

PCB-haltige Dichtungsmassen  
Auswertung verschiedener  
Sanierungsversuche zur Erstellung einer  
Richtlinie über Untersuchungs- und  
Sanierungsmaßnahmen

**T 2535**

T 2535

Dieser Forschungsbericht wurde mit modernsten Hochleistungskopierern auf Einzelanfrage hergestellt.

Die in dieser Forschungsarbeit enthaltenen Darstellungen und Empfehlungen geben die fachlichen Auffassungen der Verfasser wieder. Diese werden hier unverändert wiedergegeben, sie geben nicht unbedingt die Meinung des Zuwendungsgebers oder des Herausgebers wieder.

Die Originalmanuskripte wurden reprototechnisch, jedoch nicht inhaltlich überarbeitet. Die Druckqualität hängt von der reprototechnischen Eignung des Originalmanuskriptes ab, das uns vom Autor bzw. von der Forschungsstelle zur Verfügung gestellt wurde.

© by Fraunhofer IRB Verlag

Vervielfältigung, auch auszugsweise,  
nur mit ausdrücklicher Zustimmung des Verlages.

**Fraunhofer IRB Verlag**

Fraunhofer-Informationszentrum Raum und Bau

Postfach 80 04 69  
70504 Stuttgart

Nobelstraße 12  
70569 Stuttgart

Telefon (07 11) 9 70 - 25 00  
Telefax (07 11) 9 70 - 25 08

E-Mail [irb@irb.fraunhofer.de](mailto:irb@irb.fraunhofer.de)

[www.baufachinformation.de](http://www.baufachinformation.de)

# A b s c h l u ß b e r i c h t

PCB-haltige Dichtungsmassen  
Auswertung verschiedener Sanierungsversuche  
zur Erstellung einer Richtlinie über  
Untersuchungs- und Sanierungsmaßnahmen

Erstellt von: M. Bork,  
Gesundheitsamt der Stadt Köln  
Neumarkt 15-21  
5000 Köln 1

im Auftrag von: Institut für Bautechnik  
Reichpietschufer 74-76  
1000 Berlin 30

Inhalt	Seite	
1	Einleitung	1
1.1	Anlaß	1
1.2	Ziel der Untersuchung	1
2	Durchführung	2
3	Beschreibung der Sanierungsprojekte	3
3.1	Köln	3
3.1.1	Allgemeine Angaben	3
3.1.2	Angaben zur Meßtechnik	3
3.1.3	Ausgangswerte	4
3.1.4	Meßwerte in Abhängigkeit von Sanierungsmaßnahmen	5
3.1.5	Kosten	7
3.1.6	Zeitbedarf	7
3.1.7	Zusammenfassung	7
3.2	Neunkirchen-Seelscheid	8
3.2.1	Allgemeine Angaben	8
3.2.2	Angaben zur Meßtechnik	8
3.2.3	Ausgangswerte	9
3.2.4	Meßwerte in Abhängigkeit von Sanierungsmaßnahmen	10
3.2.5	Kosten	11
3.2.6	Zeitbedarf	11
3.2.7	Zusammenfassung	11
3.3	München	12
3.3.1	Allgemeine Angaben	12
3.3.2	Angaben zur Meßtechnik	12
3.3.3	Ausgangswerte	13
3.3.4	Meßwerte in Abhängigkeit von Sanierungsmaßnahmen	14
3.3.5	Kosten	17
3.3.6	Zeitbedarf	17
3.3.7	Zusammenfassung	17

## II

3.4	Kassel	18
3.4.1	Allgemeine Angaben	18
3.4.2	Angaben zur Meßtechnik	18
3.4.3	Ausgangswerte	19
3.4.4	Meßwerte in Abhängigkeit von Sanierungsmaßnahmen	20
3.4.5	Kosten	21
3.4.6	Zeitbedarf	21
3.4.7	Zusammenfassung	21
3.5	Wiesbaden	22
3.5.1	Allgemeine Angaben	22
3.5.2	Angaben zur Meßtechnik	22
3.5.3	Ausgangswerte	23
3.5.4	Meßwerte in Abhängigkeit von Sanierungsmaßnahmen	24
3.5.5	Kosten	25
3.5.6	Zeitbedarf	25
3.5.7	Zusammenfassung	25
3.6	Berlin-Steglitz	26
3.6.1	Allgemeine Angaben	26
3.6.2	Angaben zur Meßtechnik	26
3.6.3	Ausgangswerte	26
3.6.4	Meßwerte in Abhängigkeit von Sanierungsmaßnahmen	27
3.6.5	Kosten	29
3.6.6	Zeitbedarf	29
3.6.7	Zusammenfassung	29
3.7	Berlin-Schöneberg	30
3.7.1	Allgemeine Angaben	30
3.7.2	Angaben zur Meßtechnik	30
3.7.3	Ausgangswerte	30
3.7.4	Meßwerte in Abhängigkeit von Sanierungsmaßnahmen	31
3.7.5	Kosten	32
3.7.6	Zeitbedarf	32
3.7.7	Zusammenfassung	32
3.8	Pinneberg	33
3.8.1	Allgemeine Angaben	33
3.8.2	Angaben zur Meßtechnik	33
3.8.3	Ausgangswerte	33
3.8.4	Meßwerte in Abhängigkeit von Sanierungsmaßnahmen	34
3.8.5	Kosten	35
3.8.6	Zeitbedarf	35
3.8.7	Zusammenfassung	35

### III

4.	Bewertung verschiedener Sanierungsmaßnahmen	36
4.1	Ausbau der Fugendichtungsmassen	36
4.1.1	Allgemeines	36
4.1.2	Vereisen mit flüssigem Stickstoff	36
4.1.3	Entfernen mittels Elektrofugenschneider	37
4.1.4	Herausschneiden von Hand	37
4.2	Behandlung der Fugenflanken	38
4.2.1	Beschichtung ohne Abtragen des Betons/Mauerwerks	38
4.2.2	Beschichtung mit Abtragen des Betons/Mauerwerks	38
4.2.3	Reinigung durch Sandstrahlen	39
4.2.4	Reinigung mit Hochdruckgerät und Strahlmittel	39
4.3	Abkleben der Fugen	40
4.4	Umgang mit Sekundäremittenten	40
4.4.1	Allgemeines	40
4.4.2	Beschichten von Oberflächen	41
4.4.3	Aufheizversuche	42
4.5	Reinigung der Sanierungsbereiche	42
5	Vorschlag für ein Untersuchungs- und Sanierungskonzept für PCB-haltige Dichtungsmassen in Gebäuden	44
5.1	Gebäudeuntersuchung	44
5.1.1	Allgemeines	44
5.1.2	Prioritätenliste	44
5.1.3	Gebäudebesichtigung	45
5.1.4	Festlegung von Raumlufuntersuchungen/ Bewertung von Materialproben	46
5.1.5	Bewertung der Dringlichkeit von Sanierungsmaßnahmen	52
5.2	Gebäudesanierung	55
5.2.1	Allgemeines	55
5.2.2	Ablauforganisation	55
5.2.3	Sanierungsdurchführung	56
5.2.3.1	Ausgangsmessungen	56
5.2.3.1.1	Raumluf	56
5.2.3.1.2	Materialien	56
5.2.3.2	Sicherheitsmaßnahmen	56

#### IV

5.2.3.3	Sanierung von Fugenmassen	58
5.2.3.3.1	Ausbau der Fugenmassen	58
5.2.3.3.2	Bekleben mit Folien	59
5.2.3.3.3	Beschichtung mit Anstrichen	59
5.2.3.4	Sanierung von Sekundärkontaminationen	60
5.2.3.4.1	Allgemeines	60
5.2.3.4.2	Sanierungsverfahren	60
5.2.3.5	Reinigung	61
6	Weitere Untersuchungen	64
6.1	Beschichtungsmaterial	64
6.2	Abhängigkeit der Raumlufkonzentration von der Temperatur	65
6.3	Dioxin- und Furan-Gehalt PCB-haltiger Materialien	65
7	Zusammenfassung	66

## Abbildungen

Abb. 1:	Ablaufschema Gebäudeuntersuchung auf dauerelastische Dichtungsmassen	49
Abb. 2:	Formblatt zur Bewertung der Dringlichkeit von Sanierungsmaßnahmen	52
Abb. 3:	Sanierungsschritte	62

## Tabellen

Tab. 1:	Typische Verwendungen PCB-haltiger Dichtungsmassen	50
Tab. 2:	Bisher bekannte PCB-Verwendungen in Baustoffen, die zu einer Belastung der Raumluft führen können	51
Tab. 3:	Organisation der Sanierung	64

## Anhang 1



## 1 Einleitung

### 1.1 Anlaß

Bereits 1989 wurden in einer Kölner Gesamtschule PCB-haltige dauerelastische Dichtungsmassen als Quelle für die Belastung der Raumluft mit PCB erkannt.

Die PCB wurden bis 1972 den sog. Thiokolen in unterschiedlicher Konzentration - empfohlen wurden vom Hersteller 10 - 15 Gew.% - als Weichmacher zugesetzt. PCB-Gehalte bis zu 50 Gew.% führten dazu, daß bis zum heutigen Tag eine mehr oder minder intensive Ausgasung des Weichmachers in die Raumluft möglich war.

Wie sich gezeigt hat, handelt es sich um ein Problem, das bundesweit von Bedeutung ist. In mehreren Städten und Gemeinden treten in Gebäuden PCB-Raumluftkonzentrationen von bis zu mehreren 1.000 ng/m<sup>3</sup> auf.

Einige der betroffenen Kommunen versuchten daraufhin - mit zum Teil sehr unterschiedlichen Konzeptionen - die PCB-Raumluftbelastung unter den vom Bundesgesundheitsamt empfohlenen Vorsorgewert von 300 ng PCB pro m<sup>3</sup> Luft abzusenken.

### 1.2 Ziel der Untersuchung

Angesichts der verschiedenen Sanierungsversuche für PCB-belastete Innenräume war es erforderlich, die dabei gemachten Erfahrungen zu erfassen und zu bewerten. Allein diese Vorgehensweise, mit dem Ziel, eine weitestgehende Standardisierung bzw. Einheitlichkeit der Verfahren zu erreichen, scheint geeignet, grundlegende Fehler in der Sanierungsplanung und Ausführung künftig zu vermeiden.

Darüber hinaus stellt das in Kapitel 5.1 dargestellte Rahmenkonzept für die Besichtigung und Untersuchung von Gebäuden - mit Schwerpunkt PCB - eine wichtige Grundlage für die einheitliche Erfassung und Beurteilung der Belastung dar.

## 2 Durchführung

Bis zur Erstellung dieses Abschlußberichtes wurden in acht Gemeinden begonnene und teilweise erfolgreich abgeschlossene Pilotprojekte vor Ort be-  
sichtigt und anhand des beiliegenden Fragebogens (Anlage 1) erfaßt und  
ausgewertet.

Mit Hilfe des Fragebogens wurden neben den eigentlichen Sanierungsergeb-  
nissen allgemeine Daten zum sanierten Objekt sowie Daten zur Gebäudeun-  
tersuchung und der meßtechnischen Bestimmung der PCB erfaßt. Die letzt-  
genannten Informationen sind insbesondere für die vergleichende Bewertung  
der einzelnen Sanierungsmaßnahmen von Bedeutung. Leider waren diese  
Daten nicht in allen Pilotprojekten in vollem Umfang zu erheben.

Jedoch konnte bei den meisten Projekten - neben der Beantwortung des  
Fragebogens - umfangreiches Datenmaterial bezüglich der Veränderung der  
Raumluftbelastung in Abhängigkeit von den durchgeführten Maßnahmen zur  
Verfügung gestellt werden.

### 3 Beschreibung der Sanierungsprojekte

#### 3.1 **Köln**

##### 3.1.1 Allgemeine Angaben

Baujahr: 1969-1971  
Bauweise: - Decken u. Stützen in Ortbeton  
- Fassade vorgehängt, Sandwichplatten mit Wärmedämmung

Primäre PCB-Quellen: dauerelastische Dichtungsmassen in Gebäudedehnungsfugen und Fensteranschlußfugen

Federführung: Gesundheitsamt d. Stadt Köln, Neumarkt 15-21, 5000 Köln 1

Ansprechpartner: Herr Bork, Telefon 02 21/2 21-47 53

##### 3.1.2 Angaben zur Meßtechnik

Art der Proben: Raumluft (ng/m<sup>3</sup>), Materialien (mg/kg), Wischproben (µg/m<sup>2</sup>)

###### **Raumluft**

Raumluftbeprobung: - Anreicherung auf Polyurethanschaum  
- Meßräume wurde 24 Stunden vorher nicht gelüftet und normal beheizt.  
- Kleinfiltergeräte d. Fa. Derenda Berlin  
- Volumen ca. 3 m<sup>3</sup>/h insgesamt ca. 10 m<sup>3</sup>

Aufbereitung der RL-Proben: - Extraktion mit Toluol im Soxhlet, in Anlehnung an DIN 51537 Teil 1

Konzentrationsbest.: - mittels GC/ECD  
- Berechnung: nach LAGA

Labor: - GfA Münster, Otto-Hahn-Str. 22, 4400 Münster Roxel

###### **Materialien**

Aufbereitung der Materialproben: - Zerkleinerung  
- Extraktion mit Toluol im Soxhlet, in Anlehnung an DIN 51527 Teil 1

Konzentrationsbest.: - mittels GC/ECD

Labor: - GfA Münster, Otto-Hahn-Str. 22, 4400 Münster Roxel

### Wischproben

- Probenahme: - Toluolgetränktes Papier (Kleenextuch - fusselfrei)  
- Probenahme durch Untersuchungslabor
- Aufbereitung der  
Wischproben: - Extraktion mit Toluol im Soxhlet, in Anlehnung  
an DIN 51527 Teil 1
- Konzentrationsbest.: - mittels GC/ECD
- Labor: - GfA Münster, Otto-Hahn-Str. 22, 4400 Münster Roxel

### 3.1.3 Ausgangswerte

- Materialbelastung: bis zu 32,7 Gew. %
- Raumluft-Belastung: von 55,5 bis 2069 ng PCB/m<sup>3</sup>
- <sup>1)</sup> Sekundär belastete  
Materialien: Betonflächen (bis 2,4 mg/kg), Rigipswände (bis 9,4  
mg/kg Farbschicht), Teppichböden (bis 52 mg/kg),  
Lacke (310 mg/kg Tür)

<sup>1)</sup> Sekundär belastete Materialien: Materialien, in die das PCB aus der Primärquelle (Dichtungsmassen etc.) nach und nach eindiffundiert ist.

3.1.4 Meßwerte in Abhängigkeit von Sanierungsmaßnahmen

Raum VO3

Ausgangswert: 1.140 ng PCB/m<sup>3</sup>

Sanierungsmaßnahmen	anschl. Raumluft- Konzentration ng/m <sup>3</sup>	
1.) Grundreinigung (trocken, feucht)	1.680	
2.) Grundreinigung (trocken, feucht)	1.685	
3.) Ausbau der zugänglichen Dichtungsmassen unter Staubentwicklung (im Bereich der Fensterbänke und der eigentlichen Fensterkonstruktion waren unentdeckte Dichtungsmassen verblieben / Grundreinigung (trocken, feucht)	1.635	
4.) Ausbau der Fenster, Entfernung aller Dichtungsmassen (Vereisung mit flüssigem Stickstoff und anschl. Herausstemmen), Einbau von Baufenstern, trockene Grundreinigung	720	
5.) nach 48-stündiger Beheizung mit Heißluft Wandtemperatur ca. 50°C	582	
6.) nach 72 Std. Beheizung, nicht vollständig ausgekühlt	826	(33°C)
7.) nach Beschichtung der Dichtungssitze (Alkydharzlack)	231	
8.) keine weiteren Maßnahmen	285	
9.) nach weiteren 72 h Beheizung und Fehlern bei der Belüftung (zu starker Unterdruck)	637	
10.) nach 24-stündiger Beheizung mit Heißluft Wandtemperatur ca. 50 °C	367	
11.) Teilweise Entfernung der Zwischenwände von Raum VO2 bis VO5, Dichtungssitze nicht überall beschichtet, Feuchtreinigung	499	
12.) nach Beschichten der Dichtungssitze (Alkydharzlack)	162	
13.) Tapezieren der Räume mit Glasfasertapete, Anstrich d. Tapeten und des Betons mit Latex-Dispersionsfarbe	63	
14.) Keine Maßnahmen Messung nach 1 Jahr (Februar 1992)	91	

Raum VO5 Ausgangswert: 1.880 ng PCB/m<sup>3</sup>

Sanierungsmaßnahmen	anschl. Raumluft-Konzentration ng/m <sup>3</sup>
1.) nach Ausbau der Fenster und Abdichtung mittels Baufenstern sowie trockener Grundreinigung (Staubsaugen)	923
2.) nach Abkleben des Teppichbodens	504
3.) keine weiteren Maßnahmen	474
4.) nach weiteren 72 h Beheizung mit Fehlern bei der Belüftung (zu starker Unterdruck)	556
5.) nach Druckbelüftung	378

Raum VO8 Ausgangswert: 1.815 ng PCB/m<sup>3</sup>

Sanierungsmaßnahmen	anschl. Raumluft-Konzentration ng/m <sup>3</sup>
1.) ohne Ausbau der Fenster; nach 48-stündiger Beheizung mit Heißluft, Wandtemperatur ca. 50 °C (bis zum Meßbeginn Luftaustausch)	1.580
2.) nach nassem Sandstrahlen u. Hochdruckreinigung (inkl. Teppichboden)	631
3.) keine weiteren Maßnahmen	522
4.) nach weiteren 72 h Beheizung und Fehlern bei der Belüftung (zu starker Unterdruck)	695
5.) nach Druckbelüftung	357
6.) Teilweise Entfernung der Zwischenwände von Raum V06-V08, Dichtungssitze beschichtet, Feuchtreinigung	248
7.) nach 48 h Beheizung (Wandtemperatur ca. 50 °C)	273
8.) nach Beschichten der Dichtungssitze (Alkydharzlack)	234
9.) Tapezieren der Räume mit Glasfasertapete, Anstrich d. Tapeten und des Betons mit Latex-Dispersionsfarbe	35,5
10.) Keine Maßnahmen Messung nach 1 Jahr (Februar 1992)	73,5

### 3.1.5 Kosten

Bedingt durch umfangreiche Demontgearbeiten in den sanierten Räumen - teilweise wurde annähernd der Rohbauzustand erreicht - lagen die absoluten Kosten bei etwa 1 Mio. DM für 12 sanierte Räume (inklusive Flur) mit einer Gesamtfläche von etwa 600 m<sup>2</sup>.

Somit ergeben sich spez. Kosten pro m<sup>3</sup> umbauten Raum von etwa 500 DM. Diese Summe ist sicherlich nicht ohne weiteres auf andere Sanierungsprojekte zu übertragen, da hierin zum einen Kosten für Fehler bei den Sanierungsversuchen und zum anderen Kosten, die der Bauunterhaltung zuzuschreiben wären, enthalten sind.

### 3.1.6 Zeitbedarf

Das eigentliche Pilotprojekt - ohne vorhergehende Messungen - dauerte etwa 9 Monate.

Diese Zeitangabe beinhaltet den Mehraufwand für unterschiedliche Sanierungsvarianten, so daß der normale Zeitbedarf pro zu sanierendem Raum oder Gebäudeabschnitt nicht aus diesem Wert ermittelt werden kann.

### 3.1.7 Zusammenfassung

In einem Pilotprojekt wurden PCB-haltige Dichtungsmassen aus Gebäude- und Fensteranschlußfugen durch Vereisen mit flüssigem Stickstoff und Herausstemmen entfernt. Anfangsbelastungen der Raumluft zwischen 1.140 ng PCB/m<sup>3</sup> und 1.880 ng PCB/m<sup>3</sup> konnten durch kompletten Ausbau der Dichtungsmassen, Beschichten der Dichtungssitze (Anschluß an den Beton) und Tapezieren sowie Überstreichen von Rigipswänden und Betonflächen auf 35 - 65 ng PCB/m<sup>3</sup> unmittelbar nach dem Rückbau gesenkt werden.

### 3.2 Neunkirchen/Seelscheid

#### 3.2.1 Allgemeine Angaben

Baujahr: Haupttrakt 1972; 2. Bauabschnitt 1974  
Bauweise: Konventionelle Bauweise, gemauert (mit Betondecken)  
Primäre PCB-Quellen: Fensteranschlußfugen, Gebäudedehnungsfugen  
Federführung: Bauamt der Gemeinde  
Ansprechpartner: Herr Maus (Beigeordneter)  
Herr Brünagel (Bauamt)

#### 3.2.2 Angaben zur Meßtechnik

Art der Proben: Raumluf (ng/m<sup>3</sup>), Materialien (mg/kg),  
Wischproben (µg/m<sup>2</sup>)

##### **Raumluf**

Raumlufbeprobung: - Anreicherung auf Polyurethanschaum  
- Meßräume wurde 24 Stunden vorher nicht gelüftet  
und normal beheizt.  
- KleinfILTERGEÄRTE d. Fa. Derenda Berlin  
- Volumen ca. 3 m<sup>3</sup>/h insgesamt ca. 10 m<sup>3</sup>  
Aufbereitung der  
Raumluf-Proben: - Extraktion mit Toluol im Soxhlet, in Anlehnung  
an DIN 51527 Teil 1  
Konzentrationsbest.: - mittels GC/ECD  
- Berechnung: nach LAGA  
Labor: - GfA Münster, Otto-Hahn-Str. 22, 4400 Münster Roxel

##### **Materialien**

Aufbereitung der  
Materialproben: - Zerkleinerung  
- Extraktion mit Toluol im Soxhlet, in Anlehnung  
an DIN 51527 Teil 1  
Konzentrationsbest.: - mittels GC/ECD  
- Berechnung: nach LAGA  
Labor: - GfA Münster, Otto-Hahn-Str. 22, 4400 Münster Roxel



### Wischproben

- Probenahme: - Toluolgetränktes Papier (Kleenextuch - fusselfrei)  
- Probenahme durch Untersuchungslabor
- Aufbereitung der  
Wischproben: - Extraktion mit Toluol im Soxhlet, in Anlehnung  
an DIN 51527 Teil 1
- Konzentrationsbest.: - mittels GC/ECD  
- Berechnung: nach LAGA
- Labor: - GfA Münster, Otto-Hahn-Str. 22, 4400 Münster Roxel

### 3.2.3 Ausgangswerte

- Materialbelastung: 4,45 mg/kg - 85.900 mg/kg  
RL-Belastung: von 41 ng PCB/m<sup>3</sup> bis 7.120 ng PCB/m<sup>3</sup>  
Sekundärbelastung<sup>1)</sup>: bis zu 103 mg/kg (Probe von den Bodenplatten in  
Raum 15)

<sup>1)</sup> Sekundärbelastung = PCB-belastete Materialien, in die das PCB aus der Primärquelle (Dichtungsmasse etc.) nach und nach eindiffundiert ist.

3.2.4 Meßwerte in Abhängigkeit von Sanierungsmaßnahmen

**Raum 15** Ausgangswert: 1.090 ng PCB/m<sup>3</sup>  
bezogen auf die am 19.03.1991 begonnene Sanierung

Sanierungsmaßnahmen	anschl. Raumluft- Konzentration ng/m <sup>3</sup>
1) Ausbau Fugen	621 (24°C)
2) Freilegen verdeckter Fensteranschlußfugen Aufheizen (70°, 48 h anschl. abkühlen)	425
3) Kontrollmessung ohne weitere Maßnahmen	1.060 (22°C)
4) 2. Kontrollmessung ohne weitere Maßnahmen	615 (17,5°C)
5) Ausreißer	1.200 (27°C)
6) PVC Boden entfernt; Estrich abgeschlagen	990 (25,3°C)
7) Ausbau Fenster, Einbau Baustellenfenster Reinigungen Boden, Wand, Decke	854 (17,8°C)
8) Entfernen der Klinkerverblendung an den Wänden Reinigung von Wänden, Boden, Decke	546 (14,8°C)
9) Nachreinigung Boden, Wände, Decke	507 (14°C)
10) nach 300-fachem Luftwechsel und Reinigung der Gitterfolie	390 (11,2°C)

Bis zur Erstellung dieses Berichtes lagen keine weiteren Untersuchungsergebnisse aus Neunkirchen-Seelscheid vor.

### 3.2.5 Kosten

Bis zum Zeitpunkt der Befragung waren etwa 150.000,- DM ausgegeben worden.

Darin sind aber auch die Beträge für Messungen und Untersuchungen sowie die Begehungen weiterer kommunaler Gebäude in Neunkirchen-Seelscheid enthalten.

Erst nach der Sanierung eines größeren Bereiches, die im Laufe des Jahres 1992 durchgeführt werden soll (2 Nachbarräume von Raum 15 und Flur), können die Kosten - insbesondere die spezifischen Kosten pro m<sup>3</sup> umbauten Raumes - ermittelt werden.

Somit ist aus der bisherigen Information noch kein Aufschluß über die tatsächliche Kostensumme zu erwarten.

### 3.2.6 Zeitbedarf

Aus den bisherigen Maßnahmen ist der Zeitbedarf für die Sanierung größerer Bereiche nicht annähernd abzuschätzen.

Um verlässliche Werte oder doch zumindest Anhaltswerte zu erhalten, sollte hier wie bei den Kosten die für 1992 vorgesehene (teilweise) Sanierung abgewartet werden.

### 3.2.7 Zusammenfassung

In Neunkirchen-Seelscheid wurden - ähnlich wie in Köln - in einem Raum sämtliche Dichtungsmassen entfernt (mit Ausbau der Fenster).

Nach dem Entfernen von Sekundäremittenten konnte die Raumluftbelastung auf 390 ng PCB/m<sup>3</sup> - bei einer Raumtemperatur von 11,2 ° C - gesenkt werden. Zu Anfang der Sanierung waren 1.090 ng PCB/m<sup>3</sup> gemessen worden.

### 3.3 München

#### 3.3.1 Allgemeine Angaben

Besichtigungstermin: 19.03.1992  
Baujahr: 1970  
Bauweise: Fertigteilkonstruktion  
Nutzung: Schule  
  
Primäre PCB-Quellen: Fugen zwischen Fertigteilen  
  
Federführung: Umweltamt München  
Ansprechpartner: Herr Sick, Tel.: 089/233-84 45

#### 3.3.2 Angaben zur Meßtechnik

Art der Proben: Raumluft, Material

##### **Raumluft**

Raumluftbeprobung: Die Probenahme wurde in Anlehnung an ein Arbeitspapier für die künftige Richtlinie VDI 3498 Blatt 2 durchgeführt. Hierbei wurden ca. 10 m<sup>3</sup> Luft durch eine Adsorptionseinheit, bestehend aus einem vorgereinigten PU-Schaum-Filter gesaugt.

Aufbereitung der  
RL-Proben: Extraktion m. Toluol in Anlehnung an DIN 5127, Teil 1  
Konzentrationsbest.: GC/ECD; Auswertung nach LAGA  
Labor: TÜV Bayern, Westendstr. 199, 8000 München 21

##### **Materialien**

Aufbereitung der  
Materialproben: Extraktion mit Toluol  
Konzentrationsbest.: GC/ECD; Auswertung nach LAGA  
Labor: TÜV Bayern, Westendstr. 199, 8000 München 21

##### **Wischproben**

Probenahme: -  
Aufbereitung der  
Wischproben: -  
Konzentrationsbest.: -  
Labor: -

### 3.3.3 Ausgangswerte

Materialbelastung: bis zu 270.000 mg/kg  
RL-Belastung: von 1.030 ng PCB/m<sup>3</sup> bis 3.700 ng PCB/m<sup>3</sup>  
Sekundärbelastung <sup>1)</sup>: bis zu 120 mg/kg in der Wandfarbe  
bis zu 140 mg/kg im Bodenbelag  
Betonbohrkerne sind mit bis zu 20 mg/kg  
(im ersten cm, inkl. Farbe) belastet.

<sup>1)</sup>Sekundärbelastung = PCB-belastete Materialien, in die das PCB aus der Primärquelle (Dichtungsmasse etc.) nach und nach eindiffundiert ist.

3.3.4 Meßwerte in Abhängigkeit von Sanierungsmaßnahmen

**Raum 016** Ausgangswert: 3.530 ng PCB/m<sup>3</sup>

Sanierungsmaßnahmen Raumluft-	anschl. Konzentration ng/m <sup>3</sup>
18.12.90 keine Maßnahme, ungelüftet	2.990 (23°C)
18.12.90 nach Stoßlüftung vor Meßbeginn	ca. 3.360 (21°C)
04.01.91 Fugen abgeklebt (Teroson) Alufolie selbst- klebend mit bitumin. Kleber ungelüftet	2.900 (20°C)

**Raum 018** Ausgangswert: 2.700 ng PCB/m<sup>3</sup>

Sanierungsmaßnahmen Raumluft-	anschl. Konzentration ng/m <sup>3</sup>
03.02.91 Fugen abgeklebt und Vorhangschiene abgeklebt mit Teflonfolie sonst s. Raum 022 Wände gestrichen: 2 Anstriche m. PCB-Dicht Decke gestrichen: 2 Anstriche m. PCB-Dicht ungelüftet	610
08.02.91 s. 3.2.91 zusätzlich möbliert	780

**Raum 019**

Ausgangswert: 3.280 ng PCB/m<sup>3</sup>

Sanierungsmaßnahmen Raumluft-	anschl. Konzentration ng/m <sup>3</sup>
12.01.91 Stoßlüftung, keine Maßnahmen	2.620 (19°C)
03.02.91 Fugen abgeklebt: s. Raum 022 (Nr. 6) 1-4 Wände unbehandelt, Decke unbehandelt, unmöbliert	2.370 (20°)
06.02.91 Wände unbehandelt, Decke unbehandelt, möbliert ungelüftet	1.440 (22°C)
06.02.91 Stoßlüftung	1.130 (20°C)

**Raum 022**

Ausgangswert: 2.980 ng PCB/m<sup>3</sup>

Sanierungsmaßnahmen	anschl. Raumluft- Konzentration ng/m <sup>3</sup>
1) 18.12.90 keine Maßnahmen, ungelüftet	2.960 (23°C)
2) 18.12.90 Stoßlüftung	2.250 (21°C)
3) 09.01.91 Fugen abgeklebt (SEC), Alufolie 30 µm, senkr. Fugen der Wand; ungelüftet	1.960 (21°C)
4) 12.01.91 Feuchtreinigung, ungelüftet	2.210 (22°C)
5) 12.01.91 zusätzlich Stoßlüftung	1.150 (19°C)
6) 03.02.91 Decke u. alle Fugendichtungsmassen abgeklebt ungelüftet, unmöbliert 1. Primer Haftanstrich (Terpolymer) 2. 1 Anstr. PCB-Dicht (Naturkautsch.disp.) 3. Alu-Folie (20x2 cm) 50 µ, Stöße überlappend 4. 2 Anstr. PCB-Dicht nur auf Folien	1.760 (20°C)
7) 06.02.91 Decke u. alle Fugendichtungsmassen abgeklebt, möbliert	2.030 (24°C)
8) 06.02.91 Decke u. alle Fugendichtungsmassen abgeklebt, und Stoßlüftung	3.640 (20°C)

Raum 019/022

Ausgangswert: ./ ng PCB/m<sup>3</sup>

Sanierungsmaßnahmen	anschl. Raumluf- Konzentration ng/m <sup>3</sup>
1) 03.02.91 Fugen abgeklebt Wände gestrichen Zwischendecke entfernt ungelüftet	560 (20°C)
2) 06.02.91 wie 1) zusätzlich möbliert	610 (24°C)
3) 06.02.91 wie 2) und Stoßlüftung	2.200 (20°C)
4) 08.02.91 wie 1)	760 (21°C)

Mittlerweile wurden in einem der Räume die PCB-haltigen Dichtungsmassen vollständig ausgebaut (oszill. Messer) und die Wände mit einer handelsüblichen Binderfarbe angestrichen.

Die Raumluf-Konzentration liegt nach Aussage der Verantwortlichen deutlich unter 300 ng/m<sup>3</sup>.



### 3.3.5 Kosten

Die Kosten pro m<sup>3</sup> sanierten Raum liegen nach ersten Schätzungen bei etwa 300,- DM (ohne Ausbau der Fugen). Auch hier gilt, daß die Kosten nicht ohne weiteres auf eine reguläre Sanierungsmaßnahme übertragen werden können.

### 3.3.6 Zeitbedarf

Bisher wurden etwa 1,5 Jahre für die beschriebenen Maßnahmen benötigt. Der Zeitbedarf ist jedoch auch hier nicht auf ein größere Projekt übertragbar.

### 3.3.7 Zusammenfassung

In München wurde in einer Schule versucht, PCB-haltige dauereleastische Dichtungsmassen durch Überkleben mit Aluminium- und Teflonfolie zu sanieren.

In manchen Bereichen sind deutliche Konzentrationserniedrigungen zu verzeichnen, während in anderen Räumen nahezu kein Effekt zu beobachten ist. Die bisher vorliegenden Erkenntnisse sind für eine abschließende Beurteilung - auch mit Blick auf einen Einsatz der Methode als vorläufige Sicherungsmaßnahme - nicht ausreichend.

3.4 Kassel

3.4.1 Allgemeine Angaben

Baujahr: 1970  
Bauweise: Stützenkonstruktion/Fertigteile  
Nutzung: Schule  
Primäre PCB-Quellen: dauerelastische Dichtungsmassen  
Federführung: Städt. Hochbauamt  
Ansprechpartner: Herr Carl, Tel.: 0561/10 03-230

3.4.2 Angaben zur Meßtechnik

Art der Proben: Raumluft, Materialien

**Raumluft**

Beprobung: Anreicherung der PCB auf PU-Schaum  
Probenahmevolumen: 2 m<sup>3</sup>  
Probenahmedauer: 1 Stunde

Aufbereitung  
der RL-Proben: Clean up mit Silikagel  
Extraktion mit Toluol

Konzentrationsbest.: GC-MS  
Berechnung nach LAGA

Labor: UHST, Landau (Weinstraße) Dr. Eckrich

**Materialien**

Aufbereitung d. Mate-  
rialpr.-Zerkleinerung: Extraktion mit Toluol  
Konzentrationsbest.: GC-MS

Berechnung nach LAGA

Labor: UHST, Landau (Weinstraße) Dr. Eckrich

**Wischproben**

Probenahme: -  
Aufbereitung der  
Wischproben: -  
Konzentrationsbest.: -  
Labor: -

### 3.4.3 Ausgangswerte

Materialbelastung:	bis zu 745.000 mg PCB/kg
RL-Belastung:	von 495 ng PCB/m <sup>3</sup> bis 3.770 ng PCB/m <sup>3</sup>
Sekundärbelastete Materialien <sup>1)</sup> :	Wände (50,5 mg/kg); Boden (Teppich 495 mg/kg); Deckenplatten (46 mg/kg)

<sup>1)</sup> Sekundärbelastete Materialien = Materialien, in die das PCB aus der Primärquelle (Dichtungsmasse etc.) nach und nach eindiffundiert ist.

### 3.4.4 Meßwerte in Abhängigkeit von Sanierungsmaßnahmen

**Raum 05 (06)** Ausgangswert: 2.900 ng PCB/m<sup>3</sup>

Sanierungsmaßnahmen	anschl. Raumluft- Konzentration ng/m <sup>3</sup>
1.) - Ausbau der Dichtungsmassen durch schnell- schwingende Messer, Beschichtung der Dichtungs- sitze mit PF-2-Combi, Jotum Deutschland GmbH, Weins- bergring 24, 2000 Hamburg - Ausbau der Decke (Odenwaldplatten), - Teppichboden u. Klinkerverblendungen der Wand entfernt keine neuen Dichtungsmassen eingebaut - evt. noch Dichtungsmassen außen unter der Fenster- bank	615
2.) - Wände sollen wie die Dichtungssitze beschichtet werden	

**Raum 02 (UG)** Ausgangswert: 3.770 ng PCB/m<sup>3</sup>

Sanierungsmaßnahmen	anschl. Raumluft- Konzentration ng/m <sup>3</sup>
1.) - Ausbau der Dichtungsmassen durch schnell- schwingende Messer, Beschichtung der Dichtungs- sitze mit PF-2-Combi, Jotum Deutschland GmbH, Weins- bergring 24, 2000 Hamburg - Ausbau der Decke (Odenwaldplatten), - Teppichboden u. Klinkerverblendungen der Wand entfernt keine neuen Dichtungsmassen eingebaut - evt. noch Dichtungsmassen außen unter der Fenster- bank	1.315
2.) - Wände sollen wie die Dichtungssitze beschichtet werden	

Die Beschichtung der sekundär-kontaminierten Flächen erbrachte keine Absenkung der PCB-Raumluftbelastung unter 300 ng/m<sup>3</sup> (600 ng/m<sup>3</sup>). Ob das verwendete Produkt nicht geeignet ist oder Einflüsse aus nicht-sanierenen Bereichen eine Rolle spielen (Luftaustausch über Gebäudefugen), ist noch nicht abschließend geklärt.

#### 3.4.5 Kosten

Zu den Kosten, die das laufende Sanierungsprojekt verursacht, gibt es bisher keine genauen Angaben.

Genaue Zahlen sind erst dann zu erwarten, wenn die anstehenden Sanierungsmaßnahmen (Beschichten der Wände) und der Rückbau abgeschlossen sind.

#### 3.4.6 Zeitbedarf

Das Pilotprojekt läuft seit Anfang 1991. Allerdings haben die eigentlichen baulichen Maßnahmen erst im Juli 1991 begonnen.

Mit dem Abschluß der Arbeiten - inklusive Rückbau - ist im Sommer bis Herbst zu rechnen.

Hier gilt wie für die anderen Sanierungsprojekte, daß die benötigte Zeit nicht ohne weiteres auf die Sanierung eines gesamten Gebäudes übertragen werden kann.

#### 3.4.7 Zusammenfassung

In Kassel ist es durch den Ausbau dauerelastischer Fugenmassen mit Hilfe elektrischer Fugenschneider (oszillierende Messer) und der Beschichtung der Dichtungssitze gelungen, die PCB-Belastung von Werten um 3.000 ng/m<sup>3</sup> auf 600 - 1.300 ng/m<sup>3</sup> zu erniedrigen.

Anstehende Sanierungsmaßnahmen für sekundär belastete Wandoberflächen lassen eine weitere Absenkung der Belastung erwarten.

### 3.5 Wiesbaden

#### 3.5.1 Allgemeine Angaben

Baujahr: 1972/73 (2 Gebäude)  
Bauweise: Betonfertigbau  
Nutzung: Schule

Primäre PCB-Quellen: dauerelastische Dichtungsmassen;  
dämmschichtbildender Anstrich

Federführung: Hochbauamt der Stadt Wiesbaden  
Ansprechpartner: Herr Müller (Hochbauamt) Tel.: 0611/31 64 03  
Herr Dr. Wendel (Gesundheitsamt)  
Herr Maas (Gesundheitsamt)

#### 3.5.2 Angaben zur Meßtechnik

Art der Proben: Raumlucht, Materialien, Wischproben

##### **Raumlucht**

Beprobung: Anreicherung der PCB auf Floresil

Aufbereitung  
der RL-Proben: Extraktion mit n-Hexan  
Konzentrationsbest.: Messung mittels GC-MS  
Berechnung nach LAGA  
Labor: Fresenius Taunusstein

##### **Materialien**

Aufbereitung der  
Materialproben: - Zerkleinerung  
- Extraktion mit n-Hexan  
Konzentrationsbest.: - Extraktion mit n-Hexan  
Labor: Fresenius Taunusstein

##### **Wischproben**

Probenahme: -  
Aufbereitung der  
Wischproben: Extraktion mit n-Hexan  
Konzentrationsbest.: Messung mittels GC-MS  
Berechnung nach LAGA  
Labor: Fresenius Taunusstein

### 3.5.3 Ausgangswerte

Materialbelastung:	3 - 10 Gew.%
RL-Belastung:	von 76 ng PCB/m <sup>3</sup> bis 3.346 ng PCB/m <sup>3</sup>
Sekundärbelastete Materialien <sup>1)</sup> :	Wandoberfläche (Farbe, Putz) : bis zu 100 mg/kg Wischproben von Möbeln: bis zu 147 µg/m <sup>2</sup>

<sup>1)</sup> Sekundärbelastete Materialien = Materialien, in die das PCB aus der Primärquelle (Dichtungsmasse etc.) nach und nach eindiffundiert ist.

### 3.5.4 Meßwerte in Abhängigkeit von Sanierungsmaßnahmen

Raum	Ausgangswert:	ng PCB/m <sup>3</sup>	anschl. Raumluf- Konzentration ng/m <sup>3</sup>
------	---------------	-----------------------	---

---

Bisher wurden in zwei Schulen in Proberäumen dauerelastische Dichtungsmassen mit der Vereisungsmethode entfernt.  
Hinzu kamen umfangreiche Reinigungsmaßnahmen.  
Dennoch konnte die Raumlufkonzentration nicht unter 1000 ng PCB/m<sup>3</sup> abgesenkt werden.



### 3.5.5 Kosten

Hier sind bisher keine Aussagen möglich.

### 3.5.6 Zeitbedarf

Hier sind bisher keine Aussagen möglich.

### 3.5.7 Zusammenfassung

In Wiesbaden wurden in 2 Schulen Pilotprojekte in jeweils einem Raum durchgeführt. Dabei sollen PCB-haltige Dichtungsmassen ausgebaut und ggf. Sekundärkontaminationen saniert werden.

Bisher konnte die Raumluftkonzentration nicht unter 1000 ng PCB/m<sup>3</sup> abgesenkt werden.

### 3.6 Berlin-Steglitz

#### 3.6.1 Allgemeine Angaben

Baujahr: 1965-1967  
Bauweise: Betonfertigteile  
Primäre PCB-Quellen: Dauerelastische Dichtungsmassen  
Federführung: Umweltamt Bezirk Steglitz  
Ansprechpartner: Frau Dr. Hofmeister (Leiterin Umweltamt)  
Herr Dr. Köppl, Tel.: 030/7904-3267

#### 3.6.2 Angaben zur Meßtechnik

Art der Proben: Raumluf~~t~~

##### **Raumluf~~t~~**

Beprobung: Anreicherung der PCB auf Floresil  
Volumen der Probe ca. 1 m<sup>3</sup>  
Aufbereitung der Proben: Desorption mit Hexan  
Vorreinigung über Kieselgel nach DFG S 19  
Konzentrationsbest.: GC/ECD, Berechnung nach BGA  
Labor: LAT II C 1, Dr. Piloty

#### 3.6.3 Ausgangswerte

Materialbelastung: > 5 Gew% (dauerelastische Dichtungsmassen)  
Raumluf~~t~~belastung: von < 300 ng PCB/m<sup>3</sup> bis > 3000 ng PCB/m<sup>3</sup>  
Sekundärbelastung <sup>1)</sup>: 1) Fugenflanken (Beton) bis 0,6 %  
2) Deckenplatten: < 02 mg/kg  
3) Hinterstopfmaterial der Fugenmassen: 1,6 %  
4) Bodenbelag < 0,0008 %

<sup>1)</sup> Sekundärbelastung = PCB-belastete Materialien, in die das PCB aus der Primärquelle (Dichtungsmasse etc.) nach und nach eindiffundiert ist.

3.6.4 Meßwerte in Abhängigkeit von Sanierungsmaßnahmen

Raum D 9 Ausgangswert: 2.569 ng PCB/m<sup>3</sup>

Sanierungsmaßnahmen	anschl. Raumluft- Konzentration ng/m <sup>3</sup>
Abriß der Akustikdecken, Entfernen der alten Fugen- masse, Streichen der Fugenflanke mit Epoxyd-Harz	2.214
Stopfen und Versiegeln der vorbereiteten Dehnungsfugen, Entfernen der alten Fugenmassen unter den Fensterbänken, Vorbereiten der Fugenflanken (Epoxyd-Anstrich)	3.249
Stopfen und Versiegeln der am 02.08.1991 vorbereiteten Fugen, Deckenplattenmontage, Leuchtenmontage, Feucht- wischen der Fußböden sowie der Wandflächen und des Mobiliars	563
Flächenhafte Fugensanierung in allen übrigen Räumen (innen)	266
Fugensanierung im Außenbereich des gesamten Gebäude- traktes D	655
Malermäßige Grundinstandsetzung des Gebäudetraktes D (Demontage aller PVC-Scheuerleisten in allen Räumen, alle Fenster tischlermäßig überarbeitet, neue Holzscheuer- leisten montiert, alle Wände, Decken u. Fenster gestrichen, Reinigung des gesamten Gebäudetraktes, vom 7.-13.02.92 täglich Lüftung und Beheizung	344
Keine weiteren Maßnahmen (Kontrollmessung)	297
Keine weiteren Maßnahmen (Kontrollmessung)	429

**Raum D 3** Ausgangswert: 1.209 ng PCB/m<sup>3</sup>

Sanierungsmaßnahmen	anschl. Raumluf- Konzentration ng/m <sup>3</sup>
Flächenhafte Fugensanierung in allen Räumen (innen)	1.331
Fugensanierung im oberen Geschoß (einschl. Neuverfugung), Fugensanierung im Flur- u. Treppenhausbereich, Fugensa- nierung im unteren Geschoß, intensive Lüftung, Grund- reinigung und Beheizung vor der Messung	747
Fugensanierung im Außenbereich des ges. Gebäudetraktes D	1.037
Malermäßige Grundinstandsetzung des Gebäudetraktes D (Demontage aller PVC-Scheuerleisten in allen Räumen), alle Fenster tischlermäßig überarbeitet, neue Holzscheuerleisten montiert, alle Wände sowie Decken u. Fenster angestrichen, Reinigung des gesamten Gebäudetraktes, tägliche Lüftung u. Beheizung	226
Keine weiteren Maßnahmen (Kontrollmessung)	166
Keine weiteren Maßnahmen (Kontrollmessung)	692

**Raum D 2** Ausgangswert: 1.587 ng PCB/m<sup>3</sup>

Sanierungsmaßnahmen	anschl. Raumluf- Konzentration ng/m <sup>3</sup>
Flächenhafte Fugensanierung in allen Räumen (innen)	1.804
Fugensanierung im oberen Geschoß (einschl. Neuverfugung), Fugensanierung im Flur- u. Treppenhausbereich, Fugensa- nierung im unteren Geschoß, intensive Lüftung, Grund- reinigung und Beheizung vor der Messung	631
Fugensanierung im Außenbereich des ges. Gebäudetraktes D	916
Malermäßige Grundinstandsetzung des Gebäudetraktes D (Demontage aller PVC-Scheuerleisten in allen Räumen), alle Fenster tischlermäßig überarbeitet, neue Holzscheuerleisten montiert, alle Wände sowie Decken u. Fenster angestrichen, Reinigung des gesamten Gebäudetraktes, tägliche Lüftung u. Beheizung	112

### 3.6.5 Kosten

Die Kosten für die gesamte Maßnahme konnten nicht genannt werden. Der eigentliche Ausbau der Dichtungsmassen verursacht nach Angabe der Verantwortlichen Kosten in Höhe von 25,- bis 30,- DM pro laufenden Meter Fugenmasse.

### 3.6.6 Zeitbedarf

Die gesamten Arbeiten wurden im Zeitraum zwischen Januar 1991 und Februar 1992 durchgeführt, d.h. das gesamte Gebäude wurde von Dichtungsmassen befreit und anschließend wieder rückgebaut.

### 3.6.7 Zusammenfassung

In der 17. Grundschule, Am Karpfenteich, Hildburghäuserstr. 135, wurden sämtliche PCB-haltigen Dichtungsmassen (innen u. außen) entfernt. Nach Aufbringen eines Anstriches (Epoxyd-Harz) auf die Fugenflanken und Grundreinigen mit anschließender Renovierung wurden Raumluftkonzentrationen zwischen 150 und 400 ng PCB/m<sup>3</sup> gemessen. Ende Mai/Anfang Juni 1992 wurden während einer sehr warmen Periode 600 - 700 ng PCB/m<sup>3</sup> gemessen. Dies zeigt deutlich, wie stark die Raumluftkonzentration von der Temperatur abhängt.

### 3.7 Berlin Schöneberg

#### 3.7.1 Allgemeine Angaben

Baujahr: 1973 (Bezug)  
Bauweise: Ferteilkonstruktion mit vorgehängter Fassade und Fertigteildecken  
Primäre PCB-Quellen: dauerelastische Dichtungsmassen  
Federführung: GSU (Gesellschaft für Sicherheits- und Umwelttechnik)  
Auftraggeber: Bezirksamt Schöneberg von Berlin  
Ansprechpartner: Dr. Heinitz, Tel.: 030/414 50 87

#### 3.7.2 Angaben zur Meßtechnik

Art der Proben: Raumluf, Materialien

##### **Raumluf**

Beprobung: mittels Zambelli-Pumpen (ZB2)  
Sorbens: Floresil  
Konzentrationsbest.: GC/ECD gemäß DIN 51527-Teil 1  
Berechnung nach BGA  
Labor: GSU

##### **Materialien**

Konzentrationsbest.: GC/ECD  
Berechnung nach LAGA  
Labor: GSU

#### 3.7.3 Ausgangswerte

Materialbelastung: im Prozentbereich  
RL-Belastung: 4.434 ng PCB/m<sup>3</sup> (nach BGA) bzw.  
3.800 ng PCB/m<sup>3</sup> (nach LAGA)  
Sekundärbelastung <sup>1)</sup>:  
Fußboden 23 mg/kg  
Beton 365 mg/kg  
Fensterrahmen 17 mg/kg  
Elektrokabel 177 mg/kg (PVC !)

---

<sup>1)</sup> Sekundärbelastung = Materialien, in die das PCB aus der Primärquelle (Dichtungsmasse etc.) nach und nach eindiffundiert ist.

3.7.4 Meßwerte in Abhängigkeit von Sanierungsmaßnahmen

**Raum 102 (1. OG)** Ausgangswert: 3.173 ng PCB/m<sup>3</sup> (nach BGA)

Sanierungsmaßnahmen	anschl. Raumluft- Konzentration ng/m <sup>3</sup>
bei den Arbeiten	6.650
dicke Fugen entfernt	98
Innenfugen an den Fenstern entfernt	2.444
innere Fensterfugen abgeklebt, kein Kontakt zu Außenfugen	86
sämtliche Fensterfugen entfernt	158
alle Fugen und Abklebungen entfernt	3.566
Fensterfugen mit Bauschaum abgedichtet	2.124
Außenmessung (Messung im Bereich der Außenfuge)	2.545
nach Reinigung	2.847
Messung im Flur vor Raum 102	347
Messung unmittelbar an Betonfuge, innerhalb der Einhausung	675
Messung unmittelbar an der Wand, außerhalb der Einhausung	340
Schlußmessung in der Raummitte	278

### 3.7.5 Kosten

Zu den Kosten pro m<sup>3</sup> umbauten Raumes oder pro laufendem Meter Dichtungsmasse waren kurz vor Abschluß der Sanierung eines Raumes keine Angaben möglich.

### 3.7.6 Zeitbedarf

Der zeitliche Aufwand für das Sanierungsprojekt konnte aufgrund der Daten aus der Sanierung eines Raumes nicht abgeleitet werden.

### 3.7.7 Zusammenfassung

In der Finow-Schule in Berlin-Schöneberg wurde im Rahmen eines Pilotprojektes ein Raum exemplarisch saniert.

Die ursprüngliche Raumlufbelastung von 3.173 ng PCB/m<sup>3</sup> konnte durch vollständigen Ausbau der Dichtungsmassen (Vereisen und Herausbrechen) auf unter 300 ng/m<sup>3</sup> abgesenkt werden (278 ng/m<sup>3</sup>).



### 3.8 Pinneberg

#### 3.8.1 Allgemeine Angaben

Baujahr: 1973  
Bauweise: Fertigteile/Rippenbauweise ("Kasseler Modell")  
Primäre PCB-Quellen: dauerelastische Dichtungsmassen (außen)  
Federführung: Landkreis Pinneberg Herr Kroh  
Ansprechpartner: Frau Reinfeld, Tel.: 04101/ 212-569

#### 3.8.2 Angaben zur Meßtechnik

Art der Proben: Raumluf t Materialien

##### **Raumluf t**

Beprobung: Adsorption an PU Schaum

Aufbereitung  
der RL-Proben: Extraktion mit Toluol DIN 5127, Teil 1  
Konzentrationsbest.: GC/ECD  
Berechnung nach LAGA  
Labor: IGU, UFU

##### **Materialien**

Aufbereitung d. Proben: Extraktion mit Toluol DIN 5127, Teil 1  
Konzentrationsbest.: GC/ECD  
Berechnung nach LAGA  
Labor: UFU, Dr. Butte, IGU

#### 3.8.3 Ausgangswerte

Materialbelastung: bis zu 10 Gew% (Fensterdichtung außen und Dichtungsband zwischen Betonelementen außen)

RL-Belastung: von 490 ng PCB/m<sup>3</sup> bis 6.440 ng PCB/m<sup>3</sup>

Sekundärbelastung <sup>1)</sup>:  
Fensterkitt (innen) 39 mg/kg  
Beton (0-1 mm) 27 mg/kg  
Rauhputz 11 mg/kg  
Feinputz 12 mg/kg  
Wandputz grob (1 mm) 5 mg/kg

---

<sup>1)</sup>Sekundärbelastung = Materialien, in die das PCB aus der Primärquelle (Dichtungsmasse etc.) nach und nach eindiffundiert ist.

3.8.4 Meßwerte in Abhängigkeit von Sanierungsmaßnahmen

Raum Klasse 6                      Ausgangswert: 2.230 ng PCB/m<sup>3</sup>

Sanierungsmaßnahmen	anschl. Raumluft- Konzentration ng/m <sup>3</sup>
nach Grundreinigung (Abwaschen aller Oberflächen; feuchtes Wischen der Lehrbücher und Akten, Waschen der Gardinen und sonstiger Textilien)	519
Anstrich der Wände, Austausch des Bodenbelages	1.210 1.250
nach Entfernen sämtlicher PCB-haltiger Materialien (Grundreinigung nicht ordnungsgemäß durchgeführt)	985 /1.670
nach nochmaliger Grundreinigung	681
Messung unter Lüftungsbedingungen, Nutzungs- simulation (vor Unterrichtsbeginn 5 Min. gelüftet, während des Unterrichts Fenster geschlossen, Lüftung während der Pausen), Messung im Dez. 1991 !	170
Kontrollmessung	120

### 3.8.5 Kosten

Die Kosten für die gesamte Maßnahme belaufen sich auf etwa 150.000,- DM.

Leider wurden bisher noch keine spezifischen Kosten ermittelt.

### 3.8.6 Zeitbedarf

Die Sanierungsmaßnahme erforderte etwa 12 Monate Bearbeitungszeit.

### 3.8.7. Zusammenfassung

Im Landkreis Pinneberg wurden in einer Schule dauerelastische Dichtungsmassen, die im Bereich der Fassade sowie außen unter den Fensterbänken eingebaut waren, entfernt.

Trotz Anstrichs der Wände und umfangreicher Reinigungsmaßnahmen konnte die Raumlufthbelastung nicht unter 300 ng PCB/m<sup>3</sup> abgesenkt werden.

Erst unter Betriebsbedingungen, d.h. Lüften während der Messung wurde der Sanierungszielwert von 300 ng/m<sup>3</sup> unterschritten.

#### 4. Bewertung der verschiedenen Sanierungsschritte

##### 4.1 Ausbau der Fugendichtungsmassen

###### 4.1.1 Allgemeines

Der Ausbau der gesamten Fugendichtungsmassen hat in Köln, Neunkirchen-Seelscheid, Kassel, Berlin-Schöneberg, Berlin-Steglitz und Pinneberg eine deutliche Erniedrigung der PCB-Belastung der Raumluft bewirkt. Dabei kamen unterschiedliche Verfahren zum Einsatz.

###### 4.1.2 Vereisen mit flüssigem Stickstoff

Dauerelastische Dichtungsmassen, die mit Hilfe von flüssigem Stickstoff soweit abgekühlt werden, daß sie verspröden, lassen sich mit Hammer und Meißel von angrenzenden Oberflächen abstemmen. Dabei wird ein Großteil des unmittelbar mit der Dichtungsmasse in Kontakt stehenden Betons oder Mauerwerks mit entfernt. Die obersten drei bis vier Millimeter dieser sog. Fugenflanken (Dichtungssitze) enthalten offenbar große Mengen PCB, das mit den Jahren in das Material eindiffundiert ist. Neben diesem entscheidenden Vorteil auch die belastete Fugenflanke mit entfernen zu können, hat dieses Verfahren einige Nachteile, die an dieser Stelle erwähnt werden sollten:

- Es handelt sich um ein technisch recht kompliziertes Verfahren für das gut eingearbeitete, erfahrene Kräfte benötigt werden.
- Es fallen Lizenzgebühren an, deren Höhe nicht bekannt ist.
- Das vollständige Vereisen senkrechter Wand - sowie waagerechter Deckenfugen - gelingt oft nur nach mehrmaligem Versuch.
- Die Dichtungsmassen werden relativ schnell wieder elastisch.
- Um an einer Stelle Stickstoff einzusetzen, werden in aller Regel zwei Arbeitskräfte benötigt.
- Da sich der komplette Dichtungssitz in aller Regel nicht entfernen läßt, muß regelmäßig an einigen Stellen nachgearbeitet werden.
- Die Stundenleistung ist wegen des hohen Aufwandes relativ gering. Nach bisherigen Erkenntnissen bauen zwei Arbeiter max. 3 - 4 m Fugenmasse pro Stunde aus.

#### 4.1.3 Entfernen mittels Elektrofugenschneider

Diese in Kassel erprobte Methode, bei der ein Elektrofugenschneider der Maschinenfabrik Fein eingesetzt wurde, entfernt die Dichtungsmassen mittels oszillierender Messer weitgehend von den Fugenflanken. Dabei wird nach Darstellung der Verantwortlichen wenig Staub erzeugt.

Allerdings ist es hierbei nicht möglich, die Fugendichtungssitze, d.h. den unmittelbar an die Dichtungsmasse angrenzenden Beton/Mauerwerk mit zu entfernen.

Als Hauptvorteil ist - neben der Staubarmut - die im Vergleich zum Vereisen höchstwahrscheinlich größere Arbeitsgeschwindigkeit zu nennen. Die genaue Stundenleistung wurde bisher nicht ermittelt.

Von Nachteil ist, daß Reste von PCB im Beton der Dichtungsflanken verbleiben. Hinsichtlich deren Beschichtung gibt es bisher keine Erkenntnisse, ob das restliche PCB nicht doch nach wenigen Jahren durchdiffundiert und die Raumluft - wenn auch nicht im ursprünglichen Maß - erneut belastet. Ein weiterer Nachteil ist die schlechte Zugänglichkeit mancher Fugen für eine maschinelle Bearbeitung (z.B. Heizkörpernischen).

#### 4.1.4 Herausschneiden von Hand

Mit geeigneten scharfen Werkzeugen (z.B. Messer mit kurzer starker Klinge) wird die Fugenmasse soweit wie möglich herausgeschnitten.

Anschließend werden die Reste der Dichtungsmassen inkl. Fugenflanke mit Hammer und Meißel abgestemmt.

Dieses Verfahren wurde in Köln probeweise angewandt. Damit waren etwa 3 - 5 m Fuge pro Stunde zu entfernen.

Staubarmut und eine höhere Stundenleistung als beim Vereisen sind als Hauptvorteile zu sehen. Allerdings ist eine gute Arbeitsproduktivität nur beim Einsatz von Fachkräften gewährleistet.

#### 4.2 Behandlung der Fugenflanken

##### 4.2.1 Beschichtung ohne Abtragen des Betons

Nachdem in einer Kasseler Schule die dauerelastischen Dichtungsmassen mit einem elektrischen Fugenschneider ausgebaut worden waren, wurde auf die Fugenflanken das Beschichtungsmittel PF-2-Combi der Jotun Deutschland GmbH aufgebracht. Die danach gemessenen Raumlufkonzentrationen lagen in einem Bereich von 615 bis 1.315 ng PCB/m<sup>3</sup>.

Die Bewertung dieser Maßnahme ist schwierig, da mehrere Faktoren die Raumlufmessungen beeinträchtigt haben können:

- 1) Unter der äußeren Fensterbank war noch eine - höchstwahrscheinlich PCB-haltige - Dichtung eingebaut. Durch eine Verbindung zum Innenraum, die über Hohlräume in der Fensterbankkonstruktion bestehen kann, ist eine Beeinflussung der Raumluf denkbar.
- 2.) Sekundärbelastungen von Wand- und Betonoberflächen können die Raumluf belastet haben.

Somit ist die Wirksamkeit der Beschichtung der Fugenflanken mit PF-2-Combi nicht eindeutig zu bewerten.

Zudem wird - sobald die neue Dichtungsmasse eingebaut ist - eine zusätzliche Abdichtungswirkung gegenüber dem PCB aus den Fugenflanken erreicht. Das bedeutet, daß eine Langzeitbeobachtung des Sperreffekts des eingesetzten Mittels unter Betriebsbedingungen vor Ort nicht möglich sein wird.

##### 4.2.2 Beschichtung mit Abtragen des Betons

Im Kölner Pilotprojekt wurde der Beton im Bereich der Fugenflanken sowohl durch die Vereisung als auch die mechanische steinmetzartige Nachbehandlung bis zu einer Schichtdicke von 3 - 4 mm abgetragen. Das Abtragen und eine zusätzlich durchgeführte Versiegelung der bearbeiteten Fugenflanke mit einem Alkydharz-Lack ergaben eine deutliche Reduzierung der Raumlufbelastung auf Werte zwischen 231 und 285 ng PCB/m<sup>3</sup>.

Die Versiegelung ist bei diesem Verfahren als zusätzliche Sicherheit zu sehen, die verhindern soll, daß aus evt. übersehenen Fugenmassenresten PCB in die neu einzubringende Dichtungsmasse eindiffundiert.

#### 4.2.3 Reinigung durch Sandstrahlen

Ebenfalls in Köln wurde versucht den Beton der Fugenflanken mit einem Sandstrahlgebläse zu behandeln.

Leider stellte sich heraus, daß die vorhandene Absaugtechnik - an den zu bearbeitenden Stellen - den freigesetzten Staub nicht in erforderlichem Maß abführt. Die Qualität der Arbeit konnte als gut bewertet werden, jedoch scheidet dieses Verfahren aus den vorgenannten Gründen aus.

Die staubarme Arbeitsweise ist eine der wichtigsten Voraussetzungen für eine erfolgreiche Sanierung !

#### 4.2.4 Reinigung mit Hochdruckgerät und Strahlmittel

Nachdem sich der Einsatz des Sandstrahlgebläses für das Pilotprojekt in Köln als höchst problematisch erwiesen hatte, wurde ein weiterer Versuch mit einem Hochdruckreinigungsgerät durchgeführt. Um den Beton besser abtragen zu können, wurde der Waschflüssigkeit (Wasser) über eine Injektionsdüse feines Granulat zugesetzt.

Die Qualität der Arbeit war - ähnlich wie beim Sandstrahlen - sehr gut.

Als problematisch erwies sich zum einen das im gesamten Arbeitsbereich verspritzte Wasser sowie dessen Versickern in Bodenfugen und Kabelkanäle. Trotz umfangreicher Auffangvorrichtungen besteht bei diesem Verfahren immer das Risiko, daß mit dem in Fugen und Hohlräume einsickernden Wasser feine Teilchen vom Beton der Fugenflanke in für die anschließende Reinigung des Raumes unzugängliche Bereiche gelangen und im Nachhinein die Raumluft belasten können.

Zudem stellen die Schutzmaßnahmen gegen Spritzwasser einen erheblichen Mehraufwand dar.

Aus den genannten Gründen kann dieses Verfahren nicht befürwortet werden.

#### 4.3 Abkleben der Fugen

In München wurde versucht, PCB-belastete Fugen durch Abkleben mit Aluminium- und Teflonfolien räumlich zu trennen. Mit Hilfe der Folien und einer Beschichtung mit einem Restfaserbindemittel für Asbest wurden in einzelnen Räumen Raumlufkonzentrationen von 540 ng PCB/m<sup>3</sup> erreicht, bei Ausgangskonzentrationen von teilweise über 3.000 ng PCB/m<sup>3</sup>. In einigen der Räume erbrachte diese Abdichtungsmaßnahme jedoch nur einen geringen Erfolg. Die Raumlufkonzentration konnte nicht oder nicht entscheidend abgesenkt werden.

Aufgrund der bisher vorliegenden Erkenntnisse kann diese Verfahrensweise weder als Sanierungs- noch als vorläufige Sicherungsmaßnahme empfohlen werden.

Dennoch wäre es interessant, in einem weiteren Versuch deren Eignung zu überprüfen, da in München einige Details des Arbeitsablaufes nicht mehr nachvollziehbar sind. So kann es durchaus sein, daß die untersuchten Räume nicht ordnungsgemäß gereinigt waren und zu dünne Folien oder ein ungeeignetes Beschichtungsmittel eingesetzt wurden.

Wenn es möglich wäre, hochbelastete Räume mittels einer relativ einfachen Maßnahme für eine vorgegebene Zeitspanne bei Konzentrationen von deutlich unter 1.000 ng PCB/m<sup>3</sup> zu sichern, könnten Sanierungsmaßnahmen zeitlich verschoben und mit ohnehin anstehenden Bauunterhaltungsmaßnahmen zusammengelegt bzw. koordiniert werden.

#### 4.4 Umgang mit Sekundäremittenten

##### 4.4.1 Allgemeines

Sekundäremissionen stammen aus Materialien, die über viele Jahre PCB aus der Raumluf angereichert haben. In Beton, Verputz und Wandfarbe können dabei Belastungen von über 100 mg PCB/kg Material auftreten. Diese Kontaminationen befinden sich hauptsächlich an der Oberfläche der Materialien.



PCB-haltige PVC-Bodenbeläge mit Kontaminationen im Bereich von 100 mg PCB/kg vermögen, wie Messungen in Objekten ohne dauerelastische Dichtungsmassen gezeigt haben, keine nennenswerte Raumlüftbelastung zu verursachen. Das Ausgasungsverhalten höher belasteter PVC-Böden wurde bisher nicht untersucht.

Zum Ausgasungsverhalten von Teppichböden und Linoleum-Belägen liegen keine Erkenntnisse vor.

Möbeloberflächen, die mit PCB belastet sind, stellen nach den bisherigen Erfahrungen kein Problem im Hinblick auf die Freisetzung relevanter PCB-Mengen in die Raumlüft dar.

Wie in Köln, Neunkirchen-Seelscheid und Kassel zu beobachten war, sind die Sekundärbelastungen aus Beton, Verputz und Wandfarbe durchaus in der Lage PCB-Konzentrationen bis deutlich über 300 ng PCB/m<sup>3</sup> Luft aufrecht zu erhalten.

Sofern nach dem restlosem Entfernen der Primärquelle und Versiegeln der Dichtungssitze Raumlüftkonzentrationen von 300 ng/m<sup>3</sup> oder darüber auftreten, sollten die vorgenannten Sekundäremissionen saniert/gesichert werden.

#### 4.4.2 Beschichten von Oberflächen

Im Kölner Pilotprojekt gelang eine deutliche Absenkung der Raumlüftbelastung, in dem die Rigipsständerwände mit Glasfasertapete beklebt und anschließend mit einer Latex-Dispersionsfarbe beschichtet wurden (s. 3.1). Sämtliche Betonoberflächen erhielten ebenfalls einen Anstrich mit Latex-Dispersionsfarbe.

Die Raumlüftbelastung, die vorher zwischen 200 u. 300 ng PCB/m<sup>3</sup> lag, konnte durch diese Maßnahme auf Werte zwischen 50 und 100 ng dauerhaft abgesenkt werden (Raumlüftmessung Februar 1992, Ende der Sanierung Dezember 1990).

In Kassel wurde ein Beschichtungsmittel auf Beton und Wände aufgebracht, das für die Pentachlorphenolsanierung entwickelt worden ist. Dort hatte der Gutachter Herr Dr. Eckrich UHST, 6730 Neustadt, ein Mittel mit der Bezeichnung PF-2-Combi zum Binden des PCP im Holz eingesetzt. Ein modifiziertes Produkt, dessen genaue Zusammensetzung nicht bekannt ist, soll das Aus-

gasen von PCB Sekundärbelastungen in Wandoberflächen verhindern. Die Beschichtung der sekundär-kontaminierten Flächen erbrachte keine Absenkung der PCB-Raumluftbelastung unter 300 ng PCB/m<sup>3</sup>. Ob das verwendete Produkt nicht geeignet ist oder Einflüsse aus nicht sanierten Bereichen eine Rolle spielen (Luftaustausch über Gebäudefugen) ist noch nicht abschließend geklärt.

#### 4.4.3 Aufheizen der Wandoberflächen

Sowohl in Köln als auch in Neunkirchen-Seelscheid wurde versucht, die Sekundärbelastung in den Wänden durch Aufheizen der Wandoberflächen auf mindestens 50 ° C (bei hohem Luftwechsel >> 10/h) so zu vermindern, daß die Raumluftbelastung aus dieser Sekundärquelle deutlich reduziert wurde. Parallel zu den Anstrengungen vor Ort wurden im Labor Aufheizversuche durchgeführt.

In allen Fällen kam es nur zu einer gerinfügigen Abnahme der PCB-Belastung auf den Wandoberflächen, die jedoch den Aufwand einer zum Teil vier- und fünftägigen Beheizung der Räume nicht rechtfertigte, zumal die Raumluftbelastung nicht signifikant reduziert wurde. Offenbar lassen sich die PCB nicht ohne weiteres durch Erhöhung der Temperatur und der Luftwechselrate desorbieren.

Aus den genannten Gründen kann die Beheizung der Räume als Sanierungsmaßnahme für Sekundärkontaminationen nicht empfohlen werden.

#### 4.5 Reinigung der Sanierungsbereiche

Nachdem PCB-haltige Dichtungsmassen oder belastete Baumaterialien entfernt worden sind, ist eine Reinigung der sanierten Räume erforderlich. Dabei hat es sich bewährt, durch trockenes Saugen sämtlicher Oberflächen PCB-haltige Stäube zu entfernen. Die Abluft wurde ins Freie geführt. Als Alternative wäre der Einsatz von Staubsaugern mit Schwebstoffiltern denkbar.

Wände und andere glatte Oberflächen können zusätzlich von Hand feucht gereinigt werden, wobei dem Reinigungswasser ein handelsübliches Reinigungsmittel zugesetzt werden sollte.

Die feuchte Reinigung mittels Hochdruckgerät hat sich insofern nicht bewährt, als die eingebrachte Flüssigkeit nicht mehr quantitativ erfaßt und entsorgt werden kann. Vielmehr besteht hier die Gefahr, daß die Reinigungsflüssigkeit mit PCB-haltigen Stäuben in Risse und Hohlräume eindringt. Dabei können sowohl neue PCB-Depots entstehen als auch Bauschäden durch massive Durchfeuchtung von Bauteilen hervorgerufen werden. PVC und andere glatte Böden sollten auf jeden Fall einer Grundreinigung unterzogen werden.

Möbel und andere Gebrauchsgegenstände sind vor Wiederinbetriebnahme der sanierten Bereiche feucht zu reinigen.

Der Anstrich von Beton - und verputzten Wand- und Deckenflächen - sollte auf jeden Fall erst nach Beendigung der vorgeschriebenen Grundreinigung erfolgen.

## 5 Vorschlag für ein Untersuchungs- und Sanierungskonzept für PCB-haltige Dichtungsmassen in Gebäuden

### 5.1 Gebäudeuntersuchung

#### 5.1.1 Allgemeines

Vor einer Schadstoffsanierung steht immer das Aufspüren der Schadstoffquelle! Um bei der Vielzahl insbesondere öffentlicher Gebäude PCB-haltige dauerelastische Dichtungsmassen bzw. erhöhte PCB-Raumluftkonzentrationen mit möglichst geringem Aufwand zu erkennen, ist es hilfreich, sich an einem vorgegebenen Schema zu orientieren.

Neben dem Erstellen der Prioritätenliste kommt der Besichtigung der Gebäude mit der Entnahme von Materialproben eine wichtige Bedeutung zu. Die aus der Beprobung der Materialien gewonnenen Erkenntnisse sind die Grundlage für alle folgenden Entscheidungen (Festlegung von Raumluftmeßpunkten, Ermittlung des Sanierungsumfanges).

#### 5.1.2 Prioritätenliste

Speziell bei kommunalen Gebäuden ergibt sich die Notwendigkeit, die Reihenfolge der Gebäudeuntersuchungen vorab festzulegen.

Hierbei spielen einige Kriterien eine wichtige Rolle:

##### a) Nutzung des Gebäudes

Kinder, Heranwachsende und mit Einschränkungen kranke Menschen gelten in der Diskussion um Innenraumschadstoffe als besondere Risikogruppen. Deshalb empfiehlt es sich, Einrichtungen in denen sich Kinder aufhalten - Kindertagesstätten, Schulen, Kinder- und Jugendheime - sowie Krankenhäuser in die höchste Prioritätsstufe des Untersuchungsbedarfs einzuordnen. Andere kommunale/öffentliche Gebäude gehören somit - hinsichtlich der Nutzung - einer zweiten Prioritätsstufe an.

## b) Konstruktion

Dauerelastische Dichtungsmassen – auch PCB-freie – sind insbesondere in Gebäuden eingesetzt worden, die ganz oder teilweise aus Betonfertigteilen bestehen.

Hieraus ergibt sich ein weiteres wichtiges Kriterium, um innerhalb der Prioritätsstufen zu differenzieren ! Dennoch ist Vorsicht geboten, da auch in Gebäuden, die in Massivbauweise errichtet wurden, wenn auch in geringerem Umfang PCB-haltige Fugendichtungsmassen verbaut sein können (Anschlußfugen zwischen Boden und Wand, Fensteranschlußfugen).

## c) Alter des Gebäudes

Dem Baujahr des Gebäudes kommt in der Diskussion um PCB-haltige Dichtungsmassen besondere Bedeutung zu, da nach Angabe des Polymerherstellers 1972 die Rahmenrezeptur geändert wurde und fortan kein PCB mehr als zweite Komponente (Weichmacher) zum Einsatz kam.

Obwohl die starke Verbreitung der PCB-haltigen Thiokole erst Mitte bis Ende der 50er Jahre begann, können sich in Gebäuden die lange vorher errichtet wurden – bedingt durch Umbau- und Erweiterungsmaßnahmen – solche Dichtungsmassen befinden.

### 5.1.3 Gebäudebesichtigung

Im Rahmen einer Gebäudebesichtigung sollten in erster Linie PCB-haltige dauerelastische Dichtungsmassen erkannt und beprobt werden.

Daneben bietet sich die Möglichkeit, andere bekannte Problemstoffe zu erfassen und zu bewerten.

Die Begehung des Gebäudes sollte durch einen sachkundigen Mitarbeiter oder einen beauftragten Gutachter vorgenommen werden. Dabei ist darauf zu achten, daß verdächtige Materialien repräsentativ beprobt werden. Gerade bei dauerelastischen Dichtungsmassen können verschiedene Produkte in einem Gebäude verwendet worden sein. Verhältnismäßig selten wurde eine einzige Firma mit dem Versiegeln sämtlicher Fugentypen beauftragt. Vielmehr muß der Begeher nach einzelnen Gewerken differenzieren und davon

Materialproben entnehmen. Typische Gewerke sind z.B.: Gebäude- und Fassadendehnungsfugen, Fensteranschlußfugen, Fugen um Türanlagen (Türzargen), Anschlußfugen zwischen Bodenbelag und Wänden. Diese Aufzählung ist sicherlich nicht vollständig.

Für die Probenahme hat sich ein Metallskalpell mit Einwegklingen bewährt. Die gewonnenen Proben, die mindestens 1 Gramm wiegen sollten, werden anschließend im Labor auf ihren PCB-Gehalt untersucht.

#### 5.1.4 Festlegung von Raumlufthuntersuchungen/Bewertung der Materialproben

Die im Rahmen der Gebäudebesichtigung entnommenen Materialproben geben zum einen Auskunft über eine mögliche Kontamination der Raumlufth mit PCB während sie andererseits dazu dienen sollen, um Meßpunkte für eine anschließende Raumlufthuntersuchung festzulegen. Hierbei ist es sehr wichtig, die gemessene PCB-Raumlufthkonzentration mit der im Material festgestellten PCB-Belastung in Beziehung setzen zu können.

Nach den bisherigen Erfahrungen empfiehlt es sich, bei der Entscheidung über Raumlufthmessungen in einem Gebäude wie folgt vorzugehen:

1.) Sind die Dichtungsmassen mit weniger als 1000 mg PCB/kg (= 0,1 %) belastet, ist eine Raumlufthmessung nicht erforderlich.

2.) Dichtungsmassen mit einem PCB-Gehalt zwischen 1.000 und 10.000 mg/kg können in Einzelfällen zu einer Raumlufthbelastung deutlich über 300 ng PCB/m<sup>3</sup> Luft führen, wenn die Dichtungsmassen PCB vom Typ Chlophen A 30/A 40 enthalten. Dessen Flüchtigkeit ist offenbar höher als die hochchlorierter PCB. In diesem Fall sollte eine Raumlufthmessung durchgeführt werden.

Eine Raumlufthuntersuchung ist nicht erforderlich, wenn es sich um höherchlorierte PCB vom Typ A 50/A 60 handelt.

3.) Ab einer PCB-Konzentration von mehr als 10.000 mg/kg (= 1 %) in der Dichtungsmasse sollten – unabhängig von der Kongenerverteilung, Raumluftmessungen erfolgen. Selbst bei 2 % PCB in der Dichtungsmasse wurden in einigen Gebäuden Raumluftkonzentrationen von deutlich über 1.000 ng PCB/m<sup>3</sup> beobachtet.

Hinsichtlich der Bewertung der Raumluftmeßergebnisse gibt es Hinweise auf mögliche Einflußfaktoren:

1. In mehreren Meßreihen konnte ein deutliches Ansteigen der PCB-Raumluftkonzentrationen in den Sommermonaten beobachtet werden.

Teilweise verdoppelte sich die Konzentration.

Ursache hierfür ist mit hoher Wahrscheinlichkeit die Aufheizung der gesamten Bausubstanz insbesondere während längerer Hitzeperioden und eine damit einhergehende stärkere Ausgasung der PCB.

2. Bei sehr kaltem Wetter mit Außentemperaturen um minus 10 °C trat in Einzelfällen – nach ausgiebigem Lüften vor der Messung – eine erhebliche Konzentrationserhöhung in der Raumluft auf. Möglicherweise wurden – bedingt durch den geringen absoluten Wassergehalt der sehr kalten Luft – bei deren Erwärmung neben dem Wasser auch erhebliche Mengen von PCB aus Sekundärbelastungen der Wandoberfläche freigesetzt.

3. Darüber hinaus kann die Wahl des Meßpunktes entscheidenden Einfluß auf die gemessene Raumluftkonzentration haben. Es erscheint sinnvoll, daß Meßgerät so aufzustellen, daß die Ansaugöffnung mindestens 1 m und höchstens 1,50 m über dem Boden liegt. Dadurch soll der Einfluß von Durchzug, der meist bodennah besonders stark ausgeprägt ist, weitgehend vermieden werden.

Das Meßgerät sollte möglichst in der Mitte des Raumes aufgestellt werden. Damit ist gewährleistet, daß der Abstand von der PCB-Quelle groß genug ist, um die Raumluftkonzentration repräsentativ zu erfassen. Messungen in der Nähe von Dichtungsmassen (Abstand weniger als 1 m) ergaben – gegenüber Messungen in der Mitte des Raumes – deutlich erhöhte Konzentrationen.

Neben PCB-haltigen dauerelastischen Dichtungsmassen können die nachfolgend aufgeführten Bau- und Ausstattungsmaterialien zum Teil erhebliche Mengen PCB enthalten.

- Akustikdeckenplatten
- Dämmschichtbildende Anstriche (Chlorkautschuklacke)
- Wand- und Deckenfarben
- Kitte
- Spachtelmassen
- Vergußmassen
- Wachse
- Klebstoffe

Als besonders problematisch erwiesen sich im Rahmen der bisherigen Untersuchungen die ersten drei der genannten Verwendungen.

In Akustikdeckenplatten (meist im Anstrich) sowie in dämmschichtbildenden Anstrichen wurden PCB-Konzentrationen von bis über 100.000 mg/kg (= 10 Gew.%) gefunden. Selbst Konzentrationen von 1.000 mg/kg erscheinen wegen der großen emitierenden Oberfläche (Decke im Klassenzimmer ca. 60 m<sup>2</sup>) als problematisch. Deshalb sollte hier ab einer Materialkonzentration von 1.000 mg/kg in der Oberflächenbeschichtung auf jeden Fall eine Raumluftmessung erfolgen.

Im Bereich zwischen 100 und 1.000 mg/kg muß der Begeher anhand der Örtlichkeit über eine Raumluftmessung entscheiden.



Ablaufschema Gebäudebesichtigung  
auf dauerelastische Dichtungsmassen

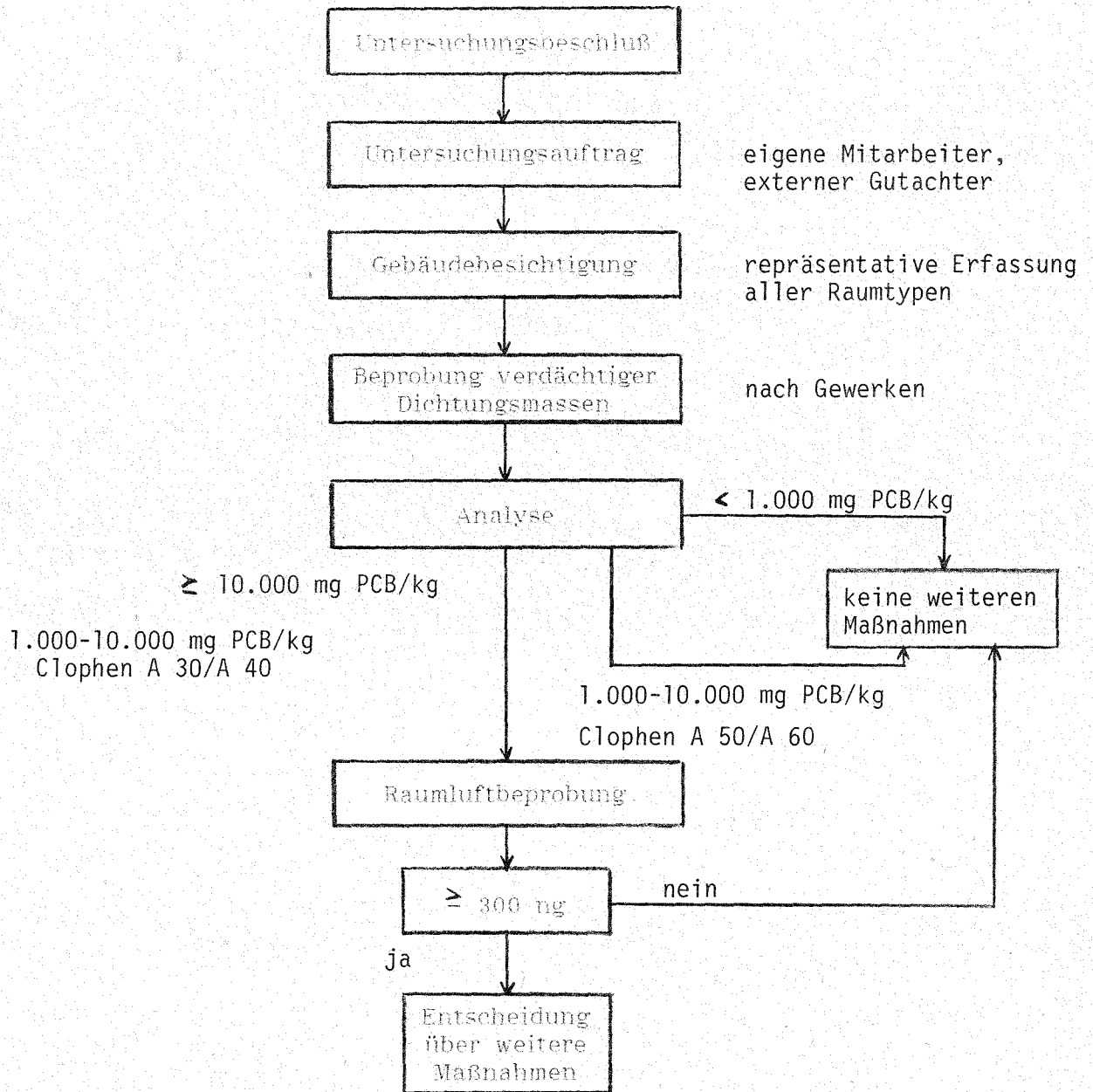


Abb.: 1

Typische Verwendungen PCB-haltiger Dichtungsmassen:

1. Allgemeines:

- Herstellung bis 1972;
- stärkste Verbreitung in Fertigteilbauten
- Belastung der Dichtungsmassen mit PCB bis über 50 Gew.%

2. Verwendungen

- Gebäudedehnungsfugen
- Fugen zwischen Betonfertigteilen (innen, außen)
- Fensteranschlußfugen
- Anschlußfugen Fensterbank/Wand
- Abdichtung unter Fensterbänken (außen)
- Fugen um Türzargen
- Fugen im Sanitärbereich; weniger in typischen Naßräumen (Dusche)
- Anschlußfugen zwischen Treppe und Wand
- Dehnungsfugen im Boden
- Anschlußfugen Boden/Wand

Tab.: 1

Bisher bekannte PCB-Verwendungen in Baustoffen, die zu einer Belastung der Raumluft führen können:

1.) Deckenplatten (Akustikleichtspanplatten)

- bis zu 35 % PCB in der Farbbeschichtung Clophen A 50/A 60

2.) Wandanstriche

- mehrere 1.000 mg/kg Farbe
- in Einzelfällen nachgewiesen

3.) Dämmschichtbildende Anstriche

bis 5 % PCB

- Beschichtung von Holzverkleidungen in Fluchtwegen
- andere Anwendungen
- in Einzelfällen nachgewiesen

Tab.: 2

5.1.5 Bewertung der Dringlichkeit von Sanierungsmaßnahmen

Formblatt für die Bewertung der Dringlichkeit einer Sanierung

Zeile	Gruppe	Gebäude: Raum: Produkt:	Bewer- tung	Bewer- tungs- zahl
	I	<b><u>Raumluft-Konzentration</u></b>		
1		> 3000 ng/m <sup>3</sup>	<input type="radio"/>	40
2		300-3.000 ng/m <sup>3</sup>	<input type="radio"/>	20
3		< 300 ng/m <sup>3</sup>	<input type="radio"/>	0
	II	<b><u>Nutzung des Raumes</u></b>		
4		Regelmäßig von Personen zum Aufenthalt genutzter Raum	<input type="radio"/>	11
5		Zeitweise benutzter Raum	<input type="radio"/>	10
6		Nur selten benutzter Raum	<input type="radio"/>	0
	III	<b><u>Lage des Bauproduktes</u></b>		
7		Unmittelbar zugänglich (in Greifhöhe offenlie- gend) in von Kindern genutzten Räumen	<input type="radio"/>	9
8		Unmittelbar zugänglich (in Greifhöhe offenlie- gend) in v. anderen Personen genutzten Räumen	<input type="radio"/>	6
9		Nicht unmittelbar zugänglich	<input type="radio"/>	0
	IV	<b><u>Art des Bauproduktes</u></b>		
10		Dauerelast. Dicht.masse, PCB-Gehalt > 1 %	<input type="radio"/>	6
11		Dauerelast. Dicht.masse, PCB-Gehalt 0,1-1 %	<input type="radio"/>	5
12		Dauerelast. Dicht.masse, PCB-Gehalt < 0,1 %	<input type="radio"/>	0
13		Deckenplatten, PCB-Gehalt > 0,1 % in der Ober- flächenbeschichtung (großflächiger Einbau)	<input type="radio"/>	6
14		Sonst. PCB-haltige Anstriche > 0,1 % in der Oberflächenbeschichtung (großfl. Anwendung)	<input type="radio"/>	6
15		Summe der Bewertungspunkte		
16		Sanierung: unverzüglich einleiten	<input type="radio"/>	> 55
		mittel- bis langfristig im Rahmen von Bauunterhaltungsmaßnahmen	<input type="radio"/>	25-54
		nicht erforderlich	<input type="radio"/>	< 25

Zutreffendes bitte ankreuzen. Wurden innerhalb einer Gruppe mehrere Bewertun-  
gen angekreuzt, darf bei der Summenbildung (Zeile 15) nur eine - die höchste  
- Bewertungszahl berücksichtigt werden.

Abb. 2

Das vorstehende Bewertungsschema bringt in seiner Anwendung gewisse Probleme mit sich, die aus meiner Sicht - besonderes unter medizinischen Gesichtspunkten - diskutiert werden sollten.

Im einzelnen sind dies:

- 1.) Erweiterung des Formblattes um eine Gruppe "Kongenerverteilung". Damit könnte der toxikologischen Bewertung der verschiedenen Verteilungsmuster (von Chlophen A 30 bis hin zu Chlophen A 60) Rechnung getragen werden.
- 2.) Denkbar wäre darüber hinaus eine weitere Differenzierung des Konzentrationsbereiches von 300 - 3.000 ng PCB/m<sup>3</sup>. Auch wenn die Grenzen dieses Intervalls toxikologisch begründbar sind, wird es in der Praxis schwierig zu vermitteln sein, daß Gebäude mit einer Belastung von 500 ng PCB/m<sup>3</sup> und solche mit 2.500 ng PCB/m<sup>3</sup> von der Sanierungsdringlichkeit her gleich behandelt werden.
- 3.) In Gruppe III "Lage des Bauproduktes" ist die unmittelbare Zugänglichkeit in von Kindern genutzten Räumen als Kriterium aufgeführt. Hier müßte sicherlich diskutiert werden, ob man Dichtungsmassen mit mehr als 1 Gew% PCB generell mittel- oder langfristig vor dem direkten Zugriff durch Kinder schützt. Besonders in Schulen konnte immer wieder beobachtet werden, daß von solchen Dichtungsmassen Teile herausgeschnitten oder abgerissen werden. Diese Massen enthalten zum Teil hohe Konzentrationen von PCDF (bis über 1 mg/kg TE).
- 4.) Unter "Art des Bauproduktes" sind in den Zeilen 13 und 14 Deckenplatten und sonstige PCB-haltige Anstriche mit einem PCB-Gehalt von mehr als 0,1 Gew% aufgeführt. Auch dieser Wert von 0,1 % bedarf der weiteren Diskussion, um eine toxikologisch abgesicherte Abschätzung zu gewährleisten.

Das gleiche gilt für die Formulierung "großflächige Anwendung". Ziel einer solchen Diskussion sollte es sein zu Werten zu kommen, die im Rahmen des Formblattes praktisch handhabbar sind.

- 5.) Im Gegensatz zu Asbest wird die Dringlichkeit der Sanierung nicht vorwiegend durch die Art und den Zustand des Bauproduktes bestimmt. Vielmehr spielt die meßbare bzw. gemessene Belastung der Atemluft mit einer gasförmigen Verbindung die zentrale Rolle bei der Bewertung. Dies ist gleichbedeutend mit der Erfassung eines Summenparameters der für alle in einem Raum verbauten PCB-haltigen Materialien gilt.

Deshalb wäre - abweichend von der jetzigen Vorgehensweise - in der Gruppe "Art des Bauproduktes" eine Doppel- oder Mehrfachbewertung mit entsprechender Berücksichtigung bei der Summenbildung denkbar, d.h. es könnten in einem Raum belastete dauerelastische Dichtungsmassen und PCB-haltige Deckenplatten festgestellt worden sein, wobei die Punktzahlen für beide Verwendungen zu addieren wären.

- 6.) Unabhängig von der Bewertung mittels Formblatt könnten Deckenplatten, Anstriche und dauerelastische Dichtungsmassen ab einer festzulegenden Materialbelastung generell einen mittel- bis langfristigen Sanierungsbedarf zur Folge haben.

Der unmittelbare Handlungsbedarf würde sich somit aus der Raumluftbelastung ( $> = 3000 \text{ ng PCB/m}^3$ ) ergeben.

## 5.2 Gebäudesanierung

### 5.2.1 Allgemeines

Wird nach Abschluß einer Gebäudebesichtigung und Bewertung der Meßergebnisse eine Sanierung des betreffenden Objektes für erforderlich gehalten, sind umfangreiche Vorarbeiten notwendig.

Wegen der vergleichsweise geringen Erfahrungen im Umgang mit dem Schadstoff PCB aus dauerelastischen Dichtungsmassen kann ein ausgabenwirksamer Sanierungsbeschluß nicht ohne detaillierte Kenntnis der Sanierungsanforderungen herbeigeführt werden. Deshalb sind nachfolgend sowohl organisatorische als auch technische Gesichtspunkte einer Sanierung erläutert.

### 5.2.2 Ablauforganisation

Die unter 5.1 beschriebenen Maßnahmen zur Untersuchung von Gebäuden informieren lediglich über die Höhe der PCB-Belastung in Dichtungsmaterialien und Raumluft.

Für die Planung einer Gebäudesanierung ist es darüber hinaus von entscheidender Bedeutung, umfassende Informationen über sämtliche PCB-Quellen in einem Raum und den Aufwand für deren Sanierung zu erhalten. Diese Informationen sind nach dem heutigen Stand der Kenntnis nur in einem Vorversuch (Pilotprojekt) zu gewinnen. Dabei sollte - je nach Örtlichkeit - in einem abgeschlossenen Bereich ein Sanierungsversuch durchgeführt werden. Je nach Bauart und Ausstattung des Gebäudes, können in diesem Stadium des Projektes umfangreiche bauliche Eingriffe zur Ermittlung evt. verborgener Dichtungsfugen, z.B. im Bereich der Fenster, erforderlich sein.

Neben der exakten Erfassung der Primärquelle(n) soll der Vorversuch dazu dienen, mögliche Sekundärquellen - das sind Materialien, in die das PCB aus der Raumluft mit der Zeit eindiffundiert ist - zu erkennen und zu bewerten.

Darüber hinaus werden in einem Vorversuch wichtige Planungsdaten (Kosten, Zeitbedarf, Arbeitsorganisation) für den weiteren Sanierungsablauf gewonnen.

Die Durchführung eines Sanierungsversuches ist auch deshalb nahezu unverzichtbar, weil die einzelnen Gebäudetypen sich hinsichtlich der Sanierungsanforderungen erheblich unterscheiden. Selbst bei ähnlichen Konstruktionsmerkmalen gibt es im Detail oft gravierende Unterschiede. In den folgenden Kapiteln sind die einzelnen Sanierungsschritte und Verfahren, die sowohl für die Vorversuchsphase als auch für die eigentliche Sanierung gelten, beschrieben.

### 5.2.3 Sanierungsdurchführung

#### 5.2.3.1 Ausgangsmessungen

##### 5.2.3.1.1 Raumluft

Unabhängig von den im Rahmen der Gebäudeuntersuchung ermittelten Raumluftkonzentrationen sollte vor Beginn des Pilotprojektes (Vorversuch) in allen Räumen die Raumluftbelastung ermittelt werden.

Vor der eigentlichen Sanierung genügt es, pro Abschnitt in zwei bis vier Räumen - je nach Größe des Bereiches - die Anfangskonzentration in der Raumluft repräsentativ zu erfassen.

##### 5.2.3.1.2 Materialien

Zu Beginn des Pilotprojektes sollten Wandfarbe, Deckenplatten, Isoliermaterialien (z.B. Mineralwolle in der Zwischendecke), Bodenbeläge sowie großflächige Altstaubdepots (z.B. auf Polyethylen kaschierte Mineralwolle in Zwischendecken) auf ihren PCB-Gehalt untersucht werden.

Diese Untersuchungen sind im Hinblick auf die Entscheidung, welche Sekundärkontaminationen - neben den primär belasteten Dichtungsmassen - möglicherweise saniert werden müssen, von Bedeutung.

##### 5.2.3.2 Sicherheitsmaßnahmen

Die zu sanierenden Bereiche müssen von anderen Räumlichkeiten getrennt werden. Es ist ein separater Zugang zu schaffen, der z.B. mit Hilfe von Folien und Holzverschalungen vom Rest des Gebäudes abgetrennt wird.



Stellen, an denen ein Luftaustausch mit anderen Bereichen möglich ist, sind mit Polyethylenfolien - wie sie für die Asbestsanierung Verwendung finden - zu sichern. Bei mobilen Ständerwänden empfiehlt sich das Abkleben der gesamten Wand auf der nicht bearbeiteten Seite.

Eine Unterdruckhaltung in den zu sanierenden Bereichen ist nicht dauernd erforderlich. Während der eigentlichen Sanierungsarbeiten, d.h. Ausbau der belasteten Materialien sollte im Sanierungsbereich ein leichter Unterdruck herrschen. Nach Abschluß der trockenen Grundreinigung kann auf die Unterdruckhaltung verzichtet werden, um zu vermeiden, daß PCB-haltige Luft aus anderen Bereichen angesaugt wird und es somit zu einer Verfälschung der Meßergebnisse kommt. Der nach Abschluß der Sanierungs- und Reinigungsmaßnahmen zu empfehlende technische Luftwechsel (50 - 100-fach), sollte deshalb in den Räumen einen leichten Überdruck erzeugen.

Eingebaute Dämmaterialien, die nicht oder nur gering mit PCB belastet sind (z.B. im Zwischendeckenbereich), können mittels Folienabschottung vor einer Kontamination mit PCB-haltigem Staub, der während der Sanierung anfällt, geschützt werden. Teppichboden, der nicht entfernt wird, muß ebenfalls (mit Holztafeln und Folie) vor Kontamination geschützt werden.

Arbeiter, die PCB-haltige Materialien ausbauen, benötigen einen Einweganzug, Einwegüberziehschuhe, Handschuhe sowie einen Mundschutz. Diese Schutzmaßnahmen sind jedoch nur im direkten Umgang mit stark PCB-haltigen Baumaterialien erforderlich.

Nach Abschluß der täglichen Arbeit sind diese Materialien in einen Kunststoffstoffsack zu verpacken.

In den Sanierungsbereichen darf nicht gegessen, getrunken und insbesondere nicht geraucht werden.

### 5.2.3.3 Sanierung von Fugenmassen (Primärquellen)

#### 5.2.3.3.1 Ausbau der Fugenmassen

PCB-haltige dauerelastische Dichtungsmassen können mit Hilfe verschiedener Verfahren entfernt werden:

##### a) Vereisen der Dichtungsmassen mit flüssigem Stickstoff

Hierbei werden die Dichtungsmassen zunächst aus der Fuge herausgeschnitten, wobei ein Rest von mehreren Millimetern an beiden Fugenflanken stehen bleiben sollte. Schaumstoffstreifen oder Styropor, mit dem die Dichtungsmassen hinterlegt waren, müssen entfernt werden. Nachdem die Fuge mit Mineralwolle oder Schaumstoff wieder so ausgestopft wurde, daß keine Bruchstücke der Dichtungsmasse in die Fuge gelangen können, kann das Vereisen und Herausstemmen der Fugenmassenreste erfolgen. Die fachgerechte Anwendung des flüssigen Stickstoffes erfordert spezielle, breite Messingdüsen, deren Form an den jeweiligen Fugentyp anzupassen ist. Wieviel flüssiger Stickstoff für einzelne Fugentypen benötigt wird, muß vor Ort ermittelt werden.

Erst wenn die Fugen völlig unterkühlt und versprödet sind, können sie zusammen mit den ersten drei bis vier Millimetern des angrenzenden Betons (Fugenflanke) abgestemmt werden.

Wichtig dabei ist, daß der Beton im Bereich der Fugenflanke in einer Schichtdicke von 3 bis 4 Millimeter mit entfernt wird, da ein Teil der PCB mit der Zeit dort eindiffundiert ist.

Sicherheitshalber - wegen möglicherweise verbliebener Reste kontaminierten Materials - können die Fugenanschlußbereiche mit einer Beschichtung (z.B. Alkydharzlack) versehen werden. Erst danach ist der Einbau einer neuen Dichtungsmasse möglich. Sofern es die Ausbildung der Fuge gestattet, empfiehlt es sich, die neue Abdichtung etwas breiter auszuführen als die ursprüngliche.

Die ausgebauten Dichtungsmassen sollten sofort in Stahlfässer verpackt und der Arbeitsbereich täglich grob mit einem Staubsauger (Abluft ins Freie) gereinigt werden.

b) Herausschneiden der Dichtungsmasse mit einem Elektrofugenschneider

Der Ausbau von dauerelastischen Dichtungsmassen mit einem Elektrofugenschneider (Oszillierendes Messer) ist ein heutzutage gängiges Verfahren. Dabei werden die Massen soweit wie möglich aus der Fuge entfernt. die Fugenanschlußbereiche (Fugenflanken) müssen separat behandelt werden, und zwar durch:

- Abstemmen der obersten 3 - 4 mm per Hand und Versiegeln mit einem Farbanstrich wie unter a) beschrieben.

Im Zusammenwirken mit der neu einzubauenden Dichtungsmasse (wenn möglich breiter als die ursprüngliche), ist eine gute Langzeitwirkung gegenüber der Ausgasung von PCB-Resten zu erwarten.

c) Herausschneiden der Fugenmassen von Hand

Hierfür gelten die gleichen Bedingungen wie beim Herausschneiden mittels Elektrofugenschneider.

Einziger Unterschied ist das Entfernen der Fugen von Hand mit starken Klängen oder anderen geeigneten Werkzeugen.

5.2.3.3.2 Bekleben mit Folien

Die räumliche Trennung PCB-haltiger Dichtungsmassen durch eine Beschichtung mit Aluminium - oder Teflon-Folien - kann zum jetzigen Zeitpunkt nicht empfohlen werden, da die bisher vorliegenden Erkenntnisse keine abschließende Bewertung zulassen.

5.2.3.3.3 Beschichtung mit Anstrichen

Hier gilt das gleiche wie unter 5.2.3.3.2 (Bekleben mit Folien) bereits ausgeführt.

#### 5.2.3.4 Sanierung von Sekundäremissionen

##### 5.2.3.4.1 Allgemeines

Sofern durch die Sanierung der Primärquellen die PCB-Raumluftkonzentration nicht unter  $300 \text{ ng/m}^3$  abgesenkt werden konnte, sind weitere Schritte, d.h. die Sanierung von Sekundärquellen erforderlich.

Als relevante Quellen kommen hier große Oberflächen wie Wände und Decken (inklusive der Dämmatten auf Zwischendecken) sowie insbesondere Teppichböden in Frage.

Da das Ausgasungsverhalten von PCB aus einzelnen Materialien von vielen Faktoren abhängt (Einbindung des PCB in das Material, Kongenerverteilung, Temperatur, Raumluftfeuchte ...), ist es nicht möglich, Obergrenzen für die Belastung von Materialien anzugeben. Die Erkenntnis, welche Materialien zusätzlich zu den Dichtungsmassen entfernt oder anderweitig behandelt werden müssen, kann deshalb nur im Pilotprojekt (Vorversuch) gewonnen werden. Durch schrittweises Sanieren der möglichen Emittenten mit anschließender Raumluftmessung kann die Wirkung der einzelnen Maßnahmen überprüft werden.

Auf dieser Grundlage ist die Erstellung eines Sanierungskonzeptes für ein Gebäude auch ohne Materialgrenzwerte möglich.

##### 5.2.3.4.1 Sanierungsverfahren

Generell können alle belasteten Materialien ausgebaut werden.

Sinnvoll ist diese Vorgehensweise sofern Dämmaterialien (z.B. Glas- oder Mineralwolle) oder Bodenbeläge als relevante Quelle erkannt worden sind. In jedem Fall zu entfernen sind Dämmaterialien in unmittelbarer Nachbarschaft zu Fugendichtungsmassen, wie dies z.B. bei Fensteranschlußfugen häufig der Fall ist.

Für die Sanierung von Betonoberflächen und Verputz oder mit Rigips verkleideten Wänden empfiehlt sich eine Beschichtung.

Erfolgreich eingesetzt wurden bisher:

- für Betonoberflächen: die Beschichtung mit einer Latex-Dispersionsfarbe
- für Rigips und verputzte Wände: bekleben mit einer Glasfasertapete und Anstrich mit einer Latex-Dispersionsfarbe

Andere Mittel zur Beschichtung von Oberflächen werden gegenwärtig getestet.

Sichtmauerwerk und Klinkerverblendungen können oft nicht ohne weiteres beschichtet werden. Da deren Ausbau mit erheblichen Kosten verbunden ist, sollte im Rahmen eines Versuches geprüft werden, ob nicht ein spezielles Reinigungsverfahren oder eine Spezialbeschichtung zum Erfolg führt.

#### 5.2.3.5 Reinigung

Der Ausbau PCB-haltiger Fugenmassen und anderer Bauprodukte verursacht – auch wenn staubarm gearbeitet wird – eine Verunreinigung des sanierten Bereiches. Deshalb sollte – wie bereits erwähnt – während des Ausbaus der Fugenmassen nach jedem Arbeitstag eine Grobreinigung des unmittelbaren Arbeitsbereiches mittels Staubsauger vorgenommen werden.

Nach Abschluß des Fugenausbaues muß der gesamte Bereich einer Feinreinigung unterzogen werden, wobei zunächst sämtliche Oberflächen – sofern möglich auch die Folienabklebungen im Raum – trocken mit einem Staubsauger (Abluft ins Freie) zu reinigen sind. Im Anschluß daran erfolgt eine Feuchtreinigung sämtlicher feucht zu reinigender Flächen. Diese Reinigung ist von Hand unter Verwendung handelsüblicher Produkte durchzuführen.

Der Einsatz von Hochdruckreinigern ist problematisch, da die Reinigungsflüssigkeit nicht zu 100 % wieder erfaßt werden kann und neben dem Verschleppen PCB-haltiger Stäube in Risse und Hohlräume – abhängig von der Konstruktion des Gebäudes – Bauwerksschäden die Folge sein können.

Erst nach abgeschlossener Feinreinigung ist die Beschichtung von Wänden und anderen Oberflächen möglich.

Sanierungsschritte

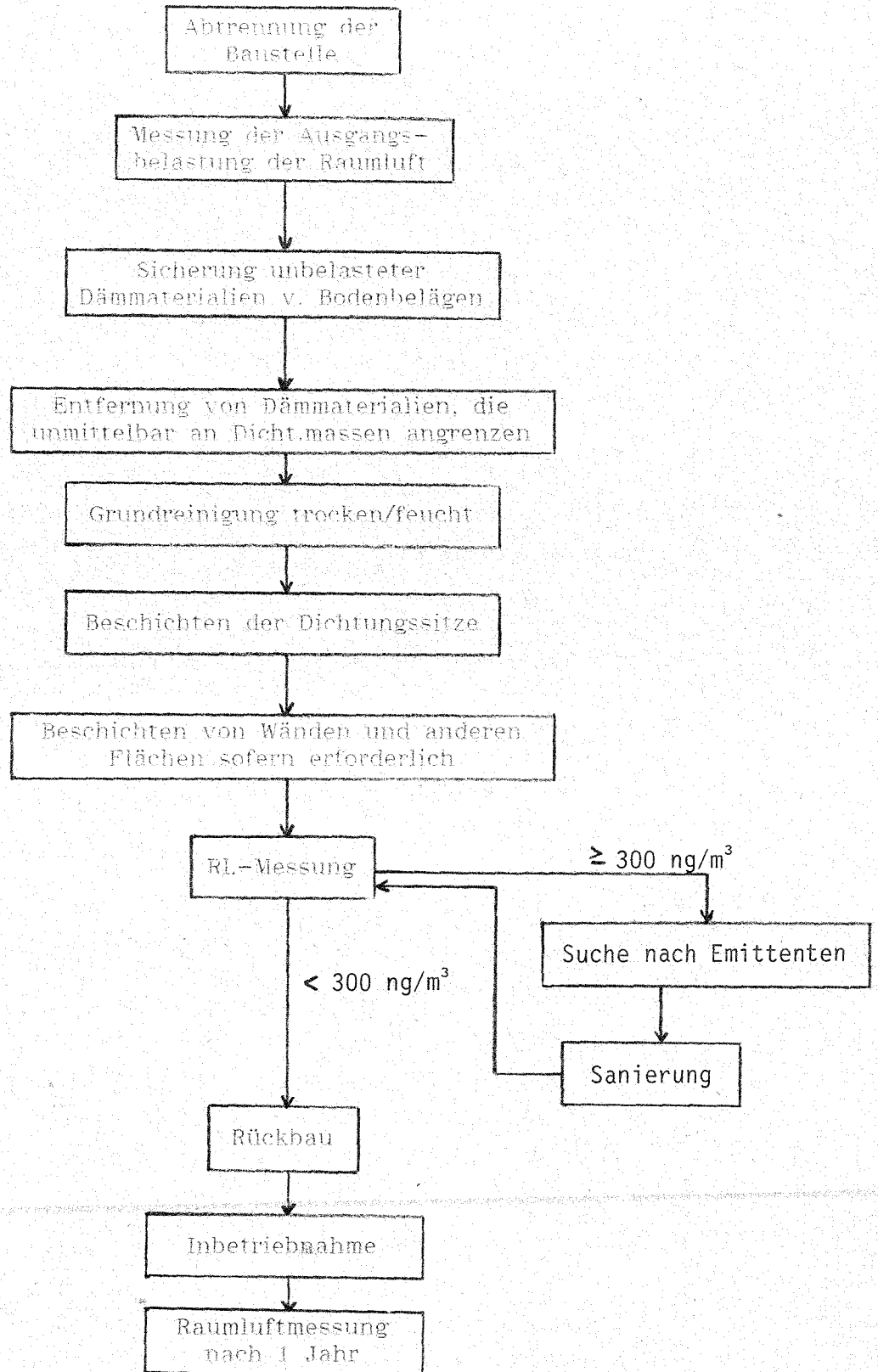


Abb.: 3

## Organisation der Sanierung

### 1 Pilotprojekt

- in 1 bis max. 3 Räumen als Vorversuch  
(Wichtig: Es sollte sich um einen möglichst abgeschlossenen Bereich handeln.)
- Ermittlung des gesamten Umfanges des Einsatzes von Dichtungsmassen  
(weitere Materialproben)
- Erkennen und Bewerten von Sekundärquellen
- Schrittweise Ausführung von Sanierungsarbeiten mit anschließender Erfolgskontrolle (Raumluftmessung)
- Planungsdaten zu Aufwand, Kosten, Zeitbedarf und Arbeitsorganisation werden gewonnen.

### 2 Hauptsanierung

- nutzt die Erkenntnisse aus dem Pilotprojekt
- wird in aller Regel in mehreren Abschnitten auszuführen sein.

Tab.: 3

## 6 Weitere Untersuchungen

### 6.1 Beschichtungsmaterialien

Bisher gibt es keine systematischen Untersuchungen zur Wirkungsweise von Beschichtungsmitteln. Für die spätere Anwendung in der Praxis wäre es sehr wertvoll zu wissen, welche Mittel geeignet sind um Sekundär- und evt. sogar Primärquellen auf Zeit zu sichern oder aber auch dauerhaft zu sanieren.

Neben der Langzeitdichtigkeit ist besonders die Wirkung auf das Raumklima von Interesse. Ein weiterer wichtiger Punkt wäre die Beurteilung, inwieweit diese Mittel gesundheitlich bedenkliche Stoffe enthalten und diese möglicherweise in die Raumluft freisetzen können.

Die Beschichtung von Fugenflanken, die zum Teil noch größere Reste von PCB enthalten, sollte unter zwei Aspekten gesehen werden:

- 1.) Kann das Beschichtungsmittel die in den Beton eingedrungenen PCB auf Dauer wirkungsvoll zurückgehalten ?

und

- 2.) Ist dieses Mittel mit der neu einzubringenden Dichtungsmasse verträglich (Haftung, chemische Reaktion) ?

Könnte für diesen Einsatz eine Beschichtung, die den Anforderungen genügt, gefunden werden, wäre die Sanierung von dauerelastischen Dichtungsmassen wesentlich einfacher und somit kostengünstiger, da der angrenzende Beton nicht mehr abgestemmt werden müßte.



## 6.2 Abhängigkeit der Raumlufkonzentration von der Temperatur

Ein ganz wichtiger Punkt ist, wie sich im Verlauf dieser Arbeit herausgestellt hat, die starke Temperaturabhängigkeit der PCB-Ausgasung. Sie ist zwar nicht so stark, daß man sie als Sanierungsverfahren nutzen könnte (Aufheizung von belasteten Räumen), hat aber einen immensen Einfluß auf die gemessenen Konzentrationen. So wurde in mehreren Fällen bei einem Temperaturanstieg von etwa 20 °C auf 25 - 30 °C eine Verdrei- bis Ver-  
fünffachung der Raumlufkonzentration beobachtet.

Diese Hinweise sind sicherlich deutlich. Dennoch sollte überlegt werden, ob es Möglichkeiten gibt, diesen Effekt für die unterschiedlichen Baumaterialien - insbesondere Fugenmassen und Deckenplatten - besser als bisher zu erfassen und zu beschreiben. Sichere Aussagen darüber, mit welcher Schwankungsbreite man in bestimmten Fällen zu rechnen hat, wären für die Bewertung der festgestellten Raumlufkonzentrationen sehr hilfreich.

## 6.3 Dioxin- und Furan-Gehalt PCB-haltiger Materialien

Mittlerweile gibt es mehrere Hinweise darauf, daß PCB-haltige Dichtungsmassen und Deckenplatten erhebliche Mengen PCDF enthalten. Es handelt sich dabei offenbar um eine Größenordnung, die sich im Bereich mg TE/kg Dichtungsmasse bzw. Farbbeschichtung bei Deckenplatten bewegt.

In einer Kölner Schule wurden in der Raumluf bei Anwesenheit von PCB-haltigen Deckenplatten über 4 pg TE/m<sup>3</sup> Raumluf - überwiegend als Tetrafurane - gefunden.

Somit wäre es einerseits interessant zu wissen, welche Raumlufkonzentrationen mit solchen Materialbelastungen einhergehen während sich andererseits die Frage erhebt, welche Sicherheitsvorkehrungen für den Umgang mit diesen Materialien (Arbeitsschutz, Lagerung, Transport, Entsorgung) getroffen werden müssen.

## 7 Zusammenfassung

PCB-haltige Dichtungsmaterialien können die Luft von Innenräumen in einem Maß mit PCB belasten, das aus Gründen der gesundheitlichen Vorsorge langfristig nicht tolerabel ist.

Deshalb sollte die Auswertung verschiedener Sanierungsversuche als Grundlage für die Erstellung eines Untersuchungs- und Sanierungsleitfadens dienen.

Von den insgesamt acht ausgewerteten Projekten wurden in sieben die dauerelastischen Dichtungsmassen ausgebaut und Sekundär-Kontaminationen zum Teil durch Entfernen der belasteten Massen, zum größeren Teil jedoch durch Beschichten von Oberflächen saniert.

Einige der Projekte (4) sind mittlerweile abgeschlossen, während in anderen die Raumluftkonzentrationen teilweise noch erheblich über dem Sanierungsziel von 300 ng PCB/m<sup>3</sup> liegen.

Nach dem heutigen Stand der Kenntnis ist die einzig sichere Möglichkeit PCB-haltige Dichtungsmassen zu sanieren, der komplette Ausbau aller hochbelasteter Materialien inklusive einer Behandlung der Fugenflanken (Abstemmen, Beschichten).

Sekundär-Kontaminationen auf großen Oberflächen (z.B. Wände/Decken) können wirtschaftlich vertretbar nur durch Beschichten saniert werden.

Das alleinige Beschichten und räumliche Trennen (Aluminium- und Teflonfolien) von dauerelastischen Dichtungsmassen wie es als Sanierungsverfahren in München durchgeführt wurde, erbrachte nicht den gewünschten Erfolg.

Dennoch könnte ein solches Verfahren evt. mit anderen Beschichtungsmitteln zumindest für eine vorläufige Sicherung eingesetzt werden.

Allgemeine Daten zum besichtigten Sanierungsprojekt

Datum:

Verantwortliche Stelle:

Anschrift :

Telefon :

Fax :

Ansprechpartner:

Adresse des Sanierungsprojektes:

Baujahr :

Bauart :

Nutzung :

## Erhebung

## Problemerkennung

Wie sind Sie auf das Problem PCB in dauerelastischen Dichtungsmassen aufmerksam geworden ?

- Presse
- Anfrage politischer Gremien/Vertreter
- Kongreß/Tagung
- sonstige

## Untersuchung

### 1. Wieviele Gebäude haben Sie bisher untersucht ?

davon: Schulen Erh. PCB Konz. i. d. Luft/Material

Kita's Schulen

sonst. Kita's

Verw.geb. sonst. Verw.geb.

Gesamtzahl städt./kommun. Geb.

### 2. Werden sämtliche städt./kreiseigenen Gebäude untersucht ? ja nein

### 3. Wie wird untersucht ?

- mit eigenem Personal ?
- durch beauftragten Gutachter ?

### 4. Wer ist für die Untersuchung der Gebäude verantwortlich

- Hochbauamt
- Gesundheitsamt
- Umweltamt
- sonstige ...

### 5. Welche Materialien sind PCB-belastet ?

- dauerelastische Dichtungsmassen
- dämmschichtbildende Anstriche
- Deckenplatten wenn ja, von welcher Firma ?
- Holzböden
- sonstige

## PCB-Bestimmung

1. Welches Institut führt die Messungen durch ?

---

2. Was wurde beprobt ?

Wieviele Räume  $\emptyset$  pro Gebäude

Raumluft

Material

Wischprobe

3. Wie wurde die Raumluft beprobt ?

Anreicherung d. PCB auf PU-Schaum

Anreicherung d. PCB auf A-Kohle

Anreicherung d. PCB auf Floresil

sonstige ...

4. Wie wurde der PCB-Gehalt der Raumluftproben bestimmt ?

Extraktion mit n-Hexan

Extraktion mit Toluol

sonstige ...

Messung im GC/ECD

Messung im GC/MS

sonstige ...

Berechnung des PCB-Gehaltes nach DIN

sonstige ...

## Sanierungsprojekt

### Sanierungsentscheidung

#### 1. Belastung des zu sanierenden Gebäudes

##### Materialien

dauerelastische Dichtungsmassen	% PCB	Clophen A 30	A 40
		A 50	A 60
dämmschichtbildende Anstriche	% PCB		
Deckenplatten	% PCB		
Holzböden	% PCB		

##### Sekundärbelastete Oberflächen

Boden (Mat.) bis zu	mg/kg =	mg/m <sup>2</sup>
Wände (Mat.) bis zu	mg/kg =	mg/m <sup>2</sup>
Decken (Mat.) bis zu	mg/kg =	mg/m <sup>2</sup>

##### Raumluft

bis zu	ng/m <sup>3</sup>
Ø-Belastung	ng/m <sup>3</sup>

#### 2. Sanierungsziel

Außenluftkonzentration

Ø Innenraumluftbelastung

< 300 ng PCB/m<sup>3</sup>

andere

#### 3. Begründung der Sanierung

Vorsorge

Gefahrenabwehr

sonstige ...

#### 4. Kostenschätzung

## Sanierungsdurchführung

### 1. Vorgehensweise/Ablaufplanung

wird/wurde ein Pilotprojekt durchgeführt	ja	nein
wurde die Sanierung für das gesamte Gebäude projektiert	ja	nein

### 2. Welche Gebäudeteile werden/wurden saniert ?

Klassenzimmer	Gruppenräume	Werkräume
Bürosräume	Küche	
Flure/Treppenhäuser	sonstige ...	

### 3. Wurde ein Gutachter mit der Sanierungsbegleitung beauftragt ?

### 4. Wieviele Räume sind in das Pilotprojekt einbezogen ?

### 5. Nach welche(n)r Methode(n) wurde saniert ?

vollständiges Entfernen der Dichtungsmassen

- durch Vereisen
- durch Herausstemmen
- sonstige ...

Beschichten der Dichtungsmassen

- mit Folien wenn ja, welche ...
- mit Farbe/Lack wenn ja, welche ...
- sonstige ...

### 6. Wie wurden andere PCB-belastete Materialien behandelt (z.B. Teppichböden, Betonoberflächen, Wandoberflächen, Möbel, ...) ?



## Ergebnisse/Kosten

1. Welche Rumlufkonzentration/en wurde/n nach der Sanierung erreicht ?
2. Wie hoch liegen die Gesamtkosten pro m<sup>3</sup> sanierten Raumes ?
3. Wie lange dauerte die Maßnahme ?

7 Summary

Sealing materials containing PCB may affect the indoor air to such an extent that in the long run this is not tolerable in terms of health care precautions.

Therefore, the basis for the elaboration of a guide for research in this field and for reconstruction measures is formed by the evaluation of various reconstruction trials.

In total eight projects have been evaluated. In seven of them sealing materials of durable flexibility have been removed and secondary contaminations have been eliminated partly by removal of the contaminated material, but to a large extent by coating of the surfaces involved.

Some of these projects (4) have been finished by now. In others indoor air concentrations partly ranging significantly above the reconstruction target of 300 ng PCB/m<sup>3</sup> are to be established.

As far as up-to-date knowledge is concerned the only secure possibility to put away with PCB-containing sealing materials is the complete removal of all highly contaminated materials and treatment of the flanks of the joint-sealings (by chiseling them off or by coating).

In terms of economic effectiveness secondary contaminations occurring on large surfaces (e.g. ceilings, walls) are only to be removed by coating.

Reconstruction measures taken in Munich comprised the coating and spatial separation (aluminium and teflon foil) of sealing material of durable flexibility exclusively. However, the desired result failed to occur.

Nevertheless, such a procedure possibly under application of different coating materials might be used for preliminary reconstruction measures.

## Résumé

Les matériaux d'étanchéité contenant des biphényles polychlorés peuvent charger l'air ambiant avec des biphényles polychlorés de manière intolérable pour des raisons de prévention de la santé.

Pour cette raison l'interprétation de différents essais d'assainissement devait servir de base pour la constitution d'un manuel d'analyses et d'assainissement.

Dans sept des huit projets exploités, les matériaux d'étanchéité à élasticité durable furent enlevés et les contaminations secondaires furent assainies en éliminant les matériaux chargés ou en plus grande partie même en enduisant les surfaces.

Quelques uns des projets sont maintenant clos, tandis que dans d'autres la concentration dans l'air ambiant est encore en partie considérablement élevée par rapport au but d'assainissement qui est de 300 ng PCB / m<sup>3</sup>.

La seule possibilité sûre d'assainir les matériaux d'étanchéité contenant des biphényles polychlorés est d'après l'état des connaissances actuelles le démontage complet de tous les matériaux fortement chargés, y compris un traitement des bords latéraux des joints (ôter avec le ciseau, enduire).

Les contaminations secondaires sur de grandes surfaces ( par exemple murs, plafond ) peuvent être assainies de façon économiquement acceptable seulement par enduit.

Le procédé d'assainissement consistant seulement à enduire et isoler ( avec des feuilles d'aluminium ou de téflon ) les matériaux d'étanchéité à élasticité durable, comme il fut pratiqué à Munich, n'apporta pas les résultats souhaités.

Toutefois un tel procédé, éventuellement avec d'autres enduits, pourrait être utilisé comme mesure de sécurité provisoire.