
UNERWARTETE SCHADSTOFFE IN PROVISORIEN: ERGEBNISSE UND EMPFEHLUNGEN

Im Rahmen des 6. Kongresses Zukunftsraum Schule, Workshop Schulbau Integral
Stuttgart, 14. Nov. 2019

Dr. rer. nat. Andrea Burdack-Freitag

Auf Wissen bauen



UNERWARTETE SCHADSTOFFE IN PROVISORIEN: ERGEBNISSE UND EMPFEHLUNGEN

- Provisorien
- Beschwerdesituation: Ausgangslage nach Bezug
- Exkurs Flammschutzmittel
- Bewertungsgrundlage Flammschutzmittel TEP
- Beschwerdesituation nach 1 Jahr Nutzungszeit
- Quellenanalyse
- Quellenidentifikation
- Sanierungskonzepte
- Situation nach Sanierung
- Empfehlungen für die Ausschreibung

Was sind Provisorien

Provisorium: Übergangslösung, vorläufige Lösung Containeranlagen



Objekt

- Zweigeschossiger Containerbau
- 2 Gruppenräumen für Kinder
- Mehrzweckraum
- Intensivbetreuungsräume
- Personalräume
- Toiletten
- Zubereitungsküche

Beschwerdesituation: Ausgangslage nach Bezug

Beschwerde der Eltern/Kindergartenleitung über unangenehme Gerüche

- **V.a. modrig, abflussartig im Eingangsbereich**

Betreiber beauftragte ein Sachverständigenbüro

Untersuchung von zwei Gruppenräume:

- EG Ost-Süd-Ausrichtung
- 1. OG Ost-Süd-Ausrichtung

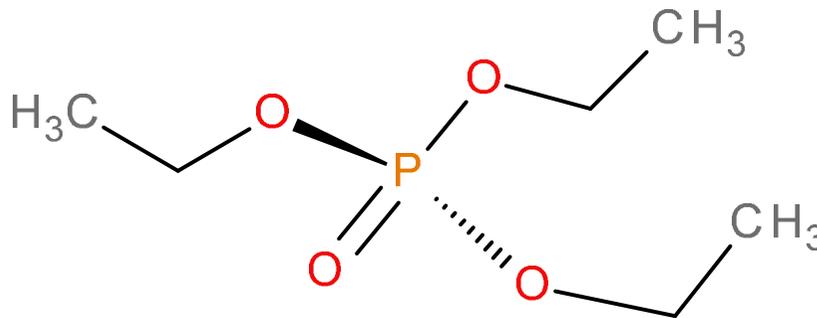
Beschwerdesituation: Ausgangslage nach Bezug

Ergebnis der Erstbegehung durch ein Sachverständigenbüro

- Zum Zeitpunkt der Begehung geruchlich unauffällig
- TVOC unauffällig (200 – 300 µg/m³)
- Einzelsubstanzen unauffällig (z. B. Formaldehyd, Butanol, Essigsäure)
- Werte im 1. OG höher als im EG

Aber: Auffallend hohe Werte des Flammenschutzmittels Triethylphosphat TEP

- EG ca. 80 µg/m³
- 1. OG ca. 100 µg/m³



Exkurs Flammenschutzmittel: Brandschutzklassen

Nationale Vorschrift	DIN 4102-1
Klassen	Beispiele
A1 nicht brennbar (kein Rauch, kein brennendes Abtropfen)	Beton, Mörtel, Glas, Sand
A2 nicht brennbar (teilweise brennbare Bestandteile, kein Rauch, kein brennendes Abtropfen)	Gipskarton
B1 schwer entflammbar (kein selbständiges Weiterbrennen nach Entfernen der Zündquelle)	Wärmedämmputze, Holzwolleplatten mit anorganischem Binder
B2 normal entflammbar (beschränktes Maß an Kanten- und Flächenbeflammung, Mindestanforderung in Gebäuden)	PVC-Rohre, Holz/Holzwerkstoffe, Verbundbauplatten
B3 leicht entflammbar (in Gebäuden nur in Verbindung mit anderen Baustoffen)	Papier, Schaumkunststoff, Stroh, Stoff



Flammenschutzmittel (Erhöhung der Brandschutzklasse)

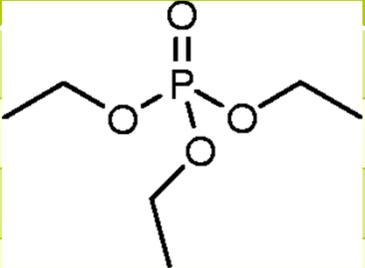
Exkurs Flammschutzmittel

Typen	Beispiele in Bauprodukten	Wirkung und Gefahr
anorganisch	<ul style="list-style-type: none">➤ Metallhydroxid in PO's, PVC, Dichtmassen➤ Borax/Metallborate in organischen Dämmstoffen➤ Phosphor/Metallphosphate in kunststoffhaltigen Oberflächenbeschichtungen➤ Calciumhydroxid in Schutzanstrichen	<ul style="list-style-type: none">• selbst nicht brennbar• Abspaltung von „Wasser“• Sperrschichten für Sauerstoffeintritt• Unterbrechung von Radikalkettenreaktionen• teilweise unbedenklich• Metallion kann giftige Wirkung haben (z.B. Sb)• Bor-Verbindungen sind gesundheitlich bedenklich

Exkurs Flammschutzmittel

Typen	Beispiele in Bauprodukten	Wirkung und Gefahr
organisch, halogenhaltig	<ul style="list-style-type: none">➤ DecaBDE (Decabrom-diphenylether) in PP/PE/PET➤ HBCD (Hexabromcyclododecan) Verbotsschemikalie nach Stockholmer POP-Abkommen seit 2013, aber in EPS-Dämmungen immer noch vorhanden	<ul style="list-style-type: none">• flammhemmend bei lokalen Bränden• hemmt Reaktion mit Sauerstoff• wassergefährdend – Giftwirkung auf Wasserorganismen• bei Bränden Freisetzung von hoch toxischem Dioxin
organisch, phosphathaltig	<ul style="list-style-type: none">➤ TCP (Tricresylphosphate) in Schmiermitteln➤ TCPP (Trichlorpropylphosphat) in Hartkunststoffen➤ TBP/TEP (Tributyl-/Triethylphosphat) in Beschichtungen	<ul style="list-style-type: none">• flammhemmend• möglicherweise krebserregend

Bewertungsgrundlage Flammenschutzmittel TEP

Parameter	Wert
Summenformel	$C_6H_{15}O_4P$
Strukturformel	
Relative Molmasse (M_r) [g/mol]	182,16
Schmelzpunkt [°C]	-56
Siedepunkt [°C]	215
Flammpunkt [°C]	116
Dampfdruck [hPa, 20 °C]	0,2
Gefahrsymbol	
LD50 [mg/kg]	1311 (Ratte oral) 1370 (Maus oral)
WGK	WGK1: schwach wassergefährdend
Verwendung	Weichmacher, Flammenschutzmittel, Zusatz in Kunststoffen, Schmierölen, Lacken
Vorkommen im Innenraum	Bodenbeläge, Möbel, Vorhänge, Klebstoffe....

Bewertungsgrundlage Flammenschutzmittel TEP: Grenz-, Richt-, Orientierungswerte

Arbeitsplatzgrenzwerte AGW

Für TEP nicht vorhanden

- Jährliche Liste der maximalen Arbeitsplatzkonzentration MAK
- Bei Exposition: Berufsleben, 8 h/d, 40 h/w -> keine Beeinträchtigung der Gesundheit zu erwarten

Richtwert

Für TEP bisher nicht vorhanden

- Ausschuss für Innenraumrichtwerte (AIR) legt bundeseinheitliche, toxikologisch begründete Richtwerte für Innenraumluft fest
- RW I – Vorsorgewert: unterhalb dessen werden keine gesundheitlichen Auswirkungen für vulnerable Personen erwartet
- RW II – Eingreifwert: Überschreitung erfordert toxikologisch begründeten Handlungsbedarf (üblicherweise 10 fach höher als RW I)

Bewertungsgrundlage Flammschutzmittel TEP: Grenz-, Richt-, Orientierungswerte

Ausschuss zur gesundheitlichen Bewertung von Bauprodukten (Vertreten: UBA, DIBt, ARGEBAU, BAM, BfR, DIN, Landesgesundheitsbehörden)

- Emissionen aus einzelnen Bauprodukten (Prüfnorm EN 16516) **LCI TEP 80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$**
- LCI-Wert (lowest concentration of interest) toxikologisch begründeter Einzelwert von Materialemissionen

Orientierungswert

OW TEP < 1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

- Statistischer Ansatz der Arbeitsgemeinschaft ökologischer Forschungsinstitute (AGÖF) aus ca. 5000 Innenraumluft-Erhebungen (Wohn- und Bürogebäude)
- 150 gelistete Stoffe
- P50 – Normalwert: durchschnittliche Belastungssituation, kein Handlungsbedarf
- P90 – Auffälligkeitswert: Überschreitung des Orientierungswertes erfordert eine Überprüfung der Belastungssituation, z.B: Quellenanalyse, Sanierungskonzepte

Beschwerdesituation nach 1 Jahr Nutzungszeit

Substanzen (Exzerpt)	Raum EG [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Raum 1. OG [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Orientierungswert oder Leitwert	Bewertung
Formaldehyd	↑	↑	30	ca. 50 % oberhalb P90
Propanal	↑	↑	14	3 – 6 fach über P90
1-Propanol	↑	↑	18	14 – 16 fach über P90
Triethylphosphat	Ca. 300 ↑↑	Ca. 500 ↑↑	< $1\mu\text{g}/\text{m}^3$	>>> P90
Summe 28 Substanzen -> Auswirkung auf Gesamtemission				

⇒ **Verstärkte Emissionen nach einem Jahr Nutzungszeit!**

Beschwerdesituation nach 1 Jahr Nutzungszeit

Substanzen	Raum EG [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Raum 1. OG [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
Gesamtemission flüchtiger organischer Stoffe TVOC	Ca. 550 ↑↑	Ca. 750 ↑↑

Leitwerte für TVOC in der Innenraumluft:

Stufe 1 $\leq 0,3 \text{ mg}/\text{m}^3$ hygienisch unbedenklich

Stufe 2 $> 0,3 - 1 \text{ mg}/\text{m}^3$ hygienisch noch unbedenklich,
sofern keine Einzelstoff-
überschreitung

Stufe 3 $> 1 - 3 \text{ mg}/\text{m}^3$ hygienisch auffällig

Stufe 4 $> 3 - 10 \text{ mg}/\text{m}^3$ hygienisch bedenklich

Stufe 5 $> 10 \text{ mg}/\text{m}^3$ hygienisch inakzeptabel

⇒ **Unmittelbarer Handlungsbedarf: Quellenanalyse**

Quellenanalyse

Annahmen

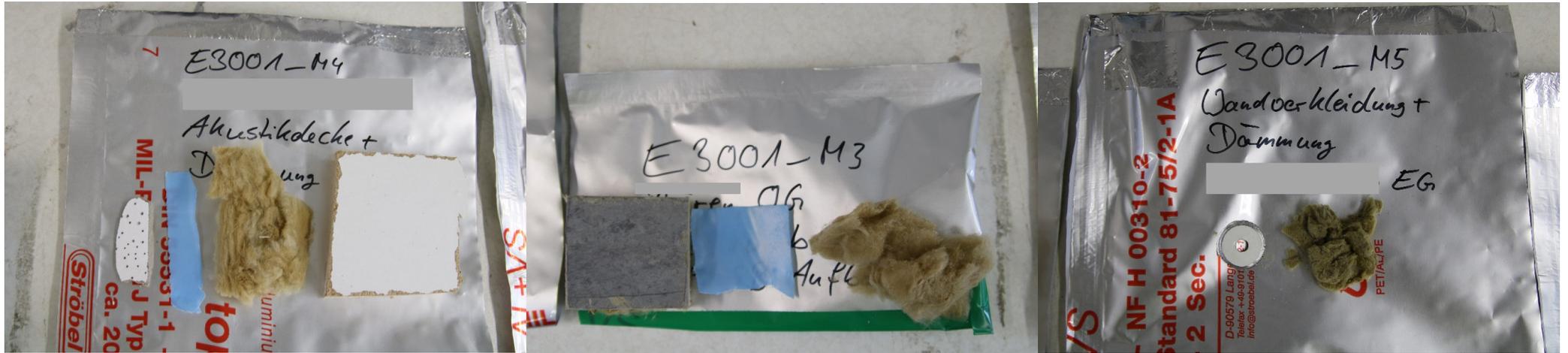
- Großflächig verbautes gleichartiges Material
- häufig verbaut, große Mengen
- immobil
- ggf. verdeckt (Leichtbau)

⇒ Akustikdecke, Spanplatte, Dampfsperrenfolie, Mineralwolldämmung

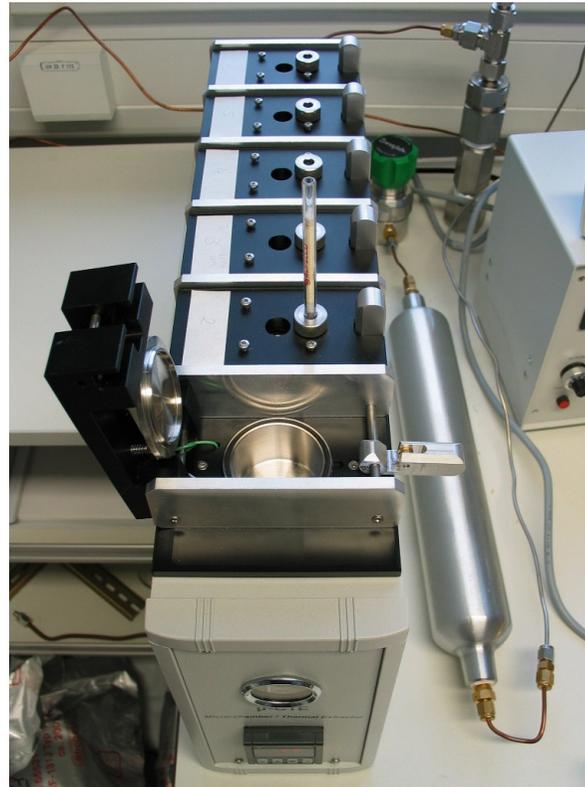
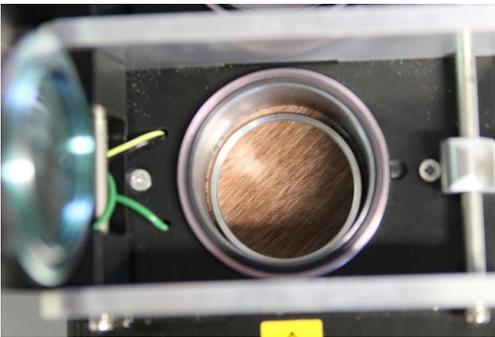
⇒ Wandverkleidung Metallpanel, Mineralwolldämmung

⇒ Linoleumboden auf Spanplatte, Dampfsperrenfolie, Mineralwolldämmung

Quellenanalyse: Proben



Quellenanalyse: Methode Thermoextraktion



Quellenanalyse: Ergebnisse der Thermoextraktion

Material	Massenspezifische Emissionsrate [mg/h*kg]		Flächenspezifische Emissionsrate [mg/h*m ²]	
	½ h	2 h	½ h	2 h
EG Decke				
Akustikdecke	< 0,1	< 0,1	ca. 0,1	< 0,1
Folie	< 0,1	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Spanplatte	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Dämmung	< 0,1	ca. 0,01	Keine Fläche	Keine Fläche
EG Wand				
Metallpaneele	ca. 1,3	ca. 1	ca. 6	ca. 5
Dämmung	< 1	< 1	Keine Fläche	Keine Fläche
EG Boden				
Linoleum und Spanplatte	ca. 0,01	< 0,01	ca. 1	< 0,1
Folie	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Dämmung	< 0,01	< 0,01	Keine Fläche	Keine Fläche

Quellenidentifikation

- 1. OG bestätigte die Ergebnisse des EG
- Herkunft Metallpaneele – flächenspezifische Berechnung lässt Rückschlüsse auf Pulverbeschichtung zu
- Lack mit Flammschutzmittel TEP ausgerüstet, ungenügende Verkapselung in der Lackschicht (evtl. durch Feuchteinfluss)

Sanierungskonzepte

1. Austausch der Paneele durch den Hersteller
2. Sperrschicht auf der Oberfläche – Aufbringung geeigneter Barriere-Beschichtung durch Spezialfirma
3. Erhöhung des Luftwechsels unter Beachtung des Komfort (kein Zug, Einbau von Wärmetauschern)

Situation nach Sanierung

✓ 15 Einzelsubstanzen $< 10 \mu\text{g}/\text{m}^3$

✓ TEP

- EG ca. $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$
- 1. OG ca. $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$

✓ TVOC

- EG ca. $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$
- 1. OG ca. $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$

**Hygiene Leitwertkonzept
Stufe 1:**



Maßnahme abgeschlossen!

Empfehlungen für die Ausschreibung

- Anforderungen an das Emissionsverhalten einzelner Bauprodukte stellen (z.B. Prüfzeugnisse vorlegen, Konformitätskriterien festlegen)
- Abnahmekriterien für das fertiggestellte Bauwerk formulieren (z.B. zwingende Raumluftmessung, Gebäudezertifizierung, Leitwerte festlegen)
- z. B. Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen (BNB) für Unterrichtsgebäude des BMU

Qualitätsniveau 2:

- TVOC $\leq 0,3 \text{ mg/m}^3$
- Einzelstoff $\leq \text{RW I}$
- Organophosphate $\leq 5 \text{ } \mu\text{g/m}^3$
- Formaldehyd $\leq 30 \text{ } \mu\text{g/m}^3$

Kontakt

Emissionen

Dr. Andrea Burdack-Freitag

Gruppenleitung Analytik und angewandte Sensorik

Abteilung Umwelt, Hygiene und Sensorik

Fraunhofer-Institut für Bauphysik IBP

Fraunhoferstraße 10

83626 Valley

Telefon +49 8024 643-295

<https://www.ibp.fraunhofer.de/de/kompetenzen/umwelt-hygiene-sensorik/emissionen.html>



Material und Schadensfälle im Bauprozess

Christoph Schwitalla

Gruppe Analytik und angewandte Sensorik

Abteilung Umwelt, Hygiene und Sensorik

Fraunhofer-Institut für Bauphysik IBP

Fraunhoferstraße 10

83626 Valley

Telefon +49 8024 643-297

<https://www.ibp.fraunhofer.de/de/kompetenzen/umwelt-hygiene-sensorik/material-schadensfaelle.html>