

12.4.10 Polychlorierte Biphenyle (PCB)

Seit etwa 1950 wurden PCB außer in Kondensatoren von Leuchtstoffleuchten und anderen geschlossenen Anwendungen in großem Umfang auch als Weichmacher in einer Reihe offener Anwendungen eingesetzt. Eine solche offene Anwendung von PCB ist insbesondere bei Gebäuden zu befürchten, die bis zum Ende der 1970er-Jahre erbaut wurden. Nach dem derzeitigen Kenntnisstand ist eine offene Anwendung von PCB bei Gebäuden, die nach 1980 erbaut wurden, nicht zu erwarten.

Offen angewendete PCB können insbesondere in dauerelastischen Fugendichtungsmassen enthalten sein als

- Gebäudetrennfugen,
- Bewegungsfugen zwischen Betonfertigteilelementen,
- Anschlussfugen (Fenster, Türzargen),
- Glasanschlussfugen an Fenstern,
- Fugen im Sanitärbereich (selten).

Darüber hinaus können

- Anstrichstoffe,
- Klebstoffe,
- Deckenplatten (als Weichmacher oder Flammenschutzmittel),
- Kunststoffe und
- Kabelummantelungen

PCB enthalten.

Eine der häufigsten Anwendungen in diesem Bereich war die Verwendung als Weichmacher in Fugendichtungsmassen auf der Basis eines Polysulfidkunstharzes. Als Weichmacher wurden Produkte verwendet, die 30 bis 60 Gew.-% Chlor enthielten. Diese Weichmacher wurden z. B. unter den Handelsnamen Clophen, Arodor, Kanechlor und Fenchlor in den Verkehr gebracht.

Die bis etwa 1975 in offenen Anwendungen eingesetzten PCB-haltigen Produkte können bis heute zu PCB-Raumluftbelastungen führen, deren Höhe von der Art der PCB, von deren Menge im jeweiligen Produkt, von der Art des PCB-kontaminierten Materials, der Menge und Beschaffenheit PCB-haltiger Produkte im Raum, den Klimabedingungen des Raumes, den Oberflächentemperaturen der Bauten und den Witterungsbedingungen abhängt. Im Laufe der Zeit können in solchen Räumen auch nicht PCB-haltige Bauteile oder Gegenstände durch PCB-haltige Stoffe kontaminiert werden und ihrerseits wieder zur Raumluftverunreinigung beitragen. Daher muss zwischen Primärquellen und Sekundärquellen unterschieden werden.

„Primärquellen sind Produkte, denen die PCB gezielt zur Veränderung der Produkteigenschaften zugesetzt wurden. Solche Produkte, z. B. Fugendichtungsmassen oder Beschichtungen, enthalten in der Regel mehr als 0,1 Gewichtsprozent PCB und können nach den bisher vorliegenden Erfahrungen deutlich erhöhte PCB-Raumluftbelastungen verursachen. Neben dem PCB-Gehalt besitzen das Verhältnis von kontaminierter Oberfläche zu Raumvolumen sowie die Art des PCB-Gemisches einen entscheidenden Einfluss auf die resultierende Raumluftbelastung“ [38].

12 Chemische Einwirkungen

Mögliche Primärquellen für PCB in der Innenraumluft sind nach VDI 4300 Blatt 2 [39]

- defekte Kondensatoren, z. B. in Leuchten,
- defekte Transformatoren,
- Farb- und Lackanstriche mit Flammschutzmitteln,
- in Kunststoff verwendete Weichmacher, z. B. Dichtungsmaterial für Dehnungsfugen im Betonfertigbau,
- im Betonbau verwendetes Schalöl sowie
- Staubeintrag von Emittenten und Altlasten.

„Sekundärquellen sind Bauteile (z. B. Wände, Decken) oder Gegenstände (z. B. Mobiliar oder Ausstattungsgegenstände wie Teppichböden oder Gardinen), die PCB meist über längere Zeit aus der belasteten Raumluft aufgenommen haben. Sie vermögen die an der Oberfläche angelagerten PCB nach und nach wieder in die Raumluft freizusetzen. Großflächige Sekundärkontaminationen können – selbst nach vollständigem Entfernen der Primärquellen – erhöhte PCB-Raumluftkonzentrationen aufrechterhalten“ [38].

Nicht ausreichend tief entfernte Primärquellen oder nicht ausreichend entfernte Sekundärquellen können noch Jahre nach der Sanierung zu erhöhten Raumluftbelastungen führen.

Ermittlung

Ein erster Schritt für die Ermittlung möglicher PCB-Quellen ist die Überprüfung des Alters des möglicherweise PCB-haltigen Bauproduktes oder Elektronikbauteils (siehe hierzu Grunderhebungsbogen G2 im Anhang III). Dabei kann in der Regel von nachstehenden Angaben ausgegangen werden:

- seit 1978 keine offene Anwendung mehr (Inkrafttreten der PCB-Richtlinie)
- seit 1981 kein PCB in Leuchtenkondensatoren und anderen Kondensatoren mehr
- seit 1983 keine Herstellung mehr
- seit 1989 generelles Verbot (PCB-Verbotsverordnung [40])

Lassen sich PCB-Belastungen in Gebäuden dadurch nicht ausschließen, sollte methodisch wie folgt weiter vorgegangen werden:

- Begehung durch sachkundige Personen, repräsentative Probenahme und Analyse verdächtiger Materialien (einschließlich exakter Dokumentation)
- repräsentative Raumluftprobenahme (einschließlich Begründung und Dokumentation der Probenahmestrategie)
- Erstellung eines Schadstoffkatasters (Materialproben, Schichtenprofile, Luftproben) als Grundlage für die Erstellung eines Sanierungskonzeptes sowie zur Ermittlung der Belastungssituation des Gesamtgebäudes

Die so gewonnenen Ergebnisse sind anschließend zu bewerten.

Bewertung der PCB-Belastung und der Dringlichkeit von Sanierungsmaßnahmen

Das gesundheitliche Risiko für die Nutzer von PCB-belasteten Räumen steigt mit der PCB-Konzentration in der Raumluft, in Abhängigkeit von der Nutzungsart und der Aufenthaltsdauer im Raum.

Die Dringlichkeit einer Sanierung wird anhand der durch das frühere Bundesgesundheitsamt und die Arbeitsgemeinschaft der Leitenden Medizinalbeamten der Länder (AGLMB) durchgeführten toxikologischen Bewertung von PCB in der Innenraumluft dauerhaft genutzter Räume [38] bewertet:

- „Raumluftkonzentrationen unter 300 ng PCB/m³ Luft sind als langfristig tolerabel anzusehen (Vorsorgewert).
- Bei Raumluftkonzentrationen zwischen 300 und 3 000 ng PCB/m³ Luft ist die Quelle der Raumluftverunreinigung aufzuspüren und unter Beachtung der Verhältnismäßigkeit mittelfristig zu beseitigen. Zwischenzeitlich ist durch regelmäßiges

Lüften sowie gründliche Reinigung und Entstaubung der Räume eine Verminderung der PCB-Konzentration anzustreben. Der Zielwert liegt bei weniger als 300 ng PCB/m³ Luft (Sanierungsleitwert).

- Bei Raumluftkonzentrationen oberhalb von 3 000 ng PCB/m³ Luft sind akute Gesundheitsgefahren nicht auszuschließen (Interventionswert für Sofortmaßnahmen). Bei entsprechenden Befunden sollen unverzüglich Kontrollanalysen durchgeführt werden. Bei Bestätigung des Wertes sind in Abhängigkeit von der Belastung zur Vermeidung gesundheitlicher Risiken in diesen Räumen unverzüglich Maßnahmen zur Verringerung der Raumluftkonzentrationen von PCB zu ergreifen. Der Zielwert liegt auch hier bei weniger als 300 ng PCB/m³ Luft.“

Obwohl gesicherte eindeutige Zusammenhänge zwischen den PCB-Gehalten der Dichtungsmaterialien und der PCB-Raumluftkonzentration bisher nicht abgeleitet werden konnten, lässt sich aufgrund von Literaturangaben eine Grobabschätzung der PCB-Raumluftkonzentration vornehmen (siehe Tabelle 32) [41].

Tabelle 32: Orientierungswerte für PCB-Raumluftkonzentrationen in Abhängigkeit vom PCB-Gehalt im Dichtungsmaterial [41]

Clophentyp ¹⁾	Maximale PCB-Konzentration im Dichtungsmaterial in %	PCB-Raumluftkonzentration in µg/m ³
A 40	maximal 21	ca. 0,2 bis 6,0
A 50	maximal 35	ca. 0,2 bis 2,5
A 60	maximal 47	max. 0,55

¹⁾ technisches PCB-Gemisch der Fa. Bayer

12 Chemische Einwirkungen

Darüber hinaus ist bei großflächigen Primärquellen wie z. B. Farbanstrichen, Brandschutzanstrichen oder Deckenplatten, die oftmals ein hochchloriertes PCB-Gemisch (Chlophen A 50/60) enthalten, auch die Direktaufnahme über die Haut und oral durch kontaminierte Partikel aus Abrieb zu beachten. Mit dem PCB-Gehalt im Material steigt gleichzeitig in der Regel auch der Dioxin- und Furangehalt [38].

Empfehlungen für die Sanierung von Gebäuden

Eine Sanierung PCB-belasteter Gebäude hat zum Ziel, die Raumluftbelastung durch PCB-haltige Produkte dauerhaft zu senken. Dies kann z. B. durch Entfernen, Abtrennen oder Beschichten PCB-haltiger Produkte geschehen. Die Beschichtung von Primärquellen hat sich bislang jedoch nicht bewährt.

Sanierung von Primärquellen

Für eine dauerhafte Sanierung von PCB-belasteten Räumen kommt in der Regel nur das Entfernen der Primärquellen wie z. B. Dichtungsmassen, Anstriche oder Deckenplatten in Betracht. Die im Folgenden aufgeführten Verfahren haben sich in der Praxis bewährt. Damit sind andere Verfahren, die zu gleichwertigen Ergebnissen führen, nicht ausgeschlossen. Nicht geeignet ist allerdings die Heißbehandlung PCB-haltiger Materialien, z. B. durch Flammstrahlen, sowie die Anwendung von Verfahren, bei denen eine Erhitzung PCB-haltiger Materialien auf $> 100\text{ °C}$ auftritt.

Dauerelastische Dichtungsmassen werden ausschließlich mit staubarm arbeitenden Werkzeugen oder von Hand entfernt und in

für die Entsorgung geeigneten Behältern gesammelt. Hinterfüllmaterial soll entfernt werden. Anfallender Staub wird am Entstehungsort mit einem geeigneten Staubsauger, z. B. der Staubklasse H, aufgenommen. Die Fugenflanken sollten soweit möglich unter Berücksichtigung der statischen Erfordernisse entsprechend der PCB-Eindringtiefe entfernt werden. Sie sind ebenso wie Dichtungsmassen von Hand oder mit staubarm arbeitenden Werkzeugen und Techniken unter ständiger Absaugung oder in geschlossenen Verfahren zu entfernen. Ist ein Entfernen der Fugenflanken nicht möglich, sind diese vollständig von allen anhaftenden Dichtungsmassenresten zu befreien und mit geeigneten diffusionshemmenden Beschichtungen zu versehen. Nach Beschichtung der Anschlussbereiche und Einbringen von neuem Hinterfüllmaterial wird neu verfugt.

Großflächige Primärquellen wie Anstriche oder Beschichtungen sind staubfrei unter ständiger Absaugung oder in geschlossenen Systemen zu entfernen. Hinsichtlich ggf. verbliebener Restkontaminationen ist wie bei der Behandlung von Sekundärquellen beschrieben zu verfahren.

Demontierbare Primärquellen wie Deckenplatten sind nach vorheriger Reinigung ohne Freisetzung von Stäuben, ggf. unter Absaugung, auszubauen.

Sanierung von Sekundärquellen

Lässt sich durch die Maßnahmen bei der Sanierung von Primärquellen die PCB-Raumluftkonzentration nicht unter den Sanierungsleitwert von 300 ng PCB/m^3 Luft absenken, ist darüber hinaus die

Sanierung von Sekundärquellen erforderlich.

Die Sanierung von Sekundärquellen sollte wie bei Primärquellen durch Entfernen erfolgen. Wird diese Methode nicht gewählt, lassen sich PCB-Raumluftbelastungen aus kontaminierten Bauteilen auch durch staubarmes Abtragen der Oberflächen dieser Teile unter ständiger Absaugung oder in geschlossenen Systemen, z. B. durch Abbeizen von Farbbeschichtungen und Beschichtungen der Oberflächen, hinreichend vermindern. Hierfür sind nach derzeitigem Kenntnissstand z. B. diffusionshemmende Isoliertapeten, hoch abgebundene Latexdispersionsfarben, insbesondere solche auf Acrylatbasis, oder zweikomponentige Epoxidharz- und Polyurethanbeschichtungen geeignet.

Sekundärquellen können aber auch luftdicht gegen die Raumluft abgeschottet werden, z. B. durch dauerhaft dichte Verkleidungen. Diese müssen jedoch für eine spätere getrennte Entsorgung gekennzeichnet und dokumentiert werden. Ein derartiges Vorgehen erfordert dauerhaft dichte Abschlüsse auch gegenüber angrenzenden Bauteilen und bedarf hinsichtlich seiner bauphysikalischen und raumklimatischen Folgewirkungen sorgfältiger Prüfung.

Kontaminierte Gegenstände wie Mobiliar, Teppiche oder Gardinen sollten gründlich gereinigt und vor Wiederverwendung hinsichtlich ihrer Restkontamination überprüft werden.

Der Langzeiterfolg dieser Maßnahmen ist durch Messungen zu belegen.

Reinigung

Nach Abschluss der Sanierung wird der gesamte Sanierungsbereich einer Feinreinigung unterzogen, wobei zunächst sämtliche Oberflächen von Bauteilen und Einrichtungen mit einem geeigneten Staubsauger gereinigt werden. Im Anschluss daran erfolgt eine Feuchtreinigung sämtlicher dafür infragekommender Flächen sowie des weiterzuverwendenden Mobiliars. Die Reinigung findet manuell mit handelsüblichen Reinigungsmitteln statt. Hochdruckreiniger eignen sich nicht, da die Reinigungsflüssigkeit nicht vollständig erfasst werden kann.

Erfolgskontrolle

Eine Messung der PCB-Konzentration in der Raumluft nach einer in der PCB-Richtlinie festgelegten Messstrategie belegt den Erfolg der Sanierung.

12.4.11 Literatur

- [1] *Eickmann, U.*: Berechnungsverfahren und Modellbildung in der Arbeitsbereichsanalyse. BIA-Report 3/01. Hrsg.: Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften (HVBG), Sankt Augustin 2001
- [2] Bekanntmachung des Umweltbundesamtes: Gesundheitliche Bewertung von Kohlendioxid in der Innenraumluft. Bundesgesundheitsbl. Gesundheitsforsch. Gesundheitsschutz. 51 (2008) Nr. 11, S. 1358-1369
- [3] *Witthauer, J.; Horn, H.; Bischof, W.*: Raumluftqualität. C. F. Müller, Karlsruhe 1993