

VOC - insbesondere Carbonsäuren - in Schulcontainer-Bauten



Dipl.-Chem. Dr. Wigbert Maraun
ARGUK-Umweltlabor GmbH
Kreismühle 1
61440 Oberursel

Inhalt

1. Moderne Schulcontainer-Bauten
2. Fallbeispiel: Kindertagesstätte in Holzständerbauweise
3. Fallbeispiel: Schulgebäude in Nutzung
4. Fallbeispiel: Holz-Modulbauweise
5. Fallbeispiel: Holz-Modulbauweise
6. Analytik der C₁-C₆-Carbonsäuren
7. Herkunft der Problemstoffe
8. Destillat

1.) Moderne Schul-Bauten in Modulbauweise

- Raumnot
 - Schnelle Bauweise
 - „Übergangs-Bauten“
 - „nachhaltiges Bauen“
-
- „Lösung“: Holzständerbauten oder Holz-Modulbauweise

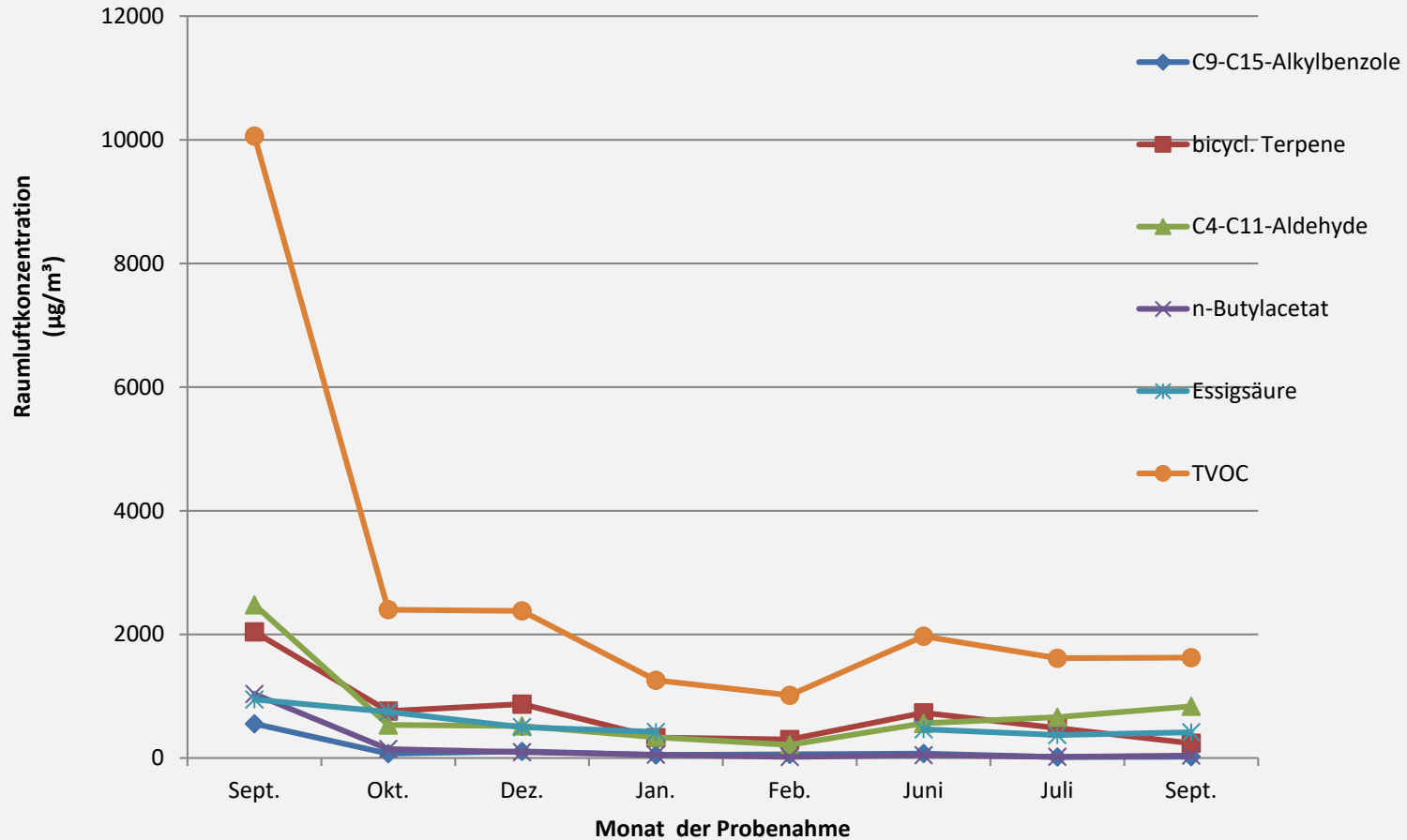
1.) Moderne Schulcontainer-Bauten



2.) Fallbeispiel: Kindertagesstätte

- Kindertagesstätte in Holzständerbauweise
 - Doppel- bis Dreifachbeplankung mit OSB-Platten
 - Fußboden: Kautschuk
 - Lüftung: Fensterlüftung
 - **Eröffnet im September 2014**
 - Schließung zwei Wochen später
 - Seitdem **Leerstand**
-
- VOC-Messungen ab September d.J. anfangs in
 - ein-monatigem Abstand, dazwischen Intensiv-Lüftung und Ausheizen

2.) Fallbeispiel: Kindertagesstätte



2.) Fallbeispiel: Kindertagesstätte

	Sept.	Okt.	Dez.	Jan.	Feb.	Juni	Juli	Sept.	Rest (%)
TVOC	10060	2400	2380	1258	1016	1970	1615	1625	16
C ₄ -C ₁₁ -Aldehyde	2479	535	519	337	213	562	661	837	34
bicycl. Terpene	2041	760	872	331	300	732	485	240	12
n-Butylacetat	1036	146	96	54	18	48	19	40	4
Essigsäure	947	747	500	423		465	373	418	44
C ₉ -C ₁₅ - Alkylbenzole	555	72	108	50	60	73	17	22	4

2.) Fallbeispiel: Kindertagesstätte

	30.09.	30.09.	Richtwert I	Lüftungseffekt (%)
	ungelüftet	gelüftet		
TVOC#	1625	410		-75
C ₄ -C ₁₁ -Aldehyde	837	209	100	-75
Formaldehyd	53	31	100	-42
Acetaldehyd	144	46	100	-68
bicycl. Terpene	240	50	200	-79
n-Butylacetat	40	8		-80
Essigsäure	418	329	250-400*	-21
Ameisensäure	112	124	300	11
C ₉ -C ₁₅ -Alkylbenzole	22	6	100	-73

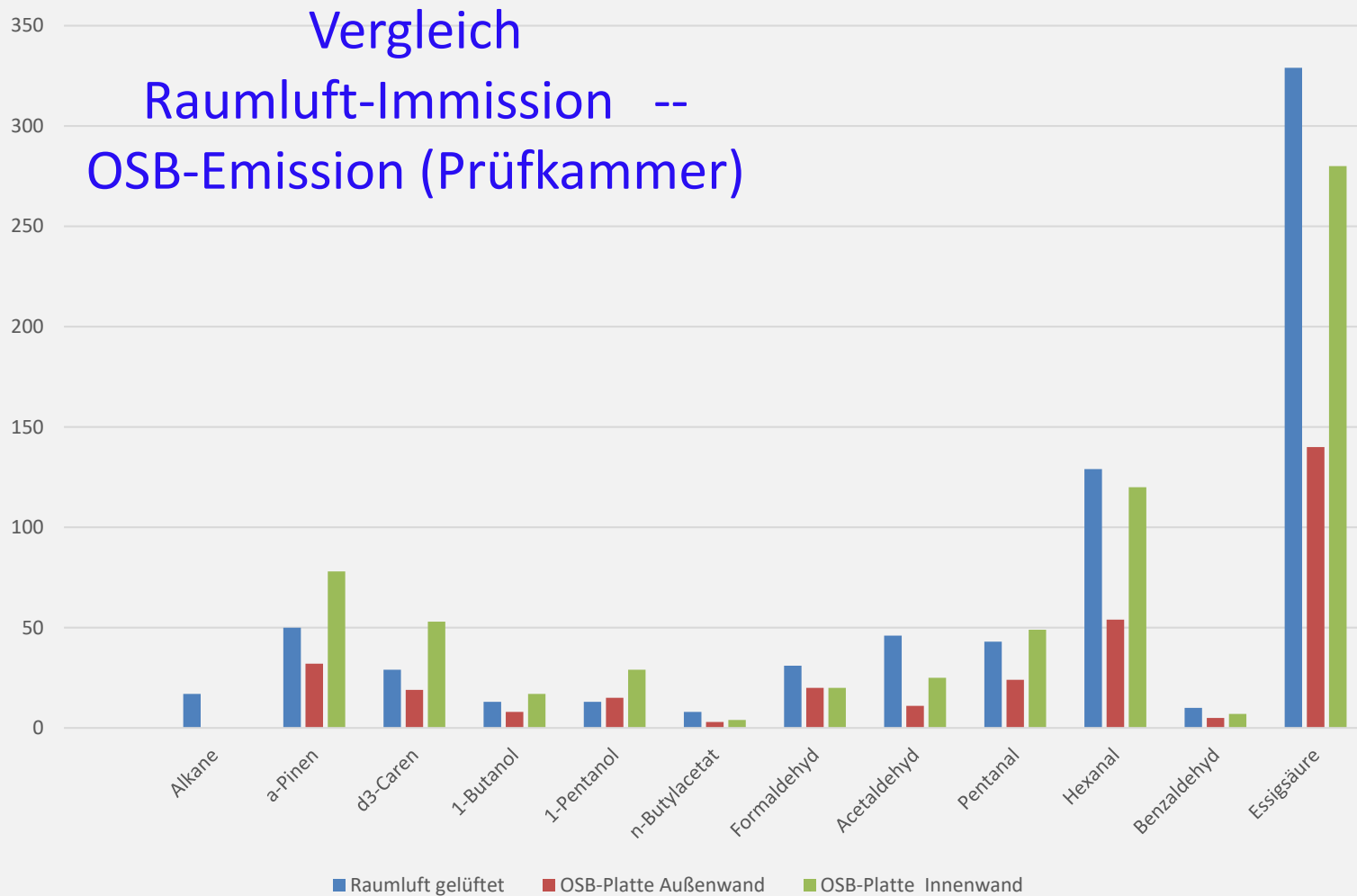
Mittelwerte aus zwei Räumen, Temp.: 22-24°C

* AIR-RW I – Summenwert C₁-C₈: 300 µg/m³;

„Essigsäure Gefahrenwert 2011“: 400 µg/m³

#: ohne Carbonsäuren

2.) Fallbeispiel: Kindertagesstätte



3.) Fallbeispiel: Schulgebäude in Nutzung

- **Gymnasium** in zweigeschossiger Holzständerbauweise
- **seit einem Jahr in Betrieb**
- Fußboden: **Linoleum**
- Wände: **OSB**
- Decke: Lattung
- möblierte Räume
- Lüftung: Fensterlüftung

3.) Fallbeispiel: Schulgebäude in Nutzung

	09.08.2017	03.08.2017	Lüftungseffekt (%)
	ungelüftet	gelüftet	
TVOC	4277	868	-80
C ₄ -C ₁₁ -Aldehyde	2122	388	-82
Formaldehyd	118	41	-65
Acetaldehyd	510	61	-88
bicycl. Terpene	1179	184	-84
C ₉ -C ₁₅ -Alkylbenzole	27	3,0	-88
n-Butylacetat	40	8,0	-80
Essigsäure	340	168	-51
Ameisensäure	248	135	-45

Konzentrations-Mittelwerte aus vier Räumen (in µg/m³)

Temp. 26 bis 27°C

3.) Fallbeispiel: Schulgebäude in Nutzung

Aldehyde:

	09.08.2017	03.08.2017	Lüftungseffekt (%)	Geruchsschwelle ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Geruchsintensität (gelüftet)
	ungelüftet	gelüftet			
Butanal	101	13	-87	1,4	2,7
Pentanal	553	78	-86	1,5	4,5
Hexanal	1275	233	-82	1,4	5,7
Heptanal	42	11	-74	0,9	3,0
Octanal	61	18	-70	0,9	3,5
Nonanal	84	34	-60	3,2	2,9
Decanal	7,0	3,0	-57	2,6	0,6

Berechnung der
Geruchsintensität nach AIR,
Geruchsschwellen nach AIR
(ODT_{50})

Skala von 0 (kein Geruch)
bis 6 (extrem starker
Geruch)

Konzentrations-Mittelwerte aus vier Räumen (in $\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Temp. 26 bis 27°C

3.) Fallbeispiel: Schulgebäude in Nutzung

Carbonsäuren:

	09.08.2017	03.08.2017	Lüftungseffekt (%)	Geruchsschwelle (µg/m³)	Geruchsintensität (gelüftet)
	ungelüftet	gelüftet			
Ameisensäure	248	135	-45	984	0
Essigsäure	340	168	-51	15	2,9
Propionsäure	96	67	-31	18	1,8
Buttersäure	16	14	-16	0,7	3,5
iso-Buttersäure	8,8	5,4	-38	5,5	0,5
Pentansäure	22	17	-22	0,16	5,2
Hexansäure	98	83	-15	2,9	3,9

Berechnung der Geruchsintensität nach AIR, Geruchsschwellen nach VDI 4301, Bl. 7
Skala von 0 (kein Geruch) bis 5 (sehr starker Geruch)

Konzentrations-Mittelwerte aus vier Räumen (in µg/m³)

Temp. 26 bis 27°C

4.) Fallbeispiel: Holz-Modulbauweise

- Grundschule
- Ersatzbau als zweigeschossige Holz-Modulbauweise
- Freigabemessung **vor In-Betriebnahme**
- Fußboden: **Linoleum**
- Wände: **OSB-Platten**
- Decke: Lattenverkleidung
- Lüftung: Fensterlüftung mit nachträglichem Einbau dezentraler Lüftung

4.) Fallbeispiel: Holz-Modulbauweise

	04.07.2017	04.07.2017	Lüftungseffekt (%)
	ungelüftet	gelüftet	
TVOC	4848	1803	-63
C ₄ -C ₁₁ -Aldehyde	1652	597	-64
Formaldehyd	113	84	-26
Acetaldehyd	420	130	-69
bicycl. Terpene	1332	380	-71
C ₉ -C ₁₅ -Alkylbenzole	17	5,0	-71
n-Butylacetat	7,7	3,8	-51
Essigsäure	327	263	-20
Ameisensäure	307	307	0

Mittelwerte aus drei Räumen

Temp. 26 bis 27°C

5.) Fallbeispiel: Holz-Modulbauweise

- **Gymnasium**
- Erweiterungsbau als zweigeschossige Holz-Modul-Holzbauweise
- Freigabemessung **vor In-Betriebnahme**
- Fußboden: **Linoleum**
- Wände: **OSB-Platten**
- Decke: Lattenverkleidung
- Lüftung: Fensterlüftung
- unmöblierte Räume

5.) Fallbeispiel: Holz-Modulbauweise

	01.08.2017	01.08.2017	Lüftungseffekt (%)
	ungelüftet	gelüftet	
TVOC	1281	1018	-21
C ₄ -C ₁₁ -Aldehyde	233	177	-24
Formaldehyd	71	79	11
Acetaldehyd	125	85	-32
bicycl. Terpene	386	293	-24
Essigsäure	81	85	5
Ameisensäure	66	57	-14

Mittelwerte aus vier Räumen

Temp. 28 bis 30°C

6.) Analytik der C₁-C₆-Carbonsäuren

- Bisheriges Standardverfahren zur Raumluft- und Materialprüfung:
DIN ISO 16000 Bl. 6: TENAX mit Thermodesorption
- Nach Körner & Walker: Ameisen-, Essig- und Propionsäure können damit „nicht analysiert werden“ (2016)
- IC oder GC/MS-Verfahren über polare Säule (VDI 4301, Bl. 7, Entwurf)
- **ARGUK-Verfahren:** Probenahme auf Silicagel, Desorption mittels Ethanol, Dampfraumanalyse und GC-Trennung der C₁-C₆-Carbonsäuren auf DB 624-Kapillarsäure

7.) Herkunft der Problemstoffe

- **Terpene:**
 Bestandteil der Nadelbaum-Harze, Emissionen aus dem Fichten-/Kiefernholz der Gebäude bzw. den OSB-Bauplatten

- **Aldehyde:**
 Oxidationsprodukte der ungesättigten Fettsäuren im Holz
 Formaldehyd: Bindemittel

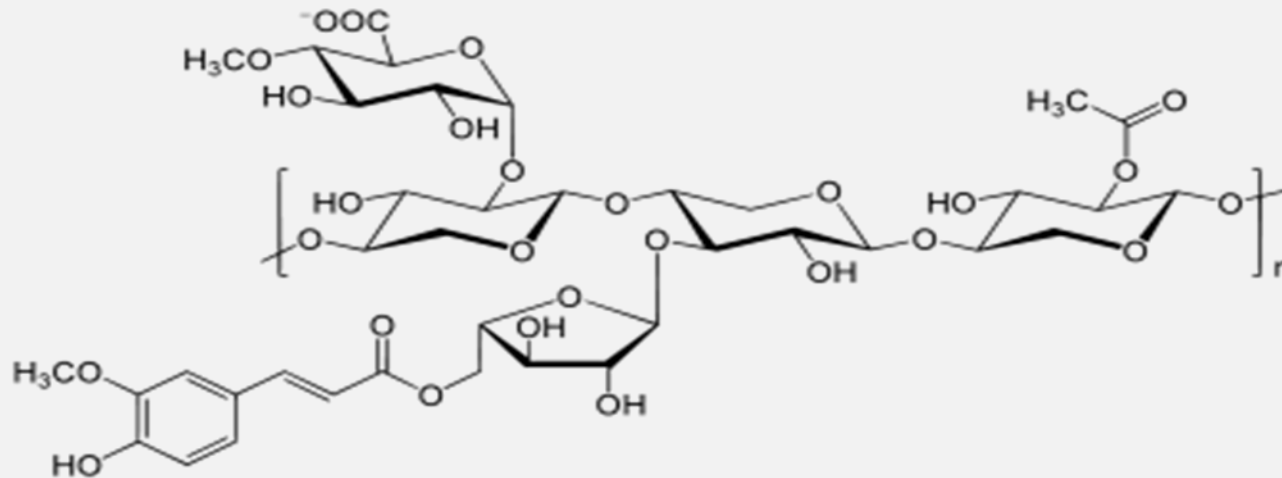
- **Carbonsäuren:**
 „Holzsäuren“, Acetylrest Bestandteil der Hemicellulose
 „säuerlicher Geruch“ z.B. von Eichenholz
 auch Oxidationsprodukte der Aldehyde
 (außer Formaldehyd und Acetaldehyd)

7.) Herkunft der Problemstoffe

Hydrolytische Freisetzung von Essigsäure:

Hauptbestandteile von Holz: Lignin, Cellulose und **Hemicellulose**

Enthält Acetyl-Gruppen:



Strukturausschnitt aus Hemicellulose (Xylane)

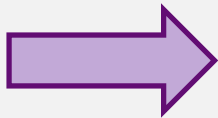
(Quelle: Wikipedia)

8.) Destillat

- **Holzmodul-Bauweise:** material-intrinsisches Problem durch Terpene, Aldehyde und Carbonsäuren
- **Gebäudeausstattung:**
häufig Linoleum: Aldehyde und Carbonsäuren



Geruchsbelastung mit Reizwirkung



- **Carbonsäuren lassen sich nicht „weglüften“!**
- **Freigabemessungen zwingend!**
- **Fensterlüftung erscheint nicht ausreichend**
- **Dezentrale, besser zentrale Lüftungseinrichtung**

VOC - insbesondere Carbonsäuren - in Schulcontainer-Bauten

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!