



# Reevaluation MAK-Wert PCB

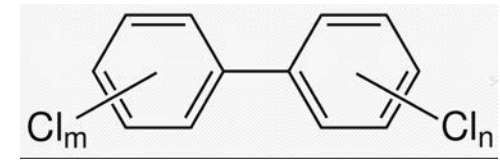
Institutetreffen  
Christoph Bosshard, Luzern, 12. Mai 2021

**suva**

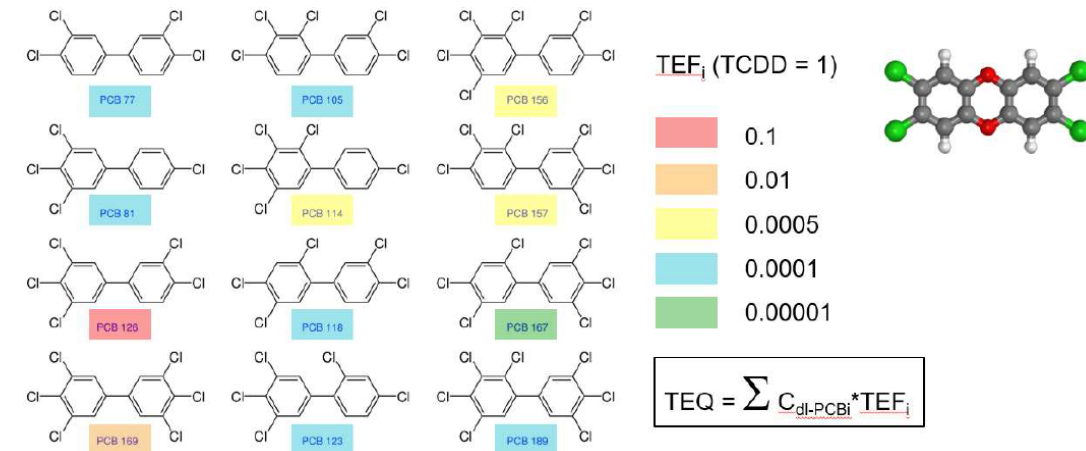
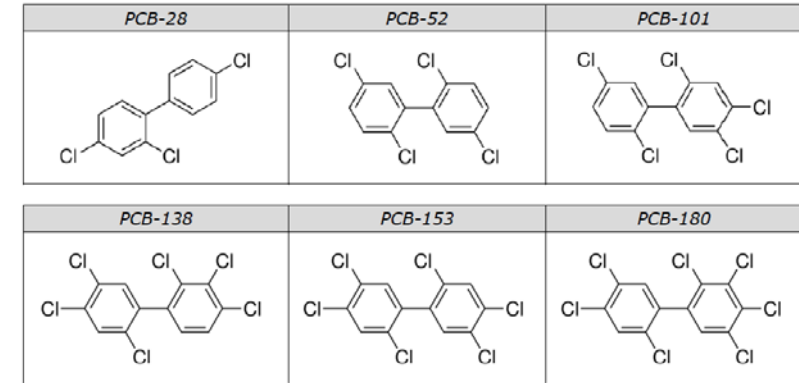
# Übersicht

- Eigenheiten PCB
- Situation in der Schweiz, weshalb Reevaluation
- Grenzwerte anderer Komitees
- Durchführbarkeit und Diskussion
- Grenzwertvorschlag
- Erste messtechnische Erfahrungen

# Eigenheiten PCB



- Einsatz als technische Gemische mit 20 – 60 % Cl
  - Zusammensetzung/Verunreinigungen hersteller-, teilweise auch chargenabhängig
  - 209 Kongenere möglich
  - Dampfdruck f(Chlorierungsgrad)
- (Luft-)Belastungen oft via Indikatorkongenere abgeschätzt  
 $c[\text{«Gesamt-PCB»}] = \sum c[\text{PCB-Indikatorkongenere}] \times 5$
- Zwölf Kongenere mit dioxinähnlicher Wirkung (**dl-PCB**)
  - TEF = Toxizitätsäquivalenzfaktor in Bezug auf TCDD
  - **TEQ** =  $\sum c[\text{dl-PCB}] \times \text{TEF}$ ; entspricht Wirkung entsprechender Menge TCDD
  - $\text{TEF}_i$  WHO<sub>2005</sub>: **PCB 126 0.1**, **PCB 169 0.03**, Rest  $\leq 0.0003$
- Hintergrundbelastung via Nahrung



# PCB in der Schweiz

- Umweltrecht: Beschränkungen

- 1972: Verwendungsverbot in Publikums- oder gewerblichen Produkten
- 1986: Generelles Verwendungsverbot (Stoffe, Erzeugnisse und Gegenstände)
- 1987: Ausserbetriebnahme Kondensatoren (> 1kg) und Transformatoren per 1998

- Verbliebene Depots in Bauwerken

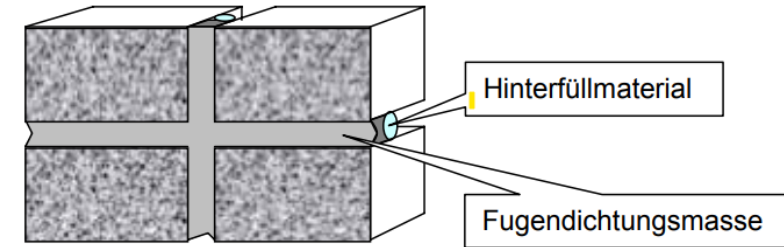
- **Fugendichtmassen:** ursprünglich 100 – 300 t
- **Oberflächenbeschichtungen:** ursprünglich 150 – 300 t
- Kleinkondensatoren, Vorschaltgeräte, ... :?

- Sanierungsverfahren für Bauwerke etabliert (≈ Asbest)

- Arbeitnehmerschutz: Bauarbeitenverordnung 2005

- Schutz beim Rückbau
- Ergänzung 2009: Klassierung als **besonders gesundheitsgefährdender Stoff** (neben Asbest)  
→ Besondere Massnahmen

Suva-Projekt «Bauschadstoffe» (2020) → **Reevaluation MAK-Wert PCB**



# Schweizer PCB-Grenzwerte

## • Suva Arbeitsplatz 2013

- **MAK: 500 µg «Gesamt PCB» /m<sup>3</sup>**; Kurzzeitgrenzwert: 4000 µg/m<sup>3</sup> (entspricht DFG-Werten bis 2011 & ACGIH)
- Möglicherweise krebserregend (C2), wahrscheinlich entwicklungs- und fruchtbarkeitsschädigend (R1<sub>BD</sub>, R1<sub>BF</sub>), Schädigung Leibesfrucht bei MAK-Einhaltung nicht ausgeschlossen (SS<sub>B</sub>), Hautresorption (H), Biomonitoring (B)
- Kritische Toxizität: Obere Atemwege, Chlorakne, Leber, Auge

## • Bundesamt für Gesundheit (BAG) Innenraum 2002

- Internationaler TDI (1973) von 1 µg Gesamt-PCB/kg BW x d (tierexperimentelle Verfütterung)
  - **2 µg «Gesamt-PCB»/m<sup>3</sup> (dauernd), 6 µg m<sup>3</sup> (8 h/7 d)**;
  - Bei Einhaltung Innenraum-Richtwert Gesamt-PCB: Aufnahme von dl-PCB unterhalb des WHO-Zielwerts (abgeleitet aus exemplarischen messtechnischen Überprüfungen in der Schweiz)

	Limit value - Eight hours		Limit value - Short term	
	ppm	mg/m <sup>3</sup>	ppm	mg/m <sup>3</sup>
Canada - Ontario		0,05 (1)		
Denmark		0,01 (1)		0,02 (1)(2)
Finland		0,003 (1)		
Germany (AGS)		0,003 (1)(2)		0,024 (1)(2)(3)
Germany (DFG)		0,003 (1)(2)(3)(5)		0,024 (1)(2)(3)(4)(5)
Hungary		POP		
Ireland		0,1		
Japan (MHLW)		0,01		
Japan (JSOH)		0,01		
Latvia		1		
New Zealand		0,1		
Poland		1		
Sweden		0,01		0,03 (1)
<b>Switzerland</b>	<b>0,05</b>	<b>0,5</b>	<b>0,4</b>	<b>4</b>
United Kingdom		0,1		

# Andere Komitees zu PCB-Luftgrenzwerten (1)

- Prüfwert der Deutschen Innenraumlufthygiene-Kommission des Umweltbundesamtes 2007

- Neubeurteilung des Innenraum-Richtwerts weil TDI veraltet, in menschlicher Nahrung andere Zusammensetzung, dioxinähnliche Wirkungen der höherchlorierten Kongenere zu wenig berücksichtigt
- **Dioxinähnliche Wirkungen** werden mittels **TEQ** beurteilt

## Faqi et al. 1998

- Subkutane TCDD-Injektionen während Trächtigkeit und Stillen weiblicher Ratten
- Kritische Toxizität: Beeinträchtigung Fertilität männlicher Nachkommen
- Kein NOAEL ableitbar
- **LOAEL<sub>Ratte</sub>**: 25 ng TCDD/kg BW x d

## JEFCA (Joint FAO/WHO-Expert Committee on Food Additives) 2002

- Auswahl kritischer Endpunkt und LOAEL Dioxinwirkung
- Abschätzung LOAEL<sub>Mensch</sub> aus LOAEL<sub>Ratte</sub> (Halbwertszeiten, Anreicherungsfaktoren, ...)
- Korrektur für empfindliche Menschen
- **LOAEL<sub>empf. Mensch</sub>**: 6 pg TCDD bzw. TEQ/kg BW x d

## UBA 2007

- Umrechnung **LOAEL<sub>aufg.</sub>** in LOAEL<sub>resorbiert</sub> (50%)
- Abzug nahrungsmittelbedingte Aufnahme (3 pg TEQ/kg BW x d; JEFCA aus PCB, PCDF, PCDD)
- Umrechnung der verbleibende TEQ-Menge (**1.5 pg TEQ/kg BW x d**) in Luftkonzentration (0.3 m<sup>3</sup>/kg BW x d, 100 % Resorption)
- **TEQ<sub>Inhalation, tolerabel</sub>**: 5 pg/m<sup>3</sup>

## UFOPLAN, BW-Plus 2005

### Korrelation TEQ dl-PCB zu «Gesamt-PCB»

- 104 Messungen, WHO<sub>1998</sub>-TEF, 2/3 BG, «erhebliche Sicherheitsspannen»

- bei **niedrig chlorierten** PCB-Quellen liegen die **TEQ-Werte deutlich unter 5 pg/m<sup>3</sup>**, wenn der **Gesamt-PCB-Richtwert von 3 µg/m<sup>3</sup> eingehalten** wird
- bei **hoch chlorierten** PCB-Quellen **könnte** bereits bei einem **Gesamt-PCB-Wert über 1 µg/m<sup>3</sup> ein TEQ-Wert von 5 pg/m<sup>3</sup> überschritten** sein

## Andere Komitees zu PCB-Luftgrenzwerten (2)

- DFG-MAK 2013/2016

Begründung 140 Seiten lang, Abstützung auf Überlegungen des UBA

### Herleitung MAK-Wert (Dioxinwirkung)

**Basis:**  $TDI_{\text{inhalativ Dauerexposition}}$  von **1.5 pg TEQ/kg BW x d** (UBA 2007)

Umrechnung auf Arbeitsplatz

→ 15 pg TEQ/m<sup>3</sup>

Übernahme der Innenraumkorrelation 1 µg Gesamt-PCB/m<sup>3</sup> ≈ 5 pg TEQ/m<sup>3</sup> (UBA 2007)

→ **3 µg Gesamt PCB/m<sup>3</sup>**

Überprüfung, ob MAK-Wert vor non-dl-PCBs schützt

- AGS (2017)

Übernimmt DFG-Wert trotz Vorbehalten

- ACGIH (2001)

TLV: 1000 µg/m<sup>3</sup> (42 % CI), 500 µg/m<sup>3</sup> (54 % CI)

Sehr kurze und nicht nachvollziehbare Begründung, kritische Toxizität: Irritation

- NEG (2012)

Tierdaten deuten auf LOAEL von 5 µg/kg BW x d hin, NOAEL kann nicht erhoben werden

Krebs erst bei sehr hohen Konzentrationen

# Durchführbarkeit

- Kaum eigene messtechnische Erfahrungen (2018)

- Arbeitshygiene

Expositionsschwerpunkt bei **Sanierungsarbeiten**

- Häufige Dauerexpositionen äusserst unwahrscheinlich
- PCB in Matrix gebunden, wenig flüchtig, meist schonende Entfernung
- Schutzkonzepte (Umwelt, Arbeitnehmer) etabliert, Zonierung, Lüftung inkl. Quelle, PSA
  - **PCB-Dampfexpositionen gering**
  - **Partikuläre PCB-Expositionen mässig** (verfahrensabhängig), mit genereller Partikelbelastung verknüpft; **TEQ???**



## Suva-Projekt «Bauschadstoffe»

- Luftmessungen bei PCB-Sanierungen (6 PCB-Indikatorkongenere, 12 dl-PCB)
- ggf. weitere Schadstoffe





# Grenzwertdiskussion Suva

- **MAK-DFG** (aus Innenraum-Richtwert des UBA, aufbauend auf Rattenstudie von Faqi (1998))
  - Exposition von trächtigen Ratten gegenüber TCDD
  - Effekte auf Spermienzahl und -qualität der Offsprings
    - **Übertragbarkeit Reprowirkung (Dioxin) auf Mensch?** Kein NOAEL ableitbar, typischerweise nicht-weibliche Arbeiter

## Kritik:

- Herleitung Dioxinwirkung beruht auf einer einzigen, suboptimalen Rattenstudie
- sehr komplizierte Berechnung mit zahlreichen teils unsicheren Annahmen (140 Seiten)
- grösstenteils Worst-Case-Szenarien → Kombination führt zu Hyperkonservatismus (DFG 2016: auch bei 35-facher Überschreitung keine toxischen Effekte gemäss Hu-Studie)

TOXICOLOGY AND APPLIED PHARMACOLOGY 150, 383–392 (1998)  
ARTICLE NO. TO988433

## Reproductive Toxicity and Tissue Concentrations of Low Doses of 2,3,7,8-Tetrachlorodibenzo-*p*-Dioxin in Male Offspring Rats Exposed Throughout Pregnancy and Lactation<sup>1</sup>

Ali S. Faqi,\* Paulo R. Dalsenter,\* Hans-Joachim Merker,† and Ibrahim Chahoud\*<sup>2</sup>

\*Institut für Klinische Pharmakologie und Toxikologie and †Institut für Anatomie, Freie Universität, 14195 Berlin, Germany

Received November 3, 1997; accepted March 19, 1998

Reproductive Toxicity and Tissue Concentrations of Low Doses of 2,3,7,8-Tetrachlorodibenzo-*p*-Dioxin in Male Offspring Rats Exposed Throughout Pregnancy and Lactation. Faqi, A. S., Dalsenter, P. R., Merker, H.-J., and Chahoud, I. (1998). *Toxicol. Appl. Pharmacol.* 150, 383–392.

daily dose of the lowest dose which is 0.8 ng/kg body wt/day. Sperm parameters were more susceptible than the other end points investigated. However, the question as to whether such doses exposed throughout gestation and lactation induce subtle changes in humans remains to be determined. © 1998 Academic Press

# Grenzwertempfehlungen Suva



- Rein wissenschaftliche gesundheitsbasierte MAK-Wert-Herleitung nicht möglich (s. NEG)

- heterogenes Gemisch, unterschiedliche kritische Toxizitäten dl- und non-dl Kongenere,
- zu viele Unsicherheiten bei den Studien und Herleitungen.

- Pragmatischer Vorschlag für einen **MAK-Wert**:

Übertragung des CH-Innenraumwerts (Allgemeinbevölkerung) auf Arbeitsplatzverhältnisse:

- Dauerexposition über 80 y → 42 h pro Woche während 50 y
- Korrekturfaktor für gesunde Arbeiter von 2

→ 0.037 mg Gesamt-PCB/m<sup>3</sup> (5x Summe der Indikatorkongenere), gerundet **MAK 0.05 mg/m<sup>3</sup>, KZGW 0.4 mg/m<sup>3</sup>**

- Notationen

Kanzerogenität:

- IARC (2016) Gruppe 1
- Epidemiologie Kanzerogene Effekte bisher beim Menschen nicht nachgewiesen
- DFG (2016) Kanzerogenitäts-Kategorie 4 (= Kanzerogen mit Schwellenwert)  
Rattenstudien mit 0.1 mg/m<sup>3</sup> ohne toxische Wirkung (Hu 2012) sowie orale Kanzerogenitätsstudie
- NEG Lebertumoren im Tier weit über systemisch-toxischen LOAELs

→ Schlussfolgerung Kanzerogenität beim Tier erwiesen, Schwellenwert oberhalb MAK-Wert-Vorschlag

→ **C1<sub>B</sub>**<sup>#</sup>

Weitere Notationen: R1<sub>BD</sub> R1<sub>BF</sub> SS<sub>B</sub>, H, evtl. **P** (Provisorisch)

→ Besprechung mit besonders betroffenen Branchen, bis dahin interner Richtwert

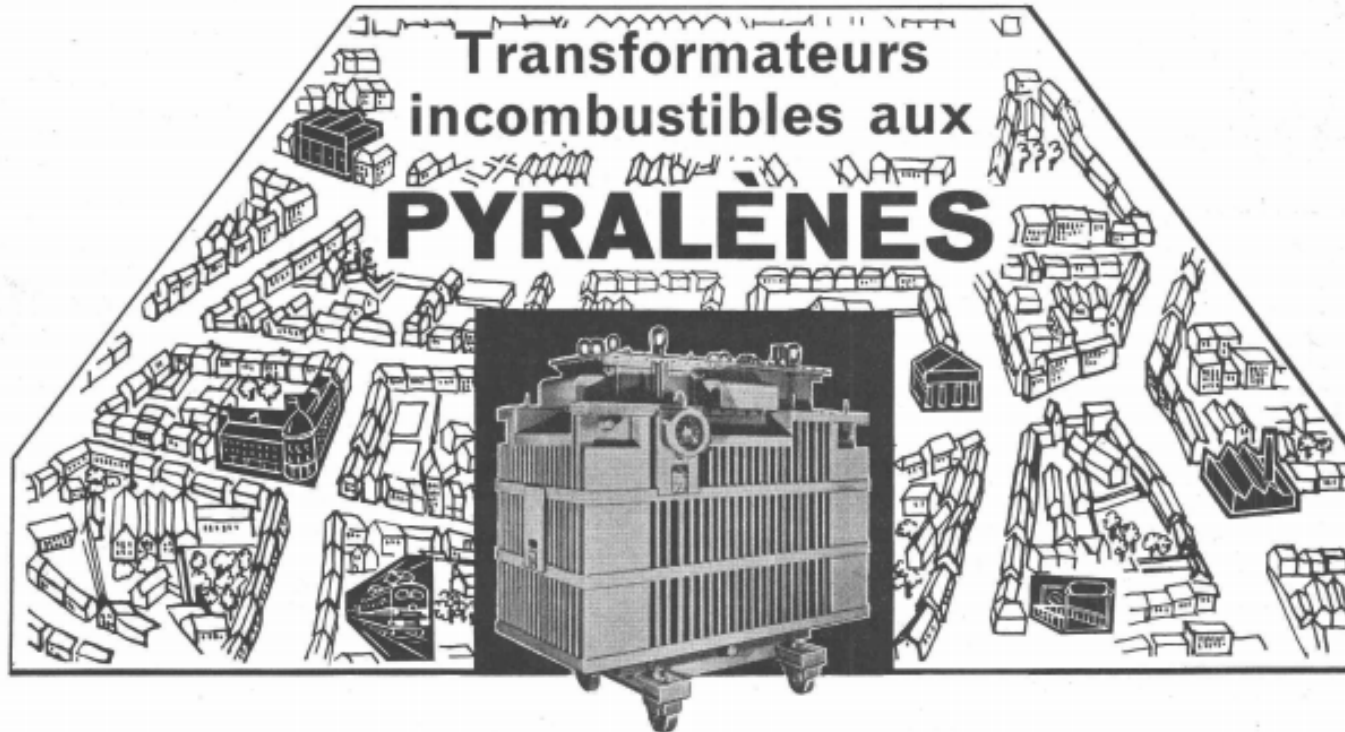
# Erste Resultate messtechnische Begleitung von PCB-Sanierungen

- 37 Luftmessungen (20 personenbezogen, 17 stationär) an 9 Sanierungsobjekten
  - Fugenmassen, Farbanstriche, 300 – 80000 ppm PCB
  - Schneiden, Fräsen, Sägen, Schleifen, Strahlen
- Gesamt PCB via Indikator kongenere ( $\frac{1}{2}$  Bestimmungsgrenze):  $<0.09 - 4.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 
  - An 5 Objekten nachgewiesen,,: Schleifen, Sägen, Strahlen
  - Am Häufigsten nachgewiesen: PCB 52, 101, 138 und 153 (30 % der Proben)
- dl-PCB ( $\frac{1}{2}$  Bestimmungsgrenze):  $2.1 - 41.2 \text{ pg TEQ}_{\text{WHO1998}}/\text{m}^3$ ,  $2.1 - 24.3 \text{ pg TEQ}_{\text{WHO2005}}/\text{m}^3$ 
  - An 6 Objekten nachgewiesen,,: Fräsen, Schleifen, Sägen, Strahlen
  - dl-PCB-Vertreter: in 2.7 – 45.9 % der Proben aus den 6 Objekten
  - PCB 118 am Häufigsten und in den grössten Mengen; PCB 126 in 19 %
  - Grösster Anteil an  $\text{TEQ}_{\text{WHO1998}}$  durch PCB 126 (nachgewiesen: 29.4 – 55.4 %)
- Gesamt PCB zu  $\text{TEQ}_{\text{WHO1998}}$ :  $1 \mu\text{g PCB}/\text{m}^3$  entspricht  $7.3 - 38.3 \text{ pg TEQ}/\text{m}^3$ 
  - PCB überwiegend partikelgebunden: Situation Sanierung  $\neq$  Situation Innenraum  
→ DFG-MAK-Wert

## Fazit und weiteres Vorgehen

- Grenzwertvorschlag «vernünftig» & bei etablierten Sanierungsverfahren gut einhaltbar
  - Gesamt-PCB-Wirkung
  - Dioxinwirkung
- Gebäudesanierungsbranche wurde informiert
- Diskussion des Vorschlags an der Grenzwertkommissionssitzung im Herbst
- Weitere Messungen
  - Sanierungsbranche
  - evtl. Elektroschrott-/Metallrecycling (Kleinkondensatoren)

**Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!**



**Les Pyralènes sont des diélectriques liquides (classe Askarels)**

- Incombustibles et inexplorifs
- Stables chimiquement et ne vieillissant pas
- Aux caractéristiques isolantes constantes
- A haute constante diélectrique et à faibles pertes (utilisation dans les condensateurs)

**Les kilowatts passent mais les Pyralènes restent**

**suva**