

# 1. Einfluss der RLT-Anlage „Virobuster micro beater“ auf die Qualität der Raumluft

Es wird untersucht, ob durch den Betrieb der „Virobuster micro beater“ Anlage eine Veränderung der flüchtigen organischen Verbindungen (VOC: volatile organic compound[s]) in der Raumluft erfolgt, bzw. ob zusätzliche VOCs durch den Anlagenbetrieb entstehen.

VOC ist die Sammelbezeichnung für organische, also kohlenstoffhaltige Stoffe, die leicht verdampfen (flüchtig sind) bzw. schon gasförmig bei niedrigen Temperaturen (z. B. Raumtemperatur) vorliegen.

## Versuchsaufbau:

Die „Virobuster micro beater“ Anlage wird in einem luftdichten Versuchszelt, Größe 11m<sup>3</sup>, bei der voreingestellten Geschwindigkeit von 7,12 m/s für eine Stunde, ohne und mit UVC Strahler (Virobuster UB 109 UVC – B<sup>114</sup>) betrieben.

Der VOC Gehalt der Raumluft wird jeweils vor (Referenz) und nach dem Anlagenbetrieb gemessen.

Es ergeben sich somit folgende Messreihen:

1. Anlagenbetrieb ohne UVC Referenzmessung L10 - Messung nach Anlagenbetrieb L11
2. Anlagenbetrieb mit UVC Referenzmessung L20 - Messung nach Anlagenbetrieb L21

Die VOC Messung wurde in 170 cm Messhöhe durchgeführt.

## Ergebnisse:

Tabelle 1.00: VOC Gehalt der Raumluft

<u>Probenbezeichnung</u>	Gesamtsumme VOC µg/m <sup>3</sup>	Summe VOC nach VDI- Richtlinie 4300, Blatt 6 µg/m <sup>3</sup>
L10 [ Referenzmessung ]	77,88	63,44
L11 [ Messung ohne UVC ]	142,21	82,33
L20 [ Referenzmessung ]	46,88	31,66
L21 [ Messung mit UVC ]	127,77	50,11

Methode: Analyse nach NIOSH 1400, Messung mit GC-MS

Die gesammelte Luft wurde mittels Gaschromatographie mit gekoppeltem Massenspektrometer analysiert und nachgewiesene Verbindungen mit einer Datenbank von ca. 600 Einzelstoffen verglichen und quantifiziert.

Tabellen 1.01: VOC Gehalt der Raumluft - detaillierte Messergebnisse

	<u>Probe L10</u> µg/m <sup>3</sup>
<b>Gesamt VOCs</b>	<b>77,88</b>
<b>Summe VOC nach VDI-Richtlinie 4300, Blatt 6 (62 Verbindungen)</b>	<b>63,44</b>
Summe Aliphaten, Alkene, Cycloalkene	< BG
Summe Alkohole	16,89
Summe Aromaten	35,00
Summe Halogene	< BG
Summe Terpene	0,78
Summe Phthalate	< BG
Summe Glykole	18,89
Summe Ketone und Aldehyde	2,00
Summe Ester	< BG
Summe sonstige Carbonyle	4,33
Summe sonstige Verbindungen	< BG

BG = Bestimmungsgrenze liegt bei 0,1 – 5 µg/m<sup>3</sup> (90l Probenahmevolumen)

	<u>Probe L11</u> µg/m <sup>3</sup>
<b>Gesamt VOCs</b>	<b>142,21</b>
<b>Summe VOC nach VDI-Richtlinie 4300, Blatt 6 (62 Verbindungen)</b>	<b>82,33</b>
Summe Aliphaten, Alkene, Cycloalkene	14,44
Summe Alkohole	16,89
Summe Aromaten	43,44
Summe Halogene	< BG
Summe Terpene	1,56
Summe Phthalate	< BG
Summe Glykole	25,11
Summe Ketone und Aldehyde	4,67
Summe Ester	0,89
Summe sonstige Carbonyle	31,00
Summe sonstige Verbindungen	4,00

BG = Bestimmungsgrenze liegt bei 0,1 – 5 µg/m<sup>3</sup> (90l Probenahmevolumen)

Tabellen 1.01: VOC Gehalt der Raumluft - detaillierte Messergebnisse

	<u>Probe L20</u> µg/m <sup>3</sup>
<b>Gesamt VOCs</b>	<b>46,88</b>
<b>Summe VOC nach VDI-Richtlinie 4300, Blatt 6 (62 Verbindungen)</b>	<b>31,66</b>
Summe Aliphaten, Alkene, Cycloalkene	10,00
Summe Alkohole	5,89
Summe Aromaten	19,66
Summe Halogene	< BG
Summe Terpene	< BG
Summe Phthalate	< BG
Summe Glykole	5,44
Summe Ketone und Aldehyde	1,67
Summe Ester	< BG
Summe sonstige Carbonyle	4,22
Summe sonstige Verbindungen	< BG

BG = Bestimmungsgrenze liegt bei 0,1 – 5 µg/m<sup>3</sup> (90l Probenahmevolumen)

	<u>Probe L21</u> µg/m <sup>3</sup>
<b>Gesamt VOCs</b>	<b>127,77</b>
<b>Summe VOC nach VDI-Richtlinie 4300, Blatt 6 (62 Verbindungen)</b>	<b>50,11</b>
Summe Aliphaten, Alkene, Cycloalkene	15,44
Summe Alkohole	11,11
Summe Aromaten	26,33
Summe Halogene	< BG
Summe Terpene	< BG
Summe Phthalate	< BG
Summe Glykole	8,67
Summe Ketone und Aldehyde	4,78
Summe Ester	1,11
Summe sonstige Carbonyle	57,66
Summe sonstige Verbindungen	2,56

BG = Bestimmungsgrenze liegt bei 0,1 – 5 µg/m<sup>3</sup> (90l Probenahmevolumen)

## Bewertung:

### 1. Anlagenbetrieb ohne UVC

Die Raumluft weist vor Inbetriebnahme der Anlage einen Gesamt-VOC-Gehalt von  $77,88 \mu\text{g}/\text{m}^3$  auf (Referenzmessung L10). Nach 60minütigem Betrieb der Anlage weist die Raumluft einen Gesamt VOC Gehalt von  $142,21 \mu\text{g}/\text{m}^3$  auf (L11).

Die VOC-Konzentrationen nach VDI-Richtlinie 4300 (Messen von Innenraumluftverunreinigungen, Anhang A) weist bei der Referenzmessung L10 einen Gehalt von  $63,44 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (entspricht 82% der Gesamt VOCs) und bei der Messung L11 einen Gehalt von  $82,33 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (entspricht 56% der Gesamt VOCs) auf.

Es ist eine leichte Erhöhung des Gesamt-VOC-Gehaltes messbar, der vermutlich auf die Luftbewegung bzw. Verwirbelung der Raumluft zurückzuführen ist. Das heißt, durch den Anlagenbetrieb werden die flüchtigen organischen Verbindungen des Innenraumes durchmischt. Durch den Anlagenbetrieb ohne UVC kommt es zu keiner deutlichen Neubildung von VOCs (siehe Tabelle 1.01: detaillierte Messergebnisse).

Die gemessenen Werte liegen **deutlich unter** der Grenze der empfohlenen VOC-Gesamtkonzentration in Innenräumen von  $200\text{-}300 \mu\text{g}/\text{m}^3$  Luft.

### 2. Anlagenbetrieb mit UVC

Die Raumluft weist vor Inbetriebnahme der Anlage einen Gesamt-VOC-Gehalt von  $46,88 \mu\text{g}/\text{m}^3$  auf (Referenzmessung L20). Nach 60minütigem Betrieb der Anlage weist die Raumluft einen Gesamt VOC Gehalt von  $127,77 \mu\text{g}/\text{m}^3$  auf (L21).

Die VOC-Konzentrationen nach VDI-Richtlinie 4300 (Messen von Innenraumluftverunreinigungen, Anhang A) weist bei der Referenzmessung L20 einen Gehalt von  $31,66 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (entspricht 67% der Gesamt VOCs) und bei der Messung L21 einen Gehalt von  $50,11 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (entspricht 39% der Gesamt VOCs) auf.

Es ist eine leichte Erhöhung des Gesamt-VOC-Gehaltes messbar, der vermutlich auf die Luftbewegung bzw. Verwirbelung der Raumluft zurückzuführen ist. Das heißt, durch den Anlagenbetrieb werden die flüchtigen organischen Verbindungen des Innenraumes durchmischt. Durch den Anlagenbetrieb mit UVC kommt es zu keiner deutlichen Neubildung von VOCs (siehe Tabelle 1.01: detaillierte Messergebnisse).

Die gemessenen Werte liegen **deutlich unter** der Grenze der empfohlenen VOC-Gesamtkonzentration in Innenräumen von  $200\text{-}300 \mu\text{g}/\text{m}^3$  Luft.

## Anhang:

### **Grundlagen zur Bewertung:**

Im Leitfaden für die Innenraumlufthygiene (in Schulgebäuden) des Umweltbundesamtes, Berlin vom Juni 2000 findet sich folgende Aussage:

*Für die Bewertung für leicht flüchtige organische Stoffe (VOC=Volatile Organic Compounds) hat die Innenraumlufthygiene-Kommission (IRK) des Umweltbundesamtes und der obersten Gesundheitsbehörden der Länder (IRK/AOLG) bisher lediglich Richtwerte für einige Einzelsubstanzen erarbeitet. Hierbei gibt es für erfasste Substanzen 2 Richtwerte. Richtwert 1 ist ein Zielwert der langfristig angestrebt werden sollte. Richtwert 2 sollte auf Dauer nicht überschritten werden.*

*Für den Gesamtgehalt an flüchtigen organischen Verbindungen (Total Volatile Organic Compounds „TVOC“) wird ein langfristiger Zielwert von 200-300 µg/m<sup>3</sup> empfohlen. Ein Wert von 1000-3000 µg/m<sup>3</sup> sollte auf Dauer nicht überschritten werden. Eine Überschreitung dieses Wertes kann allenfalls vorübergehend toleriert werden.*

Vom 05.05.2006 gibt es zu den Richtwerten für die Innenraumluft von der Innenraumluftkommission / Umweltbundesamt unter anderem folgende Aussage:

*Nach der Innenraumlufthygiene-Kommission ist in Räumen mit Gesamtgehalten zwischen 10000 und 250000 µg/m<sup>3</sup> ein Aufenthalt allenfalls vorübergehend täglich zumutbar (derartige Konzentrationen können im Falle von Renovierungen vorkommen). In Räumen die für einen längerfristigen Aufenthalt bestimmt sind, sollte auf Dauer ein TVOC-Wert im Bereich von 1000-3000 µg/m<sup>3</sup> nicht überschritten werden. Ziel sollte es sein in Innenräumen im langzeitlichen Mittel eine TVOC – Konzentration von 200-300 µg/m<sup>3</sup> zu erreichen bzw. nach Möglichkeit sogar zu unterschreiten.*

Zur Beurteilung der Messwerte in Innenräumen gibt es, abgesehen von wenigen Ausnahmen, keine verbindlichen Grenzwerte. Es existieren jedoch Empfehlungen, die sich aus repräsentativen Untersuchungen (z.B. BGA-Umweltsurvey 1985/86, 1990/92, 1998, zitiert in Fromme, 2003 u.a.) ableiten.

Bezüglich der Empfehlungen für maximale Luftkonzentrationen an flüchtigen organischen Substanzen unterscheidet man grundsätzlich zwischen vorgeschlagenen Ziel- und Richtwerten (siehe nachfolgende Tabelle).

<i>Beurteilung VOC nach Umweltbundesamt, Kommission Innenraumlufthygiene (IRK) Stand 2002</i>		<i>Beurteilung VOC nach Schleibinger et al. Stand 2002</i>	
<i>Richtwert</i>	<i>Zielwert</i>	<i>Richtwert</i>	<i>Zielwert</i>
<i>&lt;1.000-3.000 µg/m<sup>3</sup></i>	<i>&lt;200-300 µg/m<sup>3</sup></i>	<i>&lt;1.000 µg/m<sup>3</sup></i>	<i>&lt;300 µg/m<sup>3</sup></i>

### *Was gilt als Innenraum?*

Folgende Definition von „Innenräumen“ hat der Rat von Sachverständigen für Umweltfragen bekannt gegeben: Innenräume sind Wohnungen mit Wohn-, Schlaf-, Bastel-, Sport- und Kellerräumen, Küchen und Badezimmern. Außerdem Arbeitsräume in Gebäuden, die im Hinblick auf gefährliche Stoffe nicht dem Geltungsbereich der Gefahrstoffverordnung (GefStoffV) unterliegen wie etwa Büroräume. Innenräume in öffentlichen Gebäuden (Krankenhäuser, Schulen, Kindertagesstätten, Sporthallen, Bibliotheken, Gaststätten, Theater, Kinos und anderen öffentliche Veranstaltungsräumen) sowie das Innere von Kraftfahrzeugen und öffentlichen Verkehrsmitteln zählen ebenfalls dazu.

Während für Arbeitsplätze, an denen mit Gefahrstoffen umgegangen wird, Grenzwerte nach der Gefahrstoffverordnung gelten, trifft dies für die oben genannten Innenräume nicht zu.

### ***Erläuterung der Begriffe Ziel- und Richtwert:***

*Ziel- und Richtwerte* sollen Vorsorgecharakter haben, um Bewohner und Nutzer von Gebäuden vor Gesundheitsgefährdungen und Befindlichkeitsstörungen zu schützen.

*Zielwerte* sollten anzustrebende, technisch erreichbare, Innenraumkonzentrationen darstellen, unterhalb derer auch bei langfristiger, gegebenenfalls sogar bei lebenslanger Exposition keine gesundheitlichen Bedenken für die gesamte Breite der Bevölkerung auftreten sollten.

*Richtwerte* sollten ein Konzentrationsniveau darstellen, dessen Überschreitung eine Auffälligkeit darstellt, deren Ursache ermittelt und möglichst durch geeignete Maßnahmen beseitigt werden sollte.

### ***Referenzmesswerte VOC's in Innenräumen:***

In der Summe der VOC's in Innenräumen, im Rahmen durchgeführter Umwelt-Surveys des Umweltbundesamtes, fanden sich 1985/86 (329 getestete Innenräume) im geometrischen Mittel  $336 \mu\text{g}/\text{m}^3$  und 1990/92 (113 stationäre Wohnraummessungen) sogar durchschnittlich  $584 \mu\text{g}/\text{m}^3$  an flüchtigen organischen Verbindungen (VOC) in der Luft.

Tabelle 2: Quellen von flüchtigen organischen Kohlenwasserstoffen (VOC), aufgeschlüsselt nach Stoffgruppen. Quelle: Umweltbundesamt 2000

<b>Stoffgruppe</b>	<b>Quelle</b>
<b>Alkane</b> (Pentan, Hexan, Heptan, Octan, Nonan, Dekan, Undekan, Dodekan)	Außenluft, Erdgas (Methan bis Butan), Kraftstoffe, Lösemittel, Farben, Beizen
<b>Aromaten</b> (Benzol, Toluol, Xylol, Ethylbenzol, Ethyltoluol, Trimethylbenzol, Styrol)	Kfz-Verkehr, Tabakrauch, Lösemittel, höhersiedende Aromaten (z.B. Phenylcylohexen in Teppichböden) Hartschaumprodukte (Styrol) offene Feuerstellen, Tankstellen
<b>Terpene</b> (1-Pinen, Limonen)	Holz, Lösemittel, „Geruchsverbesserer“, Polystyrol, Terpentinöl, Anstrichmittel, Boden- und Möbelpflege, Holzschutzmittel, Badezusätze
<b>Olefine und Naphthene</b>	Kfz-Verkehr, Lösemittel
<b>Alkohole</b> (Ethanol, n-Propanol, 2-Propanol, 1-Butanol, 2-Butanol, i-Butanol, Amylalkohol, Glykol-Derivate)	Lösemittel, Abbauprodukte u.a. aus Weichmachern, Fleckenentferner, Schuhpflegemittel, Kosmetika, Teppich- und Polsterreiniger, Fensterreiniger, Desinfektionsmittel, Filzschreiber, Dispersionsfarben und -kleber
<b>Aldehyde</b>	Formaldehyd: Holzwerkstoffe, Bindemittel, Kosmetika Höherwertige Aldehyde: Küchendunst, Desinfektionsmittel, Alkydharzfarben, Ölfarben, Linoleum, Korkfußböden
<b>Ketone</b> (Aceton, 2-Butanon, Cyclohexanon, Methylisobutylketon)	Lösemittel (z.B. Aceton, Methylethylketon), Stoffwechselprodukt, UV-gehärtete Lackoberflächen, Klebstoffe, Kosmetika
<b>Ester</b> (Methylacetat, Ethylacetat, n-Propylacetat, n-Butylacetat, i-Butylacetat, 2-Methoxyethylacetat, Ethylacrylat)	Lösemittel, schwerflüchtige Lösemittel/Weichmacher, Heizkostenverteiler (Methylbenzolat) Polystyrol, Terpentinöl, Anstrichmittel, Boden- und Möbelpflege, Holzschutzmittel, Badezusätze
<b>Ether</b>	Kraftstoffe, Lösemittel in wasserlöslichen Farben und Lacken
<b>Halogenierte Verbindungen</b> (Dichlormethan, 1,1,1-Trichlorethan, Perchlorethylen, PCB)	Entfettung, Lösemittel, chemische Reinigung (Tetrachlorethen), Mottenschutz, Toilettensteine (p-Dichlorbenzol), Treibmittel, Abbeizmittel, Korrekturflüssigkeit, Waschspray, chemische Reinigungen, Weichmacher in Dichtungsmaterial, Antiflammmittel
<b>Sonstige Verbindungen</b>	Bindemittel (Phenol), Teerprodukte (Kresole)

## Referenzen

Ad-hoc-Arbeitsgruppe aus Mitgliedern der Innenraumlufthygiene-Kommission (IRK) des Umweltbundesamtes und des Ausschusses für Umwelthygiene der AGLMB (1996): Richtwerte für die Innenraumluft: Basisschema. Bundesgesundheitsblatt 11, 422-426

Fromme, H., 2003: Grenz-, Richt- und Orientierungswerte: In: Beyer A., Eis D. (Hrsg.): Praktische Umweltmedizin. Loseblattsammlung, Berlin

Hoffmann K., Krause C., Schulz C., Schwabe R., Seifert B. und Ullrich D. (1996): Umwelt-Survey 1990/91, Band IV: Personen-gebundene Exposition gegenüber flüchtigen organischen Verbindungen in den alten Bundesländern. WaBoLu - Hefte 4/96, Berlin

Heinzow B., Mohr S., Mohr-Kriegshammer H., Janz H. (1994): Organische Schadstoffe in der Innenraumluft von Schulen und Kindergärten. In: Kommission Reinhaltung der Luft im VDI und DIN (Hrsg.): Luftverunreinigung in Innenräumen, Düsseldorf

Krause C., Chutsch M., Henke M., Kliem C., Leiske M., Schulz C., Schwarz E. (1991): Umwelt-Survey. Messung und Analyse von Umweltbelastungsfaktoren in der Bundesrepublik Deutschland – Umwelt und Gesundheit. - Band IIIa – Wohn-Innenraum: Spurenelementgehalte im Hausstaub. WaBoLu-Hefte 2/1991 - Band IIIc – Wohn-Innenraum: Raumluft, WaBoLu-Hefte 4/1991

Roßkamp E. (2003): aus der Arbeit der ad-hoc Arbeitsgruppe IRK-AOLG beim Umweltbundesamt, Umweltmedizin in Forschung und Praxis 8 (4) 2003, Berlin

Schleibinger H., Hott U., Marchl D., Plieninger P., Braun P., Rüden H. (2002): Institut für Hygiene und Umweltmedizin der freien Universität Berlin, Beratung und Analyse – Verein für Umweltchemie (B.A.U.CH.) e.V.: Ziel- und Richtwerte zur Bewertung der VOC-Konzentration in der Innenraumluft – ein Diskussionsbeitrag – Umweltmed Forsch Prax 7 (3) 139 – 147, Berlin

Seifert B. (1999): Richtwerte für die Innenraumluft. Die Beurteilung der Innenraumluftqualität mit Hilfe der Summe der flüchtigen organischen Verbindungen (TVOC-Werte). Bundesgesundheitsblatt – Gesundheitsforschung - Gesundheitsschutz 3, 270-278