

FORSCHUNGSBERICHTSBLATT

Dioxinähnliche polychlorierte Biphenyle (PCB) und polychlorierte Dioxine/Furane (PCDD/F) im Innenraum – Modelluntersuchungen zum Einfluss PCB-belasteter Bauteile und Baustoffe auf die Innenraumluft in Abhängigkeit von baulichen Einrichtungen und klimatischen Randbedingungen.

ZO3W23002

Volland, G. ; Neuwirth, A.

Materialprüfungsanstalt Universität Stuttgart; MPA – Otto-Graf-Institut

Punkt 1

Kurzbeschreibung der Forschungsergebnisse

Die vorliegende Arbeit befasst sich mit der Bestimmung der Gehalte an dioxinähnlichen (coplanare und mono-orthosubstituierte) PCB sowie der 2,3,7,8 – substituierten polychlorierten Dibenzodioxine und Furane (PCDD/F) in Quellen, Hausstaub und Raumluft PCB-belasteter Innenräume. Schwerpunkt lag auf der Untersuchung des Einflusses baulicher und klimatischer Randbedingungen auf die Innenraumluft von Gebäuden mit PCB-belasteten Deckenplatten als Grundlage zur Ableitung der durchschnittlichen Belastung der Innenraumluft in derartigen Gebäuden. Diese, in öffentlichen Gebäuden (Schulen; Hochschulen) häufig vorkommende bauliche Situation wird durch ein, im Vergleich zu Innenräumen mit PCB-belasteten Fugen, wesentlich ungünstigeres Beladungsverhältnis (im Durchschnitt ca. $0,3 \text{ m}^{-1}$) charakterisiert. Das Vorhaben verdeutlicht die Schwankungsbreiten der Messergebnisse in Innenräumen dieser Gebäude unter Berücksichtigung der jahreszeitlichen Schwankungen der Temperatur. Die Gehalte an PCB (dioxinähnliche PCB und Leitkongenere) in der Innenraumluft wurden unter standardisierten Bedingungen (vgl. VDI 4300 Bl. 2) und unter realen Nutzungsbedingungen ermittelt. Aus den vorliegenden Daten wurde die übers Jahr zu erwartende durchschnittliche Belastung der Innenraumluft unter Norm- und Nutzungsbedingungen abgeschätzt. Die Arbeit belegt den dominierenden Einfluss der Temperatur auf das Emissionsverhalten dieser schwerflüchtigen Verbindungen. Eine Erhöhung der Raumtemperatur von 20 auf 25 °C führt zu einer Erhöhung der Belastung an dioxinähnlichen PCB von ca. 5 pg WHO-TEQ/m³ auf ca. 12 pg WHO-TEQ/m³. Eine vergleichbare Temperaturabhängigkeit konnte für einzelne Vertreter der 2,3,7,8-substituierten PCDF ermittelt werden (Anstieg von 10 pg 2,3,7,8-TCDF /m³ im Winter auf ca. 25 pg/m³ im Sommer). Die Gesamtgehalte PCDD/F in Raumluft derartiger Gebäude steigen damit von ca. 1 pg I-TE /m³ (Winter) auf 2 – 3,5 pg-I-TE/m³ (Sommer). Die Dichtigkeit der Gebäudehülle und Lüftungsmaßnahmen von Nutzern spielen im Vergleich zum

Temperatureinfluss eine untergeordnete Rolle. Es kann gezeigt werden, dass die Summe der Belastungen der Innenraumluft durch dioxinähnliche PCB und PCDD/F in allen untersuchten Gebäuden mit PCB-haltigen Deckenplatten (vollflächig an der Decke verlegt und einem entsprechenden Beladungsverhältnis $> 0,25$) im Jahresmittel zwischen 5 und 12 pg TEQ (Σ -ITE + WHO-TEQ)/m³ liegt und sowohl unter standardisierten Bedingungen als auch unter Nutzungsbedingungen den derzeit diskutierten Gefahrenwert für den über die Innenraumluft ausschöpfbaren Anteil am TDI von 4,7 pg WHO-TEQ/m³ mit hoher Wahrscheinlichkeit überschreiten. Erst bei Raumtemperaturen von unter 20 °C wird dieser diskutierte Gefahrenwert unterschritten. Die Belastung (Σ dioxinähnliche PCB und PCDD/F) in einem Gebäude mit PCB-haltigen Fugen liegt im Vergleich dazu im Durchschnitt bei 1 bis 1,5 pg WHO-TEQ/m³.

Punkt 2 Welche Fortschritte ergeben sich für die Wissenschaft und/oder Technik durch die Forschungsergebnisse?

- Die Konzentration von flüchtigen und schwer flüchtigen organischen Verbindungen (VOC und SVOC) in Innenraumluft wird neben der Quellstärke der Emissionsquelle grundsätzlich von einer Reihe von baulichen und klimatischen Gegebenheiten wesentlich beeinflusst (Dichtheit der Gebäudehülle, Emissionsfläche, Bauteiltemperatur, Nutzungsbedingungen). Das Vorhaben stellt die Schwankungsbreiten der Gehalte an PCB (6 Leitkongenere plus 12 „dioxin-ähnliche PCB) und der PCDD/F im Innenraum, resultierend aus unterschiedlichen baulichen und raumklimatischen Bedingungen in einen Zusammenhang. Für schwerflüchtige organische Verbindungen kann am Beispiel der PCB und PCDD/F belegt werden, dass die Raumtemperatur der wesentliche, die Gehalte in der Raumluft, bestimmende Faktor ist. Eine Erhöhung der Raumtemperatur um 5°C führt in der Regel mindestens zu einer Verdoppelung der Konzentrationen in der Raumluft. Die Dichtheit der Gebäudehülle und Nutzungsbedingungen spielen im Vergleich dazu eine untergeordnete Rolle. Selbst durch stündliche Stoßlüftung (Öffnen von Türen und Fenstern für 3 Minuten pro Stunde) kann bei entsprechenden baulichen Gegebenheiten (z.B. Türe zu einem innenliegenden Gang) nur eine Reduzierung der Gehalte um etwa 50 % erzielt werden.
- Im Zusammenhang mit dem 1998 durch die WHO festgelegten Wert für eine duldbare tägliche Aufnahme (TDI) der PCDD/F und der 12 dioxinähnlichen PCB wird derzeit ein über die Atemluft ausschöpfbarer Anteil von 4,7 pg TEQ/m³ Raumluft als Gefahrenwert (RW-II-Wert) diskutiert. Das Vorhaben zeigt, dass bedingt, durch nicht vermeidbare Fehler bei Probenahme und Analyse die Genauigkeit der Bestimmung von dioxinähnlichen PCB (bei vergleichbaren Randbedingungen im Innenraum) bei

Raumluftgehalten im Bereich des Richtwerts (4,7 pg WHO-TEQ/m³) mit +/- 0,6 pg/m³ (+/- 1 s) angegeben werden kann. Diese Messgenauigkeit erlaubt erst bei Konzentrationen < 4,1 WHO-TEQ/m³ von einer Unterschreitung des Richtwerts auszugehen. Im Konzentrationsbereich zwischen 4.1 und 5,3 pg WHO-TEQ/m³ kann methodenbedingt weder eine Über- noch eine Unterschreitung festgestellt werden. Diese Messgenauigkeit sollte unseres Erachtens bei der Festlegung von Richtwerten für dioxinähnliche PCB berücksichtigt werden.

- Die Ergebnisse zeigen, dass ein orientierender Zusammenhang zwischen den Gehalten an PCB (Σ Leitkongenere nach LAGA) und den Gehalten an dioxinähnlichen PCB für Gebäude mit der hier schwerpunktmäßig untersuchten baulichen Situation (PCB-haltige Deckenplatten; vollflächig, PCB-Muster in der Quelle entsprechend Clophen A 60) abgeleitet werden kann. Je 1000 ng PCB (Summe LAGA) / m³ treten im Mittel Konzentrationen von ca. 3 bis 4 (im Mittel 3,5) pg WHO-TEQ/m³ dioxinähnlicher PCB in der Raumluft derartiger Gebäude auf. Dieser orientierende Zusammenhang erlaubt eine Abschätzung der Gehalte an dioxinähnlichen PCB in der Raumluft aus der Auswertung älterer Messdaten für Gebäude gleicher baulicher Ausstattung. Eine Übertragung dieser Abschätzung auf Gebäude mit anderer Ausstattung wie z.B. nur mit PCB-haltigen Fugen ist nicht möglich.
- Wird die „im Jahresmittel zu erwartende Raumluftkonzentration“ (vgl. PCB-Richtlinie) auch für dioxinähnliche PCB als Basis der Beurteilung der Belastung von Innenraumluft herangezogen, belegen die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit, dass eine Bewertung der Raumluftbelastung an Hand von zeitlich eng beieinander liegenden Einzelmessungen, nach unserer Ansicht nicht möglich ist. Es wird nachgewiesen, dass je nach Bedingungen zum Messzeitpunkt die im Jahresmittel zu erwartenden durchschnittlichen Gehalte in der Raumluft signifikant unter- bzw. überschätzt werden können. Dies bedeutet, dass ein im Vergleich zur täglichen Praxis (in der Regel Einzelmessung) wesentlich erhöhter Aufwand bei der messtechnischen Ermittlung der Belastungssituation betrieben werden muss.
- Die Ergebnisse belegen damit nach unserer Ansicht am Beispiel der Stoffgruppen der PCB und der PCDD/F, deren Dampfdrücke repräsentativ für einen Großteil aller SVOC sind, dass den Fragen der Probenahmebedingungen bei der Bestimmung der schwer flüchtiger organischer Verbindungen (SVOC) in den technischen Richtlinien und Normen eine größere Aufmerksamkeit zu widmen ist. Das Vorhaben macht zudem deutlich, dass das als Vorsorgemaßnahme empfohlene Stoßlüften zwar die Raumluftkonzentrationen absenkt, insgesamt jedoch nicht dazu führt, dass beispielsweise der Zielwert für PCB (Leitkongenere nach PCB-Richtlinie Zielwert 300 ng/m³ Summe PCB nach LAGA) erreicht werden kann.

Punkt 3 Welche Empfehlungen ergeben sich aus dem Forschungsergebnis für die Praxis?

- Im Zusammenhang mit dem 1998 durch die WHO festgelegten Wert für eine duldbare tägliche Aufnahme (TDI) der Dioxine und Furane und der 12 dioxinähnlichen PCB wird derzeit für das Medium Innenraumluft ein über die Atemluft ausschöpfbarer Anteil von 4,7 pg WHO-TEQ/m³ als Gefahrenwert (RW-II-Wert) diskutiert. Die vorliegenden Ergebnisse belegen, dass in öffentlichen Gebäuden des Errichtungszeitraums zwischen 1965 und 1975 in denen vollflächig PCB-belastete Akustik - Deckenplatten eingebaut wurden, dieser Wert im Regelfall mit hoher Wahrscheinlichkeit im Jahresdurchschnitt überschritten wird. Dies bedeutet nach unserer Ansicht, dass Einzelmessungen in der Raumluft in Gebäude dieses Typs (PCB-haltige Schallschutzdeckenplatten ; vollflächig ; Beladungsverhältnis > 0,25 m⁻¹) zur Feststellung ob der so definierte Richtwert überschritten wird, nicht zwingend erforderlich sind. Resultierend aus den erheblichen jahreszeitlichen Schwankungen werden Einzelmessergebnisse nicht zu einer verbesserten Datenlage führen, sondern im Gegenteil zu einer erheblichen Verunsicherung der Nutzer beitragen.
- Bei der Anwendung des derzeit diskutierten Richtwerts von 4,7 pg WHO-TEQ /m³ in der Praxis ist nach unserer Ansicht per Konvention zu definieren, wie mit der gegebenen Messunsicherheit umgegangen werden soll.
- Wird dieser derzeit diskutierte Richt- bzw. Gefahrenwert verbindlich eingeführt und damit notwendigerweise in das Baurecht übernommen, so ist nach unserer Einschätzung entsprechend den Regeln des Baurechts für alle hier untersuchten öffentlichen Gebäude mit PCB-haltigen Schallschutzdeckenplatten festzustellen, dass der Gebäudeeigentümer (hier in der Regel die öffentliche Hand) eine Pflicht zur unverzüglichen Sanierung dieser Gebäude hat. Da die vorliegenden Ergebnisse auch auf andere baugleiche Gebäude übertragen werden können, würden beispielsweise auf das Land Baden-Württemberg unmittelbar Sanierungskosten zwischen 10 und 20 Millionen Euro zukommen.
- Das Vorhaben konnte am Beispiel der PCB und der PCDD/F belegen, dass schwerflüchtige organische Verbindungen (SVOC) in Abhängigkeit vom Zeitpunkt der Messung (z.B. Winter/Sommer) in der Raumluft in erheblich unterschiedlichen Konzentrationen auftreten. Dies bestätigt nicht systematisch ausgewertete Beobachtungen, die für andere schwer flüchtige organische Verbindungen (Weichmacher wie Phthalate; Biozide wie Lindan, Pentachlorphenol; Flammschutzmittel wie phosphororganische Verbindungen) aus der Praxis der Bestimmungen dieser SVOC in Raumluft vorliegen. Die Ergebnisse des Vorhabens verdeutlichen, dass es nach unserer

Ansicht erforderlich ist diese Randbedingungen der Bestimmung der SVOC in Raumluft zur Bewertung einer Belastungssituation in den technischen Regeln und Normen wesentlich schärfer zu fassen. Die Ergebnisse machen deutlich, dass eine Bewertung an Hand von Einzelmessergebnissen prinzipiell nur einen momentanen Istzustand widerspiegelt und ohne Kenntnisse der Randbedingungen keine Rückschlüsse auf die im Jahresmittel zu erwartende Raumluftkonzentration erlaubt. Derartige in der Praxis übliche Bewertungen entsprechen damit nicht mehr dem Stand der Technik.

- Die vorliegenden Ergebnisse lassen am Beispiel der Bestimmung der Emissionen von PCDD/F (hier besonders 2,3,7,8-TCDF) in der Raumluft erkennen, dass auch sehr schwer flüchtigen organischen Verbindungen in Abhängigkeit von den Randbedingungen und bei entsprechender Quellenlage in relevanten Konzentrationen in der Raumluft auftreten und deren Emissionen durch entsprechende, geringe Temperaturschwankungen (im Bereich zwischen 20 und 25 °C) in erheblicher Weise beeinflusst wird. Nach unserer Ansicht sollte daher auch das Verhalten und Vorkommen anderer sehr schwer flüchtigen organischen Verbindungen mit einem wahrscheinlich hohen Gefährdungspotential in der Innenraumluft wie beispielsweise die bromorganischen Flammschutzmittel (z.B. polybromierte Diphenylether) in Abhängigkeit von den Rand- bzw. Nutzungsbedingungen systematisch untersucht werden.