

Vollzug Umwelt

# RICHTLINIE

## PCB-haltige Fugendichtungsmassen

Stoffe / Abfall



Bundesamt für  
Umwelt, Wald und  
Landschaft  
BUWAL



# **RICHTLINIE**

## **PCB-haltige Fugendichtungsmassen**

**Stoffe / Abfall**

Beurteilung des Handlungsbedarfs  
und Empfehlungen für das Vorgehen  
bei Bauten

**Herausgegeben vom Bundesamt  
für Umwelt, Wald und Landschaft  
BUWAL  
Bern, 2003**

### **Rechtlicher Stellenwert dieser Publikation**

*Diese Publikation ist eine Vollzugshilfe des BUWAL als Aufsichtsbehörde und richtet sich primär an die Vollzugsbehörden. Sie konkretisiert unbestimmte Rechtsbegriffe von Gesetzen und Verordnungen und soll eine einheitliche Vollzugspraxis ermöglichen. Das BUWAL veröffentlicht solche Vollzugshilfen (oft auch als Richtlinien, Wegleitungen, Empfehlungen, Handbücher, Praxishilfen u.ä. bezeichnet) in seiner Reihe «Vollzug Umwelt».*

*Die Vollzugshilfen gewährleisten einerseits ein grosses Mass an Rechtsgleichheit und Rechtssicherheit; andererseits ermöglichen sie im Einzelfall flexible und angepasste Lösungen. Berücksichtigen die Vollzugsbehörden diese Vollzugshilfen, so können sie davon ausgehen, dass sie das Bundesrecht rechtskonform vollziehen. Andere Lösungen sind nicht ausgeschlossen, gemäss Gerichtspraxis muss jedoch nachgewiesen werden, dass sie rechtskonform sind.*

### **Herausgeber**

Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL)  
Das BUWAL ist ein Amt des Eidg. Departements für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEK)

### **Autoren**

Projektgruppe «PCB-haltige Fugendichtungsmassen»

Josef Tremp, Amt für Umweltschutz und Energie,  
Kanton BL, (Projektleitung)

Peter Oggier, ecolisto, Muri bei Bern (Redaktion)

Christoph Rentsch, Abteilung Stoffe, Boden,  
Biotechnologie, BUWAL

Roger Waeber, Abteilung Chemikalien, BAG

Martin Kohler, Abteilung Organische Chemie, EMPA  
Dübendorf

Matthias Tellenbach, Abteilung Abfall, BUWAL

Siegfried Lagger, Abteilung Recht, BUWAL

Alois Villiger, Amt für Abfall, Wasser, Energie und  
Luft (AWEL), Kanton ZH

Heinrich Gugerli, Amt für Hochbauten der Stadt  
Zürich

### **links**

[www.produkte-umwelt.ch](http://www.produkte-umwelt.ch), [www.bag.admin.ch](http://www.bag.admin.ch)

### **Fotos**

© Amt für Umweltschutz und Energie, Kanton BL

### **Bezug**

Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft  
Dokumentation

3003 Bern

Fax + 41 (0)31 324 02 16

E-Mail: [docu@buwal.admin.ch](mailto:docu@buwal.admin.ch),

Internet: [www.buwalshop.ch](http://www.buwalshop.ch)

Bestellnummer

VU-4013-D

© BUWAL 2003 7.2003 1000 94552/178

## Inhaltsverzeichnis

<b>Abstracts</b>	5
<b>Vorwort</b>	7
<b>1. Einleitung</b>	9
<b>2. Ziele der Richtlinie</b>	9
<b>3. PCB in Fugendichtungsmassen</b>	10
3.1 Fugen und deren Abdichtung	10
3.2 PCB in Fugendichtungsmassen	10
<b>4. Dauerelastische Fugendichtungsmassen: Handlungsbedarf</b>	11
<b>5. Abklärungen am Bau</b>	11
5.1 Ermittlung der Gebäude, die PCB-haltige Fugendichtungsmassen enthalten	11
5.2 Verpflichtung zu Abklärungen	13
5.3 Untersuchungskonzept und Auftrag	14
5.4 Durchführung der Untersuchungen	15
<b>6. Beurteilung des Sanierungsbedarfs von Fugendichtungsmassen</b>	15
6.1 Allgemeines	15
6.2 In welchen Fällen sind PCB-haltige Fugendichtungsmassen aus Umweltschutzgründen zu entfernen?	16
6.3 In welchen Fällen sind Massnahmen zur Reduktion der direkten Gesundheitsgefährdung von Gebäude-Nutzern durch hohe PCB-Belastung der Innenraumluft erforderlich?	16
<b>7. Vorgehen zur Sanierung von PCB-haltigen Fugendichtungsmassen</b>	17
7.1 Sofortmassnahmen	17
7.2 Planung der Schutzmassnahmen und der Entsorgung	17
7.3 Prüfung der Schutz- und Entsorgungskonzepte	17
7.4 Durchführung der Sanierung	18
7.5 Überwachung und Abnahme der Sanierungsarbeiten	18
7.6 Dokumentation einer verbleibenden Belastung	19
<b>8. Rückbau von Gebäuden mit PCB-haltigen Fugendichtungsmassen</b>	19
<b>9. Entsorgungskonzept</b>	19
<b>Anhänge:</b>	
<b>1. Rechtliche Rahmenbedingungen</b>	21
<b>2. Grundlagen Fugendichtungen und PCB</b>	24
<b>3. Herleitung des Richtwertes für PCB in Innenraumluft</b>	29
<b>4. Probenahme von Fugendichtungsmassen</b>	33
<b>5. Analysen von PCB in Fugendichtungsmassen</b>	34
<b>6. Messung von PCB in Innenraumluft</b>	36
<b>7. Schutz- und Entsorgungskonzepte</b>	38



## Abstracts

- E** Buildings, constructed between 1955 and 1975, often contain PCB in their elastic sealant. The present directive requires investigations about the PCB-content in these buildings and calls for special measures to protect workers and the environment, especially if PCB-containing materials with more than 50 ppm PCB has to be removed and disposed of. The directive describes the conditions under which PCB in indoor air has to be investigated and provides guidance for analysing the PCB, calculating the total PCB concentrations and evaluating the results. Instruction is given for remedial measures if the average concentration over one year is higher than 6 resp. 2  $\mu\text{g}$  PCB per  $\text{m}^3$  indoor air (rooms with eight hours per day and permanent stay, respectively).
- Keywords:  
PCB,  
elastic sealant,  
building materials,  
indoor air,  
waste,  
elimination
- D** Gebäude, die zwischen 1955 und 1975 erbaut wurden, enthalten häufig PCB in Fugendichtungsmassen. Die vorliegende Richtlinie verlangt bei diesen Gebäuden Abklärungen sowie spezielle Massnahmen zum Schutz der Handwerker und der Umwelt, insbesondere beim Entfernen und Entsorgen von Abfällen, falls mehr als 50 ppm PCB festgestellt werden. Weiter beschreibt die Richtlinie, unter welchen Voraussetzungen PCB-Untersuchungen in der Innenraumluft vorzunehmen sind. Sie gibt Anleitungen für die Durchführung von Messungen, die Berechnung von Gesamt-PCB-Gehalten sowie für die Beurteilung von Analyseergebnissen. Sanierungsmassnahmen werden empfohlen, falls der Jahresmittelwert mehr als 6 bzw. 2  $\mu\text{g}$  PCB pro  $\text{m}^3$  Raumluft beträgt (bei Räumen mit Tagesaufenthalt bzw. mit Daueraufenthalt).
- Stichwörter:  
PCB,  
Fugendichtungen,  
Baumaterialien,  
Innenraumluft,  
Abfall,  
Entsorgung
- F** Les bâtiments construits entre 1955 et 1975 contiennent souvent des PCB dans les masses d'étanchéité des joints. Les présentes lignes directrices exigent de déterminer la présence de PCB dans ces bâtiments et, le cas échéant, de prendre des mesures particulières pour protéger les ouvriers et l'environnement, notamment lors du démontage des joints et de l'élimination des déchets contenant plus de 50 ppm de PCB. Les lignes directrices fixent également les conditions devant conduire à des investigations sur les PCB dans l'air ambiant. Elles donnent des indications sur les mesures, le calcul de la teneur totale en PCB et l'appréciation des résultats d'analyses. Un assainissement est recommandé lorsque la moyenne annuelle de PCB dans l'air ambiant est supérieure à 6  $\mu\text{g}$  par  $\text{m}^3$  dans les bâtiments fréquentés la journée ou à 2  $\mu\text{g}$  par  $\text{m}^3$  dans les bâtiments utilisés pour des séjours de longue durée.
- Mots-clés:  
PCB,  
masses d'étanchéité des joints,  
matériaux de construction,  
air ambiant,  
élimination,  
déchets
- I** Gli edifici costruiti fra il 1955 e il 1975 contengono spesso masse di sigillatura dei giunti contaminate con PCB. La presente direttiva esige che tali edifici siano sottoposti ad accertamenti e che vengano adottate misure particolari per proteggere sia gli addetti ai lavori che l'ambiente, in particolare nella rimozione e nello smaltimento dei rifiuti qualora vengono costatati valori di PCB superiori a 50 ppm. Inoltre, la direttiva descrive le condizioni preliminari necessarie all'esecuzione delle misurazioni dei PCB. Essa contiene istruzioni come eseguire le misurazioni, calcolare il tenore complessivo di PCB nonché valutare i risultati delle analisi. Le misure di risanamento vengono raccomandate quando la media annua è superiore a 6 o 2  $\mu\text{g}$  di PCB per  $\text{m}^3$  di aria indoor (nel caso di spazi occupati durante il giorno o in modo prolungato).
- Parole chiave:  
PCB,  
masse di sigillatura dei giunti,  
materiali edili,  
aria in-door,  
smaltimento,  
rifiuti



## Vorwort

Vor einigen Jahren ist erkannt worden, dass Gebäude aus den Jahren 1955–1975 PCB-haltige Fugendichtungen aufweisen können. Gestützt auf eine Stichproben-Untersuchung anfangs der 1990er Jahre war das Problem offensichtlich unterschätzt worden. Eine gross angelegte schweizerische Messkampagne, über die wir noch berichten werden, hat nun gezeigt, dass die Häufigkeit solcher Kontaminationen so gross ist, dass Handlungsbedarf besteht: Etwa die Hälfte aller grösseren in Elementbauweise erstellten Gebäude aus der kritischen Zeit enthalten PCB-haltige Fugendichtungen. Ungefähr ein Viertel der mehr als 1200 untersuchten Kette weist PCB im Prozent-Bereich auf.

Es geht nun in erster Linie darum zu verhindern, dass die in der Schweiz in Fugendichtungen vorhandenen geschätzten bis zu 100 Tonnen PCB eine Gefahr für Personen darstellen oder in die Umwelt gelangen können. Zum Glück besteht eine direkte Gefährdung von Menschen über die Raumluft nur in sehr seltenen Fällen.

Das BUWAL hat im Jahre 2000 gemeinsam mit anderen Bundesstellen und mit den Kantonen eine Arbeitsgruppe gebildet. Diese Gruppe hat nun die Problematik so weit wie dies möglich war abgeklärt und die Ausarbeitung der vorliegenden Richtlinie unterstützt. Diese dient als Hilfe zur Beurteilung der Situation bei Bauten und empfiehlt das jeweils geeignete Vorgehen zum Schutz der die Gebäude nutzenden Personen, der HandwerkerInnen und der Umwelt.

Die Richtlinie wendet sich in erster Linie an die verantwortlichen Vollzugsbehörden in Bund, Kantonen und Gemeinden. Selbstverständlich ist sie aber auch an die direkt betroffenen öffentlichen und privaten Gebäudeeigentümer, Immobilienverwaltungen, Baufachleute, Beratungs- und Sanierungsfirmen sowie an Entsorgungsbetriebe gerichtet, von denen wir erwarten, dass sie diese Richtlinie in ihrem Verantwortungsbereich anwenden. In mehreren Anhängen sind Grundlagen und konkrete Hinweise zusammengestellt, um die relativ komplexe Materie den verschiedenen Adressaten näher zu bringen; es handelt sich dabei beispielsweise um Hinweise zur Entnahme von Proben für die chemische Analyse, zum Schutz von Personen auf dem Bau und für Entsorgungsbetriebe.

Mit dieser Richtlinie unterstützen wir auch die Umsetzung internationaler Abkommen durch die Schweiz. Mit der Unterzeichnung des PARCOM-Beschlusses 92/3 über die schrittweise Beseitigung von PCB und PCB-Ersatzstoffen und des Stockholmer Übereinkommens über persistente organische Schadstoffe (POPs) haben wir uns international verpflichtet, alle PCB-Vorkommen so bald wie möglich zu identifizieren und schliesslich in umweltverträglichen Entsorgungsanlagen zu vernichten.

Wir hoffen mit dieser Richtlinie verhindern zu können, dass durch unsachgemässen Umgang mit alten Fugendichtungen Mensch und Umwelt mit PCB belastet werden. Der seit Jahren beobachtete langsame Rückgang der Umwelt-Verschmutzung durch PCB darf nicht durch Unkenntnis und Fehlverhalten verzögert werden.

Bundesamt für Umwelt, Wald  
und Landschaft

Bruno Oberle, Vizedirektor



## 1 Einleitung

Polychlorierte Biphenyle (PCB) sind synthetisch hergestellte Substanzgemische, deren problematische Wirkungen auf Mensch und Umwelt sich erst nach jahrzehntelangem Einsatz in einer Vielzahl von Produkten deutlich zeigten. Weltweit erlassene gesetzliche Regelungen zur Beschränkung des Einsatzes von PCB in Produkten in den 70er Jahren und später auch Verbote stoppten die Produktion weitgehend. Vorschriften zur Ausserbetriebnahme und sachgerechten Entsorgung von Geräten, die PCB enthielten, führten zur Reduktion der sich im Umlauf befindlichen Mengen von PCB. Ein Teil der seit den 30er Jahren eingesetzten PCB bilden jedoch immer noch Quellen von Umweltbelastungen. Massnahmen zum sachgemässen Entfernen der in Umlauf gesetzten Mengen sind daher noch heute erforderlich.

Im Zeitraum zwischen 1955 und etwa 1975 (PCB wurden 1972 in der Schweiz verboten) wurden PCB in unterschiedlichen Dosierungen zur Erleichterung der Verarbeitung und zur Erhöhung der Dauerelastizität auch den am Bau verwendeten Fugendichtungsmassen beigemischt. Von den dazu in der Schweiz verwendeten rund 100 bis 300 Tonnen PCB dürfte ein Teil noch in den bestehenden Gebäuden aus dieser Zeit vorhanden sein. Bei diesen Gebäuden sind Massnahmen zu treffen, um einen sachgemässen Umgang bei Erneuerungen, Um- oder Rückbauten zu gewährleisten. In einigen wenigen Fällen sind auch Massnahmen erforderlich, um die PCB-Belastung in der Raumluft zu reduzieren und dadurch eine längerfristig mögliche Gesundheitsgefährdung der Gebäudenutzer zu vermeiden. Wegen möglicher Gefährdungen der Umwelt und der Gesundheit der Ausführenden sowie auch wegen der hohen Kosten, die im Falle einer Sanierung und eines geordneten Rückbaus anfallen, kommt der Erarbeitung von Beurteilungskriterien, Interventionswerten und Empfehlungen über den Umgang mit PCB-haltigen Fugendichtungsmassen eine grosse Bedeutung zu.

Beim Umgang mit anderen Schadstoffen, die in Fugendichtungsmassen vorhanden sein können (wie zum Beispiel Chlorparaffine und Schwermetalle, insbesondere Blei und Zink) sowie mit PCB aus anderen Quellen (zum Beispiel aus Anstrichen oder Kleinkondensatoren) sind ebenfalls spezielle Massnahmen zu treffen. Diese werden in der vorliegenden Richtlinie nicht im Detail ausgeführt, sind aber von den Fachleuten gegebenenfalls im Rahmen eines umfassenden Sanierungsprojektes aufzuzeigen.

## 2 Ziele der Richtlinie

Primäres Ziel der Richtlinie ist die Reduktion der Einträge von PCB aus Fugendichtungsmassen in die Umwelt. Auch eine allfällige Gesundheitsgefährdung von Gebäudenutzern und Handwerkern via Atemluft und Hautkontakt beim Umgang mit PCB-haltigen Fugendichtungsmassen soll auf ein mit Sicherheit tolerierbares Mass reduziert werden.

Die vorliegende Richtlinie soll somit:

- helfen, die noch vorhandenen PCB-haltigen Fugendichtungsmassen zu identifizieren, bevor Eingriffe daran in Unkenntnis möglicher Gefährdungen ausgeführt werden;
- helfen, die Gefährdungen durch PCB-haltige Fugendichtungsmassen richtig zu erkennen, zu beurteilen, zu dokumentieren und, falls erforderlich, zu reduzieren;
- Anleitungen für die fachgerechte Planung und Ausführung von Erneuerungsarbeiten, Um- und Rückbauten sowie von evtl. erforderlichen Sanierungsmassnahmen geben;
- Hilfe leisten bei der Auslegung von Vorschriften betreffend die geeigneten Arbeitsschutzmassnahmen und die fachgerechte Entsorgung der bei diesen Arbeiten anfallenden Abfälle.

### 3. PCB in Fugendichtungsmassen

#### 3.1 Fugen und deren Abdichtung

(Detaillierte Hinweise technischer Art zu Fugen sowie Erläuterungen zur Gefährdung von Mensch und Umwelt durch PCB sind in Anhang 2 aufgeführt.)

Zwischen Gebäude- oder Bauteilen werden Fugen ausgebildet, die Dimensions-, Form- und Lageveränderungen dieser Teile sowie Herstellungs- und Ausführungstoleranzen aufnehmen. Entsprechend der Bauart (Skelett- oder Elementbauweise) sind Fugen vor allem erforderlich zwischen einzelnen Elementen aus Beton oder Stahl, zwischen Beton- und Fenster- oder anderen Fertigelementen sowie bei Anschlüssen von Böden an Wände oder bei Rohrdurchführungen durch Decken und Wände.

Zur Verhinderung eines Eindringens von Wasser, Feuchtigkeit oder Luft in das Bauwerk müssen diese Fugen dauerhaft abgedichtet werden. Dies kann mit Profildichtungen oder, häufiger, mit Fugendichtungsmassen erfolgen. Fugendichtungsmassen, auf die sich die hier folgenden Ausführungen beziehen, werden meist von spezialisierten Firmen nach dem Rohbau bzw. nach der Montage von Bauteilen als plastische Masse so eingebracht, dass sie lückenlos an die angrenzenden, ihrerseits dichten Bauteile anschliessen.

Zur Erleichterung der Verarbeitung und zur Gewährleistung der Dauerelastizität wurden in den Jahren 1955 bis 1975 den Fugendichtungsmassen PCB als Weichmacher in unterschiedlichen Konzentrationen (bis 45 %) beigemischt. Eine im Jahre 2001 durchgeführte Untersuchungskampagne in der Schweiz ergab, dass bei etwa der Hälfte der untersuchten Bauten PCB-haltige Fugendichtungsmassen anzutreffen sind.

#### 3.2 PCB in Fugendichtungsmassen

Bei den polychlorierten Biphenylen PCB handelt es sich um synthetisch hergestellte Gemische chlorierter aromatischer Kohlenwasserstoffe, die bis zum Verbot in den 70er Jahren in einer Vielzahl von Produkten eingesetzt wurden. Grössere Mengen PCB befanden sich in geschlossenen Systemen wie Transformatoren und Kondensatoren. Diese sind grossenteils erfasst und entsorgt worden, vor allem die grösseren Geräte dieser Art. Kleinere Geräte und daneben auch noch verschiedene langlebige Güter, die PCB enthalten, befinden sich noch in Gebrauch. So zum Beispiel Kleinkondensatoren in Elektrogeräten, Vorschaltgeräte von Leuchtstofflampen, Kondensatoren in Blindstromkompensationsanlagen sowie PCB in Anstrichen und Fugendichtungsmassen.

PCB sind schlecht abbaubar und reichern sich in der Nahrungskette an. In vielen Organismen können sie bereits in geringen Konzentrationen chronische Schäden verursachen.

Die in den Fugendichtungsmassen enthaltenen PCB können:

- **in die Umgebungsluft entweichen und damit die Gesundheit der Gebäudenutzer gefährden;** In den meisten Fällen führen die geringen Emissionen aus Fugendichtungsmassen nicht zu einer relevanten Innenraumbelastung, so dass auch bei längerem Aufenthalt im Gebäude nicht mit einer Gesundheitsgefährdung zu rechnen ist und keine Massnahmen zum Schutze der Gebäudenutzer erforderlich sind. Bei deutlich erhöhter Raumluftkonzentration werden im Sinne der gesundheitlichen Vorsorge Massnahmen zur Reduktion der Belastung empfohlen. Sind Überschreitungen des PCB-Richtwertes zu erwarten, ist eine Sanierung der Fugen und – soweit vorhanden – anderer relevanter PCB-Quellen durchzuführen.
- **bei unsachgemässer Entfernung und Entsorgung der Dichtungsmassen die Gesundheit der Arbeiter und die Umwelt schädigen;** Dies kann bei Umbau-, Sanierungs- und Abbrucharbeiten der Fall sein, nämlich:

- Bei der Entfernung von Fugendichtungsmassen mit schnell laufenden oder grossen Druck erzeugenden Geräten können PCB gasförmig und staubgebunden freigesetzt werden. Dies führt zu hoher Belastung der Luft am Arbeitsplatz bzw. zur Schadstoffbelastung der betroffenen Räume oder des Bodens in der Gebäudeumgebung;
  - Bei der Ablagerung oder beim Recycling von belasteten Bauabfällen können PCB in die Umwelt und über Wasser oder Luft in die Nahrungskette gelangen.
- **Bei unsachgemässer Verbrennung von PCB-haltigen Abfällen oder bei Hitzeeinwirkung und Gebäudebränden können Dioxine und Furane entstehen**, die bereits in sehr geringen Konzentrationen und somit auch in grösserer Entfernungen von der Quelle für ungeschützte Personen toxisch sind. Auch örtlich begrenzte Brandherde können weite Gebäudeteile und evtl. auch die Umgebung zum aufwendigen "Dioxin-Sanierungsfall" machen.

## 4 Dauerelastische Fugendichtungsmassen: Handlungsbedarf

Das schrittweise Vorgehen, dargestellt auf Schema 1 auf der nächsten Seite sowie erläutert in den folgenden Kapiteln und zugehörigen Anhängen, umfasst im Wesentlichen Folgendes:

- Abklärungen **am Bau**: bei welchen Bauten ist mit PCB-haltigen Fugendichtungsmassen zu rechnen?
- **Chemische Analysen** der Fugendichtungsmassen und, falls erforderlich, auch der Innenraumluft
- **Beurteilung** der erforderlichen Massnahmen
- Zu ergreifende **Massnahmen** bei Sanierung, Erneuerung oder Rückbau

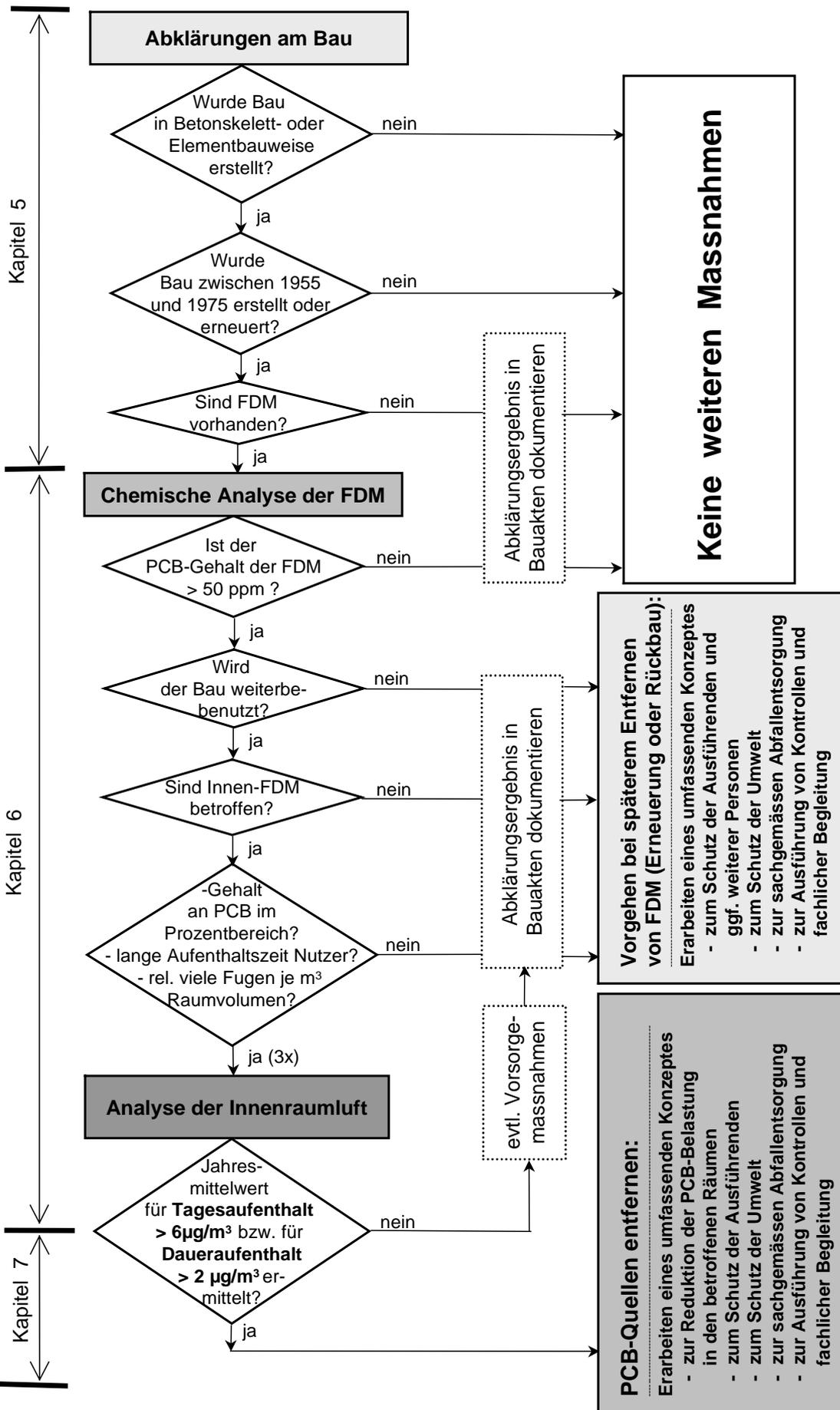
## 5 Abklärungen am Bau

### 5.1 Ermittlung der Gebäude, die PCB-haltige Fugendichtungsmassen enthalten

Aus den Ausführungen in Kapitel 3 ergibt sich, dass Abklärungen lediglich bei bestimmten Bauten erforderlich sind. Wichtigste Hinweise auf ein mögliches Vorhandensein von PCB-haltigen Fugendichtungsmassen ergeben sich vor allem:

- **aus dem Ausführungszeitpunkt;**  
Betroffen sind vorwiegend grössere Bauten, die in den Jahren 1955 bis 1975 erstellt oder deren Fugen in diesem Zeitraum erneuert wurden (Hinweise aus Bauakten, evtl. auch aus Unterlagen der Gebäudeversicherer).
- **aus der Bauweise;**  
Fugendichtungen sind vor allem erforderlich bei Bauten, die in Skelett- oder Elementbauweise erstellt wurden (Ortsbetonelemente, vor allem im Tiefbau oder in Sockelgeschossen grösserer Bauten; Fertigbetonelemente, vor allem als Fassadenverkleidungen; mit Fugen abgetrennte Bauteile aus unterschiedlichen oder gleichen Materialien, zum Beispiel bei Übergängen von Tür- oder Fensterelementen zu Wänden, etc.)
- **aus den Bauakten;**  
In Einzelfällen sind eventuell aus der gut geführten Baudokumentation Angaben über die Fugendichtungen und über die eingesetzten Produkte ersichtlich.

## Handlungsbedarf im Überblick



**Abklärungen sind demnach an allen grösseren Bauten vorzunehmen, deren Bauweise das Vorhandensein von dauerelastischen Fugendichtungsmassen, eingebracht im Zeitraum zwischen 1955 und 1975, im Aussen- und/oder im Innenbereich vermuten lassen.**

In Backstein- und Holzbauten sind kaum je grössere Mengen von dauerelastischen Fugendichtungen verwendet worden. In solchen Bauten ist in der Regel nicht mit PCB-haltigen Fugendichtungsmassen zu rechnen. Dies gilt auch für Einfamilienhäuser, falls die Gebäudehülle nicht in Stahlbeton erstellt wurde.

## **5.2 Verpflichtung zu Abklärungen**

Bei Bauten, welche die obenstehenden Kriterien erfüllen, sind Abklärungen erforderlich:

### **..... bei bestimmungsgemässer Nutzung:**

Aus den in Anhang 1 aufgeführten Umweltschutz- und arbeitsrechtlichen Bestimmungen sowie aus baurechtlichen Grundsätzen lässt sich ableiten, dass Gebäudebesitzer bzw. Arbeitgeber bei entsprechenden Hinweisen abzuklären haben, ob bei bestimmungsgemässer Nutzung ihres Bauwerkes:

- Schadstoffe freigesetzt werden, welche die Umwelt übermässig belasten könnten, und ob
- Schadstoff emittierende Bauteile, hier insbesondere PCB-haltige Fugendichtungsmassen, die Nutzer gesundheitlich gefährden.

Da solche Untersuchungen bei den in Fragen kommenden Bauten auf jeden Fall ausgeführt werden müssen, um bei einem baulichen Eingriff ein sachgemässes Vorgehen und eine vorschriftsgemässe Entsorgung zu gewährleisten, wird empfohlen, diese Aspekte im Rahmen des üblichen Gebäudemanagements möglichst frühzeitig zu berücksichtigen. Vorbildliches Verhalten von Gebäudeverantwortlichen der öffentlichen Hand durch eine systematische Bestandaufnahme der PCB-belasteten Bauten kann viel dazu beitragen, dass auch andere Gebäudebesitzer systematische Abklärungen vornehmen.

### **..... bei Erneuerungsarbeiten, Um- und Rückbau:**

Bei Verdacht auf Verunreinigungen des Bauwerkes bzw. Teilen davon sind vor Baubeginn gemäss Verordnung über den Verkehr mit Sonderabfällen (VVS) und auch gemäss SIA-Empfehlung 430 "Entsorgung von Bauabfällen" (Ziffer 2 24) Untersuchungen vorzunehmen. Deren Resultate sind dem bereits in der Projektphase zu erarbeitenden Entsorgungskonzept zugrunde zu legen. Bei all diesen Arbeiten ist es somit in erster Linie Sache der Gebäudeeigentümer und der für die Planung und Bauleitung der Arbeiten beauftragten Fachleute, die Belastung der Fugendichtungsmassen mit PCB zu ermitteln und die Ausführenden über besondere Massnahmen zum Schutze von Personen und Umwelt anzuhalten.

### **..... bei Prüfungen von Gesuchen um Um- oder Rückbau:**

Den für Baubewilligungen zuständigen Behörden wird empfohlen, im Rahmen ihrer Informationstätigkeiten und vor allem auch im Rahmen von Vorabklärungen für Um- oder Rückbauten von Gebäuden aus dem Zeitraum 1955 bis 1975 alle Bauherren auf die erforderlichen Abklärungen hinzuweisen. Fehlen in den Gesuchsakten bei den in Frage kommenden Bauten die erforderlichen Abklärungsergebnisse über PCB-haltige Fugendichtungsmassen sowie allenfalls darauf abgestützte Schutz- und Entsorgungskonzepte, sind diese routinemässig einzufordern.

Kantone und Gemeinden, die für Rückbauten (gestützt auf Art. 22 des Raumplanungsgesetzes) noch kein offizielles Bewilligungsverfahren eingeführt haben, wird empfohlen, ihre Vorschriften

soweit zu ergänzen, dass die Bauherrschaft verpflichtet wird, im Verdachtsfalle (s. Abschnitt 5.1) Abklärungen über die PCB-Quellen im Gebäude bzw. über die PCB-Exposition betroffener Personen vorzunehmen, um gestützt darauf allenfalls Massnahmen zur Verhinderung von Gefährdungen von Umwelt und menschlicher Gesundheit treffen zu können.

**Zusammenfassend lassen sich die Verpflichtungen zu Abklärungen folgendermassen festhalten:**

**Es liegt in der Verantwortung der Gebäudeeigentümer, die Schadstoffbelastung der Baustanz abzuklären, im Hinblick auf die Gefährdung von Mensch und Umwelt zu beurteilen bzw. beurteilen zu lassen und in den Bauakten zu dokumentieren. Sind Arbeitnehmer betroffen (Bürogebäude, Gewerbebauten, etc.), so trägt auch der Arbeitgeber Mitverantwortung und sollte bei Hinweisen entsprechende Abklärungen veranlassen.**

### 5.3 Untersuchungskonzept und Auftrag

#### ***PCB-Gehalte in Fugendichtungsmassen***

Besteht aufgrund der unter 5.1 aufgeführten Punkte Verdacht auf Vorhandensein von PCB-belasteten Fugendichtungsmassen, ist eine Fachperson mit der Ausarbeitung eines Untersuchungskonzeptes und mit der Ausführung der Untersuchungen zu beauftragen (s. Liste der Laboratorien und Fachfirmen

[http://www.umwelt-schweiz.ch/buwal/de/fachgebiete/fg\\_produkte/themen/pcb/index.html](http://www.umwelt-schweiz.ch/buwal/de/fachgebiete/fg_produkte/themen/pcb/index.html)).

Ausgerichtet auf den konkreten Fall sollte das Untersuchungskonzept zur Ermittlung der PCB-Gehalte in den Fugendichtungsmassen mindestens folgende Elemente festhalten:

- Anzahl und Ort der zu entnehmenden Proben von Fugendichtungsmassen;
- Dokumentation der Objektdaten und der Angaben über die entnommene Probe und Probenahmestelle (vorzugsweise mittels speziellem Probenahmeformular, evtl. auch Fotos;
- vollständiger Analysenbericht;
- Interpretation der Resultate, enthaltend auch Bedingungen, unter welchen in einer 2. Phase eine Entnahme von Proben der Innenraumluft erforderlich würde;
- Zusammenfassende Beurteilung und Empfehlung allfälliger Massnahmen an den Auftraggeber (Dokumentation der Belastungen bzw. Ergänzung der Abklärungen oder allenfalls erforderliche Sanierungsmassnahmen);
- Kostenangaben (Konzept, Probenahme, Analysen, Berichterstattung, Empfehlungen).

#### ***PCB-Gehalte in der Innenraumluft***

Aufgrund der ermittelten PCB-Gehalte in Fugendichtungsmassen (durchgeführt gemäss Absatz 5.4, s. unten) und der Situation im konkreten Fall ist von der Fachperson zu beurteilen, ob eine erhebliche Belastung der Innenraumluft vorhanden sein könnte. Falls notwendig, sind in einer 2. Phase ein Konzept für repräsentative Innenraumluftmessungen zu erarbeiten sowie die entsprechenden Untersuchungen auszuführen (vgl. auch die detaillierten Angaben dazu im Anhang 6 zu dieser Richtlinie). Dabei sind folgende Aspekte einzubeziehen:

- die ermittelten PCB-Gehalte in den Fugendichtungsmassen in Innenbereichen;
- die Kongeneren-Verteilung (niedrig- oder hochchlorierte PCB-Gemische);
- die Menge der Fugendichtungsmassen bezogen auf die Grösse des Raumes;
- die Art der Nutzung und
- evtl. andere PCB-Quellen (zum Beispiel Anstriche, Deckenplatten oder Kondensatoren in Vorschaltgeräten von Leuchtstofflampen).

In der Regel ist die Bestimmung der Belastung der Innenraumluft angezeigt, wenn:

- bezogen auf das Raumvolumen relativ grosse Oberflächen von Dichtungsmassen vorhanden sind (d.h. Fugendichtungen in der Länge von etwa 20 cm oder mehr pro m<sup>3</sup> Raumvolumen, falls nicht besondere Bedingungen wie direkte Sonnenbestrahlung oder starke Beeinflussung durch Wärmequellen vorliegen),
- in Räumen mit üblicherweise langem Aufenthalt von Personen (d.h. etwa regelmässig mehr als 20 Stunden pro Woche) PCB-Konzentrationen in Fugendichtungsmassen im Prozentbereich ermittelt wurden, und wenn
- ein PCB-Gemisch mit niedrigem bis mittlerem Chlorgehalt (z.B. Clophen A30-A50) in den Fugendichtungsmassen nachgewiesen wurde.

Sind PCB-haltige Fugendichtungen nur im Aussenbereich vorhanden und haben keinen Kontakt zum Innenraum, so führen sie in der Regel nicht zu einer relevanten Belastung des Innenraumes.

#### 5.4 Durchführung der Untersuchungen

Die Entnahmen der Proben von Dichtungsmassen und Innenraumluft haben durch eine ausgewiesene Fachperson entsprechend den vorgelegten Untersuchungskonzepten zu erfolgen (s. Liste der Laboratorien und Fachfirmen

[http://www.umwelt-schweiz.ch/buwal/de/fachgebiete/fg\\_produkte/themen/pcb/index.html](http://www.umwelt-schweiz.ch/buwal/de/fachgebiete/fg_produkte/themen/pcb/index.html)).

Die Proben sind gemäss den in Anhang 4 vorgegebenen Methoden zu entnehmen, zu verpacken und zu lagern. Die Proben sind in einem anerkannten Labor nach den Vorgaben der Anhänge 5 und 6 zu analysieren. Das ausführende Labor hat die erforderliche Analysequalität zu garantieren und die Resultate kongenerenspezifisch unter Angabe der Messunsicherheit sowie der Bestimmungsgrenze in einem Analysenbericht zu beschreiben.

## 6 Beurteilung des Sanierungsbedarfs von Fugendichtungen

### 6.1 Allgemeines

Eine Erneuerung von Fugendichtungen kann sich grundsätzlich in folgenden drei Fällen aufdrängen:

- Die Fugendichtungsmassen sind so stark mit PCB belastet, dass deren Entfernung und sachgemässe Entsorgung zur Verringerung von Umweltbelastungen sinnvoll erscheint.  
⇒ **s. Abschnitt 6.2, unten**
- Die Innenraumluft wird durch PCB aus Fugendichtungsmassen in einem unzulässigen Masse belastet und gefährdet längerfristig die Gesundheit der Nutzerinnen und Nutzer.  
⇒ **s. Abschnitt 6.3, unten**
- Die Fugendichtungsmassen erfüllen ihre Abdichtungsfunktionen nicht mehr: aufgrund übermässiger Beanspruchung (vgl. Kap. 3.1) und/oder aufgrund von Alterungsprozessen ist die Fuge nicht mehr dicht, die Fugendichtungsmasse muss ersetzt werden.

*Aufgrund der gegenüber Beton und anderen Baumaterialien wesentlich kürzeren 'Lebensdauer' von Fugendichtungsmassen ergibt sich ein Sanierungsbedarf in den meisten Fällen aus diesen rein bautechnischen Notwendigkeiten. Zu dessen Beurteilung sind die in Normen des SIA umschriebenen Anforderungen und Prüfverfahren an Dichtungen heranzuziehen.*

**Diese bilden nicht Gegenstand dieser Richtlinie.**

*Ausgehend von der Tatsache, dass spezielle Massnahmen zum Schutze der Arbeitnehmenden und zum Schutze der Umwelt bei jedem Entfernen von PCB-belasteten Fugendichtungsmassen und bei der Entsorgung der anfallenden Abfälle erforderlich sein werden, ist die frühzeitige Kenntnis der PCB-Belastung vorteilhaft. Es ist daher sinnvoll, die Abklärungen über den baulichen Zustand der Fugendichtungsmassen mit den Abklärungen über deren PCB-Belastung zu kombinieren.*

## **6.2 In welchen Fällen sind PCB-haltige Fugendichtungsmassen aus Umweltschutzgründen zu entfernen und durch unbelastete Fugendichtungsmassen zu ersetzen?**

Wie oben bereits dargelegt, ist die Emissionsrate von PCB aus Fugendichtungen in die Umwelt und somit auch die Umweltgefährdung normalerweise gering. Kosten-Nutzen Überlegungen rechtfertigen in der Regel den relativ hohen Aufwand einer Sanierung nicht.

Bei witterungsexponierten und gealterten Fugendichtungen mit hohen PCB-Gehalten (im Prozent-Bereich) kann es jedoch angezeigt sein zu prüfen, ob eine aus bautechnischen Gründen anstehende Erneuerung vorzeitig in Angriff genommen werden sollte. Dies ist insbesondere der Fall, wenn das in die Umwelt gelangte PCB landwirtschaftliche oder gartenbauliche Kulturen oder Kleinkinder auf Spielplätzen gefährdet. Den Kosten der vorgezogenen Erneuerung steht die Reduktion der gesamten Umweltbelastungen und die für einen solchen Entscheid eher im Vordergrund stehende Reduktion der Risiken gegenüber.

## **6.3 In welchen Fällen sind Massnahmen zur Reduktion der direkten Gesundheitsgefährdung von Gebäude-Nutzern durch hohe PCB-Belastung der Innenraumluft erforderlich?**

### ***Sanierungsmassnahmen***

Ergeben die Resultate der Raumluftmessungen bei Innenräumen

mit **Tagesaufenthalt** einen Jahresmittelwert von mehr als **6 µg PCB** pro m<sup>3</sup> Raumluft, bzw.

mit **Daueraufenthalt** einen Jahresmittelwert von mehr als **2 µg PCB** pro m<sup>3</sup> Raumluft sind die Fugen gemäss Kapitel 7 zu sanieren (vgl. auch die Erläuterungen dazu in den Anhängen 2 und 3).

### ***Massnahmen im Sinne gesundheitlicher Vorsorge***

Wiederholter direkter Hautkontakt mit PCB-haltigen Fugendichtungen sollte verhindert werden. Überall dort, wo sich Kinder aufhalten und eine Gefährdung nicht ausgeschlossen werden kann, wie z.B. in Kindertagesstätten, Kindergärten oder Grundschulen, sind die belasteten Fugendichtungsmassen mit geeigneten Materialien wie Metall- oder Hartkunststoffleisten abzudecken oder mit anderen Massnahmen unzugänglich zu machen.

Ergeben Messwerte (ohne Spitzenbelastungen) in Räumen mit Daueraufenthalt Luftbelastungen im Mikrogramm-Bereich pro m<sup>3</sup>, in Räumen mit Tagesaufenthalt Belastungen von mehreren Mikrogramm pro m<sup>3</sup>, werden folgende vorsorgliche Massnahmen zur Reduktion der Raumluftbelastung empfohlen:

- Mit häufigem Stosslüften die Lüftung des Raumes intensivieren;
- Die Räume häufiger reinigen, um den belasteten, sedimentierten Staub zu entfernen;
- In den Bauakten einen Vermerk über die Belastung anbringen und die Untersuchungsergebnisse verfügbar halten;

- Prüfen, ob eine aus bautechnischen Gründen für später anstehende Erneuerung der Fugendichtungsmassen aufgrund der Raumlufbelastung vorzeitig in Angriff zu nehmen ist. Bei einer Güterabwägung, allenfalls unter Einbezug der Behörden, sollten neben den technischen und finanziellen Aspekten auch die Sensibilität der empfindlichsten Nutzerinnen und Nutzer berücksichtigt werden.

Dieselben Massnahmen sind vorübergehend auch dann zu treffen, wenn aus betrieblichen Gründen eine Sanierung von Innenräumen mit zu hohen Raumlufbelastungen nicht unmittelbar nach Feststellung derselben durchführbar ist.

## **7 Vorgehen zur Sanierung von PCB-haltigen Fugendichtungsmassen**

### **7.1 Sofortmassnahmen**

Weisen die Resultate von Innenraumlufmessungen darauf hin, dass Sofortmassnahmen (z.B. vermehrte Lüftung und Reinigung, allenfalls Nutzungseinschränkungen) ergriffen werden müssen, empfiehlt sich, diese mit den zuständigen Behörden des Kantons abzusprechen und in geeigneter Weise den Gebäudenutzern zu kommunizieren.

### **7.2 Planung der Schutzmassnahmen und der Entsorgung**

Ist gemäss Kapitel 6 aufgrund der ermittelten Gefährdung eine Sanierung von PCB-haltigen Fugendichtungsmassen erforderlich, sollte der Gebäudeeigentümer im Rahmen der Planung auch die Schutzmassnahmen und die sachgemässe Entsorgung festlegen. Dazu sind die in Kapitel 9 und Anhang 7 aufgeführten Elemente in übersichtlichen Plänen und Schemata darzustellen (umfassend vor allem Untersuchungsergebnisse, Sanierungsziele, Bau- und Schutzmassnahmen, Entsorgungskonzept). Dies gilt auch für einen Umbau, in dessen Rahmen PCB-belastete Fugendichtungsmassen in später wieder genutzten Räumen entfernt werden müssen.

Im Rahmen des Sanierungsprojektes sind auch Abklärungen über weitere primäre und sekundäre PCB-Quellen im Gebäude durchzuführen und entsprechende Massnahmen vorzuschlagen. Andere primäre PCB-Quellen können beispielsweise Farbanstriche oder Lackierungen von Beton-, Metall- oder Holzbauteilen, Deckenplatten (z. B. Wilhelmi-Schallschutzdeckenplatten) sowie undichte Kleinkondensatoren in Vorschaltgeräten von Leuchtstofflampen oder Kondensatoren in Blindstromkompensationsanlagen sein. Bodenbeläge, Wandanstriche, Tapeten, Mobiliar und andere Einrichtungsgegenstände können infolge der langen Exposition PCB aus der Raumluf aufgenommen haben und zu Sekundärquellen von PCB geworden sein.

Analysen der PCB-Belastungen von mutmasslichen Sekundärquellen und die Beurteilung von deren Emissionsrelevanz sind insbesondere bei Gebäuden erforderlich, in deren Innenraumluf PCB-Konzentrationen gemessen wurden, die über dem Richtwert ( $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$  für Daueraufenthalt bzw.  $6 \mu\text{g}/\text{m}^3$  für Tagesaufenthalt) liegen. Soweit keine übermässige PCB-Belastung der Innenraumluf vorliegt oder zu erwarten ist, sind keine Abklärungen über PCB-Sekundärquellen erforderlich.

### **7.3 Prüfung der Schutz- und Entsorgungskonzepte**

Die zuständige Behörde soll prüfen, ob die eingereichten Unterlagen vollständig sind und die vorgeschlagenen Massnahmen die Anforderungen erfüllen. Es empfiehlt sich, im Rahmen der Projektprüfung die kantonale Koordinationsperson und allenfalls weitere Fachstellen (Umweltschutz, Arbeitssicherheit, Gesundheitsschutz) einzubeziehen.

## 7.4 Durchführung der Sanierung

Das Entfernen von PCB-haltigen Fugendichtungsmassen und die erforderlichen Reinigungsarbeiten haben mit geeigneten Arbeitsmethoden und -geräten sowie unter Beachtung der Schutzmassnahmen gemäss Anhang 7 zu erfolgen. Es sind nur Firmen damit zu beauftragen, die über das qualifizierte Fachpersonal sowie über die erforderliche Ausrüstung verfügen. Die beauftragte Firma hat dafür zu sorgen, dass alle Arbeitskräfte mit den auftretenden Gefahren, mit den einzuhaltenden Schutzmassnahmen und mit dem sachgemässen Umgang mit den anfallenden Abfällen vertraut sind.

Während der Durchführung von Sanierungsarbeiten ist weder die Freisetzung von PCB in die Innenraumluft, noch das Lüftungs- und Temperaturregime vergleichbar mit der Situation bei normaler Raumnutzung. Für die Beurteilung der PCB-Exposition von Nutzerinnen und Nutzern können daher Messungen der Innenraumluft während der Sanierung nicht direkt herangezogen werden. Sie können jedoch im Rahmen einer Probesanierung sinnvoll sein, um beurteilen zu können, ob die getroffenen Massnahmen zum Schutz vor PCB-haltigen Stäuben und Gasen ausreichen oder optimiert werden können.

Die Trennung der Abfälle und deren Entsorgung hat gemäss dem Entsorgungskonzept Kapitel 9 zu erfolgen. Auf Verlangen der zuständigen Stelle ist die Art der erfolgten Entsorgung nachzuweisen (Entsorgungsnachweis).

Die beauftragten Firmen sorgen dafür, dass die Bauherrschaft nach Abschluss der Arbeiten einen sachdienlichen Rapport über die ausgeführten Arbeiten erhält.

## 7.5 Überwachung und Abnahme der Sanierungsarbeiten

Die zuständige Behörde soll für eine ausreichende Überwachung der Arbeiten sorgen. Diese erstreckt sich vor allem über:

- die fachgerechte Arbeitsausführung und die sachgemässe Entsorgung unter Einhaltung der erforderlichen Schutzmassnahmen;
- die Beurteilung allfälliger Kontrollmessungen.

Für die Bauherrschaft empfiehlt es sich, eine unabhängige Fachperson mit der Kontrolle der Arbeitsausführung und mit den erforderlichen Abnahmen von Arbeitsschritten zu beauftragen (sog. Fremdkontrolle). Vor allem ist die sachgemässe und vollständige Entfernung der Fugendichtungsmassen zu kontrollieren und gegenüber der zuständigen Behörde zu bestätigen, bevor die freigelegten Fugen neu abgedichtet werden.

Müssen während der Ausführung wichtige Massnahmen weggelassen oder zusätzlich ergriffen werden, ist die zuständige Behörde vorgängig zu informieren.

Nach Abschluss der Sanierungsarbeiten sollen die Räume während mindestens vier Wochen normal genutzt und anschliessend eine Kontrollmessung der PCB-Belastung in der Innenraumluft durchgeführt werden (vgl. Anhang 6).

Nach erfolgreichem Abschluss der Sanierungsarbeiten, dokumentiert mit einem Bericht der beauftragten Fachperson, nimmt die zuständige Behörde auf Ersuchen der Gebäudebesitzer Stellung zu den erfolgten Sanierungsarbeiten.

Sie verfügt Nutzungseinschränkungen bzw. Betriebsauflagen oder weitergehende Sanierungsmassnahmen, falls dies aufgrund der verbleibenden PCB-Belastung angezeigt ist und der Gebäudebesitzer solche nicht von sich aus festlegt.

## **7.6 Dokumentation einer verbleibenden Belastung**

Ist eine vollständige Entfernung der belasteten Fugendichtungsmassen (d.h. zu wesentlich mehr als 90%) aufgrund der speziellen Situation in einem konkreten Fall nicht möglich und müssen daher bei späteren Umbau- oder Rückbauarbeiten Massnahmen im Sinne dieser Richtlinie getroffen werden, ist in den Bauakten ein entsprechender Vermerk anzubringen. Zur Gewährleistung eines sachgerechten Umganges zu einem viel späteren Zeitpunkt sollte die zuständige kantonale Behörde einen Eintrag ins Grundbuch verlangen, falls dazu eine klare rechtliche Grundlage in der kantonalen Baugesetzgebung vorhanden ist.

## **8 Rückbau von Gebäuden mit PCB-haltigen Fugendichtungsmassen**

Grössere Bauten, deren Bauweise das Vorhandensein von dauerelastischen Fugendichtungsmassen, eingebracht im Zeitraum zwischen 1955 und 1975, im Aussen- und/oder im Innenbereich vermuten lassen, dürfen nur rückgebaut werden, wenn durch Abklärungen die Belastung der Fugendichtungsmassen mit PCB vorgängig ermittelt ist (s. Kap. 5). Vor Inangriffnahme der Rückbauarbeiten ist ein Entsorgungskonzept gemäss Kapitel 9 zu erarbeiten. Grundlage dazu liefert eine detaillierte Rückbauplanung im Sinne eines Sanierungsprojektes (Abschnitt 7.2), das alle erforderlichen baulichen Vorkehren und die zu treffenden Schutzmassnahmen enthält.

Auf Verlangen der zuständigen Behörde ist die Rückbauplanung zusammen mit den Schutz- und Entsorgungskonzepten zur Genehmigung einzureichen und nach Abschluss der Arbeiten die Art der erfolgten Entsorgung nachzuweisen.

Das Entfernen von PCB-haltigen Fugendichtungsmassen hat mit geeigneten Arbeitsmethoden und -geräten sowie unter Beachtung der Schutzmassnahmen gemäss Anhang 7 zu erfolgen. Es sind nur Firmen damit zu beauftragen, die über das qualifizierte Fachpersonal sowie über die erforderliche Ausrüstung verfügen.

## **9 Entsorgungskonzept**

Das Entsorgungskonzept muss (gemäss SIA Empfehlung 430, Entsorgung von Bauabfällen) die erforderlichen Massnahmen für den Umgang mit allen anfallenden Abfällen festlegen. Es muss vor Inangriffnahme von Erneuerungs- oder Sanierungsarbeiten an PCB-haltigen Fugendichtungen und vor Beginn eines Um- oder Rückbaus von Gebäuden mit PCB-haltigen Fugendichtungsmassen vorliegen. Die Trennung der Abfälle ist gemäss den in Anhang 7 vorgegebenen Abfallkategorien zu planen.

Der für die Bau- oder Rückbaubewilligung zuständigen Behörde wird empfohlen, dieses Entsorgungskonzept als Bestandteil der Gesuchsunterlagen auf seine Übereinstimmung mit den Regelungen dieser Richtlinie zu überprüfen.



## Anhang 1 Rechtliche Rahmenbedingungen

---

Unter <http://www.admin.ch/ch/d/sr/sr.html> können die Gesetzestexte mit den offiziellen Abkürzungen im Wortlaut abgerufen werden

### Vorschriften des Bundes zum Schutze der Umwelt

Auf Bundesebene steht das **Umweltschutzgesetz (USG)** im Vordergrund, das einen umfassenden Schutz vor schädlichen oder lästigen Einwirkungen (auch künftiger) anstrebt (Art. 1 USG).

Artikel 6 USG beauftragt die Behörden, die Öffentlichkeit sachgerecht über den Umweltschutz zu informieren und Massnahmen zur Verminderung von Umweltbelastungen zu empfehlen.

Im Rahmen der Vorsorge sind gemäss Art. 11 USG Emissionen so weit zu begrenzen, als dies technisch und betrieblich möglich und wirtschaftlich tragbar ist. Sofern in Verordnungen keine Begrenzungen erfolgten, kann die Behörde gestützt auf das USG Begrenzungen verfügen (Art. 11 und 12 USG). Sie kann vor allem dann von dieser Kompetenz Gebrauch machen, wenn aufgrund neuer Erkenntnisse die konkrete Gefahr erkannt wird, dass schädliche Einwirkungen erfolgen könnten.

Zum Schutze der Umwelt sind beim Umgang mit PCB-haltigen Fugendichtungsmassen vor allem die Vorschriften der Abfallgesetzgebung (**USG**, Technische Verordnung über Abfälle **TVA**, Verordnung über den Verkehr mit Sonderabfällen **VVS**<sup>1</sup>) zu beachten. Die bei Erneuerungen sowie bei Um- oder Rückbauten von Fugendichtungen entstehenden Abfälle sind gemäss Art. 31c USG vom Inhaber sachgerecht zu entsorgen. Nach Vorschriften der TVA und der VVS muss dieser abklären, ob beim baulichen Eingriff mit Sonderabfällen zu rechnen ist, die separat zu erfassen und zu entsorgen sind.

Eine sachgerechte Entsorgung umfasst insbesondere die erforderliche Trennung der einzelnen Abfälle (Art. 9 TVA) und ein Verbot der Vermischung (Art. 10 TVA) verschiedener Abfälle, damit diese anschliessend entsprechend ihren jeweiligen Eigenschaften einer geeigneten Verwertung (Art. 12 TVA), einer Verbrennung in einer gut ausgerüsteten KVA (Art. 11 und 40 TVA), einer Hochtemperaturverbrennung (Art. 41 TVA) oder einer Ablagerung (Art. 32 sowie Anhänge 1 und 2 TVA) zugeführt werden können.

PCB-haltige Fugendichtungsmassen sind Sonderabfälle. Es gelten somit die Vorschriften über den Verkehr mit Sonderabfällen (VVS). Der Inhaber von Sonderabfällen muss insbesondere folgendes beachten:

- er darf Sonderabfälle nicht mit anderen Abfällen vermischen;
- er darf Sonderabfälle nur an einen Empfänger abgeben, der zur Entgegennahme berechtigt und bereit ist;
- er muss einen Begleitschein ausfüllen, die Sonderabfälle zum Transport kennzeichnen und alle erforderlichen Angaben zu den Sonderabfällen weitergeben.

Artikel 46 USG gibt der Vollzugsbehörde die gesetzliche Grundlage, um die Inhaber von Abfällen zu den für den Vollzug erforderlichen Abklärungen zu verpflichten. Darauf abgestützt kann die Behörde verlangen, dass Abklärungen über die PCB-Belastung der Fugendichtungsmassen in Bauten rechtzeitig durchgeführt werden. Diese Bestandesaufnahme kann als Voraussetzung dafür angesehen werden, dass die Behörde ihre Kontroll- und Überwachungsaufgaben ausführen können.

---

<sup>1</sup> Wird im Rahmen einer Gesamtrevision abgelöst durch die Verordnung über den Verkehr mit Abfällen (VeVA)

Artikel 28 USG sowie Artikel 9 der Stoffverordnung (**StoV**) verlangen, dass mit Stoffen nur so umgegangen werde, dass sie, ihre Folgeprodukte oder Abfälle die Umwelt oder mittelbar den Menschen nicht gefährden können. Dabei werden als "Umgang" alle Tätigkeiten verstanden, die im Zusammenhang mit dem gesamten Lebenszyklus von Stoffen, Organismen oder Abfällen stehen (Art. 7 USG). Die Tatsache, dass Artikel 29 USG explizit chlorhaltige organische Verbindungen, die sich in der Umwelt anreichern können, als Stoffe anführt, die bei Regelungen zum Schutze der Umwelt und mittelbar des Menschen im Vordergrund stehen, ist ein Hinweis für die Vollzugsbehörde, bei diesen Stoffen besondere Sorgfalt anzuwenden. In Übereinstimmung damit sind übrigens PCB im Anhang 1 der Verordnung über die Unfallversicherung UVV als Stoffe aufgeführt, die schädigend sind und Berufskrankheiten verursachen können.

## Vorschriften zum Schutze der Gesundheit

### ..... von Gebäudenutzern

Schadstoffe, die aus Baumaterialien oder anderen Quellen in Gebäuden in die Innenraumluft austreten, können die Gesundheit der Raumnutzer bzw. Bewohner unmittelbar beeinträchtigen oder gefährden. Klare, generell geltende gesetzliche Grundlagen zur Verhinderung solcher Gesundheitsschäden durch belastete Innenraumluft fehlen. Heute geltende Vorschriften und Normen regeln lediglich Teilaspekte, wie z.B. die maximale Arbeitsplatzkonzentrationen beim Umgang mit gefährlichen Stoffen, Baunormen, Lüftungsnormen, etc.. Zur Zeit gibt es keine für den nichtberuflichen Bereich gültige verbindliche Grenzwerte für Schadstoffe in Innenräumen und auch keine Emissionsgrenzwerte für Materialien, Produkte und Gegenstände, welche die Innenraumluft belasten könnten.

Im Rahmen der parlamentarischen Beratungen des neuen Chemikaliengesetzes (**ChemG**) erhielt aber das Bundesamt für Gesundheit (BAG) den Auftrag, die Öffentlichkeit über Schadstoffe in der Innenraumluft zu informieren und Empfehlungen zur Vermeidung problematischer Belastungen abzugeben (Art.29 ChemG). Mit Verweis auf bestehende Vorschriften, auf die Bezug zu nehmen ist, sowie mit der Bestimmung von einzuhaltenden Richtwerten kommt das BAG diesem Auftrag nach.

Gesundheitsbasierte, d.h. toxikologisch/umweltmedizinisch abgeleitete Richtwerte werden in der Regel so festgelegt, dass bei deren Einhaltung eine gesundheitliche Gefährdung ausgeschlossen ist oder das gesundheitliche Risiko in einem akzeptablen Bereich bleibt. Als bisher prominentestes Beispiel lässt sich der Richtwert für Formaldehyd in Wohn- und Aufenthaltsräumen („Grenzwert-Empfehlung“  $0.1 \text{ ppm/m}^3$ ) anführen. Ein solcher Richtwert hat für sich keine Rechtsverbindlichkeit. Er kann aber für eine Beurteilung in einem konkreten Fall herangezogen werden, wenn allgemein gültige Bestimmungen in Gesetzen oder Verordnungen direkt auf den Schutz der Gebäudenutzer Bezug nehmen.

Zum Schutz von Gebäudenutzern empfiehlt das BAG einen Richtwert (Jahresmittelwert) von  $6 \mu\text{g PCB pro m}^3$  Raumluft für Räume mit Tagesaufenthalt, der nicht überschritten werden sollte (siehe Kapitel 6 sowie für Details und zur Herleitung des Richtwertes: Anhang 3).

Die Verordnung 3 zum Arbeitsgesetz (Gesundheitsvorsorge, **ArGV 3, 822.113**) hält fest, dass der Arbeitgeber alle Massnahmen treffen muss, die nötig sind, um die physische und psychische Gesundheit der Arbeitnehmer zu gewährleisten (Art. 2). Er muss insbesondere dafür sorgen, dass die Gesundheit nicht durch schädliche und belastigende physikalische, chemische und biologische Einflüsse beeinträchtigt wird.

Art. 11, Absatz 2 verlangt, dass Baumaterialien zu verwenden sind, die nicht zu Gesundheitsbeeinträchtigungen führen. Für die Beurteilung der Arbeitsplatzbedingungen ist der Stand der Technik massgebend – der vorsorgliche Gesundheitsschutz geht über die Einhaltung von MAK-

Werten (siehe unten) hinaus. Dies ist insbesondere für die Beurteilung von nicht-industriellen Arbeitsplätzen im Büro- und Dienstleistungsbereich, in Kindergärten, Schulen etc. von Bedeutung. Dabei können auch Richtwerte für Innenraumluft, die im Hinblick auf den Gesundheitsschutz der Allgemeinbevölkerung abgeleitet worden sind, herangezogen werden. Verantwortlich für den Gesundheitsschutz und die zu treffenden Massnahmen sind die Arbeitgeber. Die Behörden (z.B. kantonale Industrie- und Gewerbeämter) können von diesen (gemäss Art. 3) als verhältnismässig beurteilte Massnahmen zur Gesundheitsvorsorge verlangen.

In vielen **kantonalen Baugesetzen** ist der Grundsatz festgehalten, dass ein Gebäude das Leben und die Gesundheit von Gebäudenutzern nicht gefährden darf. Zudem müssen Gebäude nach den Regeln der Baukunst (Stand der Technik) erstellt werden. Einige fordern auch, dass gesundheitsverträgliche Materialien verwendet werden müssen, ohne dass dies weiter konkretisiert wird. Der eigentliche Vollzug der baugesetzlichen Regelungen findet mit der Erteilung der Baubewilligung statt.

#### ..... **Arbeitnehmerschutz**

Das Unfallversicherungsgesetz (**UVG**) enthält auch generelle Vorschriften zur Verhütung von Unfällen und Berufskrankheiten. Die zugehörige Verordnung über die Verhütung von Unfällen und Berufskrankheiten (**VUV**) konkretisiert diese Vorschriften, die beim Umgang mit PCB-haltigen Fugendichtungsmassen zu beachten sind. Die in dieser Richtlinie beschriebenen arbeitshygienischen Schutzmassnahmen (s. Anhang 9) stützen sich vor allem auf diese Grundlagen ab.

Die Verordnung über die Verhütung von Unfällen und Berufskrankheiten (VUV) verlangt unter Artikel 3 vom Arbeitgeber, dass er zur Wahrung der Arbeitssicherheit alle Anordnungen und Schutzmassnahmen treffen muss, die ... "den anerkannten sicherheitstechnischen und arbeitsmedizinischen Regeln entsprechen". Darüber hinaus verlangt sie eine Reihe weiterer Massnahmen:

- Der Arbeitgeber hat den Arbeitnehmern zumutbare persönliche Schutzausrüstungen zur Verfügung zu stellen, wenn Unfall- und Gesundheitsgefahren durch technische oder organisatorische Massnahmen nicht oder nicht vollständig ausgeschlossen werden können (Art. 5 VUV);
- Der Arbeitgeber hat dafür zu sorgen, dass die Arbeitnehmenden über die bei ihren Tätigkeiten auftretenden Gefahren informiert und über die Massnahmen zu deren Verhütung angeleitet werden (Art. 6 VUV);
- Arbeiten mit besonderen Gefahren dürfen vom Arbeitgeber nur Arbeitnehmern übertragen werden, die dafür entsprechend ausgebildet sind;
- Der Arbeitgeber hat Spezialisten der Arbeitssicherheit beizuziehen (Art. 11a VUV).

Zum Schutze der Arbeitnehmenden sind in Richtlinien der Eidg. Koordinationskommission für Arbeitssicherheit (**EKAS**; [www.ekas.ch](http://www.ekas.ch)) generelle Anforderungen an Arbeits- und Schutzausrüstung sowie an Abläufe festgelegt, die bei Arbeiten mit PCB-haltigen Fugendichtungsmassen zu beachten sind. Die SUVA erlässt Richtlinien über maximale Arbeitsplatzkonzentrationen gesundheitsgefährdender Stoffe (Art 50 VUV). Die maximale Arbeitsplatzkonzentration (**MAK-Wert**) für PCB ist auf  $1 \text{ mg/m}^3$  für PCB-Gemische niedrigen Chlorierungsgrades (Chlorgehalt 42%) bzw. auf  $0.5 \text{ mg/m}^3$  für PCB mittleren Chlorierungsgrades (Chlorgehalt 54%) festgelegt. Mit den in der hier vorliegenden Richtlinie vorgeschlagenen Schutzmassnahmen lässt sich dieser MAK-Wert problemlos einhalten.

## Anhang 2 Grundlagen Fugendichtungen und PCB

---

### Fugen und ihre Abdichtung

Zwischen Gebäude- oder Bauteilen werden Fugen ausgebildet, die Dimensions-, Form- und Lageveränderungen dieser Teile sowie Herstellungs- und Ausführungstoleranzen aufnehmen. Solche Fugen sind vor allem erforderlich zwischen einzelnen Betonelementen, zwischen Beton- und Fenster- oder anderen Fertigelementen sowie bei Anschlüssen von Böden an Wänden oder bei Rohrdurchführungen durch Decken und Wände. In der Baupraxis werden verschiedene Begriffe für die Bewegungsfugen je nach deren Ausbildung und Funktion verwendet (siehe Kasten und Fotos als Beispiele weiter unten). Anzutreffen sind auch Scheinfugen (Sollbruchstellen in einem Bauteil, aus denen beim Auftreten von Spannungen eine durchgehende Bewegungsfuge entstehen kann) und Fugen, die eigentlich gar keine richtigen Fugen sind und aus rein ästhetischen Überlegungen angelegt wurden.

Dauerelastische Fugenabdichtungen haben die Aufgabe, das Eindringen von Wasser, Wasserdampf oder Luft zu verhindern. Dies kann mit Fugendichtungsmassen oder mit Profildichtungen (zusammengedrückte Dichtungen, einbetonierte Bänder, geklebte Membranen) erfolgen. Dimensionierung und Materialeigenschaften der Abdichtungen müssen gewährleisten, dass diese auch langfristig den auftretenden Beanspruchungen standhalten. Die wichtigsten Beanspruchungen ergeben sich durch:

- Bewegungen infolge von Begehen, Befahren, Nutzen
- Temperaturänderungen und Winddruck
- stehendes oder fliessendes Wasser
- Sonneneinstrahlung (Materialausdehnungen) und
- chemische Einflüsse.

Die hier folgenden Ausführungen betreffen die Fugendichtungsmassen, die meist von spezialisierten Firmen nach dem Rohbau bzw. nach der Montage von Bauteilen als plastische Masse so eingebracht werden, dass sie lückenlos an die angrenzenden, ihrerseits dichten Bauteile anschliessen und nach einem bestimmten Abbinde-Zeitraum voll beansprucht werden können, ohne Schaden zu nehmen.

### PCB in Fugendichtungsmassen

Zur Erleichterung der Verarbeitung und zur Gewährleistung der Dauerelastizität wurden in den Jahren 1955 bis 1975 den Fugendichtungsmassen PCB in Konzentrationen bis 45 % beige-mischt. Weil dies meist durch den Verarbeiter direkt auf der Baustelle erfolgte, ist vor allem bei grösseren Gebäuden, bei denen Fugendichtungsmassen auch in grösseren Mengen verarbeitet wurden, mit PCB-Belastungen zu rechnen. Bei kleineren Gebäuden wurden eher originalverpackte, PCB-freie Produkte verwendet.

Die Zumischung von PCB als Weichmacher zu Dichtungsmassen verschiedenen Typs (eines der wichtigsten Produkte war ein Polysulfidkunstharz mit Handelsnamen "Thiokol") erfolgte in unterschiedlichen Dosierungen. Dementsprechend variieren in alten Fugendichtungsmassen die PCB-Konzentrationen sehr stark.

Bei fast der Hälfte der in der Schweiz im Rahmen der Untersuchungskampagne 2001 untersuchten Gebäude wurden PCB-haltige Fugendichtungsmassen festgestellt. Bei etwa 50 % der dabei ermittelten PCB-Belastungen der Fugendichtungsmassen handelt es sich um Konzentrationen im ppm- bis Promille-Bereich. Solche Verunreinigungen haben in der Regel praktisch keinen Einfluss auf die Luftbelastung in einem geschlossenen Raum. Zur gewünschten Veränderung der Produkteigenschaften wurden PCB im Prozentbereich zugesetzt. Bei rund 20% der untersuchten Fugenproben wurden PCB-Gehalte von mehr als 10% ermittelt, bei einigen wenigen gar Gehalte über 30%.

## Bewegungsfugen

### *Joints de dilatation*

Fugen zwischen Gebäude- oder Bauteilen zur Aufnahme von Dimensions-, Form- oder Lageveränderungen dieser Teile, sowie zum Ausgleich von Herstellungs- und Ausführungstoleranzen.

Zu den Bewegungsfugen gehören (u.a.)<sup>1</sup>:



### **Gebäudetreiffuge**

*Joint de séparation entre bâtiments  
(Joint de coupure)*

Fuge zwischen Bauwerken oder Bauwerksteilen, deren Auflager ebenfalls durch eine Fuge getrennt sind.



### **Anschlussfuge**

*Joint de raccordement*

Fuge zwischen (bezüglich Material und/oder Funktion) unterschiedlichen Bauteilen, z. B. Anschlüsse an Wände, Türzargen, Fenster, Rohre, Säulen usw.



### **Bauteilfuge**

*Joint entre éléments*

Fuge zwischen gleichartigen (in Material oder Funktion) Bauteilen.

*(in der Praxis u.U. schwer zu unterscheiden von **Arbeitsfugen**, die sich durch einen Arbeitsunterbruch ergeben und die ohne Fugeneinlage ausgebildet werden, sofern das später eingebrachte Material nicht kraftschlüssig mit dem bereits eingebrachten verbunden wird.)*



### **Schwindfuge**

*Joint de retrait*

Durch eine Fugeneinlage ausgebildete Fuge in Ort beton zur Verhinderung der Rissbildung infolge Schwindens.

1) Definitionen gemäss SIA Empfehlung V 274 "Fugendichtungen in Bauwerken". Die aufgeführten Beispiele sollen das Auffinden der vorhandenen, am Bau ohne Pläne zum Teil schwer zu unterscheidenden Fugen erleichtern.

Gemäss heutigem Kenntnisstand wurden in der Schweiz vorwiegend in folgenden Bauwerken PCB-haltige Fugendichtungsmassen eingesetzt:

- in grösseren Hochbauten der Zeitperiode 1955 - 1975, die in Skelett- oder Elementbauweise erstellt wurden; dies sind einerseits öffentliche Gebäude wie Schulhäuser, Turn- und Schwimmhallen, Spitäler, Altersheime, Verwaltungsgebäude, etc., andererseits sind aber auch grössere Wohn- und Geschäftshäuser sowie Industrie- und Gewerbebauten in dieser Art gebaut worden;
- in Tiefbauten wie Tunnel, Brücken, Freiluftschwimmbecken, Kläranlagen und Bauten des Militärs.

Wie die bis heute durchgeführten Untersuchungen zeigen, sind PCB im Hochbau sowohl in Fugendichtungsmassen im Gebäudeinneren wie auch in der Gebäudeaussenhülle etwa gleichermaßen verwendet worden.

### Eigenschaften von PCB

Bei den polychlorierten Biphenylen PCB handelt es sich um synthetisch hergestellte Gemische chlorierter aromatischer Kohlenwasserstoffe. Deren vielfältige physikalische Eigenschaften ermöglichten einerseits den Einsatz für unterschiedliche Verwendungszwecke (siehe Kästchen), bestimmen andererseits aber auch deren problematisches Verhalten in der Umwelt.

#### Eigenschaften der PCB:

- bei Raumtemperatur farblose bis gelbe Flüssigkeiten
- extrem niedrige elektrische Leitfähigkeit
- gute Wärmeleitung
- gute chemische und thermische Stabilität bzw. Alterungsbeständigkeit,
- sehr niedrige Wasserlöslichkeit
- gute Löslichkeit in apolaren Lösungsmitteln, Öl und Fett
- geringe Flüchtigkeit und Entflammbarkeit
- sehr geringe biologische Abbaubarkeit
- Beständigkeit in der Atmosphäre
- ausgeprägte Bioakkumulation

#### Einsatz der PCB:

(ab 1929 bis gegen 1990 hergestellt, weltweit unter verschiedenen Markennamen wie Aroclor, Clophen, Fenoclor, Santotherm, etc vertrieben)

Wichtigste Anwendungen:

- als Dielektrikum in Transformatoren und Kondensatoren
- als Weichmacher und Flammenschutzmittel in dauerelastischen Dichtungsmassen, in Kabelisolationen und anderen Kunststoffen
- in Korrosionsschutzanstrichen, Farben und Lacken
- als Hydraulik-, Schneide- und Schmieröle

Die Gefährlichkeit von PCB für Mensch und Umwelt zeigte sich erst nach jahrzehntelangem Einsatz in einer Vielzahl von Produkten durch mehrere Vergiftungsfälle, bei denen Tausende von Personen betroffen waren. Aufgrund der Resultate umfangreicher Untersuchungen über die Toxikologie und Ökotoxikologie von PCB sowie über deren Verhalten in der Umwelt ist heute allgemein anerkannt, dass PCB in der Umwelt schlecht abbaubar sind, infolge ihrer chemisch-physikalischen Eigenschaften über atmosphärische Transportprozesse global verteilt werden, entlang von Nahrungsketten angereichert werden und bereits in geringen Konzentrationen in vielen Organismen chronische Schäden verursachen können. Aufgrund von tierexperimentellen Befunden wissen wir heute, dass PCB vielfältige toxische und biochemische Wirkungen hervorrufen. Diese umfassen immunologische und endokrine Effekte, Veränderungen des Leberstoffwechsels, Reproduktionsstörungen sowie neurotoxische und kanzerogene Wirkungen (Tumorpromotion).

Die wissenschaftlichen Erkenntnisse über die Gefährlichkeit der PCB veranlassten die OECD 1973 zur Empfehlung an die Mitgliedstaaten, den Einsatz von PCB auf geschlossene Systeme (z. B. Elektroanlagen) zu beschränken. In der Schweiz sind PCB als Inhaltstoffe von Produkten für offene Anwendungen seit 1972 verboten, seit 1986 ist jegliches Inverkehrbringen von PCB und PCB-haltigen Produkten verboten.

Grössere Mengen PCB befanden sich in geschlossenen Systemen wie Transformatoren, Schaltanlagen und Kondensatoren. Diese sind zum grössten Teil erfasst und entsorgt worden. Daneben befinden sich noch verschiedene langlebige Güter in Gebrauch, die PCB enthalten. So zum Beispiel Kleinkondensatoren von Elektrogeräten, Vorschaltgeräte von Leuchtstofflampen, Anstriche und Fugendichtungsmassen.

### **PCB-Emissionen aus Fugendichtungsmassen unter Normalbedingungen**

PCB sind als Weichmacher nicht fest an die Matrix der Fugendichtungsmassen gebunden, sondern müssen als im Kunststoff "gelöste" Stoffe betrachtet werden. Das heisst, dass PCB aus Fugendichtungsmassen durch Verdampfen in die Umgebungsluft entweichen oder durch Diffusion in die Anschlussbauteile migrieren können. Die Emissionsraten sind unter normalen Bedingungen jedoch sehr klein und dürften pro Jahr lediglich Bruchteile von Promillen der in den Dichtungsmassen enthaltenen PCB-Menge ausmachen.

Dennoch sind die PCB-Emissionen aus Fugendichtungen und anderen PCB-Quellen wie Farben und Lacken oder undichten Kondensatoren in Vorschaltgeräten von Leuchtstoffröhren grundsätzlich als problematisch anzusehen. Wenn PCB aus hochbelasteten Fugendichtungsmassen oder anderen Quellen über Jahre in die Innenraumluft eines Gebäudes entweichen, entstehen durch Kondensation auf kalten Materialoberflächen ursprünglich unbelasteter Bauteile Sekundärkontaminationen, die je nach Bedingungen (Raumklima, Sonneneinstrahlung, Luftwechsel und Jahreszeit) ihrerseits wiederum PCB in die Innenraumluft emittieren können. PCB adsorbieren auch an Staubpartikel und Aerosolen und können somit Depots in nicht zugänglichen Gebäudebereichen (Hohlräume, Ritzen etc.) bilden, die ebenfalls wieder PCB in die Raumluft abgeben können.

PCB-haltige Fugendichtungen zwischen Fassadenelementen in der äusseren Gebäudehülle werden infolge von Witterungseinflüssen sowie wegen thermischer oder mechanischer Beanspruchung der Fugenmasse über die Jahre in unterschiedlichem Masse in die Umwelt abgegeben. Dabei dürfte die PCB-Freisetzung vor allem durch Verflüchtigung gasförmiger PCB in die Luft und im Falle von Abrieb durch mechanische Beanspruchung oder Versprödung der Fugenmasse auch ein Eintrag von Partikeln in die Umwelt erfolgen. Die PCB-Verflüchtigung ist abhängig von der Temperatur der Gebäudefassade bzw. von der Intensität der Sonneneinstrahlung. Daher sind höhere Mobilisierungsraten von PCB aus Fugendichtungsmassen zu erwarten, wenn dunkel eingefärbte Fugendichtungsmassen in Aussenbauteilen bzw. dunkle Anschlussbauteile über lange Zeitintervalle intensiver Sonnenbestrahlung ausgesetzt sind und sich die Oberfläche dieser Bauteile weit über die Temperatur der Umgebungsluft erwärmt, wie dies beispielsweise an süd-exponierten Bauteilen vorkommt. Infolge ihrer sehr niedrigen Wasserlöslichkeit werden PCB kaum durch Kontakt von Meteorwasser mit den Fugendichtungsmassen in die Umwelt eingetragen.

### **PCB-Freisetzung aus Fugendichtungsmassen bei Umbau, Sanierung und Rückbau**

Ein Teil der in der Schweiz verarbeiteten PCB-haltigen Fugendichtungsmassen dürfte im Zuge von bautechnisch erforderlich gewordenen Erneuerungsarbeiten oder bei Um- und Rückbauten bereits entfernt worden sein. Der noch verbleibende Teil PCB-haltiger Fugendichtungsmassen, schätzungsweise mehr als die Hälfte der ursprünglich verbauten Menge, resp. rund 50-150 t, kann jedoch, vor allem bei unsachgemäßem Umgang, eine Gefahr für Umwelt und menschliche Gesundheit darstellen.

Aus PCB-haltigen Fugendichtungsmassen können bei Umbau-, Sanierungs- und Abbrucharbeiten besonders in folgenden Fällen Schadstoffe freigesetzt werden:

- bei der Entfernung von FDM mit elektromechanischen Geräten können PCB gasförmig und staubgebunden freigesetzt werden und zu hohen Belastungen der Umgebungsluft bzw. der betroffenen Räume oder des Bodens in Gebäudeumgebung führen;
- bei unsachgemässer Ablagerung oder beim Recycling von belasteten Bauabfällen können PCB in die Umwelt und über Wasser oder Luft in die Nahrungskette gelangen;
- bei unsachgemässer Verbrennung von PCB-haltigen Abfällen oder bei Hitzeeinwirkung können Luftbelastungen durch Dioxine und Furane entstehen.

### **Risiken bei Bränden**

Eine besondere Situation entsteht bei Bränden in Gebäuden, die PCB-haltige Fugendichtungsmassen oder andere PCB-haltige Materialien und Einrichtungen enthalten, z. B. Farbanstriche oder Kondensatoren in Vorschaltgeräten von Leuchtstofflampen. Je nach Art des Brandgutes und den jeweils vorherrschenden Abbrandbedingungen (Vollbrand oder Schwelbrand) können die Brandrückstände in unterschiedlichem Mass mit polychlorierten Dibenzodioxinen (PCDD) und Dibenzofuranen (PCDF) belastet sein. Untersuchungen mehrerer Brandfälle in öffentlichen Bauten in Deutschland (Flughafen, U-Bahnhof, Kunstmuseum, Klinikum, Gesamtschule und Kindertagesstätte) haben gezeigt, dass die Bildung von erhöhten Mengen an PCDD und PCDF insbesondere dann möglich ist, wenn Materialien mit PCB oder Chlorphenolen am Brand beteiligt waren. Es zeigte sich weiter, dass auch örtlich begrenzte Brandherde weite Gebäudeteile zum aufwendigen "Dioxin-Sanierungsfall" machen können.

### **Gesundheitsgefährdung**

*Für detailliertere Angaben zur Gesundheitsgefährdung vgl. Anhang 3 sowie Informationsblatt des BAG "Richtwert für PCB in der Innenraumluft",  
<http://www.bag.admin.ch/chemikal/gesund/d/pcb.htm>*

## **Anhang 3 Herleitung des Richtwertes für PCB in der Innenraumluft**

---

### **Beurteilung der Gesundheitsgefährdung durch PCB-belastete Innenraumluft**

Verschiedene Studien in den letzten Jahren weisen darauf hin, dass PCB-Belastungen im tiefen Dosisbereich geringfügige negative Einflüsse auf die geistige und sensomotorische Entwicklung von Kindern haben können. Verantwortlich für diese Wirkungen sind hauptsächlich die persistenten PCB, die sich in der Umwelt und der Nahrungskette anreichern. Sie werden schliesslich auch vom Menschen aufgenommen und reichern sich vor allem im Fettgewebe an. Bei diesen PCB handelt es sich um höherchlorierte Kongenere (Indikatorkongenere 138, 153, 180). Einige dieser persistenten Kongenere sind besonders giftig und weisen eine dioxin-ähnliche Wirkung auf. Sie werden daher heute zusammen mit Dioxinen und Furanen bei der Bewertung der Dioxinwirkungen von Nahrungsmitteln berücksichtigt.

Bei den PCB, welche in der Innenraumluft vorgefunden werden, dominieren hingegen die niedrigchlorierten Kongenere (Indikatorkongenere 28, 52, 101). Diese Kongenere zeigen ein anderes Verhalten als die höherchlorierten PCB: sie sind leichter flüchtig, werden in der Umwelt und in Organismen besser abgebaut und akkumulieren kaum im menschlichen Körper. Für die gesundheitliche Beurteilung von PCB-Gemischen in Innenraumluft wird angenommen, dass diese eine ähnliche Giftigkeit aufweisen wie ein (niedrigchloriertes) technisches Gemisch. Dabei sind im tiefen Dosisbereich die chronischen Wirkungen entscheidend.

### **Längerfristig tolerierbare tägliche Aufnahmemenge**

Ausgangspunkt für die vorliegende Bewertung des BAG von PCB-Innenraumbelastungen ist eine längerfristig tolerierbare Aufnahmemenge (TDI) für technische PCB-Gemische von 1 µg Gesamt-PCB pro Kilogramm Körpergewicht (KG) und Tag<sup>2</sup>. Bei dieser Aufnahmemenge sind auch bei lebenslanger Exposition keine nachteiligen Effekte zu erwarten. Obwohl sich die Zusammensetzung des Gemisches in der Innenraumluft von jener technischer Gemische unterscheidet (Verschiebung in Richtung niedrigchlorierte Kongenere), wird die Annahme getroffen, dass das Raumluftgemisch genauso giftig ist wie die technischen Gemische. Die heute vorliegenden Daten von wissenschaftlichen Untersuchungen zeigen generell eine höhere Toxizität bei Exposition gegenüber höherchlorierten Gemischen.

Die gesamte Aufnahme von PCB sollte im längerfristigen Mittel den TDI-Wert nicht überschreiten. Über die Nahrung werden heute täglich etwa 0.1 µg PCB/kg KG aufgenommen, wobei die Werte im Einzelfall höher liegen können. Für die Ableitung des Raumluftrichtwertes wurde festgelegt, dass längerfristig nicht mehr als die Hälfte des TDI, also maximal 0.5 µg/kg KG über die Luft in einem kontaminierten Gebäude aufgenommen werden soll. In belasteten Gebäuden kann eine Aufnahme auch über Hautkontakt mit Staub und kontaminierten Oberflächen sowie eine zusätzliche orale Aufnahme ("Hand-zu-Mund", z.B. bei Kleinkindern) erfolgen. Unter der Voraussetzung, dass wiederholter direkter Kontakt mit PCB-haltigen Fugen nicht stattfindet, dürfte die Aufnahme über Hautkontakt längerfristig deutlich geringer sein als die Aufnahme über Lebensmittel. Es verbleibt also noch eine gewisse Reserve bis zur Ausschöpfung des TDI.

---

<sup>2</sup> Dieser TDI-Wert wurde von verschiedenen Expertengremien abgeleitet, um gezielt Risikominde-  
rungsmassnahmen durchzuführen, darunter die amerikanische Nahrungsmittelbehörde FDA (1973),  
die Kanadische Gesundheitsbehörde (Health and Welfare Canada, 1983), das deutsche Umweltbun-  
desamt (1983) und die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG, 1988). Heute erfolgt die Bewertung  
von PCB-Lebensmittelkontaminationen über die Dioxinwirkungen (siehe Abschnitt 4).

## Berechnung der maximal tolerierbaren Raumlufkonzentration (PCB-Richtwert)

Da die massgebliche Bewertungsgrösse eine Dosis darstellt, kann über Annahmen zur Aufenthaltsdauer in PCB-belasteten Räumen die entsprechende maximal tolerierbare Raumlufkonzentration berechnet werden. Dabei bleibt die Perspektive eine langfristige; d.h. entscheidend sind die längerfristig gemittelten Aufenthaltszeiten und Raumlufkonzentrationen. Der TDI bezieht sich im Prinzip auf eine lebenslang gemittelte Exposition. Für die Innenraumbelastung soll aber die Mittelungszeit auf ein Jahr begrenzt sein (Jahresmittelwert).

Die *Aufenthaltszeiten* können je nach Gebäudenutzung sehr unterschiedlich sein, insbesondere im längerfristigen Mittel. Je länger die Aufenthaltszeit, desto tiefer muss die Konzentration sein, wenn die tägliche Aufnahmemenge von 0.5 µg/kg KG nicht überschritten werden soll. Für den Richtwert werden zwei Situationen unterschieden:

- Gebäude mit Tagesaufenthalt wie Schulen, Büroräume, öffentliche Gebäude etc., bei welchen eine mittlere Aufenthaltszeit von 8 Stunden pro Tag<sup>3</sup> erwartet werden kann;
- Gebäude, in welchen längerfristig mit Daueraufenthalt, d.h. mit mittleren Aufenthaltszeiten von bis zu 24 Stunden pro Tag gerechnet werden muss (wie Wohnungen in Wohngebäuden oder umgenutzten industriellen/gewerblichen Gebäuden (Lofts), Spitäler, Internate etc.)

Bei der Berechnung der aufgenommenen Dosis über die Atemluft ist zu berücksichtigen, dass bei nicht-reaktiven Umweltschadstoffen wie PCB ein Teil der in der eingeatmeten Luft enthaltenen Schadstoffmenge jeweils wieder ausgeatmet wird und somit nicht für eine Aufnahme in den Körper zur Verfügung steht. Es wird mit einer *Bioverfügbarkeit* von 75% gerechnet.

Für das *Körpergewicht* und die *durchschnittlichen Atemvolumen* werden Standardwerte eingesetzt: Gewicht 60 kg, Atemvolumen 20 m<sup>3</sup> pro 24 Stunden (mittlerer Wert bei 8 Stunden Ruhe und 16 Stunden leichter Aktivität). Mit 30 kg und 10 m<sup>3</sup> pro Tag (10-jähriges Kind) ergeben sich rechnerisch dieselben Aufnahmemengen pro Kilogramm Körpergewicht.

Mit den beschriebenen Annahmen wird die Ausschöpfung der Hälfte des TDI (0.5 µg Gesamt-PCB/kg KG) bei einer PCB-Raumlufkonzentration von 6 µg/m<sup>3</sup> (6'000 ng/m<sup>3</sup>) während 8 Stunden pro Tag beziehungsweise bei 2 µg/m<sup>3</sup> (2'000 ng/m<sup>3</sup>) bei Dauerbelastung von 24 Stunden pro Tag erreicht. Diese Richtwerte für PCB in der Innenraumluf sollten als *maximal tolerierbare Konzentrationen* angesehen werden. Dabei handelt es sich um Durchschnittskonzentrationen über einen längeren Zeitraum, d.h. kurzfristige Überschreitungen wie Spitzenbelastungen am späten Nachmittag eines heissen Sommertages (Materialerwärmung) können toleriert werden, wenn das langfristige Mittel unterhalb des Richtwertes liegt.

Tabelle 1: PCB-Richtwert für Innenraumluf (Erläuterungen siehe Text)

Mittlere Aufenthaltszeit im betroffenen Gebäude	Beispiele	PCB-Richtwert [Gesamt-PCB] (max. tolerierbare Raumlufkonzentration im Jahresmittel)
24 Stunden pro Tag	Wohnung, Spital, Altersheim etc.	2 µg/m <sup>3</sup>
8 Stunden pro Tag	Schulhaus, Kindergarten, Büro etc.	6 µg/m <sup>3</sup>

<sup>3</sup> gilt für 7 Tage pro Woche, d.h. 56 Stunden pro Woche (nicht 40 h wie z.B. bei MAK-Werten)

## Bewertung von PCB-Umweltbelastungen über die Dioxinwirkung

Einige PCB-Kongenere (so genannte coplanare Kongenere<sup>4</sup>) weisen dioxin-ähnliche Wirkungen auf, die für die toxikologische Beurteilung von PCB-Umweltkontaminationen von Bedeutung sind. Diese Kongenere werden wie andere höherchlorierte Kongenere in der Nahrungskette angereichert. Daher werden PCB in Lebensmitteln heute über ihre Dioxinwirkung bewertet, zusammen mit Dioxinen und Furanen. Dazu werden die Konzentrationen der dioxinähnlichen PCB-Einzelkongenere gemessen und mit einem Gewichtungsfaktor für die Dioxinwirkung (Toxizitätsäquivalenzfaktor, TEF) multipliziert. Die entsprechenden Toxizitätsäquivalente (TEQ) werden aufsummiert. Die WHO hat für die Bewertung von Dioxinen, Furanen und dioxin-ähnlichen PCB eine tolerierbare tägliche Aufnahme von 1 bis 4 Pikogramm TEQ/kg KG festgelegt. Dabei gilt der obere Wert von 4 pg/kg als Maximalwert („action level“) und der untere von 1 pg/kg als Zielwert („target level“). Die Europäische Kommission hat für die Bewertung von Nahrungsmitteln eine temporäre tolerierbare wöchentliche Aufnahme (temporary tolerable weekly intake, t-TWI) von 7 pg WHO TEQ/kg KG festgelegt. Dies entspricht dem Zielwert der WHO.

Die zuverlässige Bestimmung der coplanaren PCB in Innenraumlufte ist sehr aufwändig und anspruchsvoll. Die Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt (EMPA) hat im Auftrag des BAG entsprechende Raumlufte-messungen durchgeführt und diese mit der Messung des Gesamtgehaltes verglichen<sup>5</sup>. Damit lässt sich die Konzentration der dioxinähnlichen Kongenere in einem durch Fugendichtungsmassen belasteten Raum abschätzen: Pro 1'000 ng Gesamt-PCB/m<sup>3</sup> (berechnet als Summe der Indikatorkongenere\*5) werden in öffentlichen Gebäuden rund 1 pg TEQ/m<sup>3</sup> gemessen (Bereich 0.28 bis 1.04 pg TEQ/m<sup>3</sup>). Es kann somit gezeigt werden, dass bei der maximal tolerierbaren Raumlufte-konzentration die tägliche Aufnahme von dioxin-ähnlichen PCB über diese Raumlufte deutlich unterhalb von 1 pg TEQ/kg liegt: Bei einer Raumlufte-konzentration von 2 µg/m<sup>3</sup> (24h/d) werden rund 2 pg TEQ/m<sup>3</sup> (Bereich 0.56-2.08) erwartet. Bei einer Bioverfügbarkeit von 75%, Standard-Atemvolumen und -Körpergewicht errechnet sich eine tägliche Aufnahme von 0.5 pg TEQ/kg (Bereich 0.14-0.52). Dieselbe Aufnahme errechnet sich bei 6 µg/m<sup>3</sup> während 8h/d. Die dioxin-ähnlichen PCB liegen an Staubpartikeln gebunden vor. Längerfristig dominieren in der Innenraumlufte die feinen Partikel mit Durchmessern von <2.5 µm. Diese weisen wegen ihrer im Vergleich zur Masse grossen Oberfläche auch die höchsten relativen Konzentrationen an PCB auf. Bei den feinen Partikeln (<2.5 µm) werden nur etwa 20 bis 30 % der eingeatmeten Menge im Atemtrakt bzw. der Lunge deponiert. Mit dieser realistischeren Annahme zur Bioverfügbarkeit der dioxinähnlichen PCB errechnet sich eine tägliche Aufnahmemenge im Bereich von 0.04 bis 0.21 pg TEQ/kg.

Da die oralen Aufnahmemengen von Dioxinen bei Säuglingen und Kleinkindern bereits zu hoch liegen, ist im Prinzip jede weitere zusätzliche Belastung unerwünscht. Da die dioxin-ähnlichen PCB fast ausschliesslich staubgebunden vorliegen, kann diese Belastung durch regelmässige Reinigungsmassnahmen vermindert und gering gehalten werden.

---

<sup>4</sup> Bei coplanaren PCB sind die beiden Biphenylringe um die gemeinsame C-C Bindung frei drehbar und können sich planar (auf derselben Ebene) anordnen. Es handelt sich dabei um PCB Kongenere, die in *ortho*-Position entweder keinen oder höchstens einen Chlorsubstituenten tragen. Diese Kongenere weisen damit strukturelle Ähnlichkeit mit dem "Seveso-Dioxin" 2,3,7,8-TCDD auf.

<sup>5</sup> Die Ergebnisse dieser Arbeiten sind publiziert worden in: *Coplanar Polychlorinated Biphenyls (PCB) in Indoor Air*. Martin Kohler, Markus Zennegg, and Roger Waeber. Environ. Sci. Technol. 36 (22), pp. 4735 - 4740.

Tabelle 2: Vergleich der Beurteilungsansätze – TDI für technische Gemische versus TDI für Dioxinwirkungen

Konzentration in der Innenraumluf	Annahme für die Bioverfügbarkeit durch Inhalation	Tägliche Aufnahme	Ausschöpfung des TDI
2 µg Gesamt-PCB/m <sup>3</sup> (24h/d) bzw. 6 µg Gesamt-PCB/m <sup>3</sup> (8h/d)	75%	0.5 µg Gesamt-PCB pro kg Körpergewicht	50% des TDI für Gesamt-PCB (tech- nische Gemische)
entspricht:			
0.56-2.08 pg TEQ/m <sup>3</sup> (24h/d) bzw. 1.68-6.24 pg TEQ/m <sup>3</sup> (8h/d)	75% (wie oben)	0.14-0.52 pg TEQ/kg KG	14-52% des TDI für Dioxinwirkungen
	20-30% (Deposition Feinstaubpartikel im Atemtrakt)	0.04-0.21 pg TEQ/kg KG	4 - 21 % des TDI für Dioxinwirkungen

### Vergleich mit PCB-Richtlinien in Deutschland

In Deutschland hat die Arbeitsgemeinschaft der für das Bau-, Wohnungs- und Siedlungswesen zuständigen Minister der Länder (ARGEBAU) im Jahre 1994 eine *Richtlinie für die Bewertung und Sanierung PCB-belasteter Baustoffe und Bauteile in Gebäuden (PCB-Richtlinie)* publiziert. In dieser Richtlinie wurde ein **Interventionswert** für PCB in der Innenraumluf von **3 µg/m<sup>3</sup>** (3'000 ng/m<sup>3</sup>) sowie ein **Vorsorge- bzw. Sanierungsleitwert** von **0.3 µg/m<sup>3</sup>** für einen Daueraufenthalt von 24 Stunden pro Tag festgelegt (Annahmen: Ausschöpfung des TDI-Wertes von 1 µg/kg Körpergewicht zu 100 % für den Interventionswert, zu 10 % für den Vorsorgewert; Körpergewicht von 70 kg; Atemvolumen von 20 m<sup>3</sup>/Tag; vollständige Resorption der inhalierten PCB). Für kürzere mittlere Aufenthaltsdauer wird ein entsprechend höherer Interventionswert toleriert, also 9 µg/m<sup>3</sup> bei 8 h/Tag. Für die Umsetzung dieser Richtlinie sind die Bundesländer zuständig; einige haben diese Regelung baurechtlich so übernommen, während in anderen ein genereller Interventionswert von 3 µg/m<sup>3</sup> zur Anwendung kommt.

Raumluftkonzentrationen von bis zu 0.3 µg PCB/m<sup>3</sup> werden langfristig als unbedenklich angesehen; zwischen 0.3 und 3 µg PCB/m<sup>3</sup> wird verlangt, die Quelle der Verunreinigung aufzuspüren und unter Beachtung der Verhältnismässigkeit mittelfristig zu beseitigen. Bei langfristiger Exposition und Raumluftkonzentrationen über 3 µg PCB/m<sup>3</sup> ist – je nach täglicher Aufenthaltsdauer – eine Gesundheitsgefährdung nicht auszuschliessen. Deshalb sind unverzüglich Sanierungsmassnahmen zu treffen.

Die beschriebene Herleitung der deutschen Richtwerte beinhaltet aufgrund extrem konservativer Annahmen (lebenslange Exposition 24 h/Tag an 365 Tagen/Jahr, 100 % Resorption) einen erheblichen Sicherheitsabstand zum TDI-Wert. Ferner ist zu berücksichtigen, dass sich der TDI-Wert auf PCB-Gemische bezieht, die einen wesentlich grösseren Anteil von höher-chlorierten, toxikologisch als gefährlicher beurteilten PCB-Kongeneren enthalten als diejenigen, welche typischerweise in der Raumluft gemessen werden. Mehrere Untersuchungen haben gezeigt, dass auch bei hohen Raumluftbelastungen (bis 10 µg/m<sup>3</sup>) keine relevante Erhöhung der inneren Belastung betroffener Personen mit PCB resultiert. Es ist deshalb aus toxikologischer Sicht fraglich, ob ein derart tiefer Sanierungsleitwert von 0.3 µg PCB/m<sup>3</sup> für die Gesamt-PCB-Konzentration in der Raumluft gerechtfertigt ist.

*Für detailliertere Angaben zur Gesundheitsgefährdung sowie weiterführende Literaturangaben siehe Informationsblatt des BAG "Richtwert für PCB in der Innenraumluf", <http://www.bag.admin.ch/chemikal/gesund/d/pcb.htm>*

## Anhang 4 Probenahme von Fugendichtungsmassen

---

### Vorbereitungen

Vor der Probenahme sind Art und Vorkommen von dauerelastischen Fugendichtungen am gesamten Bau abzuklären. Dies geschieht am besten durch eine Begehung mit einer Baufachperson und durch Sichtung der Bauakten. Die wichtigsten Gebäudedaten sind zu erfassen und die spezifischen Voraussetzungen soweit zu umschreiben, als diese für eine Interpretation und eine Beurteilung der Analysenresultate erforderlich sind (s. Vorschlag für eine Checkliste "Gebäudedaten und spezifische Voraussetzungen bei der Probenahme von Fugendichtungsmassen und Innenraumlufte", Anhang 7, unter Abschnitt A).

Die mit der Probenahme beauftragte Fachperson hat sich mit dem Labor, das die Analysen durchführt, vorgängig bezüglich Messkonzept und Probenahme abzusprechen und die erforderlichen Schutzmassnahmen zu treffen.

### Entnahmeorte und Anzahl Proben

Aufgrund der Kenntnisse über die am Bau vorkommenden Fugendichtungen (Art der Konstruktion und Arbeitsvorgänge bei Erstellung des Bauwerkes) sowie aufgrund eines Augenscheins können die Probenahmeorte und die zu entnehmenden Proben so festgelegt werden, dass mit einer vertretbaren Anzahl Proben die Situation möglichst gut erfasst wird. Von jeder unterschiedenen Art von Fugendichtung sind repräsentative Proben zu entnehmen, damit mit genügender Sicherheit eine Belastung aller Fugendichtungsmassen ausgeschlossen werden kann, falls in keiner Probe PCB ermittelt wird. Massgebend zur Unterscheidung sind vor allem:

- Fugentypen entsprechend der Funktion (s. techn. Angaben in Anhang 2);
- Fugendichtungsmassen, die verschiedenen Arbeitsgattungen zugeordnet werden können oder von verschiedenen Unternehmern angebracht worden sein könnten (zum Beispiel bei etappenweiser Erstellung oder Vergabe grösserer Komplexe in Baulosen);
- Aussehen, Farbe, Konsistenz und Erscheinungsbild der Oberfläche: diese geben Hinweise auf unterschiedliches Alter, unterschiedliche Handwerker und damit auch auf evtl. unterschiedliche Mischungen, die separat zu beproben sind.

Sind grosse Mengen einer Fugenart (gleiche Funktion, gleiches Alter und Aussehen) im Gebäude vorhanden, z. B. über mehrere Stockwerke oder repetitiv in einer grossen Anzahl derselben Art Bauteile, sind pro Fugentyp mindestens zwei, evtl. auch mehrere Proben an unterschiedlichen Orten zu entnehmen.

### Entnahme der Probe

Die Fachperson entnimmt den Fugendichtungen mit Hilfe eines robusten Schneidwerkzeugs Proben von ca. 3 cm Länge, verpackt diese fachgerecht (Glasgefäss mit Schraubverschluss für jede einzelne Probe) und beschriftet sie in Übereinstimmung mit den Angaben im Probenformular. In diesem wird das Gebäude, die Situation (evtl. festgehalten durch Planskizzen und Fotos) sowie die speziellen Voraussetzungen und Bedingungen, unter denen die Probenentnahme erfolgte, beschrieben (s. vorgeschlagene Checkliste in Anhang 7, Abschnitt A, Gebäudedaten).

Damit keine Verschleppung von PCB zwischen den Proben vorkommen kann, ist die Klinge des Schneidwerkzeugs nach jeder Probenentnahme gründlich zu reinigen oder gegen eine neue auszutauschen. Auch die Einweg-Schutzhandschuhe (z. B. aus Latex) sind vor jeder Probenahme zu wechseln.

## Anhang 5 Analysen von PCB in Fugendichtungsmassen

---

### Qualifizierte Labors und Fachfirmen

Das BUWAL führt eine "Liste der Laboratorien und Fachfirmen, die Probenahmen und analytische Bestimmungen von polychlorierten Biphenylen (PCB) in Fugendichtungen durchführen". Diese wird jeweils aktualisiert, wenn sich Änderungen ergeben und ist abrufbar unter [http://www.umwelt-schweiz.ch/buwal/de/fachgebiete/fg\\_produkte/themen/pcb/index.html](http://www.umwelt-schweiz.ch/buwal/de/fachgebiete/fg_produkte/themen/pcb/index.html). Die dort aufgeführten spezialisierten Labors haben am Ringversuch "PCB-haltige Fugendichtungsmassen" teilgenommen <sup>1)</sup>. Sie sind in der Lage, die Analysen fachgerecht auszuführen.

### Probenaufbereitung

Vor der Aufarbeitung von Fugendichtungsproben sind die Randbereiche (sofern möglich je 1 bis 2 mm pro Seite) zu entfernen. Damit lassen sich Verschmutzungen entfernen, was mitunter wichtig sein kann, damit die Qualität der Analysen sowie deren Reproduzierbarkeit gewährleistet sind.

Die Probe ist in dünne Scheiben von ca. 0.5 mm Dicke oder in Würfel von ca. 0.5 bis 1 mm Kantenlänge zu schneiden und anschliessend mit einem Lösungsmittel-Extraktionsverfahren zu behandeln. Als geeignete Extraktionsmethoden erweisen sich Soxhlet und Ultraschallextraktion mit Lösungsmitteln wie Toluol, *n*-Hexan, Cyclohexan, *iso*-Octan oder einem azeotropen Gemisch aus *n*-Hexan/Aceton. Die Vollständigkeit der Extraktion ist mit einer Nachextraktion zu prüfen. Eine weitergehende Aufarbeitung der Extrakte ist in der Regel nicht nötig; allenfalls empfiehlt sich zur Schonung der gaschromatografischen Trennsäule eine einfache Reinigung des Extraktes über Silicagel oder Florisil.

Die Behandlung von Fugendichtungsproben mit Oleum (rauchende Schwefelsäure, die gelöstes Schwefeltrioxid enthält) oder konzentrierter Schwefelsäure (98%) hat sich nicht bewährt, da diese Aufarbeitungen im Vergleich mit den oben genannten Extraktionsmethoden signifikante PCB-Minderbefunde ergaben. Insbesondere bei den PCB mit niedrigen Chlorierungsgraden sind nach der Säurebehandlung Verluste beobachtet worden.

### Analysemethoden

Bei einer grossen Anzahl von Proben kann es sinnvoll und kostensparend sein, in einem ersten Schritt (Screening) eine qualitative Untersuchung der Fugendichtungsmassen auf ihre elementare Zusammensetzung mit der wellenlängendispersiven Röntgenfluoreszenz-Spektrometrie (WD-XRF) durchzuführen. Dabei handelt es sich um eine zerstörungsfreie oberflächenspezifische Messmethode, bei der einzelne Elemente unabhängig von ihrer chemischen Bindungsform nachgewiesen werden, so unter anderem Chlor (Hinweis auf PCB und Chlorparaffine), Schwefel (Hinweis auf Polysulfid-Kautschuke wie "Thiokol") und Schwermetalle. Die Nachweisgrenze ist von der chemischen Zusammensetzung der Hauptanteile der Probe abhängig und liegt in der Grössenordnung von 10 bis 100 mg/kg. Mit dieser WD-XRF Analyse lassen sich Proben, die keine chlorhaltigen Verbindungen enthalten, zuverlässig von Proben unterscheiden, die PCB, Chlorparaffine oder andere chlorierte Verbindungen in Konzentrationen über 100 mg/kg enthalten. Zusätzlich lassen sich neben dem Hinweis auf PCB und/oder Chlorparaffine mit derselben Analyse auch Hinweise auf das Vorhandensein diverser anderer Inhaltsstoffe gewinnen, deren Anwesenheit beispielsweise für den Entsorgungsentscheid von Interesse sein kann. Voraussetzung für eine WD-XRF Analyse ist genügend Probenmaterial, denn man benötigt idealerweise Probenstücke in der Grösse von 25 x 25 x 5 mm. Proben, bei denen mittels WD-XRF Chlor nachgewiesen

---

<sup>1)</sup> s. EMPA Untersuchungsbericht Nr. 840'516 "Messung coplanarer PCB in Innenraumluft, Qualitätssicherung der chemischen Analytik von PCB in Fugendichtungen", Martin Kohler, Dezember 2001

wird, müssen anschliessend für die Bestimmung des PCB-Gehaltes einer gaschromatografischen Analyse unterzogen werden.

Als geeignete Analysemethoden<sup>2)</sup> für die quantitative Bestimmung von PCB gelten Gaschromatographie mit Elektroneneinfangdetektion (GC/ECD) und Gaschromatographie mit massenspektrometrischer Detektion (GC/MS) (keine "Schnelltests"). Eine Bestimmungsgrenze von 20 ppm - bezogen auf den Gesamt-PCB-Gehalt - muss erreicht werden. Bei negativem Befund in der verdünnten Messlösung ist auch der unverdünnte Extrakt zu analysieren.

Anzugeben sind mindestens die Konzentrationen der nachfolgend aufgeführten 6 PCB-Indikatorkongenere Nr. 28, 52, 101, 138, 153 und 180 sowie der berechnete Gesamt-PCB-Gehalt unter Angabe der Berechnungsmethode.

Der Gesamt-PCB-Gehalt berechnet sich als Produkt aus der Summe der 6 quantitativ bestimmten Indikatorkongenere und einem Umrechnungsfaktor, der für jedes technische PCB-Gemisch mit dem verwendeten Analysensystem experimentell bestimmt werden muss ( $\sum_{(PCB)} = f \times \sum (PCB \text{ Nr. } 28 + 52 + 101 + 138 + 153 + 180)$ ).

Sofern das in einer gemessenen Probe vorgefundene PCB-Gemisch einem bekannten technischen PCB-Gemisch zugeordnet werden kann, sollte der spezifische Umrechnungsfaktor für die Berechnung des Gesamt-PCB-Gehaltes in der Probe verwendet werden (s. Kasten, unten).

PCB-Gemisch	Umrechnungsfaktor <i>f</i>
Aroclor 1242 oder Clophen A 30	8.5
Aroclor 1248 oder Clophen A 40	7.0
Aroclor 1254 oder Clophen A 50	4.7
Aroclor 1260 oder Clophen A 60	3.1
Gemisch Clophen A 50 / A 60, Massenverhältnis 1:1	4.4
Gemisch Clophen A 30 / A 40 / A 50 / A 60, Massenverhältnis 1:1:1:1	<b>5.0</b> <b>("Konventionswert")</b>

Als Konventionswert für die Ermittlung des Gesamt-PCB-Gehaltes von PCB-Gemischen aus Fugendichtungsmassen unbekannter Zusammensetzung wird üblicherweise der Umrechnungsfaktor 5.0 eingesetzt.

Das analysierende Labor hat neben den oben beschriebenen Angaben im Schlussbericht auch Angaben zu den verwendeten Analysemethoden, zur Messunsicherheit über das gesamte Analyseverfahren inklusive Probenaufarbeitung und zur Berechnungsmethode zur Bestimmung der Gesamtgehalte zu machen. Der Typ des vorgefundene technischen PCB-Gemisches ist im Analysenbericht anzugeben.

<sup>2)</sup> s. auch: Mitteilung des BUWAL zur Stoffverordnung Nr. 27, "PCB und andere halogenierte aromatische Stoffe in kontaminierten Transformatoren- und Kondensatorenölen. Analytische Bestimmung und Interpretation der Messresultate", 1997

## **Anhang 6 Messung von PCB in Innenraumluft**

---

### **Was ist das Ziel der Messungen?**

Messungen der Innenraumluft in Gebäuden mit PCB-haltigen Quellen dienen der Abklärung des Handlungsbedarfes aus gesundheitlicher Sicht.

Grundlage für diesen Anhang ist das Infoblatt des BAG "Messung von PCB in Innenraumluft", unter <http://www.bag.admin.ch/chemikal/gesund/d/zumessng.htm>.

### **Wann sollen Messungen durchgeführt werden?**

Raumluftmessungen sollen dann ausgeführt werden, wenn hohe Innenraumbelastungen durch PCB in einem Gebäude mit Tages- oder Daueraufenthalt von Personen zu erwarten sind (vgl. Kap 5.3) bzw. sollen sie den Erfolg von Sanierungsmassnahmen dokumentieren.

### **Wie sollen Messungen durchgeführt werden?**

#### **Zeitpunkt der Messung**

Für die gesundheitliche Bewertung ist die langfristige mittlere Belastung massgebend. Einzelmessungen erlauben lediglich eine Abschätzung des Jahresmittelwertes.

Die Raumluftbelastung mit PCB weist eine deutliche Temperaturabhängigkeit auf: Je wärmer das PCB-haltige Material und die umgebende Luft sind, desto mehr PCB wird an die Luft abgegeben. Daher können im Sommer unter sonst vergleichbaren Bedingungen deutlich höhere Raumluftkonzentrationen auftreten als im Winter. Spitzenkonzentrationen können insbesondere in Räumen auf der Sonnenseite am späten Nachmittag eines heissen Sommertages auftreten. Zur Abschätzung der Belastung in einem Raum empfiehlt es sich, mindestens zwei Messungen durchzuführen. Um den Jahresmittelwert besser annähern zu können, sollten bei Messungen im Sommer kühlere, bei Messungen im Winter wärmere Tage bevorzugt werden.

#### **Raumklimatische Bedingungen**

PCB-Raumluftkonzentrationen sind nicht nur von der Temperatur, sondern auch vom Luftwechsel im Raum abhängig: Je weniger durchlüftet ein Gebäude bzw. ein Raum ist, desto höhere PCB-Raumluftkonzentrationen stellen sich ein.

Bei Messungen in Räumen mit mechanischer Lüftung soll die Anlage vorgängig mindestens 3 Stunden lang unter üblichen Betriebsbedingungen betrieben werden.

#### **Nutzungsbedingungen**

Die Messung soll die übliche Belastungssituation der Personen im Raum reflektieren. Sie soll daher wenn möglich bei normalen Nutzungsbedingungen durchgeführt werden. Konkret heisst das, dass die Räume nicht übermässig beheizt, über lange Zeit geschlossen oder ungereinigt gehalten werden oder anderweitig Situationen geschaffen werden, die bei der üblichen Nutzung nicht auftreten. PCB in Innenraumluft liegen in der Regel überwiegend gasförmig vor. Die an Staubpartikel gebundenen PCB tragen dann nur zu einem geringen Teil zur Gesamtbelastung bei.

## Probenahmeort

Für die gesundheitliche Bewertung ist die langfristige Belastung der Gebäudenutzer massgebend. Da in der Regel nicht alle Räume untersucht werden können, kann mit folgenden Kriterien eine sinnvolle Auswahl getroffen werden:

- Gemessen werden soll in den Räumen, in welchen sich Personen über längere Zeit aufhalten (also z.B. Schlafzimmer oder Wohnzimmer in Wohngebäuden, Zimmer und Aufenthaltsräume in Spitälern und Pflegeheimen, Klassenzimmer in Schulhäusern und Kindergärten).
- Innerhalb dieser Auswahl sollen Räume mit geringer Luftwechselrate und hohem Anteil an Fugen mit niedrigchlorierten PCB im Innenraum bevorzugt werden.

## Messtechnische Aspekte

- Um Störeffekte durch veränderte Luftströmungen in Wandnähe oder Aufwirbelung von Staub in Bodennähe zu vermindern, sollte die Ansaugstelle einen Abstand von 1 bis 1.5 m zum Boden und mindestens 1 m zur Wand aufweisen.
- Wenn für die Probenahme zu hohe Luftmengen umgesetzt werden, stört dies die Lüftungsverhältnisse im Raum, was wiederum das Messresultat verfälschen kann. Um solche Effekte auszuschliessen, soll das bei der Probenahme stündlich angesaugte Luftvolumen 10% des Raumvolumens nicht überschreiten.

## Analytische Methoden und Bericht

- Angaben zur verwendeten Methode (GC/ECD oder GC/MS), zur erreichten Nachweisgrenze und der Messunsicherheit sind im Analysenbericht anzugeben.
- Die Messung von coplanaren ("dioxinähnlichen") PCB ist im Normalfall nicht sinnvoll, da sich die PCB-Belastung eines Innenraumes mit der einfacheren und weniger fehleranfälligen Bestimmung der PCB-Indikatorkongenere zuverlässig abschätzen lässt. Zudem bezieht sich der Richtwert auf die Gesamtbelastung.
- Damit die Ergebnisse der Messungen nachvollziehbar und mit anderen Messergebnissen vergleichbar sind, sind neben dem Gesamt-PCB-Gehalt (Empfehlung: Summe der Indikatorkongenere x 5) auch immer die Konzentrationen der einzelnen PCB-Indikatorkongenere 28, 52, 101, 138, 153 und 180 anzugeben .
- Damit die gemessenen Raumluftkonzentrationen interpretiert und beurteilt werden können, ist eine genaue Dokumentation der Probenahmebedingungen unerlässlich. Dies beinhaltet folgende Elemente: Gebäudetyp, Angaben zu Nutzung, Belüftung, Reinigung und Besonnung der Räume, in denen die Messung durchgeführt wurde, Angabe der PCB-Quellen, Ort der Probenahme im Raum (Position der Ansaugöffnung), Datum, Zeit, Aussentemperatur und Angabe zu den Wetterbedingungen, Raumlufttemperatur und -feuchtigkeit, verwendetes Adsorbens, Probenahmevervolumen und -dauer, Flussrate.

## Anhang 7 Schutz- und Entsorgungskonzepte

---

### Elemente einer umfassenden Planung

Ist eine Sanierung von PCB-belasteten Fugendichtungsmassen wegen der in Kap. 6 aufgelisteten Gründe (wegen Umwelt- oder Gesundheitsgefährdung bzw. aus rein bautechnischer Notwendigkeit) erforderlich, so ist ein Schutz- und Entsorgungskonzept zu erarbeiten, welches alle erforderlichen Tätigkeiten umfasst, vom Beginn der Arbeit bis zur Entsorgung aller Abfälle und Abwässer. Ein vollständiges Projektdossier sollte folgende Elemente enthalten:

- A) die **wichtigsten Gebäudedaten** und Voraussetzungen;
- B) eine Zusammenstellung und Beurteilung der **Resultate** der Untersuchungen von Fugendichtungsmassen und Raumluft;
- C) ein Beschrieb der **Sanierungsziele**;
- D) ein Beschrieb **der geeigneten baulichen und evtl. betrieblichen Massnahmen** zur Erreichung der Sanierungsziele (allenfalls aufgeteilt in Etappen);
- E) ein Beschrieb der erforderlichen **Schutzmassnahmen**, mit präziser Bezeichnung der angestrebten Schutzziele hinsichtlich Arbeitshygiene, Gesundheitsschutz der Gebäudenutzer und Vermeidung der Freisetzung in die Umwelt;
- F) ein umfassendes **Entsorgungskonzept** für alle anfallenden Abfälle gemäss Kap. 9;
- G) Umfang und Zeitpunkt der **Kontrollmessungen**;
- H) Bezeichnung der **Verantwortlichen für Kontrollen und Überwachung**;
- I) ein Beschrieb der evtl. verbleibenden **Nutzungseinschränkungen** und Betriebsauflagen;
- J) ein **Zeitplan** mit Angabe der Arbeitsschritte;
- K) eine **Kostenschätzung**.

Umfang sowie Detaillierungsgrad der zu erarbeitenden Entscheidungsgrundlagen und des Vorgehensbeschriebes richten sich im konkreten Fall jeweils:

- nach dem Grad der Umweltgefährdung (gegeben im Wesentlichen durch PCB-Gehalte, Mengen der belasteten Fugen und gebäudespezifische Voraussetzungen);
- nach der Gefährdung der Gesundheit der mit der Ausführung der Arbeiten betrauten Personen, sowie
- nach der Komplexität der auszuführenden Sanierungsarbeiten (gegeben durch Menge, Art und Zugänglichkeit der PCB-Quellen, die konkreten Möglichkeiten zur Abfalltrennung, etc.)

Im Folgenden sind zu einigen von diesen Elementen Details angeführt.

### zu A) Gebäudedaten

Die wichtigsten Gebäudedaten sollen das Gebäude, die Situation sowie spezielle Voraussetzungen und Bedingungen detailliert beschreiben. Dies ermöglicht einen Nachvollzug der Interpretationen von Messresultaten, die Beurteilung der vorgesehenen Massnahmen sowie den Vergleich mit ähnlichen Objekten. Die zuständigen Behörden können damit das Prüfungs- und allenfalls Bewilligungsverfahren ohne zeitraubende Nachfragen abwickeln. Letztere können weitere Angaben verlangen, die sie zur sachgemässen Erfüllung ihrer Aufgaben benötigen.

### **Vorschlag für eine Checkliste:**

## **Gebäudedaten und spezifische Voraussetzungen bei der Probenahme**

### **a) Generelle Angaben zum Bauobjekt**

- Art des Baus (Wohnhaus, Industrie-/Gewerbebau, Verwaltungsgebäude, Schule, Heim, Spital, Stützmauer, Becken,...)
- Standort: Adresse, Standortgemeinde, Kanton, Grundbuchblatt/Parzellen-Nr., evtl. Landeskoordinaten

### **b) Technische Angaben**

- Erstellungsjahr resp. Jahr der letzten Fugenerneuerung
- Grössenangaben (Volumen, Anz. Stockwerke, etc.)
- Beschrieb der Bauweise, Fugenarten
- Beschrieb der Fugen gemäss deren unterschiedlichen Funktionen (Lokalisierung und Zugänglichkeit, Geometrie von Fugen und Dichtungen, spezielle Merkmale)
- Beschrieb der Exposition der untersuchten Fugen bezüglich Inneraum-/Aussenluft, Sonnenlicht und Witterung
- bei Innenräumen: Raumgrösse und -geometrie, Verhältnis Fugenlänge zu Raumvolumen

### **c) Angaben zur Nutzung**

- Eigentümer/Nutzer, verantwortliche Person/Stelle
- Charakterisierung der Raumnutzung (Personenkreis, Aufenthaltsdauer, Tätigkeiten, bes. Verhalten der Nutzer, ....)
- Heizungs- und Lüftungsregime (Arten von Heizung und Lüftung, Art und Anzahl der üblichen Luftwechsel)

### **d) spezifische Voraussetzungen**

(vor allem bei Untersuchungen der Inneraumluft von Bedeutung)

- Reinigungs- und Lüftungsregime vor der Probenahme
- Wetterbedingungen und Raumklima vor Probenahme (Luftfeuchtigkeit, Lufttemperatur aussen und innen, Oberflächentemperaturen von Fugendichtungen und Anschlussbauteilen)
- besondere Exposition der Fugen bezüglich Inneraumluft/Aussenluft, Sonnenbestrahlung, Nähe zu Heizkörper

### **e) Angaben zur Probenahme**

- ausführende Person(en)
- Vertreter der Eigentümerschaft/Nutzer
- Datum und Zeitpunkt der Probenahme
- Beschrieb, wo und wie die Probenahme erfolgte (bei Raumluftmessungen: verwendetes Adsorbens, Probenahmenvolumen und -dauer, Flussrate, Entnahmeort, Position der Ansaugöffnung, etc.)
- Numerierung und Beschrieb der Probe, Verpackung und Beschriftung (so dass die Herkunft jeder Probe klar dokumentiert ist)
- allenfalls zusätzliche Bedingungen von Bedeutung

### **f) Hinweise auf weitere Unterlagen**

- Baupläne, Skizzen, Fotodokumentation, frühere Berichte, etc.
- Protokolle, Gesprächsnotizen, Bemerkungen

### **g) Hinweise auf bes. Rahmenbedingungen oder Massnahmen,**

- die zum Beispiel bei einer Erneuerung einzuhalten wären (wie: besonderer Schutz von Nutzer/Anwohner/Umwelt)

## zu B) Belastung der Fugendichtungsmassen

### Gebäudeuntersuchungen und Laborberichte

Die PCB-Belastung der im Gebäude vorhandenen Fugendichtungen und evtl. weiterer PCB-haltiger Materialien ist anhand der Laborberichte und anderer Informationsquellen übersichtlich darzustellen. Die Übersicht über sämtliche bekannten PCB-Vorkommen im Gebäude (Fugendichtungen, Farben und Lacke, Kleinkondensatoren in Vorschaltgeräten von Leuchtstofflampen und in Blindstromkompensatoren, etc.) soll gut nachvollziehbar und gegliedert aufgezeigt sein, z.B. wie folgt:

- Gebädetrakt;
- Stockwerk;
- Räume (Lage, genaue Bezeichnung, Nutzung);
- Bauteile (genaue Bezeichnung mit Angabe der Lage im Raum bzw. Gebäudeteil);
- PCB-haltige Materialien mit dem Befund über den Gesamt-PCB-Gehalt, Konzentrationen der Indikatorkongenere, PCB-Typ;
- Materialmenge und gesamte vorhandene PCB-Menge im Gebäude, gegliedert nach Materialkategorie, Belastungsbereich (PCB-Konzentrationsbereich), Gebädetrakt, Raum und Bauteil;
- Bei PCB-haltigen Kondensatoren sollen das Gewicht und die Typenbezeichnung der Kondensatoren und - falls bekannt - der PCB-Gehalt pro Kondensator, die Anzahl und Position der Kondensatoren im Gebäude angegeben werden. Ferner ist anzugeben, ob beschädigte oder undichte Kondensatoren vorhanden sind oder waren.
- Auf sekundär mit PCB kontaminierte Bauteile soll wenn nötig (Arbeitshygiene, Abfalltrennung, Gesundheitsvorsorge) hingewiesen werden. Deren analytische PCB-Gehaltsbestimmung ist in der Regel nicht erforderlich.

Zur präzisen Dokumentation der PCB-Belastungen im Gebäude eignen sich tabellarische Darstellungen, Pläne und Fotos.

### Interpretation der Resultate

Die Resultate der Untersuchungen sollen im Hinblick auf das Gefährdungspotential für Menschen und Umwelt beurteilt und interpretiert werden. Dabei sind folgende Aspekte zu behandeln:

- Möglichkeit, Art und potentiell Ausmass der PCB-Freisetzung bei bestimmungsgemässer Nutzung des Gebäudes (durch Verflüchtigen in die Innenraumluft oder Aussenluft, durch mechanische oder thermische Beanspruchung PCB-haltiger Materialien, durch direkten Kontakt mit Wasser);
- die mutmassliche PCB-Exposition der Gebäudenutzerinnen und -nutzer via Raumluft und direkten Kontakt mit PCB-haltigen Materialien;
- bei PCB-haltigen Fugendichtungen in Aussenbauteilen: die Möglichkeit der Kontamination des Bodens in der unmittelbaren Umgebung des Objektes.

### Schlussfolgerungen über den Sanierungsbedarf

Aus den Untersuchungsergebnissen und deren Interpretation sind Schlussfolgerungen im Hinblick auf den Sanierungsbedarf, den Zeitpunkt der Sanierung und die zu erreichenden Schutzziele zu ziehen und darzulegen.

Ergibt sich gemäss Kapitel 6 kein Sanierungsbedarf, ist zur Gewährleistung einer sorgfältigen späteren Entfernung und sachgerechten Entsorgung der anfallenden Abfälle das Untersuchungsergebnis zuhanden der Bauakten zusammenzufassen.

Falls Sanierungsbedarf gegeben ist:

- Beschreibung, welche Gebäudeteile, Räume und Bauteile mit PCB-haltigen Materialien saniert werden müssen, mit Begründung, weshalb die Sanierung erfolgen muss (Bezug nehmend auf Kap. 6);
- Angabe des Zeitraumes, in dem die Sanierung erfolgen sollte, aufgrund der Dringlichkeit im konkreten Fall (Belastungssituation aufgrund der Nutzungscharakteristika und Empfindlichkeit der Betroffenen);
- Beschreibung der Schutzziele, die durch die Sanierung und allenfalls vorangehende Sicherungsmassnahmen erreicht werden sollen, differenziert nach Gesundheitsschutz der Gebäudenutzerinnen und -nutzer, Arbeitnehmerschutz für Handwerker, die Arbeiten an PCB-haltigen Materialien verrichten, und Verhinderung der Umweltkontamination durch PCB.

### zu C) Sanierungsziele

Das primäre Ziel der Sanierung von PCB-haltigen Fugendichtungsmassen ist die möglichst vollständige Entfernung und sachgerechte Entsorgung der als PCB-Quelle erkannten Fugendichtungsmassen unter Einsatz der am besten dazu geeigneten Technik und unter Einhaltung der Massnahmen zum Schutz der Ausführenden, der Gebäudenutzer und der Umwelt.

Im Sanierungsprojekt-Dossier soll daher nachvollziehbar aufgezeigt sein, dass im konkreten Fall alle Vorgaben dieser Richtlinie umgesetzt werden. Nach Sanierungsabschluss sind die erneuerten Fugendichtungen PCB-frei, alle Abfälle sachgemäss entsorgt und – im Falle einer Sanierung wegen zu hoher Innenraumluftbelastung – die Belastung der Innenraumluft dauerhaft deutlich unter den Richtwert gesenkt.

Das Sanierungsziel bezüglich der Raumlufbelastung ist für den konkreten Fall unter Einbezug der Betroffenen festzulegen. Dabei ist zu beachten, dass bei hohen Raumlufbelastungen durch Fugen so genannte sekundäre Quellen, wie kontaminierte Bodenbeläge, Wand- und Deckenanstriche, etc. erhöhte Raumlufbelastungen unterhalten können. Der Aufwand, gewisse Restbelastungen weiter zu reduzieren, kann je nach gefordertem Sanierungsziel unverhältnismässig gross werden. Als Minimalziel einer Fugensanierung sollte eine Halbierung der vor der Sanierung ermittelten Raumlufbelastung erreicht werden.

### zu D) Massnahmen

Um das oben formulierte Sanierungsziel zu erreichen sind die PCB-haltigen Fugendichtungsmassen von den Fugenflanken so zu entfernen, dass dabei die Fugendichtungsmassen oder Rückstände davon nicht erhitzt werden, die Funktion der Bauteile nicht beeinträchtigt werden und der dabei entstehende Staub, soweit nicht vermeidbar, mit leistungsfähigen Geräten möglichst direkt am Ort des Entstehens aufgenommen wird. Muss aufgrund der besonderen Verhältnisse ein Verfahren angewandt werden, bei dem Hitze und Staub nicht zu vermeiden ist, sind entsprechende sehr weitgehende Schutzmassnahmen (Einhausung, Vollmasken, Luftreinigung über Aktivkohlefilter, etc.) zu treffen.

Aufgabe der mit der Sanierungsplanung beauftragten Fachleute ist es, aufgrund der Gegebenheiten in der konkreten Situation die für den Einzelfall effektiv als geeignet betrachtete Vorgehensweise zu bezeichnen, die dazu nötige Ausrüstung im Detail zu definieren und die bei dem gewählten Vorgehen erforderlichen Schutzmassnahmen im einzelnen zu beschreiben (Schutzkonzept).

Bei grösseren Objekten empfiehlt es sich, mit einer gut begleiteten Probesanierung das geplante Vorgehen in der Praxis zu überprüfen. Aufgrund der damit gewonnenen Erfahrungen kann das Vorgehen für den gesamten Bau sowohl in Bezug auf den zu leistenden Aufwand, als auch in Bezug auf die Sicherheit der Arbeiter und in Bezug auf eine umweltgerechte Entsorgung der entstehenden Abfälle optimiert werden.

Aufgrund der Kenntnisse bei Drucklegung lassen sich folgende Hinweise geben:

<b>Tätigkeit</b>	<b>geeignete Massnahmen und Ausrüstungen</b>
<b>Abtrennen der Arbeitsbereiche und Verhindern von Kontaminationen beim Entfernen von PCB-haltigen Fugendichtungsmassen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Abgrenzung des Arbeitsbereiches gegenüber anderen Räumen und Aussenbereichen mit Baufolie;</li> <li>➤ in Innenräumen: nicht zu grosse Bereiche abschotten (Abschnitte von 300-400 m<sup>2</sup> haben sich bewährt);</li> <li>➤ für gute Durchlüftung des Arbeitsbereiches sorgen: 8 bis 10-facher Luftwechsel pro Stunde, gerichtete Luftströmung</li> <li>➤ Abdeckung des Bodens (evtl. auch der Wände und Decken) mit Baufolie zur Erleichterung der anschliessenden Reinigung und Verhinderung von Sekundärkontaminationen;</li> <li>➤ luftdichte Abschottung mit zugehörigen Schleusen bei Anwendung staubender Verfahren.</li> </ul>
<b>Herausschneiden von PCB-haltigen Fugendichtungsmassen</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- von Hand</li> <li>- mit Elektrowerkzeugen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ robustes Messer, z. B. Japanmesser oder Teppichmesser mit austauschbarer Klinge</li> <li>➤ Fugenschneider mit Diamantschneideblatt oder Elektrohämmer und direkte Staubabsaugung an der Quelle</li> </ul>
<b>Reinigen glatter Fugenflanken von Resten von Fugendichtungsmassen:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- von Hand</li> <li>- mit Elektrowerkzeugen</li> <li>- evtl. Strahlen mit Trockeneis</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Messer, evtl. Drahtbürste auf langsam laufender Bohrmaschine und effizienter Staubabsaugung an der Quelle oder Spezialwerkzeug</li> <li>➤ Ablagerungen von belasteten Partikeln in unzugänglichen Stellen verhindern (zum Beispiel mit Stopfprofilen)</li> </ul>
<b>Reinigen des Arbeitsbereiches und darin verbleibender Einrichtungsgegenstände:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Staub saugen</li> <li>- Feuchtreinigung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Staubsauger mit effizientem Feinstaubfilter</li> <li>➤ feuchte Lappen, Mob (keine Hochdruckreinigung mit Wasser, weil Abwasser nur zum Teil aufgefangen und sachgemäss entsorgt werden kann)</li> </ul>

## zu E) Schutzmassnahmen

Gemäss den Vorgaben dieser Richtlinie sind Sanierungsarbeiten nur durch Fachfirmen auszuführen, die nachweislich:

- über die einschlägigen generellen Vorschriften des Arbeitnehmerschutzes, der Unfallverhütungsgesetzgebung und der speziellen Branchenvorschriften Bescheid wissen;
- ihre Arbeiter mündlich und schriftlich über die einzuhaltenden Schutzmassnahmen informiert haben und auch dafür sorgen, dass Dritte entsprechend instruiert und Unbefugte ferngehalten werden;
- die erforderlichen Installationen vornehmen und
- den Ausführenden am Bau zweckmässige Geräte und Ausrüstungen bereitstellen.

### Personenschutz:

- Handschuhe
- Schutzbrillen
- Staubmaske (Typ FFP2, evtl. FFP3, geprüft nach EN 149; Atemschutzrüstung bei Anwendung stark staubender Verfahren)
- Ein-Weg-Überziehschuhe und -overall (falls keine Schleusen installiert)
- Umkleide- und Waschgelegenheiten sind bereitzustellen

### besondere Verhaltensregeln für die Ausführenden:

- kein Essen, Trinken und Rauchen im Sanierungsbereich
- kein Aufbewahren von Lebensmitteln im Arbeitsbereich
- Ablegen der Arbeitskleider und Händereinigung bei Pausen
- Vollschutz, falls Hitzeentwicklung und Staubentwicklung nicht zu vermeiden

### Schutz der Nutzer:

- Abschottung des Arbeitsbereiches (Unterdruck und Schleusen bei der Anwendung stark staubender Verfahren )
- Entlüftung des Arbeitsbereiches nach aussen
- Verschleppung von Schmutz und Staub vermeiden (Einweg-Überziehschuhe und -Overall, Zutritt Unbefugter/unbeteiligter Dritter durch Absperrungen und Warnzeichen verhindern, Reinigen des Arbeitsbereiches)

### Schutz der Anwohner:

In speziell empfindlichem Umfeld sind auch Massnahmen zum Schutz von Personen ausserhalb des Gebäudes zu treffen, insbesondere auch zur Lagerung von Abfällen (unzugänglich für Unbefugte).

### Schutz der Entsorger:

- feste Gebinde für Fugendichtungsmassen
- Begleitscheine nach VVS und korrekte Beschriftung der Gebinde

## zu F) Entsorgungskonzept

Das Entsorgungskonzept ist im Rahmen der Gesamtprojektierung der Sanierung bzw. der Erneuerung oder des Rückbaues zu erarbeiten. Es umfasst alle für eine sachgemässe Trennung und Entsorgung der anfallenden Abfälle erforderlichen Massnahmen und definiert die Aufgaben der Fachleute für Projektierung, Bauleitung und Ausführung.

Die folgenden Ausführungen sind **verbindliche Präzisierungen** der massgebenden Vorschriften und der Regelungen der Branche. Es sind dies vor allem:

- die Technische Verordnung über Abfälle TVA
- die Verordnung über den Verkehr mit Sonderabfällen (VVS)
- die SIA-Empfehlung 430 (SN 509 430; 1993).

### **Trennungspflicht**

Aufgrund der geltenden Abfallgesetzgebung sind die anfallenden Abfälle möglichst sortenrein zu erfassen und getrennt voneinander zur sachgerechten Entsorgung weiterzuleiten.

Ausgerichtet auf die sachgemässen Entsorgungswege (s. unten) sind folgende Abfälle separat zu erfassen und weiterzuleiten:

- a) PCB-haltige Fugendichtungsmassen und Hinterfüllmaterialien zur Verbrennung in einer Sonderabfallverbrennungsanlage;
- b) kontaminierte brennbare Abfälle zur Verbrennung in einer KVA;
- c) kontaminierte mineralische Bauabfälle zur TVA-konformen Ablagerung;
- d) übrige anfallende Bauabfälle, von den PCB-haltigen Fugendichtungsmassen nicht beeinträchtigt, zur Entsorgung gemäss TVA.

### **Entsorgungswege**

Die mit den Sanierungsarbeiten oder mit dem Um- oder Rückbau Beauftragten sorgen dafür, dass die geforderte Abfalltrennung gemäss den hier vorgegebenen und umschriebenen Abfallkategorien a) bis d) sorgfältig ausgeführt wird, die Abfälle vorschriftsgemäss entsorgt werden und dass der Behörde, falls sie dies verlangt, lückenlose Entsorgungsnachweise vorgelegt werden.

#### **zu a) PCB-haltige Fugendichtungsmassen und Hinterfüllmaterialien**

sind am Ort, an dem sie anfallen, von den anderen Abfällen abzutrennen und in dicht schliessenden Gefässen als Sonderabfall zu entsorgen. Dabei sind die geltenden Bestimmungen der Verordnung über den Verkehr mit Sonderabfällen (VVS) einzuhalten.

(Insbes.: Begleitschein mit Code 3060, Empfängerbewilligung der Sonderabfallverbrennungs- bzw. Kehrichtverbrennungsanlage durch Kanton. Im November 2002 eröffnete das BUWAL das Vernehmlassungsverfahren zur Revision der VVS. Vorgesprochen wird u.a. eine Namensänderung zu "Verordnung über den Verkehr mit Abfällen" (VeVA) und ein neues Abfallverzeichnis, demgemäss die genannten Abfälle unter Code 17 09 02 S aufzuführen wären.)

PCB-haltige Fugendichtungsmassen und Hinterfüllmaterialien sind in die Sonderabfallverbrennung zu geben. Dies gilt auch für solche Abfälle mit anhaftenden kleinen Mengen von mineralischen Bauabfällen, welche beim Entfernen (zum Beispiel bei Aussenisolationen) oder beim Reinigen der Fugenflanken (zum Beispiel bei Verputz) anfallen und welche Rückstände von PCB-haltigen Fugendichtungsmassen im Bereich von einigen Gewichtsprozenten enthalten.

Enthalten solche Abfälle nachweislich weniger als 1'000 ppm PCB, stellt deren Verbrennung in einer nach dem Stand der Technik ausgerüsteten Kehrichtverbrennungsanlage in der Regel keine Gefahr für die Umwelt dar. Es ist vorgesehen, den in Artikel 40 TVA vorgegebenen Grenzwert (50 ppm) so schnell als möglich anzupassen.

- zu b) brennbare Abfälle,**  
wie Staubfilter, Schutz- und Reinigungs-ausrüstungen sowie Bodenbeläge, Möbel, Deckenplatten, Einrichtungsgegenstände etc., deren Oberflächen mit Reinigungsmassnahmen nicht dekontaminiert werden können, sind in einer geeigneten thermischen Anlage (wie: in einer nach dem Stand der Technik ausgerüsteten Kehrichtverbrennungsanlage, in einer Sonderabfallverbrennungsanlage oder in einem Zementwerk) zu behandeln.
- zu c) kontaminierte mineralische Bauabfälle,**  
(wie von den Fugenflanken entferntes kontaminiertes Material im Zentimeterbereich mit geringen Rückständen von PCB-haltigen Fugendichtungsmassen oder Bauelemente, an deren rauhen Fugenflanken Rückstände von Dichtungsmassen nicht vollständig entfernt werden konnten) sind in einer geeigneten thermischen Anlage zu behandeln (analog oben, B) oder TVA-konform abzulagern.
- zu d) mineralische Bauabfälle,** wie Betonabbruch und Mischabbruch, **sowie Metalle,** die nicht in unmittelbarem Kontakt mit stark belasteten Fugendichtungsmassen standen bzw. von denen anhaftende PCB-haltige Fugendichtungsmassen vollständig entfernt wurden, sind gemäss TVA und der Richtlinie für die Verwertung mineralischer Bauabfälle separat zu erfassen und zu entsorgen, d. h. in erster Linie zu recyclieren.

**Abwasser**

Behandlung in einer geeigneten Anlage; im Einzelfall ist mit den Zuständigen der kantonalen Gewässerschutzfachstelle zu prüfen, ob eine Ableitung in die Kanalisation erfolgen darf.

## **zu G) Kontrollmessungen**

Kontrollmessungen unmittelbar nach Abschluss der Sanierungsarbeiten ergeben in der Regel Messwerte, die nicht repräsentativ für die langfristige mittlere Belastungssituation im sanierten Gebäude sind. Für die Beurteilung verbleibender gesundheitlicher Gefährdungen wird empfohlen, mindestens vier Wochen üblicher Nutzung und entsprechende Lüftung und Reinigung abzuwarten, und dann erst Kontrollmessungen gemäss Anhang 5 durchzuführen.