

PCB-Richtlinie NRW

Richtlinie fuer die Bewertung und Sanierung PCB-belasteter Baustoffe und Bauteile in Gebaeuden

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

(Quelle: Ministerialblatt fuer das Land Nordrhein-Westfalen - Nr. 52 vom 9. August 1996)

1 Die Abschnitte 1, 2, 3, 4.1, 4.2 und 5 der Richtlinie fuer die Bewertung und Sanierung PCB-belasteter Baustoffe und Bauteile in Gebaeuden (PCB-Richtlinie NRW) - Fassung Juni 1996 - werden hiermit nach § 3 Abs. 3 der Landesbauordnung (BauO NW) als Technische Baubestimmung bauaufsichtlich eingefuehrt.

Anlage

Die PCB-Richtlinie NRW ist als Anlage abgedruckt.

2 Bei Anwendung der PCB-Richtlinie NRW, Fassung Juni 1996, ist folgendes zu beachten:

2.1 In bestehenden Gebaeuden koennen polychlorierte Biphenyle (PCB) von belasteten Baustoffen und Bauteilen in die Atemluft freigesetzt werden und beim Menschen Gesundheitsschaedigungen ausloesen. Die Verantwortung fuer die Durchfuehrung der erforderlichen Untersuchungen und Sanierungsmassnahmen obliegt den jeweiligen Eigentuemern bzw. Verfuegungsberechtigten der betroffenen Gebaeude.

2.2 Das Sanierungsergebnis ist durch Messungen gemaess Abschnitt 5 der Richtlinie festzustellen und zu dokumentieren.

2.3 Sollen bauliche Anlagen abgebrochen werden, die PCB-haltige Produkte enthalten, so sind diese Produkte vor Beginn der Abbrucharbeiten aus der baulichen Anlage zu entfernen und fachgerecht zu entsorgen.

3 Das Verzeichnis der nach § 3 Abs. 3 eingefuehrten Technischen Baubestimmungen - Anlage 1 zum RdErl. vom 27.8.1992 (MBI. NW. S. 1378/SMBI. NW. 2323) ist wie folgt zu ergaenzen:

3.1 Im Inhaltsverzeichnis zu Anlage 1:

PCB-Richtlinie Abschnitt 10

3.2 Im Abschnitt 10:

Spalte 1: -

Spalte 2: Fassung Juni 1996

Spalte 3: Richtlinie fuer die Bewertung und Sanierung

**PCB-belasteter Baustoffe und Bauteile in
Gebaeuden (PCB-Richtlinie NRW)**

Spalte 4: 3.7.1996

**Spalte 5: MBI. NW. S.1260
SMBI. NW. 23239**

**Richtlinie
fuer die Bewertung und Sanierung
PCB-belasteter Baustoffe und Bauteile in Gebaeuden
(PCB-Richtlinie NRW) Fassung Juni 1996**

Inhaltsverzeichnis

- Einleitung**
- 1 Geltungsbereich**
- 2 Mitgeltende Regelungen**
- 3 Bewertung und Ueberpruefung der PCB-Belastung von Raeumen**
 - 3.1 Bewertung der PCB-Belastung von Raeumen und der Dringlichkeit von Sanierungsmassnahmen**
 - 3.2 Ueberpruefung der PCB-Belastung von Gebaeuden**
- 4 Empfehlungen fuer die Sanierung von Gebaeuden**
 - 4.1 Grundsaeetze**
 - 4.2 Sanierung**
 - 4.2.1 Uebersicht**
 - 4.2.2 Sanierungsverfahren**
 - 4.2.3 Reinigung**
 - 4.3 Schutzmassnahmen bei der Sanierung PCB-belasteter Baustoffe und Bauteile**
 - 4.3.1 Grenzwerte, Einstufung, Kennzeichnung**
 - 4.3.2 Arbeitsschutzvorschriften**
 - 4.3.3 Organisatorische Schutzmassnahmen**
 - 4.3.4 Technische Schutzmassnahmen**
 - 4.3.5 Hygienische Schutzmassnahmen**
 - 4.3.6 Arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchungen**
 - 4.4 Abfall und Abwasserentsorgung**

- 4.4.1 Gesetzliche Bestimmungen zur Entsorgung
PCB-belasteter Produkte**
 - 4.4.2 Zuordnung von Abfaellen zu Entsorgungswegen**
 - 4.4.3 Getrennthaltung und Kennzeichnung der Abfaelle**
 - 4.4.4 Einsammeln und Befoerdern**
 - 4.4.5 Verbleib des Abwassers**
 - 5 Erfolgskontrolle**
 - 5.1 Allgemeines**
 - 5.2 Messstrategie fuer die Erfolgskontrolle**
 - 5.2.1 Messung**
 - 5.2.2 Messbedingungen, Nutzungssimulation**
 - 5.3 Beurteilung der raumlufthygienischen Situation**
 - 5.4 Anforderungen an die Stellen und Einrichtungen,
die Messungen durchfuehren**
-

Einleitung

Die vorliegende Richtlinie enthaelt Hinweise fuer Gebaeudeeigentuemer und -nutzer sowie Baufachleute, wie Bauprodukte, die polychlorierte Biphenyle (PCB) enthalten, gesundheitlich zu bewerten sind, wie Sanierungen durchgefuehrt werden koennen, welche Schutzmassnahmen dabei beachtet werden muessen, wie die Abfaelle und das Abwasser zu entsorgen sind und wie sich der Erfolg einer Sanierung kontrollieren laesst.

Die PCB gehoeren 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 koennen.

Seit den fuenfziger 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 koennen insbesondere enthalten sein in

dauerelastischen Fugendichtungsmassen als

- Gebaeudetrennfugen,
- Bewegungsfugen zwischen Betonfertigteilelementen,
- Anschlussfugen (Fenster, Tuerzargen),
- Glasanschlussfugen an Fenstern,
- Fugen im Sanitaerbereich (selten),

- Anstrichstoffen,

- Klebstoffen,
- Deckenplatten (als Weichmacher bzw. Flammschutzmittel),
- Kunststoffen und
- Kabelummantelungen.

Eine der haeufigsten Anwendungen in diesem Bereich war die Verwendung als Weichmacher in Fugendichtungsmassen auf Basis eines Polysulfid-Kunstharzes¹⁾. Als Weichmacher fuer 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 aeussere Beschaffenheit der technischen Gemische reicht von fast farblosen oeligen Fluessigkeiten bis zu hellgelben Weichharzen. Mit steigendem Chlorgehalt nehmen Dichte und Zaehfluessigkeit (Viskositaet) stark zu, waehrend die ohnehin geringe Wasserloeslichkeit und die Fluechtigkeit abnehmen.

1) Erlaeuterung: Eines der wichtigsten Handelsprodukte im Bereich der Polysulfid-Kunstharze trug den Namen "Thiokol", weshalb die damit hergestellten Fugendichtungsmassen auch haeufig als "Thiokol-Fugenmassen" bezeichnet wurden. Diese auch heute noch gebrauchliche Bezeichnung laesst aber keineswegs den Schluss zu, dass diese Produkte zwangslaefig PCB-haltig sein muessen, vielmehr war auch schon seinerzeit die weitaus groessere Menge von "Thiokol-Fugenmassen" PCB-frei.

Im Jahr 1973 empfahl der Rat fuer 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 Beschraenkung 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 ueber Verbote und Beschraenkungen des Inverkehrbringens gefaehrlicher Stoffe, Zubereitungen und Erzeugnisse nach dem Chemikaliengesetz (Chemikalien-Verbotsverordnung - ChemVerbotsV) vom 14. Oktober 1993 (BGBl. 1 S.1720), zuletzt geaendert durch Verordnung vom 6. Juli 1994 (BGBl. I S.1493).

Die bis etwa 1975 in offenen Anwendungen eingesetzten PCB-haltigen Produkte koennen bis heute zu PCB-Raumluftbelastungen fuehren, deren Hoehe 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 Oberflaechentemperaturen

der Bauten und den Witterungsbedingungen abhaengt. Im Laufe der Zeit koennen in solchen Raeumen auch nicht PCB-haltige Bauteile oder Gegenstaende durch PCB-haltige Stoffe kontaminiert werden und ihrerseits wieder zur Raumlftverunreinigung beitragen.

Ab einer bestimmten Hoehe der Raumlftbelastung von Aufenthaltsraeumen (Vorsorgewert) sind Massnahmen zu pruefen, mit denen die Raumlftbelastung gesenkt werden kann. Zur Vermeidung gesundheitlicher Gefahren koennen in Abhaengigkeit von der Hoehe der Raumlftkonzentration und der Nutzung (Gefahrengrenzwert), Sanierungsmassnahmen notwendig werden.

Zu unterscheiden ist zwischen Primaer- und Sekundaerquellen.

Primaerquellen sind Produkte, denen die PCB gezielt zur Veraenderung der Produkteigenschaften zugesetzt wurden. Solche Produkte, z.B. Fugendichtungsmassen oder Beschichtungen, enthalten in der Regel mehr als 0,1 Gewichtsprozent PCB und koennen nach den bisher vorliegenden Erfahrungen deutlich erhoehrte PCB-Raumlftbelastungen verursachen. Neben dem PCB-Gehalt besitzen das Verhaeltnis von kontaminierter Oberflaeche zu Raumvolumen sowie die Art des PCB-Gemisches einen entscheidenden Einfluss auf die resultierende Raumlftbelastung.

Sekundaerquellen sind Bauteile (z.B. Waende, Decken) oder Gegenstaende (z.B. Mobiliar oder Ausstattungsgegenstaende wie Teppichboeden oder Gardinen), die PCB meist ueber laengere Zeit aus der belasteten Raumlft aufgenommen haben. Sie vermoegen die an der Oberflaeche angelagerten PCB nach und nach wieder in die Raumlft freizusetzen.

Grossflaechige Sekundaerkontaminationen koennen - selbst nach vollstaendigem Entfernen der Primaerquellen - erhoehrte PCB-Raumlftkonzentrationen aufrechterhalten.

1 Geltungsbereich

Diese Richtlinie gilt fuer die Bewertung und Sanierung von Gebaeuden, in denen Bauprodukte oder Bauteile enthalten sind, die PCB in offener Anwendung enthalten (Primaerquellen) oder damit kontaminiert sind (Sekundaerquellen).

2 Mitgeltende Regelungen

Bei der Durchfuehrung 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 Ueberpruefung der PCB-Belastung von Raeumen

3.1 Bewertung der PCB-Belastung von Raeumen und der Dringlichkeit von Sanierungsmassnahmen

Von PCB-belasteten Baustoffen und Bauteilen in Raeumen koennen Gesundheitsrisiken fuer die Nutzer der Raeume 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 Raeume durch das fruehere Bundesgesundheitsamt und die Arbeitsgemeinschaft der Leitenden Medizinalbeamten der Laender (AGLMB). Auf der Grundlage des Beschlusses des Ausschusses fuer Umwelthygiene der AGLMB vom 14.115.6.1993 werden folgende Empfehlungen fuer 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 aufzuspueren und unter Beachtung der Verhaeltnismaessigkeit mittelfristig zu beseitigen. Zwischenzeitlich ist durch regelmaessiges Lueften sowie gruendliche Reinigung und Entstaubung der Raeume 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 fuer Sofortmassnahmen). Bei entsprechenden Befunden sollen unverzueglich Kontrollanalysen durchgefuehrt werden. Bei Bestaetigung des Wertes sind in Abhaengigkeit von der Belastung zur Vermeidung gesundheitlicher Risiken in diesen Raeumen unverzueglich Massnahmen zur Verringerung der Raumluftkonzentrationen von PCB zu ergreifen. Der Zielwert liegt auch hier bei weniger als 300 ng PCB/m³ Luft.

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

- Anders als bei kleinflaechigen Primaerkontaminationen ist die Direktaufnahme ueber die Haut und oral durch kontaminierte Partikel aus Abrieb zu beachten.

- Anders als bei niedrigchlorierten Primaerquellen 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, grossflaechiger Primaerkontaminationen. Zusaetzlich zum absoluten Gehalt PCB-kontaminierter Raumluft muss der Chlorgehalt der Quelle kritisch gewuerdigt werden.

Zur Erlaeuterung wird auf folgendes hingewiesen:

Dieser Bewertung hegt eine tolerable taegliche Aufnahmemenge (TDI-Wert) von 1 µg PCB/kg Koerpergewicht zugrunde, der vom frueheren Bundesgesundheitsamt und der Deutschen Forschungsgemeinschaft abgeleitet wurde.

Die taeglich ueber die Nahrung aufgenommene Menge liegt derzeit bei 0,1 µg/kg Koerpergewicht. Eine zusaetzliche Belastung ueber die Atemluft ist unter Vorsorgeaspekten soweit wie moeglich einzuschaerfen. Als vertretbar koennte bis zu 10% des TDI-Wertes angesehen werden, d.h. 0,1 µg PCB/kg Koerpergewicht/Tag. Dieser Wert wird bei einer Aufenthaltsdauer von 24 Stunden pro Tag bei Raumluftkonzentrationen von 300 ng PCB/m³ Luft erreicht.

In Raeumen mit im Jahresmittel zu erwartenden Raumluftkonzentrationen ueber 3000 µg PCB/m³ Luft kann der genannte TDI-Wert allein durch die inhalative Aufnahme ueberschritten werden; in diesen Faellen sind daher Massnahmen zur Abwehr einer Gefahr fuer Leben oder Gesundheit ist angezeigt;

3.2 Ueberpruefung der PCB-Belastung von Gebaeuden

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

1. Begehung durch sachkundige Personen, repraesentative Probennahme und Analyse verdaechtiger Materialien (inkl. exakter Dokumentation).
2. Repraesentative Raumluftprobennahme (inkl. Begrueundung und Dokumentation der Probennahmestrategie).
3. Erstellung eines Schadstoffkatasters (Materialproben, Schichtenprofile, Luftproben) als Grundlage fuer die Erstellung eines Sanierungskonzeptes sowie zur Ermittlung der Belastungssituation des Gesamtgebaeudes.

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

4 Empfehlungen fuer die Sanierung von Gebaeuden

4.1 Grundsaeetze

Eine Sanierung PCB-belasteter Gebaeude 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 Raeume bis zur Sanierung ausreichend gelueftet und regelmaessig feucht gereinigt werden.

Um Gefaehrdungen der bei Sanierungen Beschaeftigten, Dritter und der Umwelt auszuschliessen, sollten folgende Grundsaeetze beachtet werden:

1. Sanierungsmassnahmen werden als in sich geschlossenes Konzept vom Beginn der Arbeiten bis zur Entsorgung der Abfaelle und des Abwassers entsprechend den geltenden Bestimmungen geplant. Dabei ist auch zu beruecksichtigen, dass durch die Sanierung der Bauteile notwendige Eigenschaften der Bauteile - z. B. deren Standsicherheit - beeintraechtigt werden koennen.

2. Es werden nur Firmen beauftragt, die mit den Arbeiten, den dabei auftretenden Gefahren und den erforderlichen Schutzmassnahmen vertraut sind und ueber die erforderlichen Geraete und Ausruestungen verfuegen.

3. Die Sanierung erfolgt moeglichst staubarm.

4. Die erforderlichen Arbeitsschutzmassnahmen und Massnahmen zum Schutz der Gebaeudenutzer und der Umwelt waehrend 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 Staeebe nicht in Gebaeudebereiche ausserhalb des Arbeitsbereichs gelangen koennen. 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 Flaechen oder Raeume durch Sanierungsarbeiten im gleichen oder in anderen Raeumen zu verhindern. Das Betreten des Arbeitsbereiches durch unbeteiligte Dritte ist zu verhindern.

²⁾ Erlaeuterung: Es hat sich als sinnvoll erwiesen, die Sanierungsbereiche in Abhaengigkeit von der jeweiligen Gebaeudestruktur festzulegen. Guenstig ist die Einbeziehung sog. Brandabschnitte, die in aller Regel von festen Waenden begrenzt sind und somit ein einfaches Abtrennen der Baustelle gegenueber den weiter genutzten Teilen eines Gebaeudes ermoeglichen.

6. Gegen die Verschleppung von PCB-haltigem Staub aus dem Arbeitsbereich werden geeignete Massnahmen ergriffen, z.B. die Verwendung von Einmalueberziehschuhen.

7. Der gesamte Arbeitsbereich wird taeglich 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 Uebersicht

Fuer eine dauerhafte Sanierung von PCB-belasteten Raeumen kommt in der Regel nur das Entfernen der Primaerquellen (z.B. Dichtungsmassen, Anstriche, Deckenplatten) in Betracht. Die nachfolgend aufgefuehrten Verfahren haben sich in der Praxis bewaehrt. Damit sind andere Verfahren, die zu gleichwertigen Ergebnissen fuehren, nicht ausgeschlossen. Die Beschichtung von Primaerquellen hat sich bisher nicht bewaehrt.

Laesst sich durch diese Massnahmen an den Primaerquellen die PCB-Raumluftkonzentration nicht unter den Sanierungsleitwert von 300 ng PCB/m³ Luft absenken, ist darueber hinaus die Sanierung von Sekundaerquellen erforderlich. Grossflaechige Sekundaerquellen sollten moeglichst 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 Braenden nicht anzuwenden (siehe hierzu die BGA-Empfehlungen von Gebaeuden nach Braenden, Bundesgesundheitsblatt 1/90).

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 Gegenstaende (z.B. Mobiliar, Teppiche, Gardinen) sollten gruendlichst gereinigt und vor Wiederverwendung hinsichtlich ihrer Restkontamination ueberprueft werden.

4.2.2.1 Entfernen der Primaerquellen

- Dauerelastische Dichtungsmassen werden ausschliesslich mittels staubarm arbeitender Werkzeuge oder von Hand entfernt und in fuer die Entsorgung geeigneten Behaeltern (vgl. Abschnitt 4.4) gesammelt. Hinterfuellmaterial soll entfernt werden. Anfallender Staub wird am Entstehungsort mit einem geeigneten Staubsauger (Verwendungskategorie C) aufgenommen. Die Fugenflanken sollten soweit moeglich unter Beruecksichtigung 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 staendiger Absaugung oder in geschlossenen Verfahren zu entfernen. Ist ein Entfernen der Fugenflanken nicht moeglich, sind diese vollstaendig von allen anhaftenden

Dichtungsmassenresten zu befreien und mit geeigneten diffusionshemmenden Beschichtungen zu versehen. Nach Beschichtung der Anschlussbereiche und Einbringen von neuem Hinterfuellmaterial wird neu verfugt.

- Grossflaechige Primaerquellen wie Anstriche oder Beschichtungen sind staubfrei unter staendiger Absaugung oder in geschlossenen Systemen zu entfernen. Hinsichtlich ggf. verbliebener Restkontaminationen ist wie unter 4.2.2.3 beschrieben zu verfahren.

- Demontierbare Primaerquellen wie Deckenplatten sind nach vorheriger Reinigung ohne Freisetzung von Staeben ggf. unter Absaugung auszubauen.

4.2.2.2 Raeumliche Trennung

Sekundaerquellen - nur in Ausnahmefaellen Primaerquellen - werden luftdicht gegen die Raumlufte abgeschottet. Dies kann z.B. durch dauerhaft dichte Verkleidungen erfolgen ³⁾. Dann muss jedoch die Primaerquellen ebenso wie hochbelastete Sekundaerquellen fuer eine spaetere getrennte Entsorgung gekennzeichnet und dokumentiert werden. Der Langzeiterfolg dieser Massnahmen ist durch Messungen nach 5.3 zu belegen.

3) Ein derartiges vorgehen erfordert dauerhaft dichte Abschluesse auch gegenueber angrenzenden Bauteilen und bedarf hinsichtlich seiner bauphysikalischen und raumklimatischen Folgewirkungen sorgfaeltiger Pruefung.

4.2.2.3 Behandlung von Sekundaerquellen

Die Sanierung von Sekundaerquellen sollte wie bei Primaerquellen durch Entfernen entsprechend Abschnitt 4.2.2.1 erfolgen. Wird diese Methode nicht gewaehlt, lassen sich PCB-Raumluftebelastungen aus kontaminierten Bauteilen auch durch staubarmes Abtragen der Oberflaechen dieser Teile unter staendiger Absaugung oder in geschlossenen Systemen, z.B. durch Abbeizen von Farbbeschichtungen und Beschichtungen der Oberflaechen hinreichend vermindern. Hierfuer sind nach derzeitigem Stand der Kenntnisse z.B. diffusionshemmende Isoliertapeten, hochabgebundene Latexdispersionsfarben, insbesondere solche auf Acrylatbasis, oder zweikomponentige Epoxidharz- oder Polyurethanbeschichtungen ⁴⁾ geeignet. Die oekologische Vertraeglichkeit (z.B. Loesungsmittelfreiheit) und toxikologische Unbedenklichkeit der Beschichtungen ist in jedem Einzelfall zu ueberpruefen. Der Langzeiterfolg dieser Massnahmen ist durch Messungen nach 5.3 zu belegen.

4) Erlaeuterung: Derartige Beschichtungen wiesen in Laborversuchen eine Sperrwirkung gegenueber PCB von ueber 99% auf. Die bisherigen Versuche deuten darauf hin, dass die Sperrwirkung solcher Beschichtung so lange anhaelt, dass von ueblichen Renovierungsintervallen ausgegangen werden kann. Derartige pigmentierte Beschichtungen eignen sich aus optischen Gruenden jedoch nicht fuer Sichtmauerwerk, Klinkerverblendungen o.ae., deren Ausbau in der Regel technisch nicht moeglich ist. Ueber die Sperrwirkung hierfuer geeigneter unpigmentierter Beschichtungen liegen derzeit keine Erfahrungen vor.

4.2.3 Reinigung

Nach Abschluss der Sanierung wird der gesamte Sanierungsbereich einer Feinreinigung unterzogen, wobei zunaechst saemtliche Oberflaechen von Bauteilen und Einrichtungen mit einem geeigneten Staubsauger gereinigt werden. Im Anschluss daran erfolgt eine Feuchtreinigung saemtlicher dafuer in Frage kommender Flaechen sowie des weiterzuverwendenden Mobiliars. Die Reinigung wird manuell unter Verwendung handelsueblicher Reinigungsmittel durchgefuehrt. Hochdruckreiniger eignen sich nicht, da die Reinigungsfluessigkeit nicht mehr vollstaendig 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 erfahrungsgemaess davon ausgegangen werden, dass bei Anwendung der zur Zeit ueblichen Arbeitsverfahren die Grenzwerte in der Luft am Arbeitsplatz nach TRGS 900 dauerhaft sicher eingehalten werden. Dabei wird vorausgesetzt, dass keine staubintensiven Arbeitsgeraete, wie z.B. Trennschleifer ohne Absaugung, verwendet werden.

Darueber hinaus sind die produktionsbedingten Verunreinigungen an polychlorierten Dibenzofuranen (PCDF) und Dibenzodioxinen (PCDD) zu beachten. In Primaerquellen wird in der Regel der Grenzwert der Gefahrstoff-Verordnung (Anhang V Nr.3 GefStoffV) in Hoehe von 5 µg/kg fuer die Summe der sieben 2378-substituierten PCDF/D-Kongenere deutlich ueberschritten. Dementsprechend besteht Anzeigepflicht bei der zustaendigen Behoerde (staatliche Aemter fuer 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 fuer 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 fuer die 2378-substituierten PCDF/D (Anhang V GefStoffV. Nr.3)

Einstufung der PCB bezueglich krebserzeugender, erbgutveraendernder oder fortpflanzungsgefaehrdender Wirkung:

TRGS 905:	RE 2 fruchtschaedigend (entwicklungsschaedigend), Kategorie 2 nach Anhang I GefStoffV
Einstufung nach DFG, MAK und BAT-Werte-Liste 1994:	III B, Stoff mit begruendetem 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	umweltgefaehrlich
R 33	Gefahr kumulativer Wirkung
R 50/53	sehr giftig fuer Wasserorganismen
S 35	Abfaelle und Behaelter muessen in gesicherter Weise beseitigt werden
S 60	dieser Stoff und sein Behaelter sind als gefaehrlicher 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 Unfallverhuetungsvorschrift "Allgemeine Vorschriften" in Verbindung mit den Richtlinien fuer "Arbeiten in kontaminierten Bereichen" (BGR 128).

Einschlaegige 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 Ausloeseschwelle ueberschritten ist (§ 18 GefStoffV). In Abhaengigkeit vom Ermittlungsergebnis sind nach den Regeln der TRGS 402 Kontrollmessungen durchzufuehren.

Beim Nachweis von PCB in gesundheitsgefaehrdenden Konzentrationen (Ueberschreitung des TRK-Wertes) muessen in erster Linie geeignete technische Massnahmen zur Staubminimierung durchgefuehrt werden. Wird in Sonderfaellen die Einhaltung des Grenzwertes durch technische Massnahmen nicht erreicht, sind geeignete persoenliche Schutzausruestungen zu benutzen (z.B. Atemschutz nach DIN 3181, A2-P2, Schutzanzug, Schutzbrille).

Werden im Zuge der Ueberwachung von Arbeitsplaetzen Messungen notwendig, duerfen damit nur Messstellen beauftragt werden, die ueber die notwendige Sachkunde und die notwendigen Einrichtungen verfuegen. Der Arbeitgeber kann mit der Durchfuehrung der Messung auch ausserbetriebliche Messstellen beauftragen. Ein Verzeichnis geeigneter Messstellen wird vom Bundesminister fuer Arbeit und Sozialordnung im Bundesarbeitsblatt sowie vom Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften veroeffentlicht und fortgeschrieben.

4.3.3 Organisatorische Schutzmassnahmen

Arbeiten in kontaminierten Bereichen sind rechtzeitig vor Beginn der zustaendigen Berufsgenossenschaft anzuzeigen (BGR 128, Ziff. 11.2).

Werden die Arbeiten von mehreren Unternehmen gemeinsam durchgefuehrt, hat der Auftraggeber zur Koordinierung der sicherheitstechnischen Ueberwachung der verschiedenen Arbeiten eine hierfuer verantwortliche Person (Koordinator) zu bestellen. Der Koordinator muss weisungsbefugt sein. Seine Aufgaben sind in BGR 128, Ziff. 5.2 geregelt.

Die Arbeiten muessen von fachlich geeigneten Personen geleitet und beaufsichtigt werden. Deren Aufgabe ist es, die Voraussetzungen fuer eine sichere Baudurchfuehrung zu schaffen und die Einhaltung der Sicherheitsmassnahmen zu ueberwachen.

Dem Aufsichtfuehrenden obliegt die Baustellenueberwachung. Er muss ausreichende Fachkenntnisse besitzen und mit den besonderen Gefahren beim Umgang mit PCB vertraut sein.

Die mit der Ausfuehrung der Sanierungsarbeiten betrauten Arbeitskraefte muessen ueber Gefahren, Schutzmassnahmen und Verhaltensregeln vor Aufnahme der Taetigkeit unterwiesen werden. Hierfuer ist eine Betriebsanweisung gemaess § 20 GefStoffV/ TRGS 555 zu erstellen. Weitere Hinweise sowie ein Muster fuer eine solche Betriebsanweisung enthaelt die BGR 128. Inhalt und Zeitpunkt der Unterweisung sind schriftlich festzuhalten und von den Unterwiesenen zu bestaetigen.

Fuer den Umgang mit PCB oder PCB-haltigen Produkten gelten Beschaeftigungsbeschraenkungen fuer Jugendliche (§ 15b GefStoffV sowie BGR 128, Ziff. 7.1). Ausserdem besteht ein Beschaeftigungsverbot fuer werdende und stillende Muetter.

4.3.4 Technische Schutzmassnahmen

Um die Schadstoffkonzentration im Arbeitsbereich gering zu halten, ist fuer eine gute Raumlueftung zu sorgen. Damit angrenzende Raeume nicht kontaminiert werden, werden Tueren und andere Oeffnungen staub- und gasdicht verschlossen.

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

Zum Aufsaugen von Staeben duerfen nur baumustergepruefte Sauggeraete eingesetzt werden. Sie muessen der Verwendungskategorie C entsprechen.

Abfaelle sind in resistenten und verschliessbaren Behaeltern einzusammeln. Die Behaelter sind abzudecken oder zu verschliessen. Abfaelle duerfen nicht in der Naehe von Feuerstellen oder von heissen Oberflaechen gelagert werden. Bezueglich der Entsorgung von PCB-haltigen Abfaellen 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 erfuellt, genuegt eine geeignete Arbeitskleidung. Direkter Hautkontakt mit PCB-haltigen Materialien ist z.B. durch Tragen geeigneter Arbeitshandschuhe zu vermeiden. Bei Arbeitsgaengen, die mit Staubentwicklung verbunden sind, sind geeignete Atemschutzmasken zu verwenden.

Bei Arbeitsunterbrechungen/Pausen ist die Arbeitskleidung abzulegen, und die Haende sind gruendlich zu reinigen.

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

Fuer das Umkleiden, die getrennte Aufbewahrung von Strassen- und Arbeitskleidung sowie zur Koerperreinigung sind geeignete Raeume und Einrichtungen sowie Waschelegenheiten zur Verfuegung zu stellen.

Der Arbeitsbereich muss der Arbeitsstaettenverordnung sowie den zugehoerigen Arbeitsstaetten-Richtlinien entsprechen (insbesondere §§ 45 bis 48 der Arbeitsstaettenverordnung).

Den Beschaeftigten sind Hautreinigungs- und Hautpflegemittel zur Verfuegung

zu stellen. Die Hautschutzmittel sollten fettfrei sein und koennen gerbende Zusaetze enthalten, um die Schaedigung 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 Unfallverhuetungsvorschrift "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 ermoeeglichen.

Wird silikogener Feinstaub freigesetzt, z.B. bei der Oberflaechenbearbeitung von Beton, oder wird Atemschutz verwendet, sind arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchungen nach den berufsgenossenschaftlichen Grundsuetzen 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 aufgefuehrten abfallrechtlichen Bestimmungen und das LAGA-Merkblatt "Entsorgung PCB-haltiger Abfaelle" in der jeweils gueltigen Fassung zu beachten. Zukuenftig wird zusaetzlich die derzeit erst als Referentenentwurf aus dem Bundesministerium fuer Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit vorliegende Bauabfallverordnung zu beruecksichtigen sein.

4.4.2 Zuordnung von Abfaellen zu Entsorgungswegen

Die bei Sanierungen anfallenden PCB-haltigen Abfaelle sind getrennt zu halten und koennen z.B. folgenden Abfallschluesseln des Abfallartenkatalogs (LAGA-Informationsschrift Abfallarten) bzw. EWC-Codes des Europaeischen Abfallkatalogs (EWC) und Entsorgungswegen zugeordnet werden:

- Primaerquellen

Abfallschluessel:	541 11
Bezeichnung:	sonstige PCB-haltige Abfaelle
(EWC-Code:	0804 01; 0804 02; 0804 04; 0804 05; 0804 06)
Entsorgungsweg:	Sonderabfalldeponie (SAD) Untertagedeponie (UTD) Sonderabfallverbrennung (SAV)

- Sekundaerquellen

Abfallschlüssel: 314 41
Bezeichnung: Bauschutt und Erdaushub
mit schaedlichen Verunreinigungen
(EWC-Code: 1701 99D1, Entwurf der Verordnung
zur Bestimmung von besonders
ueberwachungsbeduerftigen Abfaellen)
Entsorgungsweg: Sonderabfalldponie (SAD)
Untertagedeponie (UTD)
Sonderabfallverbrennung (SAV)

- Baustellenabfaelle, die bei den Bauarbeiten anfallenden Abfaelle ausser Bauschutt

Abfallschlüssel: 912 06
Bezeichnung: Baustellenabfaelle (nicht Bauschutt)
(EWC-Code: 170101)
Entsorgungsweg: Hausmuelldeponie (HMV)
Hausmuelldeponie (HMD)
ggf. Sortieranlage

Grundsatzlich gilt:

- Abfaelle mit PCB-Gehalten < 50 mg/kg gelten fuer die Entsorgung als PCB-frei. In diesen Faellen ist zu pruefen, ob die Abfaelle gemaess den Anforderungen der Technischen Anleitung (TA) Siedlungsabfall (HMV, HMD) entsorgt werden koennen. Dafuer sind ggf. schadstoffhaltige Bestandteile auszusortieren. Der PCB-Gehalt stellt dann kein Pruefkriterium 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 gemaess Merkblaetter Nr.6 "Bestimmung von 6 polychlorierten Biphenylen (PCB) in Boeden, Schlaemmen, Sedimenten und Abfaellen" (Herausgeber: Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen) durchzufuehren.

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

4.4.3 Getrennthaltung und Kennzeichnung der Abfaelle

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

4.4.4 Einsammeln und Befoerdern

Bei der Einsammlung und Befoerderung von Abfaellen und Reststoffen ist die Verordnung ueber das Einsammeln und Befoerdern sowie ueber die Ueberwachung von Abfaellen und Reststoffen (Abfall- und Reststoffueberwachungsverordnung) vom 3. April 1990 (BGBl. I S. 648) zu beachten. Die Durchfuehrung der Entsorgung ist im Vorfeld der Sanierung mit den zustaendigen Behoerden festzulegen.

Der Betrieb, der die Sanierung durchfuehrt, muss die bei der Sanierung anfallenden Abfaelle bis zur Abholung durch einen Befoerderer separat und gekennzeichnet an geeigneter Stelle bereitstellen. Dabei sind die Vereinbarungen mit dem Entsorger zu beachten. Der Befoerderer muss im Besitz einer gueltigen Einsammelungs- und Befoerderungsgenehmigung sein. Bei der Befoerderung von PCB-haltigen Abfaellen sind die massgeblichen Transportvorschriften zu beruecksichtigen.

4.4.5 Verbleib des Abwassers

Anfallendes verschmutztes Spuelwasser aus der abschliessenden Grundreinigung von Gebaeudeteilen wird wie haeusliches 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 Raeume eines Gebaeudes nach einer Sanierung zu Beginn der Abbrucharbeiten nicht mehr genutzt, so ist die Erfolgskontrolle nach Abschnitt 5 nicht erforderlich.

5.2 Messstrategie fuer die Erfolgskontrolle

5.2.1 Messung

Die Messungen zur Erfolgskontrolle der Sanierung werden vor der erneuten Nutzung der Raeume, d.h. vor Wiedermoeblierung bzw. vor staubbindenden Ausbauarbeiten, z.B. der Verlegung von Bodenbelaeagen, durchgefuehrt. Umfang und Haeufigkeit der Messungen zur Erfolgskontrolle werden so bemessen, dass eine hinreichend verlaessliche Aussage ueber den Erfolg der Sanierung getroffen werden kann. Dabei ist insbesondere bei Sanierungen im Winterhalbjahr darauf zu achten, dass zumindest eine repraesentative Messung bei sommerlichen Witterungsbedingungen (Aussen- und Innentemperatur > 23 ° C) durchgefuehrt wird.

Vor der Messung zur Erfolgskontrolle wird geprueft, ob PCB-haltige Baustoffe oder Bauteile sowie Staub auch tatsaechlich ueberall entfernt bzw. beschichtet oder raeumlich getrennt wurden. Messungen nach Nassreinigung oder Beschichtung werden erst durchgefuehrt, wenn die Oberflaechen trocken sind.

5.2.2 Messbedingungen, Nutzungssimulation

Messungen der Konzentrationen von PCB in der Raumluft des sanierten Raumes werden dort durchgefuehrt, 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 Raumluft und den bei konkreter Nutzung tatsaechlich vorkommenden Verhaeltnissen. In der Regel sollten die Messungen eine Stunde nach Beendigung einer halbstuendigen Stosslueftung des Raumes durchgefuehrt werden. Andere Messbedingungen sind moeglich, muessen jedoch begruendet 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 ueberschreiten. Da die PCB-Konzentration in der Raumluft stark von jahreszeitlichen Temperaturschwankungen abhaengt, darf bei sorgfaeltiger Sanierung nach Abschnitt 4 der Messwert 300 ng PCB/m³ Luft zeitlich befristet ueberschritten 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 durchfuehren

PCB-Raumluftmessungen nach Abschnitt 5.2 duerfen nur von Stellen und Einrichtungen vorgenommen werden, die Erfahrungen mit PCB-Raumluftmessungen vorweisen koennen und eine ordnungsgemaesse Durchfuehrung der Messungen nach Anhang 2 gewaehrleisten.

Anhang 1

Uebersicht ueber einschlaegige Gesetze, Verordnungen und technische Regelwerke zum Arbeitsschutz und zur Entsorgung PCB-belasteter Produkte

- Verordnung zum Schutz vor gefaehrlichen Stoffen (Gefahrstoffverordnung - GefStoffV) vom 26. 10. 1993 (BGBl. 1 S.1782, 2049), geaendert durch Verordnung vom 10. 11. 1993 (BGBl. 3 5. 1870), Bundesarbeitsblatt 12/1993, S.26-96
- Verordnung ueber Arbeitsstaetten (Arbeitsstaettenverordnung - ArbStaettV)

- vom 20. 3. 1975 (BGBl. I S. 729), zuletzt geaendert durch Verordnung vom 1. 8. 1983 (BGBl. I S.1057)
- Arbeitsstaetten-Richtlinien
 - Gesetz ueber technische Arbeitsmittel (Geraetesicherheitsgesetz) in der Fassung vom 23. 10. 1992 (BGBl. I S.1793) zuletzt geaendert durch Gesetz vom 27.12.1993 (BGBl. I S. 2378)
 - TRGS 100 "Ausloeseschwelle fuer gefaehrliche Stoffe"
 - TRGS 102 "Technische Richtkonzentrationen fuer gefaehrliche Stoffe"
 - TRGS 150 "Unmittelbarer Hautkontakt mit Gefahrstoffen"
 - TRGS 200 "Einstufung und Kennzeichnung von Stoffen, Zubereitungen und Erzeugnissen"
 - TRGS 402 "Ermittlung und Beurteilung der Konzentrationen gefaehrlicher 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, erbgutveraendernder oder fortpflanzungsgefahrdender Stoffe", Ausgabe Juni 1994, Bundesarbeitsblatt 6/1994, S. 56-63
 - MAK- und BAT-Werte-Liste 1994, Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG), Senatskommission zur Pruefung gesundheitsschaedlicher Arbeitsstoffe, Mitteilung 30
 - Unfallverhuetungsvorschrift "Allgemeine Vorschriften" (VBG 1)
 - Unfallverhuetungsvorschrift "Bauarbeiten" (VBG 37)
 - Unfallverhuetungsvorschrift "Arbeitsmedizinische Vorsorge" (VBG 100)
 - Unfallverhuetungsvorschrift "Erste Hilfe" (VBG 109)
 - Unfallverhuetungsvorschrift "Schutzmassnahmen beim Umgang mit krebserzeugenden Gefahren" (VBG 113)
 - Unfallverhuetungsvorschrift "Sicherheitsingenieure und andere Fachkraefte fuer Arbeitssicherheit" (VBG 122)
 - Unfallverhuetungsvorschrift "Betriebsaerzte" (VBG 123)
 - Unfallverhuetungsvorschrift "Sicherheitskennzeichnung am Arbeitsplatz" (VBG 125)
 - Sicherheitsregeln fuer Anlagen zur Luftreinhaltung am Arbeitsplatz (ZH 1/140)
 - Richtlinien fuer Arbeiten in kontaminierten Bereichen (BGR 128)
 - Augenschutz-Merkblatt (ZH 1/192)
 - Regeln fuer den Einsatz von Schutzkleidung (ZH 1/700)
 - Regeln fuer den Einsatz von Atemschutzgeraeten (ZH 1/701)
 - Regeln fuer den Einsatz von Fusschutz (ZH 1/702)
 - Regeln fuer den Einsatz von Schutzhandschuhen (ZH 1/706)
 - Regeln fuer den Einsatz von Hautschutz (ZH 1/708)
 - Auswahlkriterien fuer die spezielle arbeitsmedizinische Vorsorge nach den Berufsgenossenschaftlichen Grundsuetzen fuer arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchungen (ZH 1/600.0)
 - Abfallgesetz (AbfG) vom 27.8.1986 (BGBl. I S.1410) zuletzt geaendert durch Gesetz vom 22.4.1993 (BGBl. I S.466)

- Verordnung zur Bestimmung von Abfaellen nach § 2 Abs. 2 des Abfallgesetzes (Abfallbestimmungs-Verordnung - AbfBestV) vom 3.4. 1990 (BGBl. I S. 614), geaendert 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 3.4.1990 (BGBl. I S.632, 862), geaendert durch Gesetz vom 27.12.1993 (BGBl. I S.2378)
- Verordnung ueber das Einsammeln und Befoerdern sowie ueber die Ueberwachung von Abfaellen und Reststoffen (Abfall- und Reststoffueberwachungs-Verordnung - AbfRestUeberwV) vom 3.4.1990 (BGBl. I S.648)
- Verordnung ueber die innerstaatliche und grenzueberschreitende Befoerderung gefaehrlicher Gueter auf Strassen (Gefahrgutverordnung Strasse - GGVS) vom 22.7. 1985 (BGBl. I S.1550) in der Fassung der Bekanntmachung vom 26.11.1993 (BGBl. I S.2022), geaendert durch Gesetz vom 27.12.1993 (BGBl. I S.2378)
- Zweite Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Abfallgesetz (TA Abfall) Teil 1 vom 12.3.1991
- Dritte Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Abfallgesetz (TA Siedlungsabfall) vom 14.5.1993
- Merkblaetter Nr.6 Bestimmung von 6 polychlorierten Biphenylen (PCB) in Boeden, Schlaemmen, Sedimenten und Abfaellen, Essen 1996, herausgegeben vom Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen, Wallneyer Strasse 6, 45133 Essen
- LAGA-Merkblatt "Entsorgung PCB-haltiger Abfaelle" in der jeweils gueltigen Fassung.

Anhang 2

Empfehlungen fuer die analytische Bestimmung von polychlorierten Biphenylen (PCB) in der Raumluft

Einleitung

Gegenwaertig liegt noch keine eindeutig definierte Methodenbeschreibung fuer 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 veroeffentlichen. Angesichts des dringenden Bedarfs an einer moeglichst einheitlichen Vorgehensweise bei der PCB-Bestimmung in Luft soll hier im voraus eine Bestimmungsmethode grundsatzlich beschrieben werden.

Eine Reihe von Teilschritten, die bei einer derartigen Bestimmung notwendig sind, wurden fuer die Bestimmung von PCB in anderen Medien und/oder fuer andere Substanzklassen schon eingehend beschrieben und erprobt. Bei den einzelnen methodischen Schritten, die bereits festgeschrieben sind, werden die entsprechenden existierenden VDI- und DIN-Methoden angefuehrt. Kuenftige VDI-Richtlinien zur Bestimmung von PCB in der Innenraumluft werden zur Ueberpruefung 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 Leistungsvermoegen 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.

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.

Probenahmestrategie

Die Randbedingungen bei der Probenahme von Luft in Innenraeumen beeinflussen die Ergebnisse wesentlich. Deshalb ist eine durchdachte Probenahmestrategie notwendig, um die Messergebnisse eindeutig zu beurteilen. In dem Blatt 1 der VDI-Richtlinie 4300 ⁶⁾ sind die Grundzuege einer Probenahmestrategie dargestellt. Spezielle Gesichtspunkte der Probenahmestrategie von schwerfluechtigen organischen Substanzen (PAH, PCDD/F und PCB) in Innenraeumen werden in einem Folgeblatt, das in Kuerze als Gruendruck VDI 4300 Blatt 2 erscheint, ausfuehrlicher erlaeutert.

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

Als wesentlicher Aspekt sei hier der Zweck der Messung angefuehrt, der einen entscheidenden Einfluss auf die Wahl der Probenahmerandbedingungen hat. Wenn in einem Raum die Einhaltung eines allein hygienisch begruendeten Wertes ueberwacht werden soll, so muessen die Probenahmerandbedingungen (Temperatur, Feuchte und Luftwechsel) moeglichst weitgehend den tatsaechlichen Raumnutzungsbedingungen gleichen. Diese Nutzungsbedingungen sollten moeglichst den "Normativwerten" entsprechen [vgl. ⁷⁾],

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

Grenzwerte, die mit genau definierten und einzuhaltenden Probenahmerandbedingungen festgelegt worden sind, liegen fuer PCB nicht vor.

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

8) Formblaetter zur Dokumentation der Probenahmerandbedingungen (Beispiel).

Fuer die Verfolgung und Bewertung einzelner Sanierungsmassnahmen koennen pragmatisch von der ersten Messung abweichende Probenahmerandbedingungen gewaehlt werden, z.B. Messung bei geschlossenen Tueren und Fenstern. Die hiermit erzielten Untersuchungsergebnisse koennen aber nicht oder nur sehr bedingt fuer eine raumlufthygienische Bewertung herangezogen werden. Wichtig ist, dass dann eine Zeitspanne von einigen Stunden zwischen Schliessen aller Fenster und Tueren bis zum Beginn der Messung eingehalten wird, um die vollstaendige Gleichgewichtseinstellung der PCB-Konzentrationen zu ermoeeglichen. Auch hierbei ist eine umfassende Dokumentation obligatorisch.

Es ist nicht sinnvoll und wenig praktikabel, extrem hohe Temperaturen fuer sog. "worst case" -Bedingungen einzustellen. Es ist auch nicht moeglich, ermittelte Konzentrationen rechnerisch an fiktive standardisierte Probenahmebedingungen anzupassen, da speziell bei PCB die komplexen Quellbedingungen und baulichen Voraussetzungen sehr unterschiedlich und nur selten vollstaendig bekannt sind. Allenfalls koennen Trends prognostiziert werden, z. B. geringere Konzentrationen bei hoeherem 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 vollstaendig dokumentierten und umfassenden Qualitaetssicherung durchzufuehren.

Probenahmemethode

Fuer 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 Polytuethanschaum (PU). PU ist besonders gut geeignet, weil in der Regel geringe Blindwerte und hohe Wiederfindungsraten ermittelt werden und die offenporige Zellstruktur einen hohen Volumenstrom zulaesst, so dass besonders niedrige Nachweisgrenzen erreicht werden koennen. Fuer eine Reihe von Substanzklassen ist dieses Adsorptionsmittel im Immissionsbereich erprobt worden, und fuer die Bestimmung von PCDD/F im Immissionsbereich liegt auch bereits der Vorentwurf einer VDI-Richtlinie 3498 ⁹⁾ vor.

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

Fuer die getrennte Probenahme gasfoermiger und staubgebundener Anteile ist ein kombinierter Probenahmekopf im Handel erhaeltlich. Dieser wurde von Rotard et al. aus dem Probenahmekopf weiterentwickelt, der fuer die Probenahme von Schwebstaub mit dem Kleinfiltergeraet GS 050 - entsprechend der VDI-Richtlinie 2463 ¹⁰⁾ - eingesetzt wird.

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

Bei dem kombinierten Probenahmekopf ist an dem urspruenglichen Filterhalter fuer Glasfaserfilter eine Edelstahlkartusche angeschraubt, die zwei hintereinanderliegende PU-Schaumstopfen mit einem Durchmesser von 5 cm und einer Laenge von je 5 cm als Probenahmemedium fuer gasfoermige PCB aus Luft enthaelt. Die PU-Schaumstopfen koennen ebenfalls im Handel bezogen werden. Die PU-Schaumstopfen werden mit 24-stuendigen Soxhlet-Extraktionen sowohl mit Toluol als auch mit Aceton vorgereinigt.

Die Leistung des entsprechenden Kleinfltergeraetes ist fuer einen Probenahmestrom von ca. 3 m³ Luft/h ausgelegt. Der fuer die Probenahme tatsaechlich vorliegende Volumenstrom - bei Parallelmessungen die Summe aller Stroeme - darf den zehnten Teil des gesamten Luftvolumens, der durch den Luftwechsel des zu untersuchenden Raumes entsteht, nicht ueberschreiten. Relativ hoehere Probenahmestroeme koennen die Messwerte verfaelschen. 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 erhaeltlichen Probenahmeroehrchen verfuegbar ist. Der Probenahmestrom liegt bei ca. 200l Luft/h.

Bei Transport und Lagerung ist eine Kontaminationsgefahr nie auszuschliessen. Deshalb muessen die Probenahmemedien sorgfaeltig in Aluminiumfolie eingewickelt und in dichtschiessenden, reinen und inerten Behaeltern transportiert und aufbewahrt werden.

Die in der Einleitung erwaehten Vergleichsmessungen zeigten keinen Unterschied zwischen den Konzentrationswerten in Abhaengigkeit von den eingesetzten Adsorptionsmitteln. Bei hoeheren Konzentrationen (>100 ng/m³ je Kongener) traten aber fuer Florisil signifikant geringere Standardabweichungen auf. Daher koennen die urspruenglich fuer die Arbeitsplatzueberwachung entwickelten MgO/SiO₂-Roehrchen - 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 Ueberwachung des Sanierungserfolges.

Probenvorbereitung

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

Die mitextrahierten Begleitstoffe, die die nachfolgende analytische Bestimmung stoeren wuerden, muessen mit praechromatographischen Methoden abgetrennt

werden. Der hierfuer notwendige Aufwand haengt von Art und Konzentration der unerwuenschten Begleitstoffe ab. Oft ist ein einziger Reinigungsschritt mit einer Chromatographiesaeule 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 stationaere Phasen haben sich Benzolsulfonsaeure, Al₂O₃ gut bewaehrt. In der Methode DIN 51 527 (PCB-Bestimmung in Altoelen ¹¹⁾ sind weitere Einzelheiten der Reinigung eingehender beschrieben. Darueber hinausgehende Reinigungsschritte, die besonders bei extrem niedrigen PCB-Konzentrationen notwendig werden koennen, werden im Vorentwurf der Richtlinie VDI 2464, Blatt 1, diskutiert.

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

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

Analyse

Ein aliquoter Anteil des auf 0,5 bis 1,0 ml eingeengten Eluats wird gaschromatographisch in der Regel mit zwei Kapillarsaeulen (s. Abschnitt "Qualitaetssicherung") analysiert. Fuer die Probenaufgabe ist ein On-Column-Injektor oder ein Kaltaufgabegeraet (PTV) besonders gut geeignet, um alle Komponenten des zu untersuchenden Gemisches moeglichst vollstaendig in die Trennsaeule zu ueberfuehren. Da keine stationaere Phase saemtliche PCB-Kongeneren auftrennen kann, muss die Wahl der Phase in Abhaengigkeit von den zu bestimmenden Einzelverbindungen getroffen werden. Die neuere Literatur ¹²⁾ ist hierbei sehr hilfreich. Die Optimierung der jeweiligen Trennbedingungen kann mit kommerziell erhaeltlichen Chlophen- bzw. Aroclorgemischen durchgefuehrt werden.

¹²⁾ B. Larsen, S. Bowadt and R. Tilio: "Congener Specific Ana1ysis of 140 Chlorobiphenyls in Technical Mixtures of Five Narrow-Bore GC columns" Intern. J. Environ. Anal. Chem., Vol. 47, pp. 47-68 (1992)

Fuer 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 zusaetzlichen Einsatz einer zweiten Trennsaeule verzichtet werden. Die Analyse, die fuer die endgueltige 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 moegliche 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 Faellen auch dann eine quantitative Auswertung erfolgen, wenn sich unterschiedlich chlorierte Biphenyle ueberlagern. 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 Qualitaetssicherung

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

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

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

Da beim Uebergang in die Gasphase bevorzugt die leichterfluechtigen, niedrig chlorierten PCB aus der Quelle emittiert werden, tritt in der Luft ein gegenueber 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 annaeherd ausgeglichen werden. Diese Berechnung liefert gegenueber der bisherigen Berechnung einen um etwa 20% erhoehten Gesamt-PCB-Wert.

Da in der Vergangenheit praktisch ausschliesslich die Formel 5 * (6 Kongenere) auch fuer 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 Trennsaeulen (DB-5, RTX-1701, HT-5, Sil-88 oder Aequivalente) 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 regelmaessig kritisch ueberprueft werden.

Die Wiederfindungsraten sind von allen zu bestimmenden Kongeneren zu ermitteln. Hierfuer 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 Aenderungen 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.

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