



Hartwig Schreiner

Diplom-Chemiker, Fachtoxikologe

von der IHK Nürnberg öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger
für Luftschadstoffe in Innenräumen – Messung, Beurteilung, Sanierung

Untersuchungsbericht Nr. 16032

Maßnahme:

Abschließende Messungen
auf
flüchtige organische Verbindungen
VOC
vor Nutzung der Räume

Objekt:

Gymnasium Ottobrunn, Bauteil A
Karl-Stieler-Str. 1
85521 Ottobrunn

Auftraggeber:

Zweckverband staatliche weiterführende Schulen
im Südosten des Landkreises München
Prof.-Messerschmitt-Str. 3
85579 Neubiberg

Febr. / März 2016

Dieser Bericht umfasst 8 Seiten

Sachverständigenbüro H. Schreiner

Ihr Partner für Gebäudeschadstoffe und Innenraumdiagnostik

Büro Nürnberg: Am Wiesengrund 4
91207 Lauf a.d.Pegnitz
info@svb-schreiner.de

Büro München: Jahnweg 5
85375 Neufahrn
www.svb-schreiner.de



1. Auftrag

Der Zweckverband staatliche weiterführende Schulen im Südosten des Landkreises München beauftragte das Sachverständigenbüro H. Schreiner mit der Untersuchung von flüchtigen organischen Verbindungen (VOC, volatile organic compounds) im Neubau Bauteil A des Gymnasiums Ottobrunn, Karl-Stieler-Str.1, nach Fertigstellung der Räume.

Die Ergebnisse sollten nach ersten orientierenden Messungen vor erstmaliger Nutzung des Neubaus aufzeigen, ob durch die eingebrachten Lösungsmittel flüchtige organische Verbindungen in gesundheitlich relevanten Mengen auftreten, die zu weiterführenden Maßnahmen Anlass geben.

2. Bewertungsgrundlagen

Leichtflüchtige Substanzen sind in nahezu allen Innenräumen nachweisbar. Da sie in erhöhten Konzentrationen gesundheitliche Probleme wie z.B. Schleimhautreizungen, Kopfschmerzen und erhöhte Infektanfälligkeit hervorrufen können, ist die Messung dieser Verbindungen im Innenraum ein wichtiger Schritt zur Bewertung gesundheitlicher Risiken.

2.1. Leitwerte für TVOC in der Innenraumluft (2007):

Da die Innenraumluft viele organische Verbindungen enthält und Richtwerte nur für relativ wenige Einzelverunreinigungen zur Verfügung stehen, hat der „Ausschuss für Innenraumrichtwerte“ (eine Kommission des Umweltbundesamtes) Maßstäbe zur Beurteilung von flüchtigen organischen Verbindungen in der Innenraumluftqualität mit Hilfe der TVOC-Werte (total VOC) erarbeitet. Zur Verdeutlichung der Unsicherheiten, die bei der Ableitung vorlagen, wurden nicht einzelne Zahlenwerte, sondern Konzentrationsbereiche angegeben.

Für die Bewertung von TVOC-Werten wurden 5 Stufen definiert und für die einzelnen Stufen wurden bestimmte Maßnahmen empfohlen:

Stufe	Konzentrationsbereich TVOC	Hygienische Bewertung
1	$\leq 300 \mu\text{g}/\text{m}^3$	hygienisch unbedenklich
2	$> 300 - 1.000 \mu\text{g}/\text{m}^3$	hygienisch noch unbedenklich, sofern keine Richtwertüberschreitungen für Einzelstoffe bzw. Stoffgruppen vorliegen
3	$> 1.000 - 3.000 \mu\text{g}/\text{m}^3$	hygienisch auffällig
4	$> 3.000 - 10.000 \mu\text{g}/\text{m}^3$	hygienisch bedenklich
5	$> 10.000 \mu\text{g}/\text{m}^3$	hygienisch inakzeptabel



Wegen der Vielfalt der Zusammensetzung möglicher VOC-Spektren eignet sich die Betrachtung der VOC-Summenkonzentration allein in der Regel nicht für gesundheitliche Bewertungen, sondern sollte vielmehr als ein Indikator für die Gesamtsituation verstanden werden. Gezielte Einzelstoffbetrachtungen müssen bei auffälligen VOC-Summenkonzentrationen daher immer die Bewertung der Messergebnisse vertiefen.

Die Einstufung in Stufe 3 „hygienisch auffällig“ hat beispielsweise zur Folge, dass eine Nutzung der Räume nur bis zu 12 Monaten befristet akzeptabel ist. Es ist zu klären, ob Richtwertüberschreitungen einzelner VOC vorliegen. Eine Quellensuche sollte durchgeführt werden und das Lüftungsverhalten ist zu überprüfen, ggf. sind Nutzungs- und Lüftungsbedingungen festzulegen. Kontrollmessungen sind nach ca. einem Monat empfohlen, weitere Maßnahmen sind abzuleiten.

Stufe	Empfehlungen zum weiteren Vorgehen
1	Keine weiteren Maßnahmen, sofern einzelstoffbezogene Richtwertüberschreitungen ausgeschlossen sind
2	neben Stufe 1 ausreichende Belüftung, VOC-Quellen-Ermittlung, Prüfung der Raumpflegemittel, Nachmessung zur Kontrolle von Richtwertüberschreitungen unter Nutzungsbedingungen
3	neben Stufe 2 intensive Belüftung mit gegebenenfalls Nutzungs- und Lüftungsplan, VOC-Quellen-Ermittlung, Prüfung der Raumpflegemittel, Nachmessung zur Kontrolle von Richtwertüberschreitungen unter Nutzungsbedingungen, auffällige Referenzwertüberschreitungen auf gesundheitliche Relevanz prüfen; Kontrollmessung nach ca. 1 Monat unter Nutzungsbedingungen; bei mehr als 12 Monate anhaltender TVOC-Belastung über $1.000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ adäquate Sanierungsmaßnahmen
4	neben Stufe 3 umgehende Nachmessung zur Kontrolle von Richtwertüberschreitungen unter Nutzungsbedingungen, auffällige Referenzwertüberschreitungen auf gesundheitliche Relevanz prüfen; Aufenthalt nur mit zeitlicher Beschränkung und zeitlich befristet möglich (maximal 1 Monat); Kontrollmessung nach ca. 1 Monat unter Nutzungsbedingungen; bei erneuter Überschreitung von $3.000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ adäquate Sanierungsmaßnahmen
5	neben Stufe 4 umgehende Nachmessung zur Kontrolle von Richtwertüberschreitungen unter Nutzungsbedingungen, Kontrollmessung nach ca. 1 Monat unter Nutzungsbedingungen; bei Überschreitung von $10 \text{ mg}/\text{m}^3$ Aussetzung der Raumnutzung, Sanierung

(Quelle: Beurteilung von Innenraumluftkontaminationen, BGeshBl. 7-2007).

2.2. Richtwerte für VOC-Einzelverbindungen:

Die vom „Ausschuss für Innenraumrichtwerte“ toxikologisch abgeleiteten Richtwerte sind in der Anlage dieses Gutachtens mit dem Jahr ihrer Festlegung vollständig aufgelistet.

Dort finden sich die Richtwerte für einzelne VOC, wie z.B. verschiedene Ester (z.B. Ethylacetat), Glykolether oder aliphatische höhere Alkane (C9-C14), welche heute die klassi-



schen aromatischen Lösungsmittel in vielen Anwendungen abgelöst haben und gesundheitlich relevant und daher eingestuft worden sind.

Richtwert II (RW II) ist ein wirkungsbezogener, begründeter Wert, der sich auf die gegenwärtigen toxikologischen und epidemiologischen Kenntnisse zur Wirkungsschwelle eines Stoffes stützt. Er stellt die Konzentration eines Stoffes dar, bei deren Erreichen bzw. Überschreiten unverzüglich Handlungsbedarf besteht, da diese Konzentration geeignet ist, insbesondere für empfindliche Personen bei Daueraufenthalt in den Räumen eine gesundheitliche Gefährdung darzustellen.

Richtwert I (RW I) ist die Konzentration eines Stoffes in der Innenraumluft, bei der nach gegenwärtigem Erkenntnisstand auch bei lebenslanger Exposition 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 wird vom RW II durch Einführen eines zusätzlichen Faktors abgeleitet. Der RW I kann als Sanierungszielwert dienen.

Eine gesundheitliche Beurteilung auf der Grundlage von Richtwerten hat durch Messung unter Nutzungsbedingungen zu erfolgen.

2.3 Weitere Bewertungsmöglichkeiten: Orientierungswerte (OW):

Für diejenigen VOC in der Innenraumluft, für die bisher keine Richtwerte existieren, sind andere, nicht toxikologisch begründete Bewertungsmaßstäbe heranzuziehen.

Eine Möglichkeit besteht im Vergleich der Ergebnisse mit üblicherweise vorkommenden Konzentrationen in Innenräumen. Solche Orientierungswerte werden aus Studien über Innenraumluftthygiene statistisch abgeleitet. Ihnen liegt eine Vielzahl von Messergebnissen zugrunde (z.B. über 2000 Raumluftmessungen bei den Orientierungswerten der Arbeitsgemeinschaft ökologischer Forschungsinstitute AGÖF). Sie geben somit eine übliche Hintergrundbelastung in Innenräumen wieder. Der 90%- Wert der Häufigkeitsverteilung (P 90) wird in der Regel als Beurteilungsmaßstab herangezogen. In Einzelfällen werden aufgrund bekannter Wirkung oder niedriger Geruchsschwellen auch niedrigere Orientierungswerte festgelegt.

Werte die deutlich über den Orientierungswerten liegen, geben somit Hinweise auf vorhandene Quellen auch für solche Verbindungen, die in diesen Konzentrationen toxikologisch wenig relevant sind. Zum Beispiel liegt der AGÖF- Orientierungswert von Aceton bei $161 \mu\text{g}/\text{m}^3$, der OW von Isopropanol bei $91 \mu\text{g}/\text{m}^3$ und von Essigsäure bei $88 \mu\text{g}/\text{m}^3$.



3. Ergebnisse und deren Beurteilung

Die Messungen der Raumluft auf VOC erfolgten auf Tenax TA als Adsorbens unmittelbar nach Ende der Ausbauarbeiten am 22.3.2016, in allen 3 Geschossen statistisch verteilt in insgesamt 7 Räumen mit unterschiedlicher Ausrichtung (Nord/Süd) nachdem diese über Nacht nicht mehr gelüftet worden waren bei durchschnittlichen Raumtemperaturen von 22,3°C (sog. Worst-Case Situation bezüglich Luftwechsel) zur Ermittlung der Ausgleichskonzentration der flüchtigen Verbindungen in diesen Räumen.

Um alle unterschiedlichen baulichen Gegebenheiten zu erfassen, wurden für die Messungen die folgenden Räume ausgewählt:

2.OG: Klassenräume 2.06a und 2.05e (mit Teppichböden und Holzeinbauten)

1.OG: Physik- und Chemieunterrichtsräume 1.23p, 1.20p und 1.15c (Linoleum- und Kautschukböden, zu den Wänden verfugt)

EG: Musik- und Kunstlehrsäle 0.08 und 0.18 (Holzparkettböden, oberflächlich behandelt)

Da eine gesundheitliche Bewertung von einzelnen VOC Verbindungen durch Vergleich mit ihren toxikologisch abgeleiteten Richtwerten RW I /RW II unter Worst-Case Bedingungen jedoch nicht möglich ist, wurden im Anschluss an diese erste Messreihe Nachmessungen unter Nutzungsbedingungen durchgeführt. Da aktuell keine Nutzung stattfand wurde diese durch Öffnen aller Fenster für 10 min mit anschließend 90 min geschlossenen Räumen vor erneuter Messung simuliert.

Die Raumluftmessungen erfolgten jeweils als Kurzzeitmessung über einen Messzeitraum von ca. 30 min. Die so auf den Tenax TA Containern gesammelten flüchtigen organischen Verbindungen VOC wurden anschließend im Labor thermisch desorbiert und analysiert.

Die Analytik der VOC wurde nach gaschromatischer Trennung und massenspektrometrischer Detektion (GC/MS) gemäß DIN ISO 16000-6 im Labor des Instituts Fresenius durchgeführt. Die vollständigen Analysenergebnisse befinden sich im Anhang dieses Gutachtens.

Die folgenden Tabellen zeigen zusammengefasst die Ergebnisse der Gesamtgehalte TVOC (total volatile organic compounds, hierfür werden alle Konzentrationen der Verbindungen addiert, die zwischen Hexan C6 und Hexadekan C16 identifiziert und einzeln quantifiziert wurden) sowie die relevanten VOC- Hauptkomponenten der beiden Messreihen unter Worst-Case bezüglich Lüftung und Nutzungssimulation mit Bewertung (s.a. Kap.2:) in den ausgewählten 7 Räumen des Bauteils A:



Überblick der Ergebnisse der VOC-Raumluftmessungen BT-A vom 22.3.2016

Alle Messungen unter Worst Case Bedingungen (W) bzgl. Luftwechsel, d.h. die Räume waren für mind. 8 Std ungelüftet und deren Vergleich mit Richtwerten RW (soweit vorhanden) und Orientierungswerten OW (alle Werte in $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Relevante Einzel-VOC	BT – A Raum							RW I / II (IRK/AOLG)	OW (AGÖF)
	2.06a W	2.05e W	1.23p W	1.20p W	1.15c W	0.08 W	0.18 W		
C9-C14 Aliphaten	85	68	13	52	88	150	201	200 / 2.000	---
m-/p-Xylol	12	6	28	35	34	36	22	Xylole 100 / 800	29
o-Xylol	5	3	15	18	17	17	8		9
2-Butanon	27	29	45	50	40	55	44	---	33
Ethylacetat	33	23	42	59	44	50	56	600 / 6.000	23
n-Butylacetat	56	93	18	28	24	53	44	---	27
2-Butanon-oxim	3	4	3	3	3	5	3	20 / 60	3,6

Leitwert TVOC (s.a. Kap.2)

Stufe 2

TVOC (C6-C16)	470	470	360	580	540	720	660	300 - 1.000
----------------------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	--------------------

Sachverständigenbüro H. Schreiner

Ihr Partner für Gebäudeschadstoffe und Innenraumdiagnostik

Büro Nürnberg: Am Wiesengrund 4
91207 Lauf a.d.Pegnitz
info@svb-schreiner.de

Büro München: Jahnweg 5
85375 Neufahrn
www.svb-schreiner.de



Überblick der Ergebnisse der VOC-Raumluftmessungen BT-A vom 22.3.2016

Alle Messungen unter Nutzungsbedingungen bzgl. Luftwechsel (N), d.h. die Räume waren für 10 min. belüftet und danach für 90 min ungelüftet und deren Vergleich mit Richtwerten RW (soweit vorhanden) und Orientierungswerten OW (alle Werte in $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Relevante Einzel-VOC	BT – A Raum							RW I / II (IRK/AOLG)	OW (AGÖF)
	2.06a N	2.05e N	1.23p N	1.20p N	1.15c N	0.08 N	0.18 N		
C9-C14 Aliphaten	8	6	3	9	5	68	9	200 / 2.000	---
m-/p-Xylol	7	3	24	14	11	9	13	Xylole 100 / 800	29
o-Xylol	3	1	11	6	5	3	5		9
2-Butanon	15	10	29	31	16	23	22	---	33
Ethylacetat	22	17	42	36	14	29	23	600 / 6.000	23
n-Butylacetat	26	26	18	20	9	20	17	---	27
2-Butanon-oxim	2	13	9	7	1	2	3	20 / 60	3,6

Leitwert TVOC (s.a. Kap.2)

Stufe 1

TVOC (C6-C16)	220	160	280	320	150	200	280	≤ 300
---------------	-----	-----	-----	------------	-----	-----	-----	--------------



4. Zusammenfassung

Der Gesamtgehalt an flüchtigen organischen Verbindungen TVOC lag am 22.3.2016 bereits bei den Messungen unter reduzierter Lüftung („Worst-Case“) mit Werten zwischen 360 und 720 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ in den ausgewählten 7 Räumen des Neubaus BT-A im Bereich der Stufe 2 (unter 1.000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, siehe auch Kap.2). Diese Gehalte werden bei den nutzungsbedingten Messungen mit 150 bis 320 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ erwartungsgemäß weiter reduziert und lagen bis auf einen Raum (1.20p) bereits in der niedrigsten Stufe 1 von unter 300 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, die Räume gelten damit als hygienisch unbedenklich.

Bei tatsächlicher Nutzung sollten die Werte noch niedriger liegen, da jeder Raum mit zusätzlicher künstlicher Lüftung bei nutzungsbedingt erhöhten CO_2 - Gehalten gesteuert wird.

Bei den Einzelverbindungen gab es unter simulierter Nutzung keine Überschreitung des jeweiligen Vorsorge- Richtwertes RW I.

Leichter flüchtige Verbindungen wie z.B. Cyclohexan, das bei der Erstmessung im Februar noch deutlich vorhanden war, tauchte nun fast gar nicht mehr auf. Bei allen Messungen fiel positiv auf, dass die in letzter Zeit vermehrt in Innenräumen vorkommenden Glykolether und -ester in diesem Neubau nicht in nennenswerten Mengen vorkommen, was sicherlich auf eine gute Baustoffauswahl zurückzuführen ist.. Der Problemstoff 2-Butanonoxim konnte frühzeitig als solcher erkannt, wieder ausgebaut und ersetzt werden, so dass dessen anfangs erhöhte Belastung keine Rolle mehr spielt.

Im Vergleich zu früheren Messungen hat sich für alle Einzelverbindungen ein deutliches Abklingen der Konzentrationen ergeben, auch wenn einzelne schwerer flüchtige VOC, wie Ethylacetat und n-Butylacetat, noch teilweise über den Werten einer üblichen Hintergrundbelastung liegen (Orientierungswerte OW, siehe Kap.2).

Zudem war am Messtag zum Teil noch eine auffällige Geruchsbelastung (insbesondere in den Räumen im 2.OG mit Teppichböden) festzustellen. Daher wird aus sachverständiger Sicht empfohlen, in den kommenden Wochen auch weiterhin für eine gute Durchlüftung aller Räume durch Öffnen der Fenster in der Früh, z.B. durch den Hausmeister, zu sorgen.

Neufahrn, den 31.3.2016

Hartwig Schreiner

Anlage: Richtwerte des „Ausschusses für Innenraumrichtwerte“
Laborergebnisse SGS- Institut Fresenius lfd. Nr. 18-31

Sachverständigenbüro H. Schreiner

Ihr Partner für Gebäudeschadstoffe und Innenraumdiagnostik

Büro Nürnberg: Am Wiesengrund 4
91207 Lauf a.d.Pegnitz
info@svb-schreiner.de

Büro München: Jahnweg 5
85375 Neufahrn
www.svb-schreiner.de