

Regelwerk

PCB-Richtlinie - Richtlinie für die Bewertung und Sanierung PCB-belasteter Baustoffe und Bauteile in Gebäuden

- Nordrhein-Westfalen -

Fassung vom 3. Juli 1996

(MBl. NRW Nr. 52 vom 09.08.1996 S. 1260)

RdErl. d. Ministeriums für Bauen und Wohnen v. 3.7.1996 -II B 4-476.101

Einleitung

Die vorliegende Richtlinie enthält Hinweise für Gebäudeeigentümer und -nutzer sowie Baufachleute, wie Bauprodukte, die polychlorierte Biphenyle (PCB) enthalten, gesundheitlich zu bewerten sind, wie Sanierungen durchgeführt werden können, welche Schutzmaßnahmen dabei beachtet werden müssen, wie die Abfälle und das Abwasser zu entsorgen sind und wie sich der Erfolg einer Sanierung kontrollieren läßt.

Die PCB gehören chemisch zur Gruppe der chlorierten aromatischen Kohlenwasserstoffe. Die Ausgangsverbindung ist das Biphenyl, das aus zwei miteinander verbundenen Phenylringen besteht, an denen 1 bis insgesamt 10 Chloratome gebunden sein können.

Seit den fünfziger Jahren wurde PCB außer in Kondensatoren von Leuchtstoffleuchten und anderen geschlossenen, d.h. sich ohne Kontakt zur umgebenden Luft vollziehenden, Anwendungen in großem Umfang auch als Weichmacher in einer Reihe offener Anwendungen eingesetzt. Offen angewendete PCB können insbesondere enthalten sein in

- dauerelastischen Fugendichtungsmassen als
 - Gebäudetrennfugen,
 - Bewegungsfugen zwischen Betonfertigteilelementen,
 - Anschlußfugen (Fenster, Türzargen),
 - Glasanschlußfugen an Fenstern,
 - Fugen im Sanitärbereich (selten),
- Anstrichstoffen,
- Klebstoffen,
- Deckenplatten (als Weichmacher bzw. Flammschutzmittel),
- Kunststoffen und
- Kabelummantelungen.

Eine der häufigsten Anwendungen in diesem Bereich war die Verwendung als Weichmacher in Fugendichtungsmassen auf Basis eines Polysulfid-Kunstharzes¹. Als Weichmacher für Fugendichtungsmassen wurden Produkte verwendet, die 30 bis 60 Gewichtsprozent Chlor enthielten. Diese Weichmacher wurden z.B. unter den Handelsnamen Clophen, Arodor, Kanechlor, Fenchlor u. a. in den Verkehr gebracht. Die äußere Beschaffenheit der technischen Gemische reicht von fast farblosen öligen Flüssigkeiten bis zu hellgelben Weichharzen. Mit steigendem Chlorgehalt nehmen Dichte und Zähflüssigkeit (Viskosität) stark zu, während die ohnehin geringe Wasserlöslichkeit und die Flüchtigkeit abnehmen.

Im Jahr 1973 empfahl der Rat für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (OECD), PCB nicht mehr in offenen, sondern nur noch in geschlossenen Anwendungen einzusetzen. Im Jahr 1978 setzte die Bundesregierung diese Empfehlung in deutsches Recht um. Seit 1983 werden PCB in der Bundesrepublik Deutschland nicht mehr hergestellt.

Aufgrund der zwischenzeitlich aufgehobenen Verordnung zum Verbot von polychlorierten Biphenylen, polychlorierten Terphenylen und zur Beschränkung von Vinylchlorid (PCB-, PCT-, VC-Verbotsverordnung) vom 18. Juli 1989 (BGBl. I S.1482) wurde das Inverkehrbringen und Verwenden von Stoffen, Zubereitungen und Erzeugnissen, die bestimmte PCB oder PCB in bestimmten Konzentrationen (50 mg PCB/kg) enthalten, verboten. Heute gelten insoweit die Verbote nach § 1 der Verordnung über Verbote und Beschränkungen des Inverkehrbringens gefährlicher Stoffe, Zubereitungen und Erzeugnisse nach dem Chemikaliengesetz (Chemikalien-Verbotsverordnung - ChemVerbotsV) vom 14. Oktober 1993 (BGBl. I S.1720), zuletzt geändert durch Verordnung vom 6. Juli 1994 (BGBl. I S.1493).

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.

Ab einer bestimmten Höhe der Raumluftbelastung von Aufenthaltsräumen (Vorsorgewert) sind Maßnahmen zu prüfen, mit denen die Raumluftbelastung gesenkt werden kann. Zur Vermeidung gesundheitlicher Gefahren können in Abhängigkeit von der Höhe der Raumluftkonzentration und der Nutzung (Gefahrengrenzwert), Sanierungsmaßnahmen notwendig werden.

Zu unterscheiden ist zwischen Primär- und Sekundärquellen.

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.

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.

1 Geltungsbereich

Diese Richtlinie gilt für die Bewertung und Sanierung von Gebäuden, in denen Bauprodukte oder Bauteile enthalten sind, die PCB in offener Anwendung enthalten (Primärquellen) oder damit kontaminiert sind (Sekundärquellen).

2 Mitgeltende Regelungen

Bei der Durchführung von Sanierungsmaßnahmen sind insbesondere die geltenden Regelungen

- des Bauordnungsrechts,
- des Arbeitsschutzrechts,
- des Immissionsschutzrechts und
- des Abfallrechts

zu beachten. Auf spezielle Rechtsvorschriften und technische Regeln wird in den einzelnen Abschnitten hingewiesen.

3 Bewertung und Überprüfung der PCB-Belastung von Räumen

3.1 Bewertung der PCB-Belastung von Räumen und der Dringlichkeit von Sanierungsmaßnahmen

Von PCB-belasteten Baustoffen und Bauteilen in Räumen können Gesundheitsrisiken für die Nutzer der Räume ausgehen. Das gesundheitliche Risiko steigt mit der Konzentration der PCB-Gehalte in der Raumluft, der Nutzungsart und der Aufenthaltsdauer im Raum.

Die folgende Bewertung der Dringlichkeit einer Sanierung erfolgt aufgrund der toxikologischen Bewertung von PCB in der Innenraumluft dauerhaft genutzter Räume durch das frühere Bundesgesundheitsamt und die Arbeitsgemeinschaft der Leitenden Medizinalbeamten der Länder (AGLMB). Auf der Grundlage des Beschlusses des Ausschusses für Umwelthygiene der AGLMB vom 14./15.6.1993 werden folgende Empfehlungen für sachgerecht angesehen:

- Raumluftkonzentrationen unter 300 ng PCB/m³ Luft sind als langfristig tolerabel anzusehen (Vorsorgewert).
- Bei Raumluftkonzentrationen zwischen 300 und 3000 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 3000 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.

Großflächige Primärquellen (Farbanstriche, Brandschutzanstriche, Deckenplatten u. a.) enthalten oftmals ein hochchloriertes PCB-Gemisch (Chlophen A 50/60). Dabei gibt es besondere Risiken:

- Anders als bei kleinflächigen Primärkontaminationen ist die Direktaufnahme über die Haut und oral durch kontaminierte Partikel aus Abrieb zu beachten.
- Anders als bei niedrigchlorierten Primärquellen findet sich in der Raumluft in der Regel auch ein hochchloriertes Raumluftmuster wieder.
- Gleichzeitig zum PCB-Gehalt steigt in der Regel der Dioxin- bzw. Furananteil im kontaminierten Material.

Das bedeutet eine besondere Bewertung hochchlorierter, großflächiger Primärkontaminationen. Zusätzlich zum absoluten Gehalt PCB-kontaminierter Raumluft muß der Chlorgehalt der Quelle kritisch gewürdigt werden.

Zur Erläuterung wird auf folgendes hingewiesen:

Dieser Bewertung liegt eine tolerable tägliche Aufnahmemenge (TDI-Wert) von 1 µg PCB/kg Körpergewicht zugrunde, der vom früheren Bundesgesundheitsamt und der Deutschen Forschungsgemeinschaft abgeleitet wurde.

Die täglich über die Nahrung aufgenommene Menge liegt derzeit bei 0,1 µg/kg Körpergewicht. Eine zusätzliche Belastung über die Atemluft ist unter Vorsorgeaspekten soweit wie möglich einzuschränken. Als vertretbar könnte bis zu 10% des TDI-Wertes angesehen werden, d.h. 0,1 µg PCB/kg Körpergewicht/Tag. Dieser Wert wird bei einer Aufenthaltsdauer von 24 Stunden pro Tag bei Raumluftkonzentrationen von 300 ng PCB/m³ Luft erreicht.

In Räumen mit im Jahresmittel zu erwartenden Raumluftkonzentrationen über 3000 ng PCB/m³ Luft kann der genannte TDI-Wert allein durch die inhalative Aufnahme überschritten werden; in diesen Fällen sind daher Maßnahmen zur Abwehr einer Gefahr für Leben oder Gesundheit angezeigt;

3.2 Überprüfung der PCB-Belastung von Gebäuden

Zur Feststellung einer PCB-Belastung von Gebäuden sollte methodisch wie folgt vorgegangen werden:

1. Begehung durch sachkundige Personen, repräsentative Probennahme und Analyse verdächtiger Materialien (inkl. exakter Dokumentation).
2. Repräsentative Raumluftprobennahme (inkl. Begründung und Dokumentation der Probennahmestrategie).
3. Erstellung eines Schadstoffkatasters (Materialproben, Schichtenprofile, Luftproben) als Grundlage für die Erstellung eines Sanierungskonzeptes sowie zur Ermittlung der Belastungssituation des Gesamtgebäudes.

Eine offene Anwendung von PCB ist insbesondere bei Gebäuden zu befürchten, die bis zum Ende der 70er Jahre erbaut wurden. Nach dem derzeitigen Kenntnisstand ist eine offene Anwendung von PCB bei Gebäuden, die nach 1980 erbaut wurden, nicht zu erwarten.

4 Empfehlungen für die Sanierung von Gebäuden

4.1 Grundsätze

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.

Es wird empfohlen sicherzustellen, daß die Räume bis zur Sanierung ausreichend gelüftet und regelmäßig feucht gereinigt werden. Um Gefährdungen der bei Sanierungen Beschäftigten, Dritter und der Umwelt auszuschließen, sollten folgende Grundsätze beachtet werden:

1. Sanierungsmaßnahmen werden als in sich geschlossenes Konzept vom Beginn der Arbeiten bis zur Entsorgung der Abfälle und des Abwassers entsprechend den geltenden Bestimmungen geplant. Dabei ist auch zu berücksichtigen, daß durch die Sanierung der Bauteile notwendige Eigenschaften der Bauteile - z.B. deren Standsicherheit - beeinträchtigt werden können.
2. Es werden nur Firmen beauftragt, die mit den Arbeiten, den dabei auftretenden Gefahren und den erforderlichen Schutzmaßnahmen vertraut sind und über die erforderlichen Geräte und Ausrüstungen verfügen.
3. Die Sanierung erfolgt möglichst staubarm.

4. Die erforderlichen Arbeitsschutzmaßnahmen und Maßnahmen zum Schutz der Gebäudenutzer und der Umwelt während der Sanierung werden beachtet. Hierzu wird auf die Abschnitte 4.3 und 4.4 verwiesen.
5. Durch geeignete Maßnahmen (z.B. staubdichte Abschottungen des Arbeitsbereiches) wird sichergestellt, daß bei der Sanierung freigesetzte PCB-haltige Stäube nicht in Gebäudebereiche außerhalb des Arbeitsbereichs gelangen können. Unterdruckhaltung und Zugangsschleusen sind in der Regel nicht erforderlich ². Bei komplexen Sanierungsvorhaben wird empfohlen, durch einen gerichteten Luftstrom oder geeignete Absperrungen im Sanierungsbereich eine Neukontamination bereits sanierter Flächen oder Räume durch Sanierungsarbeiten im gleichen oder in anderen Räumen zu verhindern. Das Betreten des Arbeitsbereiches durch unbeteiligte Dritte ist zu verhindern.
6. Gegen die Verschleppung von PCB-haltigem Staub aus dem Arbeitsbereich werden geeignete Maßnahmen ergriffen, z.B. die Verwendung von Einmalüberziehschuhen.
7. Der gesamte Arbeitsbereich wird täglich mit einem geeigneten Staubsauger grob gereinigt (vgl. Abschnitt 4.3.4).
8. Weitergehende Maßnahmen zum Schutz von Personen außerhalb des Sanierungsbereiches sind nicht erforderlich.

4.2 Sanierung

4.2.1 Übersicht

Für eine dauerhafte Sanierung von PCB-belasteten Räumen kommt in der Regel nur das Entfernen der Primärquellen (z.B. Dichtungsmassen, Anstriche, Deckenplatten) in Betracht. Die nachfolgend aufgeführten Verfahren haben sich in der Praxis bewährt. Damit sind andere Verfahren, die zu gleichwertigen Ergebnissen führen, nicht ausgeschlossen. Die Beschichtung von Primärquellen hat sich bisher nicht bewährt.

Läßt sich durch diese Maßnahmen an den Primärquellen die PCB-Raumluftkonzentration nicht unter den Sanierungsleitwert von 300 ng PCB/m³ Luft absenken, ist darüber hinaus die Sanierung von Sekundärquellen erforderlich. Großflächige Sekundärquellen sollten möglichst entfernt werden. Im Falle einer Beschichtung oder Abtrennung ist der Langzeiterfolg dieser Maßnahmen durch Messungen nach 5.3 zu belegen.

Die vorgelegten Empfehlungen sind auf den Umgang mit PCB-haltigen Produkten nach Bränden nicht anzuwenden (siehe hierzu die BGA-Empfehlungen von Gebäuden nach Bränden, Bundesgesundheitsblatt 1/90).

1) Erläuterung:

Eines der wichtigsten Handelsprodukte im Bereich der Polysulfid-Kunstharze trug den Namen "Thiokol", weshalb die damit hergestellten Fugendichtungsmassen auch häufig als "Thiokol-Fugenmassen" bezeichnet wurden. Diese auch heute noch gebräuchliche Bezeichnung läßt aber keineswegs den Schluß zu, daß diese Produkte zwangsläufig PCB-haltig sein müssen, vielmehr war auch schon seinerzeit die weitaus größere Menge von "Thiokol-Fugenmassen" PCB-frei.

2) Erläuterung:

Es hat sich als sinnvoll erwiesen, die Sanierungsbereiche in Abhängigkeit von der jeweiligen Gebäudestruktur festzulegen. Günstig ist die Einbeziehung sog. Brandabschnitte, die in aller Regel von festen Wänden begrenzt sind und somit ein einfaches Abtrennen der Baustelle gegenüber den weiter genutzten Teilen eines Gebäudes ermöglichen.

4.2.2 Sanierungsverfahren

Die Heißbehandlung, PCB-haltiger Materialien z.B. durch Flammstrahlen sowie die Anwendung von Verfahren, bei denen eine Erhitzung >100 °C PCB-haltiger Materialien auftritt, hat zu unterbleiben. Kontaminierte Gegenstände (z.B. Mobiliar, Teppiche, Gardinen) sollten gründlichst gereinigt und vor Wiederverwendung hinsichtlich ihrer Restkontamination überprüft werden.

4.2.2.1 Entfernen der Primärquellen

- Dauerelastische Dichtungsmassen werden ausschließlich mittels staubarm arbeitender Werkzeuge oder von Hand entfernt und in für die Entsorgung geeigneten Behältern (vgl. Abschnitt 4.4) gesammelt. Hinterfüllmaterial soll entfernt werden. Anfallender Staub wird am Entstehungsort mit einem geeigneten Staubsauger (Verwendungskategorie C) aufgenommen. Die Fugenflanken sollten soweit möglich unter Berücksichtigung der statischen Erfordernisse entsprechend der PCB-Eindringtiefe entfernt werden. Die Fugenflanken sind ebenso wie die Dichtungsmassen von Hand oder mittels staubarm arbeitender Werkzeuge bzw. 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 unter 4.2.2.3 beschrieben zu verfahren.
- Demontierbare Primärquellen wie Deckenplatten sind nach vorheriger Reinigung ohne Freisetzung von Stäuben ggf. unter Absaugung auszubauen.

4.2.2.2 Räumliche Trennung

Sekundärquellen - nur in Ausnahmefällen Primärquellen - werden luftdicht gegen die Raumluft abgeschottet. Dies kann z.B. durch dauerhaft dichte Verkleidungen erfolgen ³. Dann muß jedoch die Primärquellen ebenso wie hochbelastete Sekundärquellen für eine spätere getrennte Entsorgung gekennzeichnet und dokumentiert werden.

Langzeiterfolg dieser Maßnahmen ist durch Messungen nach 5.3 zu belegen.

4.2.2.3 Behandlung von Sekundärquellen

Die Sanierung von Sekundärquellen sollte wie bei Primärquellen durch Entfernen entsprechend Abschnitt 4.2.2.1 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 Stand der Kenntnisse z.B. diffusionshemmende Isoliertapeten, hochabgebundene Latexdispersionsfarben, insbesondere solche auf Acrylbasis, oder zweikomponentige Epoxidharz- oder Polyurethanbeschichtungen ⁴ geeignet. Die ökologische Verträglichkeit (z.B. Lösungsmittelfreiheit) und toxikologische Unbedenklichkeit der Beschichtungen ist in jedem Einzelfall zu überprüfen. Der Langzeiterfolg dieser Maßnahmen ist durch Messungen nach 5.3 zu belegen.

4.2.3 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 in Frage kommender Flächen sowie des weiterzuverwendenden Mobiliars. Die Reinigung wird manuell unter Verwendung handelsüblicher Reinigungsmittel durchgeführt. Hochdruckreiniger eignen sich nicht, da die Reinigungsflüssigkeit nicht mehr vollständig erfaßt werden kann.

4.3 Schutzmaßnahmen bei der Sanierung PCB-belasteter Baustoffe und Bauteile

Beim Umgang mit PCB oder PCB-haltigen Produkten im Zuge von Abbruch-, Sanierungs- oder Instandhaltungsarbeiten kann erfahrungsgemäß davon ausgegangen werden, daß bei Anwendung der zur Zeit üblichen Arbeitsverfahren die Grenzwerte in der Luft am Arbeitsplatz nach TRGS 900 dauerhaft sicher eingehalten werden. Dabei wird vorausgesetzt, daß keine staubintensiven Arbeitsgeräte, wie z.B. Trennschleifer ohne Absaugung, verwendet werden.

Darüber hinaus sind die produktionsbedingten Verunreinigungen an polychlorierten Dibenzofuranen (PCDF) und Dibenzodioxinen (PCDD) zu beachten. In Primärquellen wird in der Regel der Grenzwert der Gefahrstoff-Verordnung (Anhang V Nr.3 GefStoffV) in Höhe von 5 µg/kg für die Summe der sieben 2378-substituierten PCDF/D-Kongenere deutlich überschritten. Dementsprechend besteht Anzeigepflicht bei der zuständigen Behörde (staatliche Ämter für Arbeitsschutz) und die Verpflichtung zur Einhaltung besonderer Schutzmaßnahmen (Anhang V GefStoffV Nr.3.2, 3.3).

(Anm.: Anhang V Nr. 3 der GefStoffV ist in der Fassung vom 12. Juni 1996 gestrichen, s. Chemikalienverbotsverordnung)

4.3.1 Grenzwerte, Einstufungen, Kennzeichnung

Bei der Sanierung sind folgende Regelungen für den Umgang mit dem Gefahrstoff zu beachten:

Grenzwerte:

Chlorierte Biphenyle (54% Chlor):	0,5 mg/m ³ Luft (TRGS 900)
Chlorierte Biphenyle (42% Chlor):	1,0 mg/m ³ Luft (TRGS 900)
PCDF/D:	50 pg ITE/m ³ Luft (TRGS 102) (Anm.: jetzt TRGS 901-42)
	5 µg/kg für die 2378-substituierten PCDF/D (Anhang V GefStoffV. Nr.3)

Einstufung der PCB bezüglich krebserzeugender, erbgutverändernder oder fortpflanzungsgefährdender Wirkung:

TRGS 905:	RE 2 fruchtschädigend (entwicklungsschädigend), Kategorie 2 nach Anhang I GefStoffV
-----------	---

Einstufung nach DFG, MAK und BAT-Werte-Liste 1994:	III B, Stoff mit begründetem Verdacht auf krebserzeugende Wirkung
--	---

Einstufung und Kennzeichnung nach Gefahrstoffverordnung:

Einstufung:	R 33
	N; R 50-53
Kennzeichnung:	Xn, N
	R: 33-50/53
	S: (2)-35-60-61
	Xn mindergiftig
	N umweltgefährlich
	R 33 Gefahr kumulativer Wirkung
	R 50/53 sehr giftig für Wasserorganismen
	S 35 Abfälle und Behälter müssen in gesicherter Weise beseitigt werden
	S 60 dieser Stoff und sein Behälter sind als gefährlicher Abfall zu entsorgen
	S 61 Freisetzung in die Umwelt vermeiden.

Kennzeichnung nach TRGS 900:	Hautresorption: H (Gefahr der Hautresorption)
------------------------------	---

4.3.2 Arbeitsschutzvorschriften

Beim Umgang mit PCB oder PCB-haltigen Produkten sind sowohl gesetzliche als auch berufsgenossenschaftliche Vorschriften und Regelwerke zu beachten. Dies sind insbesondere Bestimmungen der Gefahrstoffverordnung (GefStoffV) und der Unfallverhütungsvorschrift "Allgemeine Vorschriften" in Verbindung mit den Richtlinien für "Arbeiten in kontaminierten Bereichen" (ZH 1/183).

Einschlägige Gesetze, Verordnungen und Regelwerke sind in Anhang 1 aufgelistet. Nach § 16 der GefStoffV hat sich der Unternehmer zu vergewissern, ob er mit einem Gefahrstoff umgeht. Kann das Auftreten von Gefahrstoffen in der Luft am Arbeitsplatz nicht sicher ausgeschlossen werden, muß er ermitteln oder ermitteln lassen, ob der MAK- bzw. TRK-Wert unterschritten oder die Auslöseschwelle überschritten ist (§ 18 GefStoffV). In Abhängigkeit vom Ermittlungsergebnis sind nach den Regeln der TRGS 402 Kontrollmessungen durchzuführen.

Beim Nachweis von PCB in gesundheitsgefährdenden Konzentrationen (Überschreitung des TRK-Wertes) müssen in erster Linie geeignete technische Maßnahmen zur Staubminimierung durchgeführt werden. Wird in Sonderfällen die Einhaltung des Grenzwertes durch technische Maßnahmen nicht erreicht, sind geeignete persönliche Schutzausrüstungen zu benutzen (z.B. Atemschutz nach DIN 3181, A2-P2, Schutzanzug, Schutzbrille).

Werden im Zuge der Überwachung von Arbeitsplätzen Messungen notwendig, dürfen damit nur Meßstellen beauftragt werden, die über die notwendige Sachkunde und die notwendigen Einrichtungen verfügen. Der Arbeitgeber kann mit der Durchführung der Messung auch außerbetriebliche Meßstellen beauftragen. Ein Verzeichnis geeigneter Meßstellen wird vom Bundesminister für Arbeit und Sozialordnung im Bundesarbeitsblatt sowie vom Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften veröffentlicht und fortgeschrieben.

4.3.3 Organisatorische Schutzmaßnahmen

Arbeiten in kontaminierten Bereichen sind rechtzeitig vor Beginn der zuständigen Berufsgenossenschaft anzuzeigen (ZH 1/183, Ziff. 11.2).

Werden die Arbeiten von mehreren Unternehmen gemeinsam durchgeführt, hat der Auftraggeber zur Koordinierung der sicherheitstechnischen Überwachung der verschiedenen Arbeiten eine hierfür verantwortliche Person (Kordinator) zu bestellen. Der Koordinator muß weisungsbefugt sein. Seine Aufgaben sind in ZH 1/183, Ziff. 5.2 geregelt.

Die Arbeiten müssen von fachlich geeigneten Personen geleitet und beaufsichtigt werden. Deren Aufgabe ist es, die Voraussetzungen für eine sichere Baudurchführung zu schaffen und die Einhaltung der Sicherheitsmaßnahmen zu überwachen.

Dem Aufsichtführenden obliegt die Baustellenüberwachung. Er muß ausreichende Fachkenntnisse besitzen und mit den besonderen Gefahren beim Umgang mit PCB vertraut sein.

Die mit der Ausführung der Sanierungsarbeiten betrauten Arbeitskräfte müssen über Gefahren, Schutzmaßnahmen und

Verhaltensregeln vor Aufnahme der Tätigkeit unterwiesen werden. Hierfür ist eine Betriebsanweisung gemäß § 20 GefStoffV/ TRGS 555 zu erstellen. Weitere Hinweise sowie ein Muster für eine solche Betriebsanweisung enthält die ZH 1/183. Inhalt und Zeitpunkt der Unterweisung sind schriftlich festzuhalten und von den Unterwiesenen zu bestätigen.

Für den Umgang mit PCB oder PCB-haltigen Produkten gelten Beschäftigungsbeschränkungen für Jugendliche (§ 15b GefStoffV sowie ZH 1/183, Ziff. 7.1). Außerdem besteht ein Beschäftigungsverbot für werdende und stillende Mütter.

4.3.4 Technische Schutzmaßnahmen

Um die Schadstoffkonzentration im Arbeitsbereich gering zu halten, ist für eine gute Raumlüftung zu sorgen. Damit angrenzende Räume nicht kontaminiert werden, werden Türen und andere Öffnungen staub- und gasdicht verschlossen.

Unbefugte dürfen den Arbeitsbereich nicht betreten. Entsprechende Absperrungen und Warnzeichen sind anzubringen. Die Zeichen müssen der UVV "Sicherheitskennzeichnung am Arbeitsplatz" (VBG 125) entsprechen.

Zum Aufsaugen von Stäuben dürfen nur baumustergeprüfte Sauggeräte eingesetzt werden. Sie müssen der Verwendungskategorie C entsprechen.

Abfälle sind in resistenten und verschleißbaren Behältern einzusammeln. Die Behälter sind abzudecken oder zu verschließen. Abfälle dürfen nicht in der Nähe von Feuerstellen oder von heißen Oberflächen gelagert werden. Bezüglich der Entsorgung von PCB-haltigen Abfällen vgl. Abschnitt 4.4.

4.3.5 Hygienische Schutzmaßnahmen

Im Arbeitsraum ist das Essen, Rauchen und Trinken sowie das Aufbewahren von Lebensmitteln verboten. Sind bei Sanierungen die in Abschnitt 4.1 genannten Voraussetzungen erfüllt, genügt eine geeignete Arbeitskleidung. Direkter Hautkontakt mit PCB-haltigen Materialien ist z.B. durch Tragen geeigneter Arbeitshandschuhe zu vermeiden. Bei Arbeitsgängen, die mit Staubeentwicklung verbunden sind, sind geeignete Atemschutzmasken zu verwenden.

Bei Arbeitsunterbrechungen/Pausen ist die Arbeitskleidung abzulegen, und die Hände sind gründlich zu reinigen.

Verschmutzte Arbeitskleidung soll täglich gewechselt werden, um eine Kontamination der Haut zu vermeiden. Straßen- und Arbeitskleidung sind getrennt aufzubewahren.

Für das Umkleiden, die getrennte Aufbewahrung von Straßen- und Arbeitskleidung sowie zur Körperreinigung sind geeignete Räume und Einrichtungen sowie Waschgelegenheiten zur Verfügung zu stellen.

Der Arbeitsbereich muß der Arbeitsstättenverordnung sowie den zugehörigen Arbeitsstätten-Richtlinien entsprechen (insbesondere §§ 45 bis 48 der Arbeitsstättenverordnung).

Den Beschäftigten sind Hautreinigungs- und Hautpflegemittel zur Verfügung zu stellen. Die Hautschutzmittel sollten fettfrei sein und können gerbende Zusätze enthalten, um die Schädigung der Haut durch das Tragen der Schutzhandschuhe zu verhindern. Nach der Reinigung wird die Hautpflege mit fetthaltigen Salben oder Lotionen empfohlen.

4.3.6 Arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchungen

Spezielle arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchungen beim Umgang mit PCB werden nach der Unfallverhütungsvorschrift "Arbeitsmedizinische Vorsorge" (VBG 100) und nach der Gefahrstoffverordnung nicht gefordert. Es wird jedoch empfohlen, bei den arbeitsmedizinischen Untersuchungen nach dem Arbeitssicherheitsgesetz auf den Umgang mit PCB hinzuweisen, um dem Betriebsarzt/Arbeitsmediziner eine individuelle Beurteilung und Beratung zu ermöglichen.

Wird silikogener Feinstaub freigesetzt, z.B. bei der Oberflächenbearbeitung von Beton, oder wird Atemschutz verwendet, sind arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchungen nach den berufsgenossenschaftlichen Grundsätzen G 1.1 und G 26 erforderlich.

4.4 Abfall- und Abwasserentsorgung

4.4.1 Gesetzliche Bestimmungen zur Entsorgung PCB-belasteter Produkte

Bei der Entsorgung PCB-belasteter Produkte sind die in Anhang 1 aufgeführten abfallrechtlichen Bestimmungen und das LAGA-Merkblatt "Entsorgung PCB-haltiger Abfälle" in der jeweils gültigen Fassung zu beachten. Zukünftig wird zusätzlich die derzeit erst als Referentenentwurf aus dem Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit vorliegende Bauabfallverordnung zu berücksichtigen sein.

4.4.2 Zuordnung von Abfällen zu Entsorgungswegen

Die bei Sanierungen anfallenden PCB-haltigen Abfälle sind getrennt zu halten und können z.B. folgenden Abfallschlüsseln des Abfallartenkatalogs (LAGA-Informationsschrift Abfallarten) bzw. EWC-Codes des Europäischen Abfallkatalogs (EWC) und Entsorgungswegen zugeordnet werden:

Primärquellen	
Abfallschlüssel:	541 11
Bezeichnung:	sonstige PCB-haltige Abfälle.
(EWC-Code:	0804 01; 0804 02; 0804 04; 0804 05; 0804 06)
	Entsorgungsweg: Sonderabfallverbrennung (SAV)
	Untertagedeponie (UTD)
	Sonderabfalldeponie (SAD)
Sekundärquellen	
Abfallschlüssel:	314 41
Bezeichnung: Bauschutt und Erdaushub mit schädlichen Verunreinigungen	
(EWC-Code:	1701 99D1, Entwurf der Verordnung zur Bestimmung von besonders überwachungsbedürftigen Abfällen)
Entsorgungsweg:	Sonderabfalldeponie (SAD)
	Untertagedeponie (UTD)
	Sonderabfallverbrennung (SAV)
Baustellenabfälle, die bei den Bauarbeiten anfallenden Abfälle außer Bauschutt	
Abfallschlüssel:	912 06
Bezeichnung:	Baustellenabfälle (nicht Bauschutt)
(EWC-Code:	170101)
Entsorgungsweg:	Hausmülldeponie (HMV)

	Hausmülldeponie (HMD)
	ggf. Sortieranlage

Grundsätzlich gilt:

- Abfälle mit PCB-Gehalten < 50 mg/kg gelten für die Entsorgung als PCB-frei. In diesen Fällen ist zu prüfen, ob die Abfälle gemäß den Anforderungen der Technischen Anleitung (TA) Siedlungsabfall (HMV, HMD) entsorgt werden können. Dafür sind ggf. schadstoffhaltige Bestandteile auszusortieren. Der PCB-Gehalt stellt dann kein Prüfkriterium mehr dar.
- Die oberirdische Ablagerung (SAD, HMD) kann nur unter Beachtung der jeweiligen Zuordnungskriterien der Technischen Anleitung (TA) Abfall, Teil 1 (Nr. 4.4.3) bzw. TA Siedlungsabfall (Nr. 4.2) erfolgen.
- Die Bestimmung des PCB-Gehaltes ist gemäß Merkblätter Nr.6 "Bestimmung von 6 polychlorierten Biphenylen (PCB) in Böden, Schlammern, Sedimenten und Abfällen" (Herausgeber: Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen) durchzuführen.

Die Zuordnung von PCB-haltigen Abfällen zu bestimmten Entsorgungsanlagen kann nur auf der Grundlage der jeweiligen Zulassung der vorgesehenen Entsorgungsanlage erfolgen.

4.4.3 Getrennthaltung und Kennzeichnung der Abfälle

PCB-haltige Abfälle sind mittels geeigneter Behälter getrennt zu sammeln und zu kennzeichnen. Die Eignung der Behälter und die Form der Anlieferung ist mit dem Entsorger abzustimmen.

4.4.4 Einsammeln und Befördern

Bei der Einsammlung und Beförderung von Abfällen und Reststoffen ist die Verordnung über das Einsammeln und Befördern sowie über die Überwachung von Abfällen und Reststoffen (Abfall- und Reststoffüberwachungsverordnung) vom 3. April 1990 (BGBl. I S. 648) zu beachten. Die Durchführung der Entsorgung ist im Vorfeld der Sanierung mit den zuständigen Behörden festzulegen.

Der Betrieb, der die Sanierung durchführt, muß die bei der Sanierung anfallenden Abfälle bis zur Abholung durch einen Beförderer separat und gekennzeichnet an geeigneter Stelle bereitstellen. Dabei sind die Vereinbarungen mit dem Entsorger zu beachten. Der Beförderer muß im Besitz einer gültigen Einsammlungs- und Beförderungsgenehmigung sein. Bei der Beförderung von PCB-haltigen Abfällen sind die maßgeblichen Transportvorschriften zu berücksichtigen.

4.4.5 Verbleib des Abwassers

Anfallendes verschmutztes Spülwasser aus der abschließenden Grundreinigung von Gebäudeteilen wird wie häusliches Abwasser beseitigt.

5 Erfolgskontrolle

5.1 Allgemeines

Der Erfolg der Sanierung wird durch Messung der Konzentration von PCB in der Raumluft nach Anhang 2 belegt. Werden die Räume eines Gebäudes nach einer Sanierung zu Beginn der Abbrucharbeiten nicht mehr genutzt, so ist die Erfolgskontrolle nach Abschnitt 5 nicht erforderlich.

5.2 Meßstrategie für die Erfolgskontrolle

5.2.1 Messung

Die Messungen zur Erfolgskontrolle der Sanierung werden vor der erneuten Nutzung der Räume, d.h. vor Wiedermöblierung bzw. vor staubbindenden Ausbauarbeiten, z.B. der Verlegung von Bodenbelägen, durchgeführt. Umfang und Häufigkeit der Messungen zur Erfolgskontrolle werden so bemessen, daß eine hinreichend verlässliche Aussage über den Erfolg der Sanierung getroffen werden kann. Dabei ist insbesondere bei Sanierungen im Winterhalbjahr darauf zu achten, daß zumindest eine repräsentative Messung bei sommerlichen Witterungsbedingungen (Außen- und Innentemperatur > 23 °C) durchgeführt wird.

Vor der Messung zur Erfolgskontrolle wird geprüft, ob PCB-haltige Baustoffe oder Bauteile sowie Staub auch tatsächlich überall entfernt bzw. beschichtet oder räumlich getrennt wurden. Messungen nach Naßreinigung oder Beschichtung werden erst durchgeführt, wenn die Oberflächen trocken sind.

5.2.2 Meßbedingungen, Nutzungssimulation

Messungen der Konzentrationen von PCB in der Raumluft des sanierten Raumes werden dort durchgeführt, wo sich Personen bei typischer Raumnutzung vorwiegend aufhalten oder wo eine hohe Konzentration vermutet wird. Da vor einer erneuten Nutzung gemessen werden muß, wird Normalbetrieb simuliert, d. h. die Simulation orientiert sich an der normalen Raumlüftung und den bei konkreter Nutzung tatsächlich vorkommenden Verhältnissen. In der Regel sollten die Messungen eine Stunde nach Beendigung einer halbstündigen Stoßlüftung des Raumes durchgeführt werden. Andere Meßbedingungen sind möglich, müssen jedoch begründet und dokumentiert werden.

5.3 Beurteilung der raumlufthygienischen Situation

Direkt nach Beendigung einer Sanierung sollte die PCB-Konzentration in der Raumluft den Vorsorgewert 300 ng PCB/m³ Luft nicht überschreiten. Da die PCB-Konzentration in der Raumluft stark von jahreszeitlichen Temperaturschwankungen abhängt, darf bei sorgfältiger Sanierung nach Abschnitt 4 der Meßwert 300 ng PCB/m³ Luft zeitlich befristet überschritten werden. Nach einem Zeitraum von maximal 2 Jahren nach Abschluß der Sanierung sollte der Raumluftwert bei sommerlichen Witterungsbedingungen (Außen- und Innentemperatur > 23 °C) den Vorsorgewert 300 ng/m³ unterschreiten.

5.4 Anforderungen an die Stellen und Einrichtungen, die Messungen durchführen

PCB-Raumluftmessungen nach Abschnitt 5.2 dürfen nur von Stellen und Einrichtungen vorgenommen werden, die Erfahrungen mit PCB-Raumluftmessungen vorweisen können und eine ordnungsgemäße Durchführung der Messungen nach Anhang 2 gewährleisten.

3) Ein derartiges vorgehen erfordert dauerhaft dichte Abschlüsse auch gegenüber angrenzenden Bauteilen und bedarf hinsichtlich seiner bauphysikalischen und raumklimatischen Folgewirkungen sorgfältiger Prüfung.

4) Erläuterung: Derartige Beschichtungen wiesen in Laborversuchen eine Sperrwirkung gegenüber PCB von über 99% auf. Die bisherigen Versuche deuten darauf hin, daß die Sperrwirkung solcher Beschichtung so lange anhält, daß von üblichen Renovierungsintervallen ausgegangen werden kann. Derartige pigmentierte Beschichtungen eignen sich aus optischen Gründen jedoch nicht für Sichtmauerwerk, Klinkerverblendungen o.ä., deren Ausbau in der Regel technisch nicht möglich ist. Über die Sperrwirkung hierfür geeigneter unpigmentierter Beschichtungen liegen derzeit keine Erfahrungen vor.

Übersicht über einschlägige Gesetze, Verordnungen und technische Regelwerke zum Arbeitsschutz und zur Entsorgung PCB-belasteter Produkte	Anhang 1
---	-----------------

- Verordnung zum Schutz vor gefährlichen Stoffen (Gefahrstoffverordnung - GefStoffV) vom 26.10.1993 (BGBl. I S.1782, 2049),

- geändert durch Verordnung vom 10.11.1993 (BGBl. I S. 1870), Bundesarbeitsblatt 12/1993, S.26-96
- Verordnung über Arbeitsstätten (Arbeitsstättenverordnung - ArbStättV) vom 20.03.1975 (BGBl. I S. 729), zuletzt geändert durch Verordnung vom 01.08.1983 (BGBl. I S. 1057)
 - Arbeitsstätten-Richtlinien
 - Gesetz über technische Arbeitsmittel (Gerätesicherheitsgesetz) in der Fassung vom 23.10.1992 (BGBl. I S. 1793) zuletzt geändert durch Gesetz vom 27.12.1993 (BGBl. I S. 2378)
 - TRGS 100 "Auslöseschwelle für gefährlich" Stoffe"
 - TRGS 102 "Technische Richtkonzentrationen für gefährliche Stoffe"
 - TRGS 150 "Unmittelbarer Hautkontakt mit Gefahrstoffen"
 - TRGS 200 "Einstufung und Kennzeichnung von Stoffen, Zubereitungen und Erzeugnissen"
 - TRGS 402 "Ermittlung und Beurteilung der Konzentrationen gefährlicher Stoffe in der Luft in Arbeitsbereichen"
 - TRGS 403 "Bewertung von Stoffgemischen in der Luft am Arbeitsplatz"
 - TRGS 555 "Betriebsanweisung und Unterweisung nach § 20 GefStoffV"
 - TRGS 900 "Grenzwerte in der Luft am Arbeitsplatz", MAK- und TRK-Werte - Ausgabe Juni 1994, Bundesarbeitsblatt 6/1994, S. 34-53
 - TRGS 905 "Verzeichnis krebserzeugender, erbgutverändernder oder fortpflanzungsgefährdender Stoffe", Ausgabe Juni 1994, Bundesarbeitsblatt 6/1994, S. 56-63
 - MAK- und BAT-Werte-Liste 1994, Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG), Senatskommission zur Prüfung gesundheitsschädlicher Arbeitsstoffe, Mitteilung 30
 - Unfallverhütungsvorschrift "Allgemeine Vorschriften" (BGV A1)
 - Unfallverhütungsvorschrift "Bauarbeiten" (BGV C22)
 - Unfallverhütungsvorschrift "Arbeitsmedizinische Vorsorge" (BGV A4)
 - Unfallverhütungsvorschrift "Erste Hilfe" (BGV A5)
 - Unfallverhütungsvorschrift "Schutzmaßnahmen beim Umgang mit krebserzeugenden Gefahren" (VBG 113) (Anm.: aufgehoben)
 - Unfallverhütungsvorschrift "Sicherheitsingenieure und andere Fachkräfte für Arbeitssicherheit" (BGV A6)
 - Unfallverhütungsvorschrift "Betriebsärzte" (BGV A7)
 - Unfallverhütungsvorschrift "Sicherheitskennzeichnung am Arbeitsplatz" (BGV A8)
 - Sicherheitsregeln für Anlagen zur Luftreinhaltung am Arbeitsplatz (ZH 1/140)
 - Richtlinien für Arbeiten in kontaminierten Bereichen (ZH 1/183)
 - Augenschutz-Merkblatt (ZH 1/192)
 - Regeln für den Einsatz von Schutzkleidung (ZH 1/700)
 - Regeln für den Einsatz von Atemschutzgeräten (ZH 1/701)
 - Regeln für den Einsatz von Fußschutz (ZH 1/702)
 - Regeln für den Einsatz von Schutzhandschuhen (ZH 1/706)
 - Regeln für den Einsatz von Hautschutz (ZH 1/708)
 - Auswahlkriterien für die spezielle arbeitsmedizinische Vorsorge nach den Berufsgenossenschaftlichen Grundsätzen für arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchungen (ZH 1/600.0)
 - Abfallgesetz (AbfG) vom 27.08.1986 (BGBl. I S.1410) zuletzt geändert durch Gesetz vom 22.04.1993 (BGBl. I S.466)
 - Verordnung zur Bestimmung von Abfällen nach § 2 Abs. 2 des Abfallgesetzes (Abfallbestimmungs-Verordnung - AbfBestV) vom 03.04.1990 (BGBl. I S. 614), geändert durch Gesetz vom 27.12.1993 (BGBl. I S.2378)
 - Verordnung zur Bestimmung von Reststoffen nach § 2 Abs. 2 des Abfallgesetzes (Reststoffbestimmungs-Verordnung - RestBestV) vom 03.04.1990 (BGBl. I S.632, 862), geändert durch Gesetz vom 27.12.1993 (BGBl. I S.2378)
 - Verordnung über das Einsammeln und Befördern sowie über die Überwachung von Abfällen und Reststoffen
 - (Abfall- und Reststoffüberwachungs-Verordnung - AbfRestÜberwV) vom 03.04.1990 (BGBl. I S.648)
 - Verordnung über die innerstaatliche und grenzüberschreitende Beförderung gefährlicher Güter auf Straßen (Gefahrgutverordnung Straße - GGVS (ab 1.1.2003 GGVSE)) vom 22.07.1985 (BGBl. I S.1550) in der Fassung der Bekanntmachung vom 26.11.1993 (BGBl. I S.2022), geändert durch Gesetz vom 27.12.1993 (BGBl. I S.2378)
 - Zweite Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Abfallgesetz (TA Abfall) Teil 1 vom 12.03.1991
 - Dritte Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Abfallgesetz (TA Siedlungsabfall) vom 14.05.1993
 - Merkblätter Nr.6 Bestimmung von 6 polychlorierten Biphenylen (PCB) in Böden, Schlämmen, Sedimenten und Abfällen, Essen 1996, herausgegeben vom Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen, Wallneyer Straße 6, 45133 Essen
 - LAGA-Merkblatt "Entsorgung PCB-haltiger Abfälle" in der jeweils gültigen Fassung.

Empfehlungen für die analytische Bestimmung von polychlorierten Biphenylen (PCB) in der Raumluft	Anhang 2
---	-----------------

Einleitung

Gegenwärtig liegt noch keine eindeutig definierte Methodenbeschreibung für die Bestimmung von PCB in Luft im Immissionsbereich vor, jedoch plant der Verein Deutscher Ingenieure e.V. VDI, entsprechende Richtlinien (u.a. VDI 2464, Blatt 1) zu veröffentlichen. Angesichts des dringenden Bedarfs an einer möglichst einheitlichen Vorgehensweise bei der PCB-Bestimmung in Luft soll hier im voraus eine Bestimmungsmethode grundsätzlich beschrieben werden.

Eine Reihe von Teilschritten, die bei einer derartigen Bestimmung notwendig sind, wurden für die Bestimmung von PCB in anderen Medien und/oder für andere Substanzklassen schon eingehend beschrieben und erprobt. Bei den einzelnen methodischen Schritten, die bereits festgeschrieben sind, werden die entsprechenden existierenden VDI- und DIN-Methoden angeführt. Künftige VDI-Richtlinien zur Bestimmung von PCB in der Innenraumluft werden zur Überprüfung der hier beschriebenen Bestimmungsmethode Anlaß geben. Die im folgenden beschriebenen methodischen Schritte wurden im Rahmen einer Vergleichsmessung der PCB-Innenraumkonzentration in unterschiedlichen Kombinationen mit befriedigenden Ergebnissen eingesetzt 5. Hierbei wurden Nachweisgrenzen um etwa 0,1 ng/m³

pro Einzelkomponente erzielt. In einzelnen Abschnitten wird auf diese Vergleichsmessung verwiesen, um das Leistungsvermögen unterschiedlicher Schritte zu vergleichen. Allgemein weisen die Mittelwerte sowohl der einzelnen PCB-Hauptkongenere wie auch die abgeleiteten PCB-Gesamtkonzentrationen einen Vergleichs-Variationskoeffizienten um 30% auf.

Probenahmestrategie

Die Randbedingungen bei der Probenahme von Luft in Innenräumen beeinflussen die Ergebnisse wesentlich. Deshalb ist eine durchdachte Probenahmestrategie notwendig, um die Meßergebnisse eindeutig zu beurteilen. In dem Blatt 1 der VDI-Richtlinie 4300⁶ sind die Grundzüge einer Probenahmestrategie dargestellt. Spezielle Gesichtspunkte der Probenahmestrategie von schwerflüchtigen organischen Substanzen (PAH, PCDD/F und PCB) in Innenräumen werden in einem Folgeblatt, das in Kürze als Gründruck VDI 4300 Blatt 2 erscheint, ausführlicher erläutert.

Als wesentlicher Aspekt sei hier der Zweck der Messung angeführt, der einen entscheidenden Einfluß auf die Wahl der Probenahmerandbedingungen hat. Wenn in einem Raum die Einhaltung eines allein hygienisch begründeten Wertes überwacht werden soll, so müssen die Probenahmerandbedingungen (Temperatur, Feuchte und Luftwechsel) möglichst weitgehend den tatsächlichen Raumnutzungsbedingungen gleichen. Diese Nutzungsbedingungen sollten möglichst den "Normativwerten" entsprechen [vgl. 7], Grenzwerte, die mit genau definierten und einzuhaltenden Probenahmerandbedingungen festgelegt worden sind, liegen für PCB nicht vor.

In jedem Fall ist eine entsprechende Dokumentation der Probenahmebedingungen, wie z.B. in Formblätter [in 8, als Anlage), zwingend notwendig.

Für die Verfolgung und Bewertung einzelner Sanierungsmaßnahmen können pragmatisch von der ersten Messung abweichende Probenahmerandbedingungen gewählt werden, z.B. Messung bei geschlossenen Türen und Fenstern. Die hiermit erzielten Untersuchungsergebnisse können aber nicht oder nur sehr bedingt für eine raumlufthygienische Bewertung herangezogen werden. Wichtig ist, daß dann eine Zeitspanne von einigen Stunden zwischen Schließen aller Fenster und Türen bis zum Beginn der Messung eingehalten wird, um die vollständige Gleichgewichtseinstellung der PCB-Konzentrationen zu ermöglichen. Auch hierbei ist eine umfassende Dokumentation obligatorisch.

Es ist nicht sinnvoll und wenig praktikabel, extrem hohe Temperaturen für sog. "worst case" -Bedingungen einzustellen. Es ist auch nicht möglich, ermittelte Konzentrationen rechnerisch an fiktive standardisierte Probenahmebedingungen anzupassen, da speziell bei PCB die komplexen Quellbedingungen und baulichen Voraussetzungen sehr unterschiedlich und nur selten vollständig bekannt sind. Allenfalls können Trends prognostiziert werden, z.B. geringere Konzentrationen bei höherem Luftwechsel oder niedrigeren Temperaturen.

Wenn die Ergebnisse einer ersten Untersuchung in einem Bereich liegen, der Maßnahmen zur Reduzierung der PCB-Belastung erforderlich macht, so ist mindestens eine Folgeanalyse mit einer vollständig dokumentierten und umfassenden Qualitätssicherung durchzuführen.

Probenahmemethode

Für die anreichernde Probenahme der PCB aus Luft bieten sich verschiedene Adsorptionsmittel an, so z.B. XAD 2 = Polystyrol/Divinylbenzol-Copolymer, Florisil = MgO/SiO₂, Silikagel und Polyurethanschaum (PU). PU ist besonders gut geeignet, weil in der Regel geringe Blindwerte und hohe Wiederfindungsraten ermittelt werden und die offenporige Zellstruktur einen hohen Volumenstrom zuläßt, so daß besonders niedrige Nachweisgrenzen erreicht werden können. Für eine Reihe von Substanzklassen ist dieses Adsorptionsmittel im Immissionsbereich erprobt worden, und für die Bestimmung von PCDD/F im Immissionsbereich liegt auch bereits der Vorentwurf einer VDI-Richtlinie 3498⁹ vor.

Für die getrennte Probenahme gasförmiger und staubgebundener Anteile ist ein kombinierter Probenahmekopf im Handel erhältlich. Dieser wurde von Rotard et al. aus dem Probenahmekopf weiterentwickelt, der für die Probenahme von Schwebstaub mit dem Kleinfiltergerät GS 050 - entsprechend der VDI-Richtlinie 2463¹⁰ - eingesetzt wird.

Bei dem kombinierten Probenahmekopf ist an dem ursprünglichen Filterhalter für Glasfaserfilter eine Edelstahlkartusche angeschraubt, die zwei hintereinanderliegende PU-Schaumstopfen mit einem Durchmesser von 5 cm und einer Länge von je 5 cm als Probenahmemedium für gasförmige PCB aus Luft enthält. Die PU-Schaumstopfen können ebenfalls im Handel bezogen werden. Die PU-Schaumstopfen werden mit 24stündigen Soxhlet-Extraktionen sowohl mit Toluol als auch mit Aceton vorgereinigt.

Die Leistung des entsprechenden Kleinfiltergerätes ist für einen Probenahmestrom von ca. 3 m³ Luft/h ausgelegt. Der für die Probenahme tatsächlich vorliegende Volumenstrom - bei Parallelmessungen die Summe aller Ströme - darf den zehnten Teil des gesamten Luftvolumens, der durch den Luftwechsel des zu untersuchenden Raumes entsteht, nicht überschreiten. Relativ höhere Probenahmestromströme können die Meßwerte verfälschen. So sollte z.B. bei einem 50 m³ großen Raum mit einem Luftwechsel von 0,5/h der Probenahmestrom nicht mehr als 2,5 m³ Luft/h betragen.

Als alternatives Adsorptionsmaterial bietet sich in erster Linie Florisil an, das auch in im Handel erhältlichen Probenahmeröhrchen verfügbar ist. Der Probenahmestrom liegt bei ca. 200l Luft/h.

Bei Transport und Lagerung ist eine Kontaminationsgefahr nie auszuschließen. Deshalb müssen die Probenahmemedien sorgfältig in Aluminiumfolie eingewickelt und in dichtschießenden, reinen und inerten Behältern transportiert und aufbewahrt werden.

Die in der Einleitung erwähnten Vergleichsmessungen zeigten keinen Unterschied zwischen den Konzentrationswerten in Abhängigkeit von den eingesetzten Adsorptionsmitteln. Bei höheren Konzentrationen (>100 ng/m³ je Kongener) traten aber für Florisil signifikant geringere Standardabweichungen auf. Daher können die ursprünglich für die Arbeitsplatzüberwachung entwickelten MgO/SiO₂-Röhrchen - mit den Einschränkungen hinsichtlich der erreichbaren Nachweisgrenze - immer dann mit Erfolg eingesetzt werden, wenn in erster Linie nur die Hauptkomponenten der PCB (PCB 28, PCB 52, PCB 101 u.a.) analysiert werden, so z.B. bei der Überwachung des Sanierungserfolges.

Probenvorbereitung

Der PU-Schaum wird mit einem internen Standard z.B. Dekachlorbiphenyl versetzt und anschließend mit Toluol oder n-Hexan im Soxhlet über ~24 h extrahiert. Die Wiederfindungsrate des gewählten internen Standards muß kritisch geprüft werden und soll reproduzierbar bei 100% liegen. Das Glasfaserfilter wird mit dem gleichen Verfahren getrennt extrahiert; die Extrakte können vereinigt und gemeinsam aufbereitet und analysiert werden.

Die mitextrahierten Begleitstoffe, die die nachfolgende analytische Bestimmung stören würden, müssen mit prächromatographischen Methoden abgetrennt werden. Der hierfür notwendige Aufwand hängt von Art und Konzentration der unerwünschten Begleitstoffe ab. Oft ist ein einziger Reinigungsschritt mit einer Chromatographiesäule mit einem Gemisch aus Kieselgel und H₂SO₄ (z.B. 5,6 g SiO₂ + 4,4 g konz. H₂SO₄, Aufgabe von 2 ml Extrakt und Elution mit 200 ml n-Hexan) ausreichend. Als weitere stationäre Phasen haben sich Benzolsulfonsäure, Al₂O₃ gut bewährt. In der Methode DIN 51 527 (PCB-Bestimmung in Altölen¹¹) sind weitere Einzelheiten der Reinigung eingehender beschrieben. Darüber hinausgehende Reinigungsschritte, die besonders bei extrem niedrigen PCB-Konzentrationen notwendig werden können, werden im Vorentwurf der Richtlinie VDI 2464, Blatt 1, diskutiert.

Im Fall von Florisil als Adsorptionsmaterial wird mit n-Hexan extrahiert. Als Reinigungsschritt ist in der Regel die Chromatographie über Kieselgel und H₂SO₄ ausreichend.

Analyse

Ein aliquoter Anteil des auf 0,5 bis 1,0 ml eingeeengten Eluats wird gaschromatographisch in der Regel mit zwei Kapillarsäulen (s. Abschnitt "Qualitätssicherung") analysiert. Für die Probenaufgabe ist ein On-Column-Injektor oder ein Kaltaufgabegerät (PTV) besonders gut geeignet, um alle Komponenten des zu untersuchenden Gemisches möglichst vollständig in die Trennsäule zu überführen. Da keine stationäre Phase sämtliche PCB-Kongeneren auftrennen kann, muß die Wahl der Phase in Abhängigkeit von den zu bestimmenden Einzelverbindungen getroffen werden. Die neuere Literatur ¹² ist hierbei sehr hilfreich. Die Optimierung der jeweiligen Trennbedingungen kann mit kommerziell erhältlichen Chlophen- bzw. Aroclorgemischen durchgeführt werden.

Für reine Screening- und bei Folgeanalysen, z.B. zur Kontrolle eines Sanierungsverlaufes, wenn mit einer vorangegangenen Analyse die genaue PCB-Zusammensetzung festgestellt worden ist, kann auf den zusätzlichen Einsatz einer zweiten Trennsäule verzichtet werden. Die Analyse, die für die endgültige raumlufthygienische Bewertung herangezogen wird, muß jedoch, wie angegeben, abgesichert werden.

Als Detektor kommt in erster Linie der Elektroneneinfangdetektor (ECD) in Frage. Es muß aber sichergestellt werden, daß die Analysenfunktion von der Eichfunktion eingeschlossen ist, um mögliche Fehler durch das in weiten Bereichen nichtlineare Ansprechverhalten des ECD auszuschließen.

Als Alternative zum ECD als Detektor bietet sich ein Massenspektrometer (MS) an. Durch das Selected-Ion-Monitoring kann in vielen Fällen auch dann eine quantitative Auswertung erfolgen, wenn sich unterschiedlich chlorierte Biphenyle überlagern. Als innerer Standard muß ein Gemisch ¹³C-markierter PCB (z.B. von Cambridge Isotope Lab., Promochem) verwendet werden.

Bei den Vergleichsmessungen wurden zwischen den mit ECD- und MS-Detektion ermittelten PCB-Summenwerten keine wesentlichen Unterschiede festgestellt.

Auswertung und Qualitätssicherung

Es sind mindestens die Kongenere zu bestimmen und anzugeben, die schon in der Vergangenheit zur Beurteilung der Kontamination von festen und flüssigen Phasen standardmäßig herangezogen wurden. Nach einer Empfehlung der Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA) werden in der Tab. 1 aufgelisteten Kongenere addiert und mit 5 multipliziert, um die PCB-Gesamtkonzentration näherungsweise als Vergleichswert zu berechnen.

Tab. 1, PCB-Standardkongenere, die für die Gesamtberechnung herangezogen werden.

PCB 28	PCB 52	PCB 101
PCB 138	PCB 153	PCB 180

DA beim Übergang in die Gasphase bevorzugt die leichterflüchtigen, niedrig chlorierten PCB aus der Quelle emittiert werden, tritt in der Luft ein gegenüber dem Ausgangsmaterial deutlich unterscheidbares PCB-Muster auf. Auch mit dem zeitweilig diskutierten Algorithmus - Gesamt-PCB Luft (PCB 28 + PCB 52 + PCB 101 + PCB 138) * 6 - kann der Einfluß dieses Effektes auf das Ergebnis nur annähernd ausgeglichen werden. Diese Berechnung liefert gegenüber der bisherigen Berechnung einen um etwa 20% erhöhten Gesamt-PCB-Wert.

DA in der Vergangenheit praktisch ausschließlich die Formel 5 * (6 Kongenere) auch für die Bestimmung der Gesamt-PCB in Luft benutzt worden ist, sollte wegen der Vergleichbarkeit aller Meßergebnisse an dieser Formel festgehalten werden.

Die qualitative Bestimmung einzelner Kongenere sollte bei einer zweifelsfreien Zuordnung auf mindestens zwei Trennsäulen (DB-5, RTX-1701, HT-5, Sil-88 oder Äquivalente) erfolgen. Die quantitative Bestimmung erfolgt mit der Methode des internen Standards. Bei sehr komplexen Chromatogrammen wie bei den PCB sollte die automatische Integration der Detektorsignale regelmäßig kritisch überprüft werden.

Die Wiederfindungsraten sind von allen zu bestimmenden Kongeneren zu ermitteln. Hierfür werden die zu testenden Substanzen auf das Probenahmemedium in einer Menge gegeben, die etwa der zu erwartenden Probemenge entspricht. Anschließend durchlaufen die Testsubstanzen die gesamte Probenvorbereitung und Analyse. Bei Änderungen der Methode und neuen Materialchargen (wie z.B. Adsorptionsmittel, Reinigungssäulen) sind die Wiederfindungsraten zu überprüfen. Wiederfindungsraten sollten 70% überschreiten. Ebenfalls muß das Durchbruchverhalten aller zu ermittelnden Kongeneren unter den vorliegenden Probenahmebedingungen (Probenahmenvolumen und Temperatur) überprüft werden. Mit der Analyse eines dem ersten Probenahmemedium nachgeschalteten zweiten Mediums (z.B. zweiter PU-Schaumstopfen) kann bestimmt werden, ob und in welcher Höhe ein Durchbruch bei der Probenahme erfolgt ist. Die Durchbruchrate sollte unter 10% liegen.

Probenahmemedien, die - bis auf die eigentliche Probenahme - alle Schritte der Probe durchlaufen, inkl. Vorbereitung, Transport und Lagerung, liefern Feldblindwerte. Diese Feldblindwerte ermöglichen eine Aussage über die summarische Kontamination des gesamten Verfahrens und müssen deshalb dokumentiert werden.

Das Durchbruchverhalten und die Feldblindwerte müssen mindestens einmal pro PCB-Muster, Probenahmetemperatur und -volumen bestimmt werden; der Blindwert sollte zudem mindestens für jede laufende Probenahmeserie einmal überprüft werden.

Die "Kriterien zum Betreiben von Prüflaboratorien" nach DIN EN 45001 sind einzuhalten ¹³. Die Teilnahme an Ringversuchen oder vergleichbaren externen Qualitätssicherungen ist dringend erwünscht.

5) Ullrich, D., Results of an intercomparison exercise to determine PCB in indoor air, Proc. INDOOR AIR '98 (Helsinki 4.- 8. July 1993), Vol. 2, S. 363-368.

6) vor Richtlinie 4300, Blatt 1, "Messen von Innenraumlufverunreinigungen; Allgemeine Aspekte der Meßstrategie", 1992 (Entwurf), Beuth Verlag, Berlin.

7) Kommission Innenraumlufthygiene des BGA, "Raumklimabedingungen in Schulen, Kindergärten und Wohnungen und ihre Bedeutung für die Bestimmung von Formaldehyd", Bundesgesundheitsblatt 2/93, S. 76-78.

8) Formblätter zur Dokumentation der Probenahmerandbedingungen (Beispiel).

9) VDI-Richtlinie 3498, Blatt 2, "Messen von Immissionen; Messen von polychlorierten Dibenzo-p-Dioxinen und -furanen" 1990 (Vorentwurf)

10) VDI-Richtlinie 2463, Blatt 7, "Messen von Partikeln; Messen der Massenkonzentration (Immission); Filterverfahren; Kleinfiltergerät GB 050", 1982, Beuth-Verlag, Berlin

11) DIN 51 527 "Bestimmung polychlorierter Biphenyle (PCB)", 1987, Beuth Verlag, Berlin

12) B. Larsen, S. Bowadt and R. Tilio: "Congener Specific Analysis of 140 Chlorobiphenyls in Technical Mixtures of Five Narrow-Bore

GC columns" Intern. J. Environ. Anal. Chem., Vol. 47, pp. 47-68 (1992)

13) DIN EN 45001, "Allgemeine Kriterien zum Betreiben von Prüflaboratorien", 1990, Beuth-Verlag, Berlin
