



INSTITUT FÜR BAUPHYSIK UND BAUCHEMIE
BAUSTOFFLABOR HAMBURG GMBH

IBB - Lottbekheide 15 - D-22395 Hamburg

Stadt Ahrensburg
Fachdienst IV.4
Herr Galonska
Manfred-Samusch-Straße 5
22926 Ahrensburg

Bauphysik und Konstruktion
Sachverständige für Schäden an Gebäuden
Beweissicherung, Begutachtung und Beratung
Statik, Bau- und Raumakustik
Bauphysik, Wärme und Feuchtigkeit

Baustofflabor
Chemische Analysen und physikalische
Prüfungen mineralischer und metallischer
Baustoffe, von Wasser, Abwasser, Böden,
Kunststoffen, Farben, Bitumen, Holz, Asbest
Rasterelektronenmikroskopie und EDXA

Projektmanagement
Planung, Projektleitung und Bauleitung
Beratung und Begleitung
Bausanierung und Denkmalschutz
Sicherheits- u. Gesundheitsschutzkoordination

Betonlabor
Qualitätskontrolle, Prüfstelle E + W, Über-
wachung Betonsanierung, Mitglied im VMPA

Umweltmanagement
Bestandsaufnahme und Begutachtung
Anerk. Sachverst. nach d. Asbest-SachverstVO
Asbest- und Luftschadstoffmessungen

vorab per E-Mail: ralf.galonska@ahrensburg.de

Unser Zeichen
13645-UB-01b
Bitte stets angeben!

Sachbearbeiter
Hr. Joers

Datum
17.11.2008

Untersuchungsbericht

1. Ausfertigung

Objekt: Grundschule Am Aalfang, Ahrensfelder Weg 43 in 22926 Ahrensburg

Auftraggeber: Stadt Ahrensburg – Fachdienst IV.4, Manfred-Samusch-Straße 5 in 22926 Ahrensburg

Auftragsinhalt: Im Klassenraum 25 soll die Raumluft infolge von mutmaßlichen Geruchsbeeinträchtigungen unter gesundheitlichen Aspekten hinsichtlich Schimmelpilzen untersucht und bewertet werden.

Anlagen:

Geschäftsführer:
Dipl.-Ing. F. Kempin, G. Kempin
Amtsgericht Hamburg, HRB 41 295

IBB GmbH
Baustofflabor Hamburg
Lottbekheide 15
D-22395 Hamburg

Telefon: +49 (040) 63 85 69 70
Telefax: +49 (040) 604 00 17
Internet: www.ibb-hamburg.de
Email: info@ibb-hamburg.de

1 Allgemeines / Veranlassung

- (1) Wegen mutmaßlich auftretender Geruchsbeeinträchtigungen im Klassenraum 25 in der Grundschule Am Aalfang, belegen im Ahrensfelder Weg 43 in 22926 Ahrensburg, wurde das Institut für Bauphysik und Bauchemie beauftragt, die betreffende Luftqualität, insbesondere auch im Hinblick auf gesundheitliche Aspekte, hinsichtlich Schimmelpilzen zu untersuchen und zu bewerten.

2 Ortstermin

- (2) Am 14.10.2008 wurde zur Erfassung der örtlichen Gegebenheiten, zur Festlegung der Meßstrategie sowie zur Durchführung einer Raumluftmessung ein Ortstermin durchgeführt, an dem teilnahmen:

- | | |
|-----------------|-------------------------------------|
| - Frau Reinhold | Stadt Ahrensburg - Fachdienst IV.4, |
| - Herr Trame | Stadt Ahrensburg - Fachdienst IV.4, |
| - Herr Joers | IBB GmbH. |

2.1 Örtliche Feststellungen

- (3) Beim Betreten des in Frage stehenden Klassenraums 25 (Klasse 4b, Frau Kober) konnte kein auffälliger bzw. charakteristischer Geruch festgestellt werden, so daß der Raum als geruchlich unauffällig zu beurteilen ist.
- (4) In dem Raum konnte des weiteren definitiv kein typisch schimmeliger Geruch festgestellt werden, im Zuge der Begehung konnten des weiteren augenscheinlich keine Hinweise auf Schimmelpilzwachstum, z.B. in Form sog. Spakflecken oder ähnlichen Verfärbungen, bzw. keine Hinweise auf durchfeuchtete Bauteile, z.B. in Form von Trocknungsändern, kristallinen Salzausblühungen, Farb- bzw. Putzablösungen o.ä., festgestellt werden.
- (5) Weiterhin wurde zur Dokumentation der Luftkeimsituation eine Luftkeimmessung durchgeführt, die Messung erfolgte mit dem Luftkeimsammler Satorius Airport MD 8.

- (6) Dabei wird prinzipiell so verfahren, daß ein definiertes Luftvolumen bei einem konstanten Volumenstrom durch ein steriles Gelatinefilter gezogen wird und das Filter anschließend mikrobiologisch ausgewertet wird. Als Referenzmessung wird weiterhin eine Messung der Außenluft vorgenommen.
- (7) Für die Messungen wurde ein Luftvolumen von 250 l verwendet und ein Volumenstrom von 50 l/min bei 23 °C und 64 % rel. Feuchte eingehalten. Die Messung der Außenluft fand statt im Pausenhof vor dem Eingang in Richtung Ahrensfelder Weg.

3 Laboruntersuchungen

3.1 Quantitative mikrobiologische Keimzahlbestimmung

- (8) Die im Zuge der Luftkeimmessungen beaufschlagten Gelatinefilter wurden unter sterilen Bedingungen in zwei Hälften geteilt und auf jeweils zwei unterschiedliche pilzspezifische Nährmedien (CzD und DG18) aufgelegt. Die Verwendung unterschiedlicher Medien ermöglicht dabei den Nachweis einer größeren Bandbreite von Pilzarten.
- (9) Die Ansätze wurden über einen Zeitraum von zehn Tagen bei einer konstanten Temperatur von 24°C in einem Brutschrank inkubiert, wobei zwischenzeitlich regelmäßig das Wachstum kontrolliert wurde.
- (10) Anhand der nach dem Bebrütungszeitraum angewachsenen Pilze wurden die Keimzahlen quantitativ, d.h. durch Auszählung der sog. koloniebildenden Einheiten (KBE) pro Kubikmeter Raum- bzw. Außenluft, bestimmt. Zusätzlich wurden die angewachsenen Pilze taxonomisch bis zur Gattung differenziert.
- (11) Die mikrobiologischen Keimbestimmungen haben die nachfolgend tabellarisch aufgeführten Ergebnisse erbracht, wobei die Abkürzungen *sp.* für Spezies (Einzahl) und *spp.* für Spezies (Mehrzahl) stehen:

Gelatinefilter	Pilzgattung	Konzentration
Außenluft (Referenz)	<i>Cladosporium spp.</i>	204 KBE/m ³
	<i>Penicillium spp.</i>	68 KBE/m ³
	<i>Eurotium spp. (Aspergillus glaucus-Gr.)</i>	12 KBE/m ³
	<i>Alternaria alternata</i>	12 KBE/m ³
	sterile Kolonien	12 KBE/m ³
	<i>Aspergillus niger</i>	4 KBE/m ³
	SUMME:	312 KBE/m ³
Raumluft Klassenraum 25	<i>Penicillium spp.</i>	24 KBE/m ³
	<i>Aspergillus versicolor</i>	16 KBE/m ³
	<i>Cladosporium spp.</i>	16 KBE/m ³
	<i>Mucor sp.</i>	4 KBE/m ³
	SUMME:	60 KBE/m ³

4 Beurteilung

- (12) Untersuchungsergebnis der durchgeführten Luftkeimmessung im Klassenraum 25 der Grundschule Am Aalfang, Ahrensfelder Weg 43 in 22926 Ahrensburg bezüglich Schimmelpilzen ist, daß die Luftkeimkonzentration im untersuchten Raum zum Zeitpunkt der Messung erheblich unterhalb des für die Außenluft gemessenen Wertes liegt.
- (13) Auch bezüglich der nachgewiesenen Schimmelpilzgattungen liegen für den untersuchten Raum im Vergleich zur Außenluft keine ungewöhnlichen Auffälligkeiten vor.
- (14) Damit kann das Vorhandensein einer Innenraumquelle bezüglich Schimmelpilzen unter praktischen Bedingungen ausgeschlossen werden.
- (15) Gesundheitliche Beeinträchtigungen bzw. Befindlichkeitsstörungen, verursacht durch Schimmelpilze in der Raumluft, können damit bei den aktuellen Meßwerten und be-

zogen auf gesunde, nicht prädisponierte Personen erfahrungsgemäß ebenfalls ausgeschlossen werden.

Dipl.-Ing. Oliver Joers

Die vollständige oder auszugsweise Veröffentlichung des Untersuchungsberichtes ist nur mit Genehmigung des Instituts zulässig. Der Untersuchungsbericht und entsprechende Ausarbeitungen sind nur im Rahmen des erteilten Auftrags und für das bezeichnete Objekt bestimmt. Jede anderweitige Verwertung sowie Mitteilung oder Weitergabe an Dritte bedürfen der schriftlichen Zustimmung.



INSTITUT FÜR BAUPHYSIK UND BAUCHEMIE
BAUSTOFFLABOR HAMBURG GMBH

IBB - Lottbekheide 15 - D-22395 Hamburg

Stadt Ahrensburg
 Fachdienst IV.4
 Herr Galonska
 Manfred-Samusch-Straße 5
 22926 Ahrensburg

Bauphysik und Konstruktion
 Sachverständige für Schäden an Gebäuden
 Beweissicherung, Begutachtung und Beratung
 Statik, Bau- und Raumakustik
 Bauphysik, Wärme und Feuchtigkeit

Baustofflabor
 Chemische Analysen und physikalische
 Prüfungen mineralischer und metallischer
 Baustoffe, von Wasser, Abwasser, Böden,
 Kunststoffen, Farben, Bitumen, Holz, Asbest
 Rasterelektronenmikroskopie und EDX

Projektmanagement
 Planung, Projektsteuerung und Bauleitung
 Beratung und Begleitung
 Bausanierung und Denkmalschutz
 Sicherheits- u. Gesundheitsschutzkoordination

Betonlabor
 Qualitätskontrolle, Prüfstelle E + W, Über-
 wachung Betonsanierung, Mitglied im VMPA

Umweltmanagement
 Bestandsaufnahme und Begutachtung
 Anerk. Sachverst. nach d. Asbest-Sachverst. VO
 Asbest- und Luftschadstoffmessungen

vorab per E-Mail: ralf.galonska@ahrensburg.de

Unser Zeichen
 13645-GA-01b
 Bitte stets angeben!

Sachbearbeiter
 Hr. Joers

Datum
 17.11.2008

Gutachten

1. Ausfertigung

Objekt: Grundschule Am Aalfang, Ahrensfelder Weg 43 in 22926 Ahrens-
 burg

Auftraggeber: Stadt Ahrensburg – Fachdienst IV.4, Manfred-Samusch-Straße 5 in
 22926 Ahrensburg

Auftragsinhalt: In drei Klassenräumen soll die Raumluft infolge von mutmaßlichen
 Geruchsbeeinträchtigungen unter gesundheitlichen Aspekten hin-
 sichtlich flüchtiger organisch-chemischer Verbindungen (VOC) un-
 tersucht und bewertet werden.

Anlagen: 16 S. Prüfbericht Nr. 1246825 zu GC/MS-Analysen bzgl. VOC

Inhaltsverzeichnis

1	Allgemeines / Veranlassung	3
2	Ortstermin	3
2.1	Örtliche Feststellungen	3
3	Laboruntersuchungen	4
3.1	Quantitative GC/MS-Analyse auf VOC.....	4
4	Bewertung	5
4.1	Hintergrundinformationen	5
4.2	Beurteilungsgrundlage	6
4.3	Diskussion der Meßergebnisse.....	9
5	Zusammenfassende Beurteilung	12

1 Allgemeines / Veranlassung

- (1) Wegen mutmaßlich auftretender Geruchsbeeinträchtigungen in den Klassenräumen 20, 24 und 25 in der Grundschule Am Aalfang, belegen im Ahrensfelder Weg 43 in 22926 Ahrensburg, wurde das Institut für Bauphysik und Bauchemie beauftragt, die betreffende Luftqualität, insbesondere auch im Hinblick auf gesundheitliche Aspekte, hinsichtlich flüchtiger organisch-chemischer Verbindungen (VOC) zu untersuchen und zu bewerten.

2 Ortstermin

- (2) Am 14.10.2008 wurde zur Erfassung der örtlichen Gegebenheiten, zur Festlegung der Meßstrategie sowie zur Durchführung von Raumluftmessungen ein Ortstermin durchgeführt, an dem teilnahmen:

- | | |
|-----------------|-------------------------------------|
| - Frau Reinhold | Stadt Ahrensburg - Fachdienst IV.4, |
| - Herr Trame | Stadt Ahrensburg - Fachdienst IV.4, |
| - Herr Joers | IBB GmbH. |

2.1 Örtliche Feststellungen

- (3) Bei der Begehung zu den in Frage stehenden Klassenräumen im 1. OG der Grundschule konnte im Flur zunächst ein leichter, frischer, nicht aufdringlicher Geruch ähnlich dem Chlorgeruch in einem Schwimmbad festgestellt werden. Nach Angabe wurde in diesem Flur in der Vergangenheit ein neuer Teppichbodenbelag verlegt.
- (4) Beim Betreten des Klassenraums 20 (Klasse 3c, Frau Kasper) war ein leichter, frischer, unaufdringlicher chlorartiger Geruch mit einer süßlichen bzw. vanilleartigen Unternote festzustellen. Meßbedingungen 22 °C und 65 % rel. Feuchte.
- (5) Im Klassenraum 24 (Klasse 4a, Frau Neumann) war bei der Begehung ein merklicher Geruch in Richtung Leder mit einer leicht stechenden Unternote festzustellen. Meßbedingungen 23 °C und 64 % rel. Feuchte.

- (6) Der Klassenraum 25 (Klasse 4b, Frau Kober) wies beim Betreten keinen auffälligen bzw. charakteristischen Geruch auf, so daß der Raum als geruchlich unauffällig zu beurteilen ist. Meßbedingungen 23 °C und 64 % rel. Feuchte.
- (7) Zur Beprobung der Raumluft in den drei Klassenräumen wurde diese in Anlehnung an VDI 4300 Blatt 6 – Messen von Innenraumluftverunreinigungen; Messstrategie für flüchtige organische Verbindungen (VOC) – jeweils pulsationsfrei über ein Probenahmeröhrchen vom Typ Anasorb 747 mit Aktivkohle als Adsorbens bei einem konstanten Volumenstrom von 0,5 l/min über einen Zeitraum von etwa 3¹/₂ Stunden gezogen.
- (8) Nach Angabe wurden die in Frage stehenden Räume am Vorabend kräftig stoßgelüftet, anschließend wurden Fenster und Türen bis zu Beginn des Ortstermins respektive bis zum Ende der Probenahme geschlossen gehalten.
- (9) Die Probenahmeröhrchen wurden im Anschluß an den Ortstermin zur Analyse an ein Speziallabor versandt.

3 Laboruntersuchungen

3.1 Quantitative GC/MS-Analyse auf VOC

- (10) Die auf der Aktivkohle vom Typ Anasorb 747 angereicherten organischen Verbindungen wurden mittels Extraktion mit Schwefelkohlenstoff als Lösemittel inkl. interner Standards desorbiert. Im Extrakt erfolgte anschließend die VOC-Analyse mittels gaschromatographischer Massenspektroskopie (GC/MS).
- (11) Bei der Gaschromatographie (GC) wird das desorbierte Substanzgemisch mit Hilfe eines Inertgasstromes über eine Kapillarsäule (Trennsäule) getrieben. In Abhängigkeit von Flüchtigkeit und chemischer Struktur wandern die Substanzen unterschiedlich schnell (entsprechend unterschiedlicher Retentionszeiten) durch die Säule und werden am Ende mit einem Massenspektrometer (MS) erfaßt und auf einem Schreiber als Schreiberausschläge (Peaks) registriert.

- (12) Die Identifizierung der jeweiligen Verbindungen erfolgt über die ermittelten Retentionszeiten sowie anhand einer hausinternen Datenbank.
- (13) Die Meßergebnisse der GC/MS-Analyse sind in den **Anlage 1 – 3** dargestellt, wobei die einzelnen Stoffe näherungsweise nach den Retentionszeiten, d.h. der Verweildauer auf der gaschromatographischen Trennsäule, geordnet sind. Dies entspricht vereinfacht einer Sortierung nach abnehmender Flüchtigkeit bzw. nach zunehmendem Siedepunkt.
- (14) Die als TVOC aufgeführte Gesamtsumme aller VOC (siehe Seite 2 bzw. 3 der **Anlagen**) entspricht dem Gesamtintegral des Chromatogramms aller Verbindungen. Die als TVOC (Summe VOC nach VDI 4300 Blatt 6) angeführte Summe aller VOC (siehe Seite 5 bzw. 6 der **Anlagen**) umfaßt die Summe der VOC entsprechend der genannten Richtlinie.
- (15) Weiterhin ist anzumerken, daß insbesondere die Meßwerte für Phenole bzw. Alkylphenole und Säuren bei Adsorbentien auf Kohlebasis als kritisch zu bewerten sind, da die Wiederfindung von polaren Verbindungen von diesen Adsorbentien deutlich verringert ist – es kommt also bei derartigen Verbindungen tendenziell eher zu Minderbefunden.
- (16) Die erforderlichen GC/MS-Analysen wurden durch SGS Institut Fresenius durchgeführt, akkreditiertes Prüflaboratorium nach DIN EN ISO/IEC 17 025.

4 Bewertung

4.1 Hintergrundinformationen

- (17) Neben den Hauptbestandteilen Stickstoff (78,1 %), Sauerstoff (20,9 %) und dem Edelgas Argon (0,93 %) enthält die Luft eine Vielzahl von Spurengasen, von denen das wichtigste – weil lebensnotwendig – Kohlendioxid mit 0,0355 % ist.

- (18) Die anderen Spurengase sind zum größten Teil anthropogen. Zu nennen sind Kohlenmonoxid und ein breites Spektrum flüchtiger organisch-chemischer Verbindungen (VOC). Solche Stoffe finden sich mittlerweile weltweit in unsere Atmosphäre.
- (19) Bei den flüchtigen organisch-chemischen Verbindungen (VOC) unterscheidet man zwischen leicht-, mittel- und schwerflüchtigen Verbindungen. Diese werden heute üblicherweise nach der Weltgesundheitsorganisation (WHO) wie folgt klassifiziert und entsprechend ihrer englischen Bezeichnung abgekürzt:
- **VOC** (volatile organic compounds): flüchtige organisch-chemische Verbindungen, Siedepunktsbereich: 50-100 °C bis 250-260 °C, z.B. Toluol, Butanole, n-Decan
 - **VVOC** (very volatile organic compounds) sehr leicht flüchtige organisch-chemische Verbindungen, Siedepunktsbereich: < 0 °C bis 50-100 °C, z.B. i- und n-Pentan, Aceton, Ethanol
 - **SVOC** (semivolatile organic compounds), schwerflüchtige organisch-chemische Verbindungen, Siedepunktsbereich: 250-260 °C bis 380-500 °C, z.B. n-Hexadecan, Di-(2-ethylhexyl)-phthalat (Weichmacher DEHP)
 - **TVOC** (total volatile organic compounds), definitionsgemäß Gesamtmenge aller flüchtigen organisch-chemischen Verbindungen mit Flüchtigkeiten zwischen n-Hexan (Siedepunkt ca. 69 °C) und n-Hexadecan (Siedepunkt ca. 287 °C)

4.2 Beurteilungsgrundlage

- (20) Zur Beurteilung der Raumlufbelastung mit flüchtigen organisch-chemischen Verbindungen stehen unter hygienischen bzw. gesundheitlichen Gesichtspunkten folgende Referenz- bzw. Richtwerte zur Verfügung:
- Im Zuge des Umweltsurveys 1985/1986 wurde durch das ehemalige Bundesgesundheitsamt (BGA) in 479 Wohnungen eine Meßreihe zur "Bewertung der Luftqualität in Innenräumen" erstellt, die bezüglich VOC 1993 im Bundesgesund-

heitsblatt veröffentlicht wurde. Es handelt sich hierbei um Referenzwerte, die zwischenzeitlich jedoch als überwiegend veraltet gelten.

- Da ähnliche chemische Substanzen auch vergleichbare physiologische Reaktionen hervorrufen, haben Experten Zielwerte für Substanzklassen vorgeschlagen [Staub – Reinhaltung der Luft 54 (1994) 126-136]. Auch hierbei handelt sich um Referenzwerte, die zwischenzeitlich ebenfalls als veraltet gelten.
- Außerdem werden durch eine "Ad-hoc-Arbeitsgruppe" aus Mitgliedern der Innenraumlufthygiene-Kommission (IRK) beim Umweltbundesamt (UBA) sowie der Arbeitsgemeinschaft der Obersten Landesgesundheitsbehörden (AOLG) im Rahmen eines Richtwertkonzepts Sanierungsleitwerte (RWI) und Interventionswerte (RWII) für Einzelsubstanzen als Richtwerte festgelegt. Bisher festgelegte Richtwerte hinsichtlich organisch-chemischer Verbindungen sind in der nachfolgenden Tabelle zusammengestellt:

Verbindung		Sanierungsleitwert	Interventionswert
		RWI	RWII
Toluol	1996	0,3 mg/m ³	3 mg/m ³
Dichlormethan (24 h)	1997	0,2 mg/m ³	2 mg/m ³
Pentachlorphenol (PCP)	1997	0,1 µg/m ³	1 µg/m ³
Styrol	1998	0,03 mg/m ³	0,3 mg/m ³
bicyclische Terpene ¹⁾	2003	0,2 mg/m ³	2 mg/m ³
Naphthalin	2004	0,002 mg/m ³	0,02 mg/m ³
aromatenarme Kohlenwasserstoffgemische (C ₉ -C ₁₄)	2005	0,2 mg/m ³	2 mg/m ³
TVOC ²⁾	1999	0,2-0,3 mg/m ³	1-3 mg/m ³

¹⁾ α-Pinen (Leitsubstanz), β-Pinen und Δ3-Caren

²⁾ Für TVOC sind die angegebenen Bewertungsmaßstäbe nicht im Sinne der RW-Definition zu interpretieren. Es handelt sich vielmehr um einen Zielwertebe-

reich, der als hygienische Vorsorge zu verstehen ist.

- Im März 1999 wurde im Bundesgesundheitsblatt im Rahmen des vorgenannten Richtwertkonzepts des weiteren eine Empfehlung für die Gesamtheit aller die Raumlufth belastenden, flüchtigen organisch-chemischen Verbindungen (TVOC) veröffentlicht. Danach sind Maßnahmen zu ergreifen, wenn die TVOC-Konzentration 3 mg/m^3 , entsprechend 3.000 µg/m^3 , oder mehr beträgt (RWII = Interventionswert), weil dann insbesondere empfindlichere Personen mit gesundheitlichen Beeinträchtigungen rechnen müssen. Vorsorglich anzustreben sei eine TVOC-Konzentration in der Größenordnung von 300 µg/m^3 und weniger [Bundesgesundheitsbl. 3/1999], wobei dieser Wert wegen vorliegender Grundbelastungen der Außenluft häufig nicht erreicht werden kann. Dementsprechend raten Experten an, daß eine Raumlufthkonzentration von deutlich unter 1.000 µg/m^3 eingehalten werden sollte.
- Durch die Arbeitsgemeinschaft ökologischer Forschungsinstitute e.V. (AGÖF) werden aus einer Vielzahl von Untersuchungen statistisch abgeleitete Orientierungswerte für einzelne flüchtige Verbindungen in der Raumlufth herausgegeben, wobei bei den Orientierungswerten zwischen Hintergrundwert, Normalwert und Auffälligkeitswert unterschieden wird. Die Datenerhebung umfaßt dabei den Zeitraum der letzten zehn Jahre und mehr als 2.000 Raumlufthmessungen mit aktiver Probenahme und wurde im Jahr 2007 (mit verwerteten Daten aus den Jahren 2002 – 2006) aktualisiert. Es handelt sich hierbei um Referenzwerte.
- Die Gesellschaft für Umweltchemie GmbH (GfU) führte 2001 in Anlehnung an die Untersuchungen des ehemaligen Bundesgesundheitsamtes (BGA) ebenfalls Untersuchungen in sog. "Verdachtsräumen" durch, die die Untersuchungsergebnisse des BGA in der Größenordnung bestätigen. Diese Untersuchungen stellen zwar keinen repräsentativen Querschnitt der VOC-Belastungen in üblichen Innenräumen dar, diese zeigen aber, daß die summarische Gesamtbelastung durch VOC in vergleichbarer Größenordnung wie bei der Untersuchung des BGA liegt. Bezüglich der Einzelverbindungen und Substanzgruppen lassen sich jedoch

wesensgemäß z.T. Abnahmen aber auch Zunahmen verzeichnen. Es handelt sich hierbei um Referenzwerte.

- Im Zeitraum 2003 – 2006 wurden im Rahmen des sog. Kinder-Umwelt-Surveys (KUS) durch das Umweltbundesamt (UBA) aktuell repräsentative Daten zur Innenraumluftbelastung erhoben, die im Januar 2008 im Bundesgesundheitsblatt veröffentlicht wurden. Bei dieser Erhebung wurden mittels sog. Passivsammlern Wochenmittelwerte unter realen Nutzungsbedingungen bestimmt. Es handelt sich hierbei um Referenzwerte.

- (21) Diese Referenz- bzw. Richtwerte sind nicht als exakte Grenzwerte sondern als im Gesamtzusammenhang zu interpretierende Bereiche zu verstehen.

4.3 Diskussion der Meßergebnisse

- (22) Die Einzelverbindungen der GC/MS-Analyse sind in den **Anlagen 1 – 3** auf den **Seiten 1 – 2 bzw. 3** dargestellt. Für eine Zuordnung der jeweiligen Verbindungen erfolgte zur weiteren Auswertung der festgestellten Meßergebnisse eine systematische Zusammenfassung nach Substanzklassen entsprechend den **Anlagen** auf den **Seiten 3 – 5 bzw. 6**. Innerhalb einer Substanzklasse liegt die Sortierung mit zunehmendem Siedepunkt bzw. mit abnehmender Flüchtigkeit vor.
- (23) Des weiteren wurde die Summe bezüglich VOC entsprechend als Summe der definierten VOC nach VDI 4300 Blatt 6 in den **Anlagen** auf der **Seite 5 bzw. 6** aufgeführt. Weiterhin ist in der **Anlage** auf der **Seite 2 bzw. 3** die Summe aller nachgewiesenen VOC dargestellt.
- (24) Bei der Auswertung der Analysenergebnisse ist auffällig, daß die folgenden chemischen Verbindungen die genannten Empfehlungs- bzw. Referenzwerte in allen drei Klassenräumen signifikant überschreiten:

– 1,1,1-Difluorchlorethan	Siedepunkt ca. – 9 °C
– Trichlorfluormethan	Siedepunkt ca. + 24 °C

– Tetrahydrofuran (THF)

Siedepunkt ca. + 66 °C

- (25) Die Halogenkohlenwasserstoffe **Trichlorfluormethan** (R 11) und **1,1,1-Difluorchlor-ethan** (R 142b) gehören zur Gruppe der Fluorchlorkohlenwasserstoffe (FCKW) und werden vorwiegend als Kälte-/Kühlmittel (z.B. in Kühlanlagen oder Wärmepumpen) verwendet. Da FCKW inzwischen als die Ozonschicht zerstörend eingestuft werden, werden sie aktuell nur noch reduziert eingesetzt und zusehend durch weniger umweltschädliche Stoffe ersetzt. FCKW wurden in der Vergangenheit jedoch breitbandig u.a. als Treibmittel in Schaumstoffdämmungen (z.B. in Polystyrol oder Polyurethan), in sog. Quellrundschnüren, in Bau- bzw. Montageschäumen und in bestimmten Fugendichtstoffen verwendet. Weiterhin fanden FCKW als Treibmittel Einsatz in Spraydosen. Aufgrund der sehr hohen chemischen Beständigkeit von FCKW weisen diese keine bzw. nur eine geringe Toxizität auf.
- (26) Die cyclische Etherverbindung **Tetrahydrofuran** (auch als THF abgekürzt) ist bei Raumtemperatur als farblose, etherisch riechende Flüssigkeit vorliegend. THF wird überwiegend als Lösemittel in vielen Kunststoffen (z.B. Polyvinylchlorid, Polystyrol oder Polyurethan), Klebstoffen sowie Farben und Lacken verwendet. Bezüglich der toxikologischen Eigenschaften ist THF in Anlehnung an die Verordnung zum Schutz vor Gefahrstoffen (Gefahrstoffverordnung – GefStoffV) in die Kategorie 4 eingeordnet, dabei handelt es sich definitionsgemäß um einen Stoff mit krebserzeugender Wirkung, bei dem genotoxische Effekte keine oder nur eine untergeordnete Rolle spielen. Per Definition ist bei Vorliegen eines MAK-Wertes (maximale Arbeitsplatzkonzentration, heutzutage auch als AGW, Arbeitsplatzgrenzwert, bezeichnet) bei dessen Einhaltung für den Menschen kein nennenswerter Beitrag zum Krebsrisiko zu erwarten. Gemäß TRGS 900 liegt für THF ein Arbeitsplatzgrenzwert von 150 mg/m³, entsprechend 150.000 µg/m³, vor. Der Vollständigkeit halber sei zur Orientierung für Trichlorfluormethan der MAK-Wert von 5.700 mg/m³, entsprechend 5.700.000 µg/m³, und für 1,1,1-Difluorchlorethan von 4.200 mg/m³, entsprechend 4.200.000 µg/m³, genannt.
- (27) Im vorliegenden Fall liegen die genannten auffälligen Verbindungen im einzelnen mit nachfolgend tabellarisch aufgeführten, gerundeten Konzentrationen vor, wobei der

Übersichtlichkeit halber weiterhin auch die Gesamtsummen an VOC (TVOC) aufgeführt sind:

Verbindung \ Konzentration	Raum 20	Raum 24	Raum 25
1,1,1-Difluorchlorethan	27 µg/m ³	36 µg/m ³	33 µg/m ³
Trichlorfluormethan	109 µg/m ³	90 µg/m ³	128 µg/m ³
Tetrahydrofuran (THF)	18 µg/m ³	22 µg/m ³	17 µg/m ³
TVOC	566 µg/m ³	595 µg/m ³	588 µg/m ³

- (28) Hieraus ist zu erkennen, daß die jeweiligen Verbindungen in der Größenordnung übereinstimmen – auch die weiteren, nicht auffälligen Verbindungen liegen in der Größenordnung verhältnismäßig gut vergleichbar vor.
- (29) Bezüglich der Gesamtsumme an flüchtigen organisch-chemischen Verbindungen (TVOC) ist in der Größenordnung ebenfalls eine vergleichbare Übereinstimmung der drei untersuchten Räume zu erkennen.
- (30) Es sei weiterhin ergänzend angemerkt, daß die beiden auffälligen FCKW-Verbindungen rein formell aufgrund ihres niedrigen Siedepunktes gar nicht den VOC (leicht flüchtige organisch-chemische Verbindungen) sondern den VVOC (sehr leicht flüchtige organisch-chemische Verbindungen) zuzuordnen wären. Außerdem wäre mit der Beseitigung der Emissionsquelle(n) der FCKW einhergehend auch eine merkliche Reduzierung des TVOC erreicht.
- (31) Insofern kann angenommen werden, daß die Ursache der Emissionen der drei auffälligen Verbindungen, und damit in erster Näherung einhergehend die Gesamtsumme an VOC, in den drei Räumen systematisch und wahrscheinlich gleichartig sind.
- (32) Aufgrund der vorher geschilderten Stoffmonographien liegt der begründete Verdacht nahe, daß es sich um Emissionen aus Kunststoffen handelt. Auch das Vorhandensein von Klimageräten sollte überprüft werden.

- (33) Die vorliegenden Konzentrationen sind im Bereich von $566 \mu\text{g}/\text{m}^3$ bis $595 \mu\text{g}/\text{m}^3$ zwar noch unterhalb des sog. Interventionswertes (RWII) des Umweltbundesamtes von $1 \text{ mg}/\text{m}^3$ bis $3 \text{ mg}/\text{m}^3$, entsprechend $1.000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ bis $3.000 \mu\text{g}/\text{m}^3$, so daß umgehende Maßnahmen nicht notwendig sind. Auch unmittelbare Gesundheitsgefährdungen können dabei erfahrungsgemäß ausgeschlossen werden.

- (34) Jedoch ist der sog. Sanierungsleitwert (RWI) von $0,2 \text{ mg}/\text{m}^3$ bis $0,3 \text{ mg}/\text{m}^3$, entsprechend $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ bis $300 \mu\text{g}/\text{m}^3$, merklich um rund das Doppelte überschritten, so daß aus Vorsorgegründen eine Ursachenergründung der Emissionsquellen und damit anschließend einhergehend eine merkliche Reduzierung der Raumluftkonzentrationen zu empfehlen bzw. anzustreben ist.

- (35) Zur Identifizierung der Emissionsquelle(n) der auffälligen drei Verbindungen wird üblicherweise eine detaillierte örtliche Begehung, in der Regel begleitetet durch sondierende, kleine Bauteilöffnungen, im Hinblick auf verdächtige (Bau-) Stoffe durchgeführt. Bei Verdacht erfolgt eine Materialprobenahme mit anschließendem Emissionsprüfkammerverfahren bezüglich der auffälligen Verbindungen. Weiterhin können die entsprechenden Bauakten und Hinweise über in der Vergangenheit durchgeführte Bau- bzw. Sanierungsmaßnahmen hilfreich zur Ursachenergründung sein.

- (36) Bis zur Reduzierung der Raumluftkonzentrationen hinsichtlich VOC ist des weiteren vorsorglich zu empfehlen, daß die betroffenen Räume konsequent bzw. systematisch und regelmäßig ausreichend gelüftet werden. Dabei sollte von auf Dauer auf Kipp gestellten Fenstern (sog. Spaltlüftung) abgesehen werden, es sollte vielmehr bei weit geöffneten Fenstern, beispielsweise morgens vor dem ersten Unterricht und auch in den Unterrichtspausen, quer- bzw. stoßgelüftet werden. Hinweise hierzu gibt u.a. auch der *Leitfaden für die Innenraumluftthygiene in Schulgebäuden*, herausgegeben von der Innenraumluftthygiene-Kommission des Umweltbundesamtes.

5 Zusammenfassende Beurteilung

- (37) Untersuchungsergebnis der durchgeführten Raumluftmessungen hinsichtlich flüchtiger organisch-chemischer Verbindungen (VOC) ist, daß sich in den drei Klassenräu-

men jeweils drei Verbindungen – 1,1,1-Difluorchlorethan, Trichlorfluormethan und Tetrahydrofuran – gegenüber üblichen Hintergrund- bzw. Normalwerten in auffälligen Konzentrationen feststellen lassen. Weiterhin ist die Gesamtsumme (TVOC) in den drei Klassenräumen in einem Bereich von jeweils gerundet $< 600 \mu\text{g}/\text{m}^3$ vorliegend.

- (38) Nach gegenwärtigem wissenschaftlichen Kenntnisstand liegen sowohl die auffälligen Verbindungen als auch die TVOC-Werte jedoch nicht in Konzentrationen vor, die eine Gesundheitsgefährdung begründen würden: der gegenwärtig nach Empfehlungen des Umweltbundesamtes ausgesprochene Richtwert (RWII, sog. Interventionswert) für TVOC, der ein Eingreifen notwendig machen würde, von $1.000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ bis $3.000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ist in allen drei Klassenräumen signifikant unterschritten.
- (39) In diesem Zusammenhang ist erläuternd zu erwähnen, daß VOC ubiquitär (allgegenwärtig) sind und damit auch in der Außenluft vorkommen, der Nachweis von VOC an sich in der Raumluft der Klassenräume stellt demnach eindeutig keine Auffälligkeit dar.
- (40) Demnach sind von VOC ausgehende gesundheitliche Gefährdungen nicht zu befürchten und dementsprechende Maßnahmen nicht erforderlich, jedoch wurde der RWI, der sog. Sanierungsleitwert, von $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ – $300 \mu\text{g}/\text{m}^3$ überschritten.
- (41) Deshalb ist aus Gründen der Vorsorge bzw. aus hygienischen Erwägungen eine Reduzierung der VOC in der Raumluft, und damit eine Identifizierung der Emissionsquelle(n) der auffälligen Verbindungen, wünschenswert, da bezüglich VOC nach Möglichkeit ein Minimierungsgebot eingehalten werden sollte.

Dipl.-Ing. Oliver Joers