

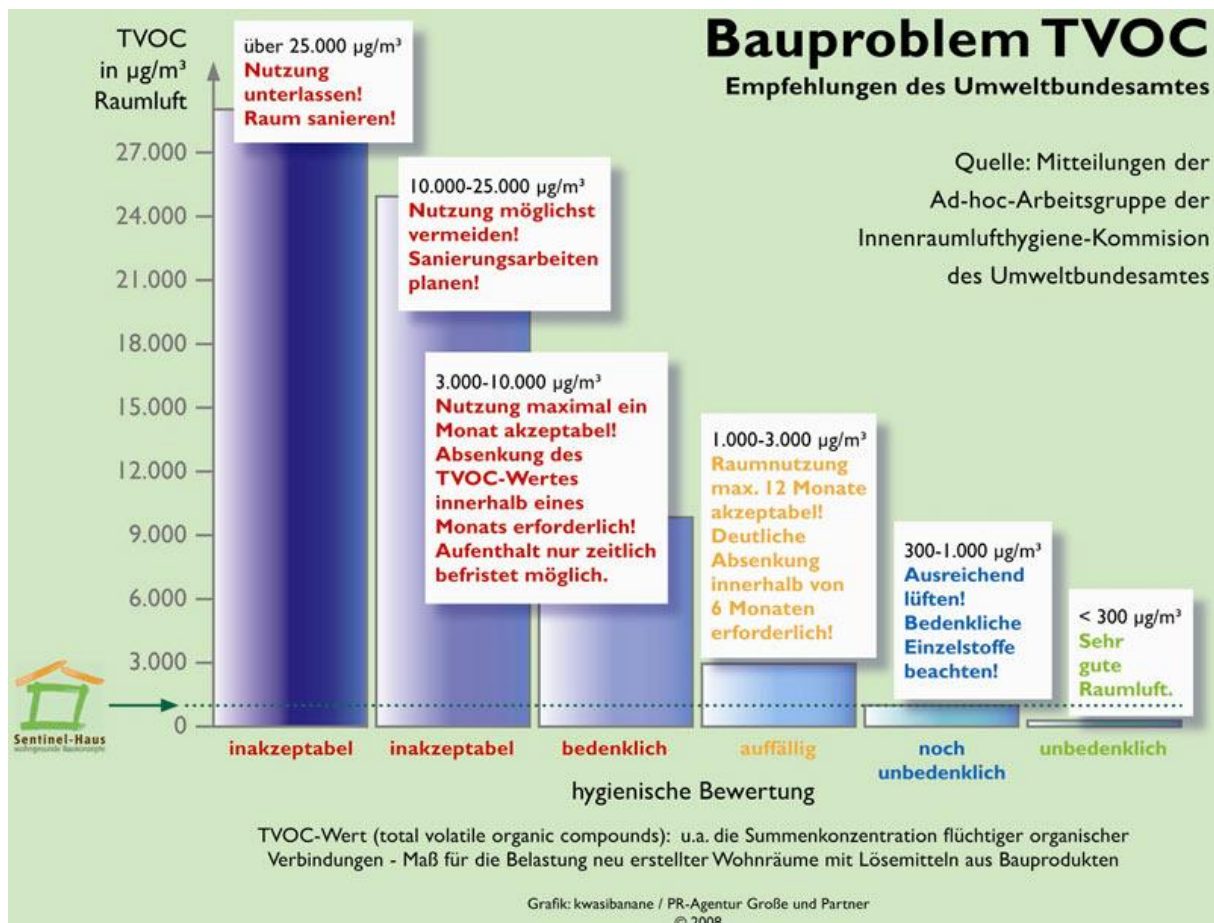
## Raumschadstoffe VOCs

Massives Zunehmen von Sickbuilding in Wohnungen, Büros, Schulen, Kindergärten führte zu einer Sensibilisierung der Öffentlichkeit.

Während die gesundheitlichen Risiken von Formaldehyd bereits seit Jahren bekannt sind, besteht noch immer eine gewisse Uneinigkeit bzgl. der Gesundheitsgefährdung durch zahlreiche VOCs.

Zunehmend wurde aber bereits seitens der Medizin das hohe Belastungspotential durch VOCs für die zunehmende Zahl von Allergikern (über 25 % in Deutschland) erkannt und werden Allergiker bewusst auf die Minimierungs –Notwendigkeit von Emissionen generell bei der Auswahl von Wohnraum verwiesen.

Das führte unter anderem aber auch zur Erstellung der „Empfehlungen“ für Innenraumluft des Bundesumweltamtes – welche zwar nur einen „empfehlenden“ Charakter besitzt – zunehmend aber auch bei öffentlichen Gebäuden – aber auch im privaten Wohnungsbau (Sentinel-Haus® ) Beachtung findet.



VOC ist die Abkürzung für „volatile organic compounds“ – dies bedeutet flüchtige organische Substanzen.

Sie weisen einen Siedepunkt von 60 bis 250 Grad C auf, die bekanntesten Verbindungen davon sind Alkane, Alkene, Aromaten, Terpene, Halogenkohlenwasserstoffe, Ester, Aldehyde und Ketone.

Die „Toxizität“ (Giftigkeit) von VOCs ist äußerst unterschiedlich – so zählt beispielsweise auch das krebserregende Benzol zu diesen Raumschadstoffen.

Daneben gehören auch zahlreiche wesentlich „harmlosere VOCs“, natürlichen Ursprungs dazu (z.B. Terpene aus natürlichen Harzen, Naturölen, Naturfarben), die aber in höherer Konzentration durchaus ebenso gesundheitsschädlich bzw. allergen wirken können.

Bei Raumluftbewertungen spricht man meist von TVOC (total volatile organic compounds) – dies bedeutet das Heranziehen eines Summenwertes, für den es seit 2007 Empfehlungen des Bundesumweltamtes bezüglich „Höchstwerte“ gibt.

Bislang gibt es keine gesetzlich verbindlichen Bemessungsgrenzen für die Gesamtheit der Schadstoffemissionen aus TVOC (Total Volatile Organic Compounds) in Innenräumen.

Nach wie vor werden die Methoden und Grenzwerte nach Molhave und Seifert in den Gutachten bzw. Untersuchungen verwendet.

Diese „Summen“ Wertempfehlungen berücksichtigen aber nicht grundsätzlich die unterschiedliche Toxizität, das Allergenpotential der einzelnen VOCs speziell, sondern orientieren sich auf Erfahrungswerten durchschnittlicher „Mischverhältnisse“.

Bei der gesundheitlichen Bewertung sind daher stets- unabhängig vom TVOC Summenwert Wert die Einzelkomponenten zu betrachten und deren Toxizität bzw. allergenes Potential im Kontext mit der vorhandenen Konzentration separat zu bewerten.

### **Zusammenfassung für den Wohnungsbau**

Nach wie vor fehlen umfassende wissenschaftliche Langzeitergebnisse über die Toxizität der meisten VOCs, vor allem aber auch wirklich daraus abgeleitete Grenz- und Richtwerte – dies betrifft vor allem auch die in vielen natürlichen Produkten enthaltenen Terpene.

Nur bei wenigen ist eine Toxizität nachgewiesen – bei zahlreichen aber die irritativen und allergenen Auswirkungen

Beispiel:

Zwei toxikologisch relevante Enantiomere:

(+)- $\alpha$ -Pinen

(-)- $\alpha$ -Pinen

Umfangreiche Studien des Helmholtz-Institutes Leipzig UFZ beweisen vor allem eine extrem hohe Anfälligkeit von Säuglingen, Kleinkindern auf VOCs in Innenräumen allgemein mit entsprechenden Langzeitfolgen. <https://ufz.helmholtz.de/index.php?de=1448>

Andererseits wird gerade einzelnen Terpenen bei entsprechender Dosis aber auch – vor allem bei Herz-Kreislaufkrankungen – (bei Nichtallergikern!) sogar eine positive Auswirkung nachgesagt (Zirbelkieferstudie, Joanneum Graz).

*„Gut erkennbar ist ein Absinken der Herzrate in Ruhephase 1 mit gleichzeitiger Absenkung der vegetativen Balance in Richtung Vagotonie (Entspannung)“.*

[Zirbe fürs Wohlbefinden \(Endbericht\)](#)

[http://www.zirbe.info/Anbieter/?download=Wohlbefinden\\_Endbericht.pdf](http://www.zirbe.info/Anbieter/?download=Wohlbefinden_Endbericht.pdf)



Teilweise ergaben sich offensichtlich VOC Konzentrationen, die entsprechend den Empfehlungen des Bundesumweltamtes eine durchgehende Nutzung der Räume in der jeweiligen Ausführungsphase nicht erlauben würde.

Insgesamt gilt es aber aus diesen Erkenntnissen abzuleiten, auch bei Lüftungstechnisch optimierten Gebäuden möglichst emissionsarme Produkte zu verwenden.

**Wie das Forschungsprojekt des Sentinel-Haus Instituts Freiburg mit der Bundesstiftung Umwelt und auch Folgeprojekte insgesamt bewiesen hat, ist es durchaus möglich – sowohl in Holzhäusern- als auch in Massivgebäuden VOC Konzentrationen weit unterhalb der Empfehlung von 1000 µg/m<sup>3</sup> zu erstellen,**  
[http://www.sentinel-haus.eu/fileadmin/downloads/doc/3\\_Factsheet\\_Haus\\_pbneu.doc](http://www.sentinel-haus.eu/fileadmin/downloads/doc/3_Factsheet_Haus_pbneu.doc)

so dass entsprechende Aufklärung der Bauwirtschaft keineswegs Panikmache, sondern vielmehr eine diskussionsoffene Auseinandersetzung mit derzeit vorhandenen und vielfach zitierten offiziellen Empfehlungen darstellt.

## Beispiel Sentinel-Häuser

**Zertifiziertes Wohnhaus in Hamburg**



Fertigstellung 2007  
 Holzständerkonstruktion mit Komfortlüftung  
 Bruttogeschossfläche: 250 m<sup>2</sup>

Architekt: Neue Baukultur GmbH, Hamburg  
 Erstellt nach dem Sentinel-Haus®-Konzept

Messauszug Chemie:  
 Werte in µg/m<sup>3</sup>

Verbindung	Max	GI-Zertifikatswert
Formaldehyd	<b>20</b>	60
TVOC	<b>74</b>	1000

**SV CERT** **GI** GEFÜHLE INNE RAUMKLIMA

Forschungsprojekt von **gefördert von der Bundesstiftung Umwelt**

Blatt 39 08.12.2008 08:39

## Beispiel Sentinel-Häuser

**Mehr - Familienhaus in Freiburg**

**inklusive einer Probewohnung**

- ▣ 4-geschossig
- ▣ KfW 40
- ▣ ca. 1100 m<sup>2</sup>
- ▣ Bauzeit von Januar 06 bis Juli 06
- ▣ 24 Bewohner als Baugruppe
- ▣ gesundheitliche Aspekte für 2 Familien
- ▣ Mehrkosten Wohngesundheit ca. 5%



**Leistungen durch das Sentinel-Haus Institut**  
 Moderation der Baugruppe  
 Qualifizierung der Bauunternehmen  
 Projektleitung Marketing/PR  
 Wissenschaftliche Projektleitung

Planung: Dipl.-Ing. Ralf Vogel  
 Umsetzung: Zimmererei Grünspecht, Freiburg

**TVOC= 194 µg/m<sup>3</sup>**  
**Formaldehyd= 34 µg/m<sup>3</sup>**

**DBU** Deutsche Bundesstiftung Umwelt

Forschungsprojekt von **gefördert von der Bundesstiftung Umwelt**

Blatt 38 08.12.2008 06:41

Zahlreiche Kommunen überprüfen zwischenzeitlich Neubauten vor der „Abnahme“ auf die Qualität der Innenraumluft.

Insgesamt unterscheiden wir bei den raumluftrelevanten organischen Verbindungen zwischen:

Verbindung	Beispiel	Siedepunktbereich
VVOC (leichtflüchtige organische Verbindungen)	z.B. Formaldehyd Retentionsbereich < C6 (n-Hexan)	50 bis 100°C
VOC (volatile organic compounds)	viele Lösemittel Retentionsbereich C7-C16	60 bis 260°C
SVOC (schwer flüchtige organische Verbindungen)	Weichmacher Retentionsbereich > C17 (n-Hexadekan) bis C22(n-Docosan)	260 bis 400°C
POM, PAK (staubgebundene organische Verbindungen)	aus Bitumen	> 380°C
MVOC (microbial volatile organic compounds)	v.a. gebildet von Schimmel	

## Hinweise zu schwer flüchtigen organischen Substanzen:

**SVOC (Semi Volatile Organic compounds)** = schwer flüchtige organische Substanzen –

Sie können langfristig die Innenraumluft belasten und stehen auch im Verdacht, Mitverursacher des „Fogging-Effektes“ zu sein.

Diese schwer flüchtigen organischen Verbindungen spielen unter anderem beim Fogging-Phänomen eine entscheidende Rolle.

Deren Ausgasung erfolgt weniger stark, dafür über einen längeren Zeitraum, oft über ein bis zwei Jahre und teilweise noch wesentlich länger.

Zu diesen Verbindungen zählen u.a.:

**langkettige Alkane:** Heptadecan bis Pentatriacontan (C17 bis C35)

**Fettalkohole:** Tetradecanol, Hexadecanol, Octadecanol

**Fettsäuren:** Palmitinsäure, Stearinsäure, Ölsäure, Linolsäure, Linolensäure

**Fettsäureester:** Methylpalmitat, Methylstearat, Butylpalmitat, Cetylpalmitat, Stearylpalmitat

**Phthalsäureester:** Dimethyl-, Dibutyl-, Diisobutyl-, Benzylbutyl-, Bis(2-ethylhexyl)- und Dioctylphthalat

**Glykolverbindungen** Polyethylenglycole, Propylenglykol u.a.

**Sonstige:** Adipate, Sebacate, Triterpene, Terephthalate, Squalen, Siloxaneoben

Quellen für SVOC Emissionen können unter anderem sein:

- phosphororganische Flammschutzmittel aus vielen elektronischen Geräten
- Phthalate (Weichmacher in zahlreichen Kunststoffen)
- Topfkonservierer und andere Biozide (Farben, Lacke, Kleber)
- Pyrethroide und andere Biozide (Holzschutz, Insektensprays, Teppiche)
- Glykolverbindungen (manche davon reproduktionstoxisch) in zahlreichen Klebern und auch in vielen sogenannten und sogar „ausgezeichneten“ lösemittelfreien Farben

## Auflistung relevanter VOCs nach AGÖF

Stoffname	CAS
-----------	-----

### Alkane

n-Hexan	110-54-3
n-Heptan	142-82-5
n-Oktan	111-65-9
n-Nonan	111-84-2
n-Decan	124-18-5
n-Undecan	1120-21-4
n-Dodecan	112-40-3
n-Tridecan	629-50-5
n-Tetradecan	629-59-4
n-Pentadecan	629-62-9
n-Hexadecan	544-76-3
n-Heptadecan	629-78-7
n-Octadecan	593-45-3
n-Nonadecan	629-92-5
n-Eicosan	112-95-8
2-Methylpentan	107-83-5
3-Methylpentan	96-14-0
3-Methylhexan	589-34-4
2,2,4-Trimethylpentan (Isooctan)	540-84-1
2,2,4,6,6-Pentamethylheptan	13475-82-6
2,2,4,4,6,8,8-Heptamethylnonan	09.04.4390

### Cycloalkane

Cyclohexan	110-82-7
Methylcyclopentan	96-37-7
Methylcyclohexan	108-87-2

### Alkene

1-Octen	111-66-0
1-Nonen	124-11-8
1-Decen	872-05-9
1-Undecen	821-95-4
trimeres Isobuten	7756-94-7
4-Vinylcyclohexen	100-40-3
4-Phenylcyclohexen	4994-16-5

Stoffname	CAS
-----------	-----

### Aromaten

Benzol	71-43-2
Toluol	108-88-3
Ethylbenzol	100-41-4
m,p-Xylol	108-38-3/
o-Xylol	95-47-6
n-Propylbenzol	103-65-1
Isopropylbenzol	98-82-8
2-Ethyltoluol	611-14-3
3-Ethyltoluol	620-14-4
4-Ethyltoluol	622-96-8
1,2,3-Trimethylbenzol	526-73-8
1,2,4-Trimethylbenzol	95-63-6
1,3,5-Trimethylbenzol	108-67-8
1,2,4,5-Tetramethylbenzol	95-93-2
n-Butylbenzol	104-51-8
p-Cymol	99-87-6
1,3-Diisopropylbenzol	99-62-7
1,4-Diisopropylbenzol	100-18-5
Naphtalin	
Styrol	100-42-5
Phenol	108-95-2
2,6-Di-tert.-butyl-4-methylphenol (BHT)	128-37-0
Benzothiazol	95-16-9
Indan	496-11-7

### Halogenkohlenwasserstoffe

Tetrachlormethan	56-23-5
1,1,1-Trichlorethan	71-55-6
Trichlorethen (Tri)	79-01-6
Tetrachlorethen (Per)	127-18-4
1,2-Dichlorbenzol	95-50-1
1,4-Dichlorbenzol	106-46-7

Stoffname	CAS
-----------	-----

### Alkohole

2-Propanol (Isopropanol)	67-63-0
1-Butanol	71-36-3
Isobutanol (2-Methyl-1-propanol)	78-83-1
Isoamylalkohol (3-Methyl-1-butanol)	123-51-3
1-Pentanol	71-41-0
1-Hexanol	111-27-3
2-Ethyl-1-Hexanol	104-76-7
1-Octen-3-ol	3391-86-4
Benzylalkohol	100-51-6

### Terpene

alpha-Pinen	80-56-8
beta-Pinen	127-91-3
delta-3-Caren	13466-78-9
Limonen	138-86-3
beta-Linalool	78-70-6
Campher	76-22-2
Camphen	79-92-5
Eucalyptol	470-82-6
Menthol	89-78-1
alpha-Terpinen	99-86-5
gamma-Terpinen	99-85-4
Borneol	507-70-0
Isolongifolen/ Isolongicyclen	1135-66-6
Longifolen	475-20-7
Verbenon	1196-01-6
beta-Caryophyllen	87-44-5
beta-Citronellol	106-22-9

Stoffname	CAS
-----------	-----

### Aldehyde

Formaldehyd	50-00-0
Acetaldehyd	75-07-0
Propanal	123-38-6
n-Butanal	123-72-8
n-Pentanal	110-62-3
n-Hexanal	66-25-1
n-Heptanal	111-71-7
n-Octanal	124-13-0
n-Nonanal	124-19-6
n-Decanal	112-31-2
Benzaldehyd	100-52-7
Furfural	98-01-1

### Ketone

2-Butanon (Methylethylketon MEK)	78-93-3
2-Hexanon (Methylbutylketon MBK)	591-78-6
4-Methyl-2-pentanon (Methylisobutylketon MIBK)	108-10-1
2-Heptanon	110-43-0
3-Heptanon	106-35-4
3-Octanon	106-68-3
Acetophenon	98-86-2
Cyclohexanon	108-94-1
N-Methyl-Pyrrolidon	872-50-4

Stoffname	CAS
-----------	-----

### Ester ein- und zweiwertiger Alkohole

Ethylacetat	141-78-6
n-Propylacetat	109-60-4
Isopropylacetat	108-21-4
n-Butylacetat	123-86-4
Isobutylacetat	110-19-0
3-Methoxybutylacetat (Butoxyl)	4435-53-4
Ameisensäurebutylester (n-Butylformiat)	592-84-7
Benzoesäuremethylester (Methylbenzoat)	93-58-3
Acrylsäuremethylester (Methylacrylat)	96-33-3
Acrylsäureethylester (Ethylacrylat)	140-88-5
Acrylsäurebutylester (Butylacrylat)	141-32-2
Methacrylsäuremethylester (Methylmethacrylat)	80-62-6
Ethylenglykolmonomethyl-etheracetat (EGMMA, 2-Methoxyethylacetat)	110-49-6
Ethylenglykolmonoethyl-etheracetat (EGMEA, 2-Ethoxyethylacetat)	111-15-9
Ethylenglykolmonobutyl-etheracetat (EGMBA, 2-Butoxyethylacetat)	112-07-2
Propylenglykolmonomethyl-etheracetat (PGMMA, 1-Methoxy-2-propylacetat)	108-65-6
Dipropylenglykolmonomethyl-etheracetat (DPGMMMA)	88917-22-0
Diethylenglykolmonobutyl-etheracetat (DEGMBA)	124-17-4
TXIB (2,2,4-Trimethyl-1,3-pentandiol-diisobutyrat)	6846-50-0
Texanol	25265-77-4
Dimethylsuccinat	106-65-0
Dimethylglutarat	1119-40-0
Dimethyladipat	627-93-0
Dibutylmaleinat	105-76-0
Dimethylphthalat	131-11-3
Diethylphthalat	84-66-2
Di(n-butyl)phthalat (DBP)	84-74-2
Diisobutylphthalat (DMPP)	84-69-5
Essigsäure-Bornylester (Bornylacetat)	76-49-3

Stoffname	CAS
-----------	-----

### Mehrwertige Alkohole und deren Ether

(Glykol und Glykolether)

1,2-Propylenglykol	57-55-6
Ethylenglykolmonomethyl-ether (EGMM, 2-Methoxyethanol)	109-86-4
Ethylenglykolmonoethyl-ether (EGME, 2-Ethoxyethanol)	110-80-5
Ethylenglykolmonobutyl-ether (EGMB, 2-Butoxyethanol)	111-76-2
Ethylenglykolmonophenyl-ether (EGMP, 2-Phenoxyethanol)	122-99-6
Diethylenglykolmonomethyl-ether (DEGMM, Methyl diglykol)	111-77-3
Diethylenglykolmonoethyl-ether (DEGME, Ethyl diglykol)	111-90-0
Diethylenglykolmonobutyl-ether (DEGMB, Butyl diglykol)	112-34-5
1,2-Propylenglykolmonomethyl-ether (1,2-PGMM, 1-Methoxy-2-propanol)	107-98-2
1,2-Propylenglykolmonobutyl-ether (PGMB, 1-Butoxy-2-propanol)	5131-66-8
1,2-Propylenglykolmonophenyl-ether (PGMP, 1-Phenoxy-2-propanol)	770-35-4
Dipropylenglykolmonomethyl-ether (DPGMM)	34590-94-8
Dipropylenglykolmonobutyl-ether (DPGMB)	29911-28-2
Tripropylenglykolmonobutyl-ether	55934-93-5

### Siloxane

Hexamethyltricyclosiloxan (D3)	541-05-9
Octamethyltetracyclosiloxan (D4)	556-67-2
Decamethylpentacyclosiloxan (D5)	541-02-6

### Sonstige Verbindungen

Methyl-tert.-butylether (MTBE)	1634-04-4
Tetrahydrofuran (THF)	109-99-9
2-Pentylfuran	3777-69-3
1,4-Dioxan	123-91-1

Eine umfassende Entscheidungshilfe für die Bewertung von VOC Belastungen bieten Empfehlungen des Bundesumweltamtes, veröffentlicht unter anderem in:

<http://www.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/30455/innenraumbewertung2007.pdf/?command=downloadContent&filename=innenraumbewertung2007.pdf>

**Schema**

**zur Bewertung von VOC-Emissionen aus Bauprodukten  
zur Auszeichnung mit dem Qualitätszeichen natureplus®**

[http://www.natureplus.org/fileadmin/user\\_upload/pdf/npg\\_liste.pdf](http://www.natureplus.org/fileadmin/user_upload/pdf/npg_liste.pdf)

Quellen und weitere Infos:

<http://www.enius.de/schadstoffe/voc.html>

<http://www.agoef.de/agoef/oewerte/orientierungswerte.html>

[http://de.wikipedia.org/wiki/FI%C3%BCchtige\\_organische\\_Verbindingen](http://de.wikipedia.org/wiki/FI%C3%BCchtige_organische_Verbindingen)

<http://www.umweltbundesamt.de/bauprodukte/dokumente/AgBB-Bewertungsschema2008.pdf>