ein Faktor von 5 eingesetzt (Umrechnung von 40h-Woche auf Gesamtwoche 168 h) und zuletzt noch ein Sicherheitsfaktor von 2 (sog. Kinderfaktor) (Schema von 1996).

Im Jahr 2012 wurde dieses Basisschema fortgeschrieben. Nach der neuen Version können, je nach Verfügbarkeit geeigneter Studiendaten die Richtwerte weiterhin vom LO(A)EL abgeleitet werden (RW II), aber auch vom NO(A)EL, dem „No observed adverse effect level“, also den höchsten Konzentrationen, bei denen (noch) kein adverser Effekt beschrieben wurde; es kann aber auch ein Benchmark-Dosis-Verfahren herangezogen werden. Zur Berücksichtigung der Studiendauer verwendet die Ad-hoc-Arbeitsgruppe in der Regel den Extrapolationsfaktor von 6 (subakut - chronisch) bzw. von 2 (subchronisch - chronisch). Statt des früheren Interspeziesfaktors von 10 wird entsprechend einer WHO-Empfehlung eine Aufteilung des Interspezies-Faktors in einen Faktor für die Toxikokinetik von 4 und für die Toxikodynamik von 2,5 verwendet. Da in Humanstudien zur Reizwirkung einer Reihe von flüchtigen organischen Verbindungen im Atemtrakt die Empfindlichkeit der Mehrheit der untersuchten Probanden um weniger als einen Faktor 5 vom Durchschnitt abwich, wird jetzt im Rahmen von Risikobewertungen die interindividuelle Variabilität der Reizwirkung mit einem Faktor von 5 abgebildet. Zum Schutz besonders empfindlicher Personengruppen, insbesondere von Kindern, verwendet die Ad-hoc-Arbeitsgruppe einen zusätzlichen Extrapolationsfaktor von 2 („Kinderfaktor“). In den Publikationen zu den einzelnen Stoffen werden die jeweils genutzten Faktoren transparent angegeben.

Die Definitionen der Richtwerte (2012) lauten:

### **Richtwert II (RW II)**

*Der Richtwert II ist ein wirkungsbezogener, begründeter Wert, der sich auf die toxikologischen und epidemiologischen Kenntnisse zur Wirkungsschwelle eines Stoffes unter Einführung von Extrapolationsfaktoren stützt. Bei dem Richtwert II handelt es sich in der Regel um einen Langzeitwert, er kann aber auch als Kurzzeitwert abgeleitet sein und wird in diesem Fall entsprechend gekennzeichnet (RW I<sub>k</sub>). Der Richtwert II stellt die Konzentration eines Stoffes in der Innenraumluft dar, bei deren Erreichen bzw. Überschreiten unverzüglich Handlungsbedarf besteht, da diese Konzentration geeignet ist, insbesondere bei Daueraufenthalt in den Räumen die Gesundheit empfindlicher Personen einschließlich Kindern zu gefährden. Der Handlungsbedarf ist als unverzüglicher Prüfbedarf zu verstehen, z. B. im Hinblick auf Sanierungsentscheidungen zur Verringerung der Exposition. Eine Empfehlung zur Schließung von Räumen kann daher notwendig sein.*

*Die Anwendung von Richtwerten als Vergleichsmaßstab setzt die Durchführung einer Messung unter üblichen Nutzungsbedingungen voraus. Die Feststellung der Überschreitung des Richtwertes II sollte umgehend mit einer Kontrollmessung abgesichert werden. Im Einzelfall kann – soweit möglich und sinnvoll – eine Bestimmung der internen Belastung der Raumnutzer erfolgen.*

### **Richtwert I (RW I)**

*Der Richtwert I ist die Konzentration eines Stoffes in der Innenraumluft, bei der im Rahmen einer Einzelstoffbetrachtung nach gegenwärtigem Kenntnisstand auch bei lebenslanger Exposition von empfindlichen Personen keine gesundheitlichen Beeinträchtigungen zu erwarten sind. Eine Überschreitung ist mit einer über das übliche Maß hinausgehenden, hygienisch unerwünschten Belastung verbunden. Aus Vorsorgegründen besteht auch im Konzentrationsbereich zwischen RW I und RW II Handlungsbedarf. Der RW I kann als Sanierungszielwert dienen. Er soll nicht ausgeschöpft, sondern nach Möglichkeit unterschritten werden.*

#### **Literatur:**

Ad-hoc-Arbeitsgruppe: Richtwerte für die Innenraumluft: Basisschema. Bundesgesundheitsbl. (1996) 422-426.

Ad-hoc-Arbeitsgruppe: Richtwerte für die Innenraumluft: Erste Fortschreibung des Basisschemas. Bundesgesundheitsbl. (2012) 55: 279-290.

In Tabelle 2 sind die an drei verschiedenen Tagen in unterschiedlichem Nutzungszustand in verschiedenen Klassenräumen und in der Turnhalle (2 Tage) der Rebstockschule gemessenen Parameter den publizierten Richtwerten des „Ausschusses für Innenraumrichtwerte“ AIR gegenübergestellt. **Es ist leicht erkennbar, dass sämtliche Richtwerte – Handlungs- und Vorsorgewerte - deutlich unterschritten wurden** – in allen Messungen, auch am 11.04.2017, als in ungelüftetem Zustand gemessen wurde (sog. „worst-case“). Am 28.03.2017 und am 31.05.2017 wurde „nutzungsüblich“ gemessen, am 28.03.2017 bei laufender RLT-Anlage und ggf. zusätzlich geöffneten Fenstern/Türen, am 31.05.2017 bei abgeschalteter RLT-Anlage („Sommermodus“) und ausschließlich bei manueller Lüftung über Fenster/Türen.

**Tab. 2 Vergleich der an drei verschiedenen Tagen in unterschiedlichem Nutzungszustand in verschiedenen Klassenräumen und in der Turnhalle (2 Tage) gemessenen Parameter mit den publizierten Richtwerten des „Ausschusses für Innenraumrichtwerte“ AIR**

Mess-Serie	RW II	RW I	Raum 1.08			Raum 1.22			Raum 2.10			Raum 2.24			Turnhalle Spiel feld	
			I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	II	III
Aromatenarme KW-Gemische (C9-C14, Alkane, Isoalkane)	2.000	200	<10	<10	<10	<10	2	<1	<10	3	2	<10	1	3	<10	<10
Toluol	3.000	300	3	<1	4	4	1	3	4	1	6	3	4	1	<1	4
Ethylbenzol	2.000	200	<1	<1	1	1	1	1	<1	2	2	<1	2	<1	<1	<1
Dimethylbenzole (Summe Xylole)	800	100	2	<2	2	2	1	<2	2	2	3	2	<2	2	<2	2
C9-C15-Alkylbenzol (Summe)	1.000	100	<10	1	1	<10	10	<10	<10	1	2	<10	<10	<10	<10	<10
Styrol	300	30	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	3	3	<2	<2	2	<2	<2
Monocyclische Terpene (Leitsubstanz d-Limonen)	10.000	1.000	<5	1	<5	<5	<5	<5	3	1	2	<5	<5	<5	<5	<5
Bicyclische Terpene (Leitsubstanz alpha-Pinen)	2.000	200	<10	2	2	<10	2	<10	<10	3	8	<10	1	3	2	3
Benzylalkohol	4.000	400	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
2-Ethyl-1-Hexanol	1.000	100	<1	1	2	<1	1	1	<1	1	5	<1	<1	1	<1	<1
1 Butanol	2.000	700*	<1	3	5	<1	4	2	<1	4	15	<1	2	5	18	24
Methylisobutylketon (MIBK)	1.000	100	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
1-Methyl-2-pyrrolidon	1.000	100	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Zyklische Dimethylsiloxane D3-D6 (Summenwert)	4.000	400	4	3	18	1	6	6	<5	5	88	3	9	5	<5	4
DEGME	6.000	2.000	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
DEGDME	300	30	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
EGEE	1.000	100	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
EGEEA	2.000	200	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
DEGEE	2.000	700	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
EGBE	1.000	100	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
EGBEA	2.000	200	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
DEGBE	1.000	400	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
EGHE	1.000	100	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
2PG1ME	10.000	1.000	<1	1	<1	<1	6	9	<1	10	<1	<1	<1	4	14	13
DPGME	7.000	2.000	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
2PG1EE	3.000	300	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
2PG1tBE	3.000	300	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Trichlorethen		20*	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Tetrachlorethen (PER)	100*		<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
TVOC Gesamtgehalt	1.000##	300#	48	90	100	43	126	57	33	112	325	85	59	128	123	134
Formaldehyd		100	12	19	18	9	18	13	13	21	33	13	16	23	8	10

I: laufende RLT-Anlage; II ausgeschaltete RLT-Anlage und ungelüfteter Zustand; III ausgeschaltete RLT-Anlage und Fensterlüftung; <: unter Bestimmungsgrenze; \*7-Tage-Mittelwert; # und ## hygienisch (nicht toxikologisch) abgeleitet nach dem TVOC-Konzept (s. Exkurs)

Gemäß der Empfehlung des Gesundheitsamtes sollten in mehreren Räumen VOC-Messungen vorgenommen werden – unter verschiedenen Nutzungsbedingungen: im „Winterbetrieb“ also bei laufender RLT-Anlage (28.03.2017; Messung I) und im Sommerbetrieb bei ausgeschalteter RLT-Anlage und Lüftung über die Fenster (31.05.2017; Messung III). Darüber sollte noch eine weitere Messung unter sog. worst-case-Bedingungen stattfinden, ohne Lüftung (11.04.2017; Messung II).

Aromatische Kohlenwasserstoffe wie Benzol, Toluol, Ethylbenzol, Dimethylbenzole (Xylole), wurden häufig als Lösungsmittel wie z.B. in Farbverdünnern, Farben und Lacken eingesetzt. Sie werden zunehmend durch aliphatische Kohlenwasserstoffe, aromatenarme Alkane ersetzt. Letztere können auch in Wasserlacken als Nebenbestandteil enthalten sein. Es ist erkennbar, dass die weitaus meisten Stoffe in der Raumluft unter der Bestimmungsgrenze blieben (Tab. 3a). Wo nachweisbar, blieben sie unter den in Tab. 2 dargestellten Richtwerten.

**Tab. 3a Raumluftmessungen auf VOC in verschiedenen Räumen in der Rebstockschule unter verschiedenen Lüftungsbedingungen: Alkane und Aromaten**

	Raum 1.08			Raum 1.22			Raum 2.10			Raum 2.24			Turnhalle	
	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	II	III
<b>Alkane</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>7</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>7</b>	<b>18</b>	<b>25</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>0</b>	<b>1</b>
Heptan	<	1,1	1,7	<	1,2	1,2	<	2,2	4,8	14	2	1,4	<	1,1
3-Methylhexan	<	<	1	<	<	<	<	<	1,2	9,9	<	1,1	<	<
Octan	<	1,4	1,6	<	1,5	<	<	2,1	4,5	<	2	1	<	<
2,2,4-Trimethylpentan	2,8	<	<	3,6	<	<	<	<	<	1,1	<	<	<	<
Nonan	<	<	<	<	1,1	<	<	1,5	<	<	2,6	<	<	<
Decan	<	<	<	<	1,1	<	<	1,2	<	<	<	<	<	<
Undecan	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
Dodecan	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
Tridecan	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
Tetradecan	<	<	<	<	<	<	<	<	1,5	<	<	1,2	<	<
Pentadecan	<	<	1,2	<	<	<	<	<	1,9	<	<	1,1	<	<
Hexadecan	<	<	<	<	<	1,6	<	<	<	<	<	<	<	<
2,2,3,3,6,8,8-Heptamethylnonan Isoalkane (C9-C14)	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
C9-C14 n-Alkane / Isoalkane (aromatenarm)	<10	<10	<10	<10	2,2	<10	<10	2,7	1,5	<10	2,6	1,2	<10	<10
<b>Cycloalkane</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
Cyclohexan	<	<	1,1	<	<	<	<	<	1,4	1,7	1,2	<	<	<
Methylcyclohexan	<	<	<	<	<	<	<	<	1,4	<	<	<	<	<
<b>Alkene</b>	<b>0</b>	<b>10</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>14</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
1-Octen	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
1-Nonen	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
1-Decen	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
Trim.2-Methylpropen	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
4-Phenylcyclohexen	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
4-Vinylcyclohexen	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
iso-Dodecene (1-Dodecen-Äquivalenz)	<	<10	<	<	<	<	<	<	<	<	<14	<	<	<
<b>Aromaten</b>	<b>5</b>	<b>1</b>	<b>8</b>	<b>8</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>6</b>	<b>9</b>	<b>17</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>0</b>	<b>6</b>
Benzol	1	<	<	1	<	<	<	<	1	<	<	<	<	<
Toluol	2,5	<	3,5	3,7	1,1	2,7	3,5	1,4	5,7	2,7	1,3	3,8	<	3,5
Ethylbenzol	<	<	1	1	1	1	<	1,7	2,1	<	<	2	<	<
m-, p-, o-Xylol	1,6	<	1,8	2,3	1	<	2,1	1,6	3	1,6	1,5	<	<	2,1
Styrol	<	<	<	<	<	<	<	3,2	2,9	<	2	<	<	<
n-Propylbenzol	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
i-Propylbenzol	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
2-Ethyltoluol	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
3-Ethyltoluol	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
4-Ethyltoluol	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
1,3,5-Trimethylbenzol	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
1,2,4-Trimethylbenzol	<	1	<	<	<	<	<	1	2,1	<	<	<	<	<
1,2,3-Trimethylbenzol	<	<	1,2	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
n-Butylbenzol	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
1,2/1,3-Diethylbenzol	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
1,4-Diethylbenzol	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
1,3-Di-i-Propylbenzol	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
1,4-Di-i-Propylbenzol	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
1,2,4,5-Tetramethylbenzol	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
1,2,3,5-Tetramethylbenzol	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
Hexylbenzol	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
Octylbenzol	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
p-Cymol	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
n-Decylbenzol	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
Indan	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
<b>Summe Alkylbenzole C9- C15</b>	<b>&lt;10</b>	<b>1</b>	<b>1,2</b>	<b>&lt;10</b>	<b>&lt;10</b>	<b>&lt;10</b>	<b>&lt;10</b>	<b>1</b>	<b>2,1</b>	<b>&lt;10</b>	<b>&lt;10</b>	<b>&lt;10</b>	<b>&lt;10</b>	<b>&lt;10</b>

I: laufende RLT-Anlage; II ausgeschaltete RLT-Anlage und ungelüfteter Zustand; III ausgeschaltete RLT-Anlage und Fensterlüftung; <: unter Bestimmungsgrenze

**Tab. 3b Raumluftmessungen auf VOC in verschiedenen Räumen in der Rebstockschule unter verschiedenen Lüftungsbedingungen: Terpene und Terpenoide**

	Raum 1.08			Raum 1.22			Raum 2.10			Raum 2.24			Turnhalle		
	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
<b>Terpene</b>	<b>0</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>11</b>	<b>0</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	
o-Cymen	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
Limonen	<	1,1	<	<	<	<	2,8	1,1	2,4	<	<	<	<	<	<
alpha-Terpinen	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
gamma-Terpinen	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
alpha-Terpineol	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
<b>Summe monocyclische Terpene</b>	<b>&lt;5</b>	<b>1,1</b>		<b>&lt;5</b>	<b>&lt;5</b>		<b>2,8</b>	<b>1,1</b>		<b>&lt;5</b>	<b>&lt;5</b>		<b>&lt;5</b>		
endo-Borneol	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
Camphen	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
DL-Campher	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
delta-3-Caren	<	<	<	<	<	<	<	<	1,3	<	<	<	<	<	1
alpha-Pinen	<	1,7	1,6	<	1,6	<	1	2,5	4,7	<	2,5	1	1,9	1,7	
beta-Pinen	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
Verbenon / Geraniol	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
<b>Summe bicyclische Terpene</b>	<b>&lt;10</b>	<b>1,7</b>	<b>1,6</b>	<b>&lt;10</b>	<b>1,6</b>	<b>&lt;10</b>	<b>1,1</b>	<b>2,5</b>	<b>7,7</b>	<b>&lt;10</b>	<b>2,5</b>	<b>1</b>	<b>2,9</b>	<b>2,7</b>	
Bornylacetat	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
1,8-Cineol (Eucalyptol)	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
beta-Citronellol	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
Eugenol	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
Geranylacetat	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
alfa-Ionon	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
alpha-Ceton (i-methyl-alfa-Ionon)	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
Lilial	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
Linalool	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
Lianyacetat	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
Longifolen	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
"+/-" Menthol	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
beta-Myrcen	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
dihydro-Myrcenol	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
iso-Eugenol	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<

I: laufende RLT-Anlage; II ausgeschaltete RLT-Anlage und ungelüfteter Zustand; III ausgeschaltete RLT-Anlage und Fensterlüftung; <: unter Bestimmungsgrenze

## Terpene

*Das monocyclische Limonen findet sich in hoher Konzentration in Zitrus-, aber auch in vielen anderen etherischen Ölen, etwa von Fenchel und Kümmel, sowie in vielen Nahrungspflanzen, auch in Pfefferminze und Baldrian, insbesondere aber in Fichtennadelöl und Terpentin. Limonen wird auch als Lösemittel z.B. im Heimwerker- und Haushaltsbereich (zum Beispiel als Abbeizmittel, Pinselreiniger, Lasuren, Pflegemittel, Politur) eingesetzt, außerdem im Kosmetikbereich als Duftstoff, in der Lebensmittelindustrie zur Aromatisierung von Lebensmitteln, sowie bei der Behandlung von Erkältungen.*

*Bicyclische Terpene, Bestandteile des Harzöls von Nadelhölzern, werden als Lösungsmittel in Oberflächenbehandlungsmitteln und Klebern, in Haushaltsprodukten (z. B. Schuhcremes, Bodenreinigungsmitteln), als Duftzusatz in Kosmetika eingesetzt. Sie sind natürliche Bestandteile pflanzlicher Lebensmittel (z. B. Orangen, Zitronen, Karotten) und in Arzneimitteln enthalten.*

### Literatur:

Ad-hoc-AG. Richtwerte für monocyclische Monoterpene (Leitsubstanz Limonen) in der Innenraumluft. Bundesgesundheitsbl – Gesundheitsforsch – Gesundheitsschutz (2010) 53: 1206-1215

Sagunski H, Heinzow B: Richtwerte für die Innenraumluft: Bicyclische Terpene (Leitsubstanz alpha-Pinen). Bundesgesundheitsbl – Gesundheitsforsch – Gesundheitsschutz (2003) 46: 346-352.

Tab. 3b zeigt die Messwerte der Terpene und Terpenoide. Dies sind natürliche Substanzen, die in Pflanzenölen oder Baumharzen vorkommen und vielfältig zur Aromatisierung von Haushaltsprodukten, aber auch Lebensmitteln und als Arzneimittelinhaltsstoffe eingesetzt werden. Angesichts der schleimhautreizenden und teilweise auch neurotoxischen und – insbesondere bei Hautkontakt – sensibilisierenden Wirkungen dieser Stoffe wurden toxikologisch abgeleitete Richtwerte publiziert.

Tab. 3c zeigt die Messergebnisse für die chlorierten Kohlenwasserstoffe und verschiedene Alkohole und Carbonsäureester. Chlorierte Kohlenwasserstoffe werden fast nur noch in industriellen, gewerblichen Bereichen eingesetzt und zunehmend durch andere Lösemittel ersetzt. Viele Alkohole sind wichtige Lösungsmittel, die sowohl in der Industrie als auch im Haushalt eingesetzt werden. Kurzkettenige Carbonsäureester kommen häufig in ätherischen Ölen von Früchten (sog. Fruchtester), längerkettenige Carbonsäureester in natürlichen Wachsen vor.

**Tab. 3c Raumlufmessungen auf VOC in verschiedenen Räumen in der Rebstockschule unter verschiedenen Lüftungsbedingungen: LHKW, Alkohole und Carbonsäureester**

	Raum 1.08			Raum 1.22			Raum 2.10			Raum 2.24			Turnhalle	
	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	II	III
<b>LHKW</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
Tetrachlorkohlenstoff (Tetra)	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
Trichlorethen (TRI)	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
Tetrachlorethen (PER)	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
Chlorbenzol	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
1,2-Dichlorbenzol	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
1,3-Dichlorbenzol	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
1,4-Dichlorbenzol	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
<b>Einwertige Alkohole</b>	<b>0</b>	<b>4</b>	<b>7</b>	<b>0</b>	<b>5</b>	<b>3</b>	<b>0</b>	<b>5</b>	<b>21</b>	<b>0</b>	<b>7</b>	<b>2</b>	<b>20</b>	<b>25</b>
1-Butanol	<	2,8	5	<	3,6	2,4	<	4,1	15	<	4,8	1,9	18	24
3-Methyl-1-Butanol	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
1-Pentanol	<	<	<	<	<	<	<	<	1	<	1	<	1,6	1,2
2-Propyl-1-Pentanol	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
1-Hexanol	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
2-Ethyl-1-Hexanol	<	1,1	2,3	<	1,1	1	<	1,3	5	<	1,3	<	<	<
1-Heptanol	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
1-Octanol	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
1-Octen-3ol	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
1-Nonanol	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
2-Nonanol	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
Benzylalkohol	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
2-Phenyl-Ethanol	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
<b>Carbonsäureester</b>	<b>1,1</b>	<b>3,6</b>	<b>7,7</b>	<b>0</b>	<b>4,5</b>	<b>1,2</b>	<b>0</b>	<b>6</b>	<b>23</b>	<b>1</b>	<b>5</b>	<b>2,3</b>	<b>23</b>	<b>23</b>
Butylformiat	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
i-Propylacetat	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
n-Butylacetat	<	1,3	3,3	<	2,4	1,2	<	2	9,2	<	2,6	1,2	4,3	23
i-Butylacetat	<	2,3	2,6	<	2,1	<	<	4	6,5	<	2,4	1,1	<	<
2-Ethylhexylacetat	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
n-Butylpropionat	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
Ethylacrylat	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
Butylacrylat	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
n-Methylmethacrylat	<	<	1,8	<	<	<	<	<	5,7	<	<	<	19	<
Propylacetat	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
Dimethylsuccinat	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
Dibutylmaleinat	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
Dimethyladipat	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
Diisobutyladipat	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
Dimethylpimelat	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
2,2,4-Trimethyl-1,3-Pentandiol-monoisobutytrat	<	<	<	<	<	<	<	<	1,7	<	<	<	<	<
2,2,4-Trimethyl-1,3-Pentandiol-diisobutytrat	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
Methylbenzoat	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
Dimethylphthalat	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
Diethylphthalat	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
di n-Butylphthalat	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
<b>Mehrwertige Alkohole</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
1,2-Propylenglycol (1,2PG)	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
Dipropylenglycol (DPG)	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
2,2,4-Trimethyl-1,3-Pentandiol	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<

I: laufende RLT-Anlage; II ausgeschaltete RLT-Anlage und ungelüfteter Zustand; III ausgeschaltete RLT-Anlage und Fensterlüftung; <: unter Bestimmungsgrenze

In Tab. 3d sind die Ergebnisse der Glycoether und -ester, Aldehyde, Ketone und Siloxane dargestellt. Die Konzentrationen der meisten Stoffe blieben unter der Bestimmungsgrenze oder im niedrigen

Mikrogrammbereich. Richtwertüberschreitungen kamen nicht vor. Informationen zum Vorkommen dieser Stoffe s. Kästchen.

**Tab. 3d Raumlufmessungen auf VOC in verschiedenen Räumen in der Rebstockschule unter verschiedenen Lüftungsbedingungen: Weitere Alkohole und deren Ester, Aldehyde und Ketone, Siloxane – und TVOC Gesamtwerte**

	Raum 1.08			Raum 1.22			Raum 2.10			Raum 2.24			Turnhalle	
	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	II	III
<b>Ether mehrwertiger Alkohole</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>6</b>	<b>9</b>	<b>0</b>	<b>10</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>4</b>	<b>0</b>	<b>14</b>	<b>13</b>
Ethylenglycolmonoethylether (EGEE)	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
Ethylglycolmonoisopropylether (EGiPE)	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
Ethylenglycolmonobutylether (EGBE)	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
Ethylenglycolmonophenylether (EGPE)	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
Diethylenglycolmonomethylether (DEGME)	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
Diethylenglycolmonoethylether (DEGEE)	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
Diethylenglycolmonobutylether (DEGBE)	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
Triethylenglycolmonobutylether (TEGBE)	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
Propylenglycolmonomethylether (2PG1ME)	<	1	<	<	5,5	9,1	<	10	<	<	3,9	<	14	13
Propylenglycolmonopropylether (2PG1PE)	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
1,2-Propylenglycolmonobutylether (2PG1BE)	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
1,2-Propylenglycolmonotertbutylether (2PG1tBE)	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
Dipropylenglycolmonomethylether (DPGME)	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
Dipropylenglycolmonobutylether (DPGBE)	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
Tripropylenglycolmonomethylether (TPGME)	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
Tripropylenglycolmonobutylether (TPGBE)	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
<b>Ester mehrwertiger Alkohole und deren Ether</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>3</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>6</b>	<b>13</b>
Ethylenglycolmonomethylether-acetat (EGMEA)	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
Ethylenglycolmonoethylether-acetat (EGEEA)	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
Ethylenglycolmonobutylether-acetat (EGBEA)	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
Diethylenglycolmonobutylether-acetat (DEGBEA)	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
Propylenglycolmonomethylether-acetat (2PG1ME2A)	<	<	1,6	<	<	<	<	<	3	<	<	<	6	13
Dipropylenglycolmonomethylether-acetat (PDGMEA)	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
<b>Aldehyde</b>	<b>11</b>	<b>37</b>	<b>34</b>	<b>3</b>	<b>27</b>	<b>20</b>	<b>3</b>	<b>37</b>	<b>67</b>	<b>2</b>	<b>40</b>	<b>18</b>	<b>35</b>	<b>31</b>
Pentanal	1,1	4,4	4,2	<	3,4	2,3	<	5	10	<	5,9	1,5	4,8	5,9
Hexanal	5,1	12	7,7	1,5	9,5	5,1	1,4	14	18	1,1	15	3,9	19	13
Heptanal	1	2,6	2,2	<	2	1	<	2,8	4,4	<	2,8	<	1,8	1,1
Octanal	<	3,6	4	<	3	1,6	<	3,6	7,8	<	4,5	1,1	2,5	1,4
2-Ethyl-1-Hexanal	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
Nonanal	3,4	14	16	1	9,4	9,7	1,3	12	27	1,3	12	11	7,3	9,6
Decanal	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
Furfural	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
Benzaldehyd	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
Tolylaldehyd	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
<b>Ketone</b>	<b>2</b>	<b>16</b>	<b>6</b>	<b>3</b>	<b>59</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>20</b>	<b>32</b>	<b>3</b>	<b>28</b>	<b>6</b>	<b>12</b>	<b>6</b>
Methyl-Ethyl-Keton (2-Butanon)	<	13	5,5	<	56	2,9	<	15	29	<	24	5,7	12	5,8
Methyl-Isobutyl-Keton (MIBK)	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
2-Hexanon (MBK)	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
2-Heptanon	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
3-Heptanon	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
3-Octanon	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
Acetophenon	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
Benzophenon	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
Cyclohexanon	1,2	3	<	<	2,7	<	1,4	4,5	1,9	<	3,6	<	<	<
Isophoron	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
3,3,5-Trimethylcyclohexanon	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
N-Methyl-2-Pyrrolidon	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
<b>Siloxane</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>18</b>	<b>1</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>0</b>	<b>5</b>	<b>88</b>	<b>3</b>	<b>5</b>	<b>9</b>	<b>0</b>	<b>4</b>
Hexamethylcyclotrisiloxan (D3)	<	1	4,8	<	2,5	2,6	<	1,6	11	<	2,3	2,5	<	1,8
Octamethylcyclotetrasiloxan (D4)	<	1	2,6	<	1,6	1	<	<	4,9	<	1,9	1,1	<	<
Decamethylcyclopentasiloxan (D5)	4,3	1	8,3	1,2	1,4	2,5	<	3	66	3,3	1,2	4	<	1,7
Dodecamethylcyclohexasiloxan (D6)	<	<	1,8	<	<	<	<	<	6,5	<	<	1,2	<	<
Summe D3-D6 Dimethylsiloxane	4,3	3	18	1,2	5,5	6,1	<5	4,6	88	3,3	5,4	8,8	<5	3,5
Trodecamethylcyclohexasiloxan (D7)	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
<b>Sonstige</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>identifizierte VOC (Summe)</b>	<b>26</b>	<b>80</b>	<b>90</b>	<b>18</b>	<b>116</b>	<b>47</b>	<b>16</b>	<b>102</b>	<b>283</b>	<b>40</b>	<b>118</b>	<b>49</b>	<b>113</b>	<b>124</b>
<b>nicht identifizierte VOC</b>	<b>22</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>26</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>18</b>	<b>10</b>	<b>42</b>	<b>44</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>10</b>
<b>TVOC (Summe n-Hexan bis n-Hexadecan)</b>	<b>48</b>	<b>90</b>	<b>100</b>	<b>44</b>	<b>126</b>	<b>57</b>	<b>34</b>	<b>112</b>	<b>325</b>	<b>84</b>	<b>128</b>	<b>59</b>	<b>123</b>	<b>134</b>

I: laufende RLT-Anlage; II ausgeschaltete RLT-Anlage und ungelüfteter Zustand; III ausgeschaltete RLT-Anlage und Fensterlüftung; < unter Bestimmungsgrenze

## **Stoff-Informationen – Auszüge aus den Richtwertpublikationen der Ad-hoc-AG resp. des Ausschusses für Innenraumrichtwerte (AIR)**

### **Formaldehyd (2016)**

Sowohl in der Außenluft als auch in der Innenraumluft wird Formaldehyd bei Verbrennungsvorgängen (z. B. beim Tabakrauchen) freigesetzt. In Innenräumen stellen jedoch Bauprodukte (z. B. Spanplatten, Klebstoffe) sowie Verbraucherprodukte die Hauptquelle für Formaldehyd dar.

### **Acetaldehyd (2013)**

Acetaldehyd ist ein in der Natur weitverbreiteter Aldehyd, der auch in Lebensmitteln vorkommt. Er entsteht unter anderem als Zwischen- und Nebenprodukt der alkoholischen Gärung. Acetaldehyd dient in der chemischen Industrie als Zwischenprodukt zur Herstellung von Essigsäure und Peressigsäure, Zellulose-, Vinyl- und anderen Acetaten, Pentaerythrit sowie Pyridin-Derivaten. Daneben wird Acetaldehyd in der Papierindustrie und bei der Herstellung von Kosmetika verwendet und als Aromastoff Lebensmitteln zugesetzt.

### **Gesättigte azyklische aliphatische C4- bis C11-Aldehyde (2009)**

In vielen Bauprodukten unter anderem Acryl- und Silikondichtmassen, Holzwerkstoffen, Kunstharzfertigputzen, Lacken, Wandfarben, Klebstoffen wurde Hexanal als die zweithäufigste emittierte flüchtige organische Verbindung (nach Essigsäure) identifiziert. Auch die Aldehyde Nonanal, Octanal, Pentanal und Heptanal befanden sich (in dieser Abfolge) unter den 20 häufigsten von Bauprodukten abgegebenen Verbindungen. Bei Holz und Holzwerkstoffen stellte das Hexanal sogar die am häufigsten emittierte Verbindung dar, auch Pentanal, Heptanal und Nonanal fanden sich unter den 10 häufigsten gefundenen VOC. Angesichts der häufigen Verwendung der genannten Bauprodukte im Innenraum lassen sich diese Verbindungen deshalb auch fast immer in der Innenraumluft nachweisen.

### **Glykolether und Glycolester (2013)**

Sie werden bei der Herstellung von wasserbasierten Farben und Lacken, von Leimen und Papieren verwendet. Weiterhin werden sie in Klebstoffen, Reinigungsmitteln sowie in Frostschutz- und Hydraulikflüssigkeiten eingesetzt. Aufgrund ihrer relativ geringen Flüchtigkeit (Siedepunkte 120–260°C und höher) können sie über längere Zeiträume aus Produkten freigesetzt werden.

### **Zyklische Dimethylsiloxane (2011)**

Siloxane finden sich in zahlreichen Verbraucherprodukten wie zum Beispiel Haar- und Körperpflegemitteln, Kosmetika, Wasch- und Reinigungsmitteln, Möbelpolituren, in Schnullern und Backformen sowie in Elektronikbauteilen. Auch Fugendichtmassen, Farben, Lacke, Papiermaterialien oder Textilien können Siloxane enthalten.

### **Isocyanate:**

Di-Isocyanate sind Bestandteile von Zweikomponentenklebern und Zweikomponentenlacken („DD-Lacke“), PUR-Schäumen (vor allem im Baugewerbe und in Verpackungen), von Oberflächenbeschichtungen bei Textilien und Leder und von Klebern für die Herstellung von Spanplatten. Sie sind sehr leicht flüchtig. Auf Grund ihrer hohen Reaktivität mit Wasser bauen sie sich in der Raumluft jedoch sehr schnell ab und sind daher in der Regel in Raumluftproben analytisch nicht anzutreffen.

### **Literatur:**

Ausschuss Innenraumrichtwerte: Richtwert für Formaldehyd in der Innenraumluft. Bundesgesundheitsbl. (2016) 59: 1040-1044.

Ad-hoc-AG Innenraumrichtwerte: Richtwerte für gesättigte azyklische aliphatische C4-C11-Aldehyde in der Innenraumluft. Bundesgesundheitsbl. (2009) 52: 650-659.

Ad-hoc-AG Innenraumrichtwerte: Richtwerte für Glykolether und Glycolester in der Innenraumluft. Bundesgesundheitsbl. (2013) 56: 286-320

Ad-hoc-AG Innenraumrichtwerte: Richtwerte für zyklische Dimethylsiloxane in der Innenraumluft. Bundesgesundheitsbl. (2011) 54: 388-400.

Wolff T, Stirn H. Richtwerte für die Innenraumluft: Diisocyanate Bundesgesundheitsbl. (2000) 43: 505-512.



Die Probenahme der bislang aufgeführten VOC wurden bestimmungsgemäß mit Aktivkohlesammlern durchgeführt. Für bestimmte Stoffe eignen sich jedoch andere Sammler besser und werden auch für die Überprüfung der Richtwerte genutzt. Deswegen wurden nochmals Aldehyde mittels DNPH-Sammler und Carbonsäuren auf Silicagel-Sammlern beprobt. Die erhaltenen Werte können sich dabei methodisch bedingt leicht von denen mittels Aktivkohlesammler gewonnenen Proben unterscheiden. Nachfolgend sind in Tab. 4a sämtliche Einzel-Ergebnisse dargestellt und in Tab. 4b mit den publizierten Referenzwerten für verschiedene Aldehyde verglichen. In fast allen Proben wurden aliphatische Aldehyde bis C10 sowie Benzaldehyd in geringen Konzentrationen nachgewiesen. Alle Aldehyde liegen unter den Richtwerten, auch unter dem Vorsorgewert RW I.

Für die Carbonsäuren, insbesondere auch für die Ameisen- und Essigsäure hat der Ausschuss für Innenraumrichtwerte bislang noch keine Richtwerte publiziert. In einer Protokollnotiz des Ausschusses aus dem Jahr 2011 wurde ein Richtwert II von 400 µg/m<sup>3</sup> für Essigsäure benannt. Dieser ist für alle untersuchten Räume weit unterschritten, sodass sich nach derzeitigem (vorläufigen) Stand kein dringender Handlungsbedarf aus diesem Wert ergibt.

**Tab. 4a Raumluftmessungen in verschiedenen Räumen in der Rebstockschule unter verschiedenen Lüftungsbedingungen: Aldehyde und Carbonsäuren**

	Raum 1.08			Raum 1.22			Raum 2.10			Raum 2.24			Turn halle	
	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	II	III
<b>Aldehyde</b>														
Formaldehyd	12	19	18	9	18	13	13	21	33	13	23	16	7,7	10
Acetaldehyd	9,5	32	14	8,1	28	9,1	12	32	34	8,3	36	12	16	11
Propanal	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
Butanal/Crotonal	<	3,1	<	<	2,5	<	<	2,8	<	2,1	2,9	2,5	2	2,5
Pentanal	<	7,3	1,9	1	6,8	<	1,6	4,6	11	1,6	8,7	2	8,6	2,4
Hexanal	5,6	24	7,4	3,5	18	5,1	2,4	19	27	2,9	24	5,2	32	21
Heptanal	<	4,5	7,5	1,4	2,6	2,7	1,4	3	7,9	<	3,9	2,7	3	2,9
Octanal	1,3	11	4,9	1,1	4,7	2,3	<	4,4	11	<	8,3	6	4,7	4
Nonanal	7,1	26	19	4,7	12	9,6	5,5	17	23	7,6	15	17	11	14
Decanal	2,2	<	1,5	1	<	1,1	1	<	2,2	1,1	1,1	1,5	1,3	<
Undecanal	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
2-Methyl-Butanal	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
3-Methyl-Butanal	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
2-Ethyl-1-Hexanal	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
Furfural	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
Benzaldehyd	1,7	4,9	3,6	1,7	5,7	3	1,1	3	3	1,6	1,6	1,6	4	4
p-Tolualdehyd	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
Summe C <sub>4</sub> -C <sub>11</sub>	16	76	<b>42</b>	13	47	<b>21</b>	12	51	<b>82</b>	15	64	<b>37</b>	63	<b>47</b>
Geruchswert C <sub>4</sub> -C <sub>11</sub>	1,2	4,5	<b>4,6</b>	0,8	2,4	<b>2,2</b>	0,7	2,6	<b>9,6</b>	0,9	3,5	<b>4</b>	2,8	<b>5,3</b>
Geruchsintensität I <sup>+</sup>	0,7	1,8	<b>1,8</b>	0,3	1,3	<b>1,2</b>	0,2	1,3	<b>2,5</b>	0,4	1,6	<b>1,6</b>	1,4	<b>2</b>
<b>Carbonsäuren</b>														
Ameisensäure	10	21	8,8	7,9	24	8,8	8,8	12	29	6,2	14	8,8	27	22
Essigsäure	18	36	14	15	32	14	22	32	44	19	30	18	84	100
Propionsäure	3,9	14	7,2	3,1	13	7,2	4,1	11	24	3,5	14	6,4	9,1	12
n-Buttersäure	<	1,6	<	<	1	<	0,89	1,3	1,5	1,1	1,7	<	<	<
iso-Buttersäure	0,58	1,6	<	<	1	<	-	0,89	<	-	0,9	<	0,57	<
Pentansäure	<	2,1	<	<	1,1	<	0,57	0,81	<	<	1,6	<	0,97	<
Hexansäure	<	7	<	<	3,1	<	0,75	2,4	<	0,75	4,7	<	3,9	<
Verhältnis Essigsäure zu Ameisensäure	1,8	1,7	1,6	1,9	1,3	1,6	2,5	2,7	1,5	3,1	2,1	2	3	4,5

I: laufende RLT-Anlage; II ausgeschaltete RLT-Anlage und ungelüfteter Zustand; III ausgeschaltete RLT-Anlage und Fensterlüftung; < unter Bestimmungsgrenze

**Tab. 4b Aldehyde und Carbonsäuren in verschiedenen Räumen in der Rebstockschule unter verschiedenen Lüftungsbedingungen – im Vergleich mit Richtwerten**

	RW II	RW I	Raum 1.08			Raum 1.22			Raum 2.10			Raum 2.24			Turn halle	
			I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	II	III
<b>Aldehyde</b>																
Aldehyde Summe C <sub>4</sub> -C <sub>11</sub>	2.000	100	16	76	42	13	47	21	12	51	82	15	64	37	63	47
Formaldehyd		100	12	19	18	9	18	13	13	21	33	13	23	16	7,7	10
Acetaldehyd	1.000	100	9,5	32	14	8,1	28	9,1	12	32	34	8,3	36	12	16	11
Benzaldehyd	200	20	1,7	4,9	3,6	1,7	5,7	3	1,1	3	3	1,6	1,6	1,6	4	4
Furfural	100	10	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
<b>Carbonsäuren</b>																
Ameisensäure			10	21	8,8	7,9	24	8,8	8,8	12	29	6,2	14	8,8	27	22
Essigsäure	400*		18	36	14	15	32	14	22	32	44	19	30	18	84	100

I: laufende RLT-Anlage; II ausgeschaltete RLT-Anlage und ungelüfterter Zustand; III ausgeschaltete RLT-Anlage und Fensterlüftung; < unter Bestimmungsgrenze



**Raumluftmessungen in der Rebstockschule**

## Weitere Messungen, sog. „baubiologisches Gutachten“

Weitere Messungen wurden aufgrund der Forderungen von Eltern vorgenommen, die ein „baubiologisches Gutachten“ gefordert hatten. Es sollten über die – in diesem Bericht bereits vorgestellten - Messungen der VOC auch weitere Schadstoffe gemessen werden. Benannt wurden „Schadstoffe, feststellbar vor allem durch eine Hausstaubprobe – unter anderem

- Weichmacher
- Flammschutzmittel
- Pyrethroide, Biozide
- Polyzyklische aromatische Wasserstoffe PAK
- Polychlorierte Biphenyle PCB
- Holzschutzmittel
- Schimmel, MVOC
- Isocyanate
- Feinstaub, Fasern.“

Diese Messungen wurden seitens des Dezernats für Bildung und Integration bei einem Gespräch am 10.04.2017 zugesagt und es wurde das von den Elternvertretern vorgeschlagene Untersuchungsinstitut ARGUK-Umweltlabor damit beauftragt. Am 22.05.2017 forderte der für die Rebstockschule zuständige Ortsbeirat 2 (Bockenheim, Kuhwald, Westend) in seiner Anregung an den Magistrat (OM1687) ebenfalls diese Messungen.

Die Hausstaubproben wurden am 29.05.2017 genommen, nachdem zuletzt am 23.05.2017 gereinigt worden war. Am 24.05.2017 war der letzte Schultag gewesen, am 25.05. ein Feiertag und am 26.05. war die Schule wegen des Brückentags geschlossen. Insofern konnten 5-Tages-Staubproben genommen werden, ohne die Raumnutzer dieser Situation auszusetzen. Die Raumluftuntersuchungen wurden am 31.05.2017 vorgenommen. Soweit nichts anderes erwähnt, sind die Stoffgehalte in der Raumluft in den nachfolgenden Tabellen in  $\text{ng/m}^3$  angegeben, also in 1000fach niedrigeren Konzentrationen als in den bisherigen Tabellen, in denen die Stoffgehalte in  $\mu\text{g/m}^3$  angegeben waren. Die Gehalte im Hausstaub sind in  $\text{mg/kg}$  angegeben.

PAK sind eine große Gruppe von Kohlenwasserstoffen, die bei allen Verbrennungsvorgängen entstehen, in der Industrie, beim Hausbrand, beim Zigarettenrauchen, aber auch beim Grillen etc.. Einige von ihnen sind als krebserzeugend eingestuft, z.B. Benzo(a)Pyren (BaP). 1997/1998 hatte die Problematik PAK-haltiger Parkettkleber in Wohnungen für große Aufmerksamkeit in Deutschland gesorgt. Damals waren auch in Frankfurt Hunderte der Parkettkleber und Hausstaubproben in Hunderten von Wohnungen untersucht worden, und das Gesundheitsamt hatte den Betroffenen eine umweltmedizinische Beratung und Untersuchung angeboten. Da in der Raumluft keine erhöhten PAK-Gehalte im Vergleich zur Außenluft gefunden wurden, wurde insbesondere der Frage nachgegangen, ob erhöhte BaP-Gehalte im Hausstaub zu einer höheren inneren Belastung der am Boden spielenden Kleinkinder führen. Am Boden spielende Kleinkinder werden generell als Risikogruppe angesehen, da sie über das Hand-in-den-Mund-Stecken („mouthing“) Hausstaub aufnehmen können, z.B. ein auf den Boden gefallener Keks wird mit dem daran anhaftenden Staub gegessen, oder das auf den Boden gefallene Spielzeug wird in den Mund genommen. Bei der Untersuchung mehrerer Hundert Kleinkinder zeigte sich trotz teilweise hoher BaP-Gehalte im Hausstaub aber kein Zusammenhang zur inneren PAK-Belastung – gemessen mit dem Indikator 1-Hydroxy-Pyren im Urin. In weiteren Untersuchungen hatte sich auch kein Zusammenhang zwischen einer Belastung des Hausstaubs mit Insektiziden (Organophosphaten, Pyrethroiden) oder mit Phthalaten (Weichmachern) und den am Boden spielenden Kleinkindern ergeben (s. auch Kästchen).

Für größere Kinder und Erwachsene muss nicht von einer Aufnahme von Hausstaub im Rahmen der Expositionsabschätzung ausgegangen werden. Insofern sind aus umweltmedizinischer Sicht die nachfolgenden Hausstaub-Untersuchungen ggf. als Hinweis für eine Quelle im Raum oder einen Eintrag in

den Raum anzusehen, sie sind jedoch nicht geeignet für eine Expositionsabschätzung und damit für eine gesundheitliche Bewertung für Schulkinder und Erwachsene.

**PAK:** Tabelle 5 zeigt die Ergebnisse der Untersuchungen auf polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe PAK in der Raumluft und im Hausstaub. Die Untersuchungen auf PAK in der Raumluft und im Hausstaub zeigen – wie erwartet – geringe Konzentrationen der leichter flüchtigen niedermolekularen PAK-Vertreter in der Raumluft, die schwerflüchtigen, höhermolekularen Vertreter blieben unter der Bestimmungsgrenze. Für den bicyclischen Vertreter der PAK, Naphthalin existiert ein vorläufiger Vorsorgewert, Innenraum-Richtwert I, von 10.000ng/m<sup>3</sup> (Ad hoc-AG, 2013). Dieser wird weit unterschritten. In der Außenluft werden in der Regel nur die höhermolekularen PAK bestimmt und in der Bewertung insbesondere auf das als sehr krebserregend eingestufte Benzo(a)Pyren abgestellt. Dieses lag in Frankfurt, Palmengarten, im Jahresmittel 2015 bei 0,16µg/m<sup>3</sup> (HLNUG Lufthygienischer Jahresbericht 2015). In der Raumluft der Rebstockschule war dies nicht nachweisbar.

**Tab. 5 Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe PAK in der Raumluft und im Hausstaub der Rebstockschule (Mai 2017)**

PAK nach EPA-Liste	Raum 2.24	Turnhalle, Spielfeld	4 Klassenräume	Turnhalle, Spielfeld
	Raumluft ng/m <sup>3</sup>	Raumluft ng/m <sup>3</sup>	Hausstaub mg/kg	Hausstaub mg/kg
Naphthalin	76	100	nn	nn
Acenaphthylen	1,9	3,5	nn	nn
Acenaphthen	5,2	2,8	nn	nn
Fluoren	9,5	5,8	nn	nn
Phenanthren	24	12	0,3	0,3
Anthracen	0,44	0,5	nn	nn
Fluoranthren	3,1	2,7	0,17	0,15
Pyren	1,3	1,4	0,14	0,13
Benzo[a]anthracen	nn	nn	nn	nn
Chrysen	nn	nn	nn	nn
Benzo[b]fluoranthren	nn	nn	nn	nn
Benzo[k]fluoranthren	nn	nn	nn	nn
Benzo[a]pyren	nn	nn	nn	nn
Indeno[123-cd]pyren	nn	nn	nn	nn
Dibenzo[a,h]anthracen	nn	nn	nn	nn
Benzo[ghi]perylen	nn	nn	nn	nn
<b>Summe PAK</b>	<b>121</b>	<b>129</b>	<b>0,6</b>	<b>0,6</b>

EPA-Liste: Liste der Amerikanischen Umweltbehörde EPA

**Pestizide:** Hier kann unterschieden werden zwischen den Organochlorpestiziden, die inzwischen weitgehend verboten sind, und den Organophosphaten und Pyrethroiden, die weiterhin eingesetzt werden. Als Leitsubstanz für die Organochlorpestizide kann DDT angeführt werden, das bereits 1977 in Deutschland verboten wurde. Aber auch weitere Organochlorpestizide wie Aldrin oder Dieldrin sind seit 2004 weltweit verboten. Das früher weitverbreitete Holzschutzmittel Pentachlorphenol wurde bereits 1989 durch die Pentachlorphenol-Verbotsverordnung in Deutschland quasi verboten und kann allenfalls noch in alten Häusern mit behandelten Holzbauteilen angetroffen werden.

Deswegen ist nicht erstaunlich, dass weder in den Raumluft- noch in den Hausstaubproben der Rebstockschule Organochlorpestizide nachweisbar waren. Da in der erst vor wenigen Jahren errichteten Schule keine Schädlingsbekämpfungsmaßnahmen durchgeführt worden waren, war auch nicht mit dem Auftreten der – zur Schädlingsbekämpfung noch zugelassenen – Organophosphate und Pyrethroide zu rechnen. In einer Hausstaub-Probe wurde das als Holz- und Pflanzenschutzmittel zugelassene Propiconazol nachgewiesen (1,1 mg/kg Hausstaub) (Tab. 6). Angesichts der oben dargelegten Ausführungen zur Exposition durch Hausstaub und vor dem Hintergrund des ADI-Wertes (acceptable daily intake) von 0,04 mg/kg Körpergewicht und Tag ist hieraus keinerlei Gefährdung abzuleiten.

## **PAK, Pestizide und Phthalate im Hausstaub – eine Gesundheitsgefahr?**

Immer wieder wird aus einem Stoffnachweis im Hausstaub auf eine Gesundheitsgefahr der Raumnutzer geschlossen. Für kleine, am Boden spielende Kinder, die alles auch vom Boden in den Mund nehmen („mouthing“) kann von einer gewissen Aufnahme an Hausstaub ausgegangen werden. Dies trifft für Schulkinder und Erwachsene nicht zu. Insofern sind Hausstaubuntersuchungen, als „unstandardisierter Passivsammler“ ggf. geeignet, eine Quelle im Raum abzubilden, insbesondere wenn es sich um schwerflüchtige Substanzen handelt, die kaum in die Raumluft gelangen. **Für die Abschätzung der tatsächlichen Exposition der Raumnutzer und somit für eine gesundheitliche Bewertung eignen sich Hausstaubproben – im Gegensatz zu Raumluftuntersuchungen – nicht.**

Die beste Möglichkeit, eine innere Belastung von Kindern oder Erwachsenen festzustellen und zu bewerten, ist die Untersuchung der Stoffe bzw. deren Stoffwechselprodukte im Blut oder Urin von Betroffenen. Sofern geeignete Human-Biomonitoringmethoden vorhanden sind, sollten diese angewandt werden. Im Vergleich mit den toxikologisch abgeleiteten Human-Biomonitoring-Werten der Kommission Human-Biomonitoring kann so eine individuelle Gesundheitsbelastung bewertet werden.

Das Gesundheitsamt Frankfurt hat zahlreiche Human-Biomonitoring-Untersuchungen von Erwachsenen, insbesondere aber auch von Kindern vorgenommen, z.B. auf Pentachlorphenol PCP, Polychlorierte Biphenyle PCB, Pestizide (Organophosphate, Pyrethroide, Organochlorpestizide), polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe PAK, Phthalate etc. In allen Untersuchungen mit paralleler Analyse von Hausstaub (PAK, Pestizide) konnten – auch bei Kindern unter 6 Jahren, die am Boden spielen – keine Zusammenhänge zwischen der äußeren Belastung im Hausstaub und der inneren Belastung der Kinder festgestellt werden. Dies wurde auch in anderen Untersuchungen bestätigt.

Untersuchungen aus Bayerischen Kindertagesstätten zeigen die gleichen Ergebnisse im Hinblick auf Phthalate (Weichmacher). Dort waren Zusammenhänge zwischen der Phthalatbelastung in der Luft und der inneren Belastung der Kinder erkennbar, aber nicht zur Phthalatbelastung im Hausstaub.

### Literatur (Auswahl):

- Fromme H, Lahrz T, Kraft M, Fernbacher L, Dietrich S, Sievering S, Burghardt R, Schuster R, Bolte G, Völkel W. Phthalates in German daycare centers: Occurrence in air and dust and the excretion of their metabolites by children (LUPE 3) *Environment International* 61 (2013) 64–72
- Heudorf U, Angerer J: Metabolites of pyrethroid insecticides in urine specimens: current exposure in an urban population in Germany. *Environmental Health Perspectives* (2001) 109: 213-217.
- Heudorf U, Angerer J: Metabolites of organophosphorous insecticides in urine specimens from inhabitants of a residential area. *Environmental Research* (2001) 86: 80-87.
- Heudorf U, Mersch-Sundermann V, Angerer J. Phthalates: Toxicology and exposure. *Int J Hyg Environ Health* (2007) 210: 623-34.
- Heudorf U, Angerer J: Humanbiomonitoring auf PAK-Metaboliten im Urin von Kindern aus Wohnungen mit PAK-haltigem Parkettkleber – Ergebnisse aus der umweltmedizinischen Sprechstunde des Frankfurter Gesundheitsamtes. *Umweltmed Forsch Prax* (2000) 5: 218-226.
- Kommission „Human-Biomonitoring“ des Umweltbundesamtes Innere Belastung der Allgemeinbevölkerung in Deutschland mit Organophosphaten und Referenzwerte für die Organophosphatmetabolite DMP, DMTP und DEP im Urin. *Bundesgesundheitsbl - Gesundheitsforsch - Gesundheitsschutz* (2003) 46:1107–1111
- Kommission „Human-Biomonitoring“ des Umweltbundesamtes Innere Belastung der Allgemeinbevölkerung in Deutschland mit Pyrethroiden und Referenzwerte für Pyrethroid-Metabolite im Urin. *Bundesgesundheitsbl - Gesundheitsforsch - Gesundheitsschutz* (2005) 48:1187-1193
- Kommission „Human-Biomonitoring“ des Umweltbundesamtes. Stoffmonographie für Phthalate – Neue und aktualisierte Referenzwerte für Monoester und oxidierte Metabolite im Urin von Kindern und Erwachsenen. *Bundesgesundheitsbl - Gesundheitsforsch - Gesundheitsschutz* (2011) 54: 770-785.
- Stahl T, Heudorf U, Moriske J, Mersch-Sundermann V. Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAH) im Innenraum. Quellen, Exposition und gesundheitliche Bewertung. *Bundesgesundheitsbl - Gesundheitsforsch - Gesundheitsschutz*.(2004) 47: 868-881.
- Wittassek M, Neumann P, Angerer J, Heudorf U. Innere Belastung gegenüber Phthalaten bei Einschülern. *Umweltmed Forsch Praxis* (2007) 12, 313.

Tab. 6 Organo-Chlor-Biozide in der Raumluft und im Hausstaub der Rebstockschule (Mai 2017)

Organo-Chlor-Biozide	Raum 2.24, Klasse 4a	Turnhalle, Spielfeld	4 Klassen- räume	Turnhalle, Spielfeld
	Raumluft ng/m <sup>3</sup>	Raumluft ng/m <sup>3</sup>	Hausstaub mg/kg	Hausstaub mg/kg
2,3,4,5-Tetrachlorphenol	<	<	<	<
PCP	<	<	<	<
beta-HCH	<	<	<	<
gamma-HCH (Lindan)	<	<	<	<
delta-HCH	<	<	-	-
Hexachlorbenzol (HCB)	<	<	<	<
Quintozen	<	<	<	<
Chlorthalonil	<	<	<	<
Heptachlor	<	<	<	<
Heptachlorepoxyd	<	<	<	<
Dichlofluanid	<	<	<	<
Tolyfluanid	<	<	<	<
Endosulfan 1+2	<	<	<	<
Endosulfansulfat	<	<	<	<
Aldrin	<	<	<	<
Dieldrin	<	<	<	<
Endrin	<	<	<	<
Endrinaldehyd	<	<	<	<
2,4'-DDE	<	<	<	<
4,4'-DDE	<	<	<	<
2,4'-DDD	<	<	<	<
4,4'-DDD	<	<	<	<
2,4'-DDT	<	<	<	<
4,4'-DDT	<	<	<	<
Summe DDT und Abkömmlinge	<	<	<	<
Chlordan	<	<	<	<
Toxaphen	<	<	<	<
Methoxychlor	<	<	<	<
EULAN WA neu (Wirkstoff: PCSD/PCAD)	<	<	-	-
Furmecycloxyd	<	<	-	-
Propiconazol	<	<	1,1	<
Tebuconazol	<	<	-	-

< unter der Bestimmungsgrenze

**Isocyanate** wurden nicht nachgewiesen (Tab. 8). Isocyanate sind Bestandteile von Zweikomponentenklebern; PURSchäumen etc., die bei der aktuellen Verarbeitung zu deutlichen Geruchs- und Gesundheitsbelastungen führen können und somit für den Verarbeiter ein Problem sein können. Da sie sich sehr rasch verflüchtigen, stellen sie für die Nutzer der Gebäude in der Regel kein Problem dar. Der Gutachter schrieb: „In den Raumluftproben „Raum 2.24“ und Turnhalle konnten keine Isozyanate nachgewiesen werden. Dies ist insoweit nicht überraschend, da uns auch bisher keine positiven Messbefunde zu Isocyanat-Messungen nach einer Anwendung von Isocyanat-haltigen Baumaterialien (z.B. PU-Bauschaum) bekannt geworden sind. Dies liegt nicht zuletzt an der hohen Reaktivität der Isocyanate, die zu einer schnellen hydrolytischen Zersetzung der Isocyanate führen. ...“

**Tab. 7 Organo-Phosphor-Biozide und Pyrethroide in der Raumluft und im Hausstaub der Rebstockschule (Mai 2017)**

	Raum 2.24	Turnhalle. Spielfeld	4 Klassenräume	Turnhalle, Spielfeld
	Raumluft ng/m <sup>3</sup>	Raumluft ng/m <sup>3</sup>	Hausstaub mg/kg	Hausstaub mg/kg
<b>Organo-Phosphor-Biozide</b>				
Phoxim	nn	nn		
Phoxim	nn	nn		
Heptenophos	nn	nn	nn	nn
Propetamphos	nn	nn	nn	nn
Diazinon	nn	nn	nn	nn
Chlorpyrifos-Methyl	nn	nn	nn	nn
Fenchlorphos	nn	nn	nn	nn
Fenitrothion	nn	nn	nn	nn
Malathion	nn	nn	nn	nn
Chlorpyrifos	nn	nn	nn	nn
Parathion-Ethyl	nn	nn	nn	nn
Bromophos-Methyl	nn	nn	nn	nn
Phenthoat	nn	nn	nn	nn
Methidathion	nn	nn	nn	nn
Tetrachlorvinphos	nn	nn	nn	nn
Phosalon	nn	nn		
<b>Pyrethroide:</b>				
Transfluthrin			nn	nn
Allethrin	nn	nn	nn	nn
Resmethrin	nn	nn		
Tetramethrin	nn	nn	nn	nn
Phenothrin	nn	nn	nn	nn
Cyphenothrin	nn	nn	nn	nn
Cyhalothrin	nn	nn	nn	nn
alpha-Cypermethrin	nn	nn	nn	nn
Permethrin	nn	nn	nn	nn
Cyfluthrin	nn	nn	nn	nn
Cypermethrin	nn	nn	nn	nn
Fenvalerat	nn	nn	nn	nn
Deltamethrin	nn	nn	nn	nn
Piperonylbutoxid	nn	nn		
Pyrethrum	nn	nn	nn	nn

nn: nicht nachweisbar

**Tab. 8 Isocyanate in der Raumluft der Rebstockschule (Mai 2017)**

Isocyanate	Raumluft	Raumluft
	Raum 2.24	Turnhalle
	µg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>
Toluol-2,3-diisocyanat (TDI)	<	<
Methylen-diphenyl-diisocyanat (MDI)	<	<
Hexamethylen-diisocyanat (HDI, HMDI)	<	<

< unter der Bestimmungsgrenze

## Weichmacher - Phthalate

Phthalate werden in großem Maßstab als Weichmacher in verschiedenen Anwendungen eingesetzt (Informationen s. Kästchen zu Phthalaten).

In der Rebstockschule wurden bei der Untersuchung auf Phthalate einige der leichterflüchtigen, kurzkettigen Phthalate in der Raumluft und in den Staubproben nachgewiesen, während die schwerflüchtigen längerkettigen Phthalate ausschließlich im Hausstaub nachweisbar waren, nicht in der Raumluft (Tab. 9). Der toxikologisch abgeleitete TDI-Wert (Tolerable tägliche Zufuhr pro kg Körpergewicht) für Diethylhexylphthalat (DEHP) beträgt 50 µg/kg Körpergewicht. Daten des Kinder-Umwelt-Surveys zeigten, dass DEHP zwar häufig in Hausstaubproben gefunden wurden, dass Hausstaub jedoch kein signifikanter Aufnahmepfad für Phthalate ist.

Da keine phthalathaltigen Böden eingebaut sind, vermutet der Gutachter, dass die Phthalatgehalte im Hausstaub möglicherweise durch die Schuhsohlen der Kinder verursacht wurden.

**Tab. 9 Phthalate (Weichmacher) in der Raumluft und im Hausstaub der Rebstockschule (Mai 2017)**

Phthalate	Raum 2.24	Turnhalle, Spielfeld	4 Klasse Räume	Turnhalle Spielfeld
	Raumluft ng/m <sup>3</sup>	Raumluft ng/m <sup>3</sup>	Hausstaub mg/kg	Hausstaub mg/kg
Dimethylphthalat [DMP]	<	<	<	<
Diethylphthalat [DEP]	47	<	<	<
Dipropylphthalat [DPP]	<	<	-	-
Dimethoxyethylphthalat [DMOEP]	<	<	-	-
Di-i-butylphthalat [DiBP]	79	<	20	47
Di-n-butylphthalat [DBP]	<	<	41	46
Di-i-pentylphthalat [DiPP]	<	<	-	-
n-Pentyl-i-Pentylphthalat	<	<	-	-
1,2-Benzoldicarbonsäure-Dipentylester(vl) [DiPeP](vl)	<	<	-	-
Di-n-pentylphthalat [DPeP]	<	<	-	-
Di-i-hexylphthalat [DiHxP]	<	<	-	-
Di-n-hexylphthalat [DHxP]	<	<	-	-
Butylbenzylphthalat [BBzP]	<	<	95	7,1
Di-i-heptylphthalat [DiHpP]	<	<	<	<
Di-n-heptylphthalat [DHpP]	<	<	-	-
Di-2-ethylhexylphthalat [DEHP]	<	<	450	510
Di-2-ethylhexyl-terephthalat [DEHTP]	<	<	800	650
Di-2-propylheptylphthalat [DPHP]			650	310
Di-i-octylphthalat [DiOP]	<	<	<	<
Di-n-octylphthalat [DOP]	<	<	-	-
Di-i-nonylphthalat [DiNP]	<	<	130	1400
Di-n-nonylphthalat [DNP]	<	<	-	-
Di-i-decylphthalat [DiDP]	<	<	12	160
Di-n-decylphthalat [DDP]	<	<	-	-
Di-C7-C11-verzweigte und lineare [DHNUP]	<	<	-	-

< unter der Bestimmungsgrenze; - nicht untersucht/berichtet

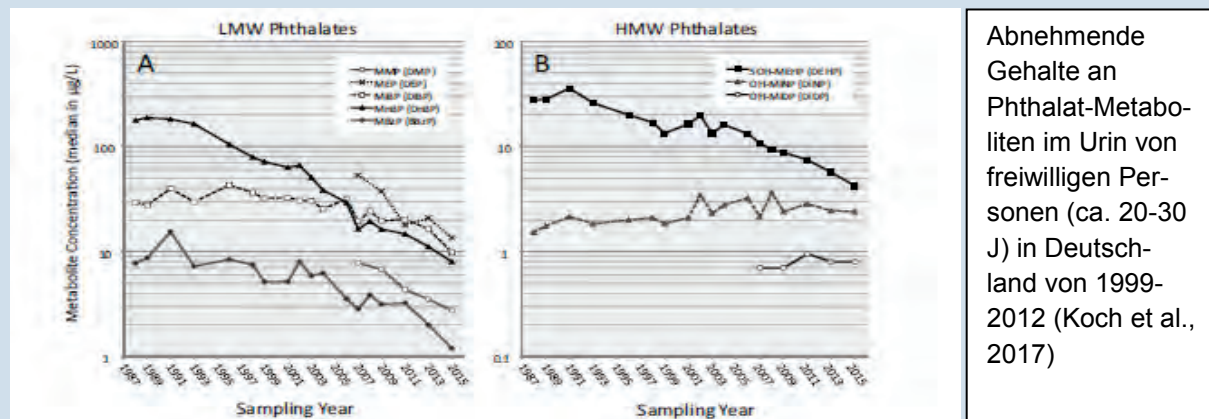


## Hintergrundinformation: Weichmacher – Phthalate

Man unterscheidet grundsätzlich zwischen Phthalaten mit kurzen Alkylseitenketten ('low molecular weight phthalates' (LMW)), und Phthalaten mit langen Alkylseitenketten ('high molecular weight phthalates' (HMW)). Phthalate mit langen Alkylseitenketten (4 bis 10 Kohlenstoffatome (C)) werden als universelle Weichmacher in Kunststoffen (hauptsächlich Polyvinylchlorid – PVC) eingesetzt, während Phthalate mit kurzen Alkylseitenketten (1, 2 oder 4 Kohlenstoffatome) auch oder hauptsächlich außerhalb des Kunststoffsektors als Lösemittel in unterschiedlichsten Bereichen Anwendung finden, in verbrauchernahen Konsumgütern einschließlich Kosmetika und Körperpflegemitteln. Werden phthalathaltige Produkte im Innenraum eingesetzt (Fußböden, Einrichtungs- und Verbrauchsgegenstände) können diese je nach chemischer Struktur und Flüchtigkeit aus diesen freigesetzt werden und in der Atemluft, insbesondere aber in Hausstaubproben nachgewiesen werden.

Phthalate gehören zur Gruppe der sog. endokrinen Disruptoren, d.h. sie greifen in den Hormonhaushalt und insbesondere vor der Geburt in die hormonellen Abläufe der Entwicklung des Kindes ein. Vor diesem Hintergrund wurde in der Europäischen Union die Verwendung bestimmter Phthalate bereits 2005 in Spielzeug und Babyartikeln reguliert und eingeschränkt. In den letzten Jahren zeigte sich, wohl nicht zuletzt aufgrund von Toxizitätseinstufungen, Kennzeichnungspflichten und Verwendungsbeschränkungen/-verboten bestimmter Phthalate eine Änderung des Phthalatverbrauchs, mit einer deutlichen Abnahme des Verbrauchs an DEHP (Diethylhexylphthalat) und einer Zunahme des Verbrauchs an längererkettigen DiDP (Di-iso-decylphthalat).

Aus dem Kinder-Umwelt-Survey ist bekannt, dass Hausstaub, trotz deutlicher Gehalte an DEHP kein signifikanter Aufnahmepfad für Kinder und Heranwachsende ist. Relevante Aufnahmepfade für die Phthalataufnahme beim Menschen sind die Nahrung sowie Kosmetika und Körperpflegemittel. Untersuchungen im Rahmen der Schuleingangsuntersuchungen bei Frankfurter Kindern zeigten im Jahr 2007 eine relativ hohe innere Phthalatbelastung, die toxikologisch abgeleiteten Human-Biomonitoring-Werte wurden nicht von allen Kindern unterschritten. Erfreulicherweise sind aber inzwischen deutlich abnehmende Trends in der Phthalatbelastung der Bevölkerung erkennbar (Koch et al 2017).



Abnehmende Gehalte an Phthalat-Metaboliten im Urin von freiwilligen Personen (ca. 20-30 J) in Deutschland von 1999-2012 (Koch et al., 2017)

### Literatur:

Kommission „Human-Biomonitoring“ des Umweltbundesamtes. Stoffmonographie für Phthalate – Neue und aktualisierte Referenzwerte für Monoester und oxidierte Metabolite im Urin von Kindern und Erwachsenen. Bundesgesundheitsbl - Gesundheitsforsch - Gesundheitsschutz (2011) 54: 770-785.

Deutsche Umweltstudie zur Gesundheit "Kinder-Umwelt-Survey (KUS)" 2003/06: Human-Biomonitoring - Untersuchungen auf Phthalat- und Phenanthrenmetabolite sowie Bisphenol A Heft Umwelt & Gesundheit Nr. 04/2009

Wittassek M, Neumann P, Angerer J, Heudorf U. Innere Belastung gegenüber Phthalaten bei Einschülern. Umweltmed Forsch Praxis (2007) 12, 313.

Koch HM Rüter M, Schütze A, Conrad A, Pälme C, Apel P, Brüning T, Kolossa-Gehring M. Phthalate metabolites in 24-h urine samples of the German Environmental Specimen Bank (ESB) from 1988 to 2015 and a comparison with US NHANES data from 1999 to 2012. Int J Hyg Environ Health (2017) Mar;220(2 Pt A):130-141. doi: 10.1016/j.ijheh.2016.11.003.

## Polychlorierte Biphenyle (PCB), Asbest und künstliche Mineralfasern

Polychlorierte Biphenyle wurden bis Anfang der 1980er Jahre in großem Maßstab eingesetzt, u.a. als Weichmacher in Fugendichtmassen; die Anwendung von PCB ist seit den 1980er Jahren verboten. Asbesthaltige Bauprodukte wurden noch bis in die 1980er Jahre eingesetzt, wobei zwischen Asbestzementprodukten und schwach gebundenen Asbestprodukten (z.B. Spritzasbest) unterschieden wird. Spritzasbeste wurden bevorzugt aus Feuerschutzgründen eingesetzt. Die PCB-Richtlinie zur Bewertung von PCB-Kontaminationen sieht einen Handlungswert von 3000 ng/m<sup>3</sup> und einen Zielwert von 300 ng/m<sup>3</sup> vor. Gemäß Asbestrichtlinie muss nach Sanierungen bei einer Freimessung der Wert von 500 Fasern/ m<sup>3</sup> unterschritten sein. Bereits ab Ende der 1980er Jahre wurden die ersten Asbestsanierungen in Schulen in Frankfurt vorgenommen, in den 1990er Jahren wurden in den Schulen in Frankfurt umfangreiche Asbest- und PCB-Sanierungsmaßnahmen durchgeführt.

Heute haben künstliche Mineralfasern ein breites Einsatzgebiet; sie werden aus verschiedenen anorganischen Ausgangsstoffen (Glas, Basalt, Oxidkeramiken) hergestellt, wobei die Fasern – im Vergleich zu Asbest eine andere Faserstruktur und Biobeständigkeit aufweisen. Mineralfaser-Produkte, die nach 2006 hergestellt und eingebaut wurden, sind aufgrund ihrer chemischen und physikalischen Eigenschaften nicht als krebserregend eingestuft. In der Rebstockschule wurden Mineralfaser-Produkte lediglich im Dach verbaut – ohne Kontakt zu Schulräumen.

Vor diesem Hintergrund war zu erwarten, dass diese verbotenen und vom Markt genommenen Stoffe (Asbest und PCB) sowie Mineralfasern in der Raumluft in der Schule nicht gefunden wurden (Tab. 10 und 11).

**Tab. 10 Polychlorierte Biphenyle PCB in der Raumluft und im Hausstaub der Rebstockschule (Mai 2017)**

PCB – Polychlorierte Biphenyle	Raum 2.24	Turnhalle, Spielfeld	4 Klassen- räume	Turnhalle, Spielfeld
	Raumluft ng/m <sup>3</sup>	Raumluft ng/m <sup>3</sup>	Hausstaub mg/kg	Hausstaub mg/kg
PCB-28	<	<	<	<
PCB-52	<	<	<	<
PCB-101	<	<	<	<
PCB-138	<	<	<	<
PCB-153	<	<	<	<
PCB-180	<	<	<	<
<b>PCB-gesamt</b>	<6	<6	<	<
PCB-118	<	<	-	-

< unter der Nachweisgrenze; - nicht untersucht

**Tab. 11 Asbest- und künstliche Mineralfasern in der Raumluft der Rebstockschule (Mai 2017)**

	Raum 2.03		Spiel feld	
	Faser	Messwerte Faserkonzentration (Fasern/m <sup>3</sup> )	Faser	Messwerte Faserkonzentration (Fasern/m <sup>3</sup> )
Asbestfasern	0	<104	0	<104
Künstliche Mineralfasern (KMF)	0	<104	0	<104
sonstige anorganische Faser	2	208	0	<104
Gips-Fasern	0	<104	0	<104

## Flammschutzmittel

Sowohl Raumluft- als auch Hausstaubproben der Rebstockschule wurden auf Flammschutzmittel untersucht. Die Konzentrationen in der Raumluft lagen im unteren Nanogramm-Bereich, also ca. 100-1000fach unter dem Richtwert I (Vorsorgewert) für Tris-(2-chlorethyl)phosphat. Vereinfachend wurde vorgeschlagen, diese Richtwerte auch für die anderen halogenierten Flammschutzmittel anzuwenden.

Auffällig war der hohe Gehalt an Tris-(2-butoxyethyl)-phosphat [TBEP] in der Hausstaubprobe aus 4 Klassenräumen, in der Raumluft lag die Konzentration bei 8,8 ng/m<sup>3</sup>, sodass nicht von einer relevanten Exposition auszugehen ist. Unabhängig davon wurde nach der Quelle der Hausstaubbelastung gesucht. Da TBEP nicht nur als Flammschutzmittel, sondern auch als Glanzbildner in Bodenpflegemitteln oder als Antirutschmittel bei glatten Bodenbelägen eingesetzt wird, wurde weiter recherchiert. Dabei stellte sich heraus, dass TBEP nicht in den dauerhaft genutzten Putz- und Pflegemitteln enthalten war, wohl aber im Beschichtungsmittel, das im Rahmen der jährlichen Grundreinigung in den Sommerferien 2016 auf die Böden aufgebracht worden war. Im Sinne der Minimierung wurde für die 2017 anstehende Grundreinigung ein TBEP-freies Produkt gewählt.

**Tab. 12 Flammschutzmittel in der Raumluft und im Hausstaub der Rebstockschule (Mai 2017)**

Probenart	Raumluft	Raumluft	Hausstaub	Hausstaub
Probe	Raum 2.24, Klasse 4a	Turnhalle, Spielfeld	4 Klassenräume	Turnhalle, Spielfeld
	ng/m <sup>3</sup>	ng/m <sup>3</sup>	mg/kg	mg/kg
<b>Tris-Phosphatische Flammschutzmittel / Weichmacher</b>				
Tributylphosphat [TBP]	<	<	<	0,19
Tris-(2-chloroethyl)-phosphat [TCEP]	<	<	<	0,18
Tris-(Chlorisopropyl)-phosphat [TCPP]	12	<	2	1,7
Tris-(Dichlorpropyl)-phosphat [TDCPP]	<	<	0,39	0,28
Tris-(2-butoxyethyl)-phosphat [TBEP]	8,8	<	2500	47
Triphenylphosphat [TPP]	7,2	<	1,8	1,3
Tris-(2-ethylhexyl)-phosphat [TEHP]	<	<	5,5	0,78
Di-phenyl-kresyl-phosphat [PKP]	<	<	0,42	0,44
Tri-kresylphosphat [TKP]	<	<	0,7	0,7
Tributylphosphat [TBP]	<	<		
<b>Bromierte Flammschutzmittel</b>				
Hexabrombenzol [HBB]	<	<		
Hexabromcyclododecan [HBCDD] (R)	<	<	0,66	<
Pentabromethylbenzol [PBEB]	<	<		
Tetrabrom-Bisphenol A [TBBPA]	<	<	<	<
Tribrom-phenylallylether [TBPAE]	<	<		

### Flammschutzmittel – Tris(2-chlorethyl)phosphat TCEP- und weitere

TCEP dient zur Minderung der Sprödigkeit von Polyurethanschäumen, z. B. in Möbeln und in der Gebäudeisolierung, sowie zur Herstellung flammwidriger Bauteile in Kraftfahrzeugen oder in Flugzeugen. Ferner wird es speziellen Lacken, Klebern und Anstrichmitteln, in der Folienherstellung und als Sekundärweichmacher für PVC (z. B. in Tapeten) und Polyester zugesetzt. Eine flammhemmende Wirkung erfordert einen TCEP-Anteil von 10–20% im Produkt, bei Weichmachern reicht ein Anteil von etwa bis 5% TCEP aus.

Während für TCEP ausreichende Daten zur Toxizität im Tier und Mensch für eine Richtwertableitung vorlagen und der RW II auf 50 µg/m<sup>3</sup> sowie der RW I auf 5 µg/m<sup>3</sup> festgelegt werden konnte, wird vorgeschlagen, bis zum Vorliegen bewertbarer Daten für die anderen halogenierten Flammschutzmittel vereinfachend die für TCEP genannten Richtwerte auch für die Summe der Konzentrationen von TCEP, TCPP, TBP, TBEP, TEHP und TPP in der Raumluft anzuwenden.

Literatur: Sagunski H, Rosskamp E. Richtwerte für die Innenraumluft: Tris(2-chlorethyl)phosphat. Bundesgesundheitsbl (2002) 45: 300-306.

## Feinstaub

Es wurde auch die Feinstaubbelastung in der Rebstockschule untersucht. Die Ergebnisse der Messungen sind in Tab. 12 zusammengefasst dargestellt. Im Klassenraum unter Nutzung überwiegen die größeren Partikel, und der Feinstaubgehalt liegt bei ca.  $70 \mu\text{g PM}_{10}/\text{m}^3$ . In der durch Nutzer „ungestörten“ Raumluft der Turnhalle liegt der  $\text{PM}_{10}$ -Gehalt in der Raumluft unter  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , also nochmals deutlich unter der  $\text{PM}_{10}$ -Konzentration in der Außenluft. Diese Unterschiede können durch Eintrag und durch Aufwirbelung von Staub durch Kinder in der Klasse, bzw. durch Sedimentation des Staubs ohne Raumnutzung erklärt werden. Ohne Nutzung sind Partikel aller Größenklassen in deutlich geringeren Konzentrationen als in der Außenluft enthalten, unter Nutzung sind insbesondere die größeren Partikel sehr viel häufiger messbar als in der Außenluft. Diese tragen besonders zur hohen Feinstaubbelastung in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  in Klassenräumen bei.

**Tab. 13 Partikel und Feinstaubmessungen in der Rebstockschule am 31.05.2017**

		Partikel	Partikel	Partikel	Partikel	Partikel	Feinstaub-	Feinstaub-
		0,3-0,5 $\mu\text{m}$	0,5-1 $\mu\text{m}$	1-3 $\mu\text{m}$	3-5 $\mu\text{m}$	5-10 $\mu\text{m}$	Gehalt PM 3 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Gehalt PM 10 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
<b>Außenluft</b>		<b>5</b>	<b>2,7</b>	<b>4</b>	<b>4,9</b>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>28</b>
<b>Raumluft unter Nutzung Raum 2.24</b>	1	3,9	2,3	8,1	21,5	84	14	120
	2	3,7	2	7,5	18,8	71	13	103
	3	3,5	1,7	5,8	14,1	53	111	78
	4	3,6	1,7	5,9	14,1	58	11	83
	5	3,4	1,7	5,6	14,1	53	11	7
	6	3,6	1,7	6,2	16,1	58	11	85
	7	3,3	1,6	6,3	15,5	53	11	80
	8	3,3	1,4	4,5	9,4	31	9,2	50
	9	3	1,2	4,5	8,7	27	8,7	44
	10	3,1	1,2	4,3	8,1	27	8,6	43
<b>Mittelwert der Messungen</b>		<b>3,4</b>	<b>1,7</b>	<b>5,9</b>	<b>14,0</b>	<b>51,5</b>	<b>20,9</b>	<b>69,3</b>
<b>Verhältnis Raumluft/Außenluft</b>		<b>0,7</b>	<b>0,6</b>	<b>1,5</b>	<b>2,9</b>	<b>4,3</b>	<b>1,7</b>	<b>2,5</b>
<b>Raumluft keine Nutzung Turnhalle Spielfeld</b>	1	2,9	0,9	1,6	1,1	2,7	5,4	9,2
	2	2,9	0,9	1,6	0,9	2,2	5,5	8,6
	3	2,6	0,8	1,2	0,7	1,3	4,6	6,7
	4	2,8	0,8	1,3	1	2,2	5	8,2
	5	2,7	0,8	1,3	0,8	1,8	4,8	7,4
	6	2,6	0,7	1,3	0,8	1,3	4,6	6,7
	7	2,5	0,7	1,3	0,9	1,8	4,5	7,2
	8	2,5	0,7	1,3	0,7	1,3	4,4	6,5
	9	2,6	0,8	1,3	0,7	1,8	4,6	7,1
	10	2,5	0,7	1,2	0,9	1,8	4,4	7,1
<b>Mittelwert der Messungen</b>		<b>2,7</b>	<b>0,8</b>	<b>1,3</b>	<b>0,9</b>	<b>1,8</b>	<b>4,8</b>	<b>7,5</b>
<b>Verhältnis Raumluft/Außenluft</b>		<b>0,5</b>	<b>0,3</b>	<b>0,3</b>	<b>0,2</b>	<b>0,2</b>	<b>0,4</b>	<b>0,3</b>
<b>Verhältnis Raumluft Nutzung/Nichtnutzung</b>		<b>1,3</b>	<b>2,1</b>	<b>4,4</b>	<b>16,5</b>	<b>28,3</b>	<b>4,4</b>	<b>9,3</b>

Diese Daten bestätigen die Ergebnisse von früheren Messungen des Gesundheitsamtes (s. Kästchen) sowie noch früherer Daten aus Berlin, wonach in Klassenräumen Feinstaubkonzentrationen ( $\text{PM}_{10} \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) wie in Raucherhaushalten auftreten (ca.  $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), deutlich höhere Werte als in Nichtraucherhaushalten, Büros (unter  $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) oder der Außenluft. Da die Feinstaubkonzentrationen bei vermehrter Feuchtreinigung abfielen, wurde in Frankfurt im Jahr 2006 wieder die tägliche Feuchtreinigung der Klassenräume eingeführt. Durch die Reinigung wird der sedimentierte Staub entfernt und steht nicht mehr zur Wiederaufwirbelung am nächsten Tag zur Verfügung.

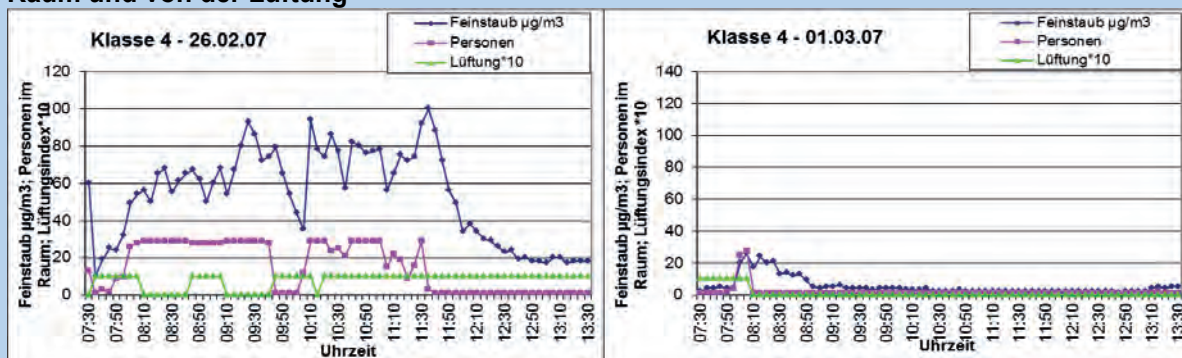
Eine gesundheitliche Bewertung von Feinstaub im Innenraum ist sehr schwierig, da sich der Feinstaub im Innenraum von dem der Außenluft unterscheidet (Partikelgröße und Anzahl, Chemie, etc.). Deswegen hat die Ad-hoc-Arbeitsgruppe Innenraumrichtwerte keine Richtwerte I und II ableiten können, sondern festgestellt: „Solange noch keine gültige Bewertung in Form von Richt- oder Grenzwerten möglich ist, sollte auf die üblichen Maßnahmen zur Verbesserung der Innenraumluftqualität hingewiesen werden. So dürften in vielen Fällen geeignete Lüftungsregime auch zur Minderung der Feinstaubproblematik beitragen. Die Kohlendioxid-Konzentration der Innenraumluft kann hierbei als geeigneter Luftqualitätsindikator für die Lüftungssituation herangezogen werden. Insofern ist auf die Einhaltung der Richtwerte für Kohlendioxid in der Innenraumluft abzustellen.“ (Ad-hoc-Kommission, 2008)

## Feinstaub im Klassenzimmer

Im Zusammenhang mit der Frage der Qualität der Raumluft in Klassenzimmern war im 19. Jahrhundert nicht nur Kohlendioxid als Indikator für die Raumluft etabliert worden (Pettenkofer, 1858; siehe vorne), es wurde auch früh die Staub-Problematik angesprochen. Prausnitz hatte bereits 1891 formuliert: „Es ist vielmehr notwendig, dass die Schulzimmer möglichst oft – am besten täglich – durch nasses Aufwischen von dem Staub und Schmutz gereinigt werden, welchen die Schulkinder jeden Tag in das Schulzimmer hereinbringen. Dieser Schmutz und Staub bildet in trockenem Zustande bei der häufig lebhaften Bewegung der Schulkinder die hauptsächlichste Veranlassung zur Verunreinigung der Luft des Schulzimmers“ (Prausnitz 1891).

Genau diese Aufwirbelung des Staubs durch die Kinder konnte das Gesundheitsamt Frankfurt im Rahmen der Feinstaubmessungen (PM10) zeigen. Die Abbildung zeigt, dass mit Eintreffen der Kinder die Feinstaub-Belastung in der Raumluft steigt und durch Lüften, bzw. nachdem die Kinder den Raum verlassen, wieder absinkt (Klasse 4; 26.02.2007). Am 01.03.2007 traf sich die Klasse kurz im Raum und verließ diesen bald wieder für einen Ausflug; es zeigte sich nur ein geringer Anstieg der Feinstaubbelastung, die rasch wieder absank (Heudorf 2008). Im Rahmen der größeren Untersuchungsserie im Jahr 2006 über jeweils 3 Wochen, zeigte sich, dass die Feinstaubkonzentration in der Raumluft bei täglicher Feuchtreinigung im Vergleich zur zuvor üblichen 2wöchentlichen Feuchtreinigung zu einer Reduktion des Feinstaubgehalts um ca. 20% führte. Infolge dieser Untersuchung führte die Stadt Frankfurt als erste Stadt in Deutschland im Jahr 2006 (wieder) die tägliche Feuchtreinigung der Klassenräume ein. – Ähnliche Verbesserungen – Minderung um ca. 25% - waren später in größeren Untersuchungen in Bayern erhalten worden (Twardella et al., 2009).

### Feinstaub (PM10) im Klassenzimmer in Abhängigkeit von der Anwesenheit der Kinder im Raum und von der Lüftung



Darüber hinaus zeigten die Untersuchungen des Frankfurter Gesundheitsamtes, dass in der Außenluft die sehr kleinen, in der Innenraumluft aber die größeren Partikel vorherrschen.

### Partikel in der Außen- und der Raumluft – Messungen in Frankfurter Klassenräumen (2007)

	Außenluft	Raumluft	Raumluft / Außenluft
Partikel der Größe	n /Liter	n /Liter	Verhältnis n/n
0.3-<05 $\mu\text{m}$ / l	100736	44558	0.4
0.5-< 1 $\mu\text{m}$ / l	7992	4572	0.6
1- < 5 $\mu\text{m}$ / l	2720	3674	1.3
> 5 $\mu\text{m}$ / l	30	506	17

### Literatur

Prausnitz W. Grundzüge der Hygiene, Verlag JF Lehmann, München, 1891, S. 346-347

Heudorf U. Feinstaubbelastung in Schulen – Untersuchungsergebnisse und Lösungsansätze am Beispiel der Stadt Frankfurt am Main. Gesundheitswesen (2008) 70: 231-238

Twardella D, Fromme H, Dietrich S, Dietrich WC. Reduktion der Feinstaubbelastung in Klassenräumen durch verbesserte Reinigung: Ausmaß der Belastung und Ergebnisse einer Pilotstudie in Bayern. Gesundheitswesen (2009) 71: 70-76.

## Schimmel

Wunschgemäß wurden auch Schimmel-Untersuchungen in der Rebstockschule durchgeführt. Üblicherweise wird bei Verdacht auf einen Wasser-, Feuchte- oder Schimmelschaden eine Ortsbegehung vorgenommen und nach möglichen Schäden gesucht. Zeigt sich ein Wasser- oder Feuchteschaden, sollte unmittelbar nach der Ursache gesucht und diese behoben werden. Das Gesundheitsamt verlangt in solchen Fällen – in Übereinstimmung mit dem „Schimmelleitfaden“ des Umweltbundesamtes - sofortige Maßnahmen aus hygienischer Sicht, schon bevor es zu einem Schimmelwachstum kommt. Ist bereits Schimmelwachstum sichtbar, ist die Ursache zu beheben – auch ohne vorherige Untersuchung auf Schimmelpilze.

In der Rebstockschule gibt es derzeit keine Hinweise auf Wasser- oder Feuchteschäden. (Ein Wasserschaden in der Turnhalle Anfang 2016 war im Jahr 2016 umfangreich saniert worden und der Rückbau erst vorgenommen worden, nachdem kein Schimmel mehr nachweisbar gewesen war).

Raumluft aus dem Raum 2.24 und der Turnhalle sowie Außenluft wurden auf verschiedenen Medien auf Schimmelpilzwachstum sowie auf spezialbeschichteten Trägern auf Sporen untersucht.

Mit allen Untersuchungsmethoden lag die Keim- und Sporenbelastung in der Außenluft höher als in der Raumluft. Darüber hinaus waren die Außenluft-typischen Schimmelpilze und Sporen wie *Alternaria*, *Chladosporium* sowie sterile Mycelien oder Hefen in höheren Konzentrationen in der Raumluft (offenbar hereingelüftet) vorhanden als die Außenluft-untypischen Schimmelpilze, die auf eine Innenraumquelle hinweisen können, wie *Aspergillus versicolor* oder *Penicillium*-Arten. Beides spricht gegen eine Schimmelpilzquelle im Raum.

**Tab. 14 Schimmelpilze in der Raumluft in der Rebstockschule am 31.05.2017**

	Raumluft	Raumluft	Außenluft
	Raum 2.24, Klasse 4a	Turnhalle, Spielfeld	Hof
	KBE/m3	KBE/m3	KBE/m3
<b>Untersuchung auf DG 18 Agar (24°C)</b>			
Alternaria		40	
Aspergillus-Arten Summe	10		
darunter A fumigatus	10		
Chladosporium (Gattung)	420	410	100
Penicillium-Arten	10		
darunter P chrysogenum	10		
sterile Kolonien	50	40	140
<b>Summe KBE</b>	<b>490</b>	<b>490</b>	<b>1140</b>
<b>Untersuchung auf Malzagar (37°C)</b>			
Aspergillusarten Summe (incl. A flavus, A fumigatus etc)			
sterile Kolonien	30	90	250
<b>Summe KBE</b>	<b>30</b>	<b>90</b>	<b>250</b>
	Sporen/m3	Sporen/m3	Sporen/m3
<b>Untersuchung auf spezialbeschichtetem Objektträger</b>			
Typ Penicillium /Aspergillus / Wallemia	225	30	135
Typ Chladosporium	2490	1035	9120
Typ Stachybotrys	<	<	<
Typ Helminthosporium	10	5	30
Typ Alternaria	<	<	<
Typ Pithomyces	5	<	<
Typ Torula	5	<	<
Typ Epicoccum	<	5	20
<b>Schimmelpilze gesamt</b>	<b>2735</b>	<b>1075</b>	<b>9305</b>
Typ Basidiomycet / Hefe	7620	8760	27720
Typ Ascomycet	630	480	1230

## Schimmelpilze im Innenraum

Schimmelpilze kommen in der Natur häufig vor. Sie sind an der Zersetzung von organischem Material beteiligt und spielen damit eine wichtige Rolle im Kohlenstoffkreislauf. Schimmelpilzsporen sind daher ein normaler Bestandteil der Außenluft und auch in der Innenraumluft immer vorhanden. Die Konzentration an Schimmelpilzen in der Außenluft ist je nach Ort, Klima, Tages- und Jahreszeit großen Schwankungen unterworfen. Besonders hohe Konzentrationen werden im August/September in der Außenluft erreicht. Schimmelpilze können bei Lüftungsvorgängen aus der Außenluft in den Innenraum gelangen, sie können mit Staub und Schmutz an Kleidung und Schuhen in Gebäude verschleppt werden. Sie können aber auch aus Quellen im Innenraum stammen, z.B. aus Feuchteschäden. Um dies unterscheiden zu können, ist es wichtig, bei Untersuchungen der Innenraumluft parallel eine vergleichende Messung der Außenluft oder in einem Referenzraum durchzuführen.

### Mögliche gesundheitliche Auswirkungen durch Schimmelpilze sind:

**Erhöhtes Risiko für Atemwegserkrankungen** durch Feuchte und Schimmelbefall in Innenräumen sowie erhöhtes Risiko für eine Entwicklung und Verschlimmerung von Asthmasymptomen bei den Raumnutzern.

**Allergische Reaktionen:** Eine der möglichen Reaktionen des Körpers auf eine erhöhte Schimmelpilzkonzentration in der Luft ist das Auftreten von Allergien, die durch das Einatmen von Schimmelpilzen (Sporen oder Myzelbruchstücke) ausgelöst werden können. Die Häufigkeit von Allergien, die durch Schimmelpilze in der Außen- und der Innenraumluft hervorgerufen werden, liegt in der Gesamtbevölkerung zwischen 3 % und 10 % (Kommission „Methoden und Qualitätssicherung in der Umweltmedizin“ 2007)... Zu den allergischen Symptomen, die durch eingeatmete schimmelpilzhaltige Außen- oder Innenraumluft ausgelöst werden können, zählen z.B. Rhinitis (Heuschnupfen-ähnliche Symptome), Asthma und allergische Alveolitis. Rhinitis- und Asthma-Anfälle können innerhalb weniger Minuten nach dem Einatmen von schimmelpilzhaltigen Aerosolen auftreten und gehören damit zur Typ-I-Allergie.

Auch **unspezifische Reizungen der Schleimhäute** der Augen (z. B. Brennen, Tränen), der Nase (Niesreiz, Sekretion und Obstruktion der Nasenhaupthöhlen) und des Rachens (z. B. Trockenheitsgefühl, Räuspern) können durch Schimmel in Innenräumen ausgelöst werden... Es wird vermutet, dass sowohl Bakterienbestandteile (z. B. Endotoxine) als auch Schimmelpilzbestandteile (z. B. 1,3-β-D-Glucan) sowie unterschiedliche, von Schimmelpilzen produzierte Stoffe (MVOC) Schleimhautreizungen auslösen können.

**Geruchsbelästigung:** Schimmelpilze verursachen einen typischen Geruch, der durch die MVOC (Microbial Volatile Organic Compounds) ausgelöst wird. MVOC sind Gemische flüchtiger organischer Verbindungen z. B. Alkohole, Terpene, Ketone, Ester und Aldehyde, die von Schimmelpilzen oder Bakterien gebildet werden. Die Geruchswahrnehmungsschwellen einiger MVOC sind sehr niedrig und liegen im ng/m<sup>3</sup>-Bereich. Akute gesundheitliche Wirkungen der MVOC bei Schimmelbefall sind aufgrund der geringen Konzentrationen nicht zu erwarten.

**Infektionen** durch Schimmelpilze treten ausschließlich bei stark immungeschwächten Patienten auf – z.B. bei Krebspatienten nach Chemotherapie und Transplantationspatienten.

### Literatur:

Umweltbundesamt: Leitfaden zur Vorbeugung, Erfassung und Sanierung von Schimmelbefall in Gebäuden („Schimmelleitfaden“). Umweltbundesamt 2016

Darüber hinaus wurde die Raumluft auf MVOC (Microbial Volatile Organic Compounds) untersucht, Stoffe, die von Schimmelpilzen gebildet und freigesetzt werden können. Allerdings können diese auch aus anderen Materialien ggf. freigesetzt werden. Deswegen wird im „Schimmelleitfaden“ 2016 festgestellt: *„Ein erhöhtes Vorkommen von MVOC in der Innenraumluft kann ein Hinweis auf einen verdeckten Schimmelbefall sein. Da einige der von den Mikroorganismen abgegebenen MVOC auch aus anderen Innenraumquellen stammen können und somit nicht spezifisch für Schimmelwachstum sind, sollte aber alleine aus erhöhten MVOC-Konzentrationen kein direkter Handlungsbedarf für eine Schimmel- oder Feuchtigkeitssanierung abgeleitet werden“.*

In der Rebstockschule wurden in der Turnhalle MVOC aus der Gruppe II > 1µg/m<sup>3</sup> gefunden, also ein „deutlicher Hinweis“ auf eine mögliche mikrobielle Aktivität. Die gefundenen Parameter 2-Hexanon und 2-Heptanon können aber auch aus Materialien stammen. Vor diesem Hintergrund – und angesichts der Tatsache, dass die MVOC der Gruppe I nicht erhöht waren – muss nicht zwingend von einem mikrobiellen Befall ausgegangen werden, er kann aber auch nicht ganz ausgeschlossen werden. Hinweise auf einen Feuchteschaden oder erkennbaren Schimmelbefall ergaben sich nicht.

**Tab. 15 MVOC (Microbial Volatile Organic Compounds) in der Raumluft in der Rebstockschule am 31.05.2017**

	Raumluft	Raumluft
	Raum 2.24, Klasse 4a	Turnhalle, Spielfeld
	µg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>
<b>MVOC I: spezifisch</b>		
2-Pentanol	<	<
1-Octen-3-ol	<	0,23
trans-2-Octen-1-ol	<	<
2-Methylfuran	<	0,13
3-Methylfuran	0,04	0,07
Dimethylsulfid	<	<
Dimethyldisulfid	<	<
Dimethylsulfoxid	<	<
Summe I	0,04	0,43
<b>MVOC II: wesentlich</b>		
1-Decanol	<	0,1
3-Octanol	<	<
3-Octanon	<	na
2-Hexanon	0,19	0,48
2-Heptanon	0,25	0,89
Summe II	0,44	1,47
<b>MVOC III: ergänzend</b>		
2-Methyl-1-butanol	<	<
3-Methyl-1-butanol	0,12	0,13
3-Methyl-2-butanol	n.a.	n.a.
Summe III	0,12	0,13



## Weitere Themen: Fragen zur Bodenbelastung (Altlast), Radioaktivität und zum Trinkwasser

### Zur Frage von Bodenbelastungen / Altlasten

Angesichts der Vornutzung von Arealen des Rebstock-Geländes als Alte Deponie wurde das Regierungspräsidium Darmstadt nach stattgefundenen Messungen oder Sanierungen gefragt. Die Antwort vom 21.04.2017 ist in der Anlage im Original dokumentiert. Das RP Darmstadt teilte mit, dass die alte Hausmülldeponie in den Jahren 2000/2001 soweit möglich ausgehoben wurden, weitere Restbestände wurden 2004 entfernt. Für die Grundwasserhaltung im Rahmen der Baumaßnahmen der Turnhalle wurden weitere Bodenproben untersucht; Hinweise auf Schadstoffe wurden nicht gefunden. Die im Rahmen der Grundwasserhaltung vorgenommenen Untersuchungen zeigten bei MKW Werte zwischen 100 und 300 µg/l, der PAK-Höchstwert lag mit 0,27 µg/l „knapp über dem Geringfügigkeits-schwellenwert von 0,2 µg/l“. Zusammenfassend stufte das Regierungspräsidium die Auffälligkeiten der Grundwasseranalytik als nicht sanierungspflichtig ein (Anlage 14).

### Zur Frage der Radioaktivität infolge der Vornutzung des Geländes

Da in dem Bereich früher ein Forschungsreaktor der Universität stand, wurde das Hessische Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz befragt. Dieses teilte mit, dass in der August Euler-Straße 6 von 1958 bis 1968 ein Reaktor zu Forschungs- und Ausbildungszwecken betrieben worden war. Nach dessen Still-Legung erfolgte zwar eine Genehmigung für einen zweiten Forschungsreaktor; dieser wurde auch errichtet, wobei Anlagenteile aus dem Reaktor 1 übernommen wurden. Der zweite Reaktor ging jedoch nie in Betrieb und Teile des Reaktors wurden nach 1982 abgebaut. 2005 wurde mit dem Rückbau des Reaktors begonnen. Abbaubegleitend sowie nach Beendigung der Abbaumaßnahmen wurden unter Zuziehung von Sachverständigen umfangreiche Messungen auf Radioaktivität an Anlagenteilen, Gebäudestrukturen und dem Anlagengelände durchgeführt. Zusammenfassend teilt das Ministerium mit, dass es für das Gelände aus Sicht des Strahlenschutzes keinerlei Nutzungseinschränkungen gibt und dass von diesem keinerlei Gesundheitsgefahren ausgehen (Anlage 15).

### Trinkwasser

Das Trinkwasser wird bei neu in Betrieb genommenen Schulen oder nach größeren Umbaumaßnahmen an der Trinkwasserinstallation auf verschiedenen Parameter, die sich in der Hausinstallation verändern können untersucht. Dazu gehören mikrobiologische sowie chemische Parameter. Die mikrobiologischen Parameter umfassen coliforme Bakterien, E.-coli, Enterokokken, Standardkeimzahl und die chemischen Parameter Blei, Kupfer, Nickel und den pH-Wert. Dort wo Duschen vorhanden sind, wird bei Inbetriebnahme und im laufenden Betrieb das Trinkwasser in jährlichen Abständen auf Legionellen untersucht. Wird in mehreren aufeinanderfolgenden Jahren der technische Maßnahmenwert der Trinkwasserverordnung von 100 KBE Legionellen /100 ml nicht überschritten, kann die Untersuchungshäufigkeit auf alle 3 Jahre ausgedehnt werden. Eine Nutzungseinschränkung, beispielsweise ein Duschverbot ist bei einer Konzentration von 10.000 KBE/100 ml ausgesprochen werden.

Bei der Grundschule Rebstock ergab die Trinkwasseruntersuchung bisher folgende Ergebnisse: Bei keiner der durchgeführten **mikrobiologischen Trinkwasseruntersuchungen** konnten die Parameter coliforme Bakterien, E.-coli oder Enterokokken nachgewiesen werden. Bei den ersten Untersuchungen wurden erhöhte Standardkeime bei 22° und 36°C festgestellt. Das ist bei Neubauten leider immer wieder der Fall, da vor der Inbetriebnahme, d.h. dem bestimmungsgemäßen Gebrauch die Trinkwasserleitungen nicht ausreichend gespült werden. Die Gesamtkeimzahl ist ein unspezifischer Parameter, die einen allgemeinen Überblick über die Belastung des Wassers mit Keimen geben soll. Sie macht im

Gegensatz zum Nachweis von coliformen Keimen oder E.-Coli keine Aussage über eventuell vorhandene Krankheitserreger, sondern ist beispielsweise ein Hinweis auf stagnierendes Wasser. Auf Grund dieser Befunde wurden entsprechende Maßnahmen (intensive Spülungen und eine chemische Desinfektion des Leitungssystems) eingeleitet. Nach Durchführung dieser Maßnahmen war die Standardkeimzahl in den Nachproben seit November 2014 nicht mehr zu beanstanden.

Nach stets unauffälligen Untersuchungsergebnissen des Warmwassers auf **Legionellen** wurden bei der Probennahme im Dezember 2016 erstmals an zwei Stellen Legionellen gefunden. Die Befunde lagen unter 1.000 KBE/100 ml. Damit handelt es sich um eine mittlere Konzentration, die eine mittelfristige Sanierung (beispielsweise Spülung, thermische Desinfektion, Anhebung der Temperaturen, Umbaumaßnahmen) erforderlich macht. Eine weitere Untersuchung hat innerhalb eines Jahres stattzufinden. Da die Kontamination voraussichtlich auf Grund der Nutzungseinschränkung während des Wasserschadens in der Turnhalle im Jahr 2016 entstanden ist und die Turnhalle derzeit auch nur eingeschränkt genutzt wird, findet derzeit eine intensive Spülung mit anschließender Probennahme statt.

Bei den **chemischen Untersuchungen** kam es zu Beginn der Beprobung zu teilweise hohen Überschreitungen von Nickel, in drei Fällen auch von Blei. Überschreitungen der Parameter Blei, Kupfer und Nickel kommen bei Neuinstallationen häufig vor. Gemäß der Empfehlung des Umweltbundesamtes zur Beurteilung materialbürtiger Kontaminationen im Trinkwasser ist es bei Neuinstallationen akzeptabel, dass nicht sofort alle Anforderungen eingehalten werden. Bei metallenen Werkstoffen wird akzeptiert, dass die Ausbildung einer schützenden Deckschicht bis zu 16 Wochen in Anspruch nimmt. Die Grenzwerte für Blei, Kupfer und Nickel werden mittlerweile eingehalten. Bis dahin wurde die Nutzung des Trinkwassers zum Verzehr erst nach vorherigem Ablaufen lassen zugelassen. Das Trinkwasser der Grundschule Rebstock kann derzeit uneingeschränkt genutzt werden.

# ANLAGEN





Labor für  
**Innenraum-Diagnostik  
und Umweltanalytik**  
Beratung – Analyse – Bewertung  
Laborbetrieb seit 1986

ARGUK-Umweltlabor GmbH, Krebsmühle 1, 61440 Oberursel

**Stadt Frankfurt am Main  
Der Magistrat – Hochbauamt  
Frau Eva Hanf-Dressler  
Gerbermühle 48  
60594 Frankfurt am Main**

<input type="checkbox"/> Schad- und Geruchsstoffe im Innenraum <input type="checkbox"/> Material- und Produktprüfung <input type="checkbox"/> Wasser, Altlasten, Bauschutt (LAGA)					
Stadt Frankfurt am Main Hochbauamt Zertifiziert nach DIN-EN ISO 9001:2008					
Eingegangen am 04. Jan. 2017 Sachverständigenbüro und Labor für chemische und biologische Innenraum- Diagnostik, Innenraum-Schadstoffe und Gerüche					
65.S	65.1	65.2	65.3	65.4	65.PR
65. ....			Mitglied der Arbeitsgemeinschaft Ökologischer Forschungsinstitute (AGÖF)		
Tagebuch Nr. ....					
65	tel.Rü	Ber.	D	AF	

vorab per Email an: [eva.hanf-dressler@stadt-frankfurt.de](mailto:eva.hanf-dressler@stadt-frankfurt.de)

**Zentrale und Labor:**  
Krebsmühle 1, 61440 Oberursel  
Telefon 06171 / 71 817  
Fax 06171 / 71 804  
Email [info@arguk.de](mailto:info@arguk.de)  
Internet [www.arguk.de](http://www.arguk.de)

## Untersuchungsbericht

**Regionalbüro:** Fulda

**Auftragsnummer 8012/2016**

02.01.2017

**Projekt: Grundschule Rebstock**

Sehr geehrte Frau Hanf-Dressler

vielen Dank für Ihren Auftrag. Anbei übersenden wir Ihnen die Ergebnisse der Untersuchung mit unserer Bewertung und den Prüfberichten 2016-8012-1.

### **Zusammenfassung und Handlungsempfehlung:**

Unter den angetroffenen Bedingungen wurde eine hohe Raumluftkonzentration durch Methylmethacrylat im Raum „Spülküche“ festgestellt. Als Ursache sind die Emissionen aus dem eingesetzten Methylmethacrylat-Mörtels anzusehen. Ein forciertes Luftaustausch durch Aktivierung der Lüftungsanlage sollte die Raumluftbelastung in der primär belasteten Spülküche wesentlich verringern. Durch diese Maßnahme ist ebenfalls eine Verringerung der Luftbelastung in den sekundärbelasteten Räumen „Eingangshalle 2.OG“ und „Klassenraum 2.10“ zu erwarten. Die Geruchsschwelle für Methylmethacrylat liegt unserer Erfahrung und Literaturangaben nach in der Größenordnung von 100 bis 400 µg/m<sup>3</sup>. Auch bei einer Geruchsfreiheit des Raumes ist damit noch nicht sichergestellt, dass der in Anlehnung an das Landesgesundheitsamt Hamburg vorgeschlagene Zielwert von 100 µg/m<sup>3</sup> unterschritten wird.

Mit freundlichen Grüßen

Dr. Wigbert Maraun  
Dipl.-Chem.

Sofern mit dem Auftraggeber nicht anders vereinbart, werden bei der Analyse nicht verwendete Anteile von Proben für drei Monate nach Ausgang des Untersuchungsberichtes zurückgestellt. Nach Ablauf der Rückstellfrist werden Probenreste entweder von uns ordnungsgemäß entsorgt oder bei als Sonderabfall zu behandelnden Proben an den Auftraggeber auf dessen Kosten zurückgesandt. Es gelten die Allgemeinen Geschäftsbedingungen der ARGUK-Umweltlabor GmbH, einsehbar auf unserer Internet-Seite [www.arguk.de](http://www.arguk.de).



Bericht 8012/2016

02.01.2017

Seite 1

## Gutachterliche Bewertung

**Auftraggeber:** Stadt Frankfurt am Main  
Der Magistrat – Hochbauamt  
Gerbermühle 48  
60594 Frankfurt am Main

**Durchführung:** Dr. Wigbert Maraun, Dipl.-Chem.,  
Ortsbegehung und Geruchsprüfung 22.12.2016

**Objekt:** Grundschule Rebstock  
Leonardo-da-Vinci-Allee 11  
60486 Frankfurt am Main

### Untersuchungsauftrag

Durchführung von Raumluf-Untersuchungen zur Feststellung der Innenraum-Belastung durch Methylmethacrylat.

### Ortsbeschreibung:

Bei dem betreffenden Gebäude handelt es sich um ein Schulgebäude. In der Spülküche waren nach Aussage zuvor Arbeiten im Bodenbereich unter Einsatz eines Mörtels auf Basis von Methylmethacrylat vorgenommen worden.

### Vorgehensweise:

In der Spülküche, der Eingangshalle im 2. OG und dem Klassenraum 2.10 erfolgte eine Beprobung der Raumluf zur Untersuchung auf Methylmethacrylat.

### Allgemeiner Hinweis:

Bei der Interpretation der Messwerte zu einer entnommenen Raumlufprobe ist der angetroffene Lüftungszustand zu beachten. Im Regelfall erfolgt die Probenahme in einem ungelüfteten Raum unter sog. *worst case*-Bedingung. Bei einem nutzungsüblichen Zustand des Raumes mit stärkerer Lüftung werden sich, in Abhängigkeit von dem Luftwechsel, geringere Konzentrationen ergeben können.



## Einleitung:

Zur Beurteilung von Raumluft-Konzentrationen in einem Innenraum existieren nur für wenige Substanzen Innenraum-Richtwerte. Deshalb wird ergänzend und hilfsweise auf statistisch für Wohn-Innenräume abgeleitete Orientierungswerte der Arbeitsgemeinschaft Ökologischer Forschungsinstitute (AGÖF-Orientierungswerte) zurückgegriffen. Vergleichbare Orientierungswerte sind in der Literatur genannt (Schleibinger 2002). Diese Werte sind nicht toxikologisch begründet, sondern statistisch aus der Untersuchung von ca. 2000 Luftproben abgeleitet. Es lassen sich damit technisch erreichbare Ziele bzw. Auffälligkeiten beschreiben. Die Orientierungswerte können auch unter dem Aspekt der Gesundheitsvorsorge verstanden werden, soweit toxikologische Informationen zu den jeweiligen Substanzen vorliegen. Sie bedeuten **keine Grenz- oder Richtwerte**. Das Auslösen gesundheitlicher Beschwerden kann auch bei einer Überschreitung der Orientierungswerte damit nicht ohne weiteres in Zusammenhang gebracht werden. Dies ist im Einzelfall gesondert zu beurteilen.

Für Schulräume und Funktionsräume in Schulgebäuden wie hier vorliegend existieren keine eigenständigen Innenraum-Richtwerte. Die Arbeitsplatzgrenzwerte AGW für den gewerblich-industriellen Bereich können für derartige Räume nicht zu Grunde gelegt werden, da es sich auch in der Spülküche nicht um einen zielgerichteten Umgang mit Gefahrstoffen handelt.

Nach der DIN EN ISO 16000-1 gehören zu den Innenräumen u.a. auch Arbeitsräume und Arbeitsplätze in Gebäuden, die nicht gefahrstoffrechtlichen Regelungen unterliegen. Dazu hat das Umweltbundesamt in seiner Bekanntmachung „Ermittlung und Beurteilung chemischer Verunreinigungen der Luft von Innenraumarbeitsplätzen (ohne Tätigkeit mit Gefahrstoffen)“ als Gemeinsame Mitteilung der Arbeitsgruppe Luftanalysen der ständigen Senatskommission zur Prüfung gesundheitsschädlicher Arbeitsstoffe der Deutschen Forschungsgemeinschaft und der Ad-hoc-Arbeitsgruppe Innenraumrichtwerte der Kommission Innenraumlufthygiene und der Obersten Landesgesundheitsbehörden umfangreiche Ausführungen dargelegt.

(Bundesgesundheitsbl 2016.57:1002-1018 DOI 10.1007/s00103-014-2004-6)

## 1. Methylmethacrylat in der Raumluft

In der Raumluftprobe „Klassenraum 2.10“ (s. Prüfbericht 2016-8012-1) wird ein Gehalt an Methylmethacrylat von 34 Mikrogramm/m<sup>3</sup> (µg/m<sup>3</sup>) festgestellt. Die Raumluftprobe des Raumes „Eingangshalle 2.OG“ weist einen Gehalt von 510 µg/m<sup>3</sup> auf. Im Raum „Spülküche“ wird mit einem Gehalt von 2000 µg/m<sup>3</sup> die höchste Konzentration erhalten.

Für flüchtige organische Verbindungen existieren bislang nur wenige Richtwerte für die Raumluft nicht-gewerblicher Innenräume der Ad-hoc-Arbeitsgruppe Innenraumrichtwerte der IRK / AOLG beim Umweltbundesamt, jetzt: Ausschuss für Innenraum-Richtwerte (AIR). Ein Innenraum-Richtwert für Methylmethacrylat wurde bisher noch nicht festgelegt.



Die Ad-hoc-Arbeitsgruppe Innenraumrichtwerte der IRK / AOLG beim Umweltbundesamt (jetzt: Ausschuss für Innenraum-Richtwerte) hat für die TVOC-Beurteilung Empfehlungen abgegeben (Ad-hoc-Arbeitsgruppe Innenraumrichtwerte der Innenraumlufthygiene-Kommission des Umweltbundesamtes und der Obersten Landesgesundheitsbehörden: Beurteilung von Innenraumluftkontaminationen mittels Referenz- und Richtwerten, Bundesgesundheitsbl – Gesundheitsforsch – Gesundheitsschutz 2007 50:990-1005)

Stufe	Konzentrationsbereich $[\mu\text{g}/\text{m}^3]$	Hygienische Bewertung	Empfehlungen
1	weniger als 300	hygienisch unbedenklich, i.d.R. keine Beschwerden	keine weiteren Maßnahmen
2	300 bis 1000	Hygienisch noch unbedenklich, soweit keine Richtwertüberschreitungen für Einzelstoffe, in Einzelfällen Beschwerden oder Geruchswahrnehmungen	Ausreichend Lüften VOC-Quellen ermitteln Nachmessungen zur Kontrolle von Richtwertüberschreitungen unter Nutzungsbedingungen
3	1000 bis 3000	Hygienisch auffällig nur befristete Nutzung (< 12 Monate) Innerhalb von ca. 6 Monaten sollten TVOC-Werte deutlich unter den Anfangswert liegen; Fälle von Beschwerden oder Geruchswahrnehmungen	Richtwertüberschreitungen umgehend durch Nachmessung unter Nutzungsbedingung überprüfen Auffällige Referenzwertüberschreitungen auf gesundheitliche Relevanz überprüfen Quellensuche und intensives Lüften Kontrollmessung nach 1 Monat unter Nutzungsbedingungen
4	3000 bis 10000	Hygienisch bedenklich nur befristete Nutzung (< 1 Monat) TVOC-Konzentration innerhalb eines Monats unter $3000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ absenken; Fälle mit Häufung von Beschwerden oder Geruchswahrnehmungen	Richtwertüberschreitungen umgehend durch Nachmessung unter Nutzungsbedingung überprüfen Auffällige Referenzwertüberschreitungen auf gesundheitliche Relevanz überprüfen. Toxikologische Bewertung von Einzelstoffen o. Stoffgruppen erforderlich Quellensuche, intensiv lüften, Nutzungsbedingungen festlegen, Aufenthalt nur mit zeitlicher Beschränkung durch Gesundheitsamt Kontrollmessungen nach ca. 1 Monat (unter Nutzungsbedingungen) Sanierungsmaßnahmen, falls TVOC-Wert nach 1 Monat über $3000 \mu\text{g}/\text{m}^3$
5	10000 bis 25000	Hygienisch inakzeptabel Raumnutzung möglichst vermeiden; In der Regel Beschwerden und Geruchswahrnehmungen	Richtwertüberschreitungen umgehend durch Nachmessung unter Nutzungsbedingung überprüfen Auffällige Referenzwertüberschreitungen auf gesundheitliche Relevanz überprüfen. Toxikologische Bewertung von Einzelstoffen o. Stoffgruppen erforderlich Quellensuche, intensiv lüften, Nutzungsbedingungen festlegen, Aufenthalt nur mit zeitlicher Beschränkung durch Gesundheitsamt Kontrollmessungen nach ca. 1 Monat (unter Nutzungsbedingungen) Sanierungsmaßnahmen, falls TVOC-Wert nach 1 Monat über $3000 \mu\text{g}/\text{m}^3$

Allein ein Gehalt an Methylmethacrylat von  $2000 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ist in die Stufe 3: **Hygienisch auffällig** einzuordnen. Daraus ergibt sich eine nur eingeschränkte Nutzung mit der Vorgabe, die Belastung möglichst bald abzusenken.





Bericht 8012/2016

02.01.2017

Seite 4

Hilfsweise kann zur Einschätzung der vorgefundenen Raumlufkonzentration auf die vorläufigen Richtwerte für nicht-gewerblich genutzte Räume der Behörde für Umwelt und Gesundheit der Stadt Hamburg zurückgegriffen werden (zwischenzeitlich nicht mehr publiziert):

Substanz	RW II [µg/m³]	RW I [µg/m³]	Klassenraum 2.10 [µg/m³]	Eingangshalle 2.OG [µg/m³]	Spülküche [µg/m³]
Methylmethacrylat	1000	100	34	510	2000

&lt;: weniger als (Bestimmungsgrenze)

RW II: Gefahrenwert/Einschreiwert

Messwerte gerundet

RW I: Vorsorgewert

Damit liegt für den Raum „Spülküche“ eine Überschreitung des vorläufigen Innenraum-Richtwertes RW II als Gefahrenwert vor. Die Raumlufkonzentration des Raumes „Eingangshalle 2.OG“ überschreitet den vorläufigen Innenraum-Richtwert RW I als Vorsorgewert. Im Raum „Klassenraum 2.10“ sind keine Überschreitungen der vorläufigen Innenraum-Richtwerte festzustellen.

## 2. Handlungsempfehlung

Unter den angetroffenen Bedingungen wurde eine hohe Raumlufkonzentration durch Methylmethacrylat im Raum „Spülküche“ festgestellt. Als Ursache sind die Emissionen aus dem eingesetzten Methylmethacrylat-Mörtel anzusehen. Ein forcierter Luftaustausch durch Aktivierung der Lüftungsanlage sollte die Raumlufbelastung in der primär belasteten Spülküche wesentlich verringern. Durch diese Maßnahme ist ebenfalls eine Verringerung der Luftbelastung in den sekundärbelasteten Räumlichkeiten „Eingangshalle 2.OG“ und „Klassenraum 2.10“ zu erwarten. Die Geruchsschwelle für Methylmethacrylat liegt unserer Erfahrung und Literaturangaben nach in der Größenordnung von 100 bis 400 µg/m³. Auch bei einer Geruchsfreiheit des Raumes ist damit noch nicht sichergestellt, dass der in Anlehnung an das Landesgesundheitsamt Hamburg vorgeschlagene Zielwert von 100 µg/m³ unterschritten wird.

Weitergehende Informationen zu Methylmethacrylat finden sich unter:

<https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/515/dokumente/mma.pdf>

Zur Beurteilung möglicher gesundheitlicher Beschwerden wenden Sie sich jedoch bitte an die Umwelthygiene-Abteilung des Gesundheitsamtes oder an einen umweltmedizinisch erfahrenen Arzt. Eine gesundheitliche Gefährdung kann unmittelbar aus den Untersuchungsbefunden nicht abgeleitet werden, hierzu bedarf es der Kenntnis über die betroffenen Personen, den Expositionspfad, die aufgenommenen Schadstoffmengen u. a. Faktoren.

Oberursel, 02.01.2017

ARGUK-Umweltlabor GmbH

Dr. Wigbert Maraun

Dipl.-Chem.

*von der IHK Frankfurt am Main öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger  
für Geruchsbelastungen und Schadstoffe in Innenräumen*

Sofern mit dem Auftraggeber nicht anders vereinbart, werden bei der Analyse nicht verwendete Anteile von Proben für drei Monate nach Ausgang des Untersuchungsberichtes zurückgestellt. Nach Ablauf der Rückstellfrist werden Probenreste entweder von uns ordnungsgemäß entsorgt oder bei als Sonderabfall zu behandelnden Proben an den Auftraggeber auf dessen Kosten zurückgesandt. Es gelten die Allgemeinen Geschäftsbedingungen der ARGUK-Umweltlabor GmbH, einsehbar auf unserer Internet-Seite [www.arguk.de](http://www.arguk.de).



## PRÜFBERICHT 2016-8012-1

Seite 1 von 1

Auftraggeber	Probenahme	Probeneingang	Prüfgut	Prüfauftrag
Stadt Frankfurt am Main Der Magistrat – Hochbauamt Gerbermühle 48 60594 Frankfurt am Main	durch Sachverständigen Dr. Wigbert Maraun, Dipl.-Chem.	22.12.2016	Raumluft auf Aktivkohle - Sammler	Methylmethacrylat

Projekt	Probenahmedatum	Raum	mittl. Temperatur	mittl. rel. Luftfeuchte
Grundschule Rebstock Leonardo-da-Vinci-Allee 11 60486 Frankfurt am Main	22.12.2016	-1: Klassenraum 2.10 -2: Eingangshalle 2.OG -3: Spülküche	-1: 18°C -2: 19°C -3: 20°C	-1: 31% -2: 30% -3: 27%

Prüfverfahren
<b>ARGUK 10106: Untersuchung von Raumluft auf Flüchtige Organische Verbindungen / Volatile Organic Compounds (VOC) [Aktive Probenahme]</b> Nach Probenahme auf Aktivkohle nach VDI 2100, Bl. 2. Standardsammelvolumen 50 L für unpolare VOC (nVOC), 100 L für polare VOC (pVOC). Desorption mit Schwefelkohlenstoff / Methanol für unpolare VOC (nVOC), Desorption mit Dichlormethan / Methanol für polare VOC (pVOC). Analyse mittels Kapillargaschromatographie und Massenspektrometrie (GC/MS). Kalibration und Gehaltsbestimmung über externe Standards.

Prüfergebnis							
	Probenart Probe	Raumluft Klassenraum 2.10	Raumluft Eingangshalle 2.OG	Raumluft Spülküche	AGÖF* AW (P90)	Desor- bens	BG µg/m³
	Labor-Nr.	801216-1	801216-2	801216-3	IRK** RWI		
<b>Carbonsäureester</b>							
Methylmethacrylat	80-62-6	34	510	2000	< 1,5*	DCM	1

Konzentrationen in Mikrogramm/m³; nn: nicht nachweisbar; <: weniger als Bestimmungsgrenze BG bei Sammelvolumen 100L

Legende siehe Berichtsende; \* / \*\*: Orientierungswerte für Raumluft: siehe Bewertungsgrundlagen

Konzentrationen in Mikrogramm/m³; nn: nicht nachweisbar, <: weniger als Bestimmungsgrenze BG bei Sammelvolumen 100L

Kein Messwerteintrag: laut Auftrag nicht analysiert Verfahrensfehler +/- 10%; nb: nicht bestimmt

\*\* Überlagerung möglich

nVOC: nonpolar Volatile Organic Compounds

pVOC: polar Volatile Organic Compounds

Desorbens: DCM: Dichlormethan/Methanol

CS2: CS<sub>2</sub>/Methanol; HS Headspace (vVOC)

Oberursel, 02.01.2017

ARGUK-Umweltlabor GmbH

Dr. Wigbert Maraun  
Dipl.-Chem.

Auszüge des Berichts dürfen nur mit schriftlicher Genehmigung des Prüflaboratoriums veröffentlicht oder vervielfältigt werden, vollständige Kopien sind gestattet. Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf den untersuchten Prüfgegenstand. Elektronisch übermittelte Untersuchungsbefunde dienen, da veränderbar, lediglich der Vorab-Information. Maßgeblich sind die handschriftlich unterschriebenen Prüfberichte. **Ende des Prüfberichts.**



### **Bewertungsgrundlagen:**

Zur Beurteilung einer Schadstoffbelastung in der Raumluft existieren bis auf wenige Ausnahmen keine Grenz- oder Richtwerte. Soweit vorhanden erfolgt die Bewertung nach den toxikologisch begründeten Richtwerten des Ausschuss für Innenraumschadstoffe im Umweltbundesamt. Darüber hinaus wird auf statistisch abgeleitete Orientierungswerte der Arbeitsgemeinschaft ökologischer Forschungsinstitut e.V. (*AGÖF-Auffälligkeitswerte*) zurückgegriffen, die nicht toxikologisch hergeleitet, sondern unter dem Aspekt der Gesundheitsvorsorge zu verstehen sind. Sie bedeuten keine Grenz- oder Richtwerte. Sie beziehen sich auf Raumluftproben, die i.d.R. in einem mehrstündig ungelüfteten Raum entnommen wurden.

Das Auftreten gesundheitlicher Beschwerden kann mit einer Überschreitung des AGÖF-Orientierungswertes nicht ohne weiteres in Zusammenhang gebracht werden.

### **AGÖF-Orientierungswerte:**

Arbeitsgemeinschaft Ökologischer Forschungsinstitute (2013): AGÖF-Orientierungswerte für Inhaltsstoffe von Raumluft und Hausstaub, in: AGÖF - Arbeitsgemeinschaft Ökologischer Forschungsinstitute (Hrsg.): Umwelt, Gebäude & Gesundheit, 10. Fachkongress 2013, Nürnberg, S. 8-36

Die „AGÖF-Orientierungswerte“ basieren auf statistischer Ableitung und umfassen „Hintergrund-, Normal- und Auffälligkeitswerte.“ Als Hintergrundwert wird dabei das 10-Perzentil der Messwertverteilung verwendet, als Normalwert das 50-Perzentil und als Auffälligkeitswert das 90-Perzentil.

Der „**Hintergrundwert**“ beschreibt einen Zustand, der durch konsequente Vermeidung von Emissionsquellen erreichbar und deswegen grundsätzlich anzustreben ist. Diese Hintergrundwerte liegen vielfach kleiner gleich der Nachweisgrenze der angewandten Methoden.

NW: Der „**Normalwert**“ stellt die durchschnittliche Belastungssituation des betrachteten Kollektivs dar, die im Allgemeinen auf Quellen im Innenraum zurückgeht. Bei diesen Werten können zwar Innenraumquellen angenommen werden, ein Handlungsbedarf lässt sich daraus üblicherweise jedoch nicht ableiten.

AW: Der „**Auffälligkeitswert**“ beschreibt eine Überschreitung von in Innenräumen üblichen Konzentrationen und legt das Vorhandensein einer Schadstoffquelle nahe. Je nach Konzentration und Eigenschaften der auffälligen Substanz sind weitere Untersuchungen zur Identifizierung der Quelle angezeigt. Unter Umständen ist eine Sanierung zu empfehlen.

**Stadt Frankfurt am Main  
Der Magistrat – Hochbauamt  
Frau Eva Hanf-Dressler  
Gerbermühle 48  
60594 Frankfurt am Main**

vorab per Email an: [eva.hanf-dressler@stadt-frankfurt.de](mailto:eva.hanf-dressler@stadt-frankfurt.de)

## **Untersuchungsbericht**

**Auftragsnummer 8023/2016**

02.01.2017

**Projekt: Grundschule Rebstock**

Sehr geehrte Frau Hanf-Dressler

vielen Dank für Ihren Auftrag. Anbei übersenden wir Ihnen die Ergebnisse der Untersuchung mit unserer Bewertung und den Prüfberichten 2016-8023-1.

### **Zusammenfassung und Handlungsempfehlung:**

Unter den angetroffenen Bedingungen wurden keine erhöhten Raumlufkonzentrationen durch Methylmethacrylat in den Räumen „Eingangshalle 2.OG“, „Spülküche“ und „Küche“ festgestellt. Unter den angetroffenen Bedingungen ist kein Anlass zu einer Nutzungseinschränkung der Räumlichkeiten gegeben.

Mit freundlichen Grüßen

Dr. Wigbert Maraun  
Dipl.-Chem.

Sofern mit dem Auftraggeber nicht anders vereinbart, werden bei der Analyse nicht verwendete Anteile von Proben für drei Monate nach Ausgang des Untersuchungsberichtes zurückgestellt. Nach Ablauf der Rückstellfrist werden Probenreste entweder von uns ordnungsgemäß entsorgt oder bei als Sonderabfall zu behandelnden Proben an den Auftraggeber auf dessen Kosten zurückgesandt. Es gelten die Allgemeinen Geschäftsbedingungen der ARGUK-Umweltlabor GmbH, einsehbar auf unserer Internet-Seite [www.arguk.de](http://www.arguk.de).



## **Gutachterliche Bewertung**

**Auftraggeber:** **Stadt Frankfurt am Main**  
**Der Magistrat – Hochbauamt**  
**Gerbermühle 48**  
**60594 Frankfurt am Main**

**Durchführung:** Dr. Wigbert Maraun, Dipl.-Chem.,  
Ortsbegehung und Geruchsprüfung 02.01.2017

**Objekt:** **Grundschule Rebstock**  
**Leonardo-da-Vinci-Allee 11**  
**60486 Frankfurt am Main**

### **Untersuchungsauftrag**

Durchführung von drei Raumluf-Untersuchungen zur Feststellung der Innenraum-Belastung durch Methylmethacrylat.

### **Ortsbeschreibung:**

Bei dem betreffenden Gebäude handelt es sich um ein Schulgebäude. In der Spülküche waren nach Aussage zuvor Arbeiten im Bodenbereich unter Einsatz eines Mörtels auf Basis von Methylmethacrylat vorgenommen worden.

### **Vorgehensweise:**

In der Spülküche, der Küche und der Eingangshalle im 2. OG erfolgte eine Beprobung der Raumluf zur Untersuchung auf Methylmethacrylat. Nach vorangegangenen Messungen wurde durch Aktivierung der Lüftungsanlage eine dauerhafte Lüftung der Räumlichkeiten erzielt. Die Probenahmen haben nutzungsüblich bei aktivierter Lüftungsanlage stattgefunden.

### **Allgemeiner Hinweis:**

Bei der Interpretation der Messwerte zu einer entnommenen Raumlufprobe ist der angetroffene Lüftungszustand zu beachten. Im Regelfall erfolgt die Probenahme in einem ungelüfteten Raum unter sog. *worst case*-Bedingung. Bei einem nutzungsüblichen Zustand des Raumes mit stärkerer Lüftung werden sich, in Abhängigkeit von dem Luftwechsel, geringere Konzentrationen ergeben können.



## Einleitung:

Zur Beurteilung von Raumluft-Konzentrationen in einem Innenraum existieren nur für wenige Substanzen Innenraum-Richtwerte. Deshalb wird ergänzend und hilfsweise auf statistisch für Wohn-Innenräume abgeleitete Orientierungswerte der Arbeitsgemeinschaft Ökologischer Forschungsinstitute (AGÖF-*Orientierungswerte*) zurückgegriffen. Vergleichbare Orientierungswerte sind in der Literatur genannt (Schleibinger 2002). Diese Werte sind nicht toxikologisch begründet, sondern statistisch aus der Untersuchung von ca. 2000 Luftproben abgeleitet. Es lassen sich damit technisch erreichbare Ziele bzw. Auffälligkeiten beschreiben. Die Orientierungswerte können auch unter dem Aspekt der Gesundheitsvorsorge verstanden werden, soweit toxikologische Informationen zu den jeweiligen Substanzen vorliegen. Sie bedeuten **keine Grenz- oder Richtwerte**. Das Auslösen gesundheitlicher Beschwerden kann auch bei einer Überschreitung der Orientierungswerte damit nicht ohne weiteres in Zusammenhang gebracht werden. Dies ist im Einzelfall gesondert zu beurteilen.

Für Schulräume und Funktionsräume im Schulgebäude wie hier vorliegend existieren keine eigenständigen Innenraum-Richtwerte. Die Arbeitsplatzgrenzwerte AGW für den gewerblich-industriellen Bereich können für derartige Räume nicht zu Grunde gelegt werden, da es sich hierbei nicht um einen zielgerichteten Umgang mit Gefahrstoffen handelt.

Nach der DIN EN ISO 16000-1 gehören zu den Innenräumen u.a. auch Arbeitsräume und Arbeitsplätze in Gebäuden, die nicht gefahrstoffrechtlichen Regelungen unterliegen. Dazu hat das Umweltbundesamt in seiner Bekanntmachung „Ermittlung und Beurteilung chemischer Verunreinigungen der Luft von Innenraumarbeitsplätzen (ohne Tätigkeit mit Gefahrstoffen)“ als Gemeinsame Mitteilung der Arbeitsgruppe Luftanalysen der Ständigen Senatskommission zur Prüfung gesundheitsschädlicher Arbeitsstoffe der Deutschen Forschungsgemeinschaft und der Ad-hoc-Arbeitsgruppe Innenraumrichtwerte der Kommission Innenraumlufthygiene und der Obersten Landesgesundheitsbehörden umfangreiche Ausführungen dargelegt.

(Bundesgesundheitsbl 2016.57:1002-1018 DOI 10.1007/s00103-014-2004-6)

## 1. Methylmethacrylat in der Raumluft

In den Raumluftproben „Eingangshalle 2.OG“, „Spülküche“ und „Küche“ (s. Prüfbericht 2016-8023-1) wurden ein Gehalte an Methylmethacrylat zwischen 20 und 78 Mikrogramm/m<sup>3</sup> (µg/m<sup>3</sup>) festgestellt. Die Luftprobe des Raumes „Spülküche“ weist mit einem Gehalt von 78 µg/m<sup>3</sup> die höchste Konzentration auf.

Für flüchtige organische Verbindungen existieren bislang nur wenige Richtwerte für die Raumluft nicht-gewerblicher Innenräume der Ad-hoc-Arbeitsgruppe Innenraumrichtwerte der IRK / AOLG beim Umweltbundesamt, jetzt: Ausschuss für Innenraum-Richtwerte (AIR). Ein Innenraum-Richtwert für Methylmethacrylat wurde bisher noch nicht festgelegt.



Die Ad-hoc-Arbeitsgruppe Innenraumrichtwerte der IRK / AOLG beim Umweltbundesamt (jetzt: Ausschuss für Innenraum-Richtwerte) hat für die TVOC-Beurteilung Empfehlungen abgegeben (Ad-hoc-Arbeitsgruppe Innenraumrichtwerte der Innenraumlufthygiene-Kommission des Umweltbundesamtes und der Obersten Landesgesundheitsbehörden: Beurteilung von Innenraumluftkontaminationen mittels Referenz- und Richtwerten, Bundesgesundheitsbl – Gesundheitsforsch – Gesundheitsschutz 2007 50:990-1005)

Stufe	Konzentrationsbereich [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	Hygienische Bewertung	Empfehlungen
1	weniger als 300	<b>hygienisch unbedenklich</b> , i.d.R. keine Beschwerden	keine weiteren Maßnahmen
2	300 bis 1000	<b>Hygienisch noch unbedenklich</b> , soweit keine Richtwertüberschreitungen für Einzelstoffe, in Einzelfällen Beschwerden oder Geruchswahrnehmungen	Ausreichend Lüften VOC-Quellen ermitteln Nachmessungen zur Kontrolle von Richtwertüberschreitungen unter Nutzungsbedingungen
3	1000 bis 3000	<b>Hygienisch auffällig</b> nur befristete Nutzung (< 12 Monate) Innerhalb von ca. 6 Monaten sollten TVOC-Werte deutlich unter den Anfangswert liegen; Fälle von Beschwerden oder Geruchswahrnehmungen	Richtwertüberschreitungen umgehend durch Nachmessung unter Nutzungsbedingung überprüfen Auffällige Referenzwertüberschreitungen auf gesundheitliche Relevanz überprüfen Quellensuche und intensives Lüften Kontrollmessung nach 1 Monat unter Nutzungsbedingungen
4	3000 bis 10000	<b>Hygienisch bedenklich</b> nur befristete Nutzung (< 1 Monat) TVOC-Konzentration innerhalb eines Monats unter $3000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ absenken; Fälle mit Häufung von Beschwerden oder Geruchswahrnehmungen	Richtwertüberschreitungen umgehend durch Nachmessung unter Nutzungsbedingung überprüfen Auffällige Referenzwertüberschreitungen auf gesundheitliche Relevanz überprüfen. Toxikologische Bewertung von Einzelstoffen o. Stoffgruppen erforderlich Quellensuche, intensiv lüften, Nutzungsbedingungen festlegen, Aufenthalt nur mit zeitlicher Beschränkung durch Gesundheitsamt Kontrollmessungen nach ca. 1 Monat (unter Nutzungsbedingungen) Sanierungsmaßnahmen, falls TVOC-Wert nach 1 Monat über $3000 \mu\text{g}/\text{m}^3$
5	10000 bis 25000	<b>Hygienisch inakzeptabel</b> Raumnutzung möglichst vermeiden; In der Regel Beschwerden und Geruchswahrnehmungen	Richtwertüberschreitungen umgehend durch Nachmessung unter Nutzungsbedingung überprüfen Auffällige Referenzwertüberschreitungen auf gesundheitliche Relevanz überprüfen. Toxikologische Bewertung von Einzelstoffen o. Stoffgruppen erforderlich Quellensuche, intensiv lüften, Nutzungsbedingungen festlegen, Aufenthalt nur mit zeitlicher Beschränkung durch Gesundheitsamt Kontrollmessungen nach ca. 1 Monat (unter Nutzungsbedingungen) Sanierungsmaßnahmen, falls TVOC-Wert nach 1 Monat über $3000 \mu\text{g}/\text{m}^3$

Nur die Gehalte an Methylmethacrylat betrachtet, sind die beprobten Räumlichkeiten in die Stufe 1, **Hygienisch unbedenklich** einzuordnen. Eine Nutzungseinschränkung ist daraus zunächst nicht abzuleiten.



Bericht 8023/2016

02.01.2017

Seite 4

Hilfsweise kann zur Einschätzung der vorgefundenen Raumlufkonzentration auf die vorläufigen Richtwerte für nicht-gewerblich genutzte Räume der Behörde für Umwelt und Gesundheit der Stadt Hamburg zurückgegriffen werden (zwischenzeitlich nicht mehr publiziert):

Substanz	RW II [µg/m³]	RW I [µg/m³]	Eingangshalle 2.OG [µg/m³]	Spülküche [µg/m³]	Küche [µg/m³]
Methylmethacrylat	1000	100	20	78	22

&lt;: weniger als (Bestimmungsgrenze)

RW II: Gefahrenwert/Einschreitungswert

Messwerte gerundet

RW I: Vorsorgewert

Damit liegen bei nutzungsüblicher Raumlüftung für die beprobten Räume „Eingangshalle 2.OG“, „Spülküche“ und „Küche“ keine Überschreitungen der vorläufigen Innenraum-Richtwerte vor.

## 2. Handlungsempfehlung

Unter den angetroffenen Bedingungen wurden keine erhöhten Raumlufkonzentrationen durch Methylmethacrylat in den Räumen „Eingangshalle 2.OG“, „Spülküche“ und „Küche“ festgestellt. Unter den angetroffenen Bedingungen ist kein Anlass zu einer Nutzungseinschränkung der Räumlichkeiten gegeben.

Weitergehende Informationen zu Methylmethacrylat finden sich unter:

<https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/515/dokumente/mma.pdf>

Zur Beurteilung möglicher gesundheitlicher Beschwerden wenden Sie sich jedoch bitte an die Umwelthygiene-Abteilung des Gesundheitsamtes oder an einen umweltmedizinisch erfahrenen Arzt. Eine gesundheitliche Gefährdung kann unmittelbar aus den Untersuchungsbefunden nicht abgeleitet werden, hierzu bedarf es der Kenntnis über die betroffenen Personen, den Expositionspfad, die aufgenommenen Schadstoffmengen u. a. Faktoren.

Oberursel, 02.01.2017

ARGUK-Umweltlabor GmbH

Dr. Wigbert Maraun

Dipl.-Chem.

*von der IHK Frankfurt am Main öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger  
für Geruchsbelastungen und Schadstoffe in Innenräumen*

Sofern mit dem Auftraggeber nicht anders vereinbart, werden bei der Analyse nicht verwendete Anteile von Proben für drei Monate nach Ausgang des Untersuchungsberichtes zurückgestellt. Nach Ablauf der Rückstellfrist werden Probenreste entweder von uns ordnungsgemäß entsorgt oder bei als Sonderabfall zu behandelnden Proben an den Auftraggeber auf dessen Kosten zurückgesandt. Es gelten die Allgemeinen Geschäftsbedingungen der ARGUK-Umweltlabor GmbH, einsehbar auf unserer Internet-Seite [www.arguk.de](http://www.arguk.de).





# PRÜFBERICHT 2016-8023-1

Seite 1 von 1

Auftraggeber	Probenahme	Probeneingang	Prüfgut	Prüfauftrag
Stadt Frankfurt am Main Der Magistrat – Hochbauamt Gerbermühle 48 60594 Frankfurt am Main	durch Sachverständigen Dr. Wigbert Maraun, Dipl.-Chem.	02.01.2017	Raumluft auf Aktivkohle - Sammler	Methylmethacrylat

Projekt	Probenahmedatum	Raum	mittl. Temperatur	mittl. rel. Luftfeuchte
Grundschule Rebstock Leonardo-da-Vinci-Allee 11 60486 Frankfurt am Main	02.01.2017	-1: Eingangshalle 2.OG -2: Spülküche -3: Küche	-1: 20°C -2: 19°C -3: 18°C	-1: 25% -2: 28% -3: 29%

Prüfverfahren
<b>ARGUK 10106: Untersuchung von Raumluft auf Flüchtige Organische Verbindungen / Volatile Organic Compounds (VOC) [Aktive Probenahme]</b> Nach Probenahme auf Aktivkohle nach VDI 2100, Bl. 2. Standardsammelvolumen 50 L für unpolare VOC (nVOC), 100 L für polare VOC (pVOC). Desorption mit Schwefelkohlenstoff / Methanol für unpolare VOC (nVOC), Desorption mit Dichlormethan / Methanol für polare VOC (pVOC). Analyse mittels Kapillargaschromatographie und Massenspektrometrie (GC/MS). Kalibration und Gehaltsbestimmung über externe Standards.

Prüfergebnis							
	Probenart Probe	Raumluft Eingangshalle 2.OG	Raumluft Spülküche	Raumluft Küche	AGÖF* AW (P90)	Desor- bens	BG µg/m³
	Labor-Nr.	802316-1	802316-2	802316-3	IRK** RWI		
<b>Carbonsäureester</b>							
Methylmethacrylat	80626	20	78	22	< 1,5*	DCM	1

Konzentrationen in Mikrogramm/m³; nn: nicht nachweisbar; <: weniger als Bestimmungsgrenze BG bei Sammelvolumen 100L  
Legende siehe Berichtsende; \* / \*\*: Orientierungswerte für Raumluft: siehe Bewertungsgrundlagen

Konzentrationen in Mikrogramm/m³; nn: nicht nachweisbar, <: weniger als Bestimmungsgrenze BG bei Sammelvolumen 100L

Kein Messwerteintrag: laut Auftrag nicht analysiert    Verfahrensfehler +/- 10%;    nb: nicht bestimmt

\*\* Überlagerung möglich

nVOC: nonpolar Volatile Organic Compounds

pVOC: polar Volatile Organic Compounds

Desorbens: DCM: Dichlormethan/Methanol

CS2: CS<sub>2</sub>/Methanol    HS Headspace (vVOC)

Oberursel, 02.01.2017  
ARGUK-Umweltlabor GmbH

Dr. Wigbert Maraun  
Dipl.-Chem.

Auszüge des Berichts dürfen nur mit schriftlicher Genehmigung des Prüflaboratoriums veröffentlicht oder vervielfältigt werden, vollständige Kopien sind gestattet. Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf den untersuchten Prüfgegenstand. Elektronisch übermittelte Untersuchungsbefunde dienen, da veränderbar, lediglich der Vorab-Information. Maßgeblich sind die handschriftlich unterschriebenen Prüfberichte. **Ende des Prüfberichts.**



### **Bewertungsgrundlagen:**

Zur Beurteilung einer Schadstoffbelastung in der Raumluft existieren bis auf wenige Ausnahmen keine Grenz- oder Richtwerte. Soweit vorhanden erfolgt die Bewertung nach den toxikologisch begründeten Richtwerten des Ausschuss für Innenraumschadstoffe im Umweltbundesamt. Darüber hinaus wird auf statistisch abgeleitete Orientierungswerte der Arbeitsgemeinschaft ökologischer Forschungsinstitut e.V. (*AGÖF-Auffälligkeitswerte*) zurückgegriffen, die nicht toxikologisch hergeleitet, sondern unter dem Aspekt der Gesundheitsvorsorge zu verstehen sind. Sie bedeuten keine Grenz- oder Richtwerte. Sie beziehen sich auf Raumluftproben, die i.d.R. in einem mehrstündig ungelüfteten Raum entnommen wurden.

Das Auftreten gesundheitlicher Beschwerden kann mit einer Überschreitung des AGÖF-Orientierungswertes nicht ohne weiteres in Zusammenhang gebracht werden.

### **AGÖF-Orientierungswerte:**

Arbeitsgemeinschaft Ökologischer Forschungsinstitute (2013): AGÖF-Orientierungswerte für Inhaltsstoffe von Raumluft und Hausstaub, in: AGÖF - Arbeitsgemeinschaft Ökologischer Forschungsinstitute (Hrsg.): Umwelt, Gebäude & Gesundheit, 10. Fachkongress 2013, Nürnberg, S. 8-36

Die „AGÖF-Orientierungswerte“ basieren auf statistischer Ableitung und umfassen „Hintergrund-, Normal- und Auffälligkeitswerte.“ Als Hintergrundwert wird dabei das 10-Perzentil der Messwertverteilung verwendet, als Normalwert das 50-Perzentil und als Auffälligkeitswert das 90-Perzentil.

Der „**Hintergrundwert**“ beschreibt einen Zustand, der durch konsequente Vermeidung von Emissionsquellen erreichbar und deswegen grundsätzlich anzustreben ist. Diese Hintergrundwerte liegen vielfach kleiner gleich der Nachweisgrenze der angewandten Methoden.

NW: Der „**Normalwert**“ stellt die durchschnittliche Belastungssituation des betrachteten Kollektivs dar, die im Allgemeinen auf Quellen im Innenraum zurückgeht. Bei diesen Werten können zwar Innenraumquellen angenommen werden, ein Handlungsbedarf lässt sich daraus üblicherweise jedoch nicht ableiten.

AW: Der „**Auffälligkeitswert**“ beschreibt eine Überschreitung von in Innenräumen üblichen Konzentrationen und legt das Vorhandensein einer Schadstoffquelle nahe. Je nach Konzentration und Eigenschaften der auffälligen Substanz sind weitere Untersuchungen zur Identifizierung der Quelle angezeigt. Unter Umständen ist eine Sanierung zu empfehlen.

Stadt Frankfurt am Main  
 Der Magistrat – Hochbauamt  
 Gerbermühle 48  
 60594 Frankfurt am Main

## RECHNUNG

Rechnungsnummer **88740/2017**

Auftragsnummer 8023/2016

Rechnungsdatum: 02.01.2017

Zeitpunkt der Leistung: Rechnungsdatum

**Projekt: Grundschule Rebstock, Leonardo-da-Vinci-Allee 11, 60486 Frankfurt am Main**

Auftrag vom: durch Frau Hanf-Dressler am 22.12.2016

Datum	AN	Leistung / Untersuchung	Anzahl	Einzelpreis	Betrag
02.01.2017	51131	Raumluft: Methylmetacrylat, gutachterliche Bewertung, Express-Bearbeitung	3	450,00	1350,00
02.01.2017		Fahrtaufwand	1	50,00	50,00
				Nettobetrag	1400,00
				MWSt. 19%	266,00
<b>Endbetrag [Euro]</b>					<b>1666,00</b>

**Zahlungsziel: 14 Tage nach Rechnungsdatum** (Bitte Rechnungs-Nummer angeben). Die Zahlung ist ohne Abzüge fällig; es tritt automatisch Verzug ein ab Verstreichen des Fälligkeitsdatums. Eigentumsvorbehalt: Eine Verwendung unserer Berichte gegenüber Dritten ist bis zur vollständigen Begleichung unserer Rechnung nicht gestattet.

Hinweis: Laut Umsatzsteuergesetz §14b ist diese Rechnung mit dem Zahlungsbeleg zwei Jahre aufzubewahren von Privatkunden; dies gilt auch für solche Arbeiten, die nicht direkt für den unternehmerischen Bereich des beauftragenden Unternehmen verwendet werden.

Vielen Dank für Ihren Auftrag!

Mit freundlichen Grüßen!

ARGUK-Umweltlabor GmbH

**Protokoll****Grundschule Rebstock „runder Tisch“ Geruchsbelästigung im Schulgebäude,  
Aufarbeitung Vorfall am 20.12.2016 (16.00-19.00 Uhr)****Teilnehmer:**

Frau Prado-Knickmeier	Stadtschulamt 40.41.02 (SSA)
Herr Hartmann	Stadtschulamt 40.41.61 (SSA)
Frau Eichler, Frau Hanf-Dressler	Hochbauamt 65.31 (HBA)
Frau Dr. Steul	Gesundheitsamt Frankfurt 53.7(GA)
Frau Prof. Dr. Heudorf	Gesundheitsamt Frankfurt 53.7/ALV(GA)
Frau Voigt	Gesundheitsamt Frankfurt 53.73 (GA)
Frau Wiemann, Herr Mag	Staatliches Schulamt Ffm (SSA-Ffm)
Frau Gittel	Schulleitung GS Rebstock (SL)
Frau Gruhn, Herr Schneider	Betreuung IB (ESB)
Frau Preusker, Frau Allhoff	Personalrat Lehrer GS Rebstock (PR)
Herr Niemann (bis 17.00 Uhr)	Dezernat XI Referent
Frau Fabacher, Frau Schönsee	Schulleiternbeirat GS Rebstock (SEB)

Frau Prado-Knickmeier eröffnet den runden Tisch und bedankt sich für die rege Teilnahme. Der Termin dient der Aufklärung bzgl. des Vorfalls am 20.12.2016 in der Spülküche der GS Rebstock und allgemeinen Fragen bzgl. des Schulgebäudes.

Am 19.12.2016 hat die ESB festgestellt, dass es in der Cafeteria unangenehm riecht und hat dies dem Schulhausverwalter (SHV) und der SL gemeldet. Die SL erkundigte sich beim HBA, Frau Hanf-Dressler, und bekam hier die Rückmeldung, dass die Arbeiten an dem Boden unbedenklich seien und das keine Gefahr für die Kinder und die Betreuer besteht. Der Geruch war am Nachmittag noch stärker. Am darauf folgenden Dienstag, den 20.12.2016 war der Geruch nicht mehr wahrnehmbar und es gab zunächst auch keine Beschwerden. Im Laufe des Tages trat der Geruch wieder auf und wurde unerträglich, die Kinder, die Betreuer der ESB und die SL klagten über diesen beißenden Geruch. Die Räume wurden in gemeinsamer Absprache (ESB+SL+SHV) geräumt, die Kinder in die Turnhalle gebracht und die Feuerwehr gerufen. Der Schulhausverwalter Herr Pfeil (SHV) hat die Feuerwehr beim Durchsuchen und Lüften des Hauses unterstützt. Der Umweltdienst der Feuerwehr hat nach der Räumung des Gebäudes keine Messungen durchgeführt. Die Messgeräte der Feuerwehr sind auf diesen Stoff nicht geeicht. (Feststellung GA).

Aufgrund des Vorfalls wurde am 21.12.2016 neben dem Stadtschulamt, dem Staatlichen Schulamt und dem Hochbauamt, auch das Gesundheitsamt eingeschaltet. Am Mittwoch den 21.12.2016 wurde seitens des Hochbauamtes die ausführende Firma sowie ein Vertreter der Herstellerfirma des eingesetzten Produktes zur Baustelle gerufen. Dieser verfügt über ein Messgerät, welches die von dem Produkt ausgesonderten Emissionen messen kann. Die Ergebnisse der Messung unmittelbar in dem Raum, in dem die Arbeiten durchgeführt worden waren und in dem ein deutlicher Geruch wahrnehmbar war, erbrachten 0,6 ppm. Der zur orientierenden Bewertung herangezogene MAK-Wert liegt in diesem Bereich bei 50ppm Methylmethacrylat. *MAK-Wert: Die Maximale Arbeitsplatz-Konzentration gibt die maximal zulässige Konzentration eines Stoffes als Gas, Dampf oder Schwebstoff in der (Atem-)Luft am Arbeitsplatz an, bei der kein Gesundheitsschaden zu erwarten ist, auch wenn man der Konzentration in der Regel 8 Stunden täglich, maximal 40 Stunden in der*

*Woche ausgesetzt ist.* Das verarbeitete Methylmethacrylat, ist stark schleimhautreizend und wird von Menschenschon schon bei sehr geringen Konzentrationen wahrgenommen (niedrige Geruchsschwelle). Nach Einstufung des Bundesamtes für Risikobewertung (BfR) könnte bei Hautkontakt mit einer allergisierenden Wirkung zu rechnen sein, nicht bei Inhalation. Methylmethacrylat wird zudem im Gesundheitswesen beispielsweise bei Zahnprothesen und bei Gelenk- und Knochenimplantaten angewendet. Darüber hinaus wird er häufig in Nagelstudios bei der Nagelmodellage eingesetzt.

Aufgrund der weiterhin wahrnehmbaren Geruchsbelästigung am 21.12.2016, wurde die Entscheidung seitens des SSA getroffen, die Betreuung auszulagern und die Eltern schriftlich zu informieren. Der Brief an die Eltern ergab keine Rückmeldung zu gesundheitlichen Beschwerden der Kinder, die auf den Vorfall zurückzuführen sind.

Der gemeinsam runde Tisch diente neben der allgemein gefassten Zusammenfassung auch der Sammlung der Stimmen der einzelnen betroffenen Parteien:

#### ESB

- Die Betreuer der ESB haben trotz Rückversicherung beim HBA beschlossen, die Betreuung in der Schule am 20.12.2016 einzustellen.
- Die enge Zusammenarbeit mit der SL wurde lobend erwähnt.
- Die Notfallkette war nicht bekannt, ein Anruf beim Ordnungsamt, als auch beim Gesundheitsamt (Pforte) war ohne Erfolg.
- Nach dem Vorfall haben ESB und die SL alle betroffenen Eltern angerufen und sich nach dem Zustand der Kinder informiert, es wurden keine gesundheitlichen Beschwerden, die auf den Unfall zurückzuführen sind, gemeldet.
- Information bzgl. der Baumaßnahme fehlte.
  - *Aufgrund der kleinen Maßnahme, war eine Information an die ESB nicht notwendig (SSA)*
- Die ESB wünscht sich für die Zukunft mehr Informationen durch den SHV
- Die Mitarbeiter der ESB haben keine gesundheitlichen Beschwerden aufgrund des Vorfalls gemeldet.

#### **Darstellung aus Sicht der ESB**

*Am 19.12.2016 wurde zufällig eine Baustelle in der Spülküche der Versorgungsküche festgestellt. Diese Baustelle war zu diesem Zeitpunkt nicht geplant. Die Baustelle sollte in den Weihnachtsferien eingerichtet werden. Am späten Nachmittag stellte die ESB eine stärkere unangenehme Geruchsbildung fest. Das war zu einem Zeitpunkt als die meisten Kinder schon weg waren. Als die ESB Leitung die Schule gegen 17.45 Uhr verlassen hat war der Geruch so stark, dass sie am 20.12.2016 morgens gleich die Mitarbeiterin aus der Frühbetreuung nach der Geruchsbelästigung befragt hat. Diese bestätigte, dass überhaupt kein Geruch wahrnehmbar ist und alles in Ordnung sei. Die Leitung der ESB hatte am 20.12.2016 einen Termin außer Haus und kam erst gegen Mittag in die Schule zurück.*

*Der Geruch war leicht wahrnehmbar und wurde dann gegen 13.30 Uhr so schlimm, dass Mitarbeiter zur ESB Leitung ins Besprechungszimmer kamen (es wurden Mitarbeitergespräche geführt) und mitteilten, dass die Kinder nicht mehr essen wollen und man den Geruch schon ziemlich schlimm findet. Die Leitung der ESB ist zur Baustelle gegangen und hat nachgefragt wer diese Arbeiten zu diesem Zeitpunkt, im laufenden Betrieb, angeordnet hat.*

*Eine Antwort auf diese Frage wurde nicht gegeben. Die späte Essensgruppe wurde in den Mehrzweckraum gebracht. Nach Rücksprache mit der SL hat die Leitung der ESB dann bei Frau Hanf-Dressler (HBA) angerufen und diese aufgefordert die Baustelle sofort einzustellen und auch für den nächsten Tag sicher zu stellen, dass keine*

*Baumaßnahmen fortgesetzt werden. Frau Hanf-Dressler und Frau Gruhn einigten sich darauf, dass Frau Hanf-Dressler sich nach dem verwendeten Baustoff erkundigt und ob er gesundheitsgefährdend ist oder nicht. Die Rückmeldung, dass die Arbeiten an dem Boden unbedenklich seien und das keine Gefahr für die Kinder und die Betreuer besteht, passte nicht zu dem was vor Ort wahrgenommen wurde. Nach dann erfolgter eigener Recherche über den verwendeten Stoff haben die SL und die Leitung der ESB beschlossen das Gesundheitsamt anzurufen. Dort wurde man ans Ordnungsamt weitergeleitet. Aber auch da gab es keine Hilfe. Mittlerweile beklagten einzelne Kinder, Betreuer der ESB und die SL über diesen beißenden Geruch. Die Räume wurden dann sofort in gemeinsamer Absprache (ESB+SL+SHV) geräumt, die Kinder wurden auf den Schulhof gebracht. Die Feuerwehr wurde gerufen und diese hat die betroffenen Kinder in die Turnhalle gebracht. Die ärztliche Versorgung wurde im Vorraum der Turnhalle durchgeführt.*

## PR

- Die Rückmeldung des SSA fehlte.
- Messwerte wurden nicht veröffentlicht, dies muss nachgeholt werden.
- Herr Gutmann als Gewerkschaftsbeauftragter wurde kontaktiert.
- Dem PR liegen keine Meldungen über gesundheitlichen Beschwerden aufgrund des Vorfall seitens des Kollegiums vor.

## SEB

- Ein Notfallplan bei Gasunfällen fehlt.
  - *Da die Schule keinen Gasanschluss hat, kann es hier zu keinen Gasunfällen kommen (HBA)*
- Seit dem Unfall hat der SEB täglich 1 Stunde nur Fragen rund um die Schule zu beantworten.
- Absage des Elternabends durch SSA war „Öl ins Feuer“, die Eltern fühlten sich allein gelassen und uninformiert.
- Es wird die Information aller Eltern gefordert, damit jegliche Bedenken, bzgl. des Hauses ausgeschlossen werden können.

**Anmerkung SEB**

*Die betroffenen Eltern beziehen die Symptomatik nicht allein ursächlich auf die schlechte Raumluf. Sie fordern weitere baubiologische Messungen.*

## SL

- Die SL hat am 22.01.2017 das erste Mal von gesundheitlichen Problemen eines Kindes erfahren, die angeblich auf die Raumluf zurückzuführen sind.
- Der Medical Airport Service wurde eingeschaltet um eine weitere Meinung einzuholen.
- Die Schulleitung wird gemeinsam mit dem GA einen Termin mit dem Medical Airport Service vereinbaren.

**Anmerkung SL**

*Die SL hat am 22.01.2017 das erste Mal von gesundheitlichen Problemen eines Kindes erfahren, die angeblich auf die Raumluf zurückzuführen sind.*

## SSA-Ffm

- Die Maßnahmen der SL waren völlig korrekt und lassen keinen Zweifel an der Vorgehensweise aufkommen.

- Aufgrund des inhaltlich falschen Artikels der FNP vom 23.02.2017 wird es seitens des SSA Ffm in Zusammenarbeit mit dem Dezernat XI eine Pressemitteilung mit einer Gegendarstellung geben, die Anschuldigungen gegenüber der SL entsprechen nicht den Tatsachen. Die Entscheidung über die Veröffentlichung der Gegendarstellung obliegt der Presse.

#### HBA

- Die Schule und die ESB müssen nicht über jede kleine bauliche Maßnahme informiert werden, kommt es aufgrund von Arbeiten zu Einschränkungen, folgt auch eine Information an die Mitarbeiter im Haus.
- Die Bodenarbeiten mussten während des Betriebs stattfinden, da die Firmen zwischen den Jahren und auch in der ersten KW des neuen Jahres nicht arbeiten konnten.
- Die erste Messung nach dem Unfall wurde am Vormittag des 21.12.2016 durchgeführt, aufgrund des geringen Messwertes hätte die Schule direkt frei gegeben werden können, aufgrund verschiedener Folgeaufträge (Reinigung, weiterer Messungen) wurde vom SSA eine Auslagerung der ESB beschlossen.
- Die zweite und dritte Messung wurden am 22.12.2016 und am 02.01.2017 durchgeführt, daraufhin konnte die Schule nach dem Ende der Ferien wieder frei gegeben werden.
- Die Nachtauskühlung in den Klassenräumen dient nicht zur Zwischenlüftung.

#### Dez XI

- Das Dezernat XI bedauert den Vorfall sehr und wird bei der Aufklärung unterstützen
- Außerdem kündigt Herr Niemann an, dass die Klassenräume in Passivhausschulen mit CO<sub>2</sub>-Ampeln ausgestattet werden sollen.

#### SSA

- Auf Anfrage der Eltern, warum der Elternabend von Frau Sauer abgesagt wurde, erklärt Frau Prado-Knickmeier, dass dieser aus fehlenden Personalkapazitäten nicht stattfinden konnte und Frau Sauer ihrer Fürsorgepflicht gegenüber den Mitarbeitern nachkommen musste.
- Bei Abwesenheit des Schulhausverwalters (SHV) tritt erst einmal die Vertretungsregelung durch die umliegenden Schulen ein (Georg-Büchner-Schule, Gutenbergschule, Frankfurter Schule f. Bekleidung und Mode, Bonfatiusschule) bei längerer Abwesenheit kann ein Springer eingesetzt werden.
- Der SHV wird eine gesonderte Einweisung für die betriebstechnischen Anlagen bekommen, diese wurde bei der Übergabe des Hauses nur mit dem damaligen SHV durchgeführt.
- Es wird zugestimmt, dass eine bessere Kommunikation zwischen ESB, SSA und der ESB statt zu finden hat.

#### GA

Das GA war am 21.12.2016 bei der Begehung zugegen; es fand auch ein Kontakt zu einem Elternvertreter statt. Es wurde vereinbart, dass das GA am gleichen Tag eine Stellungnahme abgibt. Frau Dr. Steul, GA bot an, für weitere Fragen von Eltern oder Lehrern zur Verfügung zu stehen.

- Frau Dr. Steul hat am 21.12.2017 alle (Kinder) Kliniken angerufen und erfahren, dass alle Kinder bereits am vorherigen Abend nach Hause gegangen waren.
- In den Tagen nach dem Vorfall gab es keine Anrufe seitens Eltern beim GA. Am 09.01.2017 fragte die Mutter eines Kindes mit Allergien nach den allergologischen Risiken des Stoffes. Die Mutter wurde anhand der Stoffdaten und der Bewertung des BfR beraten. Über akute Symptome des Kindes wurde nicht berichtet.

- Das GA bietet an, den SEB bei weiteren Anfragen bzgl. besorgter Eltern zu unterstützen.

Aufgrund des Messwertes vom 21.12.2016 und der weiteren Messungen im Auftrag des Hochbauamtes ist nicht mit Gesundheitsschäden durch die Stoff-Freisetzung am 20.12.2016 zu rechnen.

### **Frage gesundheitlicher Beschwerden der Raumnutzer in der Schule unabhängig von der Stofffreisetzung am 21.12.2016**

Ab Freitag, dem 17.02.2017 wurde das Gesundheitsamt per email von Herrn Weissinger, dem Vater eines Schülers, über bereits länger bestehende gesundheitliche Probleme bei Schülern unterrichtet, die bereits im September 2016 und zuletzt wieder in den vergangenen Wochen vor dem 17.02.2017 auftraten. Das Gesundheitsamt führte daraufhin vom 21.- 28.02.2017 in 3 Klassenräumen und in der Turnhalle orientierende Messungen unter üblicher Nutzung durch (CO<sub>2</sub>, Temperatur, rel. Luftfeuchte). Die Ergebnisse erbrachten sehr gute CO<sub>2</sub>-Werte, d.h. während der Messungen funktionierte die Lüftung gut und die Kinder waren – unter der üblichen Nutzung – keinen hohen CO<sub>2</sub>-Werten ausgesetzt. CO<sub>2</sub> wird als Indikator für eine gute Raumqualität genutzt.

Zur möglichen Erklärung der von Herrn Weissinger angegebenen Beschwerden stellte das GA zwei Hypothesen auf:

im September ohne Aktivität der raumluftechnischen Anlage war möglicherweise nicht über Fenster gelüftet worden, wenn die Schulgemeinde nicht über die Notwendigkeit der Lüftung außerhalb der Heiz- und Lüftungsperiode informiert war im Februar 2017 könnte ein unerkannter Defekt der RLT-Anlage resp. der Leittechnik vorgelegen und zu schlechter Raumluftqualität geführt haben, Beides konnte inzwischen durch das HBA bestätigt werden:

- zwar hatte zu Beginn eine Einführung in das Gebäude stattgefunden, die Kenntnis scheint aber durch Personalwechsel (neue Leitung, neuer Schulhausverwalter) nicht mehr vorzuliegen, weshalb für die Tage vor Weihnachten 2016 eine neue Einweisung geplant gewesen sei (ausgefallen wegen der Stoff-Freisetzung s.o.)
- Protokolle zeigen, dass zwischen dem 23.01. und dem 15.02. 2017 die Lüftung nicht funktionierte, was wegen der Erkrankung des Schulhausverwalters nicht aufgefallen war. Angesichts der fehlenden Information wurde nicht, wie für solche Fälle vorgesehen, mittels Fensterlüftung gelüftet.

In solchen Perioden ohne Fensterlüftung wird sich – insbesondere in energiedichten Gebäuden – die Luftqualität rasch verschlechtern, was zu den genannten Beschwerden führen kann.

Das GA stellt deswegen (erneut) folgende Forderungen für Passivhausschulen auf:

- Gebäudehandbücher müssen den Nutzern zur Verfügung gestellt werden (Gebrauchsanleitung)
- Bei Übergabe und im weiteren jährliche Unterweisung der Nutzer über die Lüftung und das richtige Lüftungsverhalten außerhalb der Heizperiode und im Falle des Ausfalls der Lüftung resp. Leittechnik  
Rasche und sichere Information über einen eventuellen Ausfall der Lüftung (Signal oder CO<sub>2</sub>-Ampeln) bis zur Installation Anbringen von Fäden vor den Lüftungsschlitzen, an deren Bewegung zu erkennen ist, ob die Lüftung funktioniert oder nicht.

Frau Prof. Dr. Heudorf berichtet, dass Herr Weissinger ihr über den Schulelternbeirat eine Liste mit Kindern mit Beschwerden zukommen lassen wollte. Diese wird ihr von Frau Schöensee überreicht.



Auf die Frage, ob es weitere Beschwerden bei Kindern, Lehrern oder bei Mitarbeitern der Betreuung gekommen sei oder ob solche Klagen bekannt seien, berichteten die Schulleitung, die Vertreterinnen des Personalrats, die Vertreter der ESB und die anwesenden Elternvertreter, dass ihnen keine weiteren Beschwerden von Kindern oder Eltern bekannt seien. Auch dem betriebsärztlichen Dienst der Schule sind keine gesundheitlichen Beschwerden von Lehrern bekannt.

Das GA wird den Beschwerden in dem überlassenen Schreiben nachgehen (Nachtrag: Kontaktaufnahme mit Herrn Klein und Planung eines Treffens mit ihm und den Eltern am 22.03.2017, 19.00 Uhr.)

Das GA hat ein Konzept für weitere Untersuchungen erarbeitet. Da die SL berichtete, dass es wegen eventueller Untersuchungen einen Termin mit dem betriebsmedizinischen Dienst (Medical Airport Service) geben werde: Das GA schlug vor, an diesem Termin teilzunehmen, um die weiteren Maßnahmen abzustimmen.

Die anwesenden Eltern bedanken sich für das konstruktive und informative Gespräch mit allen Beteiligten. Der Personalrat der Schule sieht die Fragen zum Vorfall nunmehr als beantwortet.

Abschließend weist Frau Prado-Knickmeier darauf hin, dass sie jederzeit für Fragen zur Verfügung steht.

Im Auftrag



(Hartmann)



(Prado-Knickmeier)

Kontakt: Elternbeirat

*ODER SCHULELTERNBEIRAT*

*GESUNDHEITSAMT* Stadt Frankfurt am Main  
*BREITE GASSE 28*  
*60313 FRANKFURT AM MAIN*

Cc:

Grundschule Rebstock, Schulleitung Frau Gittel, Leonardo – da – Vinci – Allee 11, 60486 Frankfurt

Frankfurt, den 01. März 2017

### **Verdacht auf eine gesundheitsunverträgliche Innenraumluft in der Grundschule Rebstock**

Sehr geehrte *DAMEN UND HERREN,*

wir sind Eltern, deren Kinder die Grundschule Rebstock besuchen. Unsere Kinder weisen Symptome wie Kopfschmerzen, Schleimhautreizungen, Unwohlsein, Verhaltensauffälligkeiten etc. auf, die wir in Zusammenhang mit dem Schulbesuch vermuten. Um hier Klarheit zu schaffen, schlagen wir vor, dass eine aussagekräftige Messung der Schadstoffbelastung an der Schule dringend durchgeführt wird. Diese Messung muss sich in Qualität und Umfang an Europäischen / Deutschen Standards orientieren. Hierzu empfehlen wir externen Sachverstand wie zum Beispiel die Europäische Gesellschaft für gesundes Bauen und Innenraumhygiene EGGBI hinzuzuziehen.

Wir empfehlen dringend eine umfassende Schadstoffprüfung:

- Raumluftprüfung (wie z.B. Formaldehyd, TVOC, VOC, Dichlormethan)
- Hausstaubprüfung (SVOCs wie z.B. Weichmacher, PCB, Flammschutzmittel, EOX, AOX, Holzschutzmittel...)

Wir *biten um* kurzfristige Abstimmung *mit dem Elternbeirat*, ob, in welcher Form und wie eine solche objektive und vollumfängliche Messung in die Wege geleitet werden kann.

Mit freundlichen Grüßen,

Mittwoch, 14.09.2016

## Punkte für die Agenda des Elternabends der Klassen 1a-c

---

Die Punkte 1-3, 6 und 7 könnten auch von allg. Schulinteresse sein

### 1. Klima in Klassenräumen/ Schule allgemein (seit Eröffnung der Schule)

...laut Umweltbundesamt ist das opt. Raumklima in derartigen Räumen 21 Grad Celsius und es existiert eine rel. Luftfeuchtigkeit zwischen 40-60 Prozent.

Es existiert eine starke Abweichung zwischen Soll- & Ist-Wert, da die Lüftung über die Fenster erfolgt. Dies ist auf eine fehlerhafte Programmierung bzw. das Abschalten der RLT (Raumluftechnischen Anlage) zurückzuführen. Ein Grund hierfür ist falsches Lüftungsverhalten des Personals mangels Kenntnis der Passivhaustechnik/ Schulung. Eine höhere Temp. bietet einen opt. Nährboden für Bakterien etc. und korreliert mit einer erhöhten Infektanfälligkeit/ einem erhöhten Krankenstand.

### 2. Hygiene Toilettenräume/ Essecke/ Schule

...entspricht nicht den allg. gültigen Qualitätskriterien. **!Es ist nicht einmal Seife in allen Waschräumen vorhanden, ein MUSS gem. Verordnung!** Auf Beschwerden wurde seitens des Schulpersonals auf die Reinigungsfirma verwiesen. Darum muss sich jedoch die Schule kümmern- Eine Nachbesserung seitens der Reinigungsfirma bzw. einen Hinweis an die beauftragte Firma ist notwendig. Sollte dieser ausbleiben, erfolgt eine entsprechende Anzeige! Der geringste Preis führt zwangsläufig zu flüchtigen Ausführungen der Arbeiten zwecks Deckungskalkulation. Dies begünstigte den jüngsten Vorfall von Blaseninfektionen bei Kindern und deren Eltern in dieser Schule.

In Anbetracht der Tatsache, dass so viele Kinder eine begrenzte Anzahl an Toiletten nutzen, empfehlen wir ein kürzeres Reinigungsintervall, evtl. stündlich, soweit nicht bisher geschehen.

### 3. Messung der Innenluft (falls noch nicht geschehen)

...u.a. aus 1 resultierend. Es muss eine Messung der Innenluft auf div. Stoffe u.a. PAK (polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe) erfolgen, da eine Ausgasung div. Baustoffe über den Richtwerten -mit an Sicherheit grenzender Wahrscheinlichkeit- besteht.

!Diese Stoffe sind karzinogen (krebserregend) und mutagen (erbgutverändernd)!

Falls die Messungen bereits vorgenommen wurden, bitten wir um Einsichtnahme zwecks Analyse und Dokumentation.

**Messung der Raumluftqualität Grundschule Rebstock**  
**Leonardo-Da-Vinci-Allee 11**  
**Gesundheitsamt 53.73**

Aufgrund gesundheitlicher Beschwerden sowie Klagen über stickige Luft, wurden in der Grundschule Rebstock in insgesamt 3 Klassenräumen und der Turnhalle im Zeitraum vom 21.02.-28.02.2017 folgende raumlufthygienische Parameter erfasst:

- CO<sub>2</sub> [ppm]
- Temperatur [°C]
- Relative Raumluftfeuchte [rF %]

Messgerät: Wöhler CDL 210

Technische Daten:

<b>CO<sub>2</sub>-Messung</b>	Messbereich: 0-2.000 ppm (2.001 - 9.999 ppm außerhalb des spezifizierten Bereichs) Auflösung: 1 ppm Genauigkeit: ± 50 ppm ± 5% v.M. (0-2000 ppm)
<b>Temperatur-Messung</b>	Messbereich: -10 °C...+60°C Auflösung: 0,1 °C Genauigkeit: ± 0,6 °C(± 0,9 °F)
<b>Luftfeuchtemessung</b>	Messbereich: 5 - 95 % rF Auflösung: 0,1% rF Genauigkeit: bei 10-90%, 25°C: ± 3 % ansonsten: ± 5 %
<b>Lograte</b>	5 Min

Zusätzlich wurden durch die Lehrer, die Beschwerden in einer Liste eingetragen. In der Liste sollte die Gesamtschülerzahl, sowie die Anzahl der Schüler mit deren Beschwerden erfasst werden. Die Symptome sollten nach Kopfschmerzen, Übelkeit, Bauchschmerzen und sonstigen Beschwerden aufgelistet werden.

Die Lehrer wurden gebeten ihr Lüftungsverhalten nicht zu verändern, so dass unter der üblichen Nutzung gemessen wurde.

Während des kompletten Messzeitraums war die RLT-Anlage in Betrieb. Auf Grund von Rosenmontag fand am 27.02.2017 nur ein eingeschränkter Schulbetrieb statt.

**Bewertungsgrundlagen**

**CO<sub>2</sub>**

Die Konzentration von Kohlendioxid in der Raumluft hängt von der Zahl, Aufenthaltsdauer und Aktivität der anwesenden Personen sowie von den baulichen Gegebenheiten (Raumvolumen, Luftwechselzahl etc.) ab. Die Ad-hoc-Arbeitsgruppe der Innenraumlufthygienekommission und der Obersten Landesgesundheitsbehörden (Ad-hoc AG IRK/AOLG) hat eine Bewertung für Kohlendioxid in der Innenraumluft vorgelegt (Tabelle unten) (Ad-hoc AG IRK/AOLG, 2008: Gesundheitliche Bewertung von Kohlendioxid in der Innenraumluft, Bundesgesundheitsbl-Gesundheitsforsch-Gesundheitsschutz). Danach werden Leitwerte für die Kohlendioxidkonzentrationen in der Innenraumluft festgelegt. Es wird unterschieden in: „hygienisch unbedenklich“ (CO<sub>2</sub> < 1000 ppm), „hygienisch auffällig“ (CO<sub>2</sub> 1000–2000 ppm) und „hygienisch inakzeptabel“ (CO<sub>2</sub> > 2000 ppm). Bei Überschreiten eines CO<sub>2</sub>-Werte von 1000 ppm soll gelüftet werden, bei Überschreiten von 2000 ppm muss gelüftet werden. Eine Unterschreitung von 1000 ppm ist in beiden Fällen anzustreben. Kann durch Lüften allein die Situation auf Dauer nicht verbessert werden, sind lüftungstechnische Maßnahmen zu ergreifen oder ist eine Verringerung der Zahl der Schülerinnen und Schüler im Klassenraum vorzunehmen. Diese Festlegung findet sich ebenso in der VDI-Richtlinie 6040 Blatt 1 „Raumluftechnik Schulen Anforderungen (Juni 2011)“. Die Leitwerte werden hier als „zeitlich gewichtete durchschnittliche Konzentration über die Dauer einer 45 minütigen Unterrichtsstunde“ definiert.

**Leitwerte für die Kohlendioxid-Konzentrationen in der Innenraumluft  
(Ad-hoc-AG 2008)**

CO <sub>2</sub> -Konzentration [ppm]	Hygienische Bewertung	Empfehlung
< 1000	Hygienisch unbedenklich	Keine weiteren Maßnahmen
1000–2000	Hygienisch auffällig	Lüftungsmaßnahmen intensivieren (Außenluftvolumenstrom bzw. Luftwechsel erhöhen) Lüftungsverhalten überprüfen und verbessern
> 2000	Hygienisch inakzeptabel	Belüftbarkeit des Raumes prüfen ggf. weitgehende Maßnahmen prüfen

**Relative Raumlufffeuchte**

Der optimale Bereich liegt zwischen 40 und 60 % rel. Feuchte. Die relative Feuchte der Luft im Gebäude sollte dauerhaft 65–70 % (direkt über Materialien < 80 %) nicht überschreiten, um Schimmelpilzwachstum zu verhindern.

Aus gesundheitlichen Gründen sollte die relative Luftfeuchte 20 % – 35 % nicht unterschreiten. So können z.B. unter 35% gesundheitliche Probleme infolge trockener Schleimhäute auftreten, bzw. bei relativen Luftfeuchten zwischen 20 % – 35 % ist das Risiko sich mit einem Influenza-A-Virus anzustecken etwa dreimal so hoch, wie bei mittleren Raumlufffeuchten von 50 %. Zu geringe Luftfeuchtigkeit ist auch beteiligt an der Entstehung von Stimmstörungen – insbesondere bei Berufsgruppen mit hohem Sprechanteil. Das Berufsgenossenschaftliche Institut für Arbeitsschutz (BGIA) empfiehlt für Berufsgruppen mit hohem Sprechanteil eine Mindestluftfeuchte von 40 %.

(Lowen, Mubareka, Steel, Palese (2007): Influenza virus transmission is dependent on relative humidity and temperature. PLoS Pathogens 10/07, HVBG/BGIA (2005): Innenraumarbeitsplätze – Vorgehensempfehlung für die Ermittlungen zum Arbeitsumfeld, S. 118)

In der VDI 6040 Blatt 1 werden keine Anforderungen an die Raumlufffeuchte gestellt. Es wird davon ausgegangen, dass nasse Oberbekleidung (z. B. Jacken) nicht im Klassenraum aufbewahrt wird.

**Temperatur**

Die operative Raumtemperatur soll gem. VDI 6040 mind. 20°C, höchstens 26°C, abhängig von der Außentemperatur, betragen (operative Temperatur = empfundene Temperatur = Mittelwert aus Lufttemperatur und Strahlungstemperatur).

**Ergebnisse**

**CO<sub>2</sub>**

In allen Klassenräumen sowie der Turnhalle wurde, bis auf wenige Ausnahmen, der Wert von 1000 ppm überwiegend weit unterschritten, d.h. die Messwerte waren hygienisch unbedenklich. (siehe Anlage 1-4)

In Raum 108 gab es am 21.02. um 14:45 Uhr ein Ausreißer von über 1500 ppm. Der vorherige Messwert (5 min davor) lag bei 638 ppm und der anschließende (5 Minuten später) betrug 804 ppm. Somit ist davon auszugehen, dass dieser Wert durch das Ausatmen in der Nähe des Gerätes entstanden ist. Auch am 22.02.2017 lagen zwei Werte zwischen 1000 und 1200 ppm. (siehe Anlage 1)

Am Rosenmontag lag der CO<sub>2</sub>-Wert in Raum 115 zwischen 11 Uhr und 12:50 zwischen 1000 und 1221 ppm. Während dieser Zeit (11:00 - 12:40) wurden die Räume durch den IB (Internationaler Bund) genutzt. Die Anzahl der Kinder lag über der üblichen Klassenstärke, außerdem haben die Kinder getanzt. (siehe Anlage 2)

In Raum 224 lag der CO<sub>2</sub>-Wert am 23.02.2017 und 24.02.2017 kurzzeitig über 1000 ppm, aber unterhalb von 1200ppm. (siehe Anlage 3)

### Temperatur

Die Temperatur in den Klassenräumen lag während des Unterrichts durchschnittlich zwischen 20 und 23°C. (siehe Anlage 1-3)

Auch in der Turnhalle lag sie durchschnittlich bei 23°C. (siehe Anlage 4)

### relative Luftfeuchte

Die relative Luftfeuchte liegt vor allem ab dem 24.02.2017 in den Klassenräumen häufig weiter unter den für Tätigkeiten mit hohen Sprechanteilen empfohlenen 40%. Es ist davon auszugehen, dass dies vor allem mit den ab dem 24.02.2017 gesunkenen Außentemperaturen und der damit verbundenen geringen Luftfeuchtigkeit zusammenhängt. (siehe Anlage 1-3)

In der Turnhalle liegt die relative Luftfeuchte im Mittel während des gesamten Messzeitraumes unterhalb der 40%. (siehe Anlage 4)

### gesundheitliche Beschwerden, Anzahl der Schüler

Die Protokolle über gesundheitliche Beschwerden und die Anzahl der anwesenden Schüler liegen uns aus den Räumen 115 und 224 vor. Aus Raum 108 liegt uns lediglich die Information vor, dass 1 bzw. 2 Schüler erkrankt waren. Auch in der Turnhalle wurde die Gesamtschüleranzahl nicht erfasst.

Datum	Anzahl der Schüler	Kopfschmerzen	Übelkeit	Bauchschmerzen	sonstiges
<b>Raum 108</b>					
22.02. – 23.02.	1	Ein Schüler war wegen Symptomen krank gemeldet, diese werden nicht genauer definiert			
24.02.	2	Schüler waren wegen Symptomen krank gemeldet, diese wurden nicht genauer definiert.			
<b>Raum 115</b>					
22.02.	19	1		5	
23.02.	19	7	1	4	
24.02.	19	2		2	
28.02.	19	3		2	
<b>Raum 224</b>					
22.02.	20	4			2 Schwindel
23.02.	20	8	1	1	2 Schwindel
24.02.	20	6	1	1	2 Schwindel
28.02.	19	5	2	3	
<b>Schulturnhalle</b>					
22.02.	1	x	x		Schwindel
24.02.	2	x			

### **Zusammenfassung**

Die erfassten Daten zeigen ein relativ einheitliches Bild für alle drei Unterrichtsräume. Es erfolgte eine ausreichende Belüftung der Räume.

Die Raumtemperatur lag in den Unterrichtsräumen zwischen 20 und 23 °C und ist damit ausreichend. In der Turnhalle war sie mit ca. 23 °C etwas zu hoch.

Auf Grund der Jahreszeit ist die Innenluft in allen Räumen etwas trocken.

Ein Zusammenhang zwischen den gesundheitlichen Beschwerden der Kinder und den raumlufthygienischen Werten kann nicht hergestellt werden.

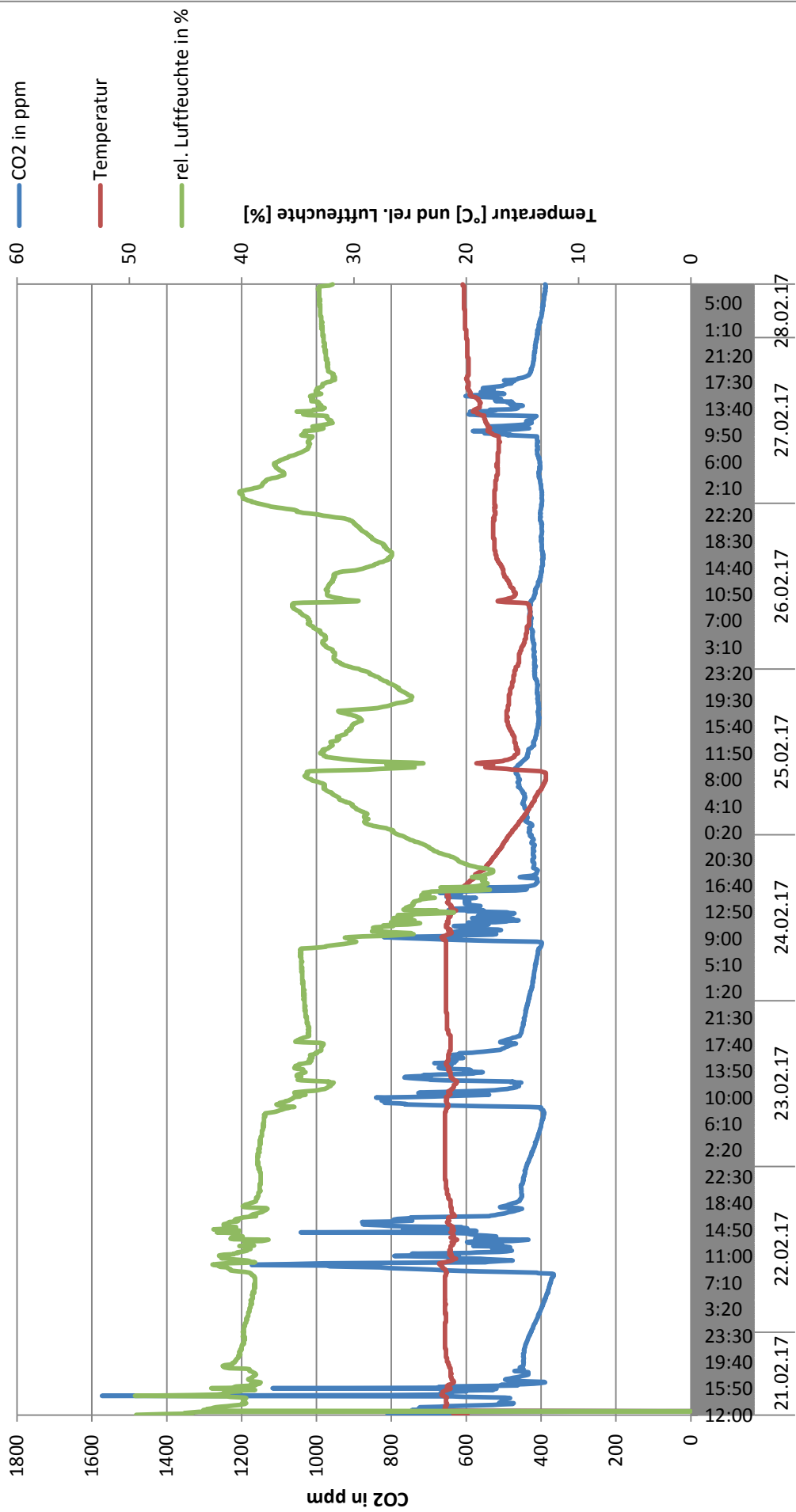
### **Fazit**

Unsere Messungen haben ergeben, dass die Belüftung der Räume während des Messzeitraumes gut funktioniert hat. Da die RLT-Anlage aber nur während der Heizperiode läuft, sollte eine weitere Messung außerhalb der Heizperiode erfolgen, vor allem, da die Lehrer über die schwer zu öffnenden Fenster klagen.

Die Temperatur in der Turnhalle lag mit durchschnittlich 23 °C etwas zu hoch und sollte reduziert werden, da sich die Kinder und Vereine dort viel bewegen. Laut der DIN 18032-1 (Hallen und Räume für Sport und Mehrzwecknutzung) ist für die Berechnung der Heizungsanlagen für Hallen und Zusatzsporträume eine Temperaturen von 20 °C zu Grunde zu legen.

Anlage 1 (Grundschule Rebstock)

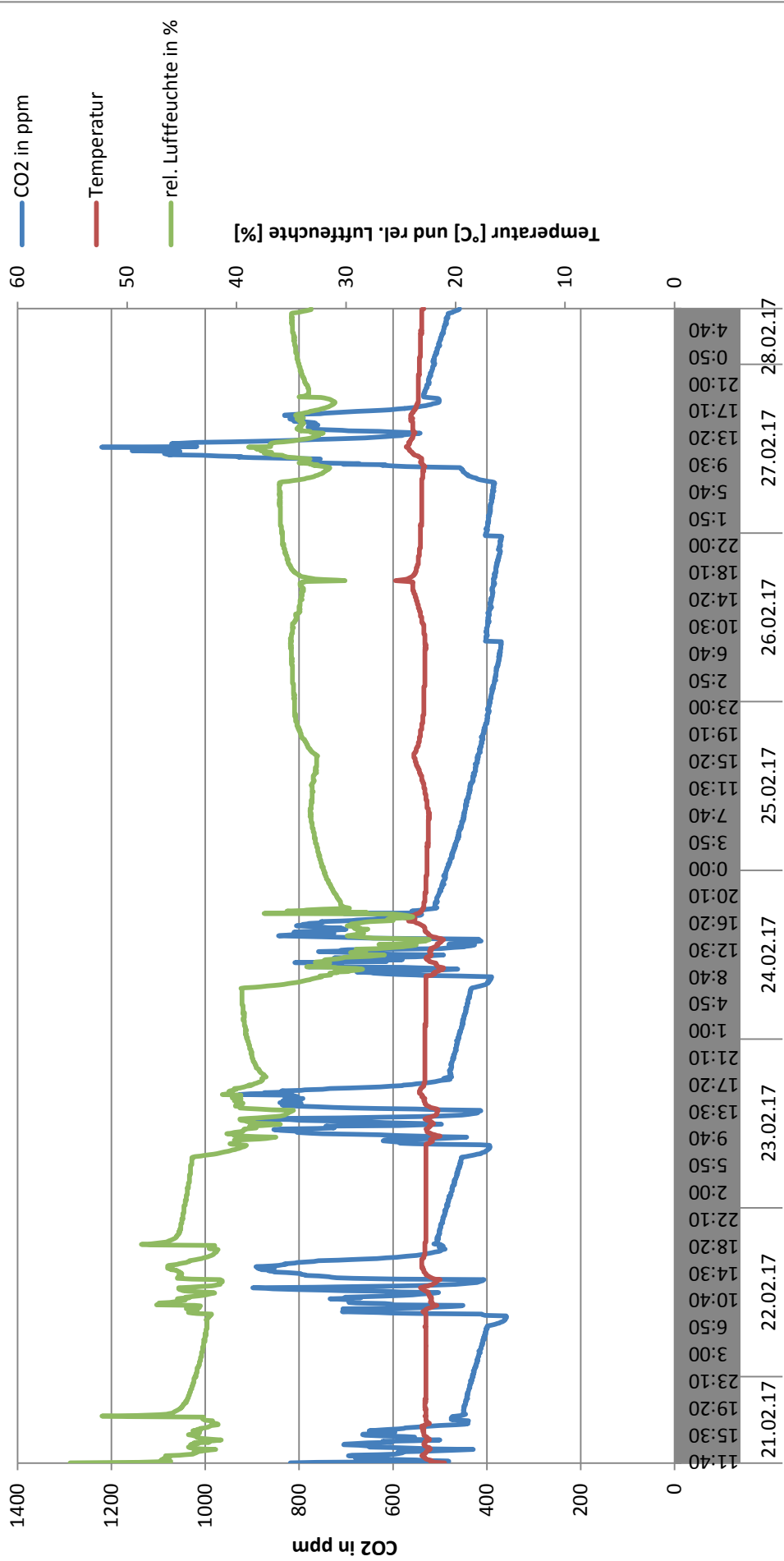
**Raum 108 - Klasse Frau Weitzel**



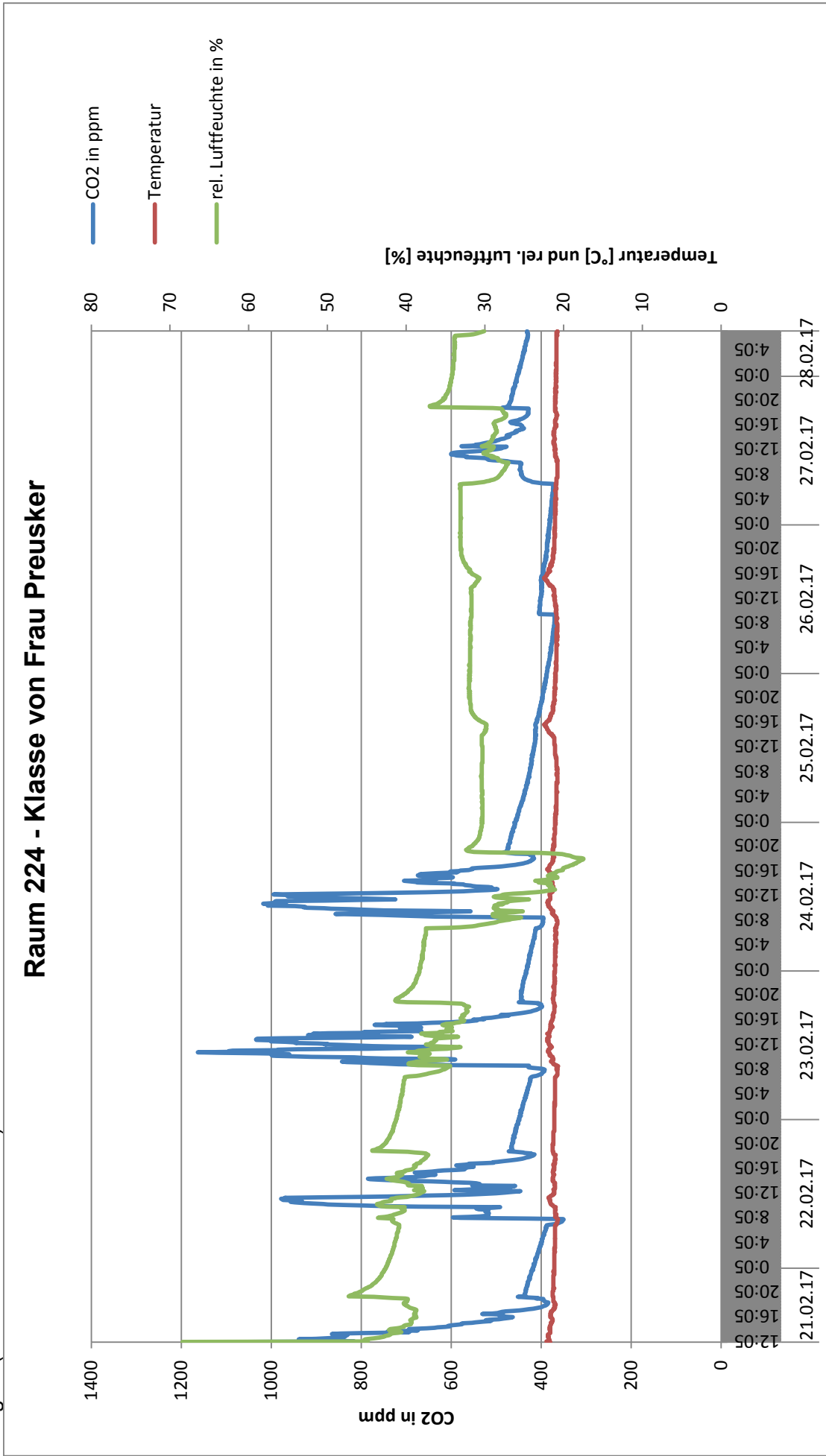


Anlage 2 (Grundschule Rebstock)

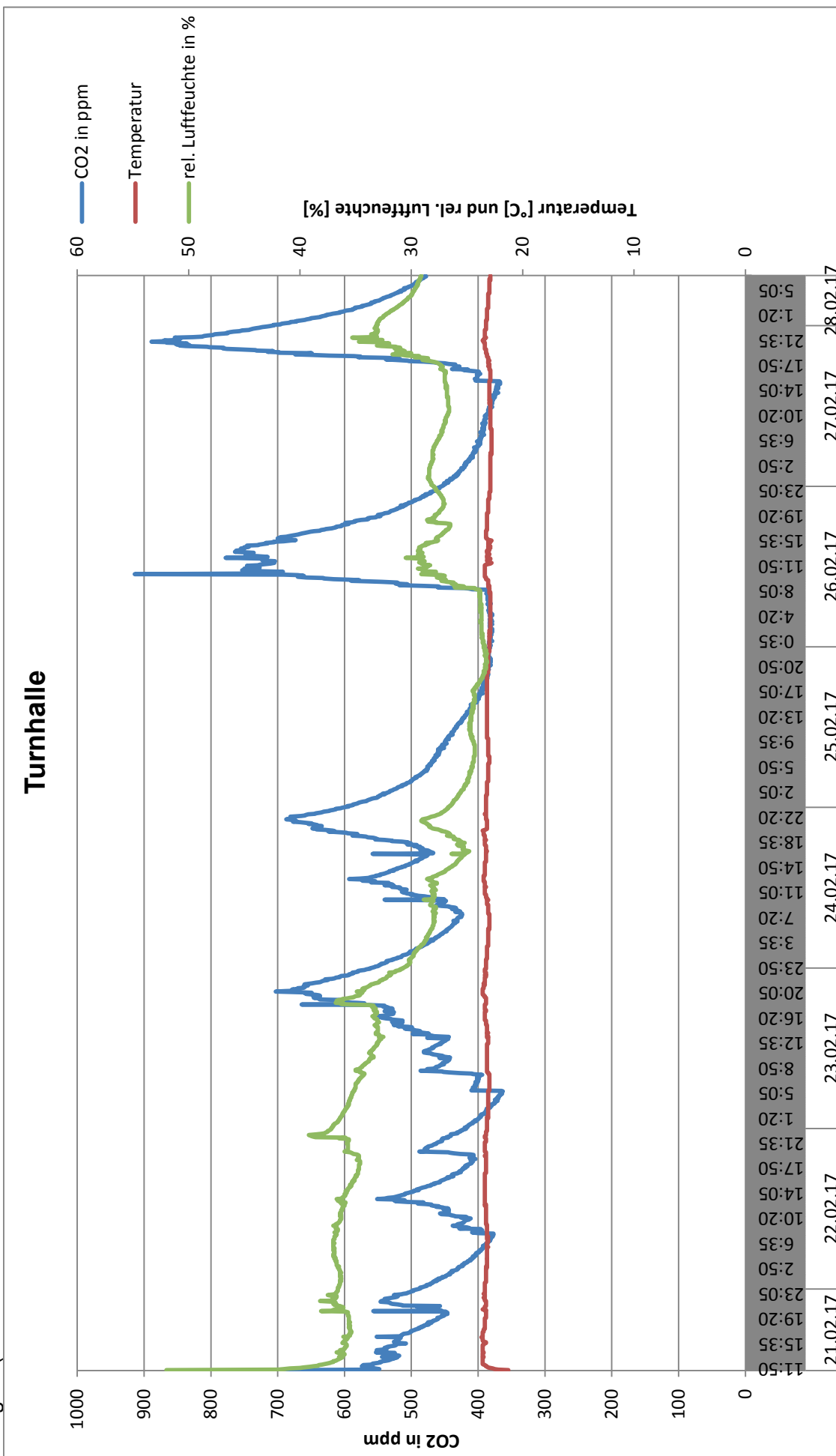
### Raum 115 - Klasse von Frau Grabbe



Anlage 3 (Grundschule Rebstock)



Anlage 4 (Grundschule Rebstock)



## Untersuchungen des Gesundheitsamtes zur Raumlufthygiene – 28.03.2017 – Raum 1.08

Messgeraet:	Woehler CDL 210								
Startzeit:	28.03.2017 08:00								
Lograte:	61 s								
Messreihen:	366						Lüftungsindex		
Temperatur Einheit:	Celsius						Faktor		
Seriennummer:	12345678						10		
Bemerkung:	Raum 1.08								
Datensatz	Datum	Zeit	CO2	Temperatur	rel. Luftfeuchte	Lüftungsindex	Anzahl Personen	Aktivität (1-4)	
1	28.03.2017	8:00	622	20,7	32,8	1	0	1	
6	28.03.2017	8:05	524	20,8	27,8	10	0	1	
10	28.03.2017	8:10	506	20,9	26,9	10	0	1	
15	28.03.2017	8:15	509	21,1	26,3	10	0	1	
20	28.03.2017	8:20	513	21,3	25,8	10	0	1	
25	28.03.2017	8:25	511	21,4	25,3	10	0	1	
30	28.03.2017	8:30	507	21,6	24,8	10	0	1	
35	28.03.2017	8:35	504	21,7	24,5	10	0	1	
40	28.03.2017	8:40	501	21,8	24	10	0	1	
45	28.03.2017	8:45	498	21,9	23,6	10	2	1	
50	28.03.2017	8:50	499	22	23,4	10	2	1	
55	28.03.2017	8:55	511	22,1	23,3	10	2	1	
60	28.03.2017	9:00	534	22,2	23,4	10	2	2	
65	28.03.2017	9:05	557	22,2	23,6	10	2	2	
69	28.03.2017	9:10	893	22,2	31,1	10	2	2	
74	28.03.2017	9:15	645	22,3	26,5	10	2	2	
79	28.03.2017	9:20	670	22,4	25,4	10	2	2	
84	28.03.2017	9:25	690	22,5	25,4	10	2	2	
89	28.03.2017	9:30	730	22,6	24,9	10	1	1	
94	28.03.2017	9:35	788	22,7	25,1	10	2	1	
99	28.03.2017	9:40	618	22,3	22,4	30	2	1	
104	28.03.2017	9:45	549	21,6	22,2	30	2	1	
109	28.03.2017	9:50	611	22	23,9	30	2	1	
114	28.03.2017	9:55	608	21,9	23,1	30	22	3	
119	28.03.2017	10:00	581	21,9	22,9	30	19	3	
124	28.03.2017	10:05	554	21,7	22,6	30	19	3	
128	28.03.2017	10:10	641	21,8	23,1	30	21	2	
133	28.03.2017	10:15	676	22,1	23,9	30	22	2	
138	28.03.2017	10:20	660	22,4	23,6	30	21	2	
143	28.03.2017	10:25	640	22,5	23	20	22	2	
148	28.03.2017	10:30	682	22,7	23,4	20	22	2	
153	28.03.2017	10:35	710	22,9	23,5	20	22	2	
158	28.03.2017	10:40	683	23	23,3	20	22	2	
163	28.03.2017	10:45	717	23,2	23,4	20	22	3	
168	28.03.2017	10:50	720	23,3	23,5	20	23	3	
173	28.03.2017	10:55	733	23,3	23,4	20	22	3	
178	28.03.2017	11:00	773	23,4	23,8	20	22	3	
183	28.03.2017	11:05	794	23,4	23,8	20	21	3	
187	28.03.2017	11:10	777	23,5	23,7	20	21	3	
192	28.03.2017	11:15	792	23,6	24	20	21	3	
197	28.03.2017	11:20	722	23,5	23,6	20	21	3	
202	28.03.2017	11:25	700	23,5	23,7	30	4	1	
207	28.03.2017	11:30	658	23,2	23,3	30	3	1	
212	28.03.2017	11:35	554	23	23,2	30	3	1	
217	28.03.2017	11:40	532	22,8	22,9	30	2	1	
222	28.03.2017	11:45	512	22,6	22,2	30	18	1	
227	28.03.2017	11:50	536	22,6	22,9	20	21	2	
232	28.03.2017	11:55	631	22,7	24,1	10	21	2	
237	28.03.2017	12:00	544	22,7	23,4	10	21	4	
242	28.03.2017	12:05	626	22,8	24,4	30	1	1	
247	28.03.2017	12:11	565	22,8	23,9	30	1	1	
251	28.03.2017	12:15	512	22,8	23,4	10	1	1	
256	28.03.2017	12:20	480	22,7	23,3	10	1	1	
261	28.03.2017	12:25	466	22,7	23,6	10	16	2	
266	28.03.2017	12:30	497	22,6	24,4	10	6	2	
271	28.03.2017	12:35	576	22,7	24,9	30	1	1	
276	28.03.2017	12:40	600	22,8	25,1	30	1	1	
281	28.03.2017	12:45	569	22,9	24,8	30	1	1	
286	28.03.2017	12:50	556	23	24,7	30	1	1	
291	28.03.2017	12:55	521	23	24,5	30	14	2	
296	28.03.2017	13:00	518	22,9	24,7	40	20	4	
301	28.03.2017	13:05	593	23,1	25,2	20	18	4	
306	28.03.2017	13:10	559	23	25,3	20	23	4	
310	28.03.2017	13:15	527	23,1	25,5	20	23	4	
315	28.03.2017	13:20	517	23	25,8	20	23	4	
320	28.03.2017	13:25	522	23	26,1	30	13	4	
325	28.03.2017	13:30	629	23,1	26,6	30	2	1	
330	28.03.2017	13:35	616	23,2	26,4	30	2	1	
335	28.03.2017	13:40	602	23,3	26,3	20	1	1	
340	28.03.2017	13:45	602	23,3	26,4	30	1	1	
345	28.03.2017	13:50	619	23,4	26,5	30	1	1	
350	28.03.2017	13:55	570	23,6	26,4	30	1	1	
355	28.03.2017	14:00	621	23,6	26,8	20	3	1	
360	28.03.2017	14:05	614	23,6	26,9	20	1	1	
365	28.03.2017	14:10	580	23,6	26,9	20	1	1	

Untersuchungen des Gesundheitsamtes zur Raumlufthygiene – 28.03.2017 – Raum 1.22

Messgeraet:	Woehler CDL 210								
Startzeit:	28.03.2017 07:59								
Lograte:	60 s								
Messreihen:	381						Lüftungsindex		
Temperatur E	Celsius						Faktor		
Seriennumme	12345678						10		
Bemerkung:	Raum 1.22								
Datensatz	Datum:	Zeit:	CO2:	Temperatur:	el. Luftfeuchte	Lüftungsindex	zahl	Personen	Aktivität (1-4)
2	28.03.2017	8:00	1087	20,9	47,8	20	1	1	
7	28.03.2017	8:05	543	22,1	30,6	20	1	1	
12	28.03.2017	8:10	545	22,8	29,3	20	1	1	
17	28.03.2017	8:15	518	23,1	27,3	20	1	1	
22	28.03.2017	8:20	516	23,3	26,5	20	1	1	
27	28.03.2017	8:25	513	23,6	26,2	20	1	1	
32	28.03.2017	8:30	505	23,7	25,7	20	1	1	
37	28.03.2017	8:35	500	23,7	24,8	20	1	1	
42	28.03.2017	8:40	501	23,8	25,1	20	1	1	
47	28.03.2017	8:45	508	23,9	24,8	20	5	1	
52	28.03.2017	8:50	537	23,9	24,8	20	4	1	
57	28.03.2017	8:55	604	24,1	25,5	20	7	1	
62	28.03.2017	9:00	625	24,2	25,7	0	27	2	
67	28.03.2017	9:05	734	24,2	26,6	0	27	2	
72	28.03.2017	9:10	820	24,3	27,3	0	27	2	
77	28.03.2017	9:15	897	24,3	27,7	0	24	3	
82	28.03.2017	9:20	951	24,4	28,2	0	24	3	
87	28.03.2017	9:25	978	24,5	30	0	24	3	
92	28.03.2017	9:30	999	24,5	28,2	20	4	1	
97	28.03.2017	9:35	801	24,5	26,7	20	1	1	
102	28.03.2017	9:40	744	24,4	26,2	20	1	1	
107	28.03.2017	9:45	690	24,4	25,7	20	1	1	
112	28.03.2017	9:50	642	24,4	25,2	20	1	1	
117	28.03.2017	9:55	606	24,4	24,9	20	1	1	
122	28.03.2017	10:00	585	24,3	24,6	20	8	1	
127	28.03.2017	10:05	587	24,1	24,3	10	22	2	
132	28.03.2017	10:10	580	23,9	24,6	10	22	2	
137	28.03.2017	10:15	595	23,7	25	10	22	2	
142	28.03.2017	10:20	613	23,6	25	10	22	3	
147	28.03.2017	10:25	605	23,5	25,1	20	22	3	
152	28.03.2017	10:30	613	23,4	25,4	20	22	3	
157	28.03.2017	10:35	643	23,3	25,6	20	22	3	
162	28.03.2017	10:40	669	23,3	26	20	22	3	
167	28.03.2017	10:45	600	23,3	25,5	20	1	1	
172	28.03.2017	10:50	583	23,2	25,6	20	1	1	
177	28.03.2017	10:55	554	23,2	25,6	20	1	1	
182	28.03.2017	11:00	536	23,1	25,6	20	1	1	
187	28.03.2017	11:05	532	23,1	25,7	20	1	1	
192	28.03.2017	11:10	495	22,9	25,6	20	1	1	
197	28.03.2017	11:15	478	22,8	25,9	20	1	1	
202	28.03.2017	11:20	485	22,8	26	20	1	1	
207	28.03.2017	11:25	473	22,8	26	20	1	1	
212	28.03.2017	11:30	472	22,8	26	20	1	1	
217	28.03.2017	11:35	472	22,8	26	20	1	1	
222	28.03.2017	11:40	465	22,8	25,9	20	1	1	
227	28.03.2017	11:45	455	22,8	25,7	20	1	1	
232	28.03.2017	11:50	461	22,8	25,8	20	18	2	
237	28.03.2017	11:55	527	22,8	26,9	10	20	2	
242	28.03.2017	12:00	552	22,7	27,5	10	21	2	
247	28.03.2017	12:05	568	22,9	27,7	10	21	2	
252	28.03.2017	12:10	591	23,1	28,1	10	21	2	
257	28.03.2017	12:15	576	23,2	28	10	21	2	
262	28.03.2017	12:20	570	23,2	28,3	20	16	1	
267	28.03.2017	12:25	542	23	28,7	10	17	2	
272	28.03.2017	12:30	586	23,2	29,3	10	17	2	
277	28.03.2017	12:35	604	23,3	29,6	10	19	2	
282	28.03.2017	12:40	528	23,2	28,8	10	18	2	
287	28.03.2017	12:45	496	23,1	28,8	20	21	2	
292	28.03.2017	12:50	477	23	29	20	19	2	
297	28.03.2017	12:55	530	23,2	29,7	20	20	2	
302	28.03.2017	13:00	581	23,3	30,1	20	18	2	
307	28.03.2017	13:05	584	23,4	30,2	20	20	2	
312	28.03.2017	13:10	584	23,6	30,3	20	20	2	
317	28.03.2017	13:15	615	23,7	30,6	10	12	1	
322	28.03.2017	13:20	660	23,8	30,8	10	2	1	
327	28.03.2017	13:25	669	23,9	30,7	10	2	1	
332	28.03.2017	13:30	635	23,9	30,5	10	2	1	
337	28.03.2017	13:35	605	24,1	30,3	10	2	1	
342	28.03.2017	13:40	588	24,1	30,2	10	2	1	
347	28.03.2017	13:45	573	24,2	30,2	10	1	1	
352	28.03.2017	13:50	552	24,2	30,1	10	1	1	
357	28.03.2017	13:55	525	24,3	30	10	1	1	
362	28.03.2017	14:00	514	24,3	30	10	1	1	
367	28.03.2017	14:05	509	24,4	30,1	10	1	1	
372	28.03.2017	14:10	511	24,4	30,2	10	1	1	
377	28.03.2017	14:15	505	24,6	30,6	10	1	1	

Untersuchungen des Gesundheitsamtes zur Raumlufthygiene – 28.03.2017 – Raum 2.10

Messgeraet:	Woehler CDL 210							
Startzeit:	28.03.2017 08:10							
Lograte:	61 s							
Messreihen:	356					Lüftungsindex		
Temperatur E	Celsius					Faktor		
Seriennumme	12345678					10		
Bemerkung:	Raum 2.10							
Datensatz	Datum:	Zeit:	CO2:	Temperatur:	el. Luftfeuchte	Lüftungsindex	Anzahl Personen	Aktivität (1-4)
1	28.03.2017	8:10	827	21,3	39,5	20	7	4
5	28.03.2017	8:15	618	21,6	28,4	20	16	4
10	28.03.2017	8:20	615	21,4	28,4	20	7	4
15	28.03.2017	8:25	655	21,6	27,6	10	7	4
20	28.03.2017	8:30	607	21,7	26,6	10	1	1
25	28.03.2017	8:35	600	21,7	25,9	10	1	1
30	28.03.2017	8:40	588	21,8	25,7	10	1	1
35	28.03.2017	8:45	581	21,8	25,8	10	1	1
40	28.03.2017	8:50	579	21,9	25,2	20	3	4
45	28.03.2017	8:55	574	21,9	25,1	10	1	1
50	28.03.2017	9:00	570	22	24,6	10	1	1
55	28.03.2017	9:05	568	22,1	24,7	20	2	4
60	28.03.2017	9:10	573	22,1	24,7	10	1	1
64	28.03.2017	9:15	564	22,1	24,5	10	1	1
69	28.03.2017	9:20	559	22,2	24,2	10	1	1
74	28.03.2017	9:25	550	22,2	23,9	10	1	1
79	28.03.2017	9:30	545	22,2	23,7	10	1	1
84	28.03.2017	9:35	599	22,2	23,9	20	15	4
89	28.03.2017	9:40	579	22,2	23,5	0	0	1
94	28.03.2017	9:45	561	22,2	23,3	0	0	1
99	28.03.2017	9:50	545	22,1	23,1	0	0	1
104	28.03.2017	9:55	587	22,1	24,2	20	3	4
109	28.03.2017	10:00	715	22,2	25,6	20	21	4
114	28.03.2017	10:05	796	22,4	26,4	20	20	3
119	28.03.2017	10:10	842	22,5	26,9	20	20	3
123	28.03.2017	10:15	868	22,6	26,9	20	20	3
128	28.03.2017	10:20	912	22,7	27,1	20	20	4
133	28.03.2017	10:25	911	22,7	26,8	20	20	2
138	28.03.2017	10:30	935	22,8	26,9	20	20	2
143	28.03.2017	10:35	958	22,9	26,9	20	20	2
148	28.03.2017	10:40	954	22,9	26,9	20	20	2
153	28.03.2017	10:45	990	22,9	27,2	20	20	2
158	28.03.2017	10:50	1018	22,9	27,7	20	20	4
163	28.03.2017	10:55	934	22,9	27	20	1	1
168	28.03.2017	11:00	821	22,8	26,2	10	1	1
173	28.03.2017	11:05	758	22,8	25,6	10	0	1
178	28.03.2017	11:10	728	22,8	25,4	10	1	1
183	28.03.2017	11:16	672	22,6	25,1	10	1	1
187	28.03.2017	11:20	652	22,6	25,2	10	1	1
192	28.03.2017	11:25	637	22,6	25,2	10	1	1
197	28.03.2017	11:30	615	22,7	25,2	10	1	1
202	28.03.2017	11:35	595	22,7	25,1	10	1	1
207	28.03.2017	11:40	566	22,7	24,9	10	0	1
212	28.03.2017	11:45	565	22,7	24,8	10	1	1
217	28.03.2017	11:50	546	22,7	24,8	10	1	1
222	28.03.2017	11:55	628	22,7	26,1	20	21	2
227	28.03.2017	12:00	742	22,8	27,9	20	20	3
232	28.03.2017	12:05	801	23	28,2	20	18	3
237	28.03.2017	12:10	818	23,1	28,6	20	18	3
242	28.03.2017	12:15	852	23,1	29	20	17	3
246	28.03.2017	12:20	854	23,3	28,7	20	18	3
251	28.03.2017	12:25	843	23,3	28,9	20	19	4
256	28.03.2017	12:30	873	23,3	28,9	10	4	4
261	28.03.2017	12:35	790	23,3	28,3	0	1	1
266	28.03.2017	12:40	737	23,2	27,9	0	1	1
271	28.03.2017	12:45	683	23,2	27,6	0	1	1
276	28.03.2017	12:50	650	23,2	27,5	0	1	1
281	28.03.2017	12:55	598	23,1	27,2	0	0	1
286	28.03.2017	13:00	547	23,1	26,8	0	0	1
291	28.03.2017	13:05	548	22,9	27,1	0	1	1
296	28.03.2017	13:10	530	22,9	27,2	0	1	1
301	28.03.2017	13:15	524	22,9	27,3	10	1	1
305	28.03.2017	13:20	532	22,9	27,5	10	5	4
310	28.03.2017	13:25	548	23	27,6	0	1	1
315	28.03.2017	13:30	530	23	27,6	0	0	1
320	28.03.2017	13:35	501	22,9	27,6	0	0	1
325	28.03.2017	13:40	487	22,9	27,7	0	0	1
330	28.03.2017	13:45	472	22,9	27,8	0	0	1
335	28.03.2017	13:50	468	22,9	28	0	0	1
340	28.03.2017	13:55	468	22,9	28,2	0	0	1
345	28.03.2017	14:00	462	22,9	28,4	0	0	1
350	28.03.2017	14:05	458	22,9	28,5	0	0	1
355	28.03.2017	14:10	456	22,9	28,7	0	1	1

Untersuchungen des Gesundheitsamtes zur Raumlufthygiene – 28.03.2017 – Raum 2.24

Messgeraet:	Woehler CDL 210								
Startzeit:	28.03.2017 08:04								
Lograte:	61 s								
Messreihen:	360						Lüftungsindex		
Temperatur E	Celsius						Faktor		
Seriennummer	12345678						10		
Bemerkung:	Raum 2.24								
Datensatz	Datum:	Zeit:	CO2:	Temperatur:	el. Luftfeuchte	Lüftungsindex	zahl	Personen	Aktivität (1-4)
2	28.03.2017	8:05	511	21,1	25,8	20	20	20	4
7	28.03.2017	8:10	516	21,3	24,6	20	19	19	2
12	28.03.2017	8:15	676	21,7	25,7	0	20	20	2
17	28.03.2017	8:20	750	21,9	24,9	0	20	20	2
21	28.03.2017	8:25	796	22,2	24,9	0	20	20	2
26	28.03.2017	8:30	850	22,4	25,2	0	20	20	2
31	28.03.2017	8:35	876	22,5	24,9	0	20	20	2
36	28.03.2017	8:40	908	22,7	24,8	0	20	20	2
41	28.03.2017	8:45	951	22,9	25,1	10	19	19	2
46	28.03.2017	8:50	954	22,8	24,6	0	20	20	2
51	28.03.2017	8:55	979	22,9	24,8	0	20	20	2
56	28.03.2017	9:00	995	23,1	24,8	0	20	20	2
61	28.03.2017	9:05	1011	22,9	24,7	0	20	20	2
66	28.03.2017	9:10	1008	23	24,5	0	20	20	2
71	28.03.2017	9:15	1020	23,1	24,6	10	20	20	2
76	28.03.2017	9:20	1015	23,2	24,4	0	18	18	2
80	28.03.2017	9:25	1023	23,1	24,4	0	20	20	2
85	28.03.2017	9:30	818	23,2	22,9	30	5	5	4
90	28.03.2017	9:35	686	23,1	23	20	1	1	1
95	28.03.2017	9:40	590	22,9	22,1	20	1	1	1
100	28.03.2017	9:45	562	23,1	21,8	20	1	1	1
105	28.03.2017	9:50	556	23,2	21,3	20	3	3	1
110	28.03.2017	9:55	624	22,9	22,6	20	20	20	4
115	28.03.2017	10:00	634	23,2	23,1	30	20	20	2
120	28.03.2017	10:05	629	23,2	22,8	0	21	21	2
125	28.03.2017	10:10	726	23,1	23,6	0	20	20	2
130	28.03.2017	10:15	793	22,9	24,3	0	20	20	2
135	28.03.2017	10:20	850	23,4	24,8	0	20	20	2
139	28.03.2017	10:25	873	23,3	25	0	17	17	2
144	28.03.2017	10:30	913	23,3	25,1	0	20	20	2
149	28.03.2017	10:35	947	23,6	25,1	0	20	20	2
154	28.03.2017	10:40	969	23,6	25	0	20	20	2
159	28.03.2017	10:45	967	23,8	24,9	0	20	20	2
164	28.03.2017	10:50	988	23,7	25,1	0	20	20	2
169	28.03.2017	10:55	1007	23,6	25,3	0	20	20	2
174	28.03.2017	11:00	1018	23,7	25,2	0	20	20	2
179	28.03.2017	11:05	1024	23,8	25,3	0	20	20	2
184	28.03.2017	11:10	995	23,7	24,8	0	16	16	2
189	28.03.2017	11:15	979	23,9	24,9	0	15	15	2
194	28.03.2017	11:20	975	23,9	24,9	0	16	16	2
199	28.03.2017	11:26	951	23,6	24,7	0	13	13	2
203	28.03.2017	11:30	932	23,6	24,9	20	13	13	1
208	28.03.2017	11:35	569	23,2	21,9	50	1	1	1
213	28.03.2017	11:40	501	22,5	21,8	50	2	2	1
218	28.03.2017	11:45	474	22,4	21,8	50	1	1	1
223	28.03.2017	11:50	567	22,2	24,5	30	18	18	4
228	28.03.2017	11:55	633	22,4	25,8	10	21	21	2
233	28.03.2017	12:00	689	22,5	26,7	10	21	21	2
238	28.03.2017	12:05	727	22,9	27	10	21	21	2
243	28.03.2017	12:10	763	22,9	27,2	10	21	21	2
248	28.03.2017	12:15	808	22,9	27,5	0	20	20	2
253	28.03.2017	12:20	851	23,3	27,8	10	21	21	2
258	28.03.2017	12:25	867	23,4	28	10	19	19	2
262	28.03.2017	12:30	842	23,4	27,6	20	20	20	2
267	28.03.2017	12:35	816	23,7	27,2	0	21	21	2
272	28.03.2017	12:40	832	23,6	27,4	10	21	21	2
277	28.03.2017	12:45	853	23,7	27,4	20	16	16	4
282	28.03.2017	12:50	799	23,8	26,7	20	1	1	1
287	28.03.2017	12:55	668	23,1	25,8	0	0	0	1
292	28.03.2017	13:00	584	23,1	25,4	0	0	0	1
297	28.03.2017	13:05	546	23,1	25,2	0	0	0	1
302	28.03.2017	13:10	514	22,8	25,3	0	0	0	1
307	28.03.2017	13:15	501	23,1	25,4	0	0	0	1
312	28.03.2017	13:20	493	22,8	25,5	0	0	0	1
317	28.03.2017	13:25	517	23,1	25,8	0	0	0	1
321	28.03.2017	13:30	499	22,9	25,9	20	1	1	1
326	28.03.2017	13:35	505	22,9	26,2	20	3	3	1
331	28.03.2017	13:40	516	22,9	26,5	20	1	1	1
336	28.03.2017	13:45	507	23,1	26,5	20	2	2	1
341	28.03.2017	13:50	523	23	26,9	20	5	5	3
346	28.03.2017	13:55	545	23,2	27,3	20	5	5	3
351	28.03.2017	14:00	512	23,4	27,1	20	5	5	3
356	28.03.2017	14:05	484	23,3	27	20	5	5	3

Untersuchungen des Gesundheitsamtes zur Raumlufthygiene – 31.05.2017 – Raum 1.08

Messgeraet:	Woehler CDL 210								
Startzeit:	31.05.2017 07:39								
Lograte:	60 s								
Messreihen:	331								
Temperatur E	Celsius								
Seriennumme	12345678								
Bemerkung:	Raum 1.08								
Datensatz	Datum:	Zeit:	CO2:	Temperatur:	rel. Luftfeuchte:	Lüftungsindex:	Anzahl Personen:	Aktivität:	Sonnenschutz:
2	31.05.2017	7:40	552	20,9	58,2				
7	31.05.2017	7:45	515	21,8	55,7				
12	31.05.2017	7:50	509	22,4	53,9				
17	31.05.2017	7:55	519	22,8	53				
22	31.05.2017	8:00	510	23,2	52,3				
27	31.05.2017	8:05	508	23,6	51,2				
32	31.05.2017	8:10	506	23,9	50,4				
37	31.05.2017	8:15	505	24,2	49,6				
42	31.05.2017	8:20	507	24,5	49				
47	31.05.2017	8:25	508	24,7	48,5				
52	31.05.2017	8:30	516	24,9	48,1		3	1	oben
57	31.05.2017	8:35	557	25,1	47,9		3	1	oben
62	31.05.2017	8:40	583	25,2	48,2		1	1	unten
67	31.05.2017	8:45	629	25,2	48,4	20	2	1	unten
72	31.05.2017	8:50	549	25,1	48,4	20	8	4	unten
77	31.05.2017	8:55	607	25,2	48,8	10	18	2	unten
82	31.05.2017	9:00	625	25,1	48,4	30	20	2	unten
87	31.05.2017	9:05	639	25,2	48	30	21	2	unten
92	31.05.2017	9:10	624	25,2	47,8	30	21	2	unten
97	31.05.2017	9:15	623	25,3	47,5	30	20	2	unten
102	31.05.2017	9:20	598	25,3	46,9	30	21	2	unten
107	31.05.2017	9:25	603	25,4	46,5	30	21	4	unten
112	31.05.2017	9:30	614	25,4	46,4	30	1	1	unten
117	31.05.2017	9:35	533	25,2	45,6	30	1	1	unten
122	31.05.2017	9:40	544	25,2	45,2	30	1	1	unten
127	31.05.2017	9:45	513	25,1	44,8	30	3	1	unten
132	31.05.2017	9:50	524	24,9	44,7	30	3	1	unten
137	31.05.2017	9:55	516	24,7	44,9	30	20	4	oben
142	31.05.2017	10:00	575	24,8	45,9	20	21	2	oben
147	31.05.2017	10:05	630	24,9	46,3	20	21	2	oben
152	31.05.2017	10:10	655	25	46,1	20	21	2	oben
157	31.05.2017	10:15	741	25,1	46,4	20	21	2	oben
162	31.05.2017	10:20	712	25,2	45,7	20	21	2	halb oben
167	31.05.2017	10:25	756	25,2	46	20	21	2	halb oben
172	31.05.2017	10:30	771	25,2	45,9	20	20	2	halb oben
177	31.05.2017	10:35	727	25,3	45,4	20	21	2	halb oben
182	31.05.2017	10:40	756	25,3	45,6	20	21	2	halb oben
187	31.05.2017	10:45	796	25,5	45,7	20	20	2	halb oben
192	31.05.2017	10:50	827	25,6	45,6	20	21	2	halb oben
197	31.05.2017	10:55	876	25,7	45,9	20	20	2	halb oben
202	31.05.2017	11:00	896	25,7	45,9	20	21	2	halb oben
207	31.05.2017	11:05	874	25,7	45,4	30	21	2	halb oben
212	31.05.2017	11:10	863	25,7	45,4	30	21	2	halb oben
217	31.05.2017	11:15	674	25,7	43,2	30	21	2	halb oben
222	31.05.2017	11:20	737	25,6	43,7	30	21	2	halb oben
227	31.05.2017	11:25	696	25,6	43,1	30	21	2	halb oben
232	31.05.2017	11:30	775	25,6	43,9	30	21	4	halb oben
237	31.05.2017	11:35	674	25,6	43,8	30	1	1	halb oben
242	31.05.2017	11:40	894	25,7	45,4	30	2	1	halb oben
247	31.05.2017	11:45	801	25,7	45	30	1	1	halb oben
252	31.05.2017	11:50	780	25,7	44,9	10	19	2	halb oben
257	31.05.2017	11:55	887	25,8	45,5	20	1	1	halb oben
262	31.05.2017	12:00	793	25,7	44,9	20	1	1	halb oben
267	31.05.2017	12:05	690	25,7	44	20	1	1	halb oben
272	31.05.2017	12:10	722	25,7	44,5	20	1	1	halb oben
277	31.05.2017	12:15	668	25,7	43,8	20	1	1	halb oben
282	31.05.2017	12:20	665	25,7	44,1				
287	31.05.2017	12:25	637	25,7	43,4				
292	31.05.2017	12:30	631	25,7	43,8				
297	31.05.2017	12:35	660	25,7	44,1				
302	31.05.2017	12:40	591	25,7	43,1				
307	31.05.2017	12:45	676	25,6	44,4				
312	31.05.2017	12:50	676	25,7	44,4				
317	31.05.2017	12:55	568	25,6	42,9				
322	31.05.2017	13:00	547	25,6	42,5		1	1	halb oben
327	31.05.2017	13:05	550	25,6	42,8		1	1	halb oben



Untersuchungen des Gesundheitsamtes zur Raumlufthygiene – 31.05.2017 – Raum 1.22

Messgeraet:	Woehler CDL 210									
Startzeit:	31.05.2017 08:02									
Lograte:	60 s									
Messreihen:	305									
Temperatur E	Celsius									
Seriennummer	12345678									
Bemerkung:	Raum 1.22									
Datensatz	Datum:	Zeit:	CO2:	Temperatur:	rel. Luftfeuchte:	Lüftungsindex:	Anzahl Personen:	Aktivität:	Sonnenschutz:	
4	31.05.2017	8:05	451	22,8	51,4					
9	31.05.2017	8:10	427	23,3	50,2					
14	31.05.2017	8:15	417	23,6	49,4					
19	31.05.2017	8:20	414	23,8	48,7					
24	31.05.2017	8:25	416	24,1	48,2					
29	31.05.2017	8:30	418	24,2	47,7					
34	31.05.2017	8:35	421	24,2	47,1	10	1	1		
39	31.05.2017	8:40	428	24,3	46,9	20	3	1 an		
44	31.05.2017	8:45	436	24,3	46,8	10	3	1 an		
49	31.05.2017	8:50	479	24,4	47,1	10	1	1 an		
54	31.05.2017	8:55	482	24,4	47	30	19	2 an		
59	31.05.2017	9:00	555	24,4	47,2	20	19	2 an		
64	31.05.2017	9:05	570	24,5	47,2	20	19	2 an		
69	31.05.2017	9:10	671	24,6	47,7	20	19	2 an		
74	31.05.2017	9:15	615	24,6	46,8	20	19	2		
79	31.05.2017	9:20	554	24,4	46,1	20	19	2		
84	31.05.2017	9:25	591	24,4	46,3	20	18	2		
89	31.05.2017	9:30	536	24,3	45,5	30	2	1		
94	31.05.2017	9:35	455	24,1	44,8	30	1	1		
99	31.05.2017	9:40	442	23,9	45,4	30	1	1		
104	31.05.2017	9:45	434	23,9	45,7	30	1	1		
109	31.05.2017	9:50	429	23,9	45,8	30	1	1		
114	31.05.2017	9:55	422	23,9	45,7	30	1	1		
119	31.05.2017	10:00	475	23,9	46,2	30	19	2		
124	31.05.2017	10:05	565	24,1	47,2	30	21	4		
129	31.05.2017	10:10	637	24,3	47,5	20	19	4		
134	31.05.2017	10:15	656	24,5	47	20	19	4		
139	31.05.2017	10:20	584	24,6	46,2	20	19	2		
144	31.05.2017	10:25	565	24,6	45,5	30	20	2		
149	31.05.2017	10:30	563	24,6	45,1	30	18	2		
154	31.05.2017	10:35	539	24,6	45	30	17	2		
159	31.05.2017	10:40	453	24,3	44,3	30	17	2		
164	31.05.2017	10:45	506	24,3	45,5	20	16	2		
169	31.05.2017	10:50	462	24,2	44,3	20	16	4		
174	31.05.2017	10:55	445	24,1	44,2	20	19	2		
179	31.05.2017	11:00	500	24,2	44,7	20	19	2		
184	31.05.2017	11:05	507	24,2	42,9	20	19	4		
189	31.05.2017	11:10	452	24,1	43,1	20	1	1		
194	31.05.2017	11:15	457	24,2	43,5	30	1	1		
199	31.05.2017	11:20	464	24,3	43,3	20	1	1		
204	31.05.2017	11:25	450	24,3	43	20	1	1		
209	31.05.2017	11:30	462	24,4	43,2	20	1	1		
214	31.05.2017	11:35	440	24,3	42,6	30	1	1		
219	31.05.2017	11:40	432	24,3	42,2	30	1	1		
224	31.05.2017	11:45	415	24,2	41,6	30	1	1		
229	31.05.2017	11:50	425	24,3	42	20	2	1		
234	31.05.2017	11:55	417	24,2	41,9	20	1	1		
239	31.05.2017	12:00	396	24,2	41,7	20	2	1		
244	31.05.2017	12:05	392	24,1	41,6	10	1	1		
249	31.05.2017	12:10	391	24,2	42	10	1	1		
254	31.05.2017	12:15	424	24,4	42,1	10	3	1		
259	31.05.2017	12:20	439	24,6	42,3	10	1	1		
264	31.05.2017	12:25	448	24,7	42,2					
269	31.05.2017	12:30	479	24,8	42,5	10	4	1		
274	31.05.2017	12:35	496	24,9	42,6	20	5	4		
279	31.05.2017	12:40	546	25,1	43	20	3	1		
284	31.05.2017	12:45	567	25,2	43	20	1	1		
289	31.05.2017	12:50	575	25,3	43	20	1	1		
294	31.05.2017	12:55	590	25,4	43,1	20	1	1		
299	31.05.2017	13:00	582	25,4	43	20	1	1		
304	31.05.2017	13:05	572	25,4	42,9	10	1	1		

## Untersuchungen des Gesundheitsamtes zur Raumlufthygiene – 31.05.2017 – Raum 2.10

Messgeraet:	Woehler CDL 210									
Startzeit:	31.05.2017 12:06									
Lograte:	60 s									
Messreihen:	62									
Temperatur E	Celsius									
Seriennumme	12345678									
Bemerkung:	Raum 2.10									
Datensatz	Datum:	Zeit:	CO2:	Temperatur	rel. Luftfeud	Lüftungsind	Anzahl Per	Aktivität:	Sonnenschutz:	
	31.05.2017	8:00	494	23,8	58,5	20	1	1 3		
	31.05.2017	8:05	491	24,3	57,6	20	1	1 3		
	31.05.2017	8:10	496	24,7	56,8	20	1	1 3		
	31.05.2017	8:15	502	25	56,5	20	1	1 3		
	31.05.2017	8:20	523	25,2	56,3	20	16	2 3		
	31.05.2017	8:25	653	25,4	56,2	20	16	3 3		
	31.05.2017	8:30	719	25,5	56,1	10	16	3 3		
	31.05.2017	8:35	819	25,8	56,2	10	16	3 3 auf 1/2		
	31.05.2017	8:40	863	25,8	56,2	10	16	3 3		
	31.05.2017	8:45	958	25,9	57	20	14	2 3		
	31.05.2017	8:50	986	25,9	57,6	20	17	2 3		
	31.05.2017	8:55	1090	26	58,4	20	15	2 3		
	31.05.2017	9:00	1104	26	58,3	10	24	2 3		
	31.05.2017	9:05	1179	26,1	58,8	10	24	2 3		
	31.05.2017	9:10	1325	26,1	59,2	10	24	2 3		
	31.05.2017	9:15	1393	26,2	59,6	10	24	2 3		
	31.05.2017	9:20	1493	26,2	59,9	10	24	2 3		
	31.05.2017	9:25	1564	26,2	60,5	10	24	2 3		
	31.05.2017	9:30	1574	26,2	59,9	30	1	1 3		
	31.05.2017	9:35	1251	26,2	59,1	30	1	1 3		
	31.05.2017	9:40	711	26,2	57,3	30	1	1 3		
	31.05.2017	9:45	699	26,1	56,9	30	1	1 3		
	31.05.2017	9:50	646	26,1	56,5	30	1	1 3		
	31.05.2017	9:55	593	26,1	55,9	10	24	2 3		
	31.05.2017	10:00	723	26,1	56,4	20	24	2 3		
	31.05.2017	10:05	896	26,2	57,5	20	24	2 3		
	31.05.2017	10:10	1026	26,3	57,8	20	24	2 3		
	31.05.2017	10:15	1081	26,3	58	20	24	2 3 auf 1/2		
	31.05.2017	10:20	1190	26,4	58,6	20	24	2 3 auf 1/2		
	31.05.2017	10:25	1300	26,5	59	20	24	2 3 auf 1/2		
	31.05.2017	10:30	1325	26,6	59,1	20	26	2 3 auf 1/2		
	31.05.2017	10:35	1382	26,6	59,6	20	26	2 3 auf 1/2		
	31.05.2017	10:40	1130	26,6	57,9	25	23	2 3 auf 1/2		
	31.05.2017	10:45	963	26,6	56,9	25	24	2 3 auf 1/2		
	31.05.2017	10:50	806	26,5	55,6	30	24	2 3 auf 1/2		
	31.05.2017	10:55	748	26,7	55,2	30	24	2 3 auf 1/2		
	31.05.2017	11:00	779	26,7	54,7	30	23	4 3 auf 1/2		
	31.05.2017	11:05	735	26,1	53,8	30	24	2 3 auf 1/2		
	31.05.2017	11:10	725	26,7	53,4	30	24	2 3 auf 1/2		
	31.05.2017	11:15	728	26,7	53,3	30	24	2 3 auf 1/2		
	31.05.2017	11:20	742	26,7	52,9	30	24	2 3 auf 1/2		
	31.05.2017	11:25	738	26,1	52,9	30	22	2 3 auf 1/2		
	31.05.2017	11:30	698	26,7	52,8	30	1	1 3 auf 1/2		
	31.05.2017	11:35	641	26,6	52	30	1	1 3 auf 1/2		
	31.05.2017	11:40	602	26,6	51,7	30	1	1 3 auf 1/2		
	31.05.2017	11:45	581	26,6	51,3	30	1	1 3 auf 1/2		
	31.05.2017	11:50	571	26,6	51	30	1	1 3 auf 1/2		
	31.05.2017	11:55	566	26,6	50,8	30	1	1 3 auf 1/2		
	31.05.2017	12:00	554	26,5	50,6	30	1	1 3 auf 1/2		
	31.05.2017	12:05								
	31.05.2017	12:10	553	26,5	50,4					
	31.05.2017	12:15	547	26,4	50,4					
	31.05.2017	12:20	544	26,4	50,2					
	31.05.2017	12:25	545	26,4	49,9					
	31.05.2017	12:30	546	26,4	50					
	31.05.2017	12:35	546	26,3	49,8					
	31.05.2017	12:40	549	26,4	49,9					
	31.05.2017	12:45	558	26,3	49,8					
	31.05.2017	12:50	561	26,3	49,9					
	31.05.2017	12:55	574	26,3	49,8					
	31.05.2017	13:00	593	26,3	49,9					
	31.05.2017	13:05	599	26,3	49,7					

Untersuchungen des Gesundheitsamtes zur Raumlufthygiene – 31.05.2017 – Raum 2.24

Messgeraet:	Woehler CDL 210										
Startzeit:	31.05.2017 08:07										
Lograte:	60 s										
Messreihen:	335										
Temperatur E	Celsius										
Seriennumme	12345678										
Bemerkung:	Grundschule Rebstock 31.05.17										
Gerät 2, Raum 224											
Datensatz	Datum:	Zeit	CO2	CO2-monitor	Temperatur	rel. Luftfeuchte	Lüftungsindex	zahl Person	Aktivität:	Sonnenschutz:	
4	31.05.2017	8:10	446		23,2	49,9	10				
9	31.05.2017	8:15	424		23,7	49,2	10	0		-	
14	31.05.2017	8:20	411		23,9	48,1	10	19	3	-	
19	31.05.2017	8:25	513		24,2	49	10	18	3	-	
24	31.05.2017	8:30	599		24,5	49	10	18	3	-	
29	31.05.2017	8:35	625		24,7	48,2	20	18	3	+	
34	31.05.2017	8:40	565		24,7	46,5	20	18	3	+	
39	31.05.2017	8:45	574	655	24,7	46,1	20	20	3	+	
44	31.05.2017	8:50	580	655	24,7	45,8	20	20	3	+	
49	31.05.2017	8:55	596	648	24,7	45,6	20	20	2	+	
54	31.05.2017	9:00	655	685	24,7	46,1	20	20	2	+	
59	31.05.2017	9:05	599	662	24,6	45,7	10	20	3	+	
64	31.05.2017	9:10	783	808	24,8	47,2	10	22	3	+	
69	31.05.2017	9:15	878	1025	24,9	48,9	0	22			
74	31.05.2017	9:20	1009	1085	25,2	49,6	0	22			
79	31.05.2017	9:25	1100	1215	25,3	49,6	20	1	1	+	
84	31.05.2017	9:30	769		25,2	46,5					
89	31.05.2017	9:35	588	705	25	45,4	10	1	1	+	
94	31.05.2017	9:40	538	618	24,9	44,8	10	1	1	+	
99	31.05.2017	9:45	483	574	24,8	44,4	10	1	1	+	
104	31.05.2017	9:50	472	527	24,8	44,4	10	1	1	+	
109	31.05.2017	9:55	517	523	24,7	44,8	20	1	1	+	
114	31.05.2017	10:00	491	538	24,7	44,3	10	22	4	+	
119	31.05.2017	10:05	522	560	24,7	45	10	20	2	+	
124	31.05.2017	10:10	567	630	24,7	45,4	20	18	2	+	
129	31.05.2017	10:15	580	649	24,8	45,3	20	20	4	+	
134	31.05.2017	10:20	594	638	24,8	45,2	10	20	2	+	
139	31.05.2017	10:25	649	668	24,9	45,7	20	18	2	+	
144	31.05.2017	10:30	713	752	25	47,1	20	17	4	+	
149	31.05.2017	10:35	710	747	25,1	46,8	10	19	2/4	+	
154	31.05.2017	10:40	693	717	25,1	46,5	10	20	2/4	+	
159	31.05.2017	10:45	709	755	25,2	46,1	10	20	2/4	+	
164	31.05.2017	10:50	668	782	25,2	45,3	10	22	2/4	+	
169	31.05.2017	10:55	549	592	25,2	43,6	20	19	2/4	+	
174	31.05.2017	11:00	676	666	25,3	44,6	20	18	2/4	+	
179	31.05.2017	11:05	693	713	25,3	44,4	10	19	2	+	
184	31.05.2017	11:10	691	742	25,3	44,2	20	19	2	+	
189	31.05.2017	11:15	670	719	25,3	43,7	20	19	2	+	
194	31.05.2017	11:20	671	708	25,4	43,5	20	19	2	+	
199	31.05.2017	11:25	633	717	25,4	43,2	20	19	2	+	
204	31.05.2017	11:30	683	738	25,4	43,2	30	6	1	+	
209	31.05.2017	11:35	608	690	25,4	42,7	20	4	1	+	
214	31.05.2017	11:40	595	654	25,3	42,7	20	3	1	+	
219	31.05.2017	11:45	561	617	25,3	42,2	30	3	1	+	
224	31.05.2017	11:50	540	603	25,3	42	30	3	1	+	
229	31.05.2017	11:55	521	588	25,3	41,8	30	3	1	+	
234	31.05.2017	12:00	540	607	25,3	42,5	30	4	1	+	
239	31.05.2017	12:05	578	618	25,3	43,3	30	4	1	+	
244	31.05.2017	12:10	555	649	25,4	42,9	30	4	1	+	
249	31.05.2017	12:15	582		25,2	42,8					
254	31.05.2017	12:20	497		25,4	41,6					
259	31.05.2017	12:25	453		25,3	39,6					
264	31.05.2017	12:30	433		25,3	39,6					
269	31.05.2017	12:35	406		25,2	38,8					
274	31.05.2017	12:40	388		25,1	38,8					
279	31.05.2017	12:45	378		25	39,2					
284	31.05.2017	12:50	380	430	25	39,7	30	0	1	+	
289	31.05.2017	12:55	411		25,1	40,2					
294	31.05.2017	13:00	396		24,9	40,3					
299	31.05.2017	13:05	382		25	39,4					
304	31.05.2017	13:10	391	433	25	39,9	30	15	4	+	
309	31.05.2017	13:15	504	521	25,1	42	30	19	4	+	
314	31.05.2017	13:20	464	521	25,2	40,9	30	15	4	+	
319	31.05.2017	13:25	460	504	25,2	40,4	30	4	1	+	
324	31.05.2017	13:30	435	498	25,2	40,1	30	4	1	+	
329	31.05.2017	13:35	408	471	25,1	41,2	30	4	1	+	
334	31.05.2017	13:40	401	456	24,7	41,1	30	4	1	+	

**Stadt Frankfurt am Main  
Der Magistrat – Hochbauamt  
Frau Eva Hanf-Dressler  
Gerbermühle 48  
60594 Frankfurt am Main**

vorab per Email an: [eva.hanf-dressler@stadt-frankfurt.de](mailto:eva.hanf-dressler@stadt-frankfurt.de);  
[katrin.steul@stadt-frankfurt.de](mailto:katrin.steul@stadt-frankfurt.de)

## **Untersuchungsbericht**

**Auftragsnummer 8353/2017**

05.04.2017

### **Raumluft-Untersuchungen**

**Objekt: Grundschule Rebstock, Leonardo-da-Vinci-Allee 11, 60486 Frankfurt/M**

Sehr geehrte Frau Hanf-Dressler,

vielen Dank für Ihren Auftrag. Anbei übersenden wir Ihnen die Ergebnisse der Untersuchung mit unserer Bewertung und den Prüfberichten 2017-8353-1 bis -3.

### **Zusammenfassung und Handlungsempfehlung:**

Die Untersuchung von Raumluftproben aus den ausgewählten Räumen „Raum 1.08, Klasse 1c“, „Raum 1.22, Klasse 2a“, „Raum 2.10, Klasse 3c“ und „Raum 2.24, Klasse 4“ auf unpolare, polare, aldehydische und carbonsaure flüchtige organische Verbindungen hat unter nutzungsüblichen Bedingungen (technische und manuelle Raumlüftung, mit und ohne Schulbetrieb) keine Überschreitungen von Innenraum-Richtwerten erbracht. Nach dem TVOC-Bewertungsschema der Innenraumrichtwert-Kommission ist die Raumluft unter den angetroffenen Bedingungen nach Stufe 1 als „hygienisch unbedenklich“ einzustufen. Eine toxikologisch begründete gesundheitliche Gefährdung leitet sich aus dem Untersuchungsbericht daher nicht ab.

Aus dem Untersuchungsbefund ergibt sich kein Handlungsbedarf.

Mit freundlichen Grüßen

Dr. Wigbert Maraun  
Dipl.-Chem.

*von der IHK Frankfurt am Main öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger  
für Geruchsbelastungen und Schadstoffe in Innenräumen*

Sofern mit dem Auftraggeber nicht anders vereinbart, werden bei der Analyse nicht verwendete Anteile von Proben für drei Monate nach Ausgang des Untersuchungsberichtes zurückgestellt. Nach Ablauf der Rückstellfrist werden Probenreste entweder von uns ordnungsgemäß entsorgt oder bei als Sonderabfall zu behandelnden Proben an den Auftraggeber auf dessen Kosten zurückgesandt. Es gelten die Allgemeinen Geschäftsbedingungen der ARGUK-Umweltlabor GmbH, einsehbar auf unserer Internet-Seite [www.arguk.de](http://www.arguk.de).



## Gutachterliche Bewertung

**Auftraggeber:** Stadt Frankfurt am Main  
Der Magistrat – Hochbauamt  
Gerbermühle 48  
60594 Frankfurt am Main

**Durchführung:** Dr. Wigbert Maraun, Dipl.-Chem.,  
Ortsbegehung und Probenahme am 28.03.2017

**Objekt:** Grundschule Rebstock, Leonardo-da-Vinci-Allee 11, 60486 Frankfurt/M

### Untersuchungsauftrag

Durchführung von Raumluf-Untersuchungen zur Feststellung von Innenraum-Belastungen durch unpolare, polare, aldehydische und carbonsaure flüchtige organische Verbindungen in vier Klassenräumen der Grundschule Rebstock.

### Ortsbeschreibung:

Bei dem betreffenden Gebäude handelt es sich um ein Schulgebäude, das im Jahr 2014 für den Grundschulbetrieb eröffnet wurde. Die beprobten Räume werden als Klassenräume genutzt. Die Räume sind nutzungsgemäß mit Mobiliar ausgestattet, als Bodenbelag ist Linoleum verlegt.

Die Räume wurden nutzungsüblich mit in Betrieb befindlicher Lüftungsanlage und mit der Vorgabe einer nutzungsüblichen Fensterlüftung angetroffen.

### Vorgehensweise:

In den seitens des Auftraggebers ausgewählten Räumen „Raum 1.08, Klasse 1c“, „Raum 1.22, Klasse 2a“, „Raum 2.10, Klasse 3c“ und „Raum 2.24, Klasse 4“ wurde die Raumluf über jeweils ca. eine Stunde lang über verschiedene Sammelmedien mittels elektronisch geregelter Pumpen gezogen. Der Raum „Raum 1.08, Klasse 1c“ wurde dabei ohne Nutzung von ca. 8 bis 9:15 beprobt, zeitlich parallel der Raum „Raum 1.22, Klasse 2a“, hier mit Nutzung ab ca. 8:45. Im Raum „Raum 2.10, Klasse 3c“ fand während der Probenahme von ca. 10 bis 11:15 nutzungsüblicher Unterricht statt, im „Raum 2.24, Klasse 4“ bis ca. 10:50 Uhr bei einer Probenahme von ebenfalls ca. 10 bis 11:15.

### Allgemeiner Hinweis:

Bei der Interpretation der Messwerte zu einer entnommenen Raumlufprobe ist der angetroffene Lüftungszustand zu beachten. Im Regelfall erfolgt die Probenahme in einem ungelüfteten Raum unter sog. *worst case*-Bedingung. Bei einem nutzungsüblichen Zustand des Raumes mit stärkerer Lüftung werden sich, in Abhängigkeit von dem Luftwechsel, geringere Konzentrationen ergeben.



## Einleitung:

Zur Beurteilung von Raumluft-Konzentrationen in einem Innenraum existieren nur für wenige Substanzen Innenraum-Richtwerte. Deshalb wird ergänzend und hilfsweise auch auf statistisch für Wohn-Innenräume abgeleitete Orientierungswerte der Arbeitsgemeinschaft Ökologischer Forschungsinstitute (AGÖF-Orientierungswerte) zurückgegriffen. Vergleichbare Orientierungswerte sind in der Literatur genannt (Schleibinger 2002). Diese Werte sind nicht toxikologisch begründet, sondern statistisch aus der Untersuchung von ca. 2000 Luftproben abgeleitet. Es lassen sich damit technisch erreichbare Ziele bzw. Auffälligkeiten beschreiben. Die Orientierungswerte können auch unter dem Aspekt der Gesundheitsvorsorge verstanden werden, soweit toxikologische Informationen zu den jeweiligen Substanzen vorliegen. Sie bedeuten **keine Grenz- oder Richtwerte**. Das Auslösen gesundheitlicher Beschwerden kann auch bei einer Überschreitung der Orientierungswerte damit nicht ohne weiteres in Zusammenhang gebracht werden. Dies ist im Einzelfall gesondert zu beurteilen.

Die Innenraum-Richtwerte des Ausschusses für Innenraumrichtwerte (vormals Ad-hoc-Arbeitsgruppe Innenraumrichtwerte der IRK / AOLG beim Umweltbundesamt) sind toxikologisch auch unter Berücksichtigung empfindlicher Personen abgeleitet. Bei der Ableitung des Innenraum-Richtwertes für die C<sub>4</sub>-C<sub>9</sub>-Aldehyde ist auch eine sensorische Komponente eingeflossen.

Aus der Ableitung wird ein Richtwert II als „Gefahrenwert“ begründet und aus diesem der Richtwert I als „Vorsorgewert“. Bei Unterschreitung des Vorsorgewertes ist eine gesundheitliche Gefährdung nicht zu befürchten.

Für Schulräume existieren keine eigenständigen Innenraum-Richtwerte.

## Befund und Bewertung:

### 1. Flüchtige organische Verbindungen in der Raumluft

#### 1.1 Unpolare und polare flüchtige organische Verbindungen in der Raumluft (VOC)

In allen Raumluftproben (s. Prüfbericht 2017-8353-1) wurden Kohlenwasserstoff (KW)-Verbindungen z.T. aus der Gruppe der Alkane und Cycloalkane, der Aromaten, der Terpene, der Carbonsäureester, der Aldehyde, der Ketone und der Siloxane angetroffen.

Für die entnommenen Raumluftproben wurden die nachstehenden Gehalte der unpolaren und polaren VOC ermittelt. Dabei wird der Gesamtgehalt der nachgewiesenen Verbindungen („identifizierte VOC“) sowie der TVOC-Gehalt als Gesamtgehalt an identifizierten und der als Toluol-Äquivalente berechneten nicht identifizierten flüchtigen organischen Verbindungen angegeben:

Raum:	identifizierte VOC	TVOC-Gehalt /Gesamtgehalt
Raum 1.08, Klasse 1c	26	48
Raum 1.22, Klasse 2a	18	43
Raum 2.10, Klasse 3c	15	33
Raum 2.24, Klasse 4a	41	85

Konzentrationen in µg/m<sup>3</sup>



Bericht 8353/2017

05.04.2017

Seite 3

Für flüchtige organische Verbindungen existieren bislang nur wenige Richtwerte für die Raumluft nicht-gewerblicher Innenräume der Ad-hoc-Arbeitsgruppe Innenraumrichtwerte der IRK / AOLG beim Umweltbundesamt, jetzt Ausschuss für Innenraum-Richtwerte (AIR):

Substanz	RW II	RW I	Messwert Raum 1.08, Klasse 1c	Messwert Raum 1.22, Klasse 2a	Messwert Raum 2.10, Klasse 3c	Messwert Raum 2.24, Klasse 4a
Aromatenarme KW-Gemische (C <sub>9</sub> -C <sub>14</sub> , Alkane, Isoalkane)	2.000	200	< 10	< 10	< 10	< 10
Toluol	3.000	300	3	4	4	3
Ethylbenzol	2.000	200	< 1	1	< 1	< 1
Dimethylbenzole (Summe Xylole)	800	100	2	2	2	2
C <sub>9</sub> -C <sub>15</sub> -Alkylbenzol (Summe)	1.000	100	< 10	< 10	< 10	< 10
Styrol	300	30	< 2	< 2	< 2	< 2
Monocyclische Terpene (Leitsubstanz d-Limonen)	10.000	1.000	< 5	< 5	3	< 5
Bicyclische Terpene (Leitsubstanz alpha-Pinen)	2.000	200	< 10	< 10	< 10	< 10
Benzylalkohol	4.000	400	< 1	< 1	< 1	< 1
2-Ethyl-1-Hexanol	1000	100	< 1	< 1	< 1	< 1
1-Butanol	2000	700**	< 1	< 1	< 1	< 1
Methylisobutylketon (MIBK)	1000	100	< 1	< 1	< 1	< 1
1-Methyl-2-pyrrolidon	1000	100	< 1	< 1	< 1	< 1
Zyklische Dimethylsiloxane D3-D6 (Summenwert)	4000	400	4	1	< 5	3
DEGME	6.000	2.000	< 1	< 1	< 1	< 1
DEGDME	300	30	< 1	< 1	< 1	< 1
EGEE	1.000	100	< 1	< 1	< 1	< 1
EGEEA	2.000	200	< 1	< 1	< 1	< 1
DEGEE	2.000	700	< 1	< 1	< 1	< 1
EGBE	1.000	100	< 1	< 1	< 1	< 1
EGBEA	2.000	200	< 1	< 1	< 1	< 1
DEGBE	1.000	400	< 1	< 1	< 1	< 1
EGHE	1.000	100	< 1	< 1	< 1	< 1
2PG1ME	10.000	1.000	< 1	< 1	< 1	< 1
DPGME	7.000	2.000	< 1	< 1	< 1	< 1
2PG1EE	3.000	300	< 1	< 1	< 1	< 1
2PG1tBE	3.000	300	< 1	< 1	< 1	< 1
Trichlorethen (TRI)		20*	< 1	< 1	< 1	< 1
Tetrachlorethen (PER)	100*		< 1	< 1	< 1	< 1

Konzentrationen in µg/m<sup>3</sup> <: weniger als Bestimmungsgrenze

RW II: Gefahrenwert/Einschreitwert RW I: Vorsorgewert

\*\* Der RW I liegt über der Geruchswahrnehmungsschwelle von 100 µg/m<sup>3</sup>, sodass eine gesonderte Bewertung der geruchlichen Wahrnehmung von Butanol bei Raumluftkonzentrationen über 100 µg/m<sup>3</sup> erforderlich ist.

Messwerte gerundet

\* als 7-Tage-Mittelwert

**Für die vorstehend aufgeführten Substanzen aus dem Untersuchungsspektrum liegt für alle Raumluftproben keine Überschreitung eines RW I (Vorsorgewertes) oder gar eines RW II (Gefahrenwert) vor.**



Bericht 8353/2017

05.04.2017

Seite 4

Die Ad-hoc-Arbeitsgruppe Innenraumrichtwerte der IRK / AOLG beim Umweltbundesamt (jetzt: Ausschuss für Innenraum-Richtwerte) hat für die TVOC-Beurteilung Empfehlungen abgegeben (Ad-hoc-Arbeitsgruppe Innenraumrichtwerte der Innenraumlufthygiene-Kommission des Umweltbundesamtes und der Obersten Landesgesundheitsbehörden: Beurteilung von Innenraumluftkontaminationen mittels Referenz- und Richtwerten, Bundesgesundheitsbl – Gesundheitsforsch – Gesundheitsschutz 2007 50:990-1005)

Stufe	Konzentrationsbereich	Hygienische Bewertung	Empfehlungen
1	weniger als 300	hygienisch unbedenklich, i.d.R. keine Beschwerden	keine weiteren Maßnahmen
2	300 bis 1000	Hygienisch noch unbedenklich, soweit keine Richtwertüberschreitungen für Einzelstoffe, in Einzelfällen Beschwerden oder Geruchswahrnehmungen	Ausreichend Lüften VOC-Quellen ermitteln Nachmessungen zur Kontrolle von Richtwertüberschreitungen unter Nutzungsbedingungen
3	1000 bis 3000	Hygienisch auffällig nur befristete Nutzung (< 12 Monate) Innerhalb von ca. 6 Monaten sollten TVOC-Werte deutlich unter den Anfangswert liegen; Fälle von Beschwerden oder Geruchswahrnehmungen	Richtwertüberschreitungen umgehend durch Nachmessung unter Nutzungsbedingung überprüfen Auffällige Referenzwertüberschreitungen auf gesundheitliche Relevanz überprüfen Quellensuche und intensives Lüften Kontrollmessung nach 1 Monat unter Nutzungsbedingungen
4	3000 bis 10000	Hygienisch bedenklich nur befristete Nutzung (< 1 Monat) TVOC-Konzentration innerhalb eines Monats unter 3000 µg/m <sup>3</sup> absenken; Fälle mit Häufung von Beschwerden oder Geruchswahrnehmungen	Richtwertüberschreitungen umgehend durch Nachmessung unter Nutzungsbedingung überprüfen Auffällige Referenzwertüberschreitungen auf gesundheitliche Relevanz überprüfen. Toxikologische Bewertung von Einzelstoffen o. Stoffgruppen erforderlich Quellensuche, intensiv lüften, Nutzungsbedingungen festlegen, Aufenthalt nur mit zeitlicher Beschränkung durch Gesundheitsamt Kontrollmessungen nach ca. 1 Monat (unter Nutzungsbedingungen) Sanierungsmaßnahmen, falls TVOC-Wert nach 1 Monat über 3000 µg/m <sup>3</sup>
5	10000 bis 25000	Hygienisch inakzeptabel Raumnutzung möglichst vermeiden; In der Regel Beschwerden und Geruchswahrnehmungen	Richtwertüberschreitungen umgehend durch Nachmessung unter Nutzungsbedingung überprüfen Auffällige Referenzwertüberschreitungen auf gesundheitliche Relevanz überprüfen. Toxikologische Bewertung von Einzelstoffen o. Stoffgruppen erforderlich Quellensuche, intensiv lüften, Nutzungsbedingungen festlegen, Aufenthalt nur mit zeitlicher Beschränkung durch Gesundheitsamt Kontrollmessungen nach ca. 1 Monat (unter Nutzungsbedingungen) Sanierungsmaßnahmen, falls TVOC-Wert nach 1 Monat über 3000 µg/m <sup>3</sup>

**Konzentrationen in µg/m<sup>3</sup>**





Danach ergibt sich für die beprobten Räume folgende Einstufung:

Raum:	TVOC-Gehalt / Gesamtgehalt	Hygienische Bewertung	Empfehlungen
Raum 1.08, Klasse 1c	48	<b>Stufe 1:</b> hygienisch unbedenklich, i.d.R. keine Beschwerden	keine weiteren Maßnahmen
Raum 1.22, Klasse 2a	43	<b>Stufe 1:</b> hygienisch unbedenklich, i.d.R. keine Beschwerden	keine weiteren Maßnahmen
Raum 2.10, Klasse 3c	33	<b>Stufe 1:</b> hygienisch unbedenklich, i.d.R. keine Beschwerden	keine weiteren Maßnahmen
Raum 2.24, Klasse 4a	85	<b>Stufe 1:</b> hygienisch unbedenklich, i.d.R. keine Beschwerden	keine weiteren Maßnahmen

#### Konzentrationen in $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Bei der Zuordnung ist zu beachten, dass es sich hierbei nicht um exakt einzuhaltende Grenzen einer Belastung handelt.

*Alle Raumluftproben sind in die **Stufe 1 [hygienisch unbedenklich]** einzuordnen. Darüber hinaus bestehen keine Richtwertüberschreitungen eines Vorsorgewertes. Es sind daher keine weiteren Maßnahmen erforderlich.*

Ergänzend kann auf das TVOC-Konzept von Seifert, Umweltbundesamt, verwiesen werden. Demnach sollte in Räumen, die für einen längerfristigen Aufenthalt bestimmt sind, auf Dauer ein TVOC-Wert im Bereich von 1000-3000  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  nicht überschritten werden. [...] Ziel sollte es sein, in Innenräumen im langzeitigen Mittel eine TVOC-Konzentration von 200-300  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  zu erreichen bzw. nach Möglichkeit sogar zu unterschreiten" (Seifert 1999). (TVOC: Gesamtgehalt an flüchtigen organischen Verbindungen).

Raum:	TVOC	Zielbereich
Raum 1.08, Klasse 1c	48	<b>eingehalten</b>
Raum 1.22, Klasse 2a	43	<b>eingehalten</b>
Raum 2.10, Klasse 3c	33	<b>eingehalten</b>
Raum 2.24, Klasse 4a	85	<b>eingehalten</b>

#### Konzentrationen in $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Die Behörde für Umwelt und Gesundheit der Stadt Hamburg hatte vorläufige Richtwerte für nicht-gewerblich genutzte Räume vorgelegt (zwischenzeitlich nicht mehr publiziert):

Substanz	RW II	RW I	Messwert Raum 1.08, Klasse 1c	Messwert Raum 1.22, Klasse 2a	Messwert Raum 2.10, Klasse 3c	Messwert Raum 2.24, Klasse 4a
Methylmethacrylat	1000	100	< 1	< 1	< 1	< 1
TXIB	1000		< 1	< 1	< 1	< 1

Konzentrationen in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  <: weniger als (Bestimmungsgrenze)  
 RW II: Gefahrenwert/Einschreitungswert RW I: Vorsorgewert

Messwerte gerundet

*Eine Überschreitung der vorläufigen Innenraum-Richtwerte liegt für alle Raumluftproben nicht vor.*



Bericht 8353/2017

05.04.2017

Seite 6

Nachgewiesene Substanzen (solche ohne Richtwert) oberhalb des statistisch abgeleiteten AGÖF-Auffälligkeitswertes sind in der nachstehenden Tabelle aufgeführt: Dabei ist jedoch zu beachten, dass auf Grund seltenen Vorkommens die Auffälligkeits-Konzentrationen auch sehr niedrig (nahe 1 µg/m<sup>3</sup>) liegen können. Die allein stastisch abgeleiteten AGÖF-Werte stellen daher methodisch keine toxikologisch begründete Richt- oder gar Grenzwerte dar, sondern bedeuten zuerst einmal eine gutachterliche Hilfe.

Substanz (Stoffgruppe)	Vielfaches des Auffälligkeitswert Raum 1.08, Klasse 1c	Vielfaches des Auffälligkeitswert Raum 1.22, Klasse 2a	Vielfaches des Auffälligkeitswert Raum 2.10, Klasse 3c	Vielfaches des Auffälligkeitswert Raum 2.24, Klasse 4a	Technische Verwendung / Herkunft
3-Methylhexan	---	---	---	1,6 (6)	Lösemittel
2,4,4-Trimethylpentan	2,8 (1)	3,6 (1)	---	---	Lösemittel

**Konzentrationen in µg/m<sup>3</sup>** nur geringe Überschreitungen (Vielfaches < 1,5) werden nicht berücksichtigt.

In Klammern AGÖF-Auffälligkeitswert, gerundet, in µg/m<sup>3</sup>

Die als statistisch leicht erhöht angetroffenen Substanzen 3-Methylhexan und 2,4,4,-Trimethylpentan mit Gehalten zwischen 3 und 10 µg/m<sup>3</sup> werden als Lösemittel (in Gemischen) eingesetzt. Hilfsweise kann zur Bewertung auf den Innenraum-Richtwert für die C<sub>9</sub>-C<sub>14</sub>-Alkane von 200 µg/m<sup>3</sup> zurückgegriffen werden. Diesbezüglich können die vereinzelt erhöht angetroffenen Raumluftkonzentrationen als gesundheitlich nicht relevant eingestuft werden.

## 1.2 Aldehyde in der Raumluft

### 1.2.1 Formaldehyd in der Raumluft

In allen Raumluftproben wird Formaldehyd angetroffen (s. Prüfbericht 2017-8353-2).

Substanz	RW I	Messwert Raum 1.08, Klasse 1c	Messwert Raum 1.22, Klasse 2a	Messwert Raum 2.10, Klasse 3c	Messwert Raum 2.24, Klasse 4a
Formaldehyd	100	12	9	13	13

**Konzentrationen in µg/m<sup>3</sup>** <: weniger als (Bestimmungsgrenze)

Messwerte gerundet

RW II: Gefahrenwert/Einschreitewert

RW I: Vorsorgewert

Der Innenraum-Richtwert für Formaldehyd ist zwischenzeitlich von 120 auf 100 µg/m<sup>3</sup> abgesenkt worden. Alle Raumluftproben unterschreiten sehr weit den aktuellen Richtwert des Ausschusses für Innenraumrichtwerte von 100 µg/m<sup>3</sup>. Nach Auffassung des Ausschusses sollte eine Konzentration von 100 µg/m<sup>3</sup> auch kurzzeitig über einen Zeitraum von einer halben Stunde nicht überschritten werden, da bei empfindlichen Personen oberhalb dieser Konzentration eine sensorische Reizwirkung auftreten könnte. Durch die Neueinstufung von Formaldehyd als nachweislich krebserzeugenden Stoff ist eine aktualisierte Bewertung erforderlich geworden. Ab einer Formaldehyd-Raumluftkonzentration von mehr als 300 µg/m<sup>3</sup> sieht der Ausschuss ein theoretisches Krebsrisiko von 10<sup>-6</sup> bei lebenslanger Exposition als gegeben.


*Bericht 8353/2017*
*05.04.2017*
*Seite 7*

Für die Bewertung von **Formaldehyd** in der Raumluft existieren weitere unterschiedliche Beurteilungswerte:

**Weltgesundheitsorganisation (WHO)**

Langzeit-Richtwert (Unbedenklichkeitswert): ..... 63  $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Kurzzeit-Richtwert (30 min): ..... 100  $\mu\text{g}/\text{m}^3$

**Landesgesundheitsamt Hamburg (Landesgesundheitsamt HH)**

Richtwert I (Vorsorgewert, nutzungsüblich): ..... 30  $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Richtwert II (Einschreitewert): ..... 100  $\mu\text{g}/\text{m}^3$

**Orientierungswerte der Arbeitsgemeinschaft Ökologischer Forschungsinstitute (AGÖF)**

Normalwert: ..... 35  $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Handlungswert: ..... 81  $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Bei einer maximalen Formaldehyd-Konzentration der beprobten Raumluft von 13  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  werden auch die oben genannten ergänzenden Beurteilungswerte noch weit unterschritten.

Als gesundheitliche Auswirkungen von Formaldehyd werden insbesondere Reizungen der Augen- und Atemwegs-Schleimhäute oder Kopfschmerzen geschildert. Beschwerden durch Formaldehyd sind bei den vorgefundenen Raumluft-Konzentrationen u.E. nicht zu erwarten. Dazu sollte ggfs. ein umweltmedizinisch erfahrener Arzt befragt werden.

Als Quellen für Formaldehyd kommen üblicherweise Pressspan-Materialien oder auch verleimtes Holz in Betracht. Eine Quellenzuordnung ist bei den vorgefundenen Raumluftkonzentrationen schwierig und erscheint auch als nicht erforderlich. Es ist eher von diffus verteilten (schwachen) Quellen auszugehen, die eine Zuordnung zur festgestellten Raumluftkonzentration sehr wahrscheinlich nicht erlauben.

*Ein Handlungsbedarf leitet sich aus dem Messbefund zum Vorkommen von Formaldehyd in der Raumluft der beprobten Räume nicht ab.*



Bericht 8353/2017

05.04.2017

Seite 8

### 1.2.2 Höhere Aldehyde in der Raumluft

Für Aldehyde existieren Richtwerte für die Raumluft nicht-gewerblicher Innenräume der Ad-hoc-Arbeitsgruppe Innenraumrichtwerte der IRK / AOLG (jetzt: Ausschuss für Innenraumrichtwerte):

Substanz	RW II	RW I	Messwert Raum 1.08, Klasse 1c	Messwert Raum 1.22, Klasse 2a	Messwert Raum 2.10, Klasse 3c	Messwert Raum 2.24, Klasse 4a
Aldehyde C <sub>4</sub> -C <sub>11</sub>	2000	100	16	13	12	15
Acetaldehyd	1000	100	10	8	12	8
Benzaldehyd	200	20	2	2	1	2
Furfural	100	10	< 1	< 1	< 1	< 1

**Konzentrationen in µg/m<sup>3</sup>** <: weniger als (Bestimmungsgrenze)

Messwerte gerundet

RW II: Gefahrenwert/Einschreitungswert

RW I: Vorsorgewert

Der toxikologisch und unter Berücksichtigung der sensorischen Eigenschaften der Aldehyde abgeleitete **Innenraum-Richtwert** RW I (Vorsorgewert) von 100 µg/m<sup>3</sup> für die aliphatischen C<sub>4</sub>-C<sub>11</sub>-Aldehyde ist alle Raumluftproben bei einer Messwertspanne von 12 bis 16 µg/m<sup>3</sup> **sehr weit unterschritten**.

Der Innenraum-Richtwert RW I für den Einzelvertreter Acetaldehyd von 100 µg/m<sup>3</sup> ist für alle Raumluftproben bei einer Messwertspanne von 8 bis 12 µg/m<sup>3</sup> sehr weit unterschritten.

Der Innenraum-Richtwert RW I für den Einzelvertreter Benzaldehyd von 20 µg/m<sup>3</sup> ist für alle Raumluftproben bei einer Messwertspanne von 1 bis 2 µg/m<sup>3</sup> sehr weit unterschritten.

Der Innenraum-Richtwert RW I für den Einzelvertreter Furfural von 10 µg/m<sup>3</sup> ist für alle Raumluftproben bei Gehalten unterhalb von 1 µg/m<sup>3</sup> (Bestimmungsgrenze) sehr weit unterschritten.

*Ein Handlungsbedarf leitet sich aus dem Messbefund zum Vorkommen der weiteren Aldehyde in der Raumluft der beprobten Räume nicht ab.*



### 1.3. Ameisen- und Essigsäure in der Raumluft

(s. Prüfbericht 2017-8353-3)

In allen Raumluftproben wurden Ameisen- und Essigsäure nachgewiesen.

Substanz	RW II	RW I	Messwert Raum 1.08, Klasse 1c	Messwert Raum 1.22, Klasse 2a	Messwert Raum 2.10, Klasse 3c	Messwert Raum 2.24, Klasse 4a
Ameisensäure			10	8	9	6
Essigsäure	(400)		18	15	22	19

Die Untersuchung der Raumluft-Proben auf Ameisensäure ergab eine Konzentrationsspanne von 6 bis 10  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Für die Raumluftkonzentrationen an Essigsäure wurde eine Spanne von 15 bis 22  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  ermittelt.

Ein toxikologisch abgeleiteter Innenraum-Richtwert für diese niederen Carbonsäuren existiert nicht. Die ad-hoc-Innenraumkommission beim Umweltbundesamt (jetzt: Ausschuss für Innenraum-Richtwerte) hat in einer Protokollnotiz im Jahr 2011 für Essigsäure (Ethansäure) einen Gefahrenwert von 400  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  genannt. Nach dem üblichen Schema der Richtwert-Ableitung wäre der Vorsorgewert als 1/10 bis 1/3 des Gefahrenwertes herzuleiten. Dies ergäbe dann rechnerisch einen Vorsorgewert zwischen 40 und 130  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Eine entsprechende Festlegung wurde jedoch seitens des Ausschusses für Innenraumrichtwerte noch nicht getroffen. Wir gehen daher von einem vorläufigen Zielwert (als Vorsorgewert) für Essigsäure in der Raumluft von 100  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  aus.

Dieser ist für alle Raumluftproben bei einer Konzentrationen-Spanne von 15 bis 22  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  weit unterschritten. Der Gefahrenwert von 400  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  ist damit sehr weit unterschritten. Auch bei Annahme eines strengen Zielwertes von 40  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  ist dieser für alle Raumluftproben bei maximal 22  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  noch weit unterschritten.

Aus dem Vergleich der Arbeitsplatzgrenzwerte für Ameisen- und Essigsäure (9,5  $\text{mg}/\text{m}^3$  zu 25  $\text{mg}/\text{m}^3$ ) kann hilfsweise aus dem vorläufigen AIR-Gefahrenwert für Essigsäure von 400  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  für Ameisensäure ein Gefahrenwert von 150  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  und ein Zielwert von 40  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  abgeleitet werden. Als ein strenger vorläufiger Zielwert wäre eine Ameisen-Raumluftkonzentration von 15  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  anzusehen. Auch dieser ist für alle Raumluftkonzentrationen noch deutlich unterschritten.

Die niedrigeren Beurteilungswerte für die Ameisensäure sind in der stärkeren Säurewirkung der Ameisensäure gegenüber der Essigsäure begründet.

Das Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung hat in seinem „Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen, Neubau Büro und Verwaltungsgebäude“, Stand 2009, für den Gehalt an Essigsäure in der Raumluft einen Orientierungswert von 160  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  genannt. Dieser „Neubau-Richtwert“ wird für alle Raumluftproben sehr weit unterschritten.

Ameisen- und Essigsäure stellen schleimhautreizende Substanzen dar. Möglicherweise kommt es bei längerem Kontakt mit diesen Säuren über die Atemluft dann auch zu Beschwerden der Atemwegsschleimhäute.

Die Herkunft dieser niederen Carbonsäuren ist vorwiegend der Emission aus Holzwerkstoffen zuzuschreiben (sog. „Holzsäuren“). Die Hemicellulose des Holzes enthält die darin gebundenen Acetylgruppen, die dann hydrolytisch unter Bildung der Essigsäure freigesetzt werden.



## 2. Zusammenfassung und Handlungsempfehlung

Die Untersuchung von Raumluftproben aus den ausgewählten Räumen „Raum 1.08, Klasse 1c“, „Raum 1.22, Klasse 2a“, „Raum 2.10, Klasse 3c“ und „Raum 2.24, Klasse 4“ auf unpolare, polare, aldehydische und carbonsaure flüchtige organische Verbindungen hat unter nutzungsüblichen Bedingungen (technische und manuelle Raumlüftung, mit und ohne Schulbetrieb) keine Überschreitungen von Innenraum-Richtwerten erbracht. Nach dem TVOC-Bewertungsschema der Innenraumrichtwert-Kommission ist die Raumluft unter den angetroffenen Bedingungen nach Stufe 1 als „hygienisch unbedenklich“ einzustufen. Eine toxikologisch begründete gesundheitliche Gefährdung leitet sich aus dem Untersuchungsbericht daher nicht ab.

*Aus dem Untersuchungsbefund ergibt sich kein Handlungsbedarf.*

Zur Beurteilung möglicher gesundheitlicher Beschwerden wenden Sie sich jedoch bitte an die Umwelthygiene-Abteilung des Gesundheitsamtes oder an einen umweltmedizinisch erfahrenen Arzt. Eine gesundheitliche Gefährdung kann unmittelbar aus den Untersuchungsbefunden nicht abgeleitet werden, hierzu bedarf es der Kenntnis über die betroffenen Personen, den Expositionspfad, die aufgenommenen Schadstoffmengen u. a. Faktoren.

Oberursel, 05.04.2017

ARGUK-Umweltlabor GmbH

Dr. Wigbert Maraun  
Dipl.-Chem.

*von der IHK Frankfurt am Main öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger  
für Geruchsbelastungen und Schadstoffe in Innenräumen*

Sofern mit dem Auftraggeber nicht anders vereinbart, werden bei der Analyse nicht verwendete Anteile von Proben für drei Monate nach Ausgang des Untersuchungsberichtes zurückgestellt. Nach Ablauf der Rückstellfrist werden Probenreste entweder von uns ordnungsgemäß entsorgt oder bei als Sonderabfall zu behandelnden Proben an den Auftraggeber auf dessen Kosten zurückgesandt. Es gelten die Allgemeinen Geschäftsbedingungen der ARGUK-Umweltlabor GmbH, einsehbar auf unserer Internet-Seite [www.arguk.de](http://www.arguk.de).

## P R Ü F B E R I C H T    2017-8353-1

Auftraggeber	Probenahme	Probeneingang	Prüfgut	Prüfauftrag
Stadt Frankfurt am Main Der Magistrat – Hochbauamt Gerbermühle 48 60594 Frankfurt am Main	durch Sachverständigen Dr. Wigbert Maraun Dipl.-Chem.	28.03.2017	Raumluft auf Aktivkohle-Sammler	npVOC: polare und unpolare Flüchtige Organische Verbindungen

Projekt	Probenahmedatum	Raum	mittl. Temperatur in °C	mittl. rel. Luftfeuchte in %
Grundschule Rebstock Leonardo-da-Vinci-Allee 11 60486 Frankfurt am Main	28.03.2017	-1/-2: Raum 1.08, Klasse 1c -5/-6: Raum 1.22, Klasse 2a -9/-10: Raum 2.10, Klasse 3c -13/-14: Raum 2.24, Klasse 4a	-1/-2: 23 -5/-6: 24 -9/-10: 24 -13/-14: 25	-1/-2: 25 -5/-6: 24 -9/-10: 24 -13/-14: 26

### Prüfverfahren

#### ARGUK 10106: Untersuchung von Raumluft auf Flüchtige Organische Verbindungen / Volatile Organic Compounds (VOC) [Aktive Probenahme]

Nach Probenahme auf Aktivkohle in Anlehnung an VDI 2100, BI 2. Standardsammelvolumen 100 L für unpolare VOC (nVOC) bzw. für polare VOC (pVOC). Desorption mit Schwefelkohlenstoff für unpolare VOC (nVOC), Desorption mit Dichlormethan / Methanol für polare VOC (pVOC). Analyse mittels Kapillargaschromatographie und Massenspektrometrie (GC/MS). Kalibration und Gehaltsbestimmung über interne und externe Standards.

Prüfbericht 2017-8353-1									
Prüfergebnis									
Alkane	Probenart Probe Labor-Nr. Sammelvolumen [l] nVOC / pVOC:	CAS-Nr.	Raumluft Raum 1.08 835317-1/-2 100 / 100	Raumluft Raum 1.22 835317-5/-6 100 / 100	Raumluft Raum 2.10 835317-9/-10 100 / 100	Raumluft Raum 2.24 835317-13/-14 100 / 100	RWI ** / AGÖF AW	Desor- bens	BG*
Heptan		142-82-5	3 nn	4 nn	0 nn	25 14	9	CS <sub>2</sub>	1
3-Methylhexan		589-34-4	nn	nn	nn	9,9	6,3	CS <sub>2</sub>	1
Octan		111-65-9	nn	nn	nn	nn	5	CS <sub>2</sub>	1
2,2,4-Trimethylpentan		540-84-1	2,8	3,6	nn	1,1	1	CS <sub>2</sub>	1
Nonan		111-84-2	nn	nn	nn	nn	5	CS <sub>2</sub>	1
Decan		124-18-5	nn	nn	nn	nn	11	CS <sub>2</sub>	1
Undecan		1120-21-4	nn	nn	nn	nn	14	CS <sub>2</sub>	1
Dodecan		112-40-3	nn	nn	nn	nn	9	CS <sub>2</sub>	1
Tridecan		629-50-5	nn	nn	nn	nn	5	CS <sub>2</sub>	1
Tetradecan		629-59-4	nn	nn	nn	nn	4	CS <sub>2</sub>	1
Pentadecan		629-62-9	nn	nn	nn	nn	3	CS <sub>2</sub>	1
Hexadecan		544-76-3	nn	nn	nn	nn	2	CS <sub>2</sub>	1
2,2,3,3,6,8,8-Heptamethylnonan		4390-04-9	nn	nn	nn	nn	1	CS <sub>2</sub>	1
Isoalkane (C9-C14)		-	nn	nn	nn	nn	2	CS <sub>2</sub>	5
C9-C14 n-Alkane / Isoalkane (aromatenarm)		-	< 10	< 10	< 10	< 10	200**		
<b>Cycloalkane</b>			0	0	0	2			
Cyclohexan		110-82-7	nn	nn	nn	1,7	9	CS <sub>2</sub>	1
Methylcyclohexan		108-87-2	nn	nn	nn	nn	4	CS <sub>2</sub>	1
<b>Alkene</b>			0	0	0	0			
1-Octen		111-66-0	nn	nn	nn	nn	< 2	CS <sub>2</sub>	1
1-Nonen		124-11-8	nn	nn	nn	nn	< 2	CS <sub>2</sub>	1
1-Decen		872-05-9	nn	nn	nn	nn	< 2	CS <sub>2</sub>	1
Trim. 2-Methylpropen		7756-94-7	nn	nn	nn	nn	< 1,5	CS <sub>2</sub>	1
4-Phenylcyclohexen		4994-16-5	nn	nn	nn	nn	< 1	CS <sub>2</sub>	1
4-Vinylcyclohexen		100-40-3	nn	nn	nn	nn	< 1	CS <sub>2</sub>	1
iso-Dodecene (1-Dodecen-Äquiv.)		./.	nn	nn	nn	nn		CS <sub>2</sub>	10

Konzentrationen in Mikrogramm/m<sup>3</sup>; nn: nicht nachweisbar, <: weniger als Bestimmungsgrenze BG\* bei Sammelvolumen 100L

Legende siehe Seite 9



Prüfbericht 2017-8353-1									
Probenart Probe Labor-Nr.	Raumluft Raum 1.08 835317-1/-2	Raumluft Raum 1.22 835317-5/-6	Raumluft Raum 2.10 835317-9/-10	Raumluft Raum 2.24 835317-13/-14	RW i**/ AGÖF AW	Desor- bens	BG*		
CAS-Nr.	5	8	6	4					
<b>Aromaten</b>									
Benzol	1,0	1,0	nn	nn	3	CS <sub>2</sub>	1		
Toluol	2,5	3,7	3,5	2,7	300**	CS <sub>2</sub>	1		
Ethylbenzol	nn	1,0	nn	nn	200**	CS <sub>2</sub>	1		
Xylole / Dimethylbenzole (o-, m-, p-Xylol)	1,6	2,3	2,1	1,6	100**	CS <sub>2</sub>	1		
Styrol	nn	nn	nn	nn	30**	CS <sub>2</sub>	2		
n-Propylbenzol	nn	nn	nn	nn	2,1	CS <sub>2</sub>	1		
i-Propylbenzol	nn	nn	nn	nn	1	CS <sub>2</sub>	1		
2-Ethyltoluol	nn	nn	nn	nn	3	CS <sub>2</sub>	1		
3-Ethyltoluol	nn	nn	nn	nn	6,7	CS <sub>2</sub>	1		
4-Ethyltoluol	nn	nn	nn	nn	3	CS <sub>2</sub>	1		
1,3,5-Trimethylbenzol	nn	nn	nn	nn	3	CS <sub>2</sub>	1		
1,2,4-Trimethylbenzol	nn	nn	nn	nn	11	CS <sub>2</sub>	1		
1,2,3-Trimethylbenzol	nn	nn	nn	nn	2,6	CS <sub>2</sub>	1		
n-Butylbenzol	nn	nn	nn	nn	< 1 (n- Butylben	CS <sub>2</sub>	1		
1,2/1,3-Diethylbenzol	nn	nn	nn	nn		CS <sub>2</sub>	1		
1,4-Diethylbenzol	nn	nn	nn	nn		CS <sub>2</sub>	1		
1,3-Di-i-Propylbenzol	nn	nn	nn	nn	< 1	CS <sub>2</sub>	1		
1,4-Di-i-Propylbenzol	nn	nn	nn	nn	< 1	CS <sub>2</sub>	1		
1,2,4,5-Tetramethylbenzol	nn	nn	nn	nn	< 1	CS <sub>2</sub>	1		
1,2,3,5-Tetramethylbenzol	nn	nn	nn	nn	< 1	CS <sub>2</sub>	1		
Hexylbenzol	nn	nn	nn	nn		CS <sub>2</sub>	1		
Octylbenzol	nn	nn	nn	nn		CS <sub>2</sub>	1		
p-Cymol	nn	nn	nn	nn	2	CS <sub>2</sub>	1		
n-Decylbenzol	nn	nn	nn	nn	1	CS <sub>2</sub>	1		
Indan	nn	nn	nn	nn		CS <sub>2</sub>	1		
<b>Summe Alkylbenzole C9 bis C15</b>	< 10	< 10	< 10	< 10	100**				

Konzentrationen in Mikrogramm/m<sup>3</sup>, nn: nicht nachweisbar, <: weniger als Bestimmungsgrenze BG\* bei Sammelvolumen 100L

Legende siehe Seite 9

Prüfbericht 2017-8353-1									
Terpene	Probenart Probe Labor-Nr.	Raumluft Raum 1.08 835317-1/-2	Raumluft Raum 1.22 835317-5/-6	Raumluft Raum 2.10 835317-9/-10	Raumluft Raum 2.24 835317-13/-14	RW i**/ AGÖF AW	Desor- bens	BG*	
	CAS-Nr.	0	0	4	0				
o-Cymen	527-84-4	nn	nn	nn	nn		CS <sub>2</sub>	1	
Limonen	138-86-3	nn	nn	2,8	nn	23	CS <sub>2</sub>	1	
alpha-Terpinen	99-86-5	nn	nn	nn	nn	< 1,5	CS <sub>2</sub>	1	
gamma-Terpinen	99-85-4	nn	nn	nn	nn	< 1,5	CS <sub>2</sub>	1	
alpha-Terpineol	98-55-5	nn	nn	nn	nn	1	CS <sub>2</sub>	1	
<i>Summe monocyclische Terpene</i>	-	< 5	< 5	2,8	< 5	1000**			
endo-Borneol	507-70-0	nn	nn	nn	nn	< 1	CS <sub>2</sub>	1	
+ - Camphen	79-92-5	nn	nn	nn	nn	2,1	CS <sub>2</sub>	1	
DL-Campher	76-22-2	nn	nn	nn	nn	< 1,5	CS <sub>2</sub>	1	
delta-3-Caren	13466-78-9	nn	nn	nn	nn	26	CS <sub>2</sub>	1	
alpha-Pinen	80-56-8	nn	nn	1,1	nn	68	CS <sub>2</sub>	1	
beta-Pinen	127-91-3	nn	nn	nn	nn	8,7	CS <sub>2</sub>	1	
Verbenon / Geraniol	1196-01-6/ 106-24-1	nn	nn	nn	nn	< 1 / ./.	CS <sub>2</sub>	1	
<i>Summe bicyclische Terpene</i>	-	< 10	< 10	1,1	< 10	200**			
Bornylacetat	5655-61-8	nn	nn	nn	nn		CS <sub>2</sub>	1	
1,8-Cineol (Eucalyptol)	470-82-6	nn	nn	nn	nn	< 2	CS <sub>2</sub>	1	
beta-Citronellol	106-22-9	nn	nn	nn	nn	< 2	CS <sub>2</sub>	1	
Eugenol	97-53-0	nn	nn	nn	nn		CS <sub>2</sub>	1	
Geranylacetat	105-87-3	nn	nn	nn	nn		CS <sub>2</sub>	1	
alpha-Ionon	127-41-3	nn	nn	nn	nn		CS <sub>2</sub>	1	
alpha-Ceton (i-Methyl-alfa-Ionon)	127-51-5	nn	nn	nn	nn		CS <sub>2</sub>	1	
Lilial	80-54-6	nn	nn	nn	nn		CS <sub>2</sub>	1	
Linatool	78-70-6	nn	nn	nn	nn	< 1	CS <sub>2</sub>	1	
Linalylacetat	115-95-7	nn	nn	nn	nn		CS <sub>2</sub>	1	
Longifolen	475-20-7	nn	nn	nn	nn	2	CS <sub>2</sub>	1	
"+/-"-Menthol	89-78-1	nn	nn	nn	nn	< 1	CS <sub>2</sub>	1	
beta-Myrcen	123-35-3	nn	nn	nn	nn	2	CS <sub>2</sub>	1	
dihydro-Myrcenol	18479-58-8	nn	nn	nn	nn		CS <sub>2</sub>	1	
iso-Eugenol	97-54-1	nn	nn	nn	nn		CS <sub>2</sub>	1	

Konzentrationen in Mikrogramm/m<sup>3</sup>; nn: nicht nachweisbar; <: weniger als Bestimmungsgrenze BG\* bei Sammelvolumen 100L

Legende siehe Seite 9

Prüfbericht 2017-8353-1									
Probenart Probe Labor-Nr.	Raumluft Raum 1.08 835317-1/-2	Raumluft Raum 1.22 835317-5/-6	Raumluft Raum 2.10 835317-9/-10	Raumluft Raum 2.24 835317-13/-14	RW  **/ AGÖF AW	Desor- bens	BG*		
<b>LHKW</b>									
CAS-Nr.	0	0	0	0					
56-23-5	nn	nn	nn	nn	< 1,5	CS <sub>2</sub>	1		
Tetrachlorkohlenstoff (TETRA)					Leitwert				
79-01-6	nn	nn	nn	nn	100**	CS <sub>2</sub>	1		
Trichlorethen (TRI)									
127-18-4	nn	nn	nn	nn		CS <sub>2</sub>	1		
Tetrachlorethen (PER)									
108-90-7	nn	nn	nn	nn	< 1	CS <sub>2</sub>	1		
Chlorbenzol									
95-50-1	nn	nn	nn	nn	< 1	CS <sub>2</sub>	1		
1,2-Dichlorbenzol									
541-73-1	nn	nn	nn	nn	< 1	CS <sub>2</sub>	1		
1,3-Dichlorbenzol									
106-46-7	nn	nn	nn	nn	< 1	CS <sub>2</sub>	1		
1,4-Dichlorbenzol									
<b>Einwertige Alkohole</b>	0	0	0	0					
1-Butanol	nn	nn	nn	nn	700**	DCM	1		
3-Methyl-1-Butanol (Isoamylalkohol)	nn	nn	nn	nn	< 1,5	DCM	1		
1-Pentanol	nn	nn	nn	nn	5,4	DCM	1		
2-Propyl-1-Pentanol	nn	nn	nn	nn	1	DCM	1		
1-Hexanol	nn	nn	nn	nn	100**	DCM	1		
2-Ethyl-1-Hexanol	nn	nn	nn	nn	< 1	DCM	1		
1-Heptanol	nn	nn	nn	nn	< 1	DCM	1		
1-Octanol	nn	nn	nn	nn	< 1	DCM	1		
1-Octen-3-ol	nn	nn	nn	nn	< 1	DCM	1		
1-Nonanol	nn	nn	nn	nn	< 1	DCM	1		
2-Nonanol	nn	nn	nn	nn	< 1	DCM	1		
Benzylalkohol	nn	nn	nn	nn	400**	DCM	1		
2-Phenyl-Ethanol	nn	nn	nn	nn		DCM	1		
<b>Carbonsäureester</b>	1,1	0	0	1					
CAS-Nr.									
592-84-7	nn	nn	nn	nn	1	DCM	1		
Butylformiat									
108-21-4	nn	nn	nn	nn	< 1,5	DCM	1		
i-Propylacetat									
123-86-4	1,1	nn	nn	1,0	27	DCM	1		
n-Butylacetat									
110-19-0	nn	nn	nn	nn	< 2	DCM	1		
i-Butylacetat									
103-09-3	nn	nn	nn	nn	< 1	DCM	1		
2-Ethylhexylacetat									
590-01-2	nn	nn	nn	nn	< 1	DCM	1		
n-Butylpropionat									
140-88-5	nn	nn	nn	nn	< 1	DCM	1		
Ethylacrylat									
141-32-2	nn	nn	nn	nn	< 1	DCM	1		
Butylacrylat									
80-62-6 /	nn	nn	nn	nn	< 1,5 / <	DCM	1		
Methylmethacrylat / n-					2				
Propylacetat	nn	nn	nn	nn	< 3	DCM	1		
109-60-4	nn	nn	nn	nn					
Dimethylsuccinat									
106-65-0	nn	nn	nn	nn	< 2	DCM	1		
Dibutylmaleinat	nn	nn	nn	nn					
105-76-0	nn	nn	nn	nn					

Konzentrationen in Mikrogramm/m<sup>3</sup>; nn: nicht nachweisbar, <: weniger als Bestimmungsgrenze BG\* bei Sammelvolumen 100L

Legende siehe Seite 9

Prüfbericht 2017-8353-1										
Probenart Probe Labor-Nr.	CAS-Nr.	Raumluft Raum 1.08 835317-1/-2	Raumluft Raum 1.22 835317-5/-6	Raumluft Raum 2.10 835317-9/-10	Raumluft Raum 2.24 835317-13/-14	RW I**/ AGÖF AW	Desor- bens	BG*		
<b>Carbonsäureester</b>										
Dimethyladipat	627-93-0	nn	nn	nn	nn	< 2	DCM	1		
Diisobutyladipat	141-04-8	nn	nn	nn	nn	< 2	DCM	1		
Dimethylpimelat	1732-08-7	nn	nn	nn	nn		DCM	1		
TXmIB (2,2,4-Trimethyl-1,3 Pentandiol-monoisobutytrat	25265-77-4	nn	nn	nn	nn	2	DCM	1		
TXIB (2,2,4-Trimethyl-1,3 Pentandiol-diisobutytrat)	6846-50-0	nn	nn	nn	nn	3	DCM	1		
Methylbenzoat	93-58-3	nn	nn	nn	nn	< 1	DCM	1		
Dimethylphthalat	131-11-3	nn	nn	nn	nn	< 2	DCM	1		
Diethylphthalat	84-66-2	nn	nn	nn	nn	1,8	DCM	1		
Di n-butylphthalat	84-74-2	nn	nn	nn	nn	< 7	DCM	1		
<b>Mehrwertige Alkohole</b>										
1,2-Propylenglykol (1,2 PG)	57-55-6	nn	nn	nn	nn	14	DCM	1		
Dipropylenglykol (DPG)	25265-71-8	nn	nn	nn	nn	< 5	DCM	1		
2,2,4-Trimethyl-1,3-Pentandiol	144-19-4	nn	nn	nn	nn		DCM	1		
<b>Ether mehrwertiger Alkohole</b>										
Ethylenglykolmonoethyl ether (EGEE, ehem. EGME)	110-80-5	nn	nn	nn	nn	100**	DCM	1		
Ethylenglykolmonoisopropylether (EGiPE, ehem. EGMiP)	109-59-1	nn	nn	nn	nn	< 1	DCM	1		
Ethylenglykolmonobutylether (EGBE, ehem. EGMB)	111-76-2	nn	nn	nn	nn	100**	DCM	1		
Ethylenglykolmonophenylether (EGPE, ehem. EGMP)	122-99-6	nn	nn	nn	nn	5	DCM	1		
Diethylenglykolmonomethylether (DEGME, ehem. DEGMM)	111-77-3	nn	nn	nn	nn	2000**	DCM	1		
Diethylenglykolmonoethyl ether (DEGEE, ehem. DEGME)	111-90-0	nn	nn	nn	nn	700**	DCM	1		
Diethylenglykolmonobutylether (DEGBE, ehem. DEGMB)	112-34-5	nn	nn	nn	nn	400**	DCM	1		
Triethylenglykolmonobutylether (TEGBE, ehem. TEGMB)	143-22-6	nn	nn	nn	nn	< 1	DCM	10		
Propylenglykolmonomethylether (2PG1ME, ehem. PGMM)	107-98-2	nn	nn	nn	nn	1000**	DCM	1		
Propylenglykolmonopropylether (2PG1PE, ehem. PGMPPr)	1569-01-3	nn	nn	nn	nn	< 1	DCM	1		

Konzentrationen in Mikrogramm/m<sup>3</sup>, nn: nicht nachweisbar, <: weniger als Bestimmungsgrenze BG\* bei Sammelvolumen 100L

Legende siehe Seite 9

Prüfbericht 2017-8353-1									
Probenart Probe Labor-Nr.	Raumluft Raum 1.08 835317-1/-2	Raumluft Raum 1.22 835317-5/-6	Raumluft Raum 2.10 835317-9/-10	Raumluft 43 835317-13/-14	RW I**/ AGÖF AW	Desor- bens	BG*		
<b>Ether mehrwertiger Alkohole</b>									
1,2-Propylenglykolmonobutylether (2PG1BE ehem. PGMB)	nn	nn	nn	nn	3	DCM	1		
1,2-Propylenglykolmonotert- butylether (2PG1BE, ehem. PGMB)	nn	nn	nn	nn	300**	DCM	1		
Dipropylenglykolmonomethylether (DPGME, ehem. DPGMM)	nn	nn	nn	nn	2000**	DCM	1		
Dipropylenglykolmonobutylether (DPGBE, ehem. DPGMB)	nn	nn	nn	nn	3	DCM	1		
Tripropylenglykolmonomethylether (TPGME, ehem. TPGMM)	nn	nn	nn	nn	< 4	DCM	10		
Tripropylenglykolmonobutylether (TPGBE, ehem. TPGBM)	nn	nn	nn	nn		DCM	1		
<b>Ester mehrwertiger Alkohole und deren Ether</b>									
Ethylenglykolmonomethyletheracetat (EGMEA, ehem. EGMMA)	nn	nn	nn	nn	< 1,5	DCM	1		
Ethylenglykolmonoethyl-ether-acetat (EGEEA, ehem. EGMEA)	nn	nn	nn	nn	200**	DCM	1		
Ethylenglykolmonobutylether-acetat (EGBEA, ehem. EGMB)	nn	nn	nn	nn	200**	DCM	1		
Diethylenglykolmonobutyl- etheracetat (DEGBEA)	nn	nn	nn	nn	< 1,5	DCM	1		
Propylenglykolmonomethyl-ether- acetat (PG1ME2A)	nn	nn	nn	nn	7,8	DCM	1		
Dipropylenglykolmonomethyl- etheracetat (DPGMEA)	nn	nn	nn	nn	< 1,5	DCM	1		
<b>Aldehyde</b>									
Pentanal	11	3	3	2		DCM	1		
Hexanal	1,1	nn	nn	nn	20	DCM	1		
Heptanal	5,1	1,5	1,4	1,1	55	DCM	1		
Octanal	1,0	nn	nn	nn	6,7	DCM	1		
2-Ethyl-1-Hexanal	nn	nn	nn	nn	8	DCM	1		
Nonanal	nn	nn	nn	nn	< 2	DCM	1		
Decanal	3,4	1,0	1,3	1,3	19	DCM	1		
Furfural	nn	nn	nn	nn	7	DCM	1		
Benzaldehyd	nn	nn	nn	nn	10**	DCM	1		
Tolylaldehyd	nn	nn	nn	nn	20**	DCM	1		
	nn	nn	nn	nn	< 1,3	DCM	1		

Konzentrationen in Mikrogramm/m<sup>3</sup>; nn: nicht nachweisbar, <: weniger als Bestimmungsgrenze BG\* bei Sammelvolumen 100L

Legende siehe Seite 9

Prüfbericht 2017-8353-1									
Probenart Probe Labor-Nr.	Raumluft Raum 1.08 835317-1/-2	Raumluft Raum 1.22 835317-5/-6	Raumluft Raum 2.10 835317-9/-10	Raumluft Raum 2.24 835317-13/-14	RW I**/ AGÖF AWW /100L	Desor- bens	BG*		
<b>Ketone</b>	2	3	3	3					
Methyl-Ethyl-Keton (2-Butanon)	1,2	2,5	2,0	2,7	33	DNPH	1		
Methyl-isobutyl-Keton (MIBK)	nn	nn	nn	nn	100**	DCM	1		
2-Hexanon (MBK)	nn	nn	nn	nn	1	DCM	1		
2-Heptanon	nn	nn	nn	nn	1,9	DCM	1		
3-Heptanon	nn	nn	nn	nn	2	DCM	1		
3-Octanon	nn	nn	nn	nn	< 1	DCM	1		
Acetophenon	nn	nn	nn	nn	4	DCM	1		
Benzophenon	nn	nn	nn	nn	< 1	DCM	1		
Cyclohexanon	1,2	nn	1,4	nn	5	DNPH	1		
Isophoron	nn	nn	nn	nn		CS <sub>2</sub>	1		
3,3,5-Trimethyl-Cyclohexanon	nn	nn	nn	nn		DCM	1		
N-Methyl-2-Pyrrolidon	nn	nn	nn	nn	100**	DCM	1		
<b>Siloxane</b>	4	1	0	3					
CAS-Nr.									
Hexamethylcyclotrisiloxan (D3)	nn	nn	nn	nn	16	CS <sub>2</sub>	1		
Octamethylcyclotetrasiloxan (D4)	nn	nn	nn	nn	7	CS <sub>2</sub>	1		
Decamethylcyclopentasiloxan (D5)	4,3	1,2	nn	3,3	22	CS <sub>2</sub>	1		
Dodecamethylcyclohexasiloxan (D6)	nn	nn	nn	nn	11	CS <sub>2</sub>	1		
Summe D3-D6 Dimethylsiloxane	4,3	1,2	< 5	3,3	400**				
Tridecamethylcyclohexasiloxan (D7)	nn	nn	nn	nn		CS <sub>2</sub>	1		
<b>Sonstige</b>	0	0	0	0					
<b>identifizierte VOC (Summe)</b>	26	18	16	40					
<b>nicht identifizierte VOC (als</b>	22	26	18	44					10
<b>TVOC****</b>	<b>48</b>	<b>44</b>	<b>34</b>	<b>84</b>					

Konzentrationen in Mikrogramm/m<sup>3</sup>; nn: nicht nachweisbar, <: weniger als Bestimmungsgrenze BG\* bei Sammelvolumen 100L

Legende siehe Seite 9



### Legende

Konzentrationen in Mikrogramm/m<sup>3</sup>; nn: nicht nachweisbar; <: weniger als Bestimmungsgrenze BG bei Sammelvolumen 100L

Kein Messwerteintrag: laut Auftrag nicht analysiert

nVOC: nonpolar Volatile Organic Compounds pVOC: polar Volatile Organic Compounds

Desorbens: DCM: Dichlormethan/Methanol CS2: CS2/Methanol HS Headspace (vVOC)

<: weniger als nb: nicht bestimmt \*\* Überlagerung möglich i.A.: in Anlehnung, Verfahrensfehler +/- 10%

\* Orientierungswerte für Raumluft: siehe Bewertungsgrundlagen

\*\* RW I: Richtwert I (Vorsorgewert) des Ausschuss für Innenraumrichtwerte (Vormals Ad-hoc-Arbeitsgruppe) des Umweltbundesamtes; 20161202

\*\*\*: Die Summe der identifizierten und der als Toluol-Äquivalente bestimmten Konzentrationen der nicht identifizierten Verbindungen, welche im Elutionsbereich einer unpolaren Säule nach CS2-Desorption zwischen n-Hexan und n-Hexadecan auftreten.

Hinweis: Für Büroräume existieren keine gesonderten Richt- oder Empfehlungswerte.

Oberursel, 05.04.2017

ARGUK-Umweltlabor GmbH

Dr. Wigbert Maraun

Dipl.-Chem.

Auszüge des Berichts dürfen nur mit schriftlicher Genehmigung des Prüflaboratoriums veröffentlicht oder vervielfältigt werden, vollständige Kopien sind gestattet. Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf den untersuchten Prüfgegenstand. Elektronisch übermittelte Untersuchungsbefunde dienen, da veränderbar, lediglich der Vorab-Information. Maßgeblich sind die handschriftlich unterschriebenen Prüfberichte. Ende des Prüfberichts.



# PRÜFBERICHT 2017-8353-2

Seite 1 von 2

Auftraggeber	Probenahme	Probeneingang	Prüfgut	Prüfauftrag
Stadt Frankfurt am Main Der Magistrat – Hochbauamt Gerbermühle 48 60594 Frankfurt am Main	Sachverständige Dr. Wigbert Maraun Dipl.-Chem.	28.03.2017	Raumluft auf DNPH-Sammler	Aldehyde

Projekt	Probenahmedatum	Raum	mittl. Temperatur	mittl. rel. Luftfeuchte
Grundschule Rebstock Leonardo-da-Vinci-Allee 11 60486 Frankfurt am Main	28.03.2017	-3: Raum 1.08, Klasse 1c -7: Raum 1.22, Klasse 2a -11: Raum 2.10, Klasse 3c -15: Raum 2.24, Klasse 4a	-3: 23°C -7: 24°C -11: 24°C -15: 25°C	-3: 25% -7: 24% -11: 24% -15: 26%

## Prüfverfahren

### ARGUK 10602: Untersuchung von Raumluft auf Aldehyde und Ketone

Nach Probenahme auf Dinitrophenylhydrazin (DNPH)-Kartusche, Standardsammelvolumen 50 L. Desorption mit Acetonitril. Analyse mittels Hochdruckflüssigkeitschromatographie und UV-Detektion (HPLC/UV). Kalibration und Gehaltsbestimmung über externe Standards.

## Prüfergebnis

	Probenart Probe Labor-Nr. Sammelvolumen [L]	Raumluft	Raumluft	Geruchsschwelle Geruchsleitwert (vGLW)	Richtwerte		BG*	
		Raum 1.08 835317-3 100	Raum 1.22 835317-7 100		AGÖF AW (P90)	AIR RW I		
<b>Aldehyde</b>	CAS-Nr.			<b>GS</b>	<b>vGLW</b>			
Formaldehyd	50-00-0	12	9,0			81	100**	1
Acetaldehyd	75-07-0	9,5	8,1	340	20	54	100**	1
Propanal	123-38-6	nn	nn	14		14		5
Butanal/Crotonal	123-72-8 /	nn	nn	28	8	10		1
Pentanal	110-62-3	nn	1,0	22	9	20		1
Hexanal	66-25-1	5,6	3,5	58	8	55		1
Heptanal	111-71-7	nn	1,4	23	5	6,7		1
Octanal	124-13-0	1,3	1,1	7	5	8		1
Nonanal	124-19-6	7,1	4,7	14	20	19		1
Decanal	112-31-2	2,2	1,0	6	20	7		1
Undecanal	112-44-7	nn	nn			1		1
2-Methyl-Butanal	96-17-3	nn	nn					1
3-Methyl-Butanal	590-86-3	nn	nn			< 3		1
2-Ethyl-1-Hexanal	123-05-7	nn	nn			< 2		1
Furfural	98-01-1	nn	nn	24		4,0	10**	1
Benzaldehyd	100-52-7	1,7	1,7	190		15		1
p-Tolualdehyd	104-87-0	nn	nn			< 1		1
<i>Summe C<sub>4</sub>-C<sub>11</sub></i>		<b>16</b>	<b>13</b>				100**	
<i>Geruchswert C<sub>4</sub>-C<sub>11</sub></i>		<b>1,2</b>	<b>0,8</b>			1		
<i>Geruchsintensität I<sup>+</sup></i>		<b>0,7</b>	<b>0,3</b>					

Konzentrationen in Mikrogramm/m<sup>3</sup>; nn: nicht nachweisbar, weniger als Bestimmungsgrenze BG\* bei Sammelvolumen von 50 L

AGÖF-AW: Auffälligkeitswert (P90): siehe Bewertungsgrundlagen

GS: Geruchsschwelle nach Devos Geruchswert wird gebildet durch die Summe der Quotienten Messwert/Geruchsschwelle

vGLW I: vorläufiger Geruchsleitwert I der ad-hoc-Arbeitsgruppe Innenraumrichtwerte (Bundesgesundheitsblatt 2014, 57: 148-153)

\*\* AIR-RW I: Richtwert I (Vorsorgewert) des Ausschuss für Innenraumrichtwerte (AIR) im Umweltbundesamt

+ Geruchsintensität I berechnet nach:  $I = k \times \log(\text{Geruchswert}) + 0,5$ , mit k angenommen = 2 (ach AIR-Berechnungsschema)

(Skala von 1-5, 1=sehr schwach, 5=sehr stark)




**PRÜFBERICHT 2017-8353-2**

Seite 2 von 2

<b>Prüfergebnis</b>		<b>Raumluft</b>	<b>Raumluft</b>		<b>Geruchsschwelle</b>	<b>Richtwerte</b>		<b>BG*</b>
<i>Probenart</i>	<i>Probe</i>	<b>Raum 2.10</b>	<b>Raum 2.24</b>		<b>Geruchsleitwert</b>	<b>AGÖF</b>	<b>AIR</b>	
<i>Labor-Nr.</i>	<i>Sammelvolumen [L]</i>	835317-11	835317-15		<b>(vGLW)</b>	<b>AW</b>	<b>RW I</b>	
		100	100			<b>(P90)</b>		<b>µg/m<sup>3</sup></b>
<b>Aldehyde</b>	<b>CAS-Nr.</b>			<b>GS</b>	<b>vGLW</b>			
Formaldehyd	50-00-0	13	13			81	100**	1
Acetaldehyd	75-07-0	12	8,3	340	20	54	100**	1
Propanal	123-38-6	nn	nn	14		14		5
Butanal/Crotonal	123-72-8 /	nn	2,1	28	8	10		1
Pentanal	110-62-3	1,6	1,6	22	9	20		1
Hexanal	66-25-1	2,4	2,9	58	8	55		1
Heptanal	111-71-7	1,4	nn	23	5	6,7		1
Octanal	124-13-0	nn	nn	7	5	8		1
Nonanal	124-19-6	5,5	7,6	14	20	19		1
Decanal	112-31-2	1,0	1,1	6	20	7		1
Undecanal	112-44-7	nn	nn			1		1
2-Methyl-Butanal	96-17-3	nn	nn					1
3-Methyl-Butanal	590-86-3	nn	nn			< 3		1
2-Ethyl-1-Hexanal	123-05-7	nn	nn			< 2		1
Furfural	98-01-1	nn	nn	24		4,0	10**	1
Benzaldehyd	100-52-7	1,1	1,6	190		15		1
p-Tolualdehyd	104-87-0	nn	nn			< 1		1
<i>Summe C<sub>4</sub>-C<sub>11</sub></i>		<b>12</b>	<b>15</b>				100**	
<i>Geruchswert C<sub>4</sub>-C<sub>11</sub></i>		<b>0,7</b>	<b>0,9</b>			1		
<i>Geruchsintensität I<sup>+</sup></i>		<b>0,2</b>	<b>0,4</b>					

 Konzentrationen in Mikrogramm/m<sup>3</sup>; nn: nicht nachweisbar, weniger als Bestimmungsgrenze BG\* bei Sammelvolumen von 50 L

AGÖF-AW: Auffälligkeitswert (P90): siehe Bewertungsgrundlagen

GS: Geruchsschwelle nach Devos Geruchswert wird gebildet durch die Summe der Quotienten Messwert/Geruchsschwelle

vGLW I: vorläufiger Geruchsleitwert I der ad-hoc-Arbeitsgruppe Innenraumrichtwerte (Bundesgesundheitsblatt 2014, 57: 148-153)

\*\* AIR-RW I: Richtwert I (Vorsorgewert) des Ausschuss für Innenraumrichtwerte (AIR) im Umweltbundesamt

 + Geruchsintensität I berechnet nach:  $I = k \times \log(\text{Geruchswert}) + 0,5$ , mit k angenommen = 2 (nach AIR-Berechnungsschema)

(Skala von 1-5, 1=sehr schwach, 5=sehr stark)

Oberursel, 05.04.2017

ARGUK-Umweltlabor GmbH

Dr. Wigbert Maraun

Dipl.-Chem.

 Auszüge des Berichts dürfen nur mit schriftlicher Genehmigung des Prüflaboratoriums veröffentlicht oder vervielfältigt werden, vollständige Kopien sind gestattet. Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf den untersuchten Prüfgegenstand. Elektronisch übermittelte Untersuchungsbefunde dienen, da veränderbar, lediglich der Vorab-Information. Maßgeblich sind die handschriftlich unterschriebenen Prüfberichte. **Ende des Prüfberichts.**



## PRÜFBERICHT 2017-8353-3

Seite 1 von 1

Auftraggeber	Probenahme	Probeneingang	Prüfgut	Prüfauftrag
Stadt Frankfurt am Main Der Magistrat – Hochbauamt Gerbermühle 48 60594 Frankfurt am Main	Sachverständiger Dr. Wigbert Maraun Dipl.-Chem.	28.03.2017	Raumluft auf Silicagel-Sammler	Niedere Fettsäuren (Carbonsäuren) C1-C6

Projekt	Probenahmedatum	Raum	mittl. Temperatur	mittl. rel. Luftfeuchte
Grundschule Rebstock Leonardo-da-Vinci-Allee 11 60486 Frankfurt am Main	28.03.2017	-3: Raum 1.08, Klasse 1c -7: Raum 1.22, Klasse 2a -11: Raum 2.10, Klasse 3c -15: Raum 2.24, Klasse 4a	-3: 23°C -7: 24°C -11: 24°C -15: 25°C	-3: 25% -7: 24% -11: 24% -15: 26%

### Prüfverfahren

#### ARGUK 10506: Untersuchung von Raumluft auf niedere und mittlere Organische Säuren

Probenahme auf Silicagel. Standardsammelvolumen 100 L. Desorption und Derivatisierung. Analyse mittels Kapillar-Gaschromatographie und Massenspektrometer. Kalibration und Gehaltsbestimmung über externe Standards..

### Prüfergebnis

Probenart Probe Labor-Nr. Sammelvolumen [L]	Raumluft Raum 1.08	Raumluft Raum 1.22	Orientierungswerte* ARGUK		Richt- werte	BG
	835317-4 100	835317-8 100	Normal- wert (P50)	Auffälligkeits- Wert(P90)		
<b>Carbonsäuren</b>						
Ameisensäure	10	7,9	35	75		2
Essigsäure	18	15	200	450		2
Propionsäure	3,9	3,1				0,5
Buttersäure	nn	nn				0,5
Pentansäure	0,58	nn				0,5
Hexansäure	nn	nn				0,5
Verhältnis Essigsäure zu Ameisensäure	1,8	1,9	7,5	>15		

### Prüfergebnis

Probenart Probe Labor-Nr. Sammelvolumen [L]	Raumluft Raum 2.10	Raumluft Raum 2.24	Orientierungswerte* ARGUK		Richt- werte	BG
	835317-12 100	835317-16 100	Normal- wert (P50)	Auffälligkeits- Wert(P90)		
<b>Carbonsäuren</b>						
Ameisensäure	8,8	6,2	35	75		2
Essigsäure	22	19	200	450		2
Propionsäure	4,1	3,5				0,5
Buttersäure	0,89	1,1				0,5
Pentansäure	0,57	nn				0,5
Hexansäure	0,75	0,75				0,5
Verhältnis Essigsäure zu Ameisensäure	2,5	3,1	7,5	>15		

Konzentrationen in Mikrogramm/m<sup>3</sup>; nn nicht nachweisbar, kleiner als Bestimmungsgrenze BG bei Sammelvolumen von 100 L

\*Orientierungswerte (siehe auch: Bewertungsgrundlagen):

P25 (gering), P50 (durchschnittlich), P90 (auffällig): 25., 50. bzw. 90. Perzentil: 25% (50% bzw. 90%) der Messwerte des Kollektivs „Raumluftproben Fertighaus“ liegen unterhalb des entsprechenden Wertes, Stand 06/2016

Referenzwerte auf Basis von TENAX/Thermodesorptionsmessung nach DIN 16000-BI. 6 sind methodisch bedingt erheblich fehlerbehaftet.

Oberursel, 05.04.2017, ARGUK-Umweltlabor GmbH

Dr. Wigbert Maraun, Dipl.-Chem.

Auszüge des Berichts dürfen nur mit schriftlicher Genehmigung des Prüflaboratoriums veröffentlicht oder vervielfältigt werden, vollständige Kopien sind gestattet. Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf den untersuchten Prüfgegenstand. Elektronisch übermittelte Untersuchungsbefunde dienen, da veränderbar, lediglich der Vorab-Information. Maßgeblich sind die handschriftlich unterschriebenen Prüfberichte. **Ende des Prüfberichts.**



### **Bewertungsgrundlagen:**

Zur Beurteilung einer Schadstoffbelastung in der Raumluft existieren bis auf wenige Ausnahmen keine Grenz- oder Richtwerte. Soweit vorhanden erfolgt die Bewertung nach den toxikologisch begründeten Richtwerten des Ausschuss für Innenraumschadstoffe im Umweltbundesamt. Darüber hinaus wird auf statistisch abgeleitete Orientierungswerte der Arbeitsgemeinschaft ökologischer Forschungsinstitut e.V. (*AGÖF-Auffälligkeitswerte*) zurückgegriffen, die nicht toxikologisch hergeleitet, sondern unter dem Aspekt der Gesundheitsvorsorge zu verstehen sind. Sie bedeuten keine Grenz- oder Richtwerte. Sie beziehen sich auf Raumluftproben, die i.d.R. in einem mehrstündig ungelüfteten Raum entnommen wurden.

Das Auftreten gesundheitlicher Beschwerden kann mit einer Überschreitung des AGÖF-Orientierungswertes nicht ohne weiteres in Zusammenhang gebracht werden.

### **AGÖF-Orientierungswerte:**

Arbeitsgemeinschaft Ökologischer Forschungsinstitute (2013): AGÖF-Orientierungswerte für Inhaltsstoffe von Raumluft und Hausstaub, in: AGÖF - Arbeitsgemeinschaft Ökologischer Forschungsinstitute (Hrsg.): Umwelt, Gebäude & Gesundheit, 10. Fachkongress 2013, Nürnberg, S. 8-36

Die „AGÖF-Orientierungswerte“ basieren auf statistischer Ableitung und umfassen „Hintergrund-, Normal- und Auffälligkeitswerte.“ Als Hintergrundwert wird dabei das 10-Perzentil der Messwertverteilung verwendet, als Normalwert das 50-Perzentil und als Auffälligkeitswert das 90-Perzentil.

Der „**Hintergrundwert**“ beschreibt einen Zustand, der durch konsequente Vermeidung von Emissionsquellen erreichbar und deswegen grundsätzlich anzustreben ist. Diese Hintergrundwerte liegen vielfach kleiner gleich der Nachweisgrenze der angewandten Methoden.

NW: Der „**Normalwert**“ stellt die durchschnittliche Belastungssituation des betrachteten Kollektivs dar, die im Allgemeinen auf Quellen im Innenraum zurückgeht. Bei diesen Werten können zwar Innenraumquellen angenommen werden, ein Handlungsbedarf lässt sich daraus üblicherweise jedoch nicht ableiten.

AW: Der „**Auffälligkeitswert**“ beschreibt eine Überschreitung von in Innenräumen üblichen Konzentrationen und legt das Vorhandensein einer Schadstoffquelle nahe. Je nach Konzentration und Eigenschaften der auffälligen Substanz sind weitere Untersuchungen zur Identifizierung der Quelle angezeigt. Unter Umständen ist eine Sanierung zu empfehlen.

**Stadt Frankfurt am Main  
Der Magistrat – Hochbauamt  
Frau Eva Hanf-Dressler  
Gerbermühle 48  
60594 Frankfurt am Main**

Vorab: [eva.hanf-dressler@stadt-frankfurt.de](mailto:eva.hanf-dressler@stadt-frankfurt.de)  
[katrin.steul@stadt-frankfurt.de](mailto:katrin.steul@stadt-frankfurt.de)

## **Untersuchungsbericht**

**Auftragsnummer 8419/2017**

26.04.2017

### **Raumluft-Untersuchungen**

**Objekt: Grundschule Rebstock, Leonardo-da-Vinci-Allee 11, 60486 Frankfurt/M**

Sehr geehrte Frau Hanf-Dressler,

vielen Dank für Ihren Auftrag. Anbei übersenden wir Ihnen die Ergebnisse der Untersuchung mit unserer Bewertung und den Prüfberichten 2017-8419-1 bis -3.

### **Zusammenfassung und Handlungsempfehlung:**

Die Untersuchung von Raumluftproben aus den ausgewählten Räumen „Raum 1.08, Klasse 1c“, „Raum 1.22, Klasse 2a“, „Raum 2.10, Klasse 3c“, „Raum 2.24, Klasse 4“ und „Turnhalle, Spielfeld“ auf unpolare, polare, aldehydische und carbonsaure flüchtige organische Verbindungen hat unter nutzungsunüblichen Bedingungen (über Nacht ungelüfteter Raum ohne technische und manuelle Raumlüftung, ohne Schulbetrieb) *keine Überschreitungen von Innenraum-Richtwerten* erbracht.

Nach dem TVOC-Bewertungsschema der Innenraumrichtwert-Kommission ist die Raumluft unter den angetroffenen Bedingungen nach Stufe 1 als „**hygienisch unbedenklich**“ einzustufen. Eine toxikologisch begründete gesundheitliche Gefährdung leitet sich aus dem Untersuchungsbericht daher nicht ab.

Für die Gehalte an Ameisen- und Essigsäure sind die vorläufigen ARGUK-Zielwerte in allen Raumluftproben unterschritten. Unter Ansatz einer analog von Richtwert-Ableitungen ausgehenden Ableitung von „strengen Zielwerten“, jedoch ohne substanz-toxikologischer Begründung ergibt sich für den Gehalt der Essigsäure in der Raumluftprobe „Turnhalle, Spielfeld“ eine Überschreitung wie auch für den Gehalt an Ameisensäure in zwei der Klassenraum- Raumluftproben und in der „Turnhallen“-Raumluftprobe. Diese Überschreitungen bestehen jedoch nur im mehrstündig ungelüfteten Zustand der Räume.



*Zusammenfassung 8419/2017*

*26.04.2017*

*Seite 2*

Es sollte umweltmedizinisch bzw. toxikologisch gesondert die Plausibilität unserer Ableitung der vorläufigen Zielwerte für die Ameisen- und Essigsäure beurteilt werden.

*Aus dem Untersuchungsbefund ergibt sich kein Handlungsbedarf über eine nutzungsübliche Raumlüftung hinaus. Auch im mehrstündig ungelüfteten Zustand leitet sich aus dem Untersuchungsbefund generalisiert kein Handlungsbedarf ab.*

Mit freundlichen Grüßen

Dr. Wigbert Maraun

Dipl.-Chem.

*von der IHK Frankfurt am Main öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger  
für Geruchsbelastungen und Schadstoffe in Innenräumen*

Sofern mit dem Auftraggeber nicht anders vereinbart, werden bei der Analyse nicht verwendete Anteile von Proben für drei Monate nach Ausgang des Untersuchungsberichtes zurückgestellt. Nach Ablauf der Rückstellfrist werden Probenreste entweder von uns ordnungsgemäß entsorgt oder bei als Sonderabfall zu behandelnden Proben an den Auftraggeber auf dessen Kosten zurückgesandt. Es gelten die Allgemeinen Geschäftsbedingungen der ARGUK-Umweltlabor GmbH, einsehbar auf unserer Internet-Seite [www.arguk.de](http://www.arguk.de).



## Gutachterliche Bewertung

**Auftraggeber:** Stadt Frankfurt am Main  
Der Magistrat – Hochbauamt  
Gerbermühle 48  
60594 Frankfurt am Main

**Durchführung:** Dr. Wigbert Maraun, Dipl.-Chem.,  
Ortsbegehung und Probenahme am 11.04.2017

**Objekt:** Grundschule Rebstock, Leonardo-da-Vinci-Allee 11, 60486 Frankfurt/M

### Untersuchungsauftrag

Durchführung von Raumluf-Untersuchungen zur Feststellung von Innenraum-Belastungen durch unpolare, polare, aldehydische und carbonsaure flüchtige organische Verbindungen in vier Klassenräumen sowie in der Turnhalle der Grundschule Rebstock.

### Ortsbeschreibung:

Bei dem betreffenden Gebäude handelt es sich um ein Schulgebäude, das im Jahr 2014 für den Grundschulbetrieb eröffnet wurde. Die beprobten Räume werden als Klassenräume genutzt, die Turnhalle zu Sportzwecken.

Die Räume sindutzungsgemäß mit Mobiliar ausgestattet, als Bodenbelag ist Linoleum verlegt.

Die Räume wurden nutzungsunüblich ohne Schulbetrieb und bei ausgeschalteter Lüftungsanlage angetroffen. Im Gebäude selbst fand augenscheinlich eine Betreuung von Kindern statt.

### Vorgehensweise:

In den seitens des Auftraggebers ausgewählten Räumen „Raum 1.08, Klasse 1c“, „Raum 1.22, Klasse 2a“, „Raum 2.10, Klasse 3c“, „Raum 2.24, Klasse 4“ sowie „Turnhalle“ wurde die Raumluf über jeweils ca. eine Stunde lang über verschiedene Sammelmedien mittels elektronisch geregelter Pumpen gezogen. Der Raum „Raum 1.08, Klasse 1c“ wurde dabei ohne Nutzung von ca. 8 bis 9:15 beprobt, zeitlich parallel der Raum „Raum 1.22, Klasse 2a“, ebenfalls ohne Nutzung von ca. 8:15 bis 9:30. Im Raum „Raum 2.10, Klasse 3c“ fand die Probenahme von ca. 9:30 bis 10:40 ohne Nutzung statt, ebenfalls ohne Nutzung im „Raum 2.24, Klasse 4“ von ca. 9:40 bis ca. 10:55 Uhr. Die Turnhalle, Raum „Spielfeld“ wurde ohne Nutzung von ca. 10:50 bis 12:10 Uhr beprobt.

### Allgemeiner Hinweis:

Bei der Interpretation der Messwerte zu einer entnommenen Raumlufprobe ist der angetroffene Lüftungszustand zu beachten. Im Regelfall erfolgt die Probenahme in einem ungelüfteten Raum unter sog. *worst case*-Bedingung. Bei einem nutzungsüblichen Zustand des Raumes mit stärkerer Lüftung werden sich, in Abhängigkeit von dem Luftwechsel, geringere Konzentrationen ergeben.



Bericht 8419/2017

26.04.2017

Seite 2

## Einleitung:

Zur Beurteilung von Raumluft-Konzentrationen in einem Innenraum existieren nur für wenige Substanzen Innenraum-Richtwerte. Deshalb wird ergänzend und hilfsweise auch auf statistisch für Wohn-Innenräume abgeleitete Orientierungswerte der Arbeitsgemeinschaft Ökologischer Forschungsinstitute (AGÖF-Orientierungswerte) zurückgegriffen. Vergleichbare Orientierungswerte sind in der Literatur genannt (Schleibinger 2002). Diese Werte sind nicht toxikologisch begründet, sondern statistisch aus der Untersuchung von ca. 2000 Luftproben abgeleitet. Es lassen sich damit technisch erreichbare Ziele bzw. Auffälligkeiten beschreiben. Die Orientierungswerte können auch unter dem Aspekt der Gesundheitsvorsorge verstanden werden, soweit toxikologische Informationen zu den jeweiligen Substanzen vorliegen. Sie bedeuten **keine Grenz- oder Richtwerte**. Das Auslösen gesundheitlicher Beschwerden kann auch bei einer Überschreitung der Orientierungswerte damit nicht ohne weiteres in Zusammenhang gebracht werden. Dies ist im Einzelfall gesondert zu beurteilen.

Die Innenraum-Richtwerte des Ausschusses für Innenraumrichtwerte (vormals Ad-hoc-Arbeitsgruppe Innenraumrichtwerte der IRK / AOLG beim Umweltbundesamt) sind toxikologisch auch unter Berücksichtigung empfindlicher Personen abgeleitet. Bei der Ableitung des Innenraum-Richtwertes für die C<sub>4</sub>-C<sub>9</sub>-Aldehyde ist auch eine sensorische Komponente eingeflossen.

Aus der Ableitung wird ein Richtwert II als „Gefahrenwert“ begründet und aus diesem der Richtwert I als „Vorsorgewert“. Bei Unterschreitung des Vorsorgewertes ist eine gesundheitliche Gefährdung nicht zu befürchten.

Für Schulräume existieren keine eigenständigen Innenraum-Richtwerte.

## Befund und Bewertung:

### 1. Flüchtige organische Verbindungen in der Raumluft

#### 1.1 Unpolare und polare flüchtige organische Verbindungen in der Raumluft (VOC)

In allen Raumluftproben (s. Prüfbericht 2017-8419-1) wurden Kohlenwasserstoff (KW)-Verbindungen z.T. aus der Gruppe der Alkane und Cycloalkane, der Alkene, der Aromaten, der Terpene, der ein- und mehrwertigen Alkohole und der Ether, der Carbonsäureester, der Aldehyde, der Ketone und der Siloxane angetroffen.

Für die entnommenen Raumluftproben wurden die nachstehenden Gehalte der unpolaren und polaren VOC ermittelt. Dabei wird der Gesamtgehalt der nachgewiesenen Verbindungen („identifizierte VOC“) sowie der TVOC-Gehalt als Gesamtgehalt an identifizierten und der als Toluol-Äquivalente berechneten nicht identifizierten flüchtigen organischen Verbindungen angegeben:

Raum:	identifizierte VOC	TVOC-Gehalt /Gesamtgehalt
Raum 1.08, Klasse 1c	80	90
Raum 1.22, Klasse 2a	116	126
Raum 2.10, Klasse 3c	102	112
Raum 2.24, Klasse 4a	118	128
Turnhalle, Spielfeld	113	123

Konzentrationen in µg/m<sup>3</sup>



Bericht 8419/2017

26.04.2017

Seite 3

Für flüchtige organische Verbindungen existieren bislang nur wenige Richtwerte für die Raumluft nicht-gewerblicher Innenräume der Ad-hoc-Arbeitsgruppe Innenraumrichtwerte der IRK / AOLG beim Umweltbundesamt, jetzt Ausschuss für Innenraum-Richtwerte (AIR):

Substanz	RW II	RW I	Messwert Raum 1.08, Klasse 1c	Messwert Raum 1.22, Klasse 2a	Messwert Raum 2.10, Klasse 3c	Messwert Raum 2.24, Klasse 4a	Messwert Turnhalle, Spielfeld
Aromatenarme KW-Gemische (C <sub>9</sub> -C <sub>14</sub> , Alkane, Isoalkane)	2.000	200	< 10	2	3	3	< 10
Toluol	3.000	300	< 1	1	1	1	< 1
Ethylbenzol	2.000	200	< 1	1	2	< 1	< 1
Dimethylbenzole (Summe Xylole)	800	100	< 2	1	2	2	< 2
C <sub>9</sub> -C <sub>15</sub> -Alkylbenzol (Summe)	1.000	100	1	< 10	1	< 10	< 10
Styrol	300	30	< 2	< 2	3	2	< 2
Monocyclische Terpene (Leitsubstanz d-Limonen)	10.000	1.000	1	< 5	1	< 5	< 5
Bicyclische Terpene (Leitsubstanz alpha-Pinen)	2.000	200	2	2	3	3	2
Benzylalkohol	4.000	400	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
2-Ethyl-1-Hexanol	1000	100	1	1	1	1	< 1
1-Butanol	2000	700**	3	4	4	5	18
Methylisobutylketon (MIBK)	1000	100	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
1-Methyl-2-pyrrolidon	1000	100	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Zyklische Dimethylsiloxane D3-D6 (Summenwert)	4000	400	3	6	5	5	< 5
DEGME	6.000	2.000	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
DEGDME	300	30	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
EGEE	1.000	100	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
EGEEA	2.000	200	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
DEGEE	2.000	700	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
EGBE	1.000	100	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
EGBEA	2.000	200	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
DEGBE	1.000	400	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
EGHE	1.000	100	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
2PG1ME	10.000	1.000	1	6	10	4	14
DPGME	7.000	2.000	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
2PG1EE	3.000	300	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
2PG1tBE	3.000	300	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Trichlorethen (TRI)		20*	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Tetrachlorethen (PER)	100*		< 1	< 1	< 1	< 1	< 1

**Konzentrationen in µg/m<sup>3</sup>** <: weniger als Bestimmungsgrenze Messwerte gerundet

RW II: Gefahrenwert/Einschreiwert RW I: Vorsorgewert \* als 7-Tage-Mittelwert

\*\* Der RW I liegt über der Geruchswahrnehmungsschwelle von 100 µg/m<sup>3</sup>, sodass eine gesonderte Bewertung der geruchlichen Wahrnehmung von Butanol bei Raumluftkonzentrationen über 100 µg/m<sup>3</sup> erforderlich ist.

**Für die vorstehend aufgeführten Substanzen aus dem Untersuchungsspektrum liegt für alle Raumluftproben keine Überschreitung eines RW I (Vorsorgewertes) oder gar eines RW II (Gefahrenwert) vor.**





Bericht 8419/2017

26.04.2017

Seite 4

Die vorliegenden Messbefunde wurden in Räumen ermittelt, die nach unserer Vorgabe über Nacht und bis nach der Probenahme nicht gelüftet werden sollten. Für die Feststellung einer Richtwert-Überschreitung ist zu beachten, dass diese Überschreitung für einen nutzungsüblich gelüfteten Raum gilt: Falls bei einer Erstmessung im mehrstündig ungelüfteten Zustand eine Raumluftkonzentration oberhalb der Richtwertkonzentration vorliegt, ist für eine Nachmessung dieser Raum 10 min quer zu lüften und danach für eine Stunde verschlossen zu halten. Bei der danach durchgeführten Raumluftprobenahme sind die Richtwertkonzentrationen zu unterschreiten.

Die Ad-hoc-Arbeitsgruppe Innenraumrichtwerte der IRK / AOLG beim Umweltbundesamt (jetzt: Ausschuss für Innenraum-Richtwerte) hat für die TVOC-Beurteilung Empfehlungen abgegeben (Ad-hoc-Arbeitsgruppe Innenraumrichtwerte der Innenraumlufthygiene-Kommission des Umweltbundesamtes und der Obersten Landesgesundheitsbehörden: Beurteilung von Innenraumluftkontaminationen mittels Referenz- und Richtwerten, Bundesgesundheitsbl – Gesundheitsforsch – Gesundheitsschutz 2007 50:990-1005)

Stufe	Konzentrationsbereich	Hygienische Bewertung	Empfehlungen
1	weniger als 300	hygienisch unbedenklich, i.d.R. keine Beschwerden	keine weiteren Maßnahmen
2	300 bis 1000	Hygienisch noch unbedenklich, soweit keine Richtwertüberschreitungen für Einzelstoffe, in Einzelfällen Beschwerden oder Geruchswahrnehmungen	Ausreichend Lüften VOC-Quellen ermitteln Nachmessungen zur Kontrolle von Richtwertüberschreitungen unter Nutzungsbedingungen
3	1000 bis 3000	Hygienisch auffällig nur befristete Nutzung (< 12 Monate) Innerhalb von ca. 6 Monaten sollten TVOC-Werte deutlich unter den Anfangswert liegen; Fälle von Beschwerden oder Geruchswahrnehmungen	Richtwertüberschreitungen umgehend durch Nachmessung unter Nutzungsbedingung überprüfen Auffällige Referenzwertüberschreitungen auf gesundheitliche Relevanz überprüfen Quellensuche und intensives Lüften Kontrollmessung nach 1 Monat unter Nutzungsbedingungen
4	3000 bis 10000	Hygienisch bedenklich nur befristete Nutzung (< 1 Monat) TVOC-Konzentration innerhalb eines Monats unter 3000 µg/m <sup>3</sup> absenken; Fälle mit Häufung von Beschwerden oder Geruchswahrnehmungen	Richtwertüberschreitungen umgehend durch Nachmessung unter Nutzungsbedingung überprüfen Auffällige Referenzwertüberschreitungen auf gesundheitliche Relevanz überprüfen. Toxikologische Bewertung von Einzelstoffen o. Stoffgruppen erforderlich Quellensuche, intensiv lüften, Nutzungsbedingungen festlegen, Aufenthalt nur mit zeitlicher Beschränkung durch Gesundheitsamt Kontrollmessungen nach ca. 1 Monat (unter Nutzungsbedingungen) Sanierungsmaßnahmen, falls TVOC-Wert nach 1 Monat über 3000 µg/m <sup>3</sup>
5	10000 bis 25000	Hygienisch inakzeptabel Raumnutzung möglichst vermeiden; In der Regel Beschwerden und Geruchswahrnehmungen	Richtwertüberschreitungen umgehend durch Nachmessung unter Nutzungsbedingung überprüfen Auffällige Referenzwertüberschreitungen auf gesundheitliche Relevanz überprüfen. Toxikologische Bewertung von Einzelstoffen o. Stoffgruppen erforderlich Quellensuche, intensiv lüften, Nutzungsbedingungen festlegen, Aufenthalt nur mit zeitlicher Beschränkung durch Gesundheitsamt; Kontrollmessungen nach ca. 1 Monat (unter Nutzungsbedingungen) Sanierungsmaßnahmen, falls TVOC-Wert nach 1 Monat über 3000 µg/m <sup>3</sup>

**Konzentrationen in µg/m<sup>3</sup>**



Bericht 8419/2017

26.04.2017

Seite 5

Danach ergibt sich für die beprobten Räume folgende Einstufung:

Raum:	TVOC-Gehalt / Gesamtgehalt	Hygienische Bewertung	Empfehlungen
Raum 1.08, Klasse 1c	90	<b>Stufe 1:</b> hygienisch unbedenklich, i.d.R. keine Beschwerden	keine weiteren Maßnahmen
Raum 1.22, Klasse 2a	126	<b>Stufe 1:</b> hygienisch unbedenklich, i.d.R. keine Beschwerden	keine weiteren Maßnahmen
Raum 2.10, Klasse 3c	112	<b>Stufe 1:</b> hygienisch unbedenklich, i.d.R. keine Beschwerden	keine weiteren Maßnahmen
Raum 2.24, Klasse 4a	128	<b>Stufe 1:</b> hygienisch unbedenklich, i.d.R. keine Beschwerden	keine weiteren Maßnahmen
Turnhalle, Spielfeld	123	<b>Stufe 1:</b> hygienisch unbedenklich, i.d.R. keine Beschwerden	keine weiteren Maßnahmen

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

Bei der Zuordnung ist zu beachten, dass es sich hierbei nicht um exakt einzuhaltende Grenzen einer Belastung handelt.

Alle Raumluftproben sind in die **Stufe 1 [hygienisch unbedenklich]** einzuordnen. Darüber hinaus bestehen keine Richtwertüberschreitungen eines Vorsorgewertes. Es sind daher keine weiteren Maßnahmen erforderlich.

Ergänzend kann auf das TVOC-Konzept von Seifert, Umweltbundesamt, verwiesen werden. Demnach sollte in Räumen, die für einen längerfristigen Aufenthalt bestimmt sind, auf Dauer ein TVOC-Wert im Bereich von 1000-3000  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  nicht überschritten werden. [...] Ziel sollte es sein, in Innenräumen im langzeitigen Mittel eine TVOC-Konzentration von 200-300  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  zu erreichen bzw. nach Möglichkeit sogar zu unterschreiten" (Seifert 1999). (TVOC: Gesamtgehalt an flüchtigen organischen Verbindungen).

Raum:	TVOC	Zielbereich
Raum 1.08, Klasse 1c	90	eingehalten
Raum 1.22, Klasse 2a	126	eingehalten
Raum 2.10, Klasse 3c	112	eingehalten
Raum 2.24, Klasse 4a	128	eingehalten
Turnhalle, Spielfeld	123	eingehalten

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

Die Behörde für Umwelt und Gesundheit der Stadt Hamburg hatte vorläufige Richtwerte für nicht-gewerblich genutzte Räume vorgelegt (zwischenzeitlich nicht mehr publiziert):

Substanz	RW II	RW I	Messwert Raum 1.08, Klasse 1c	Messwert Raum 1.22, Klasse 2a	Messwert Raum 2.10, Klasse 3c	Messwert Raum 2.24, Klasse 4a	Messwert Turnhalle, Spielfeld
Methylmethacrylat	1000	100	< 1	< 1	< 1	< 1	19
TXIB	1000		< 1	< 1	< 1	< 1	< 1

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

<: weniger als (Bestimmungsgrenze)

Messwerte gerundet

RW II: Gefahrenwert/Einschreitewert

RW I: Vorsorgewert

Eine Überschreitung der vorläufigen Innenraum-Richtwerte liegt für alle Raumluftproben nicht vor.



Bericht 8419/2017

26.04.2017

Seite 6

Nachgewiesene Substanzen (solche ohne Richtwert) oberhalb des statistisch abgeleiteten AGÖF-Auffälligkeitswertes sind in der nachstehenden Tabelle aufgeführt: Dabei ist jedoch zu beachten, dass auf Grund seltenen Vorkommens die Auffälligkeits-Konzentrationen auch sehr niedrig (nahe  $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) liegen können. Die allein stastisch abgeleiteten AGÖF-Werte stellen daher methodisch keine toxikologisch begründete Richt- oder gar Grenzwerte dar, sondern bedeuten zuerst einmal eine gutachterliche Hilfe.

<b>Substanz</b> (Stoffgruppe)	<i>Vielfaches vom Auffälligkeitswert</i> <b>Raum 1.08, Klasse 1c</b>	<i>Vielfaches vom Auffälligkeitswert</i> <b>Raum 1.22, Klasse 2a</b>	<i>Vielfaches vom Auffälligkeitswert</i> <b>Raum 2.10, Klasse 3c</b>	<i>Vielfaches vom Auffälligkeitswert</i> <b>Raum 2.24, Klasse 4a</b>	<i>Vielfaches vom Auffälligkeitswert</i> <b>Turnhalle, Spielfeld</b>	<b>Technische Verwendung / Herkunft</b>
i-Butylacetat	---	---	2 (< 2)	---	---	Lösemittel
2-Butanon	---	1,7 (33)	---	---	---	Lösemittel

**Konzentrationen in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$**  nur geringe Überschreitungen (Vielfaches < 1,5) werden nicht berücksichtigt.  
In Klammern: AGÖF-Auffälligkeitswert, gerundet, in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Die als statistisch leicht erhöht angetroffene Substanz i-Butylacetat mit Konzentrationen zwischen < 1 und  $4 \mu\text{g}/\text{m}^3$  wird häufig in Kombination mit n-Butylacetat als Lösemittel eingesetzt. In der Summe beider Substanzen lässt sich hilfsweise ein Auffälligkeitswert von weniger als  $29 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ansetzen. Dieser Summengehalt wird für alle Raumlufproben mit maximal  $6 \mu\text{g}/\text{m}^3$  weit unterschritten. Geruchlich sind die vorgefundenen Raumlufkonzentrationen dieser Butylacetate nicht wahrnehmbar.

Die ebenfalls in statistisch leicht erhöhter Raumlufkonzentration auftretende Verbindung Methyl-Ethyl-Keton (2-Butanon) mit maximal  $56 \mu\text{g}/\text{m}^3$  kann hilfsweise unter Verwendung des Innenraum-Richtwertes für die verwandte Substanz Methyl-isobutyl-Keton von  $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$  beurteilt werden. Danach unterschreiten alle Raumlufproben diesen Richtwert deutlich. Geruchlich sind Konzentrationen an 2-Butanon von maximal  $56 \mu\text{g}/\text{m}^3$  unserer Erfahrung nach nicht relevant.

Für die nur in einzelnen Raumlufproben statistisch erhöht vorliegenden Substanzen leitet sich demnach kein weitergehender Handlungsbedarf ab.

## 1.2 Aldehyde in der Raumluf

### 1.2.1 Formaldehyd in der Raumluf

In allen Raumlufproben wird Formaldehyd angetroffen (s. Prüfbericht 2017-8419-2).

<b>Substanz</b>	<b>RW I</b>	<b>Messwert Raum 1.08, Klasse 1c</b>	<b>Messwert Raum 1.22, Klasse 2a</b>	<b>Messwert Raum 2.10, Klasse 3c</b>	<b>Messwert Raum 2.24, Klasse 4a</b>	<b>Messwert Turnhalle, Spielfeld</b>
Formaldehyd	100	19	18	21	23	8

**Konzentrationen in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$**  <: weniger als (Bestimmungsgrenze) Messwerte gerundet  
RW II: Gefahrenwert/Einschreitungswert RW I: Vorsorgewert

Der Innenraum-Richtwert für Formaldehyd ist zwischenzeitlich von 120 auf  $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$  abgesenkt worden. Alle Raumlufproben unterschreiten sehr weit den aktuellen Richtwert des Ausschusses für Innenraumrichtwerte von  $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .



Bericht 8419/2017

26.04.2017

Seite 7

Nach Auffassung des Ausschusses sollte eine Konzentration von  $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$  auch kurzzeitig über einen Zeitraum von einer halben Stunde nicht überschritten werden, da bei empfindlichen Personen oberhalb dieser Konzentration eine sensorische Reizwirkung auftreten könnte. Durch die Neueinstufung von Formaldehyd als nachweislich krebserzeugenden Stoff ist eine aktualisierte Bewertung erforderlich geworden. Ab einer Formaldehyd-Raumluftkonzentration von mehr als  $300 \mu\text{g}/\text{m}^3$  sieht der Ausschuss ein theoretisches Krebsrisiko von  $10^{-6}$  bei lebenslanger Exposition als gegeben.

Für die Bewertung von **Formaldehyd** in der Raumluft existieren weitere unterschiedliche Beurteilungswerte:

**Weltgesundheitsorganisation (WHO)**

Langzeit-Richtwert (Unbedenklichkeitswert, nicht mehr publiziert) .....	$63 \mu\text{g}/\text{m}^3$
Kurzzeit-Richtwert (30 min): .....	$100 \mu\text{g}/\text{m}^3$

**Landesgesundheitsamt Hamburg (Landesgesundheitsamt HH)**

Richtwert I (Vorsorgewert, nutzungsüblich, nicht mehr publiziert): .....	$30 \mu\text{g}/\text{m}^3$
Richtwert II (Einschreitungswert, nicht mehr publiziert): .....	$100 \mu\text{g}/\text{m}^3$

**Orientierungswerte der Arbeitsgemeinschaft Ökologischer Forschungsinstitute (AGÖF)**

Normalwert: .....	$35 \mu\text{g}/\text{m}^3$
Handlungswert: .....	$81 \mu\text{g}/\text{m}^3$

Bei einer maximalen Formaldehyd-Konzentration der beprobten Raumluft von  $23 \mu\text{g}/\text{m}^3$  werden auch die oben genannten ergänzenden Beurteilungswerte noch unterschritten.

Als gesundheitliche Auswirkungen von Formaldehyd werden insbesondere Reizungen der Augen- und Atemwegs-Schleimhäute oder Kopfschmerzen geschildert. Beschwerden durch Formaldehyd sind bei den vorgefundenen Raumluft-Konzentrationen u.E. nicht zu erwarten. Dazu sollte ggfs. ein umweltmedizinisch erfahrener Arzt befragt werden.

Als Quellen für Formaldehyd kommen üblicherweise Pressspan-Materialien oder auch verleimtes Holz in Betracht. Eine Quellenzuordnung ist bei den vorgefundenen Raumluftkonzentrationen schwierig und erscheint auch als nicht erforderlich. Es ist eher von diffus verteilten (schwachen) Quellen auszugehen, die eine Zuordnung zur festgestellten Raumluftkonzentration sehr wahrscheinlich nicht erlauben.

Ein Handlungsbedarf leitet sich aus dem Messbefund zum Vorkommen von Formaldehyd in der Raumluft der beprobten Räume nicht ab.



### 1.2.2 Höhere Aldehyde in der Raumluft

Für Aldehyde existieren Richtwerte für die Raumluft nicht-gewerblicher Innenräume der Ad-hoc-Arbeitsgruppe Innenraumrichtwerte der IRK / AOLG (jetzt: Ausschuss für Innenraumrichtwerte):

Substanz	RW II	RW I	Messwert Raum 1.08, Klasse 1c	Messwert Raum 1.22, Klasse 2a	Messwert Raum 2.10, Klasse 3c	Messwert Raum 2.24, Klasse 4a	Messwert Turnhalle, Spielfeld
Aldehyde C <sub>4</sub> -C <sub>11</sub>	2000	100	76	47	51	64	63
Acetaldehyd	1000	100	32	28	32	36	16
Benzaldehyd	200	20	5	6	3	2	4
Furfural	100	10	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1

Konzentrationen in µg/m<sup>3</sup>

RW II: Gefahrenwert/Einschreitungswert

<: weniger als (Bestimmungsgrenze)

RW I: Vorsorgewert

Messwerte gerundet

Der toxikologisch und unter Berücksichtigung der sensorischen Eigenschaften der Aldehyde abgeleitete **Innenraum-Richtwert RW I (Vorsorgewert)** von 100 µg/m<sup>3</sup> für die aliphatischen **C<sub>4</sub>-C<sub>11</sub>-Aldehyde** ist alle Raumluftproben bei einer Messwertspanne von 47 bis 76 µg/m<sup>3</sup> **sehr weit bis weit unterschritten**.

Der Innenraum-Richtwert RW I für den Einzelvertreter **Acetaldehyd** von 100 µg/m<sup>3</sup> ist für alle Raumluftproben bei einer Messwertspanne von 16 bis 36 µg/m<sup>3</sup> **sehr weit unterschritten**.

Der Innenraum-Richtwert RW I für den Einzelvertreter **Benzaldehyd** von 20 µg/m<sup>3</sup> ist für alle Raumluftproben bei einer Messwertspanne von 2 bis 6 µg/m<sup>3</sup> **sehr weit unterschritten**.

Der Innenraum-Richtwert RW I für den Einzelvertreter **Furfural** von 10 µg/m<sup>3</sup> ist für alle Raumluftproben bei Gehalten unterhalb von 1 µg/m<sup>3</sup> (Bestimmungsgrenze) **sehr weit unterschritten**.

Für die C<sub>4</sub>-C<sub>11</sub>-Aldehyde wurde unter Zugrundelegen der Geruchsschwellen nach DEVOS der Geruchswert errechnet. Aus dem Geruchswert lässt sich nach einer Formel des Ausschusses für Innenraumrichtwerte die Geruchsintensität bestimmen. Für die Raumluftproben aus dem vier ausgewählten Klassenräumen und der Turnhalle leitet sich Geruchsintensitäten für die C<sub>4</sub>-C<sub>11</sub>-Aldehyde in einer Spanne von 1,3 bis 1,8 ab. Demnach tragen diese Aldehyde mit einem schwachen Geruch nach „Linoleum“ zum Geruchseindruck des Raumes bei.

Ein Handlungsbedarf leitet sich aus dem Messbefund zum Vorkommen der weiteren Aldehyde in der Raumluft der beprobten Räume nicht ab.



### 1.3. Ameisen- und Essigsäure in der Raumluf

(s. Prüfbericht 2017-8419-3)

In allen Raumlufproben wurden Ameisen- und Essigsäure nachgewiesen.

Substanz	RW II	RW I	Messwert Raum 1.08, Klasse 1c	Messwert Raum 1.22, Klasse 2a	Messwert Raum 2.10, Klasse 3c	Messwert Raum 2.24, Klasse 4a	Messwert Turnhalle, Spielfeld
Ameisensäure			21	24	12	14	27
Essigsäure	(400)		36	32	32	30	84

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

Die Untersuchung der Raumluf-Proben auf Ameisensäure ergab eine Konzentrationsspanne von 12 bis 27  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Für die Raumlufkonzentrationen an Essigsäure wurde eine Spanne von 30 bis 84  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  ermittelt.

Ein toxikologisch abgeleiteter Innenraum-Richtwert für diese niederen Carbonsäuren existiert nicht. Die ad-hoc-Innenraumkommission beim Umweltbundesamt (jetzt: Ausschuss für Innenraum-Richtwerte) hat in einer Protokollnotiz im Jahr 2011 für Essigsäure (Ethansäure) einen Gefahrenwert von 400  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  genannt. Nach dem üblichen Schema der Richtwert-Ableitung wäre der Vorsorgewert als 1/10 bis 1/3 des Gefahrenwertes herzuleiten. Dies ergäbe dann rechnerisch einen Vorsorgewert zwischen 40 und 130  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Eine entsprechende Festlegung wurde jedoch seitens des Ausschusses für Innenraumrichtwerte noch nicht getroffen. Wir gehen daher von einem vorläufigen Zielwert (als Vorsorgewert) für Essigsäure in der Raumluf von 100  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  aus.

Dieser ist für alle Raumlufproben bei einer Konzentrationen-Spanne von 30 bis 84  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  ganz überwiegend sehr weit unterschritten. Der Gefahrenwert von 400  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  ist damit sehr weit unterschritten. Bei Annahme eines strengen Zielwertes von 40  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  ist dieser für alle Raumlufproben aus den Klassenräumen bei maximal 36  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  unterschritten. Lediglich für die Raumlufprobe „Turnhalle“ wird eine Raumlufkonzentration von 84  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  erhalten. Damit wäre der strenge Zielwert für die Essigsäure deutlich überschritten. Die Zielwerte gelten generell für einen nutzungsüblichen Lüftungszustand des Raumes. Die vorliegenden Messwerte wurden in einem mehrstündig ungelüfteten Raum erhalten. Im Vergleich der Raumlufkonzentrationen bei nutzungsüblichem Lüftungszustand der Klassenräume bei einer Spanne von 15 bis 22  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (s. dazu unseren Prüfbericht 2017-8353-3) und den bei ungelüfteten Zustand erhaltenen (Spanne von 30 bis 36) zeigt sich eine ungefähre Halbierung der Raumlufkonzentration durch die nutzungsübliche Lüftung. Diesen Reduzierungsfaktor von 0,5 angewendet auf die ermittelte Raumlufkonzentration von Essigsäure in der Raumlufprobe „Turnhalle“ ergibt einen Erwartungswert von ca. 40  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Bei üblicher Lüftung der Turnhalle wird daher die Einhaltung auch des strengen Zielwertes von 40  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  zu erwarten sein.

Aus dem Vergleich der Arbeitsplatzgrenzwerte für Ameisen- und Essigsäure (9,5  $\text{mg}/\text{m}^3$  zu 25  $\text{mg}/\text{m}^3$ ) kann hilfsweise aus dem vorläufigen AIR-Gefahrenwert für Essigsäure von 400  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  für die Ameisensäure ein Gefahrenwert von 150  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  und ein vorläufiger Zielwert von 40  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  abgeleitet werden. Als ein strenger vorläufiger Zielwert wäre eine Ameisen-Raumlufkonzentration von 15  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  anzusehen. Diese ist für drei der fünf Raumlufkonzentrationen mit maximal 27  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  überschritten. Unter Ansatz der Konzentrationsverringerung durch eine nutzungsübliche Lüftung auf die Hälfte unterschreiten alle Raumlufwerte auch den strengen vorläufigen Zielwert.



Bericht 8419/2017

26.04.2017

Seite 10

Das Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung hat in seinem „Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen, Neubau Büro und Verwaltungsgebäude“, Stand 2009, für den Gehalt an Essigsäure in der Raumluft einen Orientierungswert von  $160 \mu\text{g}/\text{m}^3$  genannt. Dieser „Neubau-Richtwert“ wird für alle Raumluftproben sehr weit unterschritten.

Die niedrigeren Beurteilungswerte für die Ameisensäure sind in der stärkeren Säurewirkung der Ameisensäure gegenüber der Essigsäure begründet.

Ameisen- und Essigsäure stellen schleimhautreizende Substanzen dar. Möglicherweise kommt es bei längerem Kontakt mit diesen Säuren über die Atemluft dann auch zu Beschwerden der Atemwegsschleimhäute.

Es sollte umweltmedizinisch bzw. toxikologisch gesondert die Plausibilität unserer Ableitung der vorläufigen Zielwerte für die Ameisen- und Essigsäure beurteilt werden.

Die Herkunft dieser niederen Carbonsäuren ist vorwiegend der Emission aus Holzwerkstoffen zuzuschreiben (sog. „Holzsäuren“). Die Hemicellulose des Holzes enthält die darin gebundenen Acetylgruppen, die dann hydrolytisch unter Bildung der Essigsäure freigesetzt werden.

## 2. Zusammenfassung und Handlungsempfehlung

Die Untersuchung von Raumluftproben aus den ausgewählten Räumen „Raum 1.08, Klasse 1c“, „Raum 1.22, Klasse 2a“, „Raum 2.10, Klasse 3c“, „Raum 2.24, Klasse 4“ und „Turnhalle, Spielfeld“ auf unpolare, polare, aldehydische und carbonsaure flüchtige organische Verbindungen hat unter nutzungsunüblichen Bedingungen (über Nacht ungelüfteter Raum ohne technische und manuelle Raumlüftung, ohne Schulbetrieb) *keine Überschreitungen von Innenraum-Richtwerten* erbracht.

Nach dem TVOC-Bewertungsschema der Innenraumrichtwert-Kommission ist die Raumluft unter den angetroffenen Bedingungen nach Stufe 1 als „**hygienisch unbedenklich**“ einzustufen. Eine toxikologisch begründete gesundheitliche Gefährdung leitet sich aus dem Untersuchungsbericht daher nicht ab.

Für die Gehalte an Ameisen- und Essigsäure sind die vorläufigen ARGUK-Zielwerte in allen Raumluftproben unterschritten. Unter Ansatz einer analog von Richtwert-Ableitungen ausgehenden Ableitung von „strengen Zielwerten“, jedoch ohne substanz-toxikologischer Begründung ergibt sich für den Gehalt der Essigsäure in der Raumluftprobe „Turnhalle, Spielfeld“ eine Überschreitung wie auch für den Gehalt an Ameisensäure in zwei der Klassenraum- Raumluftproben und in der „Turnhallen“-Raumluftprobe. Diese Überschreitungen bestehen jedoch nur im mehrstündig ungelüfteten Zustand der Räume.

Es sollte umweltmedizinisch bzw. toxikologisch gesondert die Plausibilität unserer Ableitung der vorläufigen Zielwerte für die Ameisen- und Essigsäure beurteilt werden.

*Aus dem Untersuchungsbefund ergibt sich kein Handlungsbedarf über eine nutzungsübliche Raumlüftung hinaus. Auch im mehrstündig ungelüfteten Zustand leitet sich aus dem Untersuchungsbefund generalisiert kein Handlungsbedarf ab.*



*Bericht 8419/2017  
26.04.2017  
Seite 11*

Eine gesundheitliche Gefährdung kann unmittelbar aus den Untersuchungsbefunden nicht abgeleitet werden, hierzu bedarf es der Kenntnis über die betroffenen Personen, den Expositionspfad, die aufgenommenen Schadstoffmengen u. a. Faktoren.

Oberursel, 26.04.2017

ARGUK-Umweltlabor GmbH

Dr. Wigbert Maraun  
Dipl.-Chem.

*von der IHK Frankfurt am Main öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger  
für Geruchsbelastungen und Schadstoffe in Innenräumen*

Sofern mit dem Auftraggeber nicht anders vereinbart, werden bei der Analyse nicht verwendete Anteile von Proben für drei Monate nach Ausgang des Untersuchungsberichtes zurückgestellt. Nach Ablauf der Rückstellfrist werden Probenreste entweder von uns ordnungsgemäß entsorgt oder bei als Sonderabfall zu behandelnden Proben an den Auftraggeber auf dessen Kosten zurückgesandt. Es gelten die Allgemeinen Geschäftsbedingungen der ARGUK-Umweltlabor GmbH, einsehbar auf unserer Internet-Seite [www.arguk.de](http://www.arguk.de).





ARGUK-Umweltlabor GmbH, Krebsmühle 1, 61440 Oberursel

## P R Ü F B E R I C H T    2017-8419-1

<b>Auftraggeber</b>	<b>Probenahme</b>	<b>Probeneingang</b>	<b>Prüfgut</b>	<b>Prüfauftrag</b>
Stadt Frankfurt am Main Der Magistrat – Hochbauamt Gerbermühle 48 60594 Frankfurt am Main	durch Sachverständigen Dr. Wigbert Maraun Dipl.-Chem.	11.04.2017	Raumluft auf Aktivkohle-Sammler	npVOC: polare und unpolare Flüchtige Organische Verbindungen

<b>Projekt</b>	<b>Probenahmedatum</b>	<b>Raum</b>	<b>mittl. Temperatur in °C</b>	<b>mittl. rel. Luftfeuchte in %</b>
Grundschule Rebstock Leonardo-da-Vinci-Allee 11 60486 Frankfurt am Main	11.04.2017	-1/-2: Raum 1.08, Klasse 1c -5/-6: Raum 1.22, Klasse 2a -9/-10: Raum 2.10, Klasse 3c -13/-14: Raum 2.24, Klasse 4a -17/-18: Turnhalle, Spielfeld	-1/-2: 25 -5/-6: 25 -9/-10: 26 -13/-14: 26 -17/-18: 23	-1/-2: 31 -5/-6: 31 -9/-10: 28 -13/-14: 30 -17/-18: 30

### Prüfverfahren

#### ARGUK 10106: Untersuchung von Raumluft auf Flüchtige Organische Verbindungen / Volatile Organic Compounds (VOC) [Aktive Probenahme]

Nach Probenahme auf Aktivkohle in Anlehnung an VDI 2100, Bl 2. Standardsammelvolumen 100 L für unpolare VOC (nVOC) bzw. für polare VOC (pVOC). Desorption mit Schwefelkohlenstoff für unpolare VOC (nVOC), Desorption mit Dichlormethan / Methanol für polare VOC (pVOC). Analyse mittels Kapillargaschromatographie und Massenspektrometrie (GC/MS). Kalibration und Gehaltsbestimmung über interne und externe Standards.

Prüfbericht 2017-8419-1									
Prüfergebnis									
	Probenart Probe Labor-Nr.	Raumluft Raum 1.08 841917-1/-2 100 / 100	Raumluft Raum 1.22 841917-5/-6 100 / 100	Raumluft Raum 2.10 841917-9/-10 100 / 100	Raumluft Raum 2.24 841917-13/-14 100 / 100	Raumluft Turnhalle 841917-17/-18 100 / 100	RW I ** / AGÖF AW	Desor- bens	BG*
Alkane	Sammelvolumen [l] nVOC / pVOC: CAS-Nr.	3	5	7	6	0			
Heptan	142-82-5	1,1	1,2	2,2	2	nn	9	CS <sub>2</sub>	1
3-Methylhexan	589-34-4	nn	nn	nn	nn	nn	6,3	CS <sub>2</sub>	1
Octan	111-65-9	1,4	1,5	2,1	2,0	nn	5	CS <sub>2</sub>	1
2,2,4-Trimethylpentan	540-84-1	nn	nn	nn	nn	nn	1	CS <sub>2</sub>	1
Nonan	111-84-2	nn	1,1	1,5	2,6	nn	5	CS <sub>2</sub>	1
Decan	124-18-5	nn	1,1	1,2	nn	nn	11	CS <sub>2</sub>	1
Undecan	1120-21-4	nn	nn	nn	nn	nn	14	CS <sub>2</sub>	1
Dodecan	112-40-3	nn	nn	nn	nn	nn	9	CS <sub>2</sub>	1
Tridecan	629-50-5	nn	nn	nn	nn	nn	5	CS <sub>2</sub>	1
Tetradecan	629-59-4	nn	nn	nn	nn	nn	4	CS <sub>2</sub>	1
Pentadecan	629-62-9	nn	nn	nn	nn	nn	3	CS <sub>2</sub>	1
Hexadecan	544-76-3	nn	nn	nn	nn	nn	2	CS <sub>2</sub>	1
2,2,3,3,6,8,8-Heptamethylnonan	4390-04-9	nn	nn	nn	nn	nn	1	CS <sub>2</sub>	1
Isoalkane (C9-C14)	-	nn	nn	nn	nn	nn	2	CS <sub>2</sub>	5
C9-C14 n-Alkane / Isoalkane (aromatenarm)	-	< 10	2,2	2,7	2,6	< 10	200**		
<b>Cycloalkane</b>		0	0	0	1	0			
Cyclohexan	110-82-7	nn	nn	nn	1,2	nn	9	CS <sub>2</sub>	1
Methylcyclohexan	108-87-2	nn	nn	nn	nn	nn	4	CS <sub>2</sub>	1
<b>Alkene</b>		10	0	0	14	0			
1-Octen	111-66-0	nn	nn	nn	nn	nn	< 2	CS <sub>2</sub>	1
1-Nonen	124-11-8	nn	nn	nn	nn	nn	< 2	CS <sub>2</sub>	1
1-Decen	872-05-9	nn	nn	nn	nn	nn	< 2	CS <sub>2</sub>	1
Trim. 2-Methylpropen	7756-94-7	nn	nn	nn	nn	nn	< 1,5	CS <sub>2</sub>	1
4-Phenylcyclohexen	4994-16-5	nn	nn	nn	nn	nn	< 1	CS <sub>2</sub>	1
4-Vinylcyclohexen	100-40-3	nn	nn	nn	nn	nn	< 1	CS <sub>2</sub>	1
iso-Dodecene (1-Dodecen-Äquiv.)	/.	10	nn	nn	14	nn		CS <sub>2</sub>	10

Konzentrationen in Mikrogramm/m<sup>3</sup>; nn: nicht nachweisbar, <: weniger als Bestimmungsgrenze BG\* bei Sammelvolumen 100L

Legende siehe Seite 9

Prüfbericht 2017-8419-1												
Aromaten	Probenart		Raumluft	Raumluft	Raumluft	Raumluft	Raumluft	Raumluft	Raumluft	RW **/ AGÖF AW	Desorbens	BG*
	Probe Labor-Nr.	CAS-Nr.	Raum 1.08 841917-1/-2	Raum 1.22 841917-5/-6	Raum 2.10 841917-9/-10	Raum 2.24 841917-13/-14	Turnhalle 841917-17/-18					
Benzol	71-43-2	nn	3	9	5	0				3	CS <sub>2</sub>	1
Toluol	108-88-3	nn	1,1	1,4	1,3	nn				300**	CS <sub>2</sub>	1
Ethylbenzol	100-41-4	nn	1,0	1,7	nn	nn				200**	CS <sub>2</sub>	1
Xylole / Dimethylbenzole (o-, m-, p-Xylol)	1330-20-7	nn	1	1,6	1,5	nn				100**	CS <sub>2</sub>	1
Styrol	100-42-5	nn	nn	3,2	2	nn				30**	CS <sub>2</sub>	2
n-Propylbenzol	103-65-1	nn	nn	nn	nn	nn				2,1	CS <sub>2</sub>	1
i-Propylbenzol	98-82-8	nn	nn	nn	nn	nn				1	CS <sub>2</sub>	1
2-Ethyltoluol	611-14-3	nn	nn	nn	nn	nn				3	CS <sub>2</sub>	1
3-Ethyltoluol	620-14-4	nn	nn	nn	nn	nn				6,7	CS <sub>2</sub>	1
4-Ethyltoluol	622-96-8	nn	nn	nn	nn	nn				3	CS <sub>2</sub>	1
1,3,5-Trimethylbenzol	108-67-8	nn	nn	nn	nn	nn				3	CS <sub>2</sub>	1
1,2,4-Trimethylbenzol	95-63-6	1	nn	1	nn	nn				11	CS <sub>2</sub>	1
1,2,3-Trimethylbenzol	526-73-8	nn	nn	nn	nn	nn				2,6	CS <sub>2</sub>	1
n-Butylbenzol	104-51-8	nn	nn	nn	nn	nn				< 1 (n-Butylben)	CS <sub>2</sub>	1
1,2/1,3-Diethylbenzol	8/135-01-	nn	nn	nn	nn	nn					CS <sub>2</sub>	1
1,4-Diethylbenzol	105-05-5	nn	nn	nn	nn	nn					CS <sub>2</sub>	1
1,3-Di-i-Propylbenzol	99-62-7	nn	nn	nn	nn	nn				< 1	CS <sub>2</sub>	1
1,4-Di-i-Propylbenzol	100-18-5	nn	nn	nn	nn	nn				< 1	CS <sub>2</sub>	1
1,2,4,5-Tetramethylbenzol	95-93-2	nn	nn	nn	nn	nn				< 1	CS <sub>2</sub>	1
1,2,3,5-Tetramethylbenzol	527-53-7	nn	nn	nn	nn	nn				< 1	CS <sub>2</sub>	1
Hexylbenzol	1077-16-3	nn	nn	nn	nn	nn					CS <sub>2</sub>	1
Octylbenzol	16388-32-0	nn	nn	nn	nn	nn					CS <sub>2</sub>	1
p-Cymol	99-87-6	nn	nn	nn	nn	nn				2	CS <sub>2</sub>	1
n-Decylbenzol	104-72-3	nn	nn	nn	nn	nn					CS <sub>2</sub>	1
Indan	496-11-7	nn	nn	nn	nn	nn				1	CS <sub>2</sub>	1
Summe Alkylbenzole C9 bis C15		1	< 10	1	< 10	< 10				100**		

Konzentrationen in Mikrogramm/m<sup>3</sup>; nn: nicht nachweisbar, <: weniger als Bestimmungsgrenze BG\* bei Sammelvolumen 100L

Legende siehe Seite 9

Prüfbericht 2017-8419-1										
Terpene	Probenart Probe Labor-Nr.	CAS-Nr.	Raumluft Raum 1.08 841917-1/-2	Raumluft Raum 1.22 841917-5/-6	Raumluft Raum 2.10 841917-9/-10	Raumluft Raum 2.24 841917-13/-14	Raumluft Turnhalle 841917-17/-18	RW I**/ AGÖF AW	Desor- bens	BG*
o-Cymen	527-84-4		nn	nn	nn	nn	nn	nn	CS <sub>2</sub>	1
Limonen	138-86-3		1,1	nn	1,1	nn	nn	23	CS <sub>2</sub>	1
alpha-Terpinen	99-86-5		nn	nn	nn	nn	nn	< 1,5	CS <sub>2</sub>	1
gamma-Terpinen	99-85-4		nn	nn	nn	nn	nn	< 1,5	CS <sub>2</sub>	1
alpha-Terpineol	98-55-5		nn	nn	nn	nn	nn	1	CS <sub>2</sub>	1
Summe monocyclische Terpene	-		1,1	< 5	1,1	< 5	< 5	1000**		
endo-Borneol	507-70-0		nn	nn	nn	nn	nn	< 1	CS <sub>2</sub>	1
+ - Camphen	79-92-5		nn	nn	nn	nn	nn	2,1	CS <sub>2</sub>	1
DL-Campher	76-22-2		nn	nn	nn	nn	nn	< 1,5	CS <sub>2</sub>	1
delta-3-Caren	13466-78-9		nn	nn	nn	nn	1	26	CS <sub>2</sub>	1
alpha-Pinen	80-56-8		1,7	1,6	2,5	2,5	1,9	68	CS <sub>2</sub>	1
beta-Pinen	127-91-3		nn	nn	nn	nn	nn	8,7	CS <sub>2</sub>	1
Verbenon / Geranion	1196-01-6/ 106-24-1		nn	nn	nn	nn	nn	< 1 / ./.	CS <sub>2</sub>	1
Summe bicyclische Terpene	-		1,7	1,6	2,5	2,5	2,9	200**		
Bornylacetat	5655-61-8		nn	nn	nn	nn	nn	< 2	CS <sub>2</sub>	1
1,8-Cineol (Eucalyptol)	470-82-6		nn	nn	nn	nn	nn	< 2	CS <sub>2</sub>	1
beta-Citronellol	106-22-9		nn	nn	nn	nn	nn		CS <sub>2</sub>	1
Eugenol	97-53-0		nn	nn	nn	nn	nn		CS <sub>2</sub>	1
Geranylacetat	105-87-3		nn	nn	nn	nn	nn		CS <sub>2</sub>	1
alpha-Ionon	127-41-3		nn	nn	nn	nn	nn		CS <sub>2</sub>	1
alpha-Ceton (i-Methyl-alpha-Ionon)	127-51-5		nn	nn	nn	nn	nn		CS <sub>2</sub>	1
Lilial	80-54-6		nn	nn	nn	nn	nn		CS <sub>2</sub>	1
Linalool	78-70-6		nn	nn	nn	nn	nn	< 1	CS <sub>2</sub>	1
Linalylacetat	115-95-7		nn	nn	nn	nn	nn		CS <sub>2</sub>	1
Longifolen	475-20-7		nn	nn	nn	nn	nn	2	CS <sub>2</sub>	1
"+/-"-Menthol	89-78-1		nn	nn	nn	nn	nn	< 1	CS <sub>2</sub>	1
beta-Myrcen	123-35-3		nn	nn	nn	nn	nn	2	CS <sub>2</sub>	1
dihydro-Myrcenol	18479-58-8		nn	nn	nn	nn	nn		CS <sub>2</sub>	1
iso-Eugenol	97-54-1		nn	nn	nn	nn	nn		CS <sub>2</sub>	1

Konzentrationen in Mikrogramm/m<sup>3</sup>; nn: nicht nachweisbar, <: weniger als Bestimmungsgrenze BG\* bei Sammelvolumen 100L

Legende siehe Seite 9



Prüfbericht 2017-8419-1										
Probenart	Raumluft Raum 1.08 841917-1/-2	Raumluft Raum 1.22 841917-5/-6	Raumluft Raum 2.10 841917-9/-10	Raumluft Raum 2.24 841917-13/-14	Raumluft Turnhalle 841917-17/-18	RW  **/ AGÖF AW	Desor- bens	BG*		
<b>LHKW</b>										
CAS-Nr.	0	0	0	0	0					
56-23-5	nn	nn	nn	nn	nn	< 1,5 Leitwert ***	CS <sub>2</sub>	1		
79-01-6	nn	nn	nn	nn	nn	100**	CS <sub>2</sub>	1		
127-18-4	nn	nn	nn	nn	nn	< 1	CS <sub>2</sub>	1		
108-90-7	nn	nn	nn	nn	nn	< 1	CS <sub>2</sub>	1		
95-50-1	nn	nn	nn	nn	nn	< 1	CS <sub>2</sub>	1		
541-73-1	nn	nn	nn	nn	nn	< 1	CS <sub>2</sub>	1		
106-46-7	nn	nn	nn	nn	nn	< 1	CS <sub>2</sub>	1		
<b>Einwertige Alkohole</b>	4	5	5	7	20					
71-36-3	2,8	3,6	4,1	4,8	18	700**	DCM	1		
3-Methyl-1-Butanol (Isoamylalkohol)	nn	nn	nn	nn	nn	< 1,5	DCM	1		
71-41-0	nn	nn	nn	1	1,6	5,4	DCM	1		
58175-57-8	nn	nn	nn	nn	nn	1	DCM	1		
111-27-3	nn	nn	nn	nn	nn	100**	DCM	1		
104-76-7	1,1	1,1	1,3	1,3	nn	< 1	DCM	1		
111-70-6	nn	nn	nn	nn	nn	< 1	DCM	1		
111-87-5	nn	nn	nn	nn	nn	< 1	DCM	1		
3391-86-4	nn	nn	nn	nn	nn	< 1	DCM	1		
143-08-8	nn	nn	nn	nn	nn	< 1	DCM	1		
628-99-9	nn	nn	nn	nn	nn	400**	DCM	1		
100-51-6	nn	nn	nn	nn	nn		DCM	1		
60-12-8	nn	nn	nn	nn	nn		DCM	1		
<b>Carbonsäureester</b>	3,6	4,5	6	5	23					
Butylformiat	nn	nn	nn	nn	nn	1	DCM	1		
i-Propylacetat	nn	nn	nn	nn	nn	< 1,5	DCM	1		
n-Butylacetat	1,3	2,4	2	2,6	4,3	27	DCM	1		
i-Butylacetat	2,3	2,1	4	2,4	nn	< 2	DCM	1		
2-Ethylhexylacetat	nn	nn	nn	nn	nn	< 1	DCM	1		
n-Butylpropionat	nn	nn	nn	nn	nn	< 1	DCM	1		
Ethylacrylat	nn	nn	nn	nn	nn	< 1	DCM	1		
Butylacrylat	nn	nn	nn	nn	nn	< 1	DCM	1		
Methylmethacrylat / n-Propylacetat	nn	nn	nn	nn	nn	< 1,5 / < 2	DCM	1		
109-60-4	nn	nn	nn	nn	19	2	DCM	1		
106-65-0	nn	nn	nn	nn	nn	< 3	DCM	1		
105-76-0	nn	nn	nn	nn	nn	< 2	DCM	1		

Konzentrationen in Mikrogramm/m<sup>3</sup>; nn: nicht nachweisbar, <: weniger als Bestimmungsgrenze BG\* bei Sammelvolumen 100L



Legende siehe Seite 9

Prüfbericht 2017-8419-1												
Probenart	Raumluft	Raumluft	Raumluft	Raumluft	Raumluft	Raumluft	Raumluft	Raumluft	Raumluft	RW I**/ AGÖF AW	Desor- bens	BG*
Probe Labor-Nr.	Raum 1.08 841917-1/-2	Raum 1.22 841917-5/-6	Raum 2.10 841917-9/-10	Raumluft Raum 2.24 841917-13/-14	Raumluft Turnhalle 841917-17/-18							
CAS-Nr.												
<b>Carbonsäureester</b>												
Dimethyladipat	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	< 2	DCM	1
Diisobutyladipat	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	< 2	DCM	1
Dimethylpimelat	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn		DCM	1
TXmIB (2,2,4-Trimethyl-1,3 Pentandiol-monoisobutyrat	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	2	DCM	1
TXIB (2,2,4-Trimethyl-1,3 Pentandiol-diisobutyrat)	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	3	DCM	1
Methylbenzoat	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	< 1	DCM	1
Dimethylphthalat	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	< 2	DCM	1
Diethylphthalat	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	1,8	DCM	1
Di n-butylphthalat	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	< 7	DCM	1
<b>Mehrwertige Alkohole</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
1,2-Propylenglykol (1,2 PG)	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	14	DCM	1
Dipropylenglykol (DPG)	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	< 5	DCM	1
2,2,4-Trimethyl-1,3-Pentandiol	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn		DCM	1
<b>Ether mehrwertiger Alkohole</b>	1	6	10	4	14							
Ethylenglykolmonoethyl ether (EGEE, ehem. EGME)	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	100**	DCM	1
Ethylenglykolmonoisopropylether (EGiPE, ehem. EGMIP)	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	< 1	DCM	1
Ethylenglykolmonobutylether (EGBE, ehem. EGMB)	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	100**	DCM	1
Ethylenglykolmonophenylether (EGPE, ehem. EGMP)	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	5	DCM	1
Diethylenglykolmonomethylether (DEGME, ehem. DEGMM)	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	2000**	DCM	1
Diethylenglykolmonoethyl ether (DEGEE, ehem. DEGME)	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	700**	DCM	1
Diethylenglykolmonobutylether (DEGBE, ehem. DEGMB)	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	400**	DCM	1
Triethylenglykolmonobutylether (TEGBE, ehem. TEGMB)	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	< 1	DCM	10
Propylenglykolmonomethylether (2PG1ME, ehem. PGMM)	1	5,5	10	3,9	14					1000**	DCM	1
Propylenglykolmonopropylether (2PG1PE, ehem. PGMPPr)	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	< 1	DCM	1

Konzentrationen in Mikrogramm/m<sup>3</sup>; nn: nicht nachweisbar, <: weniger als Bestimmungsgrenze BG\* bei Sammelvolumen 100L



Legende siehe Seite 9

Prüfbericht 2017-8419-1										
Probenart Probe Labor-Nr.	Raumluft Raum 1.08 841917-1/-2	Raumluft Raum 1.22 841917-5/-6	Raumluft Raum 2.10 841917-9/-10	Raumluft Raum 2.24 841917-13/-14	Raumluft Turnhalle 841917-17/-18	RW I**/ AGÖF AW	Desor- bens	BG*		
<b>Ether mehrwertiger Alkohole</b>										
1,2-Propylenglykolmonobutylether (2PG1BE ehem. PGMB)	nn	nn	nn	nn	nn	3	DCM	1		
1,2-Propylenglykolmonofert- butylether (2PG1BE, ehem. PGMTB)	nn	nn	nn	nn	nn	300**	DCM	1		
Dipropylenglykolmonomethylether (DPGME, ehem. DPGMM)	nn	nn	nn	nn	nn	2000**	DCM	1		
Dipropylenglykolmonobutylether (DPGBE, ehem. DPGMB)	nn	nn	nn	nn	nn	3	DCM	1		
Tripropylenglykolmonomethylether (TPGME, ehem. TPGMM)	nn	nn	nn	nn	nn	< 4	DCM	10		
Tripropylenglykolmonobutylether (TPGBE, ehem. TPGMB)	nn	nn	nn	nn	nn		DCM	1		
<b>Ester mehrwertiger Alkohole und deren Ether</b>										
Ethylenglykolmonomethyletheracetat (EGMEA, ehem. EGMMA)	nn	nn	nn	nn	nn	< 1,5	DCM	1		
Ethylenglykolmonoethyl-ether-acetat (EGEEA, ehem. EGMEA)	nn	nn	nn	nn	nn	200**	DCM	1		
Ethylenglykolmonobutylether-acetat (EGBEA, ehem. EGMBEA)	nn	nn	nn	nn	nn	200**	DCM	1		
Diethylenglykolmonobutyl- etheracetat (DEGBEA)	nn	nn	nn	nn	nn	< 1,5	DCM	1		
Propylenglykolmonomethylether- acetat (PG1ME2A)	nn	nn	nn	nn	6	7,8	DCM	1		
Dipropylenglykolmonomethyl- etheracetat (DPGMEA)	nn	nn	nn	nn	nn	< 1,5	DCM	1		
<b>Aldehyde</b>										
Pentanal	37	27	37	40	35					
Hexanal	4,4	3,4	5	5,9	4,8	20	DCM	1		
Heptanal	12	9,5	14	15	19	55	DCM	1		
Octanal	2,6	2	2,8	2,8	1,8	6,7	DCM	1		
2-Ethyl-1-Hexanal	3,6	3	3,6	4,5	2,5	8	DCM	1		
Nonanal	nn	nn	nn	nn	nn	< 2	DCM	1		
Decanal	14	9,4	12	12	7,3	19	DCM	1		
Furfural	nn	nn	nn	nn	nn	7	DCM	1		
Benzaldehyd	nn	nn	nn	nn	nn	10**	DCM	1		
Tolylaldehyd	nn	nn	nn	nn	nn	20**	DCM	1		
	nn	nn	nn	nn	nn	< 1,3	DCM	1		

Konzentrationen in Mikrogramm/m<sup>3</sup>; nn: nicht nachweisbar, <: weniger als Bestimmungsgrenze BG\* bei Sammelvolumen 100L





Legende siehe Seite 9

Prüfbericht 2017-8419-1									
Probenart Probe Labor-Nr.	Raumluft Raum 1.08 841917-1/-2	Raumluft Raum 1.22 841917-5/-6	Raumluft Raum 2.10 841917-9/-10	Raumluft Raum 2.24 841917-13/-14	Raumluft Turnhalle 841917-17/-18	RW I**/ AGÖF AW (µg/m³)	Desor- bens	BG*	
<b>Ketone</b>									
Methyl-Ethyl-Keton (2-Butanon)	16	59	20	28	12	33	DNPH	1	
Methyl-isobutyl-Keton (MIBK)	13	56	15	24	12	100**	DCM	1	
2-Hexanon (MBK)	nn	nn	nn	nn	nn	1	DCM	1	
2-Heptanon	nn	nn	nn	nn	nn	1,9	DCM	1	
3-Heptanon	nn	nn	nn	nn	nn	2	DCM	1	
3-Octanon	nn	nn	nn	nn	nn	< 1	DCM	1	
Acetophenon	nn	nn	nn	nn	nn	4	DCM	1	
Benzophenon	nn	nn	nn	nn	nn	< 1	DCM	1	
Cyclohexanon	3	2,7	4,5	3,6	nn	5	DNPH	1	
Isophoron	nn	nn	nn	nn	nn		CS <sub>2</sub>	1	
3,3,5-Trimethyl-Cyclohexanon	nn	nn	nn	nn	nn		DCM	1	
N-Methyl-2-Pyrrolidon	nn	nn	nn	nn	nn	100**	DCM	1	
<b>Siloxane</b>									
CAS-Nr.	3	6	5	5	0				
Hexamethylcyclotrisiloxan (D3)	1,0	2,5	1,6	2,3	nn	16	CS <sub>2</sub>	1	
Octamethylcyclotetrasiloxan (D4)	1,0	1,6	nn	1,9	nn	7	CS <sub>2</sub>	1	
Decamethylcyclopentasiloxan (D5)	1,0	1,4	3	1,2	nn	22	CS <sub>2</sub>	1	
Dodecamethylcyclohexasiloxan (D6)	nn	nn	nn	nn	nn	11	CS <sub>2</sub>	1	
Summe D3-D6 Dimethylsiloxane	3	5,5	4,6	5,4	< 5	400**			
Tridecamethylcyclohexasiloxan (D7)	nn	nn	nn	nn	nn		CS <sub>2</sub>	1	
<b>Sonstige</b>									
	0	0	0	0	0				
<b>identifizierte VOC (Summe)</b>	80	116	102	118	113				
<b>nicht identifizierte VOC (als</b>	10	10	10	10	10			10	
<b>TVOC***</b>	<b>90</b>	<b>126</b>	<b>112</b>	<b>128</b>	<b>123</b>				

Konzentrationen in Mikrogramm/m<sup>3</sup>; nn: nicht nachweisbar, <: weniger als Bestimmungsgrenze BG\* bei Sammelvolumen 100L

Legende siehe Seite 9



### Legende

Konzentrationen in Mikrogramm/m<sup>3</sup>; nn: nicht nachweisbar, <: weniger als Bestimmungsgrenze BG bei Sammelvolumen 100L

Kein Messwerteintrag: laut Auftrag nicht analysiert

nVOC: nonpolar Volatile Organic Compounds pVOC: polar Volatile Organic Compounds

Desorbens: DCM: Dichlormethan/Methanol CS2: CS2/Methanol HS Headspace (vVOC)

<: weniger als nb: nicht bestimmt \*\* Überlagerung möglich i.A.: in Anlehnung, Verfahrenfehler +/- 10%

\* Orientierungswerte für Raumluft: siehe Bewertungsgrundlagen

\*\* RW I: Richtwert I ( Vorsorgewert) des Ausschuss für Innenraumrichtwerte (Vormals Ad-hoc-Arbeitsgruppe) des Umweltbundesamtes; 2016/12/02

\*\*\*: Die Summe der identifizierten und der als Toluol-Äquivalente bestimmten Konzentrationen der nicht identifizierten Verbindungen, welche im Elutionsbereich einer unpolaren Säule nach CS<sub>2</sub>-Desorption zwischen n-Hexan und n-Hexadecan auftreten.

Hinweis: Für Büroräume existieren keine gesonderten Richt- oder Empfehlungswerte.

Oberursel, 26.04.2017  
ARGUK-Umweltlabor GmbH

Dr. Wigbert Maraun  
Dipl.-Chem.

Auszüge des Berichts dürfen nur mit schriftlicher Genehmigung des Prüflaboratoriums veröffentlicht oder vervielfältigt werden, vollständige Kopien sind gestattet. Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf den untersuchten Prüfgegenstand. Elektronisch übermittelte Untersuchungsbefunde dienen, da veränderbar, lediglich der Vorab-Information. Maßgeblich sind die handschriftlich unterschriebenen Prüfberichte. Ende des Prüfberichts.



# PRÜFBERICHT 2017-8419-2

Seite 1 von 2

Auftraggeber	Probenahme	Probeneingang	Prüfgut	Prüfauftrag
Stadt Frankfurt am Main Der Magistrat – Hochbauamt Gerbermühle 48 60594 Frankfurt am Main	Sachverständige Dr. Wigbert Maraun Dipl.-Chem.	11.04.2017	Raumluft auf DNPH-Sammler	Aldehyde

Projekt	Probenahmedatum	Raum	mittl. Temperatur	mittl. rel. Luftfeuchte
Grundschule Rebstock Leonardo-da-Vinci-Allee 11 60486 Frankfurt am Main	11.04.2017	-3: Raum 1.08, Klasse 1c -7: Raum 1.22, Klasse 2a -11: Raum 2.10, Klasse 3c -15: Raum 2.24, Klasse 4a -19: Turnhalle, Spielfeld	-3: 25°C -7: 25°C -11: 26°C -15: 26°C -19: 23°C	-3: 31% -7: 31% -11: 28% -15: 30% -19: 30%

## Prüfverfahren

### ARGUK 10602: Untersuchung von Raumluft auf Aldehyde und Ketone

Nach Probenahme auf Dinitrophenylhydrazin (DNPH)-Kartusche, Standardsammelvolumen 50 L. Desorption mit Acetonitril. Analyse mittels Hochdruckflüssigkeitschromatographie und UV-Detektion (HPLC/UV). Kalibration und Gehaltsbestimmung über externe Standards.

## Prüfergebnis

Probenart Probe Labor-Nr. Sammelvolumen [L]	Raumluft Raum 1.08 841917-3 100	Raumluft Raum 1.22 841917-7 100	Geruchsschwelle Geruchsleitwert (vGLW)	Richtwerte		BG*		
				AGÖF AW (P90)	AIR RW I			
<b>Aldehyde</b>	<b>CAS-Nr.</b>		<b>GS vGLW</b>					
Formaldehyd	50-00-0	19	18	81	100**	1		
Acetaldehyd	75-07-0	32	28	340	20	54	100**	1
Propanal	123-38-6	nn	nn	14	14	14		5
Butanal/Crotonal	123-72-8 /	3,1	2,5	28	8	10		1
Pentanal	110-62-3	7,3	6,8	22	9	20		1
Hexanal	66-25-1	24	18	58	8	55		1
Heptanal	111-71-7	4,5	2,6	23	5	6,7		1
Octanal	124-13-0	11	4,7	7	5	8		1
Nonanal	124-19-6	26	12	14	20	19		1
Decanal	112-31-2	nn	nn	6	20	7		1
Undecanal	112-44-7	nn	nn			1		1
2-Methyl-Butanal	96-17-3	nn	nn					1
3-Methyl-Butanal	590-86-3	nn	nn			< 3		1
2-Ethyl-1-Hexanal	123-05-7	nn	nn			< 2		1
Furfural	98-01-1	nn	nn	24		4,0	10**	1
Benzaldehyd	100-52-7	4,9	5,7	190		15		1
p-Tolualdehyd	104-87-0	nn	nn			< 1		1
<i>Summe C<sub>4</sub>-C<sub>11</sub></i>		<b>76</b>	<b>47</b>				100**	
<i>Geruchswert C<sub>4</sub>-C<sub>11</sub></i>		<b>4,5</b>	<b>2,4</b>			1		
<i>Geruchsintensität I<sup>+</sup></i>		<b>1,8</b>	<b>1,3</b>					

Konzentrationen in Mikrogramm/m<sup>3</sup>; nn: nicht nachweisbar, weniger als Bestimmungsgrenze BG\* bei Sammelvolumen von 50 L

AGÖF-AW: Auffälligkeitswert (P90): siehe Bewertungsgrundlagen

GS: Geruchsschwelle nach Devos Geruchswert wird gebildet durch die Summe der Quotienten Messwert/Geruchsschwelle

vGLW I: vorläufiger Geruchsleitwert I der ad-hoc-Arbeitsgruppe Innenraumrichtwerte (Bundesgesundheitsblatt 2014, 57: 148-153)

\*\* AIR-RW I: Richtwert I (Vorsorgewert) des Ausschuss für Innenraumrichtwerte (AIR) im Umweltbundesamt

+ Geruchsintensität I berechnet nach:  $I = k \times \log(\text{Geruchswert}) + 0,5$ , mit k angenommen = 2 (ach AIR-Berechnungsschema)

(Skala von 1-5, 1=sehr schwach, 5=sehr stark)


**PRÜFBERICHT 2017-8419-2**

Seite 2 von 2

Prüfergebnis									
	Probenart	Raumluft	Raumluft	Raumluft	Geruchsschwelle	Richtwerte		BG*	
	Probe	Raum 2.10	Raum 2.24	Turnhalle	Geruchsleitwert	AGÖF	AIR		
	Labor-Nr.	841917-11	841917-15	841917-19	(vGLW)	AW	RW I		
	Sammelvolumen [L]	100	100	100		(P90)		$\mu\text{g}/\text{m}^3$	
Aldehyde	CAS-Nr.				GS	vGLW			
Formaldehyd	50-00-0	21	23	7,7			81	100**	1
Acetaldehyd	75-07-0	32	36	16	340	20	54	100**	1
Propanal	123-38-6	nn	nn	nn	14		14		5
Butanal/Crotonal	123-72-8 /	2,8	2,9	2,0	28	8	10		1
Pentanal	110-62-3	4,6	8,7	8,6	22	9	20		1
Hexanal	66-25-1	19	24	32	58	8	55		1
Heptanal	111-71-7	3,0	3,9	3,0	23	5	6,7		1
Octanal	124-13-0	4,4	8,3	4,7	7	5	8		1
Nonanal	124-19-6	17	15	11	14	20	19		1
Decanal	112-31-2	nn	1,1	1,3	6	20	7		1
Undecanal	112-44-7	nn	nn	nn			1		1
2-Methyl-Butanal	96-17-3	nn	nn	nn					1
3-Methyl-Butanal	590-86-3	nn	nn	nn			< 3		1
2-Ethyl-1-Hexanal	123-05-7	nn	nn	nn			< 2		1
Furfural	98-01-1	nn	nn	nn	24		4,0	10**	1
Benzaldehyd	100-52-7	3,0	1,6	4,0	190		15		1
p-Tolualdehyd	104-87-0	nn	nn	nn			< 1		1
<i>Summe C<sub>4</sub>-C<sub>11</sub></i>		<b>51</b>	<b>64</b>	<b>63</b>				100**	
<i>Geruchswert C<sub>4</sub>-C<sub>11</sub></i>		<b>2,6</b>	<b>3,5</b>	<b>2,8</b>			1		
<i>Geruchsintensität I<sup>+</sup></i>		<b>1,3</b>	<b>1,6</b>	<b>1,4</b>					

 Konzentrationen in Mikrogramm/m<sup>3</sup>; nn: nicht nachweisbar, weniger als Bestimmungsgrenze BG\* bei Sammelvolumen von 50 L

AGÖF-AW: Auffälligkeitswert (P90): siehe Bewertungsgrundlagen

GS: Geruchsschwelle nach Devos Geruchswert wird gebildet durch die Summe der Quotienten Messwert/Geruchsschwelle

vGLW I: vorläufiger Geruchsleitwert I der ad-hoc-Arbeitsgruppe Innenraumrichtwerte (Bundesgesundheitsblatt 2014, 57: 148-153)

\*\* AIR-RW I: Richtwert I (Vorsorgewert) des Ausschuss für Innenraumrichtwerte (AIR) im Umweltbundesamt

 + Geruchsintensität I berechnet nach:  $I = k \times \log(\text{Geruchswert}) + 0,5$ , mit k angenommen = 2 (nach AIR-Berechnungsschema)

(Skala von 1-5, 1=sehr schwach, 5=sehr stark)

Oberursel, 26.04.2017

ARGUK-Umweltlabor GmbH

Dr. Wigbert Maraun

Dipl.-Chem.

 Auszüge des Berichts dürfen nur mit schriftlicher Genehmigung des Prüflaboratoriums veröffentlicht oder vervielfältigt werden, vollständige Kopien sind gestattet. Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf den untersuchten Prüfgegenstand. Elektronisch übermittelte Untersuchungsbefunde dienen, da veränderbar, lediglich der Vorab-Information. Maßgeblich sind die handschriftlich unterschriebenen Prüfberichte. **Ende des Prüfberichts.**



## PRÜFBERICHT 2017-8419-3

Seite 1 von 1

Auftraggeber	Probenahme	Probeneingang	Prüfgut	Prüfauftrag
Stadt Frankfurt am Main Der Magistrat – Hochbauamt Gerbermühle 48 60594 Frankfurt am Main	Sachverständiger Dr. Wigbert Maraun, Dipl.-Chem.	11.04.2017	Raumluft auf Silicagel-Sammler	Niedere Fettsäuren (Carbonsäuren) C1-C6

Projekt	Probenahmedatum	Raum	mittl. Temperatur	mittl. rel. Luftfeuchte
Grundschule Rebstock Leonardo-da-Vinci-Allee 11 60486 Frankfurt am Main	11.04.2017	-4: Raum 1.08, Klasse 1c -8: Raum 1.22, Klasse 2a -12: Raum 2.10, Klasse 3c -16: Raum 2.24, Klasse 4a -20: Turnhalle, Spielfeld	-4: 25°C -8: 25°C -12: 26°C -16: 26°C -20: 23°C	-4: 31% -8: 31% -12: 28% -16: 30% -20: 30%

### Prüfverfahren

#### ARGUK 10506: Untersuchung von Raumluft auf niedere und mittlere Organische Säuren

Probenahme auf Silicagel. Standardsammelvolumen 100 L. Desorption und Derivatisierung. Analyse mittels Kapillar-Gaschromatographie und Massenspektrometer. Kalibration und Gehaltsbestimmung über externe Standards..

### Prüfergebnis

Probenart Probe Labor-Nr. Sammelvolumen [L]	Raumluft Raum 1.08 841917-4 100	Raumluft Raum 1.22 841917-8 100	Orientierungswerte* ARGUK Normalwert (P50)    Auffälligkeitswert (P90)		Richtwerte	BG
<b>Carbonsäuren</b>						
Ameisensäure	21	24	35	75		2
Essigsäure	36	32	200	450		2
Propionsäure	14	13				0,5
Buttersäure	1,6	1,0				0,5
iso-Buttersäure	1,6	1,0				0,5
Pentansäure	2,1	1,1				0,5
Hexansäure	7,0	3,1				0,5
Verhältnis Essigsäure zu Ameisensäure	1,7	1,3	7,5	>15		

### Prüfergebnis

Probenart Probe Labor-Nr. Sammelvolumen [L]	Raumluft Raum 2.10 841917-12 100	Raumluft Raum 2.24 841917-16 100	Raumluft Turnhalle 841917-20 100	Orientierungswerte* ARGUK Normalwert (P50)    Auffälligkeitswert (P90)		Richtwerte	BG
<b>Carbonsäuren</b>							
Ameisensäure	12	14	27	35	75		2
Essigsäure	32	30	84	200	450		2
Propionsäure	11	14	9,1				0,5
Buttersäure	1,3	1,7	nn				0,5
iso-Buttersäure	0,89	0,90	0,57				0,5
Pentansäure	0,81	1,6	0,97				0,5
Hexansäure	2,4	4,7	3,9				0,5
Verhältnis Essigsäure zu Ameisensäure	2,7	2,1	3,0	7,5	>15		

Konzentrationen in Mikrogramm/m<sup>3</sup>; nn nicht nachweisbar, kleiner als Bestimmungsgrenze BG bei Sammelvolumen von 100 L

\*Orientierungswerte (siehe auch: Bewertungsgrundlagen):

P25 (gering), P50 (durchschnittlich), P90 (auffällig): 25., 50. bzw. 90. Perzentil: 25% (50% bzw. 90%) der Messwerte des Kollektivs „Raumluftproben Fertighaus“ liegen unterhalb des entsprechenden Wertes, Stand 06/2016

Referenzwerte auf Basis von TENAX/Thermodesorptionsmessung nach DIN 16000-BI. 6 sind methodisch bedingt erheblich fehlerbehaftet.

Oberursel, 26.04.2017, ARGUK-Umweltlabor GmbH

Dr. Wigbert Maraun, Dipl.-Chem.

Auszüge des Berichts dürfen nur mit schriftlicher Genehmigung des Prüflaboratoriums veröffentlicht oder vervielfältigt werden, vollständige Kopien sind gestattet. Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf den untersuchten Prüfgegenstand. Elektronisch übermittelte Untersuchungsbefunde dienen, da veränderbar, lediglich der Vorab-Information. Maßgeblich sind die handschriftlich unterschriebenen Prüfberichte. **Ende des Prüfberichts.**



### **Bewertungsgrundlagen:**

Zur Beurteilung einer Schadstoffbelastung in der Raumluft existieren bis auf wenige Ausnahmen keine Grenz- oder Richtwerte. Soweit vorhanden erfolgt die Bewertung nach den toxikologisch begründeten Richtwerten des Ausschuss für Innenraumschadstoffe im Umweltbundesamt. Darüber hinaus wird auf statistisch abgeleitete Orientierungswerte der Arbeitsgemeinschaft ökologischer Forschungsinstitut e.V. (*AGÖF-Auffälligkeitswerte*) zurückgegriffen, die nicht toxikologisch hergeleitet, sondern unter dem Aspekt der Gesundheitsvorsorge zu verstehen sind. Sie bedeuten keine Grenz- oder Richtwerte. Sie beziehen sich auf Raumluftproben, die i.d.R. in einem mehrstündig ungelüfteten Raum entnommen wurden.

Das Auftreten gesundheitlicher Beschwerden kann mit einer Überschreitung des AGÖF-Orientierungswertes nicht ohne weiteres in Zusammenhang gebracht werden.

### **AGÖF-Orientierungswerte:**

Arbeitsgemeinschaft Ökologischer Forschungsinstitute (2013): AGÖF-Orientierungswerte für Inhaltsstoffe von Raumluft und Hausstaub, in: AGÖF - Arbeitsgemeinschaft Ökologischer Forschungsinstitute (Hrsg.): Umwelt, Gebäude & Gesundheit, 10. Fachkongress 2013, Nürnberg, S. 8-36

Die „AGÖF-Orientierungswerte“ basieren auf statistischer Ableitung und umfassen „Hintergrund-, Normal- und Auffälligkeitswerte.“ Als Hintergrundwert wird dabei das 10-Perzentil der Messwertverteilung verwendet, als Normalwert das 50-Perzentil und als Auffälligkeitswert das 90-Perzentil.

Der „**Hintergrundwert**“ beschreibt einen Zustand, der durch konsequente Vermeidung von Emissionsquellen erreichbar und deswegen grundsätzlich anzustreben ist. Diese Hintergrundwerte liegen vielfach kleiner gleich der Nachweisgrenze der angewandten Methoden.

NW: Der „**Normalwert**“ stellt die durchschnittliche Belastungssituation des betrachteten Kollektivs dar, die im Allgemeinen auf Quellen im Innenraum zurückgeht. Bei diesen Werten können zwar Innenraumquellen angenommen werden, ein Handlungsbedarf lässt sich daraus üblicherweise jedoch nicht ableiten.

AW: Der „**Auffälligkeitswert**“ beschreibt eine Überschreitung von in Innenräumen üblichen Konzentrationen und legt das Vorhandensein einer Schadstoffquelle nahe. Je nach Konzentration und Eigenschaften der auffälligen Substanz sind weitere Untersuchungen zur Identifizierung der Quelle angezeigt. Unter Umständen ist eine Sanierung zu empfehlen.

**Stadt Frankfurt am Main  
Der Magistrat – Hochbauamt  
Frau Eva Hanf-Dressler  
Gerbermühle 48  
60594 Frankfurt am Main**

Vorab als pdf an: [eva.hanf-dressler@stadt-frankfurt.de](mailto:eva.hanf-dressler@stadt-frankfurt.de); [katrin.steul@stadt-frankfurt.de](mailto:katrin.steul@stadt-frankfurt.de)

## **Untersuchungsbericht**

**Auftragsnummer 8597/2017**

19.06.2017

### **Raumluft-und Bodenstaub-Untersuchungen**

**Objekt: Grundschule Rebstock, Leonardo-da-Vinci-Allee 11, 60486 Frankfurt/M**

Sehr geehrte Frau Hanf-Dressler,

vielen Dank für Ihren Auftrag. Anbei übersenden wir Ihnen die Ergebnisse der Untersuchung mit unserer Bewertung und den Prüfberichten 2017-8597-1 bis -17.

### **Zusammenfassung und Handlungsempfehlung:**

Die Untersuchung der Raumluft auf flüchtige organische Verbindungen in den vier Klassenräumen Raum1.08, Raum 1.22, Raum 2.10, Raum 2.24 sowie der Turnhalle unter nutzungsüblichen Bedingungen wie vorgefunden hat keine Überschreitung von toxikologisch abgeleiteten Innenraumrichtwerten erbracht. Lediglich im Raum 2.10 wurde ein leicht erhöhter Gehalt an Gesamt-VOC (TVOC) festgestellt mit Zuordnung in Stufe 2: Hygienisch noch unbedenklich, da keine Innenraumrichtwerte überschritten.

In der Raumluft der Turnhalle wird mit  $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$  eine Konzentration an Essigsäure festgestellt, die der oberen Grenze des ARGUK-Zielwertes in Ermangelung eines Innenraumrichtwertes entspricht. Sensorisch konnte die Wandverkleidung der Halle als eine erkennbare Quelle festgestellt werden. Falls aus unserer vorstehenden Ableitung Schlüsse auf mögliche gesundheitliche Effekte gezogen werden sollten, so erscheint uns eine umweltmedizinisch bzw. toxikologisch gesonderte Beurteilung der Plausibilität unserer Ableitung der vorläufigen Zielwerte für die Ameisen- und Essigsäure zwingend erforderlich.

Für die untersuchten flüchtigen und schwerflüchtigen Verbindungen (Isocyanate, MVOC, Organo-Chlor-Biozide, PCB, PAK, TRIS-Phosphate, Phthalate und bromierte Flammschutzmittel) in den Räumen „2.24“ und „Turnhalle“ wurden keine Belastungen der Raumluft festgestellt. Asbest- oder Künstliche Mineralfasern wurden nicht angetroffen.



*Zusammenfassung 8597/2017*

*19.06.2017*

*Seite 2*

Ein mikrobieller Befall in den untersuchten Räume wurde nicht festgestellt.

Die Bodenstaubproben „4 Klassenräumen (Raum1.08, Raum 1.22, Raum 2.10, Raum 2.24)“ und „Turnhalle“ weisen neben einem geringen Gehalt an Propiconazol auch für die Risikogruppe „Kinder, 7 Jahre“ keine erhöhten Gehalte an Phthalaten, riech,-, reiz oder vormals deklarationspflichtigen allergenen Duftstoffen auf. Der Gehalt an TBEP in der Probe „4 Klassenräumen (Raum1.08, Raum 1.22, Raum 2.10, Raum 2.24)“ ist als erhöht einzustufen. Möglicherweise stammt dieser Vertreter der TRS-Phosphate aus der Bodenpflege oder der Beschichtung des Linoleumfußbodens. Neben einer Prüfung des eingesetzten Pflegemittels sollte eine (wie bestehend) regelmäßige Reinigung des Fußbodens bzw. bei einer Grundreinigung der Einsatz einer TBEP-freien Versiegelung durchgeführt werden.

Ein statistisch erhöhtes Aufkommen an dem bromierten Flammschutzmittel Decabromdiphenylether (DCDE) wurde in beiden Bodenstaubproben festgestellt. Möglicherweise besteht aus dem gemeinsamen Auftreten mit DEHP auch eine gemeinsame Quelle (Schuhsohlen?).

Im Klassenraum „2.24“ wurde während eines pädagogischen Bewegungsspieles ein kurzzeitig leicht erhöhter Feinstaubgehalt festgestellt. Dies erscheint u.E. bei begrenzter Expositionsdauer als nicht erheblich.

Eine gesundheitliche Gefährdung kann unmittelbar aus den Untersuchungsbefunden nicht abgeleitet werden, hierzu bedarf es der Kenntnis über die betroffenen Personen, den Expositionspfad, die aufgenommenen Schadstoffmengen u. a. Faktoren.

Mit freundlichen Grüßen

Dr. Wigbert Maraun  
Dipl.-Chem.

*von der IHK Frankfurt am Main öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger  
für Geruchsbelastungen und Schadstoffe in Innenräumen*

Sofern mit dem Auftraggeber nicht anders vereinbart, werden bei der Analyse nicht verwendete Anteile von Proben für drei Monate nach Ausgang des Untersuchungsberichtes zurückgestellt. Nach Ablauf der Rückstellfrist werden Probenreste entweder von uns ordnungsgemäß entsorgt oder bei als Sonderabfall zu behandelnden Proben an den Auftraggeber auf dessen Kosten zurückgesandt. Es gelten die Allgemeinen Geschäftsbedingungen der ARGUK-Umweltlabor GmbH, einsehbar auf unserer Internet-Seite [www.arguk.de](http://www.arguk.de).





## **Gutachterliche Bewertung**

**Auftraggeber:** **Stadt Frankfurt am Main  
Der Magistrat – Hochbauamt  
Gerbermühle 48  
60594 Frankfurt am Main**

**Durchführung:** Dr. Wigbert Maraun, Dipl.-Chem.,  
Steffen Ulrichson, Dipl.-Chem.  
Ortsbegehung und Probenahme am 31.05.2017

**Objekt:** **Grundschule Rebstock, Leonardo-da-Vinci-Allee 11, 60486 Frankfurt/M**

### **Untersuchungsauftrag**

Durchführung von Raumluf-Untersuchungen zur Feststellung von Innenraum-Belastungen durch unpolare, polare, aldehydische und carbonsaure flüchtige und sehr flüchtige organische Verbindungen in vier Klassenräumen sowie in der Turnhalle der Grundschule Rebstock.

Durchführung von Raumluf-Untersuchungen zur Feststellung von Innenraum-Belastungen durch Isocyanate, Organo-Chlor-Biozide, TRIS-Phosphate, Bromierte Flammschutzmittel, Phthalate, PCB, PAK, MVOC, Schimmelsporen, Gesamtsporen, Künstliche Mineralfasern sowie Feinstaub im Klassenraum 2.24 sowie in der Turnhalle der Grundschule Rebstock.

Durchführung von Hausstaub-Untersuchungen zur Feststellung von Innenraum-Belastungen durch Organo-Chlor-Biozide, TRIS-Phosphate, Bromierte Flammschutzmittel, Phthalate, PCB, PAK sowie riech-, reiz- und hautirritative Stoffe im Bodenstaub aus vier Klassenräumen (Mischprobe aus Raum 1.08, Raum 1.22, Raum 2.10, Raum 2.24) sowie aus der Turnhalle der Grundschule Rebstock.

### **Ortsbeschreibung:**

Bei dem betreffenden Gebäude handelt es sich um ein Schulgebäude, das im Jahr 2014 für den Grundschulbetrieb eröffnet wurde. Die beprobten Räume werden als Klassenräume genutzt, die Turnhalle dient dem Sportunterricht.

Die Räume sind Nutzungsgemäß mit Mobiliar ausgestattet, als Bodenbelag ist Linoleum verlegt.

Die Räume wurden beprobt wie nutzungsüblich (Schulbetrieb) angetroffen. Die Lüftungsanlage war in den Klassenräumen ausgeschaltet. In der Turnhalle fand nach Auskunft seit wenigen Wochen kein Sportunterricht mehr statt. Die Lüftungsanlage sei in Betrieb gewesen. Der Bodenstaub lag in den Klassenräumen entgegen der nutzungsüblichen Reinigung nach Auskunft ca. vier Tage aus.

### **Vorgehensweise:**

In den seitens des Auftraggebers ausgewählten Räumen „Raum 1.08, Klasse 1c“, „Raum 1.22, Klasse 2a“, „Raum 2.10, Klasse 3c“, „Raum 2.24, Klasse 4“ sowie „Turnhalle“ wurde die Raumluf je nach analytischer Erfordernis zur Bestimmung der vorgegebenen Parameter zwischen ca. einer Stunde (z.B. VOC) bis zu sechs Stunden (KMF) über verschiedene Sammelmedien mittels elektronisch geregelter Pumpen gezogen.



Bericht 8597/2017

19.06.2017

Seite 2

Die Probenahme sollte im nutzungsüblichen Zustand durchgeführt werden. Es wurden seitens des Unterzeichners auch keinerlei Vorgaben an nachfragende Lehrkräfte außer einem Nutzungs- und Lüftungsverhalten „wie üblich“ gegeben. Auch ergaben sich keinerlei Vorgaben zu Nutzungen am Vortrag (z.B. keine Basteltätigkeiten) oder als Lüftungsvorbereitung. Die einzige Vorgabe für die Probenahme im Klassenraum „2.24“ war gewesen, dass dort die durch Ausflug abwesende Klasse durch eine „Ersatzklasse“ mit nutzungsüblichem Unterricht vertreten wurde.

Insoweit können in den nachfolgenden Bewertungen der Messwerte auch keine Mutmaßungen über besondere schulische Umstände vor und während den Probenahmen getroffen werden.

### Allgemeiner Hinweis:

Bei der Interpretation der Messwerte zu einer entnommenen Raumlufprobe ist der angetroffene Lüftungszustand zu beachten. Im Regelfall erfolgt die Probenahme in einem ungelüfteten Raum unter sog. *worst case*-Bedingung. Bei einem nutzungsüblichen Zustand des Raumes mit stärkerer Lüftung werden sich, in Abhängigkeit von dem Luftwechsel, geringere Konzentrationen ergeben.

### Einleitung:

Zur Beurteilung von Raumluf-Konzentrationen in einem Innenraum existieren nur für wenige Substanzen Innenraum-Richtwerte. Deshalb wird ergänzend und hilfsweise auch auf statistisch für Wohn-Innenräume abgeleitete Orientierungswerte der Arbeitsgemeinschaft Ökologischer Forschungsinstitute (AGÖF-Orientierungswerte) zurückgegriffen. Vergleichbare Orientierungswerte sind in der Literatur genannt (Schleibinger 2002). Diese Werte sind **nicht toxikologisch begründet, sondern statistisch** aus der Untersuchung von ca. 2000 Luftproben abgeleitet. Es lassen sich damit technisch erreichbare Ziele bzw. Auffälligkeiten beschreiben. Die Orientierungswerte können auch unter dem Aspekt der Gesundheitsvorsorge verstanden werden, soweit toxikologische Informationen zu den jeweiligen Substanzen vorliegen. Sie bedeuten **keine Grenz- oder Richtwerte**. Das Auslösen gesundheitlicher Beschwerden kann auch bei einer Überschreitung der Orientierungswerte damit nicht ohne weiteres in Zusammenhang gebracht werden. Dies ist im Einzelfall gesondert zu beurteilen.

Die Innenraum-Richtwerte des Ausschusses für Innenraumrichtwerte (vormals Ad-hoc-Arbeitsgruppe Innenraumrichtwerte der IRK / AOLG beim Umweltbundesamt) sind toxikologisch auch unter Berücksichtigung empfindlicher Personen abgeleitet. Bei der Ableitung des Innenraum-Richtwertes für die C<sub>4</sub>-C<sub>11</sub>-Aldehyde ist auch eine sensorische Komponente eingeflossen.

Aus der Ableitung wird ein Richtwert II als „Gefahrenwert“ begründet und aus diesem der Richtwert I als „Vorsorgewert“. Bei Unterschreitung des Vorsorgewertes ist eine gesundheitliche Gefährdung nicht zu befürchten. Dies gilt auf Basis der Richtwertableitung auch für empfindliche Personen wie Kinder.

Für Schulräume existieren keine eigenständigen Innenraum-Richtwerte.


**Befund und Bewertung:**
**1. Flüchtige organische Verbindungen in der Raumluft**
**1.1 Unpolare und polare flüchtige organische Verbindungen in der Raumluft (VOC)**

In allen Raumluftproben (s. Prüfbericht 2017-8597-1) wurden Kohlenwasserstoff (KW)-Verbindungen z.T. aus der Gruppe der Alkane und Cycloalkane, der Alkene, der Aromaten, der Terpene, der ein- und mehrwertigen Alkohole und der Ether, der Carbonsäureester, der Aldehyde, der Ketone und der Siloxane angetroffen. Sehr flüchtige organische Verbindungen (vVOC) wurden in Konzentrationen oberhalb der Bestimmungsgrenze von 10 µg/m<sup>3</sup> nicht festgestellt.

Für die entnommenen Raumluftproben wurden die nachstehenden Gehalte der unpolaren und polaren VOC ermittelt. Dabei wird der Gesamtgehalt der nachgewiesenen Verbindungen („identifizierte VOC“) sowie der TVOC-Gehalt als Gesamtgehalt an identifizierten und der als Toluol-Äquivalente berechneten nicht identifizierten flüchtigen organischen Verbindungen angegeben:

Raum:	identifizierte VOC	TVOC-Gehalt /Gesamtgehalt
Raum 1.08, Klasse 1c	90	100
Raum 1.22, Klasse 2a	47	57
Raum 2.10, Klasse 3c	283	325
Raum 2.24, Klasse 4a	49	59
Turnhalle, Spielfeld	124	134

Konzentrationen in µg/m<sup>3</sup>

Für flüchtige organische Verbindungen existieren bislang nur wenige Richtwerte für die Raumluft nicht-gewerblicher Innenräume der Ad-hoc-Arbeitsgruppe Innenraumrichtwerte der IRK / AOLG beim Umweltbundesamt, jetzt Ausschuss für Innenraum-Richtwerte (AIR):

Substanz	RW II	RW I	Messwert Raum 1.08, Klasse 1c	Messwert Raum 1.22, Klasse 2a	Messwert Raum 2.10, Klasse 3c	Messwert Raum 2.24, Klasse 4a	Messwert Turnhalle, Spielfeld
Aromatenarme KW-Gemische (C <sub>9</sub> -C <sub>14</sub> , Alkane, Isoalkane)	2.000	200	< 10	< 10	2	1	< 10
Toluol	3.000	300	4	3	6	4	4
Ethylbenzol	2.000	200	1	1	2	2	< 1
Dimethylbenzole (Summe Xylole)	800	100	2	< 2	3	< 2	2
C <sub>9</sub> -C <sub>15</sub> -Alkylbenzol (Summe)	1.000	100	1	< 10	2	< 10	< 10
Styrol	300	30	< 2	< 2	3	< 2	< 2
Monocyclische Terpene (Leitsubstanz d-Limonen)	10.000	1.000	< 5	< 5	2	< 5	< 5
Bicyclische Terpene (Leitsubstanz alpha-Pinen)	2.000	200	2	< 10	8	1	3
Benzylalkohol	4.000	400	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
2-Ethyl-1-Hexanol	1000	100	2	1	5	< 1	< 1
1-Butanol	2000	700**	5	2	15	2	24
Methylisobutylketon (MIBK)	1000	100	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
1-Methyl-2-pyrrolidon	1000	100	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Zyklische Dimethylsiloxane D3-D6 (Summenwert)	4000	400	18	6	88	9	4



DEGME	6.000	2.000	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
DEGDME	300	30	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
EGEE	1.000	100	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
EGEEA	2.000	200	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
DEGEE	2.000	700	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
EGBE	1.000	100	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
EGBEA	2.000	200	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
DEGBE	1.000	400	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
EGHE	1.000	100	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
2PG1ME	10.000	1.000	< 1	9	< 1	< 1	13
DPGME	7.000	2.000	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
2PG1EE	3.000	300	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
2PG1tBE	3.000	300	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Trichlorethen (TRI)		20*	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Tetrachlorethen (PER)	100*		< 1	< 1	< 1	< 1	< 1

**Konzentrationen in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$**  <: weniger als Bestimmungsgrenze Messwerte gerundet

RW II: Gefahrenwert/Einschreitungswert RW I: Vorsorgewert \* als 7-Tage-Mittelwert

\*\* Der RW I liegt über der Geruchswahrnehmungsschwelle von  $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , sodass eine gesonderte Bewertung der geruchlichen Wahrnehmung von Butanol bei Raumluftkonzentrationen über  $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$  erforderlich ist.

*Für die vorstehend aufgeführten Substanzen aus dem Untersuchungsspektrum liegt für alle Raumluftproben keine Überschreitung eines RW I (Vorsorgewertes) oder gar eines RW II (Gefahrenwert) vor.*

Die vorliegenden Messbefunde wurden in Räumen ermittelt, die nutzungsüblich beprobt wurden.

Für die Feststellung einer Richtwert-Überschreitung ist zu beachten, dass eine Überschreitung eines Richtwertes nur dann festzustellen ist, wenn der betreffende Raum zuvor nutzungsüblich gelüftet wurde. Erstmessungen finden in der Regel in einem mehrstündig ungelüfteten Zustand des Raumes statt. Falls dabei eine Überschreitung einer Richtwertgröße auftritt, ist für eine Nachmessung dieser Raum 10 min quer zu lüften und danach für eine Stunde verschlossen zu halten. Bei der anschließend durchgeführten Raumluftprobenahme sind die Richtwert-Konzentrationen zu unterschreiten. Falls nicht, gilt der Richtwert als überschritten.



Bericht 8597/2017

19.06.2017

Seite 5

Die Ad-hoc-Arbeitsgruppe Innenraumrichtwerte der IRK / AOLG beim Umweltbundesamt (jetzt: Ausschuss für Innenraum-Richtwerte) hat für die TVOC-Beurteilung Empfehlungen abgegeben (Ad-hoc-Arbeitsgruppe Innenraumrichtwerte der Innenraumlufthygiene-Kommission des Umweltbundesamtes und der Obersten Landesgesundheitsbehörden: Beurteilung von Innenraumluftkontaminationen mittels Referenz- und Richtwerten, Bundesgesundheitsbl – Gesundheitsforsch – Gesundheitsschutz 2007 50:990-1005)

Stufe	Konzentrationsbereich	Hygienische Bewertung	Empfehlungen
1	weniger als 300	hygienisch unbedenklich, i.d.R. keine Beschwerden	keine weiteren Maßnahmen
2	300 bis 1000	Hygienisch noch unbedenklich, soweit keine Richtwertüberschreitungen für Einzelstoffe, in Einzelfällen Beschwerden oder Geruchswahrnehmungen	Ausreichend Lüften VOC-Quellen ermitteln Nachmessungen zur Kontrolle von Richtwertüberschreitungen unter Nutzungsbedingungen
3	1000 bis 3000	Hygienisch auffällig nur befristete Nutzung (< 12 Monate) Innerhalb von ca. 6 Monaten sollten TVOC-Werte deutlich unter den Anfangswert liegen; Fälle von Beschwerden oder Geruchswahrnehmungen	Richtwertüberschreitungen umgehend durch Nachmessung unter Nutzungsbedingung überprüfen Auffällige Referenzwertüberschreitungen auf gesundheitliche Relevanz überprüfen Quellensuche und intensives Lüften Kontrollmessung nach 1 Monat unter Nutzungsbedingungen
4	3000 bis 10000	Hygienisch bedenklich nur befristete Nutzung (< 1 Monat) TVOC-Konzentration innerhalb eines Monats unter 3000 µg/m <sup>3</sup> absenken; Fälle mit Häufung von Beschwerden oder Geruchswahrnehmungen	Richtwertüberschreitungen umgehend durch Nachmessung unter Nutzungsbedingung überprüfen Auffällige Referenzwertüberschreitungen auf gesundheitliche Relevanz überprüfen. Toxikologische Bewertung von Einzelstoffen o. Stoffgruppen erforderlich Quellensuche, intensiv lüften, Nutzungsbedingungen festlegen, Aufenthalt nur mit zeitlicher Beschränkung durch Gesundheitsamt Kontrollmessungen nach ca. 1 Monat (unter Nutzungsbedingungen) Sanierungsmaßnahmen, falls TVOC-Wert nach 1 Monat über 3000 µg/m <sup>3</sup>
5	10000 bis 25000	Hygienisch inakzeptabel Raumnutzung möglichst vermeiden; In der Regel Beschwerden und Geruchswahrnehmungen	Richtwertüberschreitungen umgehend durch Nachmessung unter Nutzungsbedingung überprüfen Auffällige Referenzwertüberschreitungen auf gesundheitliche Relevanz überprüfen. Toxikologische Bewertung von Einzelstoffen o. Stoffgruppen erforderlich Quellensuche, intensiv lüften, Nutzungsbedingungen festlegen, Aufenthalt nur mit zeitlicher Beschränkung durch Gesundheitsamt; Kontrollmessungen nach ca. 1 Monat (unter Nutzungsbedingungen) Sanierungsmaßnahmen, falls TVOC-Wert nach 1 Monat über 3000 µg/m <sup>3</sup>

**Konzentrationen in µg/m<sup>3</sup>**



Bericht 8597/2017

19.06.2017

Seite 6

Danach ergibt sich für die beprobten Räume folgende Einstufung:

Raum:	TVOC-Gehalt / Gesamtgehalt	Hygienische Bewertung	Empfehlungen
Raum 1.08, Klasse 1c	100	<b>Stufe 1:</b> hygienisch unbedenklich, i.d.R. keine Beschwerden	keine weiteren Maßnahmen
Raum 1.22, Klasse 2a	57	<b>Stufe 1:</b> hygienisch unbedenklich, i.d.R. keine Beschwerden	keine weiteren Maßnahmen
Raum 2.10, Klasse 3c	325	<b>Stufe 2:</b> soweit keine Richtwertüberschreitungen für Einzelstoffe, in Einzelfällen Beschwerden oder Geruchswahrnehmungen	Ausreichend Lüften VOC-Quellen ermitteln
Raum 2.24, Klasse 4a	59	<b>Stufe 1:</b> hygienisch unbedenklich, i.d.R. keine Beschwerden	keine weiteren Maßnahmen
Turnhalle, Spielfeld	134	<b>Stufe 1:</b> hygienisch unbedenklich, i.d.R. keine Beschwerden	keine weiteren Maßnahmen

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

Bei der Zuordnung ist zu beachten, dass es sich hierbei nicht um exakt einzuhaltende Grenzen einer Belastung handelt. Alle Raumluftproben bis auf die aus dem Raum 2.10 sind in die **Stufe 1 [hygienisch unbedenklich]** einzuordnen. Darüber hinaus bestehen keine Richtwertüberschreitungen eines Vorsorgewertes. Es sind daher keine weiteren Maßnahmen erforderlich.

Lediglich für den Raum 2.10 wird mit  $325 \mu\text{g}/\text{m}^3$  eine geringfügige Überschreitung der unteren Bereichsgrenze für diese Zuordnungsstufe festgestellt. Richtwert-Überschreitungen liegen dennoch nicht vor. Gegenüber der Probenahme am 11.04.2017 haben sich insbesondere die Raumluftkonzentrationen an Aldehyden wie auch an Siloxanen erhöht. Deren Anteil an dem festgestellten TVOC-Gehalt beträgt allein schon 48%. Aldehyde sind ganz überwiegend dem Linoleumfußboden als Quelle zuzuschreiben, für die Siloxane als typische Möbellack-Bestandteile käme die Einrichtung als Quelle in Betracht. Eine zu geringe Raumlüftung könnten immissionsseitig wie neben der erhöhten Raumtemperatur von  $27^\circ\text{C}$  und ggfs. auch eine direkte Sonneneinstrahlung auf Fußboden und Möbel als emissionsseitige Effekte zu der erhöhten Raumluftkonzentration geführt haben. Da jedoch für beide Substanzgruppen die toxikologisch abgeleiteten Innenraumrichtwerte (Vorsorgewerte) weit unterschritten sind, leitet sich allein aus dem erhöhten Vorkommen des TVOC-Wertes kein weitergehender Handlungsbedarf über eine Raumlüftung ab.

Ergänzend kann auf das TVOC-Konzept von Seifert, Umweltbundesamt, verwiesen werden. Demnach sollte in Räumen, die für einen längerfristigen Aufenthalt bestimmt sind, auf Dauer ein TVOC-Wert im Bereich von  $1000\text{-}3000 \mu\text{g}/\text{m}^3$  nicht überschritten werden. [...] Ziel sollte es sein, in Innenräumen im langzeitigen Mittel eine TVOC-Konzentration von  $200\text{-}300 \mu\text{g}/\text{m}^3$  zu erreichen bzw. nach Möglichkeit sogar zu unterschreiten" (Seifert 1999). (TVOC: Gesamtgehalt an flüchtigen organischen Verbindungen).

Raum:	TVOC	Zielbereich
Raum 1.08, Klasse 1c	100	<b>eingehalten</b>
Raum 1.22, Klasse 2a	57	<b>eingehalten</b>
Raum 2.10, Klasse 3c	325	<b>eingehalten</b>
Raum 2.24, Klasse 4a	59	<b>eingehalten</b>
Turnhalle, Spielfeld	134	<b>eingehalten</b>

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



Bericht 8597/2017

19.06.2017

Seite 7

Die Behörde für Umwelt und Gesundheit der Stadt Hamburg hatte vorläufige Richtwerte für nicht-gewerblich genutzte Räume vorgelegt (zwischenzeitlich nicht mehr publiziert):

Substanz	RW II	RW I	Messwert Raum 1.08, Klasse 1c	Messwert Raum 1.22, Klasse 2a	Messwert Raum 2.10, Klasse 3c	Messwert Raum 2.24, Klasse 4a	Messwert Turnhalle, Spielfeld
Methylmethacrylat	1000	100	1,8	< 1	5,7	< 1	< 1
TXIB	1000		< 1	< 1	1,7	< 1	< 1

**Konzentrationen in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$** 

&lt;: weniger als (Bestimmungsgrenze)

Messwerte gerundet

RW II: Gefahrenwert/Einschreitungswert

RW I: Vorsorgewert

Eine Überschreitung der vorläufigen Innenraum-Richtwerte liegt für alle Raumluftproben nicht vor.

Nachgewiesene Substanzen (solche ohne Richtwert) oberhalb des statistisch abgeleiteten AGÖF-Auffälligkeitwertes sind in der nachstehenden Tabelle aufgeführt: Dabei ist jedoch zu beachten, dass auf Grund seltenen Vorkommens die Auffälligkeits-Konzentrationen auch sehr niedrig (nahe  $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) liegen können. Die allein statistisch abgeleiteten AGÖF-Werte stellen daher methodisch keine toxikologisch begründete Richt- oder gar Grenzwerte dar, sondern bedeuten zuerst einmal eine gutachterliche Hilfe.

Substanz (Stoffgruppe)	Vielfaches vom Auffälligkeitwert Raum 1.08, Klasse 1c	Vielfaches vom Auffälligkeitwert Raum 1.22, Klasse 2a	Vielfaches vom Auffälligkeitwert Raum 2.10, Klasse 3c	Vielfaches vom Auffälligkeitwert Raum 2.24, Klasse 4a	Vielfaches vom Auffälligkeitwert Turnhalle, Spielfeld	Technische Verwendung / Herkunft
i-Butylacetat	---	---	3 (< 2)	---	---	Lösemittel
Propylenglykolmonomethyl etheracetat (PG1ME2A)	---	---	---	---	2 (8)	Lösemittel

**Konzentrationen in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$** 

nur geringe Überschreitungen bei einem Vielfachen unter dem 1,5-fachen des AW) werden nicht berücksichtigt.

 In Klammern: AGÖF-Auffälligkeitwert, gerundet, in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 

Die als statistisch leicht erhöht angetroffene Substanz i-Butylacetat mit Konzentrationen zwischen  $< 1$  und  $7 \mu\text{g}/\text{m}^3$  wird häufig in Kombination mit n-Butylacetat als Lösemittel eingesetzt. In der Summe beider Substanzen lässt sich hilfsweise ein Auffälligkeitwert von weniger als  $29 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ansetzen. Dieser Summengehalt wird für alle Raumluftproben mit maximal  $16 \mu\text{g}/\text{m}^3$  weit unterschritten. Geruchlich sind die vorgefundenen Raumluftkonzentrationen dieser Butylacetate nicht wahrnehmbar.

Die ebenfalls in statistisch leicht erhöhter Raumluftkonzentration auftretende Verbindung Propylenglykolmonomethyletheracetat (PG1ME2A) mit maximal  $13 \mu\text{g}/\text{m}^3$  kann hilfsweise unter Verwendung des Innenraum-Richtwertes für die verwandte Substanz Ethylenglykolmonobutyletheracetat (EGBEA, ehem. EGMBEA) von  $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$  beurteilt werden. Danach unterschreiten alle Raumluftproben diesen Richtwert sehr weit.

Für die nur in einzelnen Raumluftproben statistisch erhöht vorliegenden Substanzen leitet sich demnach kein weitergehender Handlungsbedarf ab.



Bericht 8597/2017

19.06.2017

Seite 8

## 1.2 Aldehyde in der Raumluft

### 1.2.1 Formaldehyd in der Raumluft

In allen Raumluftproben wird Formaldehyd angetroffen (s. Prüfbericht 2017-8597-2).

Substanz	RW I	Messwert Raum 1.08, Klasse 1c	Messwert Raum 1.22, Klasse 2a	Messwert Raum 2.10, Klasse 3c	Messwert Raum 2.24, Klasse 4a	Messwert Turnhalle, Spielfeld
Formaldehyd	100	18	13	33	16	10

**Konzentrationen in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$**  <: weniger als (Bestimmungsgrenze) Messwerte gerundet  
 RW II: Gefahrenwert/Einschreitungswert RW I: Vorsorgewert

Der Innenraum-Richtwert für Formaldehyd ist zwischenzeitlich von 120 auf 100  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  abgesenkt worden. Alle Raumluftproben unterschreiten sehr weit den aktuellen Richtwert des Ausschusses für Innenraumrichtwerte von 100  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Nach Auffassung des Ausschusses sollte eine Konzentration von 100  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  auch kurzzeitig über einen Zeitraum von einer halben Stunde nicht überschritten werden, da bei empfindlichen Personen oberhalb dieser Konzentration eine sensorische Reizwirkung auftreten könnte. Durch die Neueinstufung von Formaldehyd als nachweislich krebserzeugenden Stoff ist eine aktualisierte Bewertung erforderlich geworden. Ab einer Formaldehyd-Raumluftkonzentration von mehr als 300  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  sieht der Ausschuss ein theoretisches Krebsrisiko von  $10^{-6}$  bei lebenslanger Exposition als gegeben.

Für die Bewertung von **Formaldehyd** in der Raumluft existieren weitere unterschiedliche Beurteilungswerte:

#### Weltgesundheitsorganisation (WHO)

Langzeit-Richtwert (Unbedenklichkeitswert, nicht mehr publiziert) ..... 63  $\mu\text{g}/\text{m}^3$   
 Kurzzeit-Richtwert (30 min):..... 100  $\mu\text{g}/\text{m}^3$

#### Landesgesundheitsamt Hamburg (Landesgesundheitsamt HH)

Richtwert I (Vorsorgewert, nutzungsüblich, nicht mehr publiziert):..... 30  $\mu\text{g}/\text{m}^3$   
 Richtwert II (Einschreitungswert, nicht mehr publiziert): ..... 100  $\mu\text{g}/\text{m}^3$

#### Orientierungswerte der Arbeitsgemeinschaft Ökologischer Forschungsinstitute (AGÖF)

Normalwert:..... 35  $\mu\text{g}/\text{m}^3$   
 Handlungswert:..... 81  $\mu\text{g}/\text{m}^3$

*Die vorgefundenen Formaldehyd-Gehalte sind als normal und daher als unauffällig einzustufen.*

Als gesundheitliche Auswirkungen von Formaldehyd werden insbesondere Reizungen der Augen- und Atemwegs-Schleimhäute oder Kopfschmerzen geschildert. Beschwerden durch Formaldehyd sind bei den vorgefundenen Raumluft-Konzentrationen u.E. nicht zu erwarten. Dazu sollte ggfs. ein umweltmedizinisch erfahrener Arzt befragt werden.

Als Quellen für Formaldehyd kommen üblicherweise Pressspan-Materialien oder auch verleimtes Holz in Betracht. Eine Quellenzuordnung ist bei den vorgefundenen Raumluftkonzentrationen schwierig und erscheint auch als nicht erforderlich. Es ist eher von diffus verteilten (schwachen) Quellen auszugehen, die eine Zuordnung zur festgestellten Raumluftkonzentration sehr wahrscheinlich nicht erlauben.

*Ein Handlungsbedarf leitet sich aus dem Messbefund zum Vorkommen von Formaldehyd in der Raumluft der beprobten Räume nicht ab.*





### 1.2.2 Höhere Aldehyde in der Raumluft

Für Aldehyde existieren Richtwerte für die Raumluft nicht-gewerblicher Innenräume der Ad-hoc-Arbeitsgruppe Innenraumrichtwerte der IRK / AOLG (jetzt: Ausschuss für Innenraumrichtwerte):

Substanz	RW II	RW I	Messwert Raum 1.08, Klasse 1c	Messwert Raum 1.22, Klasse 2a	Messwert Raum 2.10, Klasse 3c	Messwert Raum 2.24, Klasse 4a	Messwert Turnhalle, Spielfeld
Aldehyde C <sub>4</sub> -C <sub>11</sub>	2000	100	42	21	82	37	47
Acetaldehyd	1000	100	14	9	34	12	11
Benzaldehyd	200	20	4	3	3	2	4
Furfural	100	10	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1

Konzentrationen in µg/m<sup>3</sup>

RW II: Gefahrenwert/Einschreitungswert

<: weniger als (Bestimmungsgrenze)

RW I: Vorsorgewert

Messwerte gerundet

Der toxikologisch und unter Berücksichtigung der sensorischen Eigenschaften der Aldehyde abgeleitete **Innenraum-Richtwert RW I (Vorsorgewert)** von 100 µg/m<sup>3</sup> für die aliphatischen **C<sub>4</sub>-C<sub>11</sub>-Aldehyde** ist alle Raumluftproben bei einer Messwertspanne von 21 bis 82 µg/m<sup>3</sup> **sehr weit bis noch weit unterschritten**.

Der Innenraum-Richtwert RW I für den Einzelvertreter **Acetaldehyd** von 100 µg/m<sup>3</sup> ist für alle Raumluftproben bei einer Messwertspanne von 9 bis 34 µg/m<sup>3</sup> **sehr weit unterschritten**.

Der Innenraum-Richtwert RW I für den Einzelvertreter **Benzaldehyd** von 20 µg/m<sup>3</sup> ist für alle Raumluftproben bei einer Messwertspanne von 2 bis 4 µg/m<sup>3</sup> **sehr weit unterschritten**.

Der Innenraum-Richtwert RW I für den Einzelvertreter **Furfural** von 10 µg/m<sup>3</sup> ist für alle Raumluftproben bei Gehalten unterhalb von 1 µg/m<sup>3</sup> (Bestimmungsgrenze) **sehr weit unterschritten**.

Für die C<sub>4</sub>-C<sub>11</sub>-Aldehyde wurde unter Zugrundelegen der Geruchsschwellen nach den vorläufigen Geruchsleitwerten des Ausschusses für Innenraumrichtwerte (AIR) der Geruchswert errechnet. Aus dem Geruchswert lässt sich nach einer Formel des Ausschusses für Innenraumrichtwerte die Geruchsintensität bestimmen. Für die Raumluftproben aus dem vier ausgewählten Klassenräumen und der Turnhalle leitet sich Geruchsintensitäten für die C<sub>4</sub>-C<sub>11</sub>-Aldehyde in einer Spanne von 1,2 bis 2,5 ab. Demnach tragen diese Aldehyde mit einem sehr schwachen bis schwachen Geruch nach „Linoleum“ zum Geruchseindruck der beprobten Räume bei.

Eine geruchliche Wahrnehmung der Aldehyde, für einen ungeschulten Geruchsprüfer jedoch wahrscheinlich nicht erkennbar, ist möglich.

*Ein Handlungsbedarf leitet sich aus dem Messbefund zum Vorkommen der weiteren Aldehyde in der Raumluft der beprobten Räume nicht ab. Die toxikologisch abgeleiteten Innenraumrichtwerte sind unterschritten.*



### 1.3. Ameisen- und Essigsäure in der Raumluft

(s. Prüfbericht 2017-8597-3)

In allen Raumluftproben wurden Ameisen- und Essigsäure nachgewiesen.

Substanz	RW II	RW I	Messwert Raum 1.08, Klasse 1c	Messwert Raum 1.22, Klasse 2a	Messwert Raum 2.10, Klasse 3c	Messwert Raum 2.24, Klasse 4a	Messwert Turnhalle, Spielfeld
Ameisensäure			15	9	29	9	22
Essigsäure	(400)		32	14	44	18	100

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

Die Untersuchung der Raumluft-Proben auf Ameisensäure ergab eine Konzentrationsspanne von 9 bis 29  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Für die Raumluftkonzentrationen an Essigsäure wurde eine Spanne von 14 bis 100  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  ermittelt.

Ein toxikologisch abgeleiteter Innenraum-Richtwert für diese niederen Carbonsäuren existiert (noch) nicht, soll aber im Frühjahr 2018 veröffentlicht werden. Die ad-hoc-Innenraumkommission beim Umweltbundesamt (jetzt: Ausschuss für Innenraumrichtwerte) hat in einer Protokollnotiz im Jahr 2011 für Essigsäure (Ethansäure) einen Gefahrenwert von 400  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  genannt. Nach dem üblichen Schema der Richtwert-Ableitung wäre der Vorsorgewert als 1/10 bis 1/3 des Gefahrenwertes herzuleiten. Dies ergäbe dann rechnerisch einen Vorsorgewert zwischen 40 und 130  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Eine entsprechende Festlegung wurde jedoch seitens des Ausschusses für Innenraumrichtwerte noch nicht getroffen. Wir gehen daher von einem vorläufigen Zielwert (als Vorsorgewert) für Essigsäure in der Raumluft von 100  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  aus.

Dieser ist für alle Raumluftproben bei einer Konzentrationen-Spanne von 14 bis 100  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  ganz überwiegend sehr weit unterschritten bis gerade eingehalten (Raumluftprobe „Turnhalle“). Der Gefahrenwert von 400  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  ist für alle Raumluftproben sehr weit unterschritten. Bei Annahme eines strengen Zielwertes von 40  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  ist dieser für alle Raumluftproben bis auf die aus dem Klassenraum „2.10“ mit 44  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  unterschritten. Lediglich für die Raumluftprobe „Turnhalle“ wird eine Raumluftkonzentration von 100  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  erhalten. Damit wäre der strenge Zielwert für die Essigsäure deutlich überschritten. Die Zielwerte gelten generell für einen nutzungsüblichen Lüftungszustand des Raumes.

Im vorliegenden Fall dürfte der Anstieg im Wesentlichen auf die klimatischen Bedingungen zurückzuführen sein, die durch die höhere Gebäudetemperatur auch eine höhere Emission zur Folge hat.

Aus dem Vergleich der Arbeitsplatzgrenzwerte für Ameisen- und Essigsäure (9,5  $\text{mg}/\text{m}^3$  zu 25  $\text{mg}/\text{m}^3$ ) kann hilfsweise aus dem vorläufigen AIR-Gefahrenwert für Essigsäure von 400  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  für die Ameisensäure ein Gefahrenwert von 150  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  und ein vorläufiger Zielwert von 40  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  abgeleitet werden. Als ein strenger vorläufiger Zielwert wäre eine Ameisen-Raumluftkonzentration von 15  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  anzusehen. Diese ist für zwei der fünf Raumluftkonzentrationen mit maximal 29  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  überschritten.



Bericht 8597/2017

19.06.2017

Seite 11

Das Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung hat in seinem „Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen, Neubau Büro und Verwaltungsgebäude“, Stand 2009, für den Gehalt an Essigsäure in der Raumluft einen Orientierungswert von  $160 \mu\text{g}/\text{m}^3$  genannt. Dieser „Neubau-Richtwert“ wird für alle Raumluftproben weit bis sehr weit unterschritten.

Die niedrigeren Beurteilungswerte für die Ameisensäure sind in der stärkeren Säurewirkung der Ameisensäure gegenüber der Essigsäure begründet.

Ameisen- und Essigsäure stellen schleimhautreizende Substanzen dar. Möglicherweise kommt es bei längerem Kontakt mit diesen Säuren über die Atemluft dann auch zu Beschwerden der Atemwegsschleimhäute.

Falls aus unserer vorstehenden Ableitung Schlüsse auf mögliche gesundheitliche Effekte gezogen werden sollten, so erscheint uns eine umweltmedizinisch bzw. toxikologisch gesonderte Beurteilung der Plausibilität unserer Ableitung der vorläufigen Zielwerte für die Ameisen- und Essigsäure zwingend erforderlich.

Die Herkunft dieser niederen Carbonsäuren ist vorwiegend der Emission aus Holzwerkstoffen zuzuschreiben (sog. „Holzsäuren“). Die Hemicellulose des Holzes enthält die darin gebundenen Acetylgruppen, die dann hydrolytisch unter Bildung der Essigsäure freigesetzt werden. Als mögliche Quelle in der Turnhalle kommen auf Grund der sensorischen Feststellung eines „Essiggeruches“ an der Wandverkleidung der Halle die Wandplatten (z.T. aus akustik-technischen Gründen perforiert) in Betracht.

#### **1.4. Isocyanate in der Raumluft**

(s. Prüfbericht 2017-8597-4)

In den Raumluftproben „Raum 2.24“ und „Turnhalle“ konnten keine Isocyanate nachgewiesen werden. Dies ist insoweit nicht überraschend, da uns auch bisher keine positiven Messbefunde zu Isocyanat-Messungen nach einer Anwendung von Isocyanat-haltigen Baumaterialien (z.B. PU-Bauschaum) bekannt geworden sind. Dies liegt nicht zuletzt an der hohen Reaktivität der Isocyanate, die zu einer schnellen hydrolytischen Zersetzung der Isocyanate führen. Während einer baulichen Tätigkeit unmittelbar beim Versprühen von Bauschaum mag eine andere Expositionssituation herrschen.

**Ein Handlungsbedarf leitet sich aus dem Untersuchungsbefund nicht ab.**

#### **1.5. Organo-Chlor-Biozide, Organo-Phosphor-Biozide und Pyrethroide in der Raumluft**

(s. Prüfbericht 2017-8597-5)

In den Raumluftproben „Raum 2.24“ und „Turnhalle“ konnten keine Organo-Chlor-Biozide, Organo-Phosphor-Biozide oder Pyrethroide in einer Konzentration oberhalb der Bestimmungsgrenze nachgewiesen werden.

**Ein Handlungsbedarf leitet sich aus dem Untersuchungsbefund nicht ab.**



### 1.6. Bromierte Flammschutzmittel in der Raumluf

(s. Prüfbericht 2017-8597-6)

In den Raumlufproben „Raum 2.24“ und „Turnhalle“ konnten keine bromierten Flammschutzmittel in einer Konzentration oberhalb der Bestimmungsgrenze nachgewiesen werden.

**Ein Handlungsbedarf leitet sich aus dem Untersuchungsbefund nicht ab.**

### 1.7. TRIS-Phosphate in der Raumluf

(s. Prüfbericht 2017-8597-7)

In der Raumlufprobe „Raum 2.24“ konnten aus der Gruppe der TRIS-Phosphate die Vertreter TCPP, TBEP und TPP in einer Konzentrationsspanne von 7 bis 12 ng/m<sup>3</sup>. Für den chlorierten TRIS-Phosphat-Vertreter TCEP hat der Ausschuss für Innenraumrichtwerte einen Vorsorgewert (Richtwert RW I) von 5000 ng/m<sup>3</sup> toxikologisch abgeleitet. In Ermangelung ausreichender toxikologischer Daten soll dieser Richtwert hilfsweise auch für die übrigen chlorierten und nicht chlorierten Vertreter übernommen werden. Die vorgefundenen Raumlufkonzentrationen von maximal 12 ng/m<sup>3</sup> unterschreiten sehr weit den Innenraumrichtwert.

Für die Raumlufprobe „Turnhalle“ wurden keine TRIS-Phosphate in einer Konzentration oberhalb der Bestimmungsgrenze von 5 ng/m<sup>3</sup> festgestellt.

**Ein Handlungsbedarf leitet sich aus dem Untersuchungsbefund nicht ab.**

### 1.8. Phthalate in der Raumluf

(s. Prüfbericht 2017-8597-8)

In der Raumlufprobe „Raum 2.24“ konnten aus der Gruppe der Phthalate die Vertreter DEP und DiBP mit Konzentrationen von 47 resp. 79 ng/m<sup>3</sup> nachgewiesen werden. Ein Innenraumrichtwert für die Phthalate existiert nicht. Hilfsweise kann auf den statistisch abgeleiteten AGÖF-Auffälligkeitswert für DEP von 1,8 µg/m<sup>3</sup>, also 1800 ng/m<sup>3</sup>, zurückgegriffen werden. Für DiBP beträgt der AGÖF-Auffälligkeitswert < 7000 ng/m<sup>3</sup>. Die vorgefundenen Phthalat-Konzentrationen sind daher allein schon statistisch als unbedeutend einzustufen.

Für die Raumlufprobe „Turnhalle“ wurden keine Phthalate in einer Konzentration oberhalb der Bestimmungsgrenze festgestellt.

**Ein Handlungsbedarf leitet sich aus dem Untersuchungsbefund nicht ab.**



### 1.9. Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) in der Raumluft

(s. Prüfbericht 2017-8597-9)

In den Raumluftproben „Raum 2.24“ und „Turnhalle“ konnten PAK (16 PAK nach EPA) mit einem Summenwert von 121 resp. 129 ng/m<sup>3</sup> nachgewiesen werden.

Ein Innenraumrichtwert für die Gruppe der EPA-PAK existiert nicht. Hilfsweise kann auf den Innenraumrichtwert für Naphthalin von 10.000 ng/m<sup>3</sup> zurückgegriffen werden. Die vorgefundenen Gehalte von 76 resp. 100 ng/m<sup>3</sup> sind als sehr gering einzustufen und unterschreiten den Richtwert sehr weit. Auch die Summe der bi- und tricyclischen PAK unterschreitet mit weniger als 150 ng/m<sup>3</sup> diesen Richtwert sehr weit. Es handelt sich um typische Außenluftkonzentrationen.

Für die Außenluft besteht für den Vertreter BaP ein Jahresmittelwert von 5 ng/m<sup>3</sup>. Beide Raumluftproben weisen Gehalte an BaP unterhalb der Bestimmungsgrenze von 0,1 ng/m<sup>3</sup> auf.

**Ein Handlungsbedarf leitet sich aus dem Untersuchungsbefund nicht ab.**

### 1.10. Polychlorierte Biphenyle (PCB) in der Raumluft

(s. Prüfbericht 2017-8597-10)

In den Raumluftproben „Raum 2.24“ und „Turnhalle“ konnten keine PCB mit einem Gehalt an PCB-gesamt von weniger als 6 ng/m<sup>3</sup> (Bestimmungsgrenze) nachgewiesen werden.

Der Innenraumrichtwert für die PCBs beträgt 300 ng/m<sup>3</sup>. Dieser Richtwert ist für beide Raumluftproben sehr weit unterschritten. Darüber hinaus ist auf Grund des Verbotes des Inverkehrbringendes geschlossener oder offener PCB-haltiger Systeme bereits Mitte der 1980er Jahre das Vorkommen von PCB in der Raumluft eines Gebäudes aus den 2010er Jahren nicht mehr zu erwarten.

**Ein Handlungsbedarf leitet sich aus dem Untersuchungsbefund nicht ab.**

### 1.11. Schimmelpilzsporen in der Raumluft

(s. Prüfbericht 2017-8597-11)

Zur Beurteilung einer Schimmelbelastung der Raumluft wird die Raumluft auf kultivierbare Schimmelpilzsporen (DG18- und Malz-Agar-Nährböden) sowie eine Außenluftprobe untersucht.

Für die Untersuchung auf Schimmelpilze in Innenräumen kann die aktuelle Belastung der Raumluft, des Hausstaubes sowie befallener Flächen durch Sporen bzw. Konidien (der Fortpflanzung dienende Keime) oder durch Schimmelpilze freigesetzte flüchtige organische Verbindungen (MVOC) erfasst werden. Die Sporen bestimmter pathogener Schimmelpilze bedeuten ein gesundheitliches Risiko aufgrund eines allergischen Potenzials oder eines möglichen Befalls insbesondere der Lunge (Aspergillose). Die Bildung von Sporen wird dabei von den Wachstums- und Lebensbedingungen der Pilze ebenso beeinflusst wie durch meteorologische und jahreszeitliche Faktoren. Zum Vergleich einer Sporenbelastung des Innenraumes ist die Sporenkonzentration in der Außenluft als Referenz heran zu ziehen.



Bericht 8597/2017

19.06.2017

Seite 14

Die Raumluftproben „Raum 2.24“ und „Turnhalle“ weisen an kultivierbaren **Schimmelpilz-Sporen** (ohne Hefen) für den DG18-Nährboden folgende Gesamt-Gehalte an kolonie-bildenden Einheiten (KBE) auf:

Raum	Gesamt-KBE
Raum 2.24	490
Turnhalle	490
Außenbereich	1140

Ein Sporenaufkommen im Innenraum als erhöht zu bewerten ist bei erster Betrachtung dann geboten, wenn die Innenraumkonzentration die Konzentration der Außenluft um mindestens 150 KBE/m<sup>3</sup> überschreitet. Dieses Kriterium ist für die untersuchten Innenraum-Proben nicht erfüllt. Demnach besteht für diese Räume zuerst einmal keine erhöhte Sporenbelastung.

#### Gegenüberstellung von Innenraum- mit der Außenluft-Probe

Bei der Gegenüberstellung von Innenraum-Proben mit der Außenluft-Probe ist zu beachten, dass die Höhe der Sporenkonzentration insbesondere in der Außenluft starken Schwankungen unterliegen kann. Die aktuell beprobte Außenluft ist daher nicht unmittelbar vergleichbar mit der zwar fast gleichzeitig beprobten Innenraumluft, diese ist jedoch bereits i.d.R. mehr als 10 Stunden zuvor in den Innenraum eingelüftet worden. Dies wird jedoch durch das Kriterium einer geforderten mindestens um 150 KBE/m<sup>3</sup> höheren Innenraum-Konzentration annähernd berücksichtigt.

Notwendig beim Vergleich von Innenraum-Proben mit der Außenluft-Probe ist die differenzierende Betrachtung der vorgefundenen Schimmelpilzarten. Der „Schimmelpilzleitfaden“ des Umweltbundesamt (Umweltbundesamt 2002) unterscheidet hierbei zwischen Pilzarten bzw. -gattungen, die in der Außenluft in erhöhten Konzentrationen auftreten können. Hierzu zählen vor allem Cladosporium, sterile Myzelien, Hefen, Alternaria oder Botrytis (Gruppe 1). Dem stehen die außenluft-untypischen Pilze wie *Aspergillus versicolor* oder Penicillium (Gruppe 2) gegenüber.

*Umweltbundesamt: Leitfaden zur Vorbeugung, Untersuchung, Bewertung und Sanierung von Schimmelpilzwachstum in Innenräumen. Berlin (2002)*

Nach der Klassifizierung des „Schimmelpilzleitfadens“ ist eine Innenraumquelle unwahrscheinlich, wenn für die typischen Außenluft-Pilze (Gruppe 1) im Innenraum höchstens die gleiche Konzentration wie in der Außenluft erreicht wird.

Raum	Alternaria sp.	Botrytis sp.	Cladosporium spp.	sterile Kolonien	
	<i>Kriterium: Sporen-Konzentration „Innen“ höher als „Außen“ - Innenraum-Quelle vorhanden?</i>				
Raum 2.24	nein	nein	nein	nein	
Turnhalle	unerheblich	nein	nein	nein	

Im vorliegenden Fall ist dieses Kriterium bis auf das Vorkommen an Sporen von Alternaria in der Raumluftprobe „Turnhalle“ erfüllt. Die vorgefundene Sporenkonzentration von 40 KBE/m<sup>3</sup> ist jedoch zu gering, um auf eine Innenraumquelle hinzuweisen. Als wesentliches Kriterium kann ein Differenzwert von mindestens 100 KBE/m<sup>3</sup> über der Außenluftkonzentration (s.u.) angesetzt werden. Demnach kann für diese Sporen ganz überwiegend ein Eintrag von Außenluft angenommen werden. Eine Quelle im Innenraum ist daher nicht wahrscheinlich.



Bericht 8597/2017

19.06.2017

Seite 15

### Außenluft-untypische Schimmelpilze

Eine Innenraumquelle für außenluft-untypische Pilze (also typische innenraum-bürtige wie *Aspergillus versicolor* oder *Penicillium*-Arten) ist dann wahrscheinlich, wenn die Differenz zwischen Innenraumluft und Außenluft einer untypischen Außenluftart über 100 KBE/m<sup>3</sup> liegt, für die Summenkonzentration einer Gattung sind als Differenzwert mehr als 300 KBE/m<sup>3</sup> gefordert (Trautmann 2005).

*Trautmann C, Gabrio T, Dill I, Weidner U, Baudisch C: Hintergrundkonzentrationen von Schimmelpilzen in Luft. Bundesgesundheitsbl – Gesundheitsforsch – Gesundheitsschutz 48: 12-20 (2005)*

Raum	Aspergillus (Gattung)	Aspergillus (Art)		Penicillium (Gattung)	Penicillium (Art)
<i>Kriterium</i>	> 300 *	> 100 *		> 300 *	> 100 *
Raum 2.24	---	---		---	---
Turnhalle	---	---		---	---

\* gegenüber der Außenluft >: mehr als  
 Angegeben sind nur die **Überschreitungen** des jeweiligen Kriteriums

Für die beprobten Räume zeigt sich für keine der typischen feuchteschadens-anzeigenden Schimmelpilz-Gattungen *Aspergillus* oder *Penicillium* eine Überschreitung der aufgeführten Kriterien.

Demnach liegt für diese Räume kein erhöhter Eintrag von Feuchteschadens-assoziierten Schimmelsporen vor.

### Typische feuchteschaden-assoziierte Schimmelpilze

*Penicillium* und *Aspergillus* sind typische feuchteschaden-assoziierte Pilze im Innenraum. Aus dem Summenwert der Raumluftkonzentrationen von *Aspergillus* und *Penicillium* auf DG18 leitet sich nach Schleibinger (2004) ein statistisch ermittelter Orientierungswert von 110 KBE/m<sup>3</sup> ab, für die Konzentrationsdifferenz (innen - außen) ein Orientierungswert von 81 KBE/m<sup>3</sup>. Diese Orientierungswerte werden statistisch als Trenngröße zwischen einem schimmelpilz-belasteten und einem –unbelasteten Raum angesehen.

Raum	Summe Aspergillus + Penicillium*	Differenzwert Innen - Außen Aspergillus + Penicillium	Orientierungswert	Überschreitung
Raum 2.24	< 10	kleiner 10	81	nein
Turnhalle	10	10	81	nein

Konzentrationsangaben in KBE/m<sup>3</sup> >: mehr als  
 \* Inklusiv *Talaromyces rugulosus*

*Literatur: Schleibinger H, Laußmann D, Samwer H, Nickelmann A, Eis D, Rüden H: Unterscheidung von Schimmel- und Nichtschimmelwohnungen anhand luftgetragener Sporen – Ergebnisse einer Feldstudie im Großraum Berlin, Umweltmed Forsch Prax 9 (4) 251-262 (2004)*

Für die untersuchten Raumluftproben ergibt sich somit kein statistisch begründetes erhöhtes Vorkommen an *Penicillium* sp. oder *Aspergillus* sp. als typische feuchteschaden-assoziierte Schimmelpilze.

Die untersuchten Räume sind diesbezüglich als **schimmelsporen-unbelastet** einzustufen.

**Ein Handlungsbedarf leitet sich aus dem Untersuchungsbefund nicht ab.**



## 1.12. MVOC in der Raumluft

(s. Prüfbericht 2017-8597-12)

Das Auftreten von mikrobiell gebildeten flüchtigen organischen Verbindungen (MVOC) durch Schimmelpilze oder Bakterien unterliegt vielfältigen Einflüssen. Je nach Art, Wachstumsphase, Konkurrenzsituation, Sauerstoff- und Feuchtigkeitsangebot ändert sich das MVOC-Vorkommen. MVOC stellen in erster Linie Indikatoren für versteckte Quellen dar, können aber auch Anhaltspunkte für die biologische Aktivität eines Pilzbefalls liefern. Sie sind dabei nicht unter toxikologischen Gesichtspunkten zu bewerten, können jedoch aufgrund der Geruchsbelastung zu Beschwerden führen. Sowohl lebender Pilz als auch abgestorbenes Pilzmaterial setzen MVOC frei. Der Hinweis auf bereits abgestorbenes Pilzgewebe ist insoweit relevant, da auch totes Pilzgewebe allergische Reaktionen hervorrufen kann. Bei der Bestimmung der Sporenkonzentration werden hingegen keimbildende, also lebensfähige Sporen erfasst. Einige der zur Gruppe der MVOC zählenden Verbindungen können auch aus anderen Quellen wie z.B. Baumaterialien, Kaffee oder Zigarettenrauch stammen.

Zur Erst-Bewertung festgestellter MVOC-Konzentrationen wird auf statistisch erfasste Häufigkeiten der Summen-Messwerte der im Prüfbericht aufgeführten Substanzgruppen zurückgegriffen:

Mikrobielle flüchtige Organische Verbindungen (MVOC)	Kein Hinweis	Deutlicher Hinweis	Erheblicher Hinweis	Messwert „Raum 2.24“	Messwert „Turnraum“
Summe Gruppe I (spezifisch)	< 500	500-1500	> 1500	40	430
Summe Gruppe II (wesentlich)	< 1000	1000-1500	> 1500	440	1470
Summe Gruppe III (ergänzend)	< 1000	1000-2000	> 2000	120	130

Konzentrationen in ng/m<sup>3</sup>; < weniger als; > mehr als

Bei der Untersuchung der Raumluft auf MVOC zeigt sich für die Proben „Raum 2.24“ für die Substanzgruppe I (spezifische Indikatoren, Hauptindikatoren) mit 40 ng/m<sup>3</sup> und für die Raumluftprobe „Turnhalle“ mit 430 ng/m<sup>3</sup> kein Hinweis auf eine erhöhte mikrobielle Aktivität. In diesem Zusammenhang soll angemerkt werden, dass die in dieser Substanzgruppe subsumierten Schwefelverbindungen (wie Dimethylsulfid, Dimethyldisulfid, etc.) auch typische Verbindungen sind, welche in Abwässern vorkommen können.

Auch für die Substanzgruppen II und III ergibt sich lediglich für die Raumluftprobe „Turnhalle“ ein „deutlicher Hinweis“ auf erhöhte mikrobielle Aktivität, wobei die angetroffenen Ketone 2-Hexanon und 2-Heptanon in geringen Konzentrationen auch chemisch aus Baumaterialien (z.B. Abbau von Ketoximen) entstanden sein können und keinen Bezug zu einer mikrobiellen Genese aufweisen müssen. Hierfür spricht zuerst einmal, dass mit den erhöht vorkommenden „wesentlichen“ MVOC keine „spezifischen“ MVOC vergesellschaftet auftreten.

Nach Keller et al. lassen sich saisonale Referenzwerte auf statistischer Basis ableiten. Danach wird für die Summe der Konzentrationen der in Gruppe I (des Prüfberichtes) enthaltenen Verbindungen für das II. und III. Jahres-Quartal (Sommerhalbjahr) ein Referenzwert von 435 ng/m<sup>3</sup> angegeben. Dieser Referenzwert ist für die Raumluftprobe „Raum 2.24“ mit einem Summenwert von 40 ng/m<sup>3</sup> weit unterschritten, für die Raumluftprobe „Turnraum“ mit einem Summenwert von 430 ng/m<sup>3</sup> knapp.





Bericht 8597/2017

19.06.2017

Seite 17

Es kann dennoch nicht ganz ausgeschlossen werden, dass ein mikrobieller Befall (Schimmelpilze, Bakterien) vorhanden ist. Ein visueller Hinweis hat sich bei der Probenahme jedoch nicht ergeben. Um unter standardisierten Bedingungen einen Prüfbefund zu erhalten, könnte vorsorglich die Raumluftmessung auf MVOC in der Turnhalle, auch in Verbindung mit einer Schimmelsporen- und Gesamtsporenmessung, bei ausgeschalteter Lüftungsanlage wiederholt werden.

**Literatur:**

Keller, R, Senkpiel K, Butte W.: MVOC-Referenzwerte in unbelasteten Wohnungen für einen Beobachtungszeitraum von 12 Monaten, IX. Lübecker Fachtagung für Umwelthygiene, S. 145-159 (2007)

**1.13. Gesamtsporen in der Raumluf**

(s. Prüfbericht 2017-8597-13)

Neben den kultivierbaren Schimmelsporen kommen bei einem mikrobiellen Befall auch abgestorbene Sporen oder andere mikrobiologische Bestandteile vor. Diese partikelförmigen Teile werden mittels lichtmikroskopischer Bestimmung untersucht. Eine Art-Bestimmung ist damit jedoch nicht möglich. Dies betrifft insbesondere die Gruppe vom Typ *Penicillium/Aspergillus/Walleimia*. Hierunter finden sich typische Feuchteschadensanzeiger, aber auch Schimmelpilze, die saisonal stark in der Außenluft auftreten können.

Ein **Gesamt-Sporenaufkommen** im Innenraum als erhöht zu bewerten ist der Erfahrung nach dann geboten, wenn die Innenraumkonzentration die Konzentration der Außenluft um mindestens 800 Sporen/m<sup>3</sup> überschreitet. Dieses Kriterium ist für beide Innenraum-Proben bei Gehalten von 2735 resp. 1075 Partikel/m<sup>3</sup> gegenüber 9305 Partikel/m<sup>3</sup> in der Außenluft nicht erfüllt. Die untersuchten Raumlufproben unterschreiten diese Schwellenkonzentration weit. Demnach sind die Gesamtsporenkonzentrationen in den beprobten Räumen als **unauffällig** und als **nicht erhöht** einzustufen.

Gleiches gilt auch für den Typ Basidiomycet/Hefe und Typ Ascomycet. Die Innenraumproben weisen diesbezüglich wesentlich geringere Partikelanzahlen wie die Außenluftprobe auf.

Die Raumlufprobe „Turnhalle“ zeigt insgesamt bei den Gesamtsporen noch deutlich niedrigere Werte wie die Raumlufprobe „Raum 2.24“. Aus diesem Befund leitet sich somit kein Hinweis auf eine mikrobielle Belastung der Raumluf in der „Turnhalle“ ab.

Für die Sporen vom Typ *Penicillium / Aspergillus / Walleimia* steht dem maximalen Raumlufgehalt von 225 Sporen/m<sup>3</sup> ein Außenluftgehalt von 135 Sporen/m<sup>3</sup> gegenüber. Wenn die Differenz zwischen Innenraumluf und Außenluft für den Sporentyp *Penicillium/Aspergillus/Walleimia* bei mehr als 300, aber nicht über 800 liegt, ist eine Quelle für einen erhöhten Eintrag in den Innenraum nicht auszuschließen. Dies ist vorliegend jedoch nicht der Fall.

Auch für die Hyphenbruchstücke ergeben sich im Vergleich zur Außenluft keine erhöhten Raumlufgehalte.

Insgesamt finden sich in den beprobten Räumen keine erhöhten Konzentrationen an mikrobiologischen Partikeln.

**Ein Handlungsbedarf leitet sich aus dem Untersuchungsbefund nicht ab.**



Bericht 8597/2017

19.06.2017

Seite 18

### 1.14. Feinstaubgehalt der Raumluft

(s. Prüfbericht 2017-8597-14)

Zur Erfassung der Staubbelastung in den Räumen „Raum 2.24“ und „Turnhalle“ wurde orientierend die Anzahl der Partikel im Korngrößenbereich zwischen 0,3 und 10 µm ermittelt und diese anschließend auf den Massengehalt der Raumluft umgerechnet.

Aus der jeweiligen Partikelanzahl wurde dazu unter Annahme einer kugelförmigen Geometrie und einer Dichte von 2 g/cm<sup>3</sup> der Gehalt an Feinstaub für die Partikelfraktion 0,3 bis 3 µm (PM<sub>3</sub>) und für die Fraktion 0,3 bis 10 µm (PM<sub>10</sub>) errechnet. Dabei handelt es sich um eine Näherungsgröße, die nicht unmittelbar mit einer gravimetrisch bestimmten Massenkonzentration vergleichbar ist. Auch die angenommene Dichte der Luftpartikel von 2 g/m<sup>3</sup> dürfte eher zu einer Überschätzung der Staublast der Raumluft bedeuten, da vor allem organische Stäube wie Textilabrieb oder Hautschuppen eine geringere Dichte aufweisen.

Bei den vorliegenden Messwerten ist zu beachten, dass es sich um Kurzzeitmessungen von jeweils 5 min handelt. Die Messwerte sind für die jeweiligen Zeitabschnitte und Messorte in der nachfolgenden Tabelle aufgeführt:

<b>Feinstaub-Messung</b>		
vom 31.05.2017, 10:45 bis 12:11 „Raum 2.24“	<b>FEINSTAUB-GEHALT</b> <b>PM<sub>3</sub></b>	<b>FEINSTAUB-GEHALT</b> <b>PM<sub>10</sub></b>
Innenluft, Nutzung	14	110
Außenluft (Fenster)	12	28
Innenluft, Nutzung	14	120
Innenluft, Nutzung	13	103
Innenluft, Nutzung	11	78
Innenluft, Nutzung	11	83
Innenluft, Nutzung	11	78
Innenluft, Nutzung	11	85
Innenluft, Nutzung	11	80
Innenluft, Nutzung	9,2	50
Innenluft, Nutzung	8,7	44
Innenluft, Nutzung	8,6	43

Konzentrationen in µg/m<sup>3</sup>

<b>Feinstaub-Messung</b>		
vom 31.05.2017, 13:03 bis 14.03 „Turnhalle“	<b>FEINSTAUB-GEHALT</b> <b>PM<sub>3</sub></b>	<b>FEINSTAUB-GEHALT</b> <b>PM<sub>10</sub></b>
keine Nutzung	5,4	9,2
keine Nutzung	5,5	8,6
keine Nutzung	4,6	6,7
keine Nutzung	5,0	8,2
keine Nutzung	4,8	7,4
keine Nutzung	4,6	6,7
keine Nutzung	4,5	7,2
keine Nutzung	4,4	6,5
keine Nutzung	4,6	7,1
keine Nutzung	4,4	7,1

Konzentrationen in µg/m<sup>3</sup>



Bericht 8597/2017

19.06.2017

Seite 19

Für den Feinstaubmessungen „Raum 2.24“ reicht die Spanne der vorgefundenen Feinstaubgehalte **PM<sub>3</sub>** für die ausgewählten Messzeiten von (gerundet) 8 bis 14  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  bei einem Außenluftgehalt von 12  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , gemessen am offenen Fenster.

Die Feinstaubmessung in der „Turnhalle“ weist eine Messwertspanne von 4 bis 6  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  auf. In der Turnhalle war keine Nutzung (bis auf die beiden Probennehmer).

Für den Feinstaubgehalt **PM<sub>3</sub>** (oder üblicherweise **PM<sub>2,5</sub>**) existieren keine regulatorischen Vorgaben für Wohn-Innenräume oder Büroräume.

Die ad-hoc-Arbeitsgruppe „Innenraumrichtwerte“ beim Umweltbundesamt hat bisher vorliegende Erkenntnisse und Bewertungen für die „gesundheitliche Bedeutung von Feinstaub in der Innenraumluft“ zusammengetragen (Bundesgesundheitsbl – Gesundheitsforsch – Gesundheitsschutz 11 – 2008, S. 1370-1378).

Aus Innenraum-Untersuchungen kann für den Feinstaubgehalt **PM<sub>3</sub>** ein unauffälliger Bereich bis 20  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  angesetzt werden.

Der Luftgüteleitwert der Weltgesundheitsorganisation WHO für **PM<sub>2,5</sub>** beträgt als 24-Stunden-Mittelwert 25  $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Insgesamt leitet sich für die Partikelgrößenfraktion bis 3  $\mu\text{m}$  für beide Messstellen eine als durchschnittlich und damit als unauffällig einzustufende Belastung der Raumluft mit dieser Feinstaub-Fraktion ab.

Die vorgefundenen Feinstaubgehalte **PM<sub>10</sub>** bewegen sich für die Innenraum-Messungen „Raum 2.24“ zwischen 43  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  und 120  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  bei einem Mittelwert von 79  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Der Raum „Turnhalle“ weist einen entsprechenden Feinstaubgehalt in der Spanne von 7 bis 9  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  auf.

Ein Innenraumrichtwert für den Feinstaubgehalt an **PM<sub>10</sub>** existiert ebenfalls nicht.

Für den Feinstaubgehalt **PM<sub>10</sub>** der Außenluft gilt ab 2010 ein Jahresmittelwert von 20  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , der an 7 Tagen bis zu 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  erreichen darf.

Zum Vorkommen an **PM<sub>10</sub>**-Stäuben in Innenräumen liegen nur wenige Untersuchungsergebnisse vor. Übliche Gehalte werden dabei zwischen 25 und 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  festgestellt.

Der Luftgüteleitwert der Weltgesundheitsorganisation WHO für **PM<sub>10</sub>** beträgt als 24-Stunden-Mittelwert 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  und als Jahresmittelwert 20  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Im Mittel der Kurzzeitmessungen wird ein **PM<sub>10</sub>**-Gehalt von 79  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  im Raum 2.24 erhalten. Der Mittelwert liegt oberhalb des 24-Stunden Luftgüteleitwerts der WHO von 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Bei näherer Betrachtung der 5-Minuten-Messwerte ist zu erkennen, dass sich ein Abklingverhalten des Feinstaubgehaltes zeigt: Von maximal 120  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  reduziert sich der Gehalt auf 43  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Das erhöhte Feinstaubaufkommen ist aufgetreten, als während eines Mathematik-Unterrichtes ein Bewegungsspiel durchgeführt wurde. Als sich die Kinder wieder an ihre Tische setzten, verringerte sich auch das Feinstaubaufkommen.

Es lässt sich generell sagen, dass die Feinstaubfraktion unter 1  $\mu\text{m}$  ganz wesentlich durch die Außenluftbestimmt wird und die Feinstaubfraktion um 10  $\mu\text{m}$  durch die Nutzer.



Bericht 8597/2017

19.06.2017

Seite 20

Gesundheitlich stellt Feinstaub ein Risiko insbesondere für Kinder, Personen mit bestehenden Atemwegs- und Herz-Kreislauf-Erkrankungen sowie Asthmatiker dar. Korrelationen mit Wirkungen am Herz-Kreislauf-System werden insgesamt bei  $PM_{2,5}$  deutlicher, während Wirkungen im Atemtrakt eher mit  $PM_{10}$  oder  $PM_{10-2,5}$  assoziiert sind (Bundesgesundheitsbl – Gesundheitsforsch – Gesundheitsschutz 11 – 2008, S. 1370-1378). Eine abschließende Beurteilung einer Feinstaubbelastung im Innenraum ist jedoch auf Grund einer noch unzureichenden Datenbasis zurzeit nicht möglich. Die Festlegung eines toxikologisch abgeleiteten Innenraum-Richtwertes steht demnach noch aus.

Neben einem toxikologischen Effekt, der z.Zt. nur unzureichend zu beurteilen ist, kann es bei erhöhtem Feinstaubaufkommen in der Raumluft zumindest zu einer sensorischen Beeinträchtigung kommen, die zu einer Empfindung von „trockener Luft“ und dem Auftreten gereizter Schleimhäute führt. Dies trifft dann eher bei den größeren Partikeln des „gröberen“ Feinstaubes wie der  $PM_{10}$ -Fraktion zu.

Die Verringerung der nutzerbedingten Feinstaubproduktion steht im Zielkonflikt mit der Erfordernis von (zeitweiser) Bewegung der Kinder.

Die Beurteilung kurzzeitiger Feinstaubexpositionen ist einer umweltmedizinisch-toxikologischen Bewertung vorbehalten.

### 1.15. Künstliche Mineralfasern (KMF) in der Raumluft

(s. Prüfbericht 2017-8597-15)

An den Messstellen „Raum 2.03“ und „Turnhalle“ wurde die Raumluft auf Mineralfasern (natürliche Asbestfasern und Künstliche Mineralfasern, KMF) untersucht.

Die entnommenen Raumluftproben weisen **keine Asbestfasern und keine Künstliche Mineralfasern** (KMF) in einer Konzentration oberhalb der Bestimmungsgrenze von jeweils 104 Asbestfasern/ $m^3$  auf. Der 95%-Vertrauensbereich liegt bei 312 Fasern/ $m^3$ .

Für die Bewertung einer Asbestfaser-Konzentration im Innenraum kann auf die Regelung im Zusammenhang mit Freimessungen nach Sanierungen Bezug genommen werden. Danach ist für Asbestfasern ein **Richtwert** von 500 Fasern/ $m^3$  bzw. die Obergrenze des 95%-Vertrauensbereiches von 1000 Fasern/ $m^3$  zu unterschreiten.

Hingegen besteht für die Bewertung von KMF-Konzentrationen im Innenraum kein eigenständiger Richtwert. Hilfsweise kann auf die Regelung für Asbestfasern (s.o.) im Zusammenhang mit Freimessungen nach Sanierungen Bezug genommen werden. Danach wird auch für KMF ein **Richtwert** von 500 Fasern/ $m^3$  bzw. die Obergrenze des 95%-Vertrauensbereiches von 1000 Fasern/ $m^3$  angesetzt.

Die Richtwerte sind für beide Raumluftproben sehr weit unterschritten.

**Eine Belastung der Raumluft durch Asbest oder künstliche Mineralfasern (KMF) an den überprüften Messstellen besteht nicht.**



### 1.16. Hausstaub-Untersuchung auf Organo-Chlor-Biozide, Phthalate, TRIS-Phosphate, bromierte Flammschutzmittel, PCB sowie riech-, reiz- und allergene Stoffe

(s. Prüfbericht 2017-8597-16)

In den Hausstaub-Proben „4 Klassenräumen (Raum1.08, Raum 1.22, Raum 2.10, Raum 2.24)“ und „Turnhalle“ ist von den untersuchten Organo-Chlor-Bioziden lediglich **Propiconazol** in einer Konzentration von 1,1 mg/m<sup>3</sup> in der Mischprobe aus den Klassenräumen in einer Konzentration oberhalb der Bestimmungsgrenze nachweisbar. Der AGÖF-Auffälligkeitwert von 3 mg/kg ist damit noch weit unterschritten. Toxikologisch abgeleitete Innenraumrichtwerte für den Bodenstaub existieren nicht. Seitens der AGÖF wird z.Zt. über den ADI-Wert (acceptable daily intake) abgeleitet ein toxikologisch begründeter Vorsorgewert von 60 mg/kg diskutiert. Insoweit kann die vorgefundene Konzentration an Propiconazol sowohl statistisch als auch toxikologisch als nicht wesentlich eingestuft werden.

Die übrigen analysierten Organo-Chlor-Biozide sind in einer Konzentration oberhalb der Bestimmungsgrenze nicht nachweisbar.

In beiden Hausstaubproben sind Vertreter der **Phthalate** anzutreffen. Eine Überschreitung der AGÖF-Orientierungswerte liegt lediglich für DEHP in beiden Staubproben bezüglich des toxikologisch begründeten Orientierungswertes von 100 mg/m<sup>3</sup> für die Gruppe der Klein- und Krabbelkinder vor.

Phthalate werden weit verbreitet als Weichmacher in PVC-Materialien, Farben, Lacken, Oberflächenbeschichtungen u.a. eingesetzt. Da die Raumluftkonzentrationen bei den schwerer und schwer flüchtigen Phthalaten wie DBP, DEHP und DOP nicht oder nur in seltenen Fällen erhöht sind, ist eine Aufnahme durch größere Kinder oder gar Erwachsene (bei den hier vorliegenden Gehalten im Hausstaub) wenig bedeutsam. Bei den DEHP-Gehalten von 450 resp. 510 mg/kg der entnommenen Staubproben wird daher keine erhöhte Belastung der Raumluft zu erwarten sein. Dies hat auch die direkte Untersuchung der Raumluft gezeigt.

Bei dem vorgefundenen DEHP-Gehalt ist eine Überschreitung der zulässigen täglichen Dosis (TDI) von 50 µg/kg Körpergewicht nicht zu erwarten. Bei einer üblichen oralen Staubaufnahme eines Erwachsenen von angenommen 10 mg wird es erst bei einem Bodenstaubgehalt von 35.000 mg/kg zu einer 10%igen Ausschöpfung des TDI führen. Für ein älteres (siebenjähriges) Kind von angenommen 30 kg und einer oralen Staubaufnahme von angenommen 50 mg pro Tag wird dementsprechend ein Toleranzgehalt von DEHP im Bodenstaub von 2800 mg/kg abzuleiten sein. Für Klein- und Krabbelkinder ist nach AGÖF ein Bodenstaubgehalt von 100 mg/kg als Zielwert anzusetzen.

Das Auftreten von DEHP, einer von der EU im Rahmen von REACH als sog SVHC (*substance of very high concern*) als besonders Besorgnis erregend eingestuft, ist insofern überraschend, als dass dieser früher häufig als Weichmacher in PVC-Böden eingesetzte Stoff nur noch selten im Material anzutreffen ist. Der in den Schulräumen verlegte Linoleumboden benötigt keinen technischen Zusatz von Phthalaten als Weichmacher. Nicht auszuschließen ist jedoch der Einsatz von Phthalatweichmachern, wenn auch praktisch von DEHP, in den Bodenbeschichtungen.

Als mögliche Quelle insbesondere für DEHP könnten z.B. Schuhsohlen der Raumnutzer in Frage kommen. Für DEHP und andere Phthalate ist von einem breiten Vorkommen im Innenraum, sowohl in Schulen als auch in Privaträumen, auszugehen.

Durch häufiges Staubentfernen wird der Anreicherung von DEHP und anderer Phthalate im Hausstaub entgegen gewirkt. Ein weiter gehender Handlungsbedarf leitet sich aus dem Untersuchungsbefund jedoch nicht ab.



Bericht 8597/2017

19.06.2017

Seite 22

In beiden Staubproben wurden Vertreter der **TRIS-Phosphate** nachgewiesen. Mit 2500 mg/kg in der Staubprobe „4 Klassenräumen (Raum1.08, Raum 1.22, Raum 2.10, Raum 2.24)“ weist TBEP einen sehr hohen Gehalt auf, der AGÖF-Orientierungswert von 50 mg/kg ist sehr weit überschritten.

Für eine toxikologische Beurteilung kann auf die Ableitung des Innenraum-Richtwertes für den TRIS-Phosphat-Vertreter TCEP Bezug genommen werden. Aus der tierexperimentellen Wirkungsschwelle für die Neurotoxizität von 4 mg TCEP/kg Körpergewicht und Tag leitet sich bei Berücksichtigung empfindlicher Personen eine Wirkungsschwelle von 0,04mg TCEP/kg KG und Tag ab (H. Sagunski und E. Roßkamp, Richtwerte für die Innenraumluft: Tris(2-chlorethyl)phosphat. Bundesgesundheitsbl - Gesundheitsforsch – Gesundheitsschutz 2002 45:300–306). Für ein angenommenes siebenjähriges Kind mit einem Körpergewicht von 30 kg und einer angenommenen oralen Aufnahme von Bodestaub von 50 mg errechnet sich bei einer geforderten maximalen Ausschöpfung der erlaubten Tagesdosis von 10% über den Bodestaub ein toxikologisch in erster Näherung abgeleiteter Toleranzwert für TCEP im Bodestaub von 2400 mg/kg.

In Ermangelung ausreichender toxikologischer Daten für die übrigen TRIS-Phosphat-Vertreter schlägt die Innenraum-Kommission vor, „bis zum Vorliegen bewertbarer Daten vereinfachend die für TCEP genannten Richtwerte auch für die Summe der Konzentrationen von TCEP, TCPP, TBP, TBEP, TEHP und TPP“ zu verwenden.

Die Summe an TRIS-Phosphaten beträgt für die Bodestaub-Probe „Raum 2.24“ gerundet 2500 mg/kg und für die Probe „Turnhalle“ sind es gerundet 50 mg/kg.

Demnach liegt der Summenwert an TRIS-Phosphaten für die Staubprobe „4 Klassenräumen (Raum1.08, Raum 1.22, Raum 2.10, Raum 2.24)“ leicht über der toxikologisch abgeschätzten Toleranzschwelle für TRIS-Phosphate im Bodestaub von 2400 mg/kg für die Risikogruppe „Kinder, 7 Jahre“.

TRIS-Phosphate werden häufig als Flammschutzmittel oder als Weichmacher eingesetzt. Für TBEP kommt noch eine Verwendung als Glanzbildner in Bodenpflegemitteln oder als Antirutschmittel bei glatten Bodenbelägen hinzu. Die in der Hausstaub-Probe angetroffenen Vertreter TCPP und TdCPP können auch z.B. in Schaumstoffen enthalten sein.

Eine Belastung der Raumluft durch die aufgeführten TRIS-Phosphate ist für den vorliegenden Fall nicht zu erwarten.

Es wäre zu prüfen, ob in den verwendeten Bodenpflegemitteln TBEP (i.d.R. undeklariert) enthalten ist. Durch einen ggfs. erforderlichen Wechsel des Reinigungsmittels kann ein steter Abbau des TBEP-Aufkommens erreicht werden. Möglicherweise wurde aber TBEP aber auch in der Beschichtung des Linoleumfußbodens verwendet. Bei der Bewertung der Messbefunde ist zu beachten, dass nach unserer Vorgabe der Bodestaub mehrere Tage lang zusammenkommen sollte, um die AGÖF-Referenzwerte auch anlegen zu können. Durch eine wie übliche tägliche Reinigung des Fußbodens wird der Anreicherung der schwerflüchtigen organischen Verbindungen entgegengewirkt.



In beiden Bodenstaub-Proben wurden **bromierte Flammenschutzmittel** angetroffen. Für Decabromdiphenylether (DBDE) wird der AGÖF-Auffälligkeitsschwellenwert von 0,5 mg/kg bei Gehalten von 6,4 resp. 6,5 mg/kg deutlich überschritten.

DecaBDE wurde mit Wirkung vom 19. Dezember 2012 in die SVHC-Liste aufgenommen

Dieses bromierte Flammenschutzmittel wird häufig in elektrischen und elektronischen Geräten, aber auch in Textilien oder in Kunststoffen eingesetzt. Möglicherweise besteht auch ein Zusammenhang zum Auftreten von DEHP oder anderer Weichmacher, da diese Substanzen in beiden Bodenstaubproben in jeweils ähnlichen Konzentrationen vorkommen. Demnach könnten u.a. auch Schuhe/Schuhsohlen als Quellen in Frage kommen.

Die human-toxikologische Bewertung des DBDE scheint noch nicht abgeschlossen.

In beiden Staubproben konnten **PCB** in einer Konzentration oberhalb der Bestimmungsgrenze von 0,2 mg/kg nicht nachgewiesen werden. Beide Proben sind diesbezüglich als unbelastet einzustufen.

#### **Riech-, reiz- und allergene Stoffe im Bodenstaub**

In den Bodenstaub-Proben „4 Klassenräumen (Raum 1.08, Raum 1.22, Raum 2.10, Raum 2.24)“ und „Turnhalle“ werden Fettalkohole, Fettsäuren und allergene Duftstoffe angetroffen.

Für die Stoffgruppe der **Fettalkohole** werden in beiden Proben keine Gehalte über den Auffälligkeitsschwellen-Konzentration festgestellt. Insgesamt ist das Vorkommen der Fettalkohole als nicht erhöht einzustufen.

Fettalkohole stellen typische Inhaltsstoffe von Reinigungsmitteln dar. Ein erhöhtes Vorkommen an Fettalkoholen im Bodenstaub bedeutet somit eine Rückstandsbildung entweder durch zu intensiven Einsatz dieser Mittel oder durch unzureichendes Absaugen des Hausstaubes.

Dodecanol und Octadecanol sind als allergisierende Substanzen eingestuft, Hexadecanol wirkt haut- und schleimhautreizend. Hexadecanol und Octadecanol werden verbreitet als reinigungsaktive Substanzen eingesetzt. Sie können bei empfindlichen Personen Reizungen der Haut oder auch allergische Reaktionen hervorrufen.

Für die **Fettsäuren** weisen beiden Proben bei der Summe der C<sub>6</sub>-C<sub>12</sub>-Säuren wie auch bei der Summe der C<sub>10</sub>-C<sub>18</sub>-Säuren keine gegenüber den Auffälligkeitsschwellen höhere Gehalte auf. Auch für die ungesättigten Fettsäuren (Ölsäure, Linol- und Linolensäure) wird durch den Linoleum-Bodenbelag kein erhöhter Eintrag in den Bodenstaub verursacht.

Länger kettige gesättigten Fettsäuren können zwar in hohen Raumluftkonzentrationen zu Reizungen der Schleimhäute führen, dies ist i.d.R. für Innenräume eher nicht zu erwarten. Durch chemische oder mikrobiologische Abbauprozesse und hier vor allem bei den ungesättigten Fettsäuren kann es jedoch zu Folgeprodukten wie Aldehyde oder Ketone kommen. Möglicherweise kommt diesen partikelgebundenen Anteilen neben den luftgetragenen eine besondere Bedeutung zu.

Gyntelberg F, Suadicani P, Wohlfahrt-Nielsen J, Skov P, Valbjorn O, Nielsen PA, Schneider T, Jorgensen O, Wolkoff P, Wilkins CK, Gravesen S, Norn S (1994) Dust and the Sick Building Syndrome. Indoor Air 4:223-238



Bericht 8597/2017

19.06.2017

Seite 24

Unter den analysierten ehemals gesondert deklarationspflichtigen **allergenen Duftstoffen** ist für keine der aufgeführten Substanzen eine Überschreitung des OW II (Auffälligkeitswert nach ARGUK) festzustellen.

Ein verbreitetes Einsatzgebiet liegt hier insbesondere bei den Bodenreinigungs- und -pflegemitteln. Limonen kommt z.B. als Duftstoff in Reinigungsmitteln vor („Zitronenfrische“), Linalool, ein maiglöckchenartig riechender, ungesättigter Terpenalkohol, dient ebenfalls als Riechstoff und bildet mit Linalylacetat, Campher und 1,8-Cineol den „Lavendelgeruch“. Benzylsalicylat kommt in Parfüms vor, aber auch als UV-Stabilisator und in etherischen Ölen. Die Verbindung weist eine allergisierende Wirkung auf, bei Hauttests werden jedoch keine oder nur sehr selten entsprechende Reaktionen beobachtet. Über die Wirkung von partikelgebundenem Benzylsalicylat (Feinstaub) auf die Atemwegsschleimhäute ist uns jedoch nichts bekannt.

Allgemein stellen die aufgeführten Substanzen für Kosmetika und Bedarfsgegenstände ehemals gesondert deklarationspflichtige Duftstoffe dar, die zu allergischen Reaktionen bei entsprechend disponierten Personen führen können. Es sollte daher bei allergisch veranlagten Personen vorsorglich auf den Einsatz allergener Duftstoffe im Wohnbereich, - aber auch am Arbeitsplatz - verzichtet werden. Zur Verringerung eines allergologischen Risikos ist insbesondere der eingeschränkte Gebrauch von Haushaltsprodukten mit Duftstoffen anzuraten. Entsprechende Informationen sind den Aufdrucken der Produkt-Verpackungen zu entnehmen.

### 1.17. Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) im Hausstaub

(s. Prüfbericht 2017-8597-17)

In den beiden Hausstaub-Proben „4 Klassenräumen (Raum 1.08, Raum 1.22, Raum 2.10, Raum 2.24)“ und „Turnhalle“ werden Vertreter der polycyclischen aromatischen Kohlenwasserstoffe (**PAK**) angetroffen. Als Leitkomponente für diese Substanzgruppe dient dabei **Benz[a]pyren (BaP)**. PAK entstehen bei unvollständiger Verbrennung von organischem Material wie Hausfeuerung, Verbrennungsmotoren, Zigarettenrauch u.a. mehr. Aber auch Materialien in älteren Gebäuden wie teerhaltige Parkettkleber oder Dichtungsmassen können z.T. sehr hohe Gehalte an PAK aufweisen.

Für die Gruppe der PAK (16 Vertreter nach EPA) kann ein statistisch begründeter Auffälligkeitswert von 20 mg/kg angesetzt werden. Dieser wird mit jeweils 0,6 mg/kg sehr weit unterschritten. Der ebenfalls statistisch abgeleitete AGÖF-Orientierungswert von 0,2 mg/kg als Auffälligkeitswert für BaP wird dabei für beide Hausstaubproben mit jeweils weniger als 0,1 mg/kg unterschritten. Der toxikologisch begründete Vorsorgewert des Umweltbundesamtes von 10 mg/kg wird sehr weit unterschritten.

Eine Belastung der Raumluft lässt sich aus den vorliegenden PAK-Gehalten nicht ableiten, diese ist auf Grund des nur niedrigen PAK-Vorkommens in den Bodenstaub-Proben auch nicht zu erwarten. Dies steht im Einklang mit den tatsächlichen Befunden der Raumluftmessungen auf PAK.

*Der vorgefundene Gehalt an PAK in den Hausstaubproben ist damit als Hintergrundwert einzustufen, ein Handlungsbedarf leitet sich aus dem Untersuchungsbefund nicht ab.*





Bericht 8597/2017

19.06.2017

Seite 25

## 2. Zusammenfassung und Handlungsempfehlung

Die Untersuchung der Raumluft auf flüchtige organische Verbindungen in den vier Klassenräumen Raum 1.08, Raum 1.22, Raum 2.10, Raum 2.24 sowie der Turnhalle unter nutzungsüblichen Bedingungen wie vorgefunden hat keine Überschreitung von toxikologisch abgeleiteten Innenraumrichtwerten erbracht. Lediglich im Raum 2.10 wurde ein leicht erhöhter Gehalt an Gesamt-VOC (TVOC) festgestellt mit Zuordnung in Stufe 2: Hygienisch noch unbedenklich, da keine Innenraumrichtwerte überschritten.

In der Raumluft der Turnhalle wird mit  $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$  eine Konzentration an Essigsäure festgestellt, die der oberen Grenze des ARGUK-Zielwertes in Ermangelung eines Innenraumrichtwertes entspricht. Sensorisch konnte die Wandverkleidung der Halle als eine erkennbare Quelle festgestellt werden. Falls aus unserer vorstehenden Ableitung Schlüsse auf mögliche gesundheitliche Effekte gezogen werden sollten, so erscheint uns eine umweltmedizinisch bzw. toxikologisch gesonderte Beurteilung der Plausibilität unserer Ableitung der vorläufigen Zielwerte für die Ameisen- und Essigsäure zwingend erforderlich.

Für die untersuchten flüchtigen und schwerflüchtigen Verbindungen (Isocyanate, MVOC, Organo-Chlor-Biozide, PCB, PAK, TRIS-Phosphate, Phthalate und bromierte Flammschutzmittel) in den Räumen „2.24“ und „Turnhalle“ wurden keine Belastungen der Raumluft festgestellt. Asbest- oder Künstliche Mineralfasern wurden nicht angetroffen.

Ein mikrobieller Befall in den untersuchten Räume wurde nicht festgestellt.

Die Bodenstaubproben „4 Klassenräumen (Raum 1.08, Raum 1.22, Raum 2.10, Raum 2.24)“ und „Turnhalle“ weisen neben einem geringen Gehalt an Propiconazol auch für die Risikogruppe „Kinder, 7 Jahre“ keine erhöhten Gehalte an Phthalaten, riech-, reiz- oder vormals deklarationspflichtigen allergenen Duststoffen auf. Der Gehalt an TBEP in der Probe „4 Klassenräumen (Raum 1.08, Raum 1.22, Raum 2.10, Raum 2.24)“ ist als erhöht einzustufen. Möglicherweise stammt dieser Vertreter der TRS-Phosphate aus der Bodenpflege oder der Beschichtung des Linoleumfußbodens. Neben einer Prüfung des eingesetzten Pflegemittels sollte eine (wie bestehend) regelmäßige Reinigung des Fußbodens bzw. bei einer Grundreinigung der Einsatz einer TBEP-freien Versiegelung durchgeführt werden.

Ein statistisch erhöhtes Aufkommen an dem bromierten Flammschutzmittel Decabromdiphenylether (DCDE) wurde in beiden Bodenstaubproben festgestellt. Möglicherweise besteht aus dem gemeinsamen Auftreten mit DEHP auch eine gemeinsame Quelle (Schuhsohlen?).

Im Klassenraum „2.24“ wurde während eines pädagogischen Bewegungsspieles ein kurzzeitig leicht erhöhter Feinstaubgehalt festgestellt. Dies erscheint u.E. bei begrenzter Expositionsdauer als nicht erheblich.

Eine gesundheitliche Gefährdung kann unmittelbar aus den Untersuchungsbefunden nicht abgeleitet werden, hierzu bedarf es der Kenntnis über die betroffenen Personen, den Expositionspfad, die aufgenommenen Schadstoffmengen u. a. Faktoren.

Oberursel, 19.06.2017  
ARGUK-Umweltlabor GmbH

Dr. Wigbert Maraun  
Dipl.-Chem.  
*von der IHK Frankfurt am Main öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger  
für Geruchsbelastungen und Schadstoffe in Innenräumen*

Sofern mit dem Auftraggeber nicht anders vereinbart, werden bei der Analyse nicht verwendete Anteile von Proben für drei Monate nach Ausgang des Untersuchungsberichtes zurückgestellt. Nach Ablauf der Rückstellfrist werden Probenreste entweder von uns ordnungsgemäß entsorgt oder bei als Sonderabfall zu behandelnden Proben an den Auftraggeber auf dessen Kosten zurückgesandt. Es gelten die Allgemeinen Geschäftsbedingungen der ARGUK-Umweltlabor GmbH, einsehbar auf unserer Internet-Seite [www.arguk.de](http://www.arguk.de).

## P R Ü F B E R I C H T    2017-8597-1

<b>Auftraggeber</b>	<b>Probenahme</b>	<b>Probenahmedatum</b>	<b>Prüfgut</b>	<b>Prüfauftrag</b>
Stadt Frankfurt am Main Der Magistrat – Hochbauamt Gerbermühle 48 60594 Frankfurt am Main	durch Sachverständigen Dr. Wigbert Maraun Dipl.-Chem.	31.05.2017	Raumluft auf Aktivkohle-Sammler (ANASORB 747)	npVOC: polare und unpolare Flüchtige Organische Verbindungen

<b>Projekt</b>	<b>Lüftungsmodus</b>	<b>Raum</b>	<b>mittl. Temperatur in °C</b>	<b>mittl. rel. Luftfeuchte in %</b>
Grundschule Rebstock Leonardo-da-Vinci-Allee 11 60486 Frankfurt am Main	nutzungsüblich	-5/-6: Raum 1.08, Klasse 1c -9/-10: Raum 1.22, Klasse 2a -13/-14: Raum 2.10, Klasse 3c -17/-18: Raum 2.24, Klasse 4a -25/-26: Turnhalle, Spielfeld	-5/-6: 26 -9/-10: 25 -13/-14: 27 -17/-18: 27 -25/-26: 23	-5/-6: 45 -9/-10: 48 -13/-14: 55 -17/-18: 45 -25/-26: 52

**Prüfverfahren**
**ARGUK 10106: Untersuchung von Raumluft auf Flüchtige Organische Verbindungen / Volatile Organic Compounds (VOC) [Aktive Probenahme]**

Nach Probenahme auf Aktivkohle in Anlehnung an VDI 2100, Bl 2. Standardsammelvolumen 100 L für unpolare VOC (nVOC) bzw. für polare VOC (pVOC). Desorption mit Schwefelkohlenstoff für unpolare VOC (nVOC), Desorption mit Dichlormethan / Methanol für polare VOC (pVOC). Analyse mittels Kapillargaschromatographie und Massenspektrometrie (GC/MS). Kalibration und Gehaltsbestimmung über interne und externe Standards.



Prüfbericht 2017-8597-1

Prüfergebnis

Probenart Probe	Raumluft Raum 1.08	Raumluft Raum 1.22	Raumluft Raum 2.10	Raumluft Raum 2.24	Raumluft Turnhalle	RW   ** / AGÖF AW	Desor- bens	BG*
Sammelvolumen [l] nVOC / pVOC:								
<b>Alkane</b>	7	1	18	6	100 / 100	100 / 100		
CAS-Nr.								
142-82-5	1,7	1,2	4,8	1,4	1,1	9	CS <sub>2</sub>	1
3-Methylhexan	1,0	nn	1,2	1,1	nn	6,3	CS <sub>2</sub>	1
Octan	1,6	nn	4,5	1,0	nn	5	CS <sub>2</sub>	1
2,2,4-Trimethylpentan	nn	nn	1,0	nn	nn	1	CS <sub>2</sub>	1
Nonan	nn	nn	nn	nn	nn	5	CS <sub>2</sub>	1
Decan	nn	nn	nn	nn	nn	11	CS <sub>2</sub>	1
Undecan	nn	nn	nn	nn	nn	14	CS <sub>2</sub>	1
Dodecan	nn	nn	nn	nn	nn	9	CS <sub>2</sub>	1
Tridecan	nn	nn	nn	nn	nn	5	CS <sub>2</sub>	1
Tetradecan	nn	nn	1,5	1,2	nn	4	CS <sub>2</sub>	1
Pentadecan	1,2	nn	1,9	1,1	nn	3	CS <sub>2</sub>	1
Hexadecan	1,1	nn	1,6	nn	nn	2	CS <sub>2</sub>	1
Heptadecan	nn	nn	1,0	nn	nn	1	CS <sub>2</sub>	1
Isoalkane (C9-C14)	nn	nn	nn	nn	nn	2	CS <sub>2</sub>	5
C9-C14 n-Alkane / Isoalkane (aromatenarm)	< 10	< 10	1,5	1,2	< 10	200**		
<b>Cycloalkane</b>	1	0	3	0	0			
Cyclohexan	1,1	nn	1,4	nn	nn	9	CS <sub>2</sub>	1
Methylcyclohexan	nn	nn	1,4	nn	nn	4	CS <sub>2</sub>	1
<b>Alkene</b>	0	0	0	0	0			
1-Octen	nn	nn	nn	nn	nn	< 2	CS <sub>2</sub>	1
1-Nonen	nn	nn	nn	nn	nn	< 2	CS <sub>2</sub>	1
1-Decen	nn	nn	nn	nn	nn	< 2	CS <sub>2</sub>	1
Trim. 2-Methylpropen	nn	nn	nn	nn	nn	< 1,5	CS <sub>2</sub>	1
4-Phenylcyclohexen	nn	nn	nn	nn	nn	< 1	CS <sub>2</sub>	1
4-Vinylcyclohexen	nn	nn	nn	nn	nn	< 1	CS <sub>2</sub>	1
1,5-Dibromcyclohexen	nn	nn	nn	nn	nn		CS <sub>2</sub>	10
1,4-Dibromcyclohexen	nn	nn	nn	nn	nn		CS <sub>2</sub>	10
<b>nVOC</b>	0	0	0	0	0			
Ethanol	nn	nn	nn	nn	nn		HS	10
2-Methylbutan	nn	nn	nn	nn	nn		HS	10
Hexan	nn	nn	nn	nn	nn		HS	10
Aceton	nn	nn	nn	nn	nn		HS	10

Konzentrationen in Mikrogramm/m<sup>3</sup>, nn: nicht nachweisbar, <: weniger als Bestimmungsgrenze BG\* bei Sammelvolumen 100L

Legende siehe Seite 9

Prüfbericht 2017-8597-1											
Probenart	Raumluft	Raumluft	Raumluft	Raumluft	Raumluft	Raumluft	Raumluft	Raumluft	RW [**/AGÖF AW (Bq/m³)]	Desorbens	BG*
Probe Labor-Nr.	Raum 1.08 859717-5/-6	Raum 1.22 859717-9/-10	Raum 2.10 859717-13/-14	Raum 2.24 859717-17/-18	Turnhalle 859717-25/-26						
CAS-Nr.	8	3	17	6	6						
<b>Aromaten</b>											
Benzol	nn	nn	1	nn	nn				3	CS <sub>2</sub>	1
Toluol	3,5	2,7	5,7	3,8	3,5				300**	CS <sub>2</sub>	1
Ethylbenzol	1	nn	2,1	2,0	nn				200**	CS <sub>2</sub>	1
Xylole / Dimethylbenzole (o-, m-, p-Xylol)	1,8	nn	3	nn	2,1				100**	CS <sub>2</sub>	1
Styrol	nn	nn	2,9	nn	nn				30**	CS <sub>2</sub>	2
n-Propylbenzol	nn	nn	nn	nn	nn				2,1	CS <sub>2</sub>	1
i-Propylbenzol	nn	nn	nn	nn	nn				1	CS <sub>2</sub>	1
2-Ethyltoluol	nn	nn	nn	nn	nn				3	CS <sub>2</sub>	1
3-Ethyltoluol	nn	nn	nn	nn	nn				6,7	CS <sub>2</sub>	1
4-Ethyltoluol	nn	nn	nn	nn	nn				3	CS <sub>2</sub>	1
1,3,5-Trimethylbenzol	nn	nn	nn	nn	nn				3	CS <sub>2</sub>	1
1,2,4-Trimethylbenzol	nn	nn	2,1	nn	nn				11	CS <sub>2</sub>	1
1,2,3-Trimethylbenzol	1,2	nn	nn	nn	nn				2,6	CS <sub>2</sub>	1
n-Butylbenzol	nn	nn	nn	nn	nn				< 1 (n-Butylbenzol)	CS <sub>2</sub>	1
1,2/1,3-Diethylbenzol	nn	nn	nn	nn	nn					CS <sub>2</sub>	1
1,4-Diethylbenzol	nn	nn	nn	nn	nn					CS <sub>2</sub>	1
1,3-Di-i-Propylbenzol	nn	nn	nn	nn	nn				< 1	CS <sub>2</sub>	1
1,4-Di-i-Propylbenzol	nn	nn	nn	nn	nn				< 1	CS <sub>2</sub>	1
1,2,4,5-Tetramethylbenzol	nn	nn	nn	nn	nn				< 1	CS <sub>2</sub>	1
1,2,3,5-Tetramethylbenzol	nn	nn	nn	nn	nn				< 1	CS <sub>2</sub>	1
Hexylbenzol	nn	nn	nn	nn	nn					CS <sub>2</sub>	1
Octylbenzol	nn	nn	nn	nn	nn					CS <sub>2</sub>	1
p-Cymol	nn	nn	nn	nn	nn				2	CS <sub>2</sub>	1
n-Decylbenzol	nn	nn	nn	nn	nn					CS <sub>2</sub>	1
Indan	nn	nn	nn	nn	nn				1	CS <sub>2</sub>	1
<b>Summe Alkylbenzole C9 bis C15</b>	1,2	< 10	2,1	< 10	< 10				100**		

Konzentrationen in Mikrogramm/m<sup>3</sup>; nn: nicht nachweisbar, <: weniger als Bestimmungsgrenze BG\* bei Sammelvolumen 100L

Legende siehe Seite 9

Prüfbericht 2017-8597-1											
Probenart	Raumluft	Raumluft	Raumluft	Raumluft	Raumluft	Raumluft	Raumluft	Raumluft	RW I**/ AGÖF AW (P90)	Desor- bens	BG*
Probe Labor-Nr.	Raum 1.08 859717-5/-6	Raum 1.22 859717-9/-10	Raum 2.10 859717-13/-14	Raum 2.24 859717-17/-18	Turnhalle 859717-25/-26						
Terpene	2	0	11	1	3						
CAS-Nr.											
o-Cymen	nn	nn	nn	nn	nn					CS <sub>2</sub>	1
Limonen	nn	nn	2,4	nn	nn				23	CS <sub>2</sub>	1
alpha-Terpinen	nn	nn	nn	nn	nn				< 1,5	CS <sub>2</sub>	1
gamma-Terpinen	nn	nn	nn	nn	nn				< 1,5	CS <sub>2</sub>	1
alpha-Terpineol	nn	nn	nn	nn	nn				1	CS <sub>2</sub>	1
<i>Summe monocyclische Terpene</i>									1000**		
endo-Borneol	nn	nn	nn	nn	nn				< 1	CS <sub>2</sub>	1
+ - Camphen	nn	nn	nn	nn	nn				2,1	CS <sub>2</sub>	1
DL-Campher	nn	nn	nn	nn	nn				< 1,5	CS <sub>2</sub>	1
delta-3-Caren	nn	nn	1,3	nn	1,0				26	CS <sub>2</sub>	1
alpha-Pinen	1,6	nn	4,7	1	1,7				68	CS <sub>2</sub>	1
beta-Pinen	nn	nn	1,7	nn	nn				8,7	CS <sub>2</sub>	1
Verbenon / Geraniol	nn	nn	nn	nn	nn				< 1 / ./.	CS <sub>2</sub>	1
<i>Summe bicyclische Terpene</i>	1,6	< 10	7,7	1	2,7				200**		
Bornylacetat	nn	nn	nn	nn	nn					CS <sub>2</sub>	1
1,8-Cineol (Eucalyptol)	nn	nn	nn	nn	nn				< 2	CS <sub>2</sub>	1
beta-Citronellol	nn	nn	nn	nn	nn				< 2	CS <sub>2</sub>	1
Eugenol	nn	nn	nn	nn	nn					CS <sub>2</sub>	1
Geranylacetat	nn	nn	nn	nn	nn					CS <sub>2</sub>	1
alfa-Ionon	nn	nn	nn	nn	nn					CS <sub>2</sub>	1
alpha-Ceton (i-Methyl-alfa-Ionon)	nn	nn	nn	nn	nn					CS <sub>2</sub>	1
Lilial	nn	nn	nn	nn	nn				< 1	CS <sub>2</sub>	1
Linatool	nn	nn	nn	nn	nn					CS <sub>2</sub>	1
Linylacetat	nn	nn	nn	nn	nn					CS <sub>2</sub>	1
Longifolen	nn	nn	nn	nn	nn					CS <sub>2</sub>	1
"+/-"-Menthol	nn	nn	nn	nn	nn				2	CS <sub>2</sub>	1
beta-Myrcen	nn	nn	nn	nn	nn				< 1	CS <sub>2</sub>	1
Dihydromyrcenol	nn	nn	1,1	nn	nn				2	CS <sub>2</sub>	1
iso-Eugenol	nn	nn	nn	nn	nn					CS <sub>2</sub>	1

Legende siehe Seite 9

Konzentrationen in Mikrogramm/m<sup>3</sup>; nn: nicht nachweisbar, <: weniger als Bestimmungsgrenze BG\* bei Sammelvolumen 100L

Prüfbericht 2017-8597-1									
Probe		Raum 1.08	Raum 1.22	Raum 2.10	Raum 2.24	Turnhalle	AGÖF AW (P90)	bens	
Labo-Nr.	CAS-Nr.	859717-5/-6	859717-9/-10	859717-13/-14	859717-17/-18	859717-25/-26			
<b>LHKW</b>									
Tetrachlorkohlenstoff (TETRA)	56-23-5	0	0	0	0	0	< 1,5 Leitwert nn**	CS <sub>2</sub>	1
Trichlorethen (TRI)	79-01-6	nn	nn	nn	nn	nn	nn	CS <sub>2</sub>	1
Tetrachlorethen (PER)	127-18-4	nn	nn	nn	nn	nn	100**	CS <sub>2</sub>	1
Chlorbenzol	108-90-7	nn	nn	nn	nn	nn	< 1	CS <sub>2</sub>	1
1,2-Dichlorbenzol	95-50-1	nn	nn	nn	nn	nn	< 1	CS <sub>2</sub>	1
1,3-Dichlorbenzol	541-73-1	nn	nn	nn	nn	nn	< 1	CS <sub>2</sub>	1
1,4-Dichlorbenzol	106-46-7	nn	nn	nn	nn	nn	< 1	CS <sub>2</sub>	1
<b>Einwertige Alkohole</b>									
1-Butanol	71-36-3	7	3	21	2	25	700**	DCM	1
3-Methyl-1-Butanol (Isoamylalkohol)	123-51-3	5	2,4	15	1,9	24	< 1,5	DCM	1
1-Pentanol	71-41-0	nn	nn	nn	nn	nn	5,4	DCM	1
2-Propyl-1-Pentanol	58175-57-8	nn	nn	nn	nn	nn	nn	DCM	1
1-Hexanol	111-27-3	nn	nn	nn	nn	nn	1	DCM	1
2-Ethyl-1-Hexanol	104-76-7	2,3	1	5	nn	nn	100**	DCM	1
1-Heptanol	111-70-6	nn	nn	nn	nn	nn	< 1	DCM	1
1-Octanol	111-87-5	nn	nn	nn	nn	nn	< 1	DCM	1
1-Octen-3-ol	3391-86-4	nn	nn	nn	nn	nn	< 1	DCM	1
1-Nonanol	143-08-8	nn	nn	nn	nn	nn	< 1	DCM	1
2-Nonanol	628-99-9	nn	nn	nn	nn	nn	< 1	DCM	1
Benzylalkohol	100-51-6	nn	nn	nn	nn	nn	400**	DCM	1
2-Phenyl-Ethanol	60-12-8	nn	nn	nn	nn	nn	nn	DCM	1
<b>Carbonsäureester</b>									
Butylformiat	592-84-7	7,7	1,2	23	2,3	23	1	DCM	1
i-Propylacetat	108-21-4	nn	nn	nn	nn	nn	< 1,5	DCM	1
n-Butylacetat	123-86-4	3,3	1,2	9,2	1,2	23	27	DCM	1
i-Butylacetat	110-19-0	2,6	nn	6,5	1,1	nn	< 2	DCM	1
2-Ethylhexylacetat	103-09-3	nn	nn	nn	nn	nn	< 1	DCM	1
n-Butylpropionat	590-01-2	nn	nn	nn	nn	nn	< 1	DCM	1
Ethylacrylat	140-88-5	nn	nn	nn	nn	nn	< 1	DCM	1
Butylacrylat	141-32-2	nn	nn	nn	nn	nn	< 1,5 / < 2	DCM	1
Methylmethacrylat / n-Propylacetat	80-62-6/109-60-4	1,8	nn	5,7	nn	nn	nn	DCM	1
Dimethylsuccinat	106-65-0	nn	nn	nn	nn	nn	< 3	DCM	1
Dibutylmaleinat	105-76-0	nn	nn	nn	nn	nn	< 2	DCM	1

Legende siehe Seite 9

 Konzentrationen in Mikrogramm/m<sup>3</sup>; nn: nicht nachweisbar; <: weniger als Bestimmungsgrenze BG\* bei Sammelvolumen 100L



Prüfbericht 2017-8597-1		Probenart Probe Labor-Nr.	Raumluft Raum 1.08 859717-5/-6	Raumluft Raum 1.22 859717-9/-10	Raumluft Raum 2.10 859717-13/-14	Raumluft Raum 2.24 859717-17/-18	Raumluft Turnhalle 859717-25/-26	RW (**) AGÖF AW (/µg)	Desor- bens	BG*
<b>Carbonsäureester</b>		CAS-Nr.								
Dimethyladipat	627-93-0	nn	nn	nn	nn	nn	nn	< 2	DCM	1
Diisobutyladipat	141-04-8	nn	nn	nn	nn	nn	nn	< 2	DCM	1
Dimethylpimelat	1732-08-7	nn	nn	nn	nn	nn	nn		DCM	1
TXmIB (2,2,4-Trimethyl-1,3 Pentandiol-monoisobutyrat	25265-77-4	nn	nn	nn	nn	nn	nn	2	DCM	1
TXIB (2,2,4-Trimethyl-1,3 Pentandiol-diisobutyrat)	6846-50-0	nn	nn	1,7	nn	nn	nn	3	DCM	1
Methylbenzoat	93-58-3	nn	nn	nn	nn	nn	nn	< 1	DCM	1
Dimethylphthalat	131-11-3	nn	nn	nn	nn	nn	nn	< 2	DCM	1
Diethylphthalat	84-66-2	nn	nn	nn	nn	nn	nn	1,8	DCM	1
Di n-butylphthalat	84-74-2	nn	nn	nn	nn	nn	nn	< 7	DCM	1
<b>Mehrwertige Alkohole</b>			0	0	0	0	0			
1,2-Propylenglykol (1,2 PG)	57-55-6	nn	nn	nn	nn	nn	nn	14	DCM	1
Dipropylenglykol (DPG)	25265-71-8	nn	nn	nn	nn	nn	nn	< 5	DCM	1
2,2,4-Trimethyl-1,3-Pentandiol	144-19-4	nn	nn	nn	nn	nn	nn		DCM	1
<b>Ether mehrwertiger Alkohole</b>			0	9	0	0	13			
Ethylenglykolmonoethyl ether (EGEE, ehem. EGME)	110-80-5	nn	nn	nn	nn	nn	nn	100**	DCM	1
Ethylenglykolmonoisopropylether (EGiPE, ehem. EGMIP)	109-59-1	nn	nn	nn	nn	nn	nn	< 1	DCM	1
Ethylenglykolmonobutylether (EGBE, ehem. EGMB)	111-76-2	nn	nn	nn	nn	nn	nn	100**	DCM	1
Ethylenglykolmonopentylether (EGPE, ehem. EGMP)	122-99-6	nn	nn	nn	nn	nn	nn	5	DCM	1
Diethylenglykolmonomethylether (DEGME, ehem. DEGMM)	111-77-3	nn	nn	nn	nn	nn	nn	2000**	DCM	1
Diethylenglykolmonoethyl ether (DEGEE, ehem. DEGME)	111-90-0	nn	nn	nn	nn	nn	nn	700**	DCM	1
Diethylenglykolmonobutylether (DEGBE, ehem. DEGMB)	112-34-5	nn	nn	nn	nn	nn	nn	400**	DCM	1
Triethylenglykolmonobutylether (TEGBE, ehem. TEGMB)	143-22-6	nn	nn	nn	nn	nn	nn	< 1	DCM	10
Propylenglykolmonomethylether (2PG1ME, ehem. PGMM)	107-98-2	nn	9,4	nn	nn	nn	13	1000**	DCM	1
Propylenglykolmonopropylether (2PG1PE, ehem. PGMPPr)	1569-01-3	nn	nn	nn	nn	nn	nn	< 1	DCM	1

Konzentrationen in Mikrogramm/m<sup>3</sup>; nn: nicht nachweisbar, <: weniger als Bestimmungsgrenze BG\* bei Sammelvolumen 100L

Legende siehe Seite 9



Prüfbericht 2017-8597-1											
Probenart	Raumluft	Raumluft	Raumluft	Raumluft	Raumluft	Raumluft	Raumluft	Raumluft	Raumluft	Desorbens	BG*
Probe	Raum 1.08	Raum 1.22	Raum 2.10	Raum 2.24	Raumluft	Turnhalle	AGÖF	AW			
Labor-Nr.	859717-5/-6	859717-9/-10	859717-13/-14	859717-17/-18	859717-13/-14	859717-25/-26	(P90)	(P90)			
<b>Ether mehrwertiger Alkohole</b>											
1,2-Propylenglykolmonobutylether (2PG1BE ehem. PGMB)	nn	nn	nn	nn	nn	nn	3	3	DCM	1	
1,2-Propylenglykolmonotert-butylether (2PG1TBE, ehem. PGMTB)	nn	nn	nn	nn	nn	nn	300**	300**	DCM	1	
Dipropylenglykolmonomethylether (DPGME, ehem. DPGMM)	nn	nn	nn	nn	nn	nn	2000**	2000**	DCM	1	
1,2,3-Propylenglykolmonomethylether (DPGME, ehem. DPGMM)	nn	nn	nn	nn	nn	nn	3	3	DCM	1	
Trippropylenglykolmonomethylether (TPGME, ehem. TPGMM)	nn	nn	nn	nn	nn	nn			DCM	10	
1,1,1-Propylenglykolmonomethylether (DPGME, ehem. DPGMM)	nn	nn	nn	nn	nn	nn	< 4	< 4	DCM	1	
<b>Ester mehrwertiger Alkohole</b>											
Ethylenglykolmonomethyletheracetat (EGMEA, ehem. EGMMA)	nn	nn	nn	nn	nn	nn	< 1,5	< 1,5	DCM	1	
Ethylenglykolmonoethyl-ether-acetat (EGEEA, ehem. EGM EA)	nn	nn	nn	nn	nn	nn	200**	200**	DCM	1	
Ethylenglykolmonobutylether-acetat (EGBEA, ehem. EGMBA)	nn	nn	nn	nn	nn	nn	200**	200**	DCM	1	
Diethylenglykolmonobutyletheracetat (DEGBEA)	nn	nn	nn	nn	nn	nn	< 1,5	< 1,5	DCM	1	
Propylenglykolmonomethylether-acetat (PG1ME2A)	1,6	nn	3	nn	nn	13	7,8	7,8	DCM	1	
Dipropylenglykolmonomethyletheracetat (DPGMEA)	nn	nn	nn	nn	nn	nn	< 1,5	< 1,5	DCM	1	
<b>Aldehyde</b>											
Pentanal	34	20	67	18	31	31					
Hexanal	4,2	2,3	10	1,5	5,9	5,9	20	20	DCM	1	
Heptanal	7,7	5,1	18	3,9	13	13	55	55	DCM	1	
Octanal	2,1	1	4,4	nn	1,1	1,1	6,7	6,7	DCM	1	
2-Ethyl-1-Hexanal	4	1,6	7,8	1,1	1,4	1,4	8	8	DCM	1	
Nonanal	nn	nn	nn	nn	nn	nn	< 2	< 2	DCM	1	
Decanal	16	9,7	27	11	9,6	9,6	19	19	DCM	1	
Furfural	nn	nn	nn	nn	nn	nn	7	7	DCM	1	
Benzaldehyd	nn	nn	nn	nn	nn	nn	10**	10**	DCM	1	
Tolaldehyd	nn	nn	nn	nn	nn	nn	20**	20**	DCM	1	
	nn	nn	nn	nn	nn	nn	< 1,3	< 1,3	DCM	1	

Konzentrationen in Mikrogramm/m<sup>3</sup>; nn: nicht nachweisbar; <: weniger als Bestimmungsgrenze BG\* bei Sammelvolumen 100L  
 Legende siehe Seite 9



Prüfbericht 2017-8597-1									
Probenart Probe Labor-Nr.	Raumluft Raum 1.08 859717-5/-6	Raumluft Raum 1.22 859717-9/-10	Raumluft Raum 2.10 859717-13/-14	Raumluft Raum 2.24 859717-17/-18	Raumluft Turnhalle 859717-25/-26	RW <sup>1**</sup> / AGÖF AW	Desor- bens	BG*	
<b>Ketone</b>	6	3	32	6	6				
Methyl-Ethyl-Keton (2-Butanon)	5,5	2,9	29	5,7	5,8	33	DNPH	1	
Methyl-isobutyl-Keton (MIBK)	nn	nn	nn	nn	nn	100**	DCM	1	
2-Hexanon (MBK)	nn	nn	nn	nn	nn	1	DCM	1	
2-Heptanon	nn	nn	1	nn	nn	1,9	DCM	1	
3-Heptanon	nn	nn	nn	nn	nn	2	DCM	1	
3-Octanon	nn	nn	nn	nn	nn	< 1	DCM	1	
Acetophenon	nn	nn	nn	nn	nn	4	DCM	1	
Benzophenon	nn	nn	nn	nn	nn	< 1	DCM	1	
Cyclohexanon	nn	nn	1,9	nn	nn	5	DNPH	1	
Isophoron	nn	nn	nn	nn	nn		CS <sub>2</sub>	1	
3,3,5-Trimethyl-Cyclohexanon	nn	nn	nn	nn	nn		DCM	1	
N-Methyl-2-Pyrrolidon	nn	nn	nn	nn	nn	100**	DCM	1	
<b>Siloxane</b>	18	6	88	9	4				
CAS-Nr.									
Hexamethylcyclotrisiloxan (D3)	4,8	2,6	11	2,5	1,8	16	CS <sub>2</sub>	1	
Octamethylcyclotetrasiloxan (D4)	2,6	1	4,9	1,1	nn	7	CS <sub>2</sub>	1	
Decamethylcyclopentasiloxan (D5)	8,3	2,5	66	4,0	1,7	22	CS <sub>2</sub>	1	
Dodecamethylcyclohexasiloxan (D6)	1,8	nn	6,5	1,2	nn	11	CS <sub>2</sub>	1	
<b>Summe D3-D6 Dimethylsiloxane</b>	18	6,1	88	8,8	3,5	400**			
Tridecamethylcyclohexasiloxan (D7)							CS <sub>2</sub>	1	
<b>Sonstige</b>	0	0	0	0	0				
<b>identifizierte VOC (Summe)</b>	90	47	283	49	124				
<b>nicht identifizierte VOC (als</b>	10	10	42	10	10			10	
<b>TVOC***</b>	<b>100</b>	<b>57</b>	<b>325</b>	<b>59</b>	<b>134</b>				

 Konzentrationen in Mikrogramm/m<sup>3</sup>, nn: nicht nachweisbar, <: weniger als Bestimmungsgrenze BG\* bei Sammelvolumen 100L

Legende siehe Seite 9



**Prüfbericht 2017-8597-1**

**Legende**

Kein Meßwerteintrag: laut Auftrag nicht analysiert

nVOC: nonpolar Volatile Organic Compounds pVOC: polar Volatile Organic Compounds

Desorbens: DCM: Dichlormethan/Methanol CS2: CS2/Methanol HS Headspace (wVOC)

<: weniger als nb: nicht bestimmt \*\* Überlagerung möglich i.A.: in Anlehnung, Verfahrensfehler +/- 10%

\* Orientierungswerte für Raumluft: siehe Bewertungsgrundlagen

\*\* RW I: Richtwert I ( Vorsorgewert) des Ausschuss für Innenraumrichtwerte (Normals Ad-hoc-Arbeitsgruppe) des Umweltbundesamtes

\*\*\*: Die Summe der identifizierten und der als Toluol-Äquivalente bestimmten Konzentrationen der nicht identifizierten Verbindungen, welche im Elutionsbereich einer unpolaren Säule nach CS2-Desorption zwischen n-Hexan und n-Hexadecan auftreten.

Oberursel, 16.06.2017

ARGUK-Umweltlabor GmbH

Dr. Wigbert Maraun  
Dipl.-Chem.

Auszüge des Berichts dürfen nur mit schriftlicher Genehmigung des Prüflaboratoriums veröffentlicht oder vervielfältigt werden, vollständige Kopien sind gestattet. Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf den untersuchten Prüfgegenstand. Elektronisch übermittelte Untersuchungsbefunde dienen, da veränderbar, lediglich der Vorab-Information. Maßgeblich sind die handschriftlich unterschriebenen Prüfberichte. Ende des Prüfberichts.


**PRÜFBERICHT 2017-8597-2**

Seite 1 von 2

Auftraggeber	Probenahme	Probeneingang	Prüfgut	Prüfauftrag
Stadt Frankfurt am Main Der Magistrat – Hochbauamt Gerbermühle 48 60594 Frankfurt am Main	Sachverständiger Dr. Wigbert Maraun, Dipl.-Chem.	31.05.2017	Raumluft auf DNPH-Sammler	Aldehyde

Projekt	Probenahmedatum	Raum	mittl. Temperatur	mittl. rel. Luftfeuchte
Grundschule Rebstock Leonardo-da-Vinci-Allee 11 60486 Frankfurt am Main	31.05.2017	-7: Raum 1.08, Klasse 1c -11: Raum 1.22, Klasse 2a -15: Raum 2.10, Klasse 3c -19: Raum 2.24, Klasse 4a -27: Turnhalle, Spielfeld	-7: 26°C -11: 25°C -15: 27°C -19: 27°C -27: 23°C	-7: 45% -11: 48% -15: 55% -19: 45% -27: 53%

**Prüfverfahren**
**ARGUK 10602: Untersuchung von Raumluft auf Aldehyde und Ketone**

Nach Probenahme auf Dinitrophenylhydrazin (DNPH)-Kartusche, Standardsammelvolumen 50 L. Desorption mit Acetonitril. Analyse mittels Hochdruckflüssigkeitschromatographie und UV-Detektion (HPLC/UV). Kalibration und Gehaltsbestimmung über externe Standards.

**Prüfergebnis**

	Probenart Probe Labor-Nr. Sammelvolumen [L]	Raumluft	Raumluft	Geruchsschwelle Geruchsleitwert (vGLW)	Richtwerte		BG*	
		Raum 1.08 859717-7 100	Raum 1.22 859717-11 100		AGÖF AW (P90)	AIR RW I		
<b>Aldehyde</b>	CAS-Nr.			<b>GS</b>	<b>vGLW</b>			
Formaldehyd	50-00-0	18	13			81	100**	1
Acetaldehyd	75-07-0	14	9,1	340	20	54	100**	1
Propanal	123-38-6	nn	nn	14		14		5
Butanal/Crotonal	123-72-8 /	nn	nn	28	8	10		1
Pentanal	110-62-3	1,9	nn	22	9	20		1
Hexanal	66-25-1	7,4	5,1	58	8	55		1
Heptanal	111-71-7	7,5	2,7	23	5	6,7		1
Octanal	124-13-0	4,9	2,3	7	5	8		1
Nonanal	124-19-6	19	9,6	14	20	19		1
Decanal	112-31-2	1,5	1,1	6	20	7		1
Undecanal	112-44-7	nn	nn			1		1
2-Methyl-Butanal	96-17-3	nn	nn					1
3-Methyl-Butanal	590-86-3	nn	nn			< 3		1
2-Ethyl-1-Hexanal	123-05-7	nn	nn			< 2		1
Furfural	98-01-1	nn	nn	24		4,0	10**	1
Benzaldehyd	100-52-7	3,6	3,0	190		15		1
p-Tolualdehyd	104-87-0	nn	nn			< 1		1
<i>Summe C<sub>4</sub>-C<sub>11</sub></i>		<b>42</b>	<b>21</b>				100**	
<i>Geruchswert C<sub>4</sub>-C<sub>11</sub></i>		<b>4,6</b>	<b>2,2</b>			1		
<i>Geruchsintensität I<sup>+</sup></i>		<b>1,8</b>	<b>1,2</b>					

Konzentrationen in Mikrogramm/m<sup>3</sup>; nn: nicht nachweisbar, weniger als Bestimmungsgrenze BG\* bei Sammelvolumen von 50 L

AGÖF-AW: Auffälligkeitswert (P90): siehe Bewertungsgrundlagen

GS: Geruchsschwelle nach Devos Geruchswert: Summe der Quotienten Messwert/Geruchsschwelle nach AIR

vGLW I: vorläufiger Geruchsleitwert I der ad-hoc-Arbeitsgruppe Innenraumrichtwerte (Bundesgesundheitsblatt 2014, 57: 148-153)

\*\* AIR-RW I: Richtwert I (Vorsorgewert) des Ausschuss für Innenraumrichtwerte (AIR) im Umweltbundesamt

+ Geruchsintensität I berechnet nach:  $I = k \times \log(\text{Geruchswert}) + 0,5$ , mit k angenommen = 2 (ach AIR-Berechnungsschema)

(Skala von 1-5, 1=sehr schwach, 5=sehr stark)


**PRÜFBERICHT 2017-8597-2**

Seite 2 von 2

Prüfergebnis									
	Probenart	Raumluft	Raumluft	Raumluft	Geruchsschwelle	Richtwerte		BG*	
	Probe	Raum 2.10	Raum 2.24	Turnhalle	Geruchsleitwert	AGÖF	AIR		
	Labor-Nr.	859717-15	859717-19	859717-27	(vGLW)	AW	RW I		
	Sammelvolumen [L]	100	100	100		(P90)		$\mu\text{g}/\text{m}^3$	
Aldehyde	CAS-Nr.				GS	vGLW			
Formaldehyd	50-00-0	33	16	10			81	100**	1
Acetaldehyd	75-07-0	34	12	11	340	20	54	100**	1
Propanal	123-38-6	nn	nn	nn	14		14		5
Butanal/Crotonal	123-72-8 /	nn	2,5	2,5	28	8	10		1
Pentanal	110-62-3	11	2,0	2,4	22	9	20		1
Hexanal	66-25-1	27	5,2	21	58	8	55		1
Heptanal	111-71-7	7,9	2,7	2,9	23	5	6,7		1
Octanal	124-13-0	11	6,0	4,0	7	5	8		1
Nonanal	124-19-6	23	17	14	14	20	19		1
Decanal	112-31-2	2,2	1,5	nn	6	20	7		1
Undecanal	112-44-7	nn	nn	nn			1		1
2-Methyl-Butanal	96-17-3	nn	nn	nn					1
3-Methyl-Butanal	590-86-3	nn	nn	nn			< 3		1
2-Ethyl-1-Hexanal	123-05-7	nn	nn	nn			< 2		1
Furfural	98-01-1	nn	nn	nn	24		4,0	10**	1
Benzaldehyd	100-52-7	3,0	1,6	4,0	190		15		1
p-Tolualdehyd	104-87-0	nn	nn	nn			< 1		1
<i>Summe C<sub>4</sub>-C<sub>11</sub></i>		<b>82</b>	<b>37</b>	<b>47</b>				100**	
<i>Geruchswert C<sub>4</sub>-C<sub>11</sub></i>		<b>9,6</b>	<b>4,0</b>	<b>5,3</b>			1		
<i>Geruchsintensität I<sup>+</sup></i>		<b>2,5</b>	<b>1,6</b>	<b>2,0</b>					

 Konzentrationen in Mikrogramm/m<sup>3</sup>; nn: nicht nachweisbar, weniger als Bestimmungsgrenze BG\* bei Sammelvolumen von 50 L

AGÖF-AW: Auffälligkeitswert (P90): siehe Bewertungsgrundlagen

GS: Geruchsschwelle nach Devos Geruchswert: Summe der Quotienten Messwert/Geruchsschwelle nach AIR

vGLW I: vorläufiger Geruchsleitwert I der ad-hoc-Arbeitsgruppe Innenraumrichtwerte (Bundesgesundheitsblatt 2014, 57: 148-153)

\*\* AIR-RW I: Richtwert I (Vorsorgewert) des Ausschuss für Innenraumrichtwerte (AIR) im Umweltbundesamt

 + Geruchsintensität I berechnet nach:  $I = k \times \log(\text{Geruchswert}) + 0,5$ , mit k angenommen = 2 (nach AIR-Berechnungsschema)

(Skala von 1-5, 1=sehr schwach, 5=sehr stark)

Oberursel, 16.06.2017

ARGUK-Umweltlabor GmbH

Dr. Wigbert Maraun

Dipl.-Chem.

 Auszüge des Berichts dürfen nur mit schriftlicher Genehmigung des Prüflaboratoriums veröffentlicht oder vervielfältigt werden, vollständige Kopien sind gestattet. Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf den untersuchten Prüfgegenstand. Elektronisch übermittelte Untersuchungsbefunde dienen, da veränderbar, lediglich der Vorab-Information. Maßgeblich sind die handschriftlich unterschriebenen Prüfberichte. **Ende des Prüfberichts.**



# PRÜFBERICHT 2017-8597-3

Seite 1 von 1

Auftraggeber	Probenahme	Probeneingang	Prüfgut	Prüfauftrag
Stadt Frankfurt am Main Der Magistrat – Hochbauamt Gerbermühle 48 60594 Frankfurt am Main	Sachverständiger Dr. Wigbert Maraun, Dipl.-Chem.	31.05.2017	Raumluft auf Silicagel-Sammler	Niedere Fettsäuren (Carbonsäuren) C1-C6

Projekt	Probenahmedatum	Raum	mittl. Temperatur	mittl. rel. Luftfeuchte
Grundschule Rebstock Leonardo-da-Vinci-Allee 11 60486 Frankfurt am Main	31.05.2017	-8: Klassenraum 1.08 -12: Klassenraum 1.22 -16: Klassenraum 2.10 -20: Klassenraum 2.24 -28: Turnhalle	-8: 26°C -12: 25°C -16: 27°C -20: 27°C -28: 23°C	-8: 45% -12: 48% -16: 55% -20: 45% -28: 52%

## Prüfverfahren

### ARGUK 10506: Untersuchung von Raumluft auf niedere und mittlere Organische Säuren

Probenahme auf Silicagel. Standardsammelvolumen 100 L. Desorption und Derivatisierung. Analyse mittels Kapillar-Gaschromatographie und Massenspektrometer. Kalibration und Gehaltsbestimmung über externe Standards..

## Prüfergebnis

Probenart Probe Labor-Nr. Sammelvolumen [L]	Raumluft Raum 108 859717-8 100	Raumluft Raum 1.22 859717-12 100	Orientierungswerte* ARGUK Normalwert (P50)    Auffälligkeitswert (P90)		Richtwerte	BG
<b>Carbonsäuren</b>						
Ameisensäure	15	8,8	35	75		2
Essigsäure	32	14	200	450		2
Propionsäure	13	7,2				0,5
n-Buttersäure	nn	nn				0,5
iso-Buttersäure	1,1	nn				0,5
Pentansäure	nn	nn				0,5
Hexansäure	nn	nn				0,5
Verhältnis Essigsäure zu Ameisensäure	2,1	1,6	7,5	>15		

## Prüfergebnis

Probenart Probe Labor-Nr. Sammelvolumen [L]	Raumluft Raum 2.10 859717-16 100	Raumluft Raum 2.24 859717-20 100	Raumluft Turnhalle 859717-28 100	Orientierungswerte* ARGUK Normalwert (P50)    Auffälligkeitswert (P90)		Richtwerte	BG
<b>Carbonsäuren</b>							
Ameisensäure	29	8,8	22	35	75		2
Essigsäure	44	18	100	200	450		2
Propionsäure	24	6,4	12				0,5
n-Buttersäure	1,5	nn	nn				0,5
iso-Buttersäure	nn	nn	nn				0,5
Pentansäure	nn	nn	nn				0,5
Hexansäure	nn	nn	nn				0,5
Verhältnis Essigsäure zu Ameisensäure	1,5	2,0	4,5	7,5	>15		

Konzentrationen in Mikrogramm/m<sup>3</sup>; nn nicht nachweisbar, kleiner als Bestimmungsgrenze BG bei Sammelvolumen von 100 L

\*Orientierungswerte (siehe auch: Bewertungsgrundlagen):

Turnhalle, Spielfeld 5 (gering), P50 (durchschnittlich), P90 (auffällig): 25., 50. bzw. 90. Perzentil: 25% (50% bzw. 90%) der Messwerte des Kollektivs „Raumluftproben Fertighaus“ liegen unterhalb des entsprechenden Wertes, Stand 06/2016

Referenzwerte auf Basis von TENAX/Thermodesorptionsmessung nach DIN 16000-BI. 6 sind methodisch bedingt erheblich fehlerbehaftet.

Oberursel, 16.06.2017, ARGUK-Umweltlabor GmbH

Dr. Wigbert Maraun, Dipl.-Chem.

Auszüge des Berichts dürfen nur mit schriftlicher Genehmigung des Prüflaboratoriums veröffentlicht oder vervielfältigt werden, vollständige Kopien sind gestattet. Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf den untersuchten Prüfgegenstand. Elektronisch übermittelte Untersuchungsbefunde dienen, da veränderbar, lediglich der Vorab-Information. Maßgeblich sind die handschriftlich unterschriebenen Prüfberichte. **Ende des Prüfberichts.**


**PRÜFBERICHT 2017-8597-4**

Seite 1 von 1

Auftraggeber	Probenahme	Probeneingang	Prüfgut	Prüfauftrag
Stadt Frankfurt am Main Der Magistrat – Hochbauamt Gerbermühle 48 60594 Frankfurt am Main	Sachverständiger Dr. Wigbert Maraun, Dipl.-Chem.	31.05.2017	Raumluft auf imprägniertem Filter	Isocyanate

Projekt	Probenahmedatum	Raum	mittl. Temperatur	mittl. rel. Luftfeuchte
Grundschule Rebstock Leonardo-da-Vinci-Allee 11 60486 Frankfurt am Main	31.05.2017	-39: Raum 2.24, Klasse 4a -44: Turnhalle, Spielfeld	-39: 26°C -44: 23°C	-39: 41% -44: 52%

**Prüfverfahren**
**ARGUK 10509: Untersuchung von Raumluft auf Isocyanate**

Probenahme auf mit 1-(2-methoxypropyl)pyridin imprägniertem Filter; Standardsammelvolumen 200 L. Desorption. Analyse mittels Hochdruckflüssigkeitschromatographie und UV-Detektor.

**Prüfergebnis**

<i>Probenart Probe Labor-Nr. Sammelvolumen [L]</i>	<b>Raumluft Raum 2.24</b>	<b>Raumluft Turnhalle</b>		<b>BG</b>
	859717-39 200	859717-44 200		
<b>Carbonsäuren</b>				
Toluol-2,4-diisocyanat (TDI)	nn	nn		0,5
Methylendiphenyldiisocyanat (MDI)	nn	nn		0,5
Hexamethylendiisocyanat (HDI, HMDI)	nn	nn		0,5

 Konzentrationen in Mikrogramm/m<sup>3</sup>; nn nicht nachweisbar, kleiner als Bestimmungsgrenze BG bei Sammelvolumen von 200 L

 Oberursel, 16.06.2017  
 ARGUK-Umweltlabor GmbH

 Dr. Wigbert Maraun  
 Dipl.-Chem.

 Auszüge des Berichts dürfen nur mit schriftlicher Genehmigung des Prüflaboratoriums veröffentlicht oder vervielfältigt werden, vollständige Kopien sind gestattet. Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf den untersuchten Prüfgegenstand. Elektronisch übermittelte Untersuchungsbefunde dienen, da veränderbar, lediglich der Vorab-Information. Maßgeblich sind die handschriftlich unterschriebenen Prüfberichte. **Ende des Prüfberichts.**


**PRÜFBERICHT 2017-8597-5**

Seite 1 von 2

Auftraggeber	Probenahme	Probeneingang	Prüfgut	Prüfauftrag
Stadt Frankfurt am Main Der Magistrat – Hochbauamt Gerbermühle 48 60594 Frankfurt am Main	Sachverständiger Dr. Wigbert Maraun, Dipl.-Chem.	31.05.2017	Raumluft auf PUF-Sammler	Organo-Chlor-Biozide, Organo-Phosphor-Biozide Pyrethroide

Projekt*	Probe/Raum*	mittl. Temperatur	mittl. rel. Luftfeuchte
Grundschule Rebstock Leonardo-da-Vinci-Allee 11 60486 Frankfurt am Main	-22: Raum 2.24, Klasse 4a -34: Turnhalle, Spielfeld	-22: 27°C -34: 23°C	-22: 45% -34: 52%

**Prüfverfahren**
**ARGUK 15106: Untersuchung von Raumluft auf Biozide**

Nach Probenahme auf Polyurethanschaum (PUF), dotiert mit alpha-HCH und 2,4,6-Tribrom-Phenol als interne Standards zur Kontrolle des Prüfverfahrens. Standardsammelvolumen 2000 L. Desorption mit Aceton. Aufkonzentrierung und Lösemittelwechsel. Derivatisierung der Phenole. Stoffgruppenspezifische Fraktionierung an Silikagel. Analyse mittels Kapillargaschromatographie und Flammenionisations- / Elektroneneinfang-Detektor (GC/FID/ECD) bzw. Massenspektrometrie (GC/MS). Kalibration und Gehaltsbestimmung über externe Standards.

**Prüfergebnis**

	Probenart Probe Labor-Nr. Sammelvolumen [L]	Raumluft Raum 2.24, Klasse 4a 859717-22 5000	Raumluft Turnhalle, Spielfeld 859717-34 5000	BG ng/m <sup>3</sup>
--	--	--	--	-------------------------

**Biozide**

Organo-Chlor-Biozide	CAS-Nr.			
2,3,4,5-Tetrachlorphenol	4901-51-3	nn	nn	10
PCP	87-86-5	nn	nn	10
beta-HCH	319-85-7	nn	nn	10
gamma-HCH (Lindan)	58-89-9	nn	nn	10
delta-HCH	319-86-8	nn	nn	10
Hexachlorbenzol (HCB)	118-74-1	nn	nn	10
Quintozen	82-68-8	nn	nn	10
Chlorthalonil	1897-45-6	nn	nn	10
Heptachlor	76-44-8	nn	nn	10
Heptachlorepoxyd	1024-57-3	nn	nn	10
Dichlofluanid	1085-98-9	nn	nn	20
Tolyfluanid	731-27-1	nn	nn	10
Endosulfan 1+2	115-29-7	nn	nn	10
Endosulfansulfat	1031-07-8	nn	nn	10
Aldrin	309-00-2	nn	nn	10
Dieldrin	60-57-1	nn	nn	10
Endrin	72-20-8	nn	nn	10
Endrinaldehyd	7421-93-4	nn	nn	10
2,4'-DDE	3547-04-4	nn	nn	10
4,4'-DDE	72-55-9	nn	nn	10
2,4'-DDD	53-19-0	nn	nn	10
4,4'-DDD	72-54-8	nn	nn	10
2,4'-DDT	789-02-6	nn	nn	10
4,4'-DDT	50-29-3	nn	nn	10
Summe DDT und Abkömmlinge		nn	nn	
Chlordan	12789-03-6	nn	nn	10
Toxaphen	8001-35-2	nn	nn	20
Methoxychlor	72-43-5	nn	nn	20
EULAN WA neu (Wirkstoff: PCSD/PCAD)	-	nn	nn	200
Furmecycloxy	60568-05-0	nn	nn	200
Propiconazol	60207-90-1	nn	nn	100
Tebuconazol	60-57-1	nn	nn	200

**Konzentrationen in ng/m<sup>3</sup>;** nn: nicht nachweisbar, weniger als Bestimmungsgrenze BG bei Sammelvolumen 2000L


**PR Ü F B E R I C H T 2017-8597-5**

Seite 2 von 2

<b>Prüfergebnis</b>					
	<i>Probenart</i> <i>Probe</i> <i>Labor-Nr.</i>	<b>Raumluft</b> <b>Raum 2.24,</b> <b>Klasse 4a</b> 859717-22	<b>Raumluft</b> <b>Turnhalle,</b> <b>Spielfeld</b> 859717-34		<b>BG</b>
<b>Biozide</b>					
<b>Organo-Phosphor-Biozide</b>					
	<i>CAS-Nr.</i>				
Phoxim	14816-18-3	nn	nn		50
Heptenophos	23560-59-0	nn	nn		50
Propetamphos	31218-83-4	nn	nn		50
Diazinon	95-48-7	nn	nn		50
Chlorpyrifos-Methyl	5598-13-0	nn	nn		10
Fenclorphos	200-84-3	nn	nn		50
Fenitrothion	122-14-5	nn	nn		100
Malathion	121-75-5	nn	nn		50
Chlorpyrifos	2921-88-2	nn	nn		10
Parathion-Ethyl	56-38-2	nn	nn		10
Bromophos-Methyl	2104-96-3	nn	nn		10
Phenthoat	2597-03-7	nn	nn		10
Methidathion	950-37-8	nn	nn		10
Tetrachlorvinphos	22248-79-9	nn	nn		10
Phosalon	2310-17-0	nn	nn		100
<b>Pyrethroide, Pyrethrum, Piperonylbutoxid</b>					
Allethrin	584-79-2	nn	nn		50
Resmethrin	10453-86-8	nn	nn		50
Tetramethrin	7696-12-0	nn	nn		50
Phenothrin	26002-80-2	nn	nn		50
Cyphenothrin	39515-40-7	nn	nn		50
Cyhalothrin	68085-85-6	nn	nn		50
alpha-Cypermethrin	67375-30-8	nn	nn		50
Permethrin	52645-53-1	nn	nn		50
Cyfluthrin	68359-37-5	nn	nn		50
Cypermethrin	52315-07-8	nn	nn		50
Fenvalerat	51630-58-1	nn	nn		50
Deltamethrin	52918-63-5	nn	nn		50
Piperonylbutoxid	51-03-6	nn	nn		200
Pyrethrum	8003-34-7	nn	nn		150

**Konzentrationen in ng/m<sup>3</sup>;** nn: nicht nachweisbar, weniger als Bestimmungsgrenze BG bei Sammelvolumen 2000L

Oberursel, 16.06.2017

ARGUK-Umweltlabor GmbH

 Dr. Wigbert Maraun  
 Dipl.-Chem.




**PRÜFBERICHT 2017-8597-6**

Seite 1 von 1

Auftraggeber	Probenahme	Probeneingang	Prüfgut	Prüfauftrag
Stadt Frankfurt am Main Der Magistrat – Hochbauamt Gerbermühle 48 60594 Frankfurt am Main	Sachverständiger Dr. Wigbert Maraun, Dipl.-Chem.	31.05.2017	Raumluft auf PUF-Sammler	Bromierte Flamm- schutzmittel

Projekt*	Probe/Raum*	mittl. Temperatur	mittl. rel. Luftfeuchte
Grundschule Rebstock Leonardo-da-Vinci-Allee 11 60486 Frankfurt am Main	-22: Raum 2.24, Klasse 4a -34: Turnhalle, Spielfeld	-22: 27°C -34: 23°C	-22: 45% -34: 52%

**Prüfverfahren**
**ARGUK 15306: Untersuchung von Raumluft auf Bromierte Flammschutzmittel**

Nach Probenahme auf Polyurethanschaum (PUF), dotiert mit alpha-HCH und PCB 209 als interne Standards zur Kontrolle des Prüfverfahrens. Standardsammelvolumen 4000 L. Desorption mit Aceton. Stoffgruppenspezifische Fraktionierung an Silikagel. Analyse mittels Kapillargaschromatographie und Elektroneneinfang-Detektor (GC/ECD). Kalibration und Gehaltsbestimmung über externe Standards.

**Prüfergebnis**

	Probenart Probe	Raumluft Raum 2.24, Klasse 4a	Raumluft Turnhalle, Spielfeld	BG
	Labor-Nr. Sammelvolumen [L]	859717-22 5000	859717-34 5000	ng/m <sup>3</sup>
<b>Bromierte Flammschutzmittel</b>				
	CAS-Nr.			
Hexabrombenzol [HBB]	87-82-1	nn	nn	10
Hexabromcyclododecan [HBCDD] (R)	25637-99-4	nn	nn	10
Pentabrommethylbenzol [PBEB]	85-22-3	nn	nn	10
Tetrabrom-Bisphenol A [TBBPA]	79-94-7	nn	nn	10
Tribrom-phenylallylether [TBPAE]	49690-94-0	nn	nn	10
<b>Polybromierte Biphenyle - PBB</b>				
<b>HxBB techn. Gemisch enthält</b>				
PeBB 101	67888-96-4	nn	nn	10
PeBB 118	67888-97-5	nn	nn	10
HxBB 153	59080-40-9	nn	nn	10
HxBB 167	67888-99-7	nn	nn	10
HpBB 180	84303-49-1	nn	nn	10
<b>OBB techn. Gemisch enthält</b>				
OBB 194	67889-00-3	nn	nn	10
NBB 206	69278-62-2	nn	nn	10
DBB 209	13654-09-6	nn	nn	10
<b>Polybromierte Diphenylether - PBDE</b>				
<b>PeBDE techn. Gemisch enthält:</b>				
TeBDE 47	5436-43-1	nn	nn	10
PeBDE 85	182346-21-0	nn	nn	10
PeBDE 99	60348-60-9	nn	nn	10
PeBDE 100	189084-64-8	nn	nn	10
<b>OBDE techn. Gemisch enthält:</b>				
HxBDE 154	207122-15-4	nn	nn	10
HeBDE 183	207122-16-5	nn	nn	10
OBDE 196	32536-52-0	nn	nn	10
OBDE 197	32536-52-0	nn	nn	10
OBDE 203	32536-52-0	nn	nn	10
<b>DBDE techn. Gemisch enthält:</b>				
NBDE	63936-56-1	nn	nn	10
DBDE 209 (R)	1163-19-5	nn	nn	10

Konzentrationen in ng/m<sup>3</sup>; nn: nicht nachweisbar <: weniger als Bestimmungsgrenze BG bei Sammelvolumen 4000 L

Oberursel, 16.06.2017, ARGUK-Umweltlabor GmbH

Dr. Wigbert Maraun, Dipl.-Chem.

Auszüge des Berichts dürfen nur mit schriftlicher Genehmigung des Prüflaboratoriums veröffentlicht oder vervielfältigt werden, vollständige Kopien sind gestattet. Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf den untersuchten Prüfgegenstand. Elektronisch übermittelte Untersuchungsbefunde dienen, da veränderbar, lediglich der Vorab-Information. Maßgeblich sind die handschriftlich unterschriebenen Prüfberichte. **Ende des Prüfberichts.**



# PRÜFBERICHT 2017-8597-7

Seite 1 von 1

Auftraggeber	Probenahme	Probeneingang	Prüfgut	Prüfauftrag
Stadt Frankfurt am Main Der Magistrat – Hochbauamt Gerbermühle 48 60594 Frankfurt am Main	Sachverständiger Dr. Wigbert Maraun, Dipl.-Chem.	31.05.2017	Raumluft auf PUF-Sammler	Tris-Phosphatische Flammschutzmittel / Weichmacher [AN 53141]

Projekt*	Probe/Raum*	mittl. Temperatur	mittl. rel. Luftfeuchte
Grundschule Rebstock Leonardo-da-Vinci-Allee 11 60486 Frankfurt am Main	-22: Raum 2.24, Klasse 4a -34: Turnhalle, Spielfeld	-22: 27°C -34: 23°C	-22: 45% -34: 52%

## Prüfverfahren

### ARGUK 15406: Untersuchung von Raumluft auf Tris-Phosphatische Flammschutzmittel

Nach Probenahme auf Polyurethanschaum (PUF). Standardsammelvolumen 3000 L. Desorption mit Aceton. Aufkonzentration und Lösemittelwechsel. Stoffgruppenspezifische Fraktionierung an Silikagel. Analyse mittels Kapillargaschromatographie und Massenspektrometrie (GC/MS). Kalibration und Gehaltsbestimmung über externe Standards.

## Prüfergebnis

	Probenart Probe	Raumluft Raum 2.24, Klasse 4a	Raumluft Turnhalle, Spielfeld	BG
	Labor-Nr.	859717-22	859717-34	
	Sammelvolumen [L]	5000	5000	ng/m <sup>3</sup>
<b>Tris-Phosphatische Flammschutzmittel / Weichmacher</b>				
	CAS-Nr.			
Tributylphosphat [TBP]	126-73-8	nn	nn	5
Tris-(2-chloroethyl)-phosphat [TCEP]	115-96-8	nn	nn	5
Tris-(Chlorisopropyl)-phosphat [TCPP]	13674-84-5	12	nn	5
Tris-(Dichlorpropyl)-phosphat [TdCPP]	13674-87-8	nn	nn	5
Tris-(2-butoxyethyl)-phosphat [TBEP]	78-51-3	8,8	nn	5
Triphenylphosphat [TPP]	115-86-6	7,2	nn	5
Tris-(2-ethylhexyl)-phosphat [TEHP]	78-42-2	nn	nn	5
Di-phenyl-kresyl-phosphat [PKP]	26444-49-5	nn	nn	5
Tri-kresylphosphat [TKP]	1330-78-5	nn	nn	5
Tributylphosphat [TBP]	126-73-8	nn	nn	5

Konzentrationen in ng/m<sup>3</sup>; nn: nicht nachweisbar <: weniger als Bestimmungsgrenze BG bei Sammelvolumen 4000 L

Oberursel, 16.06.2017

ARGUK-Umweltlabor GmbH

Dr. Wigbert Maraun  
Dipl.-Chem.


**PRÜFBERICHT 2017-8597-8**

Seite 1 von 1

Auftraggeber	Probenahme	Probeneingang	Prüfgut	Prüfauftrag
Stadt Frankfurt am Main Der Magistrat – Hochbauamt Gerbermühle 48 60594 Frankfurt am Main	Sachverständiger Dr. Wigbert Maraun, Dipl.-Chem.	31.05.2017	Raumluft auf XAD4-Sammler	Phthalate

Projekt	Probe/Raum	mittl. Temperatur	mittl. rel. Luftfeuchte
Grundschule Rebstock Leonardo-da-Vinci-Allee 11 60486 Frankfurt am Main	-38: Raum 2.24, Klasse 4a -46: Turnhalle, Spielfeld	-38: 26°C -46: 23°C	-38: 41% -46: 52%

**Prüfverfahren**
**ARGUK 15506: Untersuchung von Raumluft auf Phthalate**

Nach Probenahme auf XAD-4. Standardsammelvolumen 200 L. Desorption mit Aceton. Aufkonzentration. Analyse mittels Kapillargaschromatographie und Massenspektrometrie (GC/MS). Kalibration und Gehaltsbestimmung über externe Standards.

**Prüfergebnis**

	Probenart Probe	Raumluft Raum 2.24, Klasse 4a	Raumluft Turnhalle, Spielfeld		BG
	Labor-Nr.	859717-38	859717-46		
	Sammelvolumen [L]	150	220		ng/m <sup>3</sup>
Phthalate	CAS-Nr.				
Dimethylphthalat [DMP]	131-11-3	nn	nn		25
Diethylphthalat [DEP]	84-66-2	47	nn		25
Dipropylphthalat [DPP]	131-16-8	nn	nn		25
Dimethoxyethylphthalat [DMOEP] (R)	117-82-8	nn	nn		25
Di-i-butylphthalat [DiBP] (R)	84-69-5	79	nn		25
Di-n-butylphthalat [DBP] (R)	84-74-2	nn	nn		25
Di-i-pentylphthalat [DiPP] (R)	605-50-5	nn	nn		25
n-Pentyl-i-Pentylphthalat(R)	776297-69-9	nn	nn		25
1,2-Benzoldicarbonsäure-Dipentylester(vl) [DiPeP](vl)(R)	84777-06-0	nn	nn		25
Di-n-pentylphthalat [DPeP] (R)	131-18-0	nn	nn		25
Di-i-hexylphthalat [DiHxP]	146-50-9	nn	nn		25
Di-n-hexylphthalat [DHxP]	84-75-3	nn	nn		25
Butylbenzylphthalat [BBzP] (R)	85-68-7	nn	nn		25
Di-i-heptylphthalat [DiHpP]	71888-89-6	nn	nn		25
Di-n-heptylphthalat [DHpP]	3848-21-3	nn	nn		25
Di-2-ethylhexylphthalat [DEHP] (R)	117-81-7	nn	nn		25
Di-2-ethylhexyl-terephthalat [DEHTP]	6422-86-2	nn	nn		25
Di-i-octylphthalat [DiOP]	27554-26-3	nn	nn		25
Di-n-octylphthalat [DOP]	117-84-0	nn	nn		25
Di-i-nonylphthalat [DiNP]	28553-12-0	nn	nn		25
Di-n-nonylphthalat [DNP]	84-76-4	nn	nn		25
Di-i-decylphthalat [DiDP]	26761-40-0	nn	nn		25
Di-n-decylphthalat [DDP]	84-77-5	nn	nn		25
Di-C7-C11-verzweigte und lineare [DHNUP] (R)	68515-48-0/49-1	nn	nn		25

**Konzentrationen in ng/m<sup>3</sup>;**

nn: nicht nachweisbar

&lt;: weniger als Bestimmungsgrenze BG

nb: nicht bestimmbar; Verfahrensfehler +/-15%

Oberursel, 16.06.2017

ARGUK-Umweltlabor GmbH

Dr. Wigbert Maraun

Dipl.-Chem.

Auszüge des Berichts dürfen nur mit schriftlicher Genehmigung des Prüflaboratoriums veröffentlicht oder vervielfältigt werden, vollständige Kopien sind gestattet. Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf den untersuchten Prüfgegenstand. Elektronisch übermittelte Untersuchungsbefunde dienen, da veränderbar, lediglich der Vorab-Information. Maßgeblich sind die handschriftlich unterschriebenen Prüfberichte. **Ende des Prüfberichts.**



# PRÜFBERICHT 2017-8597-9

Seite 1 von 1

Auftraggeber	Probenahme	Probeneingang	Prüfgut	Prüfauftrag
Stadt Frankfurt am Main Der Magistrat – Hochbauamt Gerbermühle 48 60594 Frankfurt am Main	Sachverständiger Dr. Wigbert Maraun Dipl.-Chem.	31.05.2017	Raumluft auf XAD 2-Sammler und PUF- Sammler	Polyzyklische Aromatische Kohlenwasserstoffe - PAK nach EPA

Projekt	Probe/Raum	mittl. Temperatur	mittl. rel. Luftfeuchte
Grundschule Rebstock Leonardo-da-Vinci-Allee 11 60486 Frankfurt am Main	-21/-37: Raum 2.24, Klasse 4a -33/-45: Turnhalle, Spielfeld	-21/-37: 27°C -33/-45: 23°C	-21/-37: 45% -33/-45: 52%

## Prüfverfahren

**ARGUK 12002 /11106: Untersuchung von Raumluft auf geruchsintensive Stoffe aus unvollständiger Verbrennung**  
Nach Probenahme auf a) XAD-2 und b) PUF-Sammler. Standardsammelvolumen a) 200 L (ARGUK 11106), b) 3000 L (ARGUK 12002). Desorption mit a) Toluol b) Aceton. a) Aufkonzentration und Lösemittelwechsel. Analyse mittels Kapillargaschromatographie und Massenspektrometrie (GC/MS). Kalibration und Gehaltsbestimmung über externe Standards.

## Prüfergebnis

Probenart Bezeichnung Labor-Nr. Sammelvolumen [L]	Raumluft Raum 2.24, Klasse 4a	Raumluft Raum 2.24, Klasse 4a	Raumluft Turnhalle, Spielfeld	Raumluft Turnhalle, Spielfeld	BG ng/m <sup>3</sup>
	859717-21 5000	859717-2 200	859717-3 5000	859717-45 206	
<b>PAK nach EPA-Liste</b>	<b>CAS-Nr.</b>				
Naphthalin	91-20-3	76		100	10
Acenaphthylen	208-96-8	1,9		3,5	10
Acenaphthen	83-32-9	5,2	2,8		0,1
Fluoren	86-73-7	9,5	5,8		0,1
Phenanthren	85-01-8	24	12		0,1
Anthracen	120-12-7	0,44	0,50		0,1
Fluoranthen	206-44-0	3,1	2,7		0,1
Pyren	129-00-0	1,3	1,4		0,1
Benzo[a]anthracen	56-55-3	nn	nn		0,1
Chrysen	218-01-9	nn	nn		0,1
Benzo[b]fluoranthen	205-99-2	nn	nn		0,1
Benzo[k]fluoranthen	207-08-9	nn	nn		0,1
Benzo[a]pyren	50-32-8	nn	nn		0,1
Indeno[123-cd]pyren	193-39-5	nn	nn		0,1
Dibenzo[a,h]anthracen	53-70-3	nn	nn		0,1
Benzo[ghi]perylen	191-24-2	nn	nn		0,1
<b>Summe PAK</b>		<b>121</b>	<b>129 (auf 2 Stellen runden!)</b>		

Konzentrationen in ng/m<sup>3</sup>; nn: nicht nachweisbar, weniger als Bestimmungsgrenze BG  
nb: nicht bestimmbar; Verfahrensfehler +/-15%

Oberursel, 16.06.2017  
ARGUK-Umweltlabor GmbH

Dr. Wigbert Maraun  
Dipl.-Chem.

Auszüge des Berichts dürfen nur mit schriftlicher Genehmigung des Prüflaboratoriums veröffentlicht oder vervielfältigt werden, vollständige Kopien sind gestattet. Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf den untersuchten Prüfgegenstand. Elektronisch übermittelte Untersuchungsbefunde dienen, da veränderbar, lediglich der Vorab-Information. Maßgeblich sind die handschriftlich unterschriebenen Prüfberichte. **Ende des Prüfberichts.**



# PRÜFBERICHT 2017-8597-10

Seite 1 von 1

Auftraggeber	Probenahme	Probeneingang	Prüfgut	Prüfauftrag
Stadt Frankfurt am Main Der Magistrat – Hochbauamt Gerbermühle 48 60594 Frankfurt am Main	Sachverständiger Dr. Wigbert Maraun, Dipl.-Chem.	31.05.2017	Raumluft auf PUF-Sammler	PCB - Polychlorierte Biphenyle

Projekt	Probe/Raum	mittl. Temperatur	mittl. rel. Luftfeuchte
Grundschule Rebstock Leonardo-da-Vinci-Allee 11 60486 Frankfurt am Main	-22: Raum 2.24, Klasse 4a -34: Turnhalle, Spielfeld	-22: 27°C -34: 23°C	-22: 45% -34: 52%

## Prüfverfahren

### ARGUK 15206: Untersuchung von Raumluft auf PCB

Nach Probenahme auf Polyurethanschaum (PUF), dotiert mit PCB 15 und PCB 209 als interne Standards zur Kontrolle des Prüfverfahrens. Standardsammelvolumen 4000 L. Desorption mit Aceton. Stoffgruppenspezifische Fraktionierung an Silikagel. Analyse mittels Kapillargaschromatographie und Elektroneneinfang-Detektor (GC/ECD). Kalibration und Gehaltsbestimmung über externe Standards.

## Prüfergebnis

Probenart Probenbezeichnung Labor-Nr. Sammelvolumen [L]	Probenart	Raumluft	Raumluft	BG
	Raum 2.24, Klasse 4a	Turnhalle, Spielfeld		
	859717-22	859717-34		
	5000	5000		ng/m <sup>3</sup>
PCB – Polychlorierte Biphenyle		CAS-Nr.		
PCB-28	7012-37-5	nn	nn	0,2
PCB-52	35693-99-3	nn	nn	0,2
PCB-101	37680-73-2	nn	nn	0,2
PCB-138	35065-28-2	nn	nn	0,2
PCB-153	35065-27-1	nn	nn	0,2
PCB-180	35065-29-3	nn	nn	0,2
PCB-gesamt**	7012-37-5	< 6	< 6	
PCB-118	31508-00-6	nn	nn	0,2

Konzentrationen in ng/m<sup>3</sup>; nn: nicht nachweisbar <: weniger als Bestimmungsgrenze BG bei Sammelvolumen 4000 L

\*\* : Berechnung nach DIN 51527; Summe multipliziert mit dem Faktor 5

Oberursel, 16.06.2017

ARGUK-Umweltlabor GmbH

Dr. Wigbert Maraun  
Dipl.-Chem.



# PRÜFBERICHT 2017-8597-11

Seite 1 von 2

Auftraggeber	Probenahme	Probeneingang	Prüfgut	Prüfauftrag
Stadt Frankfurt am Main Der Magistrat – Hochbauamt Gerbermühle 48 60594 Frankfurt am Main	Sachverständiger Dr. Wigbert Maraun, Dipl.-Chem.	31.05.2017	Raumluft / Außenluft auf je 2 Nährböden	Schimmelpilzsporen

Projekt	Probe/Raum	mittl. Temperatur	mittl. rel. Luftfeuchte
Grundschule Rebstock Leonardo-da-Vinci-Allee 11 60486 Frankfurt am Main	-31: Raum 2.24, Klasse 4a -35: Turnhalle, Spielfeld -42: Hof	-31: 25°C -35: 25°C -42: 24°C	-31: 31% -35: 31% -42: 42%

## Prüfverfahren

### ARGUK UA013: Untersuchung von Luft auf kultivierbare Schimmelpilzsporen

In der Luft vorhandene und kultivierbare Schimmelpilz-Sporen werden mittels Keimsammler auf Kultur-Agar (pilzselektiver DG 18- bzw. Malz-Agar) abgeschieden, bei 24°C bzw. 37°C bebrütet und nach 4 bis 10 Tagen bzw. 2 und 4 Tagen Inkubation durch Auszählen und morphologische Differenzierung mit Stereolupe und/oder Mikroskop qualitativ und quantitativ bestimmt.

## Prüfergebnis

<i>Probenart</i> <i>Probe</i> <i>Labor-Nr.</i> <i>Sammelvolumen [L]</i>	<b>Raumluft</b> <b>Raum 2.24, Klasse 4a</b> 859717-31b 100	<b>Raumluft</b> <b>Turnhalle, Spielfeld</b> 859717-35b 100	<b>Außenluft</b> <b>Hof</b> 859717-42b 100	<b>BG</b>
<b>Schimmelpilz-Sporen auf Malzextrakt [37°C]</b>	[KBE/m <sup>3</sup> ]	[KBE/m <sup>3</sup> ]	[KBE/m <sup>3</sup> ]	
<b>Aspergillus-Arten (Summe)</b>				10
<i>A. fumigatus</i>				10
<i>A. niger</i>				10
<i>A. flavus</i>				10
<i>A. versicolor</i>				10
<i>A. sp.</i>				10
<b>Chaetomium sp.</b>				10
<b>Paecilomyces variotii</b>				10
<b>Penicillium sp.</b>				10
<b>sonstige Schimmelpilze</b>				10
<b>sterile Kolonien</b>	30	90	250	10
<b>Summe KBE</b>	<b>30</b>	<b>90</b>	<b>250</b>	

Pilzsporen-Konzentration in **Kolonie-Bildende-Einheiten/m<sup>3</sup> [KBE/m<sup>3</sup>]**

BG: Bestimmungsgrenze

&gt;: mehr als

&lt;: weniger als


**PRÜFBERICHT 2017-8597-11**

Seite 2 von 2

Prüfergebnis				
<i>Probenart</i> <i>Probe</i> <i>Labor-Nr.</i> <i>Sammelvolumen [L]</i>	<b>Raumluft</b> <b>Raum 2.24, Klasse 4a</b> 859717-31a 100	<b>Raumluft</b> <b>Turnhalle, Spielfeld</b> 859717-35a 100	<b>Außenluft</b> <b>Hof</b> 859717-42a 100	<b>BG</b>
<b>Schimmelpilz-Sporen auf DG 18 [24°C]</b>	[KBE/m <sup>3</sup> ]	[KBE/m <sup>3</sup> ]	[KBE/m <sup>3</sup> ]	
<b>Acremonium sp.</b>				10
<b>Alternaria spp.</b>		40		10
<b>Aspergillus-Arten (Summe)</b>	10			10
<i>A. fumigatus</i>		10		10
<i>A. niger</i>				10
<i>A. flavus</i>				10
<i>A. versicolor</i>				10
<i>A. restrictus</i>				10
<i>A. glaucus</i>				10
<i>A. ustus</i>				10
<i>A. olsonii</i>				10
<i>A. westerdijkiae</i>				10
<b>Aureobasidium pullulans</b>				10
<b>Botrytis sp.</b>				10
<b>Cladosporium (Gattung)</b>	420	410	1000	10
<b>Engyodontium album</b>				10
<b>Epicoccum sp.</b>				10
<b>Mucor sp.</b>				10
<b>Paecilomyces variotii</b>				10
<b>Penicillium-Arten, darunter:</b>	10			10
<i>P. brevicompactum</i>				10
<i>P. chrysogenum</i>		10		10
<i>P. expansum</i>				10
<i>P. glabrum</i>				10
<i>P. digitatum</i>				10
<i>P. expansum</i>				10
<i>P. rugulosum</i>				10
<i>P. decumbens</i>				10
<b>Rhizopus stolonifer</b>				10
<b>Scopulariopsis sp.</b>				10
<b>Wallemia sebi</b>				10
<b>Sonstige Schimmelpilze</b>				10
<b>sterile Kolonien</b>	50	40	140	10
<b>Summe KBE</b>	<b>490</b>	<b>490</b>	<b>1140</b>	

 Pilzsporen-Konzentration in **Kolonie-Bildende-Einheiten/m<sup>3</sup> [KBE/m<sup>3</sup>]** BG: Bestimmungsgrenze >: mehr als <: weniger als

Oberursel, 16.06.2017

ARGUK-Umweltlabor GmbH

 Dr. Wigbert Maraun  
 Dipl.-Chem.

 Auszüge des Berichts dürfen nur mit schriftlicher Genehmigung des Prüflaboratoriums veröffentlicht oder vervielfältigt werden, vollständige Kopien sind gestattet. Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf den untersuchten Prüfgegenstand. Elektronisch übermittelte Untersuchungsbefunde dienen, da veränderbar, lediglich der Vorab-Information. Maßgeblich sind die handschriftlich unterschriebenen Prüfberichte. **Ende des Prüfberichts.**



# PRÜFBERICHT 2017-8597-12

Seite 1 von 1

Auftraggeber	Probenahme	Probeneingang	Prüfgut	Prüfauftrag
Stadt Frankfurt am Main Der Magistrat – Hochbauamt Gerbermühle 48 60594 Frankfurt am Main	Sachverständiger Dr. Wigbert Maraun, Dipl.-Chem.	31.05.2017	Raumluft auf Tenax-Sammler	MVOC - mikrobielle flüchtige organische Verbindungen

Projekt	Probe/Raum	mittl. Temperatur	mittl. rel. Luftfeuchte
Grundschule Rebstock Leonardo-da-Vinci-Allee 11 60486 Frankfurt am Main	-29: Raum 2.24, Klasse 4a -36: Turnhalle, Spielfeld	-29: 27°C -36: 23°C	-29: 45% -36: 52%

## Prüfverfahren

### ARGUK UA 008: Untersuchung von Raumluft mikrobielle flüchtige organische Verbindungen (MVOC)

Die zu untersuchenden Substanzen wurden von dem beladenen Tenaxröhrchen mit 2 L Sammelvolumen thermisch desorbiert. Die quantitative Analyse erfolgte nach DIN ISO 16000-6 mittels Kapillar-Gaschromatographie und Massenspektrometer (GC-MS). Die einzelnen Substanzen wurden nach der Methode des Externen Standards über Vergleichsgemische quantifiziert.

## Prüfergebnis

Probenart		Raumluft	Raumluft		Orientierungs-	BG
Probe		Raum 2.24,	Turnhalle,		Werte*	
Labor-Nr.		Klasse 4a	Spielfeld		AGÖF	
Sammelvolumen [L]		859717-29	859717-36a		AW (P90)	µg/m <sup>3</sup>
<b>MVOC I: spezifisch</b>						
	CAS-Nr.					
2-Pentanol *	6032-29-7	nn	nn		-	0,08
1-Octen-3-ol *	3391-86-4	nn	0,23		0,5	0,08
trans-2-Octen-1-ol	18409-17-1	nn	nn		-	0,08
2-Methylfuran *	534-22-5	nn	0,13		-	0,04
3-Methylfuran *	930-27-8	0,04	0,07		-	0,04
Dimethylsulfid *	75-18-3	nn	nn		-	0,08
Dimethyldisulfid *	624-92-0	nn	nn		-	0,08
Dimethylsulfoxid *	67-68-5	nn	nn		-	0,08
Summe I */**		0,04	0,43			
<b>MVOC II: wesentlich</b>						
1-Decanol	112-30-1	nn	0,10		-	0,08
3-Octanol	589-98-0	nn	nn		-	0,08
3-Octanon	106-68-3	nn	na		-	0,08
2-Hexanon	591-78-6	0,19	0,48		1,0	0,08
2-Heptanon	110-43-0	0,25	0,89		1,9	0,08
Summe II		0,44	1,47			
<b>MVOC III: ergänzend</b>						
2-Methyl-1-butanol	137-32-6	nn	nn		-	0,08
3-Methyl-1-butanol	123-51-3	0,12	0,13		-	0,08
3-Methyl-2-butanol	598-75-4	n.a.	n.a.		-	0,08
Summe III		0,12	0,13			

### Konzentrationen in µg/m<sup>3</sup>

nn: weniger als Bestimmungsgrenze BG bei 2 L Sammelvolumen; na: nicht auswertbar wegen Überlagerung;

Spezifisch - durch mikrobielle Aktivität bedingte Verbindungen;

wesentlich - überwiegend durch mikrobielle Aktivität bedingte Verbindungen, jedoch auch Fremdquellen möglich;

ergänzend - eher Fremdquellen wahrscheinlich;

\* Referenzsubstanzen nach Keller, Senkpiel, Butte; \*\* Saisonaler Referenzwert: 435 ng/m<sup>3</sup> (II.+III. Quartal), 528 ng/m<sup>3</sup> (IV.+I. Quartal)

\*Orientierungswerte siehe Bewertungsgrundlagen

Oberursel, 16.06.2017, ARGUK-Umweltlabor GmbH  
Dr. Wigbert Maraun, Dipl.-Chem.

Auszüge des Berichts dürfen nur mit schriftlicher Genehmigung des Prüflaboratoriums veröffentlicht oder vervielfältigt werden, vollständige Kopien sind gestattet. Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf den untersuchten Prüfgegenstand. Elektronisch übermittelte Untersuchungsbefunde dienen, da veränderbar, lediglich der Vorab-Information. Maßgeblich sind die handschriftlich unterschriebenen Prüfberichte. **Ende des Prüfberichts.**





# PRÜFBERICHT 2017-8597-13

Seite 1 von 1

Auftraggeber	Probenahme	Probeneingang	Prüfgut	Prüfauftrag
Stadt Frankfurt am Main Der Magistrat – Hochbauamt Gerbermühle 48 60594 Frankfurt am Main	Sachverständiger Dr. Wigbert Maraun, Dipl.-Chem.	31.05.2017	Raumluft auf spezialbeschichtetem Objekträger	Gesamtpartikel

Projekt	Probe/Raum	mittl. Temperatur	mittl. rel. Luftfeuchte
Grundschule Rebstock Leonardo-da-Vinci-Allee 11 60486 Frankfurt am Main	-32: Raum 2.24, Klasse 4a -40: Turnhalle, Spielfeld -41: Hof	-32: 25°C -40: 23°C -41: 24°C	-32: 45% -40: 52% -41: 42%

## Prüfergebnis

In der Luft vorhandene und **Schimmelpilz-Sporen** und andere Partikel werden mittels Keimsammler auf beschichtete Objekträger abgeschieden, und mittels Direktmikroskopie bei 1000-facher Vergrößerung durch morphologische Differenzierung qualitativ und quantitativ bestimmt.

## Prüfergebnis

Gesamtpartikel	Raumluft	Raumluft	Außenluft	BG
	Raum 2.24, Klasse 4a	Turnhalle, Spielfeld	Hof	
<i>Labor-Nr.</i>	859717-32	859717-40	859717-41	
<i>Sammelvolumen [L]</i>	200	200	200	
Typ Penicillium / Aspergillus / Wallemia	225	30	135	15
Typ Scopariopsis / Doratomyces	nn	nn	nn	15
Typ Cladosporium	2490	1035	9120	15
Typ Stachybotrys	nn	nn	nn	5
Typ Chaetomium	nn	nn	nn	10
Typ Helminthosporium	10	5	30	5
Typ Fusarium	nn	nn	nn	5
Typ Alternaria	nn	nn	nn	5
Typ Pithomyces	5	nn	nn	5
Typ Torula	5	nn	nn	5
Typ Epicoccum	nn	5	20	5
<b>Schimmelpilze gesamt</b>	<b>2735</b>	<b>1075</b>	<b>9305</b>	
Typ Basidiomycet / Hefe	7620	8760	27720	15
Typ Ascomycet	630	480	1230	15
Hyphenbruchstücke	10	5	25	5
sonstige Sporen (nicht identifizierbar)	-	-	-	
Pollen	eher wenige	nur einer	viele	
Hautschuppen	sehr viele	mäßig viele	sehr wenige	
Mineralfasern	keine	keine	keine	
sonstige Partikel	sehr viele	mäßig viele	viele	

Gesamtpartikel-Konzentration in Sporenzahl/m<sup>3</sup>

nn: weniger als Bestimmungsgrenze BG

&gt;: mehr als

Oberursel, 16.06.2017, ARGUK-Umweltlabor GmbH

Dr. Wigbert Maraun, Dipl.-Chem.

Auszüge des Berichts dürfen nur mit schriftlicher Genehmigung des Prüflaboratoriums veröffentlicht oder vervielfältigt werden, vollständige Kopien sind gestattet. Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf den untersuchten Prüfgegenstand. Elektronisch übermittelte Untersuchungsbefunde dienen, da veränderbar, lediglich der Vorab-Information. Maßgeblich sind die handschriftlich unterschriebenen Prüfberichte. **Ende des Prüfberichts.**


**PRÜFBERICHT 2017-8597-14**

Seite 1 von 2

Auftraggeber	Probenahme	Probeneingang	Prüfgut	Prüfauftrag
Stadt Frankfurt am Main Der Magistrat – Hochbauamt Gerbermühle 48 60594 Frankfurt am Main	Sachverständiger Dr. Wigbert Maraun, Dipl.-Chem.	31.05.2017	Raumluft mittels Partikelcounter	Partikelanzahl und Staubkonzentration

Projekt			
Grundschule Rebstock Leonardo-da-Vinci-Allee 11 60486 Frankfurt am Main			

**Prüfverfahren**
**ARGUK 10114: Bestimmung der Partikelanzahl mittels Laserstreulicht-Verfahren**

Die Bestimmung der Partikelanzahl erfolgt durch Laserstreulicht mittels TSI AeroTrak Handheld Optical Particle Counter Model 8220. Die Umrechnung auf  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  wird unter Annahme einer Dichte von kugelförmigen Partikeln von  $2 \text{ g}/\text{cm}^3$  vorgenommen.

**Prüfergebnis**

Partikelmessung		Raum 2.24, Klasse 4a					Staub- gehalt*	Staub- gehalt*
Zeitraum	Messpunkt	Partikel 0,3-0,5 $\mu\text{m}$	Partikel 0,5-1 $\mu\text{m}$	Partikel 1-3 $\mu\text{m}$	Partikel 3-5 $\mu\text{m}$	Partikel 5-10 $\mu\text{m}$	PM 3	PM 10
10:45-10:50	Innenluft, Nutzung	3,9	2,2	8,1	20,8	75	14	110
10:51-10:56	Außenluft (Fenster)	5,0	2,7	4,0	4,9	12	12	28
10:57-11:02	Innenluft, Nutzung	3,9	2,3	8,1	21,5	84	14	120
11:03-11:08	Innenluft, Nutzung	3,7	2,0	7,5	18,8	71	13	103
11:11-11:16	Innenluft, Nutzung	3,5	1,7	5,8	14,1	53	11	78
11:17-11:22	Innenluft, Nutzung	3,6	1,7	5,9	14,1	58	11	83
11:23-11:28	Innenluft, Nutzung	3,4	1,7	5,6	14,1	53	11	78
11:29-11:34	Innenluft, Nutzung	3,6	1,7	6,2	16,1	58	11	85
11:35-11:40	Innenluft, Nutzung	3,3	1,6	6,3	15,5	53	11	80
11:44-11:49	Innenluft, Nutzung	3,3	1,4	4,5	9,4	31	9,2	50
12:00-12:05	Innenluft, Nutzung	3,0	1,2	4,5	8,7	27	8,7	44
12:06-12:11	Innenluft, Nutzung	3,1	1,2	4,3	8,1	27	8,6	43
<b>Mittelwert:</b>							<b>11</b>	<b>79</b>

Messwerte in Partikel/cm<sup>3</sup>\*Gehalte in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$


**PR Ü F B E R I C H T 2017-8597-14**

Seite 2 von 2

Prüfergebnis							Staub- gehalt* PM 3	Staub- gehalt* PM 10	
Partikelmessung	Turnhalle, Spielfeld		Partikel	Partikel	Partikel	Partikel			
Zeitraum	Messpunkt		0,3-0,5 $\mu\text{m}$	0,5-1 $\mu\text{m}$	1-3 $\mu\text{m}$	3-5 $\mu\text{m}$	5-10 $\mu\text{m}$		
13:03-13:08		keine Nutzung	2,9	0,9	1,6	1,1	2,7	5,4	9,2
13:09-13:14		keine Nutzung	2,9	0,9	1,6	0,9	2,2	5,5	8,6
13:15-13:20		keine Nutzung	2,6	0,8	1,2	0,7	1,3	4,6	6,7
13:21-13:26		keine Nutzung	2,8	0,8	1,3	1,0	2,2	5,0	8,2
13:27-13:32		keine Nutzung	2,7	0,8	1,3	0,8	1,8	4,8	7,4
13:33-13:28		keine Nutzung	2,6	0,7	1,3	0,8	1,3	4,6	6,7
13:39-13:44		keine Nutzung	2,5	0,7	1,3	0,9	1,8	4,5	7,2
13:45-13:50		keine Nutzung	2,5	0,7	1,3	0,7	1,3	4,4	6,5
13:51-13:56		keine Nutzung	2,6	0,8	1,3	0,7	1,8	4,6	7,1
13:58-14:03		keine Nutzung	2,5	0,7	1,2	0,9	1,8	4,4	7,1
<b>Mittelwert:</b>								<b>4,8</b>	<b>7,5</b>

Messwerte in Partikel/cm<sup>3</sup>\*Gehalte in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 

Oberursel, 16.06.2017

ARGUK-Umweltlabor GmbH

 Dr. Wigbert Maraun  
 Dipl.-Chem.

Auszüge des Berichts dürfen nur mit schriftlicher Genehmigung des Prüflaboratoriums veröffentlicht oder vervielfältigt werden, vollständige Kopien sind gestattet. Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf den untersuchten Prüfgegenstand. Elektronisch übermittelte Untersuchungsbefunde dienen, da veränderbar, lediglich der Vorab-Information. Maßgeblich sind die handschriftlich unterschriebenen Prüfberichte. **Ende des Prüfberichts.**



## PRÜFBERICHT 2017-8597-15

Seite 1 von 2

Auftraggeber	Probenahme	Probeneingang	Prüfgut	Prüfauftrag
Stadt Frankfurt am Main Der Magistrat – Hochbauamt Gerbermühle 48 60594 Frankfurt am Main	Sachverständiger Dr. Wigbert Maraun, Dipl.-Chem.	31.05.2017	Raumluft auf Fasermontor	Asbest / Künstliche Mineralfasern

Projekt	Probe/Raum	mittl. Temperatur	mittl. rel. Luftfeuchte
Grundschule Rebstock Leonardo-da-Vinci-Allee 11 60486 Frankfurt am Main	-4: Raum 2.03 -3: Turnhalle, Spielfeld	-4: 25°C -3: 23°C	-4: 51% -3: 52%

**Prüfverfahren**

Die Bestimmung der **Faserkonzentration** erfolgt nach VDI 3492, Bl.1. Die in der Raumluft suspendierten Fasern (Asbest, Künstliche Mineralfasern) werden auf einem goldbedampften Kernporenfilter abgetrennt und angereichert. Nach Veraschung in einer Plasma-Kaltveraschungsanlage zur Entfernung störender organischer Bestandteile werden die Fasern unter dem Rasterelektronenmikroskop (REM) bei einer 2800-fachen Vergrößerung ausgezählt. Die Bildfelder wurden zufallsverteilt ausgewertet und einzeln bewertet. Durch die Bestimmung der Elementzusammensetzung mit der EDXA (energiedispersive Elektronenstrahlmikroanalyse) werden Asbest- und Künstliche Mineralfasern von andern Fasern eindeutig unterschieden. Zur Eichung wurde ein einkristallines Silicium-Testobjekt verwendet. Es wurden diejenigen Partikel gezählt, für die folgende Bedingungen gelten: Länge L: 2,5 µm bis 100 µm; Durchmesser: kleiner 3 µm; Verhältnis Länge zu Durchmesser: größer 3 : 1

Die Gesamtheit dieser Fasern ist lungengängig. Die gefundenen Fasern werden in die zwei Längensklassen 2,5 µm bis 5 µm und zweitens größer als 5 µm unterteilt. Die erste Klasse gilt als weniger toxisch und wird daher bei der späteren Beurteilung eines krebserzeugenden Risikos nicht berücksichtigt. Aggregate von Fasern werden nach den Zählregeln der VDI-Richtlinie 3492 behandelt. Mit der auf einer bekannten Filteroberfläche gefundenen Zahl von Fasern und dem Messvolumen, das durch diese Filteroberfläche gezogen wurde, lässt sich die Konzentration von lungengängigen Fasern in der Raumluft errechnen. Die Zahl ist als Rechenwert angegeben.

Die bei dem angewendeten Zählverfahren möglichen Streuungen können in Form einer Poisson-Statistik beschrieben werden. In diesem Fall errechnet man den 95%-Vertrauensbereich, also den Bereich, in dem die tatsächliche Konzentration zu 95% Wahrscheinlichkeit liegt. Innerhalb dieses Bereiches ist jede Konzentration gleich wahrscheinlich, daher wird zur späteren Beurteilung die obere Grenze dieses Bereiches herangezogen.

Aerosolmonitor Nucleopore 25 mm Durchmesser mit graphitisiertem 40 mm Ansaugtubus; Filter: Nucleopore 0,8 µm Porenweite, effektive Filterfläche 380 mm<sup>2</sup>; Plasmakaltveraschungsgerät: SPIPlasma PrepII; Filter-Auswertung: Rasterelektronenmikroskop/EDXA Leica Cambridge S260

**Prüfergebnis**

<i>Probenart Probe Labor-Nr. Sammelvolumen [L] Filterfläche [mm<sup>2</sup>]</i>	<b>Raumluft Raum 2.03</b>	<b>Messwert Faser- Konzentration</b>	<b>95% Vertrauens- bereich obere Grenze</b>
	859717-4	[Fasern/m <sup>3</sup> ]	[Fasern/m <sup>3</sup> ]
<b>Asbest / Künstliche Mineralfasern - KMF</b>			
Asbestfasern	0	< 104	312
Künstliche Mineralfasern (KMF)	0	< 104	312
sonstige anorganische Faser	2	208	
Gips-Fasern	0	< 104	
<i>nachgewiesene Asbestart</i>	<i>keine</i>		

Konzentrationen in Fasern/m<sup>3</sup> <: weniger als Bestimmungsgrenze

./ Filter nicht auswertbar aufgrund zu hoher Partikelbelastung (VDI 3492, Kap. 7.3.3.2)


**PR Ü F B E R I C H T    2017-8597-15**

Seite 2 von 2

<b>Prüfergebnis</b>				
	<i>Probenart Probe Labor-Nr.</i>	<b>Raumluft</b> <b>Turnhalle, Spielfeld</b>	<b>Messwert</b> <b>Faser- Konzentration</b>	<b>95% Vertrauens- bereich obere Grenze</b>
	<i>Sammelvolumen [L] Filterfläche [mm<sup>2</sup>]</i>	859717-3 2930 1,25	[Fasern/m <sup>3</sup> ]	[Fasern/m <sup>3</sup> ]
<b>Asbest / Künstliche Mineralfasern - KMF</b>				
Asbestfasern		0	< 104	312
Künstliche Mineralfasern (KMF)		0	< 104	312
sonstige anorganische Faser		0	< 104	
Gips-Fasern		0	< 104	
<i>nachgewiesene Asbestart</i>		<i>keine</i>		

Konzentrationen in Fasern/m<sup>3</sup> <: weniger als Bestimmungsgrenze  
 ./ Filter nicht auswertbar aufgrund zu hoher Partikelbelastung (VDI 3492, Kap. 7.3.3.2)

Oberursel, 16.06.2017

ARGUK-Umweltlabor GmbH

 Dr. Wigbert Maraun  
 Dipl.-Chem.

Auszüge des Berichts dürfen nur mit schriftlicher Genehmigung des Prüflaboratoriums veröffentlicht oder vervielfältigt werden, vollständige Kopien sind gestattet. Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf den untersuchten Prüfgegenstand. Elektronisch übermittelte Untersuchungsbefunde dienen, da veränderbar, lediglich der Vorab-Information. Maßgeblich sind die handschriftlich unterschriebenen Prüfberichte. **Ende des Prüfberichts.**



# PRÜFBERICHT 2017-8597-16

Seite 1 von 4

Auftraggeber	Probenahme	Probeneingang	Prüfgut	Prüfauftrag
Stadt Frankfurt am Main Der Magistrat – Hochbauamt Gerbermühle 48 60594 Frankfurt am Main	Sachverständiger Dr. Wigbert Maraun Dipl.-Chem.	29.05.2017	Hausstaub	Organo-Chlor-Biozide, Phthalate, TRIS- Phosphate, bromierte Flammschutzmittel, PCB

Projekt	Probe/Raum
Grundschule Rebstock Leonardo-da-Vinci-Allee 11 60486 Frankfurt am Main	-1: 4 Klassenräumen (Raum1.08, Raum 1.22, Raum 2.10, Raum 2.24) -2: Turnhalle, Spielfeld

## Prüfverfahren

Probenahme nach VDI 4300, Bl. 8 (zwischenzeitlich zurückgezogen) mittels Staubsauger und Papierbeutel.  
Zur Anwendung kommen ARGUK-Standardprüfverfahren (SPV): Kapillar-Gaschromatografie mit Flammenionisations- und Elektroneneinfang-Detektor (GC/FID/ECD) sowie Massenspektrometrie (GC/MS). Die Nr. der angewandten SPV ist bei der jeweiligen Prüfgruppe (PGr) vermerkt. Die angegebenen Bestimmungsgrenzen (BG) gelten bei Einhaltung von Mindest-Einwaagen entsprechend den Vorgaben der SPV.

## Prüfergebnis

	Probenart Probe Labor-Nr. Einwaage [g]	Hausstaub 4 Klassenräume 859717-1 1,57	Hausstaub Turnhalle, Spielfeld 859717-2 0,644	Orientierungswert*  AGÖF AW	BG

## Biozid-Screening

Organo-Chlor-Pestizide	SPV 20106	CAS-Nr.				
2,3,4,5-Tetrachlorphenol		4901-51-3	nn	nn		0,1
Pentachlorphenol [PCP]		87-86-5	nn	nn	1	0,1
beta-HCH		319-85-7	nn	nn		2
gamma-HCH [Lindan]		58-89-9	nn	nn	0,5	0,1
Hexachlorbenzol [HCB]		118-74-1	nn	nn	0,1	0,1
Quintozen		82-68-8	nn	nn		0,1
Chlorthalonil		1897-45-6	nn	nn	1,5	0,1
Heptachlor		76-44-8	nn	nn	0,5	0,1
Heptachlorepoxyd		1024-57-3	nn	nn		0,1
Dichlofluanid		1085-98-9	nn	nn	0,2	0,2
Tolyfluanid		731-27-1	nn	nn	0,2	0,1
Endosulfan 1+2		115-29-7	nn	nn	0,5	0,1
Endosulfansulfat		1031-07-8	nn	nn		0,1
Aldrin		309-00-2	nn	nn	1	0,1
Dieldrin		60-57-1	nn	nn	0,1	0,1
Endrin		72-20-8	nn	nn	0,5	0,1
Endrinaldehyd		7421-93-4	nn	nn		0,1
2,4'-DDE		3547-04-4	nn	nn		0,1
4,4'-DDE		72-55-9	nn	nn		0,1
2,4'-DDD		53-19-0	nn	nn		0,1
4,4'-DDD		72-54-8	nn	nn		0,1
2,4'-DDT		789-02-6	nn	nn		0,1
4,4'-DDT		50-29-3	nn	nn		0,1
Summe DDT / Abkömmlinge		-	nn	nn	3	
Chlordan		12789-03-6	nn	nn		1
Toxaphen		8001-35-2	nn	nn		10
Methoxychlor		72-43-5	nn	nn	5	0,1
EULAN WA neu [Wirkstoffe: PCSD/PCAD]		-	nn	nn	10	5,0
Propiconazol		60207-90-1	1,1	nn	3	1,0

**Konzentrationen in mg/kg;** nn: nicht nachweisbar, weniger als Bestimmungsgrenze BG

\*Orientierungswerte siehe Bewertungsgrundlagen



## PRÜFBERICHT 2017-8597-16

Seite 2 von 4

Prüfergebnis					
	Probenart Probe Labor-Nr.	Hausstaub 4 Klassenräume 859717-1	Hausstaub Turnhalle, Spielfeld 859717-2	Orientierungswert* AGÖF AW	BG
<b>Biozid-Screening</b>					
<b>Organo-Phosphor-Biozide</b>					
SPV 20106	CAS-Nr.				
Heptenophos	23560-59-0	nn	nn		5
Propetamphos	31218-83-4	nn	nn		0,5
Diazinon	95-48-7	nn	nn		0,5
Chlorpyrifos-Methyl	5598-13-0	nn	nn		0,5
Fenchlorphos	200-84-3	nn	nn		0,5
Fenitrothion	122-14-5	nn	nn		0,5
Malathion	121-75-5	nn	nn		5
Chlorpyrifos	2921-88-2	nn*	nn*	1	0,5
Parathion-Ethyl	56-38-2	nn*	nn*		0,5
Bromophos-Methyl	2104-96-3	nn	nn	0,1	0,5
Phenthoat	2597-03-7	nn	nn		5
Methidathion	950-37-8	nn	nn		5
Tetrachlorvinphos	22248-79-9	nn	nn		0,5
<b>Pyrethroide, Pyrethrum</b> SPV 20106					
Transfluthrin	118712-89-3	nn	nn		0,5
Allethrin	584-79-2	nn	nn	1	5
Tetramethrin	7696-12-0	nn	nn	1	0,5
Phenothrin	26002-80-2	nn	nn	1	5
Cyphenothrin	39515-40-7	nn	nn		0,5
Cyhalothrin	68085-85-6	nn	nn		0,5
alpha-Cypermethrin	67375-30-8	nn	nn		0,5
Permethrin	52645-53-1	nn	nn	5	0,5
Cyfluthrin	68359-37-5	nn	nn	1	0,5
Cypermethrin	52315-07-8	nn	nn	1	0,5
Fenvalerat	51630-58-1	nn	nn	1	0,5
Deltamethrin	52918-63-5	nn	nn	1	0,5
Pyrethrum	8003-34-7	nn	nn		10
<b>Weichmacher-FSM-Screening</b>					
<b>Phthalate</b> SPV 20506 CAS-Nr.					
Dimethylphthalat [DMP]	131-11-3	nn	nn	10	5
Diethylphthalat [DEP]	84-66-2	nn	nn	10	5
Di-i-butylphthalat [DiBP]	84-69-5	20	47	200	5
Di-n-butylphthalat [DBP]	84-74-2	41	46	200	5
Butylbenzylphthalat [BBzP]	85-68-7	95	7,1	150	5
Di-i-heptylphthalat [DiHpP]	71888-89-6	nn	nn		5
Di-2-ethylhexylphthalat [DEHP]	117-81-7	450	510	1000/100**	5
Di-2-ethylhexyl-terephthalat [DEHtP]	6422-86-2	800	650	-	5
Di-2-propylheptylphthalat [DPHP]	53306-54-0	650	310	-	5
Di-i-octylphthalat [DiOP]	27554-26-3	nn	nn	-	5
Di-i-nonylphthalat [DiNP]	28553-12-0	130	1400	-	5
Di-i-decylphthalat [DiDP]	26761-40-0	12	160	-	5

Konzentrationen in mg/kg; nn: nicht nachweisbar, weniger als Bestimmungsgrenze BG

\*Orientierungswerte siehe Bewertungsgrundlagen

\*\* für Klein- und Krabbelkinder in der Wohnung



## PRÜFBERICHT 2017-8597-16

Seite 3 von 4

Prüfergebnis			Hausstaub	Hausstaub	Orientierungswert*	BG
	<i>Probenart</i>		<b>4</b>	<b>Turnhalle,</b>	<b>AGÖF</b>	
	<i>Probe</i>		<b>Klassenräume</b>	<b>Spielfeld</b>	<b>AW</b>	
	<i>Labor-Nr.</i>		859717-1	859717-2		
<b>Polychl. Biphenyle (PCB)</b> SPV 20206						
PCB-28	7012-37-5		nn	nn	0,02	0,01
PCB-52	35693-99-3		nn	nn	0,02	0,01
PCB-101	37680-73-2		nn	nn	0,2	0,01
PCB-138	35065-28-2		nn	nn	0,4	0,01
PCB-153	35065-27-1		nn	nn	0,4	0,01
PCB-180	35065-29-3		nn	nn	0,4	0,01
<b>PCB-Gesamt**</b>	7012-37-5		nn	nn	5	0,2
<b>Tris-Phosphate</b> SPV 20406 <i>CAS-Nr.</i>						
Tributylphosphat [TBP]	126-73-8		nn	0,19		0,1
Tris-(2-chloroethyl)-phosphat [TCEP]	115-96-8		nn	0,18	5	0,1
Tris-(Chlorisopropyl)-phosphat [TCPP]	13674-84-5		2,0	1,7	5	0,1
Tris-(Dichlorpropyl)-phosphat [TdCPP]	13674-87-8		0,39	0,28	1	0,1
Tris-(2-butoxyethyl)-phosphat [TBEP]	78-51-3		2500	47	50	0,1
Triphenylphosphat [TPP]	115-86-6		1,8	1,3	1	0,1
Tris-(2-ethylhexyl)-phosphat [TEHP]	78-42-2		5,5	0,78		0,1
Phenyl-Kresyl-Phosphat [PKP]	26444-49-5		0,42	0,44		0,1
Trikresylphosphat [TKP]	1330-78-5		0,70	0,70		0,1
<b>Brom. Flammschutzmittel</b> SPV 20306						
Hexabromcyclododecan [HBCDD]	25637-99-4		0,66	nn	0,5	0,5
Tetrabrom-Bisphenol A [TBBPA]	79-94-7		nn	nn	0,5	0,5
<b>Polybromierte Diphenylether:</b>						0,5
PeBDE	-		nn	nn	0,5	0,5
OBDE	-		nn	nn	0,5	0,5
DBDE	-		6,4	6,5	0,5	0,5

Konzentrationen in mg/kg; nn: nicht nachweisbar, weniger als Bestimmungsgrenze BG

\*Orientierungswerte siehe Bewertungsgrundlagen

\*\* Berechnung nach DIN 51527; Summe multipliziert mit dem Faktor 5




**PRÜFBERICHT 2017-8597-16**

Seite 4 von 4

Prüfergebnis							
	Probenart Probe Labor-Nr.	Hausstaub 4 Klassenräume 859717-1	Hausstaub Turnhalle, Spielfeld 859717-2	Orientierungswert* ARGUK OW I    OW II		BG	
<b>RRH*-Screening</b>							
<b>Fettalkohole</b>	SPV 20906	CAS-Nr.					
Dodecanol #		112-53-8	50	49	26	131	1
Tetradecanol		112-72-1	11	8,5	10	35	1
Hexadecanol		36653-82-4	7,4	7,1	20	83	1
Octadecanol ##		112-92-5	21	74	54	201	1
<b>Fettsäuren</b>	SPV 20906						
Hexansäure		124-62-1	56	12	7,0	20	1
Heptansäure		111-14-8	9,3	7,3	4,8	12	1
Octansäure		124-07-2	43	28	21	54	1
Nonansäure		112-05-0	140	100	41	91	1
Decansäure		334-48-5	22	21	25	74	1
Undecansäure		112-37-8	4,2	4,8	3,7	9,5	1
Dodecansäure		143-07-7	110	34	94	285	1
Tridecansäure		638-53-9	2,9	3,4	8,3	20	1
Tetradecansäure		544-63-8	240	180	240	692	1
Pentadecansäure		1002-84-2	31	67	130	423	1
Hexadecansäure		57-10-3	2000	2200	1250	4430	1
Heptadecansäure		506-12-7	20	30	41	150	1
Octadecansäure		57-11-4	1300	1200	495	2430	1
Ölsäure		112-80-1	280	280	215	824	1
Linol- / Linolensäure		60-33-3/463-40-1	140	410	205	753	1
Summe C6 - C12-Säuren			385	207	229	575	1
Summe C10 - C18-Säuren			3730	3740	2371	8319	1
<b>allergene Duftstoffe</b>							
(deklarierungspflichtig EU) SPV 20906							
Limonen		7705-14-8	nn	nn	0,75	2,6	0,1
Linalool		78-70-6	nn	nn	0,43	2,4	0,1
β-Citronellol		106-22-9	0,16	nn	0,79	11	0,1
alpha-Ceton (Alpha-Methyl-Ionon)		127-51-5	nn	nn	0,36	2,0	0,1
Lilial ( 2-(4-tert-Butylbenzyl) -propionaldehyd)		80-54-6	0,32	0,22	0,31	1,3	0,1
alpha-Amyl-Zimtaldehyd		122-40-7	0,39	0,24	0,31	1,4	0,1
alpha-Hexyl-Zimtaldehyd		101-86-0	0,10	0,14	0,92	2,7	0,1
Benzylsalicylat		118-58-1	2,1	1,1	1,5	12	0,1

**Konzentrationen in Mikrogramm/g;** nn: nicht nachweisbar, weniger als Bestimmungsgrenze BG

\*Orientierungswerte siehe Bewertungsgrundlagen

RRH: Riech-, reiz- und hautsensibilisierende Stoffe: Fettsäuren, Anhydride, u.a.

#: gilt als maßgebliches Kontaktallergen für Wollwachsallergie

##: gilt als maßgebliches Kontaktallergen in techn. Cetylstearylalkohol-Gemischen (Haushaltsreiniger)

Oberursel, 16.06.2017

ARGUK-Umweltlabor GmbH

 Dr. Wigbert Maraun  
 Dipl.-Chem.



# PRÜFBERICHT 2017-8597-17

Seite 1 von 1

Auftraggeber	Probenahme	Probeneingang	Prüfgut	Prüfauftrag
Stadt Frankfurt am Main Der Magistrat – Hochbauamt Gerbermühle 48 60594 Frankfurt am Main	Sachverständiger Dr. Wigbert Maraun, Dipl.-Chem.	29.05.2017	Hausstaub	Polyzyklische Aromatische Kohlenwasserstoffe: PAK nach EPA-Liste

Projekt	Probe/Raum
Grundschule Rebstock Leonardo-da-Vinci-Allee 11 60486 Frankfurt am Main	-1: 4 Klassenräumen (Raum1.08, Raum 1.22, Raum 2.10, Raum 2.24) -2: Turnhalle, Spielfeld

## Prüfverfahren

### ARGUK 20606: Untersuchung von Hausstaub auf Polyaromatische Kohlenwasserstoffe - PAK nach EPA-Liste

Absieben der < 2 mm-Fraktion, soweit ausreichend Prüfmaterial vorhanden. Extraktion mit n-Hexan. Aufkonzentration. Stoffgruppenspezifische Fraktionierung des Extraktes an Silikagel. Analyse mittels Kapillargaschromatographie, Flammenionisationsdetektor (GC/FID) und Massenspektrometrie (GC/MS). Kalibration und Gehaltsbestimmung über externe Standards. Alternativ (Lösemittelwechsel erforderlich): Analyse mittels Hochdruckflüssigkeitschromatographie und Fluoreszenzdetektion (HPLC/FLD). Kalibration und Gehaltsbestimmung über externe Standards.

## Prüfergebnis

	Probenart Probe	Hausstaub 4 Klassenräume	Hausstaub Turnhalle, Spielfeld	Orientierungswerte*	BG
	Labor-Nr. Einwaage [g]	859717-1 1,57	859717-2 0,644	AGÖF AW	
<b>PAK nach EPA-Liste</b>	CAS-Nr.				
Naphthalin	91-20-3	nn	nn	0,2	0,1
Acenaphthylen	208-96-8	nn	nn	0,2	0,1
Acenaphthen	83-32-9	nn	nn	0,2	0,1
Fluoren	86-73-7	nn	nn	0,2	0,1
Phenanthren	85-01-8	0,30	0,30	1	0,1
Anthracen	120-12-7	nn	nn	0,2	0,1
Fluoranthren	206-44-0	0,17	0,15	1	0,1
Pyren	129-00-0	0,14	0,13	1	0,1
Benzo[a]anthracen	56-55-3	nn	nn	0,5	0,1
Chrysen	218-01-9	nn	nn	0,5	0,1
Benzo[b]fluoranthren	205-99-2	nn	nn	0,2	0,1
Benzo[k]fluoranthren	207-08-9	nn	nn	0,2	0,1
Benzo[a]pyren	50-32-8	nn	nn	0,2	0,1
Indeno[123-cd]pyren	193-39-5	nn	nn	0,2	0,1
Dibenzo[a,h]anthracen	53-70-3	nn	nn	0,2	0,1
Benzo[ghi]perylen	191-24-2	nn	nn	0,2	0,1
	<b>Summe PAK</b>	<b>0,6</b>	<b>0,6</b>		

**Konzentrationen in mg/kg;**

nn: nicht nachweisbar, weniger als Bestimmungsgrenze BG

\*Orientierungswerte siehe Bewertungsgrundlagen

Oberursel, 16.06.2017

ARGUK-Umweltlabor GmbH

 Dr. Wigbert Maraun  
Dipl.-Chem.



### **Bewertungsgrundlagen:**

Zur Beurteilung einer Schadstoffbelastung in der Raumluft existieren bis auf wenige Ausnahmen keine Grenz- oder Richtwerte. Soweit vorhanden erfolgt die Bewertung nach den toxikologisch begründeten Richtwerten des Ausschuss für Innenraumschadstoffe im Umweltbundesamt. Darüber hinaus wird auf statistisch abgeleitete Orientierungswerte der Arbeitsgemeinschaft ökologischer Forschungsinstitut e.V. (*AGÖF-Auffälligkeitswerte*) zurückgegriffen, die nicht toxikologisch hergeleitet, sondern unter dem Aspekt der Gesundheitsvorsorge zu verstehen sind. Sie bedeuten keine Grenz- oder Richtwerte. Sie beziehen sich auf Raumluftproben, die i.d.R. in einem mehrstündig ungelüfteten Raum entnommen wurden.

Das Auftreten gesundheitlicher Beschwerden kann mit einer Überschreitung des AGÖF-Orientierungswertes nicht ohne weiteres in Zusammenhang gebracht werden.

### **AGÖF-Orientierungswerte:**

Arbeitsgemeinschaft Ökologischer Forschungsinstitute (2013): AGÖF-Orientierungswerte für Inhaltsstoffe von Raumluft und Hausstaub, in: AGÖF - Arbeitsgemeinschaft Ökologischer Forschungsinstitute (Hrsg.): Umwelt, Gebäude & Gesundheit, 10. Fachkongress 2013, Nürnberg, S. 8-36

Die „AGÖF-Orientierungswerte“ basieren auf statistischer Ableitung und umfassen „Hintergrund-, Normal- und Auffälligkeitswerte.“ Als Hintergrundwert wird dabei das 10-Perzentil der Messwertverteilung verwendet, als Normalwert das 50-Perzentil und als Auffälligkeitswert das 90-Perzentil.

Der „**Hintergrundwert**“ beschreibt einen Zustand, der durch konsequente Vermeidung von Emissionsquellen erreichbar und deswegen grundsätzlich anzustreben ist. Diese Hintergrundwerte liegen vielfach kleiner gleich der Nachweisgrenze der angewandten Methoden.

NW: Der „**Normalwert**“ stellt die durchschnittliche Belastungssituation des betrachteten Kollektivs dar, die im Allgemeinen auf Quellen im Innenraum zurückgeht. Bei diesen Werten können zwar Innenraumquellen angenommen werden, ein Handlungsbedarf lässt sich daraus üblicherweise jedoch nicht ableiten.

AW: Der „**Auffälligkeitswert**“ beschreibt eine Überschreitung von in Innenräumen üblichen Konzentrationen und legt das Vorhandensein einer Schadstoffquelle nahe. Je nach Konzentration und Eigenschaften der auffälligen Substanz sind weitere Untersuchungen zur Identifizierung der Quelle angezeigt. Unter Umständen ist eine Sanierung zu empfehlen.



### **Bewertungsgrundlagen:**

Zur Beurteilung einer Schadstoffbelastung des **Hausstaubes** existieren bis auf wenige Ausnahmen keine Grenz- oder Richtwerte. Deshalb wird auf statistisch abgeleitete Orientierungswerte (z.B. *ARGUK- oder AGÖF-Orientierungswerte*) zurückgegriffen, die nicht toxikologisch hergeleitet, sondern unter dem Aspekt der Gesundheitsvorsorge zu verstehen sind. Sie bedeuten **keine Grenz- oder Richtwerte**. Sie beziehen sich auf die Konzentrationen in einem eine Woche lang ausgelegenen Hausstaub. Das Auftreten gesundheitlicher Beschwerden kann mit einer Überschreitung des Orientierungswertes nicht ohne weiteres in Zusammenhang gebracht werden.

Während für Kleinkinder der Hausstaub einen signifikanten Aufnahmepfad darstellt, steht bei anderen Personengruppen die Raumluft als Aufnahmepfad im Vordergrund. Diese sollte gegebenenfalls zur Expositionsbeurteilung geprüft werden.

### **AGÖF-Orientierungswerte:**

Arbeitsgemeinschaft Ökologischer Forschungsinstitute (2004): AGÖF-Orientierungswerte für Inhaltsstoffe von Raumluft und Hausstaub, in: AGÖF - Arbeitsgemeinschaft Ökologischer Forschungsinstitute (Hrsg.): Umwelt, Gebäude & Gesundheit, 7. Fachkongress 2004, München, S. 24-39

Die „AGÖF-Orientierungswerte“ basieren auf statistischer Ableitung und umfassen „Hintergrund-, Normal- und Auffälligkeitswerte“ für Frischstaub (7-Tage-Staub). Als Hintergrundwert wird dabei das 10-Perzentil der Messwertverteilung verwendet, als Normalwert das 50-Perzentil und als Auffälligkeitswert das 90-Perzentil.

Der „**Hintergrundwert**“ HW beschreibt einen Zustand, der durch konsequente Vermeidung von Emissionsquellen erreichbar und deswegen grundsätzlich anzustreben ist. Diese Hintergrundwerte liegen vielfach kleiner gleich der Nachweisgrenze der angewandten Methoden.

Der „**Normalwert**“ NW stellt die durchschnittliche Belastungssituation des betrachteten Kollektivs dar, die im Allgemeinen auf Quellen im Innenraum zurückgeht. Bei diesen Werten können zwar Innenraumquellen angenommen werden, ein Handlungsbedarf lässt sich daraus üblicherweise jedoch nicht ableiten.

Der „**Auffälligkeitswert**“ AW beschreibt eine Überschreitung von in Innenräumen üblichen Konzentrationen und legt das Vorhandensein einer Schadstoffquelle nahe. Je nach Konzentration und Eigenschaften der auffälligen Substanz sind weitere Untersuchungen zur Identifizierung der Quelle angezeigt. Unter Umständen ist eine Sanierung zu empfehlen.

### **ARGUK-Orientierungswerte:**

OW I: Dieser Orientierungswert entspricht statistisch betrachtet dem „Normalwert“ nach AGÖF. Eine Verringerung der Innenraum-Belastung kann z.B. durch häufigeres Lüften oder Staubsaugen erreicht werden.

OW II: Dieser Orientierungswert entspricht statistisch betrachtet dem „Auffälligkeitswert“ nach AGÖF. Zumindest aus Gründen der Gesundheitsvorsorge oder nach ärztlicher Empfehlung sollte durch Identifizierung der Quellen und Maßnahmen zur Reduzierung der Schadstoff-Freisetzung eine Verringerung der Schadstoff-Belastung im Innenraum angestrebt werden. Während für Kleinkinder der Hausstaub einen signifikanten Aufnahmepfad darstellt, steht bei anderen Personengruppen die Raumluft als Aufnahmepfad im Vordergrund. Diese sollte gegebenenfalls zur Expositionsbeurteilung geprüft werden.

OW III: Dieser Orientierungswert leitet sich von toxikologischen Daten, soweit sie vorliegen, ab.



Regierungspräsidium Darmstadt  
Gutleutstraße 114, 60327 Frankfurt am Main

Stadt Frankfurt am Main

-Der Magistrat-

Sachgebiet Allgemeine Hygiene, Trinkwasser- und Umwelthygiene 53.73

Frau K. Voigt

Breite Gasse 28

60313 Frankfurt am Main

Abteilung Arbeitsschutz und Umwelt Frankfurt

Unser Zeichen: **IV/F-41.5-Sim 412 000 120 000 125**

Ihr Zeichen:

Ihre Nachricht vom:

Ihr Ansprechpartner:

Telefon / Fax:

E-Mail:

Datum:

Frau Monika Simon-von dem Berge

2981/ 5953

monika.simon-vondemBerge@rpda.hessen.de

21. April 2017

**Vollzug des Bundes-Bodenschutzgesetzes (BBodSchG); Hessisches Altlasten- und Bodenschutzgesetz (HAltBodSchG) i. V. m. der Altflächendatei-Verordnung; Auskunft über mögliche schädliche Bodenveränderungen im Bereich des Rebstockparks und der Rebstockschule in der Leonardo-da-Vinci-Allee 11 in Frankfurt-Bockenheim**

Anfrage vom 18.04.2017 per Mail

Sehr geehrte Frau Voigt,  
sehr geehrte Damen und Herren,

aufgrund Ihrer o.g. Anfrage kann ich folgende Informationen übermitteln:

**1. Vornutzung des Schulgrundstückes: Alte Deponie Rebstock:**

Die alte Hausmülldeponie wurde in den Jahren 2000/2001 soweit möglich ausgehoben. An manchen Bereichen wurden später noch Restbestände gefunden, so in 2004 östlich der Unfallkasse in der Leonardo da Vinci-Allee. Daraufhin wurde auch dieser Bereich bis in die Tiefe ausgeräumt. Es handelte sich um verschiedene Farbenreste.

Beim Neubau eines Hotels „Am Römerhof“ wurden im Straßenbereich ebenfalls Müllreste detektiert, diese konnten jedoch aus statischen Gründen nicht entfernt werden. Durch die Sicherung durch die Straßenversiegelung wurde auf einen weiteren Aushub verzichtet.

Nach dem Deponieaushub wurden auch Kampfmittelräumdienste eingeschaltet und bei Auffälligkeiten wurden diese beseitigt.

**2. Schadstoffuntersuchungen im Rahmen des Baus der Grundschule Rebstock**

Bisher lagen keine Hinweise auf eine altlastenverdächtige Fläche vor. In der Altlastendatei wird diese Fläche gesondert, also außerhalb der Eintragung des ehemaligen Deponiegeländes, nicht aufgeführt. Entsprechende Informationen liegen mir nur deshalb vor, da ich im

Regierungspräsidium Darmstadt  
Abteilung Arbeitsschutz und Umwelt Frankfurt  
Gutleutstraße 114, 60327 Frankfurt a.M.

Servicezeiten:  
Mo. - Do. 8:00 bis 16:30 Uhr  
Freitag 8:00 bis 15:00 Uhr

Fristenbriefkasten:  
Luisenplatz 2  
64283 Darmstadt

Internet:  
www.rp-darmstadt.hessen.de

Telefon: 069 / 2714 - 0 (Zentrale)  
Telefax: 069 / 2714 - 5950 (allgemein)

Rahmen der erforderlichen Grundwasserhaltung beteiligt wurde.

Für die Vorbereitung der Erlaubnis der Grundwasserhaltungsmaßnahmen für die Turnhalle der Schule wurden auch Bodenproben untersucht. Belastungen konnten nicht festgestellt werden. Der Kampfmittelräumdienst hat auch in diesem Umfeld nichts nachweisen können. Das Aushubmaterial aus dem Turnhallenbereich hatte laut Gutachten des begleitenden Ingenieurbüros eine Einstufung nach LAGA Z 0.

Grundwasseruntersuchungen in diesem Bereich ergaben erhöhte Schadstoffkonzentrationen mit geringfügigen Überschreitungen der Geringfügigkeitsschwellenwerte der Verwaltungsvorschrift zur Erfassung, Bewertung und Sanierung von Grundwasserverunreinigungen. Dabei handelte es sich um Nickel, Chrom (ohne Chrom IV), Cadmium, Thallium und gelegentlich Cyanide und Benzol. In allen Untersuchungen konnte der Summenparameter AOX etwas erhöht gemessen werden. Durch die Aufbereitung konnten die Stoffe aus dem Summenparameter AOX nicht völlig zurückhalten werden. In dem Summenparameter waren keine LHKWs enthalten. Welche Stoffe mit dem Summenparameter noch erfasst werden, wurde nicht ermittelt.

Durch die offene Wasserhaltung entstand ein Absenktrichter von ca. 160 m, der Grundwasser aus diesem Bereich angezogen hatte. Durch die ständige Grundwasserüberwachung wurden keine Schadstoffverschleppungen nachgewiesen.

Da das Grundwasser wieder versickert werden sollte, wurde das Grundwasser dafür aufbereitet, so dass die Schwermetalle zurückgehalten wurden. Das ist die einzige Maßnahme zur vorsorgenden Schadstoffreduktion, die nicht als Sanierungsmaßnahme anzusehen ist.

### **3. Schadstoffuntersuchungen im Gebiet nördlich der Leonardo da Vinci Allee**

- Sickerwasserbecken

Für das angefallene Grundwasser aus dem Bau der tiefer gelegten Turnhalle wurden nördlich der Leonardo-da-Vinci-Allee 3 Sickerbecken errichtet, um das Grundwasser wieder dem Untergrund zuzuführen. Davor wurde der Untergrund durch Sohlbeprobungen untersucht und festgestellt, dass keine Schadstoffbelastungen vorliegen und die Versickerung durchgeführt werden konnte.

Die weitere fehlende Schadstoffbelastung in diesem Bereich wurde durch die weitere nachfolgende Bebauung wiederum festgestellt.

-Zustrom City West- Bockenheim

Nördlich des Rebstockgeländes liegt der Bereich „City West“, einem Gebiet in Bockenheim, in dem ständig neue Bebauung stattfindet. Durch die frühere industrielle Nutzung liegen im Grundwasser Verunreinigungen von leichtflüchtigen halogenierten Kohlenwasserstoffen (LHKW) vor, die im S-Bahnbereich noch sanierungsbedürftige Konzentrationen aufweisen. Ein Abstrom dieser Belastungen konnte im Grundwasser des Rebstockgeländes nicht nachgewiesen werden, denn der Parameter wurde mehrfach überwacht.

#### **4. Hinweise zum Grundstück ehem. Institut für Kernphysik JWG- Univ. Frankfurt am Main, August-Euler-Str. 6**

Die Fläche war Gegenstand mehrfacher altlastentechnischer und strahlenschutztechnischer/atomrechtlicher Untersuchungen wegen der Vornutzung als kernphysikalisches Institut.

Die atomrechtlichen Belange waren Gegenstand eines eigenständigen, inzwischen abgeschlossenen Verfahrens, das von dem dafür zuständigen Umweltministerium betreut wurde. Die bodenschutzrechtlichen bzw. altlastentechnischen Belange wurden mit einem Bericht des Ingenieurbüro CDM aus dem Jahre 2007 abschließend behandelt.

Die Fläche ist bislang als altlastenverdächtige Fläche im Altlastenkataster ALTIS geführt. Diese Einstufung wird nunmehr wegen der erfolgten Sanierung in „Altfläche mit erfolgter Dekontamination“ geändert.

##### a) Bodenbelastungen:

Im Vorfeld waren im Rahmen von 2 Gutachten der Fa. Trischler und Partner (1995) minderschwere Kontaminationen mit MKW im Bereich der Heizöltanks und des Chemikalienlagers festgestellt worden. Nach Aushub der Bereiche wurden Baugrubensohlen und -wände ohne sanierungsrelevanten Befund freigemessen. Weiterhin wurden gemäß der Beschreibungen in dem CDM-Bericht Reste von Abfallablagerungen entfernt und entsorgt, die keine organoleptischen Auffälligkeiten zeigten.

##### b) Grundwasserbelastungen:

Im Grundwasser waren Belastungen mit den Parametern Zink, MKW, PAK und dem Summenparameter AOX im Rahmen von vorausgehenden Messungen festgestellt worden, die sich auch im Laufe der Grundwasserhaltung bestätigten. Im Falle von Zink wurden diese gutachterlich auf den Ausbau eines Brunnens mit diesem Material zurückgeführt. Die MKW-Belastungen liegen in einem Bereich zwischen 100 und 300 µg/L und zeigen keinen gesonderten Sanierungsbedarf an. Im Falle von PAK liegt der Höchstwert bei 0,27 mg/L und damit knapp über dem Geringfügigkeitsschwellenwert von 0,2 µg/L. Zusammenfassend sind die Auffälligkeiten der Grundwasseranalytik als nicht sanierungspflichtig anzusehen. Sie sind voraussichtlich auf einen Zustrom zurückzuführen.

Kosten der Auskunft werden nicht berechnet.

Mit freundlichen Grüßen

Im Auftrag

Monika Simon- von dem Berge

**Von:** [Dietlinde.Petrick@umwelt.hessen.de](mailto:Dietlinde.Petrick@umwelt.hessen.de) [mailto:[Dietlinde.Petrick@umwelt.hessen.de](mailto:Dietlinde.Petrick@umwelt.hessen.de)]

**Gesendet:** Montag, 27. März 2017 14:01

**An:** Voigt, Kerstin

**Cc:** [Andreas.Koch@umwelt.hessen.de](mailto:Andreas.Koch@umwelt.hessen.de)

**Betreff:** Telefonische Anfrage vom 27.03.2017

Sehr geehrte Frau Voigt,

Zu der ehemaligen Reaktoranlage FRF, in Frankfurt, August Euler Str. 6 kann ich Ihnen folgendes mitteilen.

Die Reaktoranlage Frankfurt 1 (FRF 1) der Johann Wolfgang Goethe-Universität Frankfurt wurde von 1958 bis 1968 zu Forschungs- und Ausbildungszwecken auf dem Rebstock-Gelände betrieben. Die Stilllegung erfolgte auf Grund technischer Schwierigkeiten. Zwar wurde eine Errichtungsgenehmigung für den Forschungsreaktor Frankfurt 2 (FRF 2) erteilt und für den Bau des Reaktors wurden Anlagenteile der FRF 1 wiederverwendet. Der FRF 2 wurde jedoch auf Grund eines Erlasses vom 11.07.1980 durch den Hessischen Kultusminister nicht in Betrieb genommen. 1982 wurde eine Genehmigung nach § 7 Abs. 3 des Atomgesetzes zur Stilllegung und zum Abbau von Anlagenteilen erteilt. Der Kernbrennstoff wurde entfernt, und Teile des Reaktors wurden abgebaut. Das verbliebene Aktivitätsinventar befand sich in einem sicher eingeschlossen Zustand.

Seitens des Landes Hessen bestanden seit den 90iger Jahren Bestrebungen, das Institut für Kernphysik zu räumen und das Gelände am Rebstock der Stadt Frankfurt zur Nutzung zu übertragen. Zu den erforderlichen Maßnahmen gehörte auch der Rückbau des Forschungsreaktors FRF.

Das atomrechtliche Genehmigungsverfahren wurde in den Jahren 2003 bis 2004 durchgeführt. 2005 wurde mit dem Rückbau des Reaktors begonnen. Aufgrund der langen Zeit seit dem Ende des Betriebes (1968) war das vorhandene Inventar an Radioaktivität sehr gering.

Abbaubegleitend sowie nach Beendigung der Abbaumaßnahmen wurden unter Zuziehung von Sachverständigen umfangreiche Messungen auf Radioaktivität an Anlagenteilen, Gebäudestrukturen und dem Anlagengelände durchgeführt.

Am 31.10.2006 hat das zuständige Hessische Umweltministerium der Johann Wolfgang Goethe Universität Frankfurt einen abschließenden Bescheid nach § 29 der Strahlenschutzverordnung zur Entlassung des ehemaligen Forschungsreaktors FRF aus dem Regelungsbereich des Atomgesetzes erteilt.

Mit dem Bescheid wurde bestätigt, dass der Abbau des Forschungsreaktors entsprechend der atomrechtlichen Genehmigung erfolgte und die verbliebenen Gebäude und das Anlagengelände uneingeschränkt genutzt werden können.

Danach wurden die noch verbliebenen Gebäude konventionell abgerissen und das Gelände der Stadt Frankfurt zur jetzigen Nutzung übergeben.

Zusammenfassend ist zu sagen, dass es für das Gelände aus Sicht des Strahlenschutzes keinerlei Nutzungseinschränkungen gibt und dass von diesem keinerlei Gesundheitsgefahren ausgehen.

Freundliche Grüße

**Dietlinde Petrick**

Hessisches Ministerium für Umwelt, Klimaschutz,  
Landwirtschaft und Verbraucherschutz  
Mainzer Straße 75  
65189 Wiesbaden  
Tel: +49 (0) 611-815-1515  
Fax: +49 (0) 611-815-1952  
E-Mail: [Dietlinde.Petrick@umwelt.hessen.de](mailto:Dietlinde.Petrick@umwelt.hessen.de)  
Internet: [www.umwelt.hessen.de](http://www.umwelt.hessen.de)





