

# **FAGES**

Schweizerischer Fachverband Gebäudeschadstoffe  
Association Professionnelle des Polluants du Bâtiment

## **FAGES – Good Practice Raumlufqualität (RLQ)**

### **Definition flüchtige organische Verbindungen (VOC) – Bewertung von Einzelsubstanzen und Summenbildung**

Version vom 30.03.2022

<b>1.</b>	<b>EINLEITUNG UND ZIELSETZUNG</b>	<b>3</b>
<b>2.</b>	<b>DEFINITION VOC</b>	<b>3</b>
	Quellen in Innenräumen	4
<b>3.</b>	<b>ERMITTLUNG UND BESTIMMUNG DES TVOC UND DER EINZELSUBSTANZEN</b>	<b>4</b>
	Probenahme zur Bestimmung von VOCs/TVOC	4
	Analyse von VOC Einzelsubstanzen im Labor	5
	Berechnung des TVOC	5
<b>4.</b>	<b>BEWERTUNGSSCHEMATA TVOC</b>	<b>7</b>
	Hygienische Beurteilung der Raumlufqualität, Ansatz nach Seifert	7
	TVOC als Qualitätskriterium bei Gebäudelabeln	9
<b>5.</b>	<b>GESUNDHEITLICHE BEWERTUNG VON EINZELSUBSTANZEN</b>	<b>10</b>
	Grenz- und Richtwerte für die Innenraumluf von Aufenthaltsräumen	10
	Maximal zulässige Arbeitsplatz-Konzentrationswerte	10
	Ergänzungen zur Analyse von weiteren Luftfremdstoffen	10
<b>6.</b>	<b>REFERENZEN</b>	<b>12</b>

## 1. Einleitung und Zielsetzung

Der Begriff VOC (engl. für volatile organic compounds) ist eine Sammelbezeichnung für flüchtige organische Verbindungen, die bei Raumtemperatur in der Gasphase vorliegen. Dazu zählen hunderte Einzelverbindungen wie z. B. Kohlenwasserstoffe, Aromaten, Terpene, Alkohole, Ester, Glykolether, Siloxane, Aldehyde, Ketone, Carbonsäuren und chlorierte Kohlenwasserstoffe.

Üblicherweise erfolgt die Abgrenzung von VOC gegenüber anderen Substanzgruppen über den Siedepunkt der Einzelverbindungen. Allerdings existiert daneben eine Reihe von verschiedenen Definitionen, weshalb dieser Unterschied bei einer vergleichenden Beurteilung berücksichtigt werden muss. Ähnlich verhält es sich mit dem Summenparameter für flüchtige organische Verbindungen (TVOC, engl. für total volatile organic compounds), der ebenfalls über keine einheitliche Definition verfügt.

Der schweizerische Fachverband Gebäudeschadstoffe (FAGES) bezweckt mit dieser Good Practice einen Beitrag zur standardisierten Anwendung der Begriffe VOC und TVOC bei der Bewertung der Raumlufqualität herzustellen. Die Berechnung des TVOC-Werts sowie die auszuweisenden Einzelsubstanzen sollen klar definiert werden. Die Good Practice beinhaltet zudem Hilfestellungen zur Analyse und Beurteilung von VOC-Belastungen in der Raumluf von Wohn- und Aufenthaltsräumen. Die Bestimmung von Emissionen aus Bauprodukten ist nicht Bestandteil dieser Good Practice.

## 2. Definition VOC

Es existiert keine einheitliche Definition darüber, welche Substanzen zu den VOC gezählt werden. Üblicherweise werden flüchtige organische Verbindungen gemäss der Weltgesundheitsorganisation (WHO) nach ihrem Siedepunkt, resp. ihrer Flüchtigkeit eingeteilt. Gemäss dieser Definition besitzen VOC einen Siedepunkt von 50 – 100 °C bis 240 - 260 °C. Verbindungen mit einem tieferen Siedepunkt werden als VVOC (engl. very volatile organic compounds) bezeichnet. Verbindungen mit einem höheren Siedepunkt bis ca. 400 °C als SVOC (engl. semi volatile organic compounds) und partikelgebundene Verbindungen als POM (engl. particulate organic matter).

Tab.1. Einteilung der organischen Verbindungen nach Siedepunkt (1)

Beschreibung	Siedebereich
Very Volatile Organic Compounds (VVOC)	< 0 bis 50...100 °C
Volatile Organic Compounds (VOC)	50...100 bis 240...260 °C
Semi Volatile Organic Compounds (SVOC)	240...260 bis 380...400 °C
Organic compounds associated with particulate matter or particulate organic matter (POM)	>380 °C

Eine weitgehend deckungsgleiche Definition der VOC wurde von der European Collaborative Action (ECA) entwickelt. Hierbei erfolgt die Einteilung jedoch auf Basis der analytischen Praxis nach der

Retentionszeit von Verbindungen auf einer unpolaren Kapillarsäule. Alle im Elutionsbereich zwischen n-Hexan und n-Hexadecan detektierbaren Substanzen werden als VOC eingestuft. Früher eluierende Substanzen werden als VVOC, später eluierende als SVOC bezeichnet (2).

### **Quellen in Innenräumen**

VOC sind in Innenräumen praktisch immer nachweisbar. Bei geringen Konzentrationen sind keine gesundheitlichen Beeinträchtigungen zu erwarten. Je nach Verbindung und Empfindlichkeit der Bewohner können sie in erhöhten Konzentrationen jedoch zu Beschwerden führen. Diese reichen von Geruchsbelästigungen, Reizungen und Kopfschmerzen bis hin zu allergischen Reaktionen, Vergiftungen und Erbgutschädigungen.

Quellen für VOC in Innenräumen sind meist Baustoffe, die Raumausstattung oder Möblierung. Sie können zudem durch die Bewohner selbst eingetragen werden (z. B. Körperausdünstungen, Tabakgenuss, Reinigungsmittel, Kosmetika, Duftstoffe etc.) oder auch durch Lüftungsvorgänge in die Raumluf gelangen.

Erhöhte Konzentrationen sind oft nach der Erstellung eines Gebäudes oder Renovierungsarbeiten messbar, wenn neue Materialien (z.B. Anstriche, Lacke, Kleber, verleimte Holzwerkstoffe etc.) noch stark ausgasen. Üblicherweise verringern sich die VOC-Emissionen im Laufe der Zeit kontinuierlich. Wie lange mit relevanten Emissionen zu rechnen ist, hängt von der Art und Stärke der Quelle, dem Charakter der Verbindungen und den raumklimatischen Bedingungen (Lüftungsintensität, Temperatur, Feuchtigkeit) ab.

## **3. Ermittlung und Bestimmung des TVOC und der Einzelsubstanzen**

### **Probenahme zur Bestimmung von VOCs/TVOC**

Zur Bestimmung der VOC und des TVOC ist durch qualifizierte Fachpersonen für Raumlufqualität (RLQ), nach einem situativ adäquaten Probenahmekonzept, mit einer kalibrierten Probenahmepumpe, bei einer festgelegten Durchflussrate durch ein konditioniertes Probenahmeröhrchen mit dem Adsorbens TENAX TA<sup>®</sup>, ein der Fragestellung und Situation angepasstes Raumlufvolumen zu sammeln. Weil die Konzentration der VOC in der Raumluf von verschiedenen Randbedingungen, wie Lüftungsbedingungen, Luftdruck, Lufttemperatur und rel. Feuchte abhängig ist, sind diese Bedingungen bei der Probenahme zu dokumentieren.

Bei der Ermittlung und Probenahmen von VOC/TVOC in der Raumluf sind folgenden Normen zu berücksichtigen:

- SN EN ISO 16000-1: Innenraumlufverunreinigungen - Teil 1: Allgemeine Aspekte der Probenahmestrategie
- SN EN ISO 16000-5: Innenraumlufverunreinigungen - Teil 5: Probenahmestrategie für flüchtige organische Verbindungen (VOC) (ISO 16000-5:2007)
- ISO- 16000-6: Bestimmung von VOC in der Innenraumluf und in Prüfkammern, Probenahme auf Tenax TA<sup>®</sup>, thermische Desorption und Gaschromatographie mit MS oder MS-FID
- SN EN ISO 16000-32: Innenraumlufverunreinigungen - Teil 32: Untersuchung von Gebäuden auf Schadstoffe (ISO 16000-32:2014)

- SN EN ISO 16017-1: Innenraumluf, Aussenluft und Luft am Arbeitsplatz - Probenahme und Analyse flüchtiger organischer Verbindungen durch Sorptionsröhrchen/thermische Desorption/Kapillar-Gaschromatographie - Teil 1: Probenahme mit einer Pumpe (ISO 16017-1:2000)

#### *Hinweis:*

Auf die Probenahme, die Anforderungen an den Probenehmer (Fachperson für Raumlufqualität), dessen Nachweis der Weiterbildung und qualitätssichernde Massnahmen wird in weiteren Good Practice-Dokumenten oder Richtlinien detailliert eingegangen.

#### **Analyse von VOC Einzelsubstanzen im Labor**

Die Bestimmung der VOCs hat in einem für organische Verbindungen in der Luft erfahrenen, mit Vorteil akkreditierten Labor, zu erfolgen, welches regelmässig an Ringversuchen zur Bestimmung von VOC-Einzelsubstanzen in der Luft teilnimmt. Das Labor besitzt idealerweise eine Akkreditierung für die angefragte Methodik nach SN EN ISO 17025.

Die Auswahl der Verbindungen, die nachgewiesen und identifiziert werden müssen, richtet sich nach dem AgBB – Schema (3) und den thematischen Veröffentlichungen der AGÖF (Orientierungswerte) (4). Die identifizierten VOC-Substanzen müssen zudem zwingend die Verbindungen enthalten, für die vom deutschen Umweltbundesamt (UBA) Richtwerte erstellt wurden (5).

Die Bestimmungsgrenze der Laborequipments richtet sich nach den Erkenntnissen des UBA-Richtwerteschemas und soll sicher unterhalb von 1/10 des Richtwert I (RW I) der einzelnen Stoffe liegen (6). Respektive als harte Kalibrierungswerte für die Bestimmungsgrenzen sind es bei Toluol  $1.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$  und bei Butoxyethanol  $2.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

#### **Berechnung des TVOC**

Der Summenparameter für VOC wird als TVOC (Total Volatile Organic Compounds) bezeichnet. Er eignet sich als allgemeiner Indikator für die Gesamtmenge der in der Raumluf vorhandenen flüchtigen organischen Stoffen. Seine Bedeutung liegt darin, dass mit dem TVOC die durchschnittliche Konzentration in Innenräumen definiert werden kann, deren Überschreitung einen Hinweis auf das Vorhandensein von Quellen in Innenräumen gibt. In vielen Gebäudelabeln (siehe Kap. 4) wird der TVOC als Zielwert für eine erreichbare Konzentration in Neubauten verwendet.

Die Bestimmung des TVOC erfolgt nach ISO 16000-6 bzw. SN EN ISO 16017-1 durch Probenahme auf TENAX TA® und anschliessender thermischer Desorption und Gaschromatographie mit MS oder MS/FID. Mit der Festlegung auf die genannte Methode in diesem Dokument ist gewährleistet, dass die TVOC-Resultate von verschiedenen Laboren und Messinstituten vergleichbar sind. Somit sind keine anderen Methoden, wie z. B. die Bestimmung mittels Aktivkohle nach der zurückgezogenen Norm VDI 4300 Blatt 6 oder über eine passive Probenahme, zu verwenden.

Anders als bei der Bestimmung von einzelnen Stoffen in der Raumluf, ist beim TVOC nicht auf Anhieb klar, wie aus den Ergebnissen der Einzelsubstanzen der Summenwert gebildet wird. Beim Vergleich von TVOC-Werten muss deshalb unbedingt beachtet werden, wie diese gemessen und berechnet wurden. In der analytischen Praxis existieren unter Bezug auf die Definition der VOC nach ECA (n-Hexan bis n-Hexadecan) folgende beiden Methoden zur Berechnung des TVOC (7):

1. **Berechnung gemäss ISO 16000-6:** Es wird nach der gaschromatographischen Trennung ohne Berücksichtigung der Konzentrationen der Einzelsubstanzen die entsprechende Fläche unter dem Chromatogramm betrachtet. Auf der Basis des Responsefaktors von Toluol wird aus dieser Fläche die TVOC-Konzentration berechnet. In Analysenberichten wird dieser Wert üblicherweise als «TVOC über Toluol» oder als «TVOC in Toluol-Äquivalenten» bezeichnet. Diese Verfahren stellt die einfachste Methode der Summenbildung dar. Allerdings ist die TVOC-Angabe in Toluol-Äquivalenten nur halbquantitativ, da einzelne Verbindungen in der Mischung Responsefaktoren aufweisen können, die weit von dem des Toluols abweichen können.
2. **Berechnung gemäss ECA (2) und Seifert (8):** Es werden nach gaschromatographischer Trennung die Konzentrationen der einzelnen identifizierten Verbindungen unter Verwendung des jeweils für sie gültigen Ansprechfaktors mittels externer Standards ermittelt und aufsummiert. Zusätzlich wird die Fläche der noch nicht quantifizierten Verbindungen betrachtet. Mit Hilfe des Ansprechfaktors von Toluol wird die Konzentration der noch nicht quantifizierten Verbindungen errechnet. Die Summe der Konzentrationen beider Gruppen stellt den Zahlenwert für den Summenparameter dar. Mit dieser Methode ist bei Mischungen mit einem geringen Anteil nicht identifizierter Verbindungen eine Annäherung an die tatsächliche Summenkonzentration am besten möglich. In der Praxis hat sich diese Berechnungsart deshalb weitgehend durchgesetzt.

Diese FAGES – Good Practice definiert den TVOC in Anlehnung an ECA und Seifert mit einigen Erweiterungen und Präzisierungen folgendermassen:

«Der TVOC wird definiert als die Summe der identifizierten VOC-Substanzen, die anhand von Einzelstandards quantifiziert werden und die Summe der nicht identifizierten („unbekannten“) Substanzen, die auf einer unpolaren Säule im Gaschromatographen zwischen n-Hexan und n-Hexadekan eluieren und als Toluoläquivalent quantifiziert werden.

Die Summe der identifizierten Verbindungen soll mindestens  $\frac{2}{3}$  des TVOC ausmachen, wenn dieser grösser  $1'000 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ist. Falls dieser Anteil nicht erreicht wird, muss in Rücksprache mit dem Analyselabor die Gründe für die Abweichung eruiert werden.»

#### 4. Bewertungsschemata TVOC

Der TVOC-Wert ist ein Indikatorwert für die Gesamtsituation der Luftqualität und eignet sich allein stehend nicht für eine allfällige gesundheitliche Bewertung. Es muss deshalb zwischen einer orientierenden hygienischen Beurteilung der Raumlufthqualität (z. B. für Gebäudelabel) und einer sachverständigen Beurteilung bei Beschwerdefällen unterschieden werden.

In den folgenden Abschnitten sind einige mögliche Bewertungsschemata auf der Basis des TVOC-Werts zur Einstufung der Raumlufthqualität hinsichtlich hygienischer Aspekte aufgeführt. Auf das Vorgehen bei Beschwerdefällen (Bewertung von Einzelsubstanzen) wird im folgenden Kapitel 5 eingegangen.

Die Richtwerte zu TVOC, Einzelsubstanzen und Substanzgruppen beziehen sich auf die in der anzuwendenden Norm festgelegten Randbedingungen.

##### Hygienische Beurteilung der Raumlufthqualität, Ansatz nach Seifert

Hygienisch lässt sich die Luft relativ einfach nach dem TVOC-Konzept beurteilen, welches ein verfeinertes 5-Stufenmodell auf der Basis von Seifert (8) darstellt. Die Verfeinerung des Modells wurde vom Deutschen Umweltbundesamt (UBA) veröffentlicht (5). Dieses Modell ist jedoch mit Vorsicht anzuwenden, da es bedingt, dass keine toxikologisch begründeten Richtwerte für Einzelsubstanzen überschritten sind.

Tab. 2 TVOC- Beurteilungsstufen gemäss (5)

Stufe	TVOC-Werte	Beurteilung
1	<300 µg/m <sup>3</sup>	Hygienisch unbedenklich, Zielwert.
2	>300 µg/m <sup>3</sup> - 1'000 µg/m <sup>3</sup>	Hygienisch noch unbedenklich, erhöhter Lüftungsbedarf.
3	>1'000 µg/m <sup>3</sup> - 3'000 µg/m <sup>3</sup>	Hygienisch auffällig, befristet (<12 Monate) als Obergrenze für Räume, die für einen längerfristigen Aufenthalt bestimmt sind.
4	>3'000 µg/m <sup>3</sup> - 10'000 µg/m <sup>3</sup>	Hygienisch bedenklich, Raum befristet (maximal 1 Monat) und bei verstärkter Lüftung nutzbar.
5	>10'000 µg/m <sup>3</sup>	Hygienisch inakzeptabel. Die Raumnutzung ist allenfalls vorübergehend täglich (stundenweise) und bei Durchführung verstärkter regelmässiger Lüftungsmassnahmen zumutbar.

Grundsätzlich wird das oben aufgeführte 5-Stufenmodell vom FAGES zur hygienischen Beurteilung von Innenräumen verwendet. Dieses Modell hat jedoch den Nachteil, dass es die unterschiedlichen Nutzungsformen von Räumen in der Bewertung nicht (oder nur teilweise) berücksichtigt. Aus diesem Grund wird im nächsten Abschnitt ein differenzierteres Bewertungsschema aufgeführt, welches verschiedene Raumnutzungen berücksichtigt.

### Hygienische Beurteilung, Ansatz nach VDI 6022 Blatt 3

Die Lüftungshygiene-Richtlinienreihe VDI 6022 wurde im Juli 2011 mit Blatt 3 ergänzt, welches zur Beurteilung der Raumlufqualität für verschiedener Raumluf-Klassen (RAL) ausgelegt ist und zudem als Nachweis für gesundheitlich zuträgliche Raumlufqualität dienen soll. Diese Richtlinie wurde für mit raumluftechnischen Anlagen ausgerüstete Räume entwickelt, kann sinngemäss aber auch für Räume ohne entsprechende Anlagen verwendet werden.

Um bei Reklamationen von Nutzenden bezüglich der Raumlufqualität strukturiert zu ermitteln, beschreibt diese Richtlinie ein Stufenmodell, welches mit jeder Stufe die Ermittlung hinsichtlich der Raumlufqualität verfeinert:

- Stufe 1: CO<sub>2</sub>, Luftfeuchte, Lufttemperatur
- Stufe 2: Zusätzlich Feinstaub, CO, Radon und **TVOC**
- Stufe 3: Zusätzlich je nach Situation **VOC-Einzelsubstanzen/-Substanzgruppen**, Formaldehyd, SO<sub>2</sub>, Schimmelpilze und weitere Allergene

Tab. 3: Bewertung des TVOC: Beurteilungsstufe 2 nach VDI 6022 Blatt 3

Klasse	Raumluftqualität (RLQ)	Nutzung	Typische Anwendungen	Beurteilungswert
RAL 1	hoch	Räumen, die von Personen mit erhöhtem Hygienebedarf genutzt werden.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Intensiv- oder Pflegeräume</li> <li>• Räume für Hypersensible, wie MCS, CFS</li> </ul>	≤300 µg/m <sup>3</sup>
RAL 2	mittel / normal	Räume für den dauerhaften Aufenthalt von Personen.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Räume in Seniorenhäusern, Kindergärten</li> <li>• Wohn- und Arbeitsräume in Neubauten oder renovierten Räumen, bei denen die Renovierung auch die Raumluftechnik, bzw. Raumlufqualität betrifft.</li> </ul>	≤300 µg/m <sup>3</sup>
RAL 3	mässig / moderat	Räume für den dauerhaften Aufenthalt von Personen.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Räume mit raumluftechnischen Anlagen im Bestand und keinen Änderungen im Raum, die zu einer Luftqualitätsveränderung führen.</li> </ul>	≤1'000 µg/m <sup>3</sup>
RAL 4	niedrig	Räume für kurzzeitigen Aufenthalt	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lagerräume, Korridore, Treppenhäuser und Nebenräume</li> </ul>	≤3'000 µg/m <sup>3</sup>

Wenn eine signifikante Beschwerdeprävalenz und die entsprechenden Verdachtsmomente vorliegen oder infrage kommen, sind Untersuchungen gemäss Stufe 3 durchzuführen. Für diese Stufe sind Beurteilungswerte für Ozon, NO<sub>2</sub>, Formaldehyd sowie verschiedene Schimmelpilze und weitere Allergene festgelegt. Daneben bestehen auch für 12 VOC- Einzelsubstanzen oder Substanzgruppen Beurteilungswerte, welche sich an den Vorsorgerichtwerten des UBA orientieren.

### TVOC als Qualitätskriterium bei Gebäudelabeln

Ein integraler Bestandteil vieler Gebäudelabel ist die Verwendung von emissionsarmen Baumaterialien, die eine einwandfreie Innenraumlufqualität in den zertifizierten Gebäuden sicherstellen soll. Innerhalb von 30 Tage nach Abschluss der Bauarbeiten ist die Raumlufqualität mittels Messungen zu überprüfen. Zur Bewertung der Raumlufqualität wird dabei üblicherweise der TVOC-Wert betrachtet.

Die Anforderungen an die Probenahme sowie die maximal tolerierbaren TVOC-Werte unterscheiden sich von Label zu Label. Die folgende Tabelle 4 gibt einen Überblick über die Anforderungen der meistverwendeten Gebäudelabel.

Tab. 4 Übersicht TVOC-Anforderungen ausgewählte Gebäudelabel (Stand März 2022)

Gebäudelabel	SGNI / DGNB	LEED	Minergie-ECO	SNBS <sup>1</sup>
TVOC-Grenzwert	< 3'000 µg/m <sup>3</sup> je tiefer, desto mehr Label-Punkte	< 500 µg/m <sup>3</sup>	< 1'250 <sup>2</sup> µg/m <sup>3</sup>	< 1'250 µg/m <sup>3</sup>
Probenahme-Methode	ISO 16000-6	ISO 16000-6	ISO 16000-6	ISO 16000-6
Berechnung TVOC	ISO 16000-6 (Toluol-Äquivalente)	ISO 16000-6 (Toluol-Äquivalente)	ECA Report Nr. 19	ECA Report Nr. 19
Anforderungen Labor	Akkreditiert nach SN EN ISO 17025	Akkreditiert nach SN EN ISO 17025	Akkreditiert nach SN EN ISO 17025	Akkreditiert nach SN EN ISO 17025
Anforderungen Probennehmer	Keine	Keine	S-Cert Zertifizierung "Probenahmestellen für Raumlufmes- sungen"	S-Cert Zertifizierung "Probenahmestellen für Raumlufmes- sungen"

Daneben bestehen weitere Labels, die sich ebenfalls an einem TVOC-Grenzwert orientieren (nicht abschliessende Liste):

- BNB (Assessment System for Sustainable Building; Internationaler Standard aus Deutschland)
- BREEAM (British Research Establishment Environmental Assessment Method)
- GI (Gutes Innenraumklima)
- HQE (Haute Qualité Environnementale; Greenbuilding France)
- PEB (Pre-Engineered Building),
- WELL (WELL Building Standard; des amerikanischen IWBI – International WELL Building Institut)

<sup>1</sup> Bei den Messbedingungen wird explizit auf die aktuellen Minergie-ECO Vorschriften verwiesen.

<sup>2</sup> Inkl. Messunsicherheit

## 5. Gesundheitliche Bewertung von Einzelsubstanzen

Der TVOC-Wert eignet sich nur beschränkt für eine allfällige gesundheitliche Bewertung der Innenraumluft, weshalb bei einer toxikologischen Bewertung zwingend eine Einzelsubstanz- resp. Substanzgruppenbetrachtung durchzuführen ist. Die Ergebnisse dieser detaillierten Betrachtung sind höher zu gewichten als der TVOC.

### Grenz- und Richtwerte für die Innenraumluft von Aufenthaltsräumen

Mit Ausnahme eines Richtwerts für Formaldehyd (9) bestehen in der Schweiz keine Grenz- und Richtwerte für Fremdstoffe in der Innenraumluft in Wohn- und Aufenthaltsräumen. Daher müssen zur Bewertung primär die toxikologisch begründeten Richtwerte des deutschen Umweltbundesamts (UBA) in Berlin (6) oder die Richtwerte der WHO (10) herangezogen werden. Obwohl diese Richtwerte nicht von einer schweizerischen Institution herausgegeben werden, repräsentieren diese den Stand der Technik, und können zur Bewertung von Einzelsubstanzen und Substanzgruppen herangezogen werden. Die Richtwerte des UBA dürften rechtlich ähnlich wie die Einhaltung von SIA Normen gewichtet werden (11).

Die Richtwerte des UBA decken jedoch nur einen geringen Teil des VOC-Substanzspektrums ab. Beim Fehlen dieser Werte können die Orientierungswerte der AGÖF (4) zur Beurteilung herangezogen werden. Die Orientierungswerte der AGÖF sind statistische Auffälligkeitswerte. Sie zeigen, ab welcher Konzentration eine Substanz im Vergleich mit üblichen Innenräumen statistisch auffällig ist. Die Orientierungswerte basieren somit nicht auf toxikologisch hergeleiteten Daten. Aus diesem Grund dürfen die Orientierungswerte ohne zusätzlichen Beizug von toxikologischen Grunddaten, Geruchsschwellenwerten etc. nicht zur Bewertung einer möglichen Gesundheitsgefährdung durch die Raumlufqualität herangezogen werden.

### Maximal zulässige Arbeitsplatz-Konzentrationswerte

Zum Schutz von Arbeitnehmern, die berufsbedingt mit gefährlichen Stoffen umgehen, sind Grenzwert festgelegt, welche Arbeitsstoffes hinsichtlich Höhe, Dauer und Häufigkeit pro Arbeitstag oder Schicht begrenzen (12). Solche maximale Arbeitsplatzkonzentrationswerte gibt es auch für einzelne VOCs und werden in der Schweiz von der Suva (Schweizerische Unfallversicherungsanstalt) als aktuelle MAK- und BAT-Werte gelistet. An Arbeitsplätzen sind diese Werte zwingend einzuhalten. Für Büroräume und andere Räume in denen nicht arbeitsbedingt mit gefährlichen Stoffen umgegangen wird, werden hingegen die toxikologisch definierten Richtwerte für die Innenraumluft zur Bewertung verwendet. Somit sind die MAK- und BAT-Werte für die Beurteilung von Wohnräumen, Räumen mit wohnähnlicher Nutzung, Arbeitsräumen, welche nicht zum Umgang mit gefährlichen Stoffen bestimmt sind und öffentlich zugänglichen Räumen grundsätzlich nicht geeignet.

### Ergänzungen zur Analyse von weiteren Luftfremdstoffen

Ergänzend wird darauf hingewiesen, dass einige flüchtige organische Verbindungen bei der Probenahme mit TENAX TA<sup>®</sup> nicht vollständig erfasst werden. Als typische Vertreter ist hier die Essigsäure zu nennen. Diese Verbindung wird lediglich semiquantitativ über TENAX TA<sup>®</sup> erfasst. Die Bestimmung der Essigsäure über TENAX TA<sup>®</sup> führt tendenziell zu Minderbefunden. Besteht ein konkreter Verdacht bezüglich dieser Verbindung (z. B. geruchliche Auffälligkeiten oder bei Holzbauten) kann die Konzentration in der Raumluf mit der Probenahme auf Silikagel zuverlässiger quantifiziert werden.

Bei der Bestimmung von Einzelsubstanzen, bei denen TENAX TA® nur bedingt oder nicht geeignet ist (z. B. Essigsäure, Isothiazolinone, bestimmte Aldehyde, chlorierte Kohlenwasserstoffe), sind somit alternative Methoden zu verwenden. Dabei sind die entsprechenden Normen, wie beispielsweise VDI 4301 Blatt 7 (Bestimmung von Carbonsäuren über Silikagel), ISO 16000-3 (Bestimmung von Aldehyden über DNPH) oder VDI 2100-1 (Bestimmung von CKW über Aktivkohle) zu beachten.

## 6. Referenzen

1. **WHO.** Indoor Air Quality: organic pollutants. Euro Reports and Studies No. 111. [Online] 1989. [https://www.euro.who.int/\\_\\_data/assets/pdf\\_file/0010/156970/euro\\_series\\_78.pdf](https://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0010/156970/euro_series_78.pdf).
2. **ECA.** Indoor Air Quality and its Impact on Man: Total Volatile Organic Compounds (TVOC) in Indoor Air Quality Investigations. [Hrsg.] Ispra EC Joint Research Centre. *Report No. 19.* 1997.
3. **Ausschuss zur gesundheitlichen Bewertung von Bauprodukten (AgBB).** Vorgehensweise bei der gesundheitlichen Bewertung der Emissionen von flüchtigen organischen Verbindungen (VVOC, VOC und SVOC) aus Bauprodukten. [Online] 2015. [https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/355/dokumente/agbb-bewertungsschema\\_2015\\_2.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/355/dokumente/agbb-bewertungsschema_2015_2.pdf).
4. **Arbeitsgemeinschaft Ökologischer Forschungsinstitute e.V.** AGÖF-Orientierungswerte für flüchtige organische Verbindungen in der Raumluft. [Online] 28. 11 2013. [https://www.agoef.de/fileadmin/user\\_upload/dokumente/orientierungswerte/AGOEf-VOC-Orientierungswerte-2013-11-28.pdf](https://www.agoef.de/fileadmin/user_upload/dokumente/orientierungswerte/AGOEf-VOC-Orientierungswerte-2013-11-28.pdf).
5. **Ad-hoc-Arbeitsgruppe der Innenraumlufthygiene-Kommission des Umweltbundesamts.** Beurteilung von Innenraumluftkontaminationen mittels Referenz- und Richtwerten. *Bundesgesundheitsblatt 50.* 2007, S. 990-1005.
6. **Ausschuss für Innenraumrichtwerte (AIR) des Umweltbundesamtes.** Abgeleitete Richtwerte I und II des AIR für Schadstoffe in der Innenraumluft. [Online] 7. Januar 2022. [https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/4031/bilder/dateien/0\\_ausschuss\\_fuer-innenraumrichtwerte\\_empfehlungen\\_und\\_richtwerte\\_mikro\\_20220107.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/4031/bilder/dateien/0_ausschuss_fuer-innenraumrichtwerte_empfehlungen_und_richtwerte_mikro_20220107.pdf).
7. **Arbeitskreis Innenraumluft BMNT.** Bewertung der Innenaumluft, Flüchtige organische Verbindungen - VOC, Summenparameter. [Online] 2007. [https://www.bmk.gv.at/themen/klima\\_umwelt/luft/innenraum/rl\\_luftqualitaet.html](https://www.bmk.gv.at/themen/klima_umwelt/luft/innenraum/rl_luftqualitaet.html).
8. **Seifert, B.** Richtwerte für die Innenraumluft. Die Beurteilung der Innenraumluftqualität mit Hilfe der Summe der flüchtigen organischen Verbindungen (TVOC-Wert). *Bundesgesundheitsbl.- Gesundheitsforschung-Gesundheitsschutz.* 1999, S. 270-278.
9. **BAG, Bundesamt für Gesundheit.** Formaldehyd. [Online] [Zitat vom: 30. 03 2022.] <https://www.bag.admin.ch/bag/de/home/gesund-leben/umwelt-und-gesundheit/chemikalien/chemikalien-a-z/formaldehyd.html>.
10. **WHO.** WHO guidelines for indoor air quality: selected pollutants. [Online] 2010. [https://www.euro.who.int/\\_\\_data/assets/pdf\\_file/0009/128169/e94535.pdf](https://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0009/128169/e94535.pdf).
11. **Rothweiler, H. und Conrad, C.** Exkurs Innenraumbelastungen in Wohn- und Aufenthaltsräumen. [Buchverf.] Griffel A. et al. *Fachhandbuch öffentliches Baurecht.* s.l. : Schulthess Verlag Zürich, 2016.
12. **Suva.** Grenzwerte - Aktuelle MAK- und BAT-Werte. [Online] [Zitat vom: 17. März 2022.] <https://www.suva.ch/de-CH/material/Richtlinien-Gesetzestexte/grenzwerte-am-arbeitsplatz-aktuelle-werte#gnw-location=%2F>.