

# Erkrankungen durch flüchtige organische Verbindungen (VOC)



**Prof. Dr. Olf Herbarth**

Medizinische Fakultät, Universität Leipzig  
Liebigstrasse 27, 04103 Leipzig, Germany  
e-Mail: [olf.herbarth@medizin.uni-leipzig.de](mailto:olf.herbarth@medizin.uni-leipzig.de)  
web: <http://umweltmedizin.uniklinikum-leipzig.de/>

Das Scriptum ist einschließlich aller seiner Teile urheberrechtlich geschützt.  
Jede Verwertung ist ohne Zustimmung des Autors unzulässig. Dies gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen,  
Übernahme auf sonstige Datenträger und die Einspeicherung u. Verarbeitung in elektronischen Systemen.  
Druckfehler mögen bitte entschuldigt werden.

Potsdam / Leipzig, März 2016



## URSACHEN - QUELLEN

## TOXIZITÄT

Symptome - Syndrome - Erkrankungen  
kombinierte Wirkungen  
Pathomechanismen

## BEWERTUNG

## EXPOSITIONSMUSTER und -VERLAUF

## KONSEQUENZEN für KLINIK und PRAXIS

## KASUISTIK



# NOXEN

chemische Noxen.:

VOC, DDT, Lindan, PCP, Quecksilber, Ozon, Formaldehyd  
halogenierte KW, hormonähnlich wirkende Substanzen

physikalische Noxen:

Fein(st)staub, Asbest, hochfrequente Felder, Strahlung

biologische Noxen:

Schimmelpilze, Bakterien ...



## SYMPTOM, SYNDROM, ERKRANKUNG

Augenreizung, Husten, Niesen, Heiserkeit, Kopfschmerzen,  
Magenbeschwerden, Erschöpfung,  
chronische Intoxikation, Infekte, Irritationen,  
MCS, SBS, BRI, CFS  
Atemwegserkrankungen, Diabetes, Allergien, Krebs, ...

# NEUE HERAUSFORDERUNGEN

Innenraumbelastungen ... infolge „dichter“ Wohnungen

→ Anreicherung



VOC, MVOC, Schimmelpilze

Zeit in Innenräumen: > 90 %  
DOSIS Innenraum: bis zu 99%

# chemisch assoziierte Innenraumprobleme

## Schadstoffherkunft

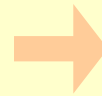
Häufig in Innenräumen gemessene VOC u. deren Quellen; <sup>1)</sup>außer HCHO, zu Gruppe der VVOC

VOC, VOC-Gruppen	Quellen
Alkane, Alkene, Cycloalkene	Außenluft, Kfz-Verkehr, Kraftstoff, Lösemittel Lacke, Harzen, Fleckentferner
aromatische Verbindungen	Kfz-Verkehr, Tabakrauch, Lösemittel, Teppichbodenrücken (z.B. Phenylcyclohexen), Hartschaumprodukte
Terpene	Holz, Lösemittel, „Geruchsverbesserer“, Duftstoffzusatz
Naphthalin	Bitumenplatten, Teerkleber Teerpappen, Mottenschutz
Alkohole	Reiniger, Lösemittel, Abbauprodukte u.a. aus Weichmachern
Aldehyde <sup>1)</sup>	Küchendunst, Desinfektionsmittel, Alkydharzfarben, Ölfarben, Abbauprodukte aus Linoleum, Korkfußböden, Holzprodukte
Ketone	Lösemittel (z.B. Methylketon), Stoffwechselprod., UV-gehärtete Lackoberfl.
Ester	Lösemittel, Weichmacher, Heizkostenverteiler (Methylbenzolat)
Glykolether	Lösemittel in wasserlöslichen Farben und Lacken, Reiniger
halogenierte Verbindungen	Entfettung, Lösemittel, chemische Reinigung (Tetrachlorethen), Tippex (1.1.1-Trichlorethan), Toilettenstein (p-Dichlorbenzol)
sonstige Verbindungen	Bindemittel (Phenol), Desinfekt.mittel (Kresole), Dichtungsmassen (Butanonoxim)



VOC passive sampling  
as part of  
epidemiological (longitudinal cohort) studies  
for 4 weeks

(3M Monitor)



VOC analysis with GC-MS



26 VOC:

- alkanes: hexane, heptane, octane, nonane, decane, undecane, dodecane, tridecane
- cycloalkanes: methyl-cyclopentane, cyclohexane, methylcyclohexane
- aromatics: benzene, toluene, ethylbenz., m+p-,o-xylene, styrene, 2-,3-,4-ethyltoluene
- chlor. hydrocarbons: Cl-benzene, trichloroethylene, tetrachlorethylene
- terpenes: α-, β-pinene, limonene, caren

→ summarized to VOC<sub>sum</sub>



VOC → gesundheitlich relevant

(Beispiele)

- spezifische / unspezifische Symptome
- Syndrome (SBS, CFS, MCS, ...)
- allergische Erkrankungen
- obere Luftwege Reizung, Entzünd.
- (akute) Bronchitis, Wheezing
- Infektionen
- Immunsystem

Herbarth O et al. Int J Hyg Env Health 2006;209,3: 241-247  
Magnus J Thesis Uni Leipzig 2011  
Herbarth O.GAIA 2003;12,3:196-200

Diez U, ...Herbarth O. Pediatrics and Related Topics 1999, 37, 469-485.  
Diez U, ... Herbarth O. Int. J Hyg. Environ. Health 2000 203 23-28

Bernhardt MW Uni Leipzig Thesis 2011  
Hoffmann St Uni Leipzig Thesis 2011  
Franck U et al. in Air Pollution 2012

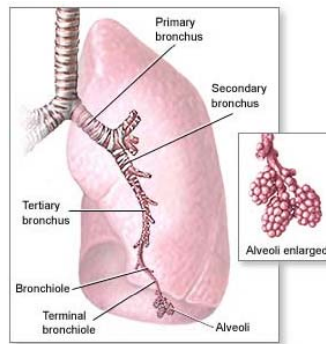
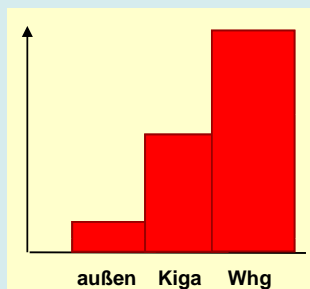
Herbarth O.GAIA 2003; 2,3:196-200

Lehmann I, ... Herbarth O. Environ Toxicol 2002;17,3:203-210  
Wichmann G, ...Herbarth O Toxicology in vitro 2005;19:685-693



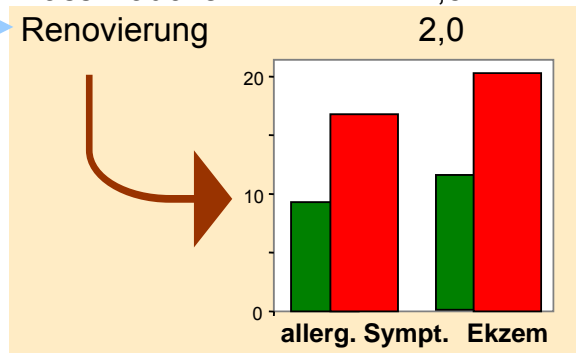
Konz. → Dosis  
OUTDOOR INDOOR

EXPOSITION	[%]
OUTDOOR Verkehr	36
INDOOR	
Passivrauchen in ersten 3 LJ	40
Renovierung	37

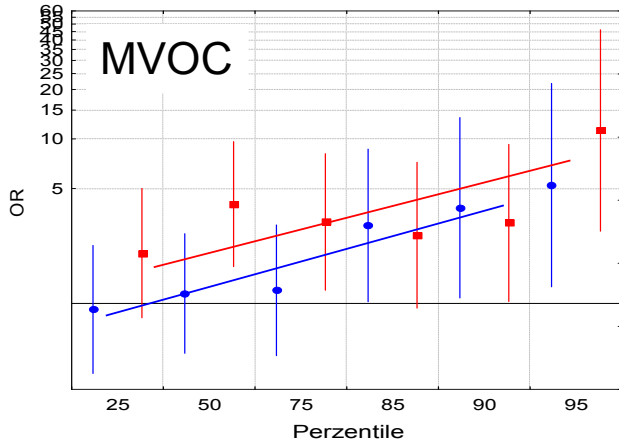
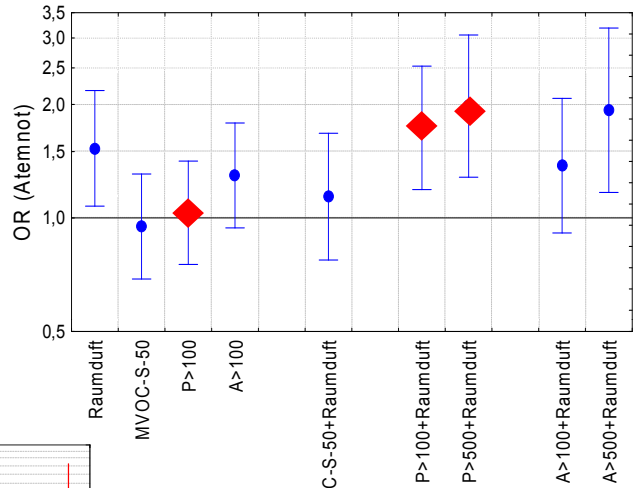


RISIKOERHÖHUNG

- elterliche Vorbelastung 1,3
- Passivrauchen 1,5
- Renovierung 2,0



● Asthma bronchiale  
■ allergische Rhinitis



Müller A. 2011, Herbarth O, Müller A. Allergologie 2011; 34(1): 3-9

## BEWERTUNG

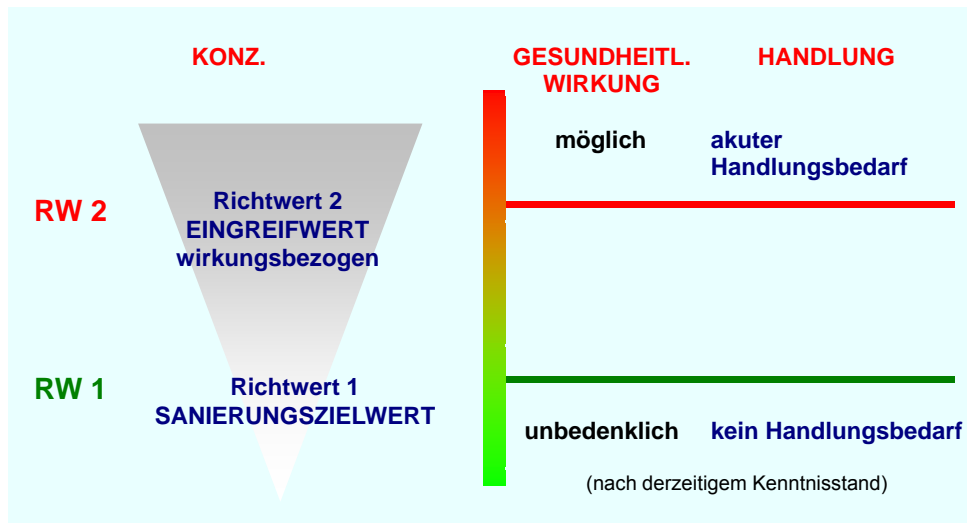
- TVOC  $VOC_{sum} = \Sigma$  unterschiedlicher aber bekannter (!) VOCs
- Richtwerte (RW) I and II (IRK und ALOG)
- Referenz- und Orientierungswerte (eigene, AGÖF, ...)
- NIK-Werte gesundh. Bewertung von Bauprodukten (AgBB) (niedrigste interessierende Konzentration)

### Kriterien

TVOC [mg/m<sup>3</sup>]

≤ 0.3	hygienisch unbedenklich; <b>ZIELWERT</b>
> 0.3 - 1	hygienisch noch unbedenklich (erhöhte Lüftung)
> 1 - 3	hygienisch auffällig (< 12 mon)
> 3 - 10	hygienisch bedenklich (max 1 mon)
>10 - 25	hygienisch inakzeptabel

## Richtwertkonzept: RW1 und RW2 (äußere Exposition)



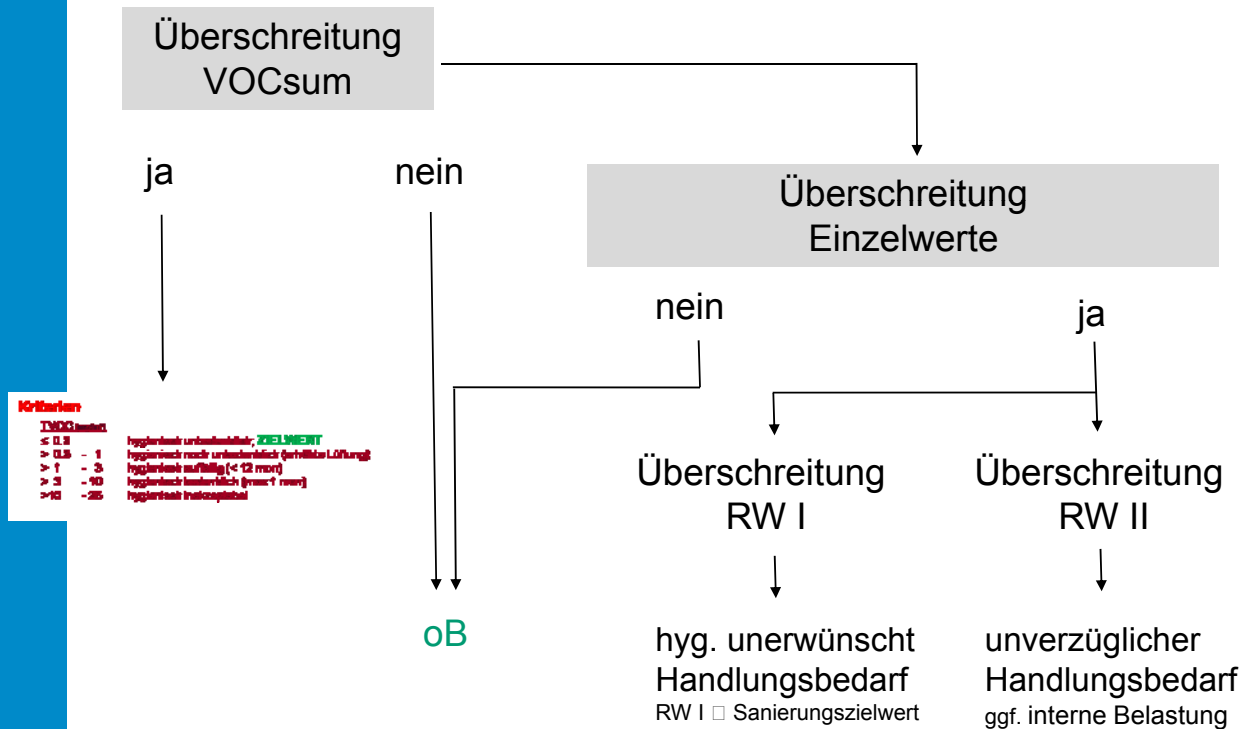
## Richtwerte (RW) I and II

Monozyklische Monoterpene (Leitsubstanz d-Limonen)	10	1	2010
Aldehyde, C <sub>4</sub> bis C <sub>11</sub> (gesättigt, azyklisch, aliphatisch)	2	0,1	2009
C <sub>9</sub> -C <sub>14</sub> -Alkane / Isoalkane (aromatenarm)	2	0,2	2005
Terpene, bicyclisch (Leitsubstanz α-Pinen)	2	0,2	2003
Tris(2-chlorethyl)phosphat (TCEP)	0,05	0,005	2002
Diisocyanate	Siehe Erläuterungen im folgenden Text		2000
Quecksilber (als metallischer Dampf)	0,00035	0,000035	1999
Styrol (CAS-Nr. 100-42-5)	0,3	0,030	1998
Stickstoffdioxid (NO <sub>2</sub> ) (CAS-Nr. 10102-44-0)	0,35 (30 Min-Wert)	k.A.	1998
	0,06 (7 Tage-Wert)	k.a.	
Dichlormethan (CAS-Nr. 75-09-2)	2 (24 h)	0,2	1997
Pentachlorphenol (PCP) (CAS. Nr. 87-86-5)	0,001	0,0001	1997
Toluol (CAS-Nr. 108-88-3)	3	0,3	1996

<sup>1)</sup> Üblicherweise handelt es sich um Langzeitwerte. Davon abweichende Mittelungszeiträume sind in Klammern angegeben, z. B. 24 Stunden (h).  
v) vorläufig

Quelle: Umweltbundesamt

## Schema



## EXPOSITIONSMUSTER und VERLAUF

- VOC<sub>sum</sub> gesunken

Gründe: gesetzl. Regulierung  
„klassische“ Lösungsmittel ersetzt (ChemVOC FarbV)  
Informationskampagne zu VOC und Gesundheit

## - Terpene angestiegen

Situation insgesamt total verändert →

- von kombiniert irritativ-sensibilisierendem
- zu dominant sensibilisierendem Profil



## VOC nachweisen? ... Wie Befunde interpretieren?

- VOC TVOC-Werte, RW I und II
- (M)VOC  $\Sigma$ MVOC:  $(\leq 0,5; > 0,5 \dots 1; \geq 1) \mu\text{g}/\text{m}^3$   
+ Nachweis 1 Hauptindikator (0; 0,05-0,1; >0,1) $\mu\text{g}/\text{m}^3$



## VOC im Krankenhaus? ...

### Risikogruppen? ...

u.a.

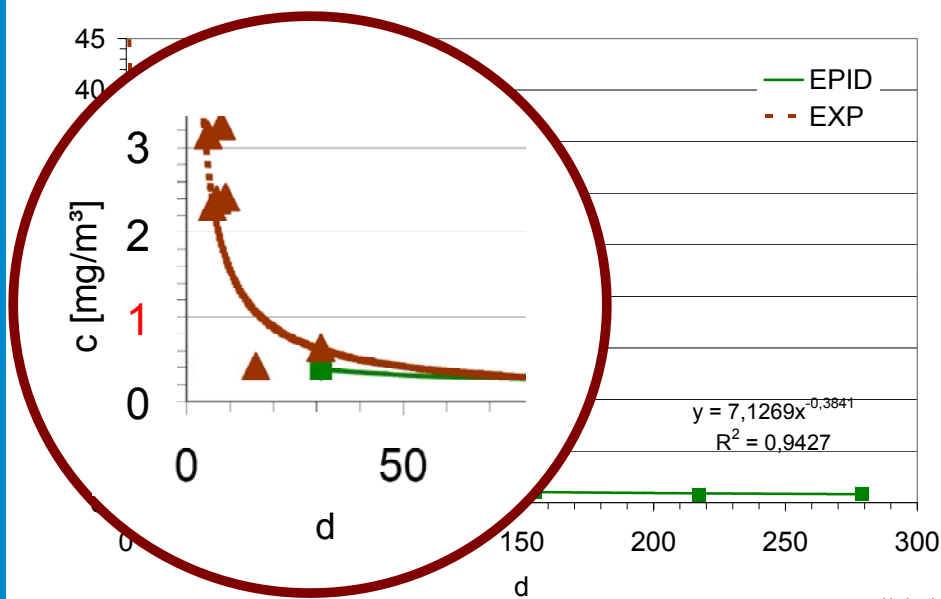
- Immunschwäche
- Transplantationspatienten
- chronische Lungenerkrankungen (COPD, Asthma, ...)
- Allergiker
- Kinder

### Sensible „Bereiche“ im Krankenhaus? ...

- Einrichtung Möbel, Fußbodenbeläge, Anstriche, ...
- Bau- und Renovierungsmaßnahmen
- Lüftung / Klimaanlage
- Wiederbelegung nach Renovierung







Σ 26 VOC

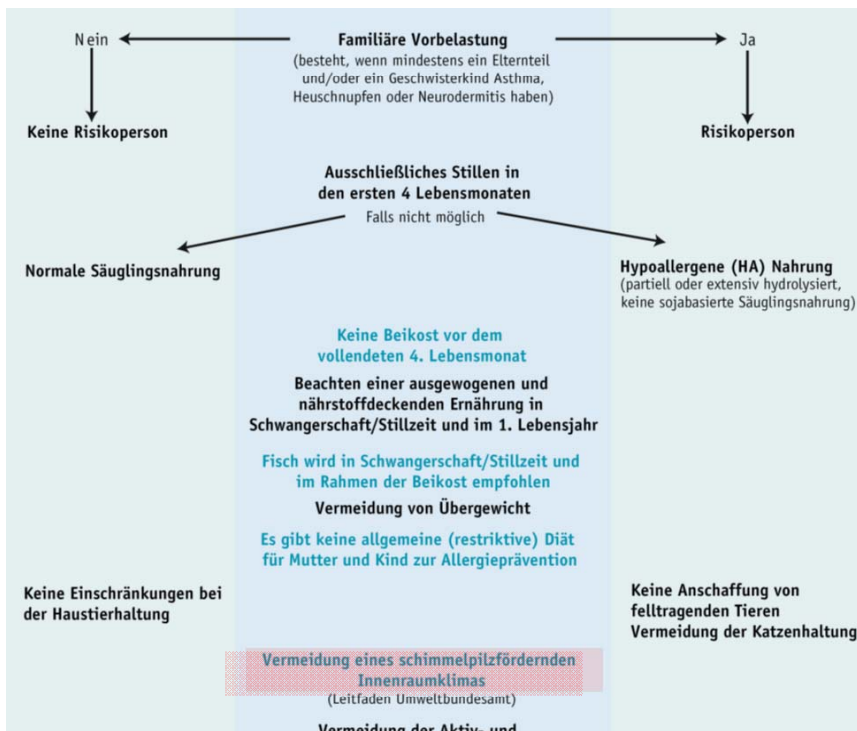
Herbarth O, Matysik S. Indoor Air 2010; 20(2): 141-146. Published Online: 30 Sep 2009. DOI: 10.1111/j.1600-0668.2009.00631.x

Richtwert	1 mg/m <sup>3</sup>	nach 2 Wochen	
Richtwert	0,3 mg/m <sup>3</sup>	nach 1 Monat	(hyg. unbedenklich)
„normal“-Wert	0,2 mg/m <sup>3</sup>	nach 2 Monaten	



S3-Leitlinie Allergieprävention

AWMF Muche-Borowsky et al. Allergo J 2009;18:332-41



Minimierung der Exposition gegenüber Luftschadstoffen des Innen- und Außenraumes

