

PRAXISHILFE

**PCB-Emissionen
beim
Korrosionsschutz**

2000

**Vorwort und
Zusammenfassung**



**Bundesamt für Umwelt, Wald und
Landschaft (BUWAL)**

Der Gesamtbericht in deutscher Sprache erscheint Mitte Dezember und kann beim BUWAL bestellt werden.

Die französische Fassung wird ab März 2001 verfügbar sein.

Bezugsquelle Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft
Dokumentation
3003 Bern
Fax + 41 (0)31 324 02 16
E-Mail: docu@buwal.admin.ch
Internet: <http://www.admin.ch/buwal/publikat/d/>

Bestellnummer VU-5018-D

© BUWAL 2000

Vorwort

Polychlorierte Biphenyle (PCB) sind Stoffe mit hohem Risikopotential für die Umwelt. Bekannt war bisher, dass PCB in der Vergangenheit als Isolier- und Kühlflüssigkeit verwendet wurden. Neu und wichtig für den Umweltschutz ist die Erkenntnis, dass PCB auch in Korrosionsschutz-Beschichtungen eingesetzt worden sind.

Bis 1972 sind PCB als Weichmacher in Chlorkautschuk-Lacken zum Schutz verschiedenster Oberflächen (wie z.B. Beton, Metalle, Holz) verwendet worden. Der PCB-Gehalt der Beschichtungen kann dabei durchaus in der Grössenordnung von 10% liegen. Im Korrosionsschutz von Stahlkonstruktionen sind PCB insbesondere im Stahlwasserbau, aber auch bei Stahlbrücken sowie zu anderen Korrosionsschutzzwecken eingesetzt worden.

Zwar ist die Verwendung von PCB heute verboten. PCB können jedoch nach wie vor durch Abwitterung und durch den unsachgemässen Abtrag von Altbeschichtungen in die Umwelt gelangen. Bei der Entfernung PCB-haltiger Beschichtungen mit thermischen Verfahren, bei der Demontage solcher Objekte mit Schneidbrennern und beim Recycling solcher Stahlteile können zudem Dioxine und Furane gebildet und in die Umwelt freigesetzt werden.

Der vorliegende Bericht zeigt die früheren Einsatzbereiche von PCB im Korrosionsschutz, das ableitbare Risikopotential für die Umwelt sowie den Stand der Technik zur Emissionsminderung bei der Entfernung PCB-haltiger Altbeschichtungen auf.

Der Bericht soll dazu beitragen, dass Objekte mit PCB-haltigen Beschichtungen erkannt werden und die Umwelt bei Korrosionsschutzarbeiten an PCB-haltigen Objekten im Freien nicht übermässig belastet wird.

Gerhard Leutert

Chef der Abteilung Luftreinhaltung

Zusammenfassung

Insgesamt sind in der Schweiz im Zeitraum 1900-1994 ca. 90'000 t Korrosionsschutzprodukte, enthaltend 30'000 t Bindemittel, auf freistehenden Stahlobjekten eingesetzt worden. Diese Objekte tragen derzeit eine Bindemittelmenge von 15'000-20'000 t. Der Anteil der als ökotoxikologisch problematisch eingestuften chlororganischen oder teerhaltigen Bindemittel liegt bei ca. 30%:

- ca. 3'100 t chlorhaltige Bindemittel (1'500 t Chlorkautschuk, 1'600 t PVC-Copolymere)
- ca. 2'000 t Bindemittel, welche polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAH) enthalten.

Im Rahmen des vorliegenden Projekts wurde die Bedeutung der Polychlorierten Biphenyle (PCB) in Korrosionsschutzbeschichtungen abgeklärt.

PCB wurden in verschiedenen Bindemitteln (Chlorkautschuk, Cyclokautschuk, PVC-Copolymere) als Weichmacher eingesetzt. Grosse Mengen PCB wurden insbesondere in Chlorkautschukprodukten verwendet. Cyclokautschukprodukte sind von untergeordneter Bedeutung. Der Einsatz in PVC-Copolymeren ist durch mehrere unabhängige Quellen zuverlässig bestätigt; eine Datenbasis, welche eine Frachtab-schätzung ermöglicht, liegt uns jedoch zurzeit nicht vor.

Chlorkautschuk / Chlorkautschuklacke / PCB

Chlorkautschuk wurde in der Schweiz vor allem für die Herstellung von Lacken, Klebstoffen und Dichtungsmassen verwendet.

Chlorkautschuklacke wurden auf verschiedensten Oberflächen (Beton, Metalle, Holz, ...) angewendet. Hauptanwendungsbereiche waren: Stahlwasserbau, Industrieanlagen, Kläranlagen und Schwimmbassins. Chlorkautschuklacke wurden sowohl für Grundierungen als auch für Zwischen- und Deckbeschichtungen eingesetzt.

Um anwendungstechnisch brauchbare Produkte erreichen zu können, müssen Chlorkautschuklacke mit grossen Mengen *Weichmachern* versetzt werden. Im Zeitraum 1947 bis 1972 (evtl. auch darüber hinaus) wurden dazu PCB (z.B. Clophen A60) verwendet. Die Produkte enthielten um 10 % PCB (Beispiele für den Aufbau PCB-haltiger Beschichtungssysteme und deren PCB-Gehalte finden sich in Anhang 2). Gemäss vorsichtigen Schätzungen wurden in der Schweiz ca. 3'000 t PCB-haltige Chlorkautschuklacke produziert und angewendet. Insgesamt sind dabei ca. 150 - 300 t PCB eingesetzt worden; dies entspricht 7 - 15 % der in offenen Systemen verwendeten PCB-Menge.

Die PCB-haltigen Chlorkautschukbeschichtungen haben eine lange Lebensdauer; sie wurden zudem in der Regel mehrfach teilsaniert. Es muss deshalb davon ausgegangen werden, dass sich auch heute noch relevante Mengen PCB-haltiger Chlorkautschukbeschichtungen auf Objekten befinden. Im Umgang mit solchen Altbeschichtungen ist grösste Vorsicht geboten.

Die ökotoxikologisch relevanten Eigenschaften der Chlorkautschuklacke werden in starkem Masse durch die eingesetzten Lösungsmittel, Weichmacher, Stabilisatoren und Pigmente bestimmt. Für die Ökosysteme im Umfeld alter, Chlorkautschuk-beschichteter Objekte besteht durch Einträge infolge Abrasion, Verwitterung oder Sa-

nierungsarbeiten ein erhebliches Gefährdungspotential. Im Nahbereich bewitterter, bzw. mit ungenügenden Schutzmassnahmen sanierter Objekte muss mit einer erheblichen Belastung der Böden gerechnet werden. Die Einträge in Gewässer sind über lange Zeiträume erfolgt und haben vermutlich in signifikanter Masse zur heute feststellbaren Belastung der Gewässer (Sedimente) und damit zur Gefährdung von Lebensgemeinschaften beigetragen.

Alte Chlorkautschukbeschichtungen sollen (spätestens bei Anstehen einer Sanierung) hinsichtlich ihres PCB-Gehalts geprüft werden (Beispiele von Analysen der PCB-Gehalte in Altbeschichtungen und Strahlschutt finden sich in Anhang 1). Der Abtrag der Altbeschichtungen soll so erfolgen, dass möglichst keine PCB-Emissionen verursacht werden. Thermische Verfahren (z.B. Flammstrahlen, induktive Farbentfernung) führen zur Bildung von hochtoxischen chlorierten organischen Verbindungen; sie dürfen deshalb nicht angewendet werden. Strahlschutt, Filterstäube und Schlämme unterstehen der VVS.

Polychlorierte Biphenyle (PCB)

In der Schweiz wurden zwischen 1930 und 1980 ca. 6'000 t PCB eingesetzt, davon ca. 4'000 t in geschlossenen Systemen (Transformatoren, Kondensatoren) und ca. 2'000 t in offenen Systemen (Kleinkondensatoren, Weichmacher für Lacke, Kunststoffe, Gummi, Dichtungsmassen, Klebstoffe, Flammenschutzmittel für Kabel etc.). In offenen Systemen kamen vor allem höherchlorierte PCB-Gemische zum Einsatz. Diese enthalten produktionsbedingt zahlreiche Verunreinigungen, insbesondere chlorierte Dibenzofurane und Chlornaphthaline.

Die Anwendung von PCB für Produkte des Publikums und des gewerblichen Bereichs ist in der Schweiz seit 1972 verboten. Seit 1986 sind zudem Import, Produktion und alle Anwendungen verboten. PCB-haltige Kondensatoren von mehr als 1 kg Gesamtgewicht und Transformatoren mussten seit 1987 registriert und gekennzeichnet sein und waren bis zum 31.8.1998 von den Inhabern ausser Betrieb zu nehmen und fachgerecht zu entsorgen.

Auch Materialien und Geräte, welche PCB enthalten oder damit verunreinigt sind, gelten als Sonderabfall. Sie müssen separat erfasst und unter Einhaltung der Bestimmungen der VVS geeigneten Entsorgungsprozessen (in der Regel der Hochtemperaturverbrennung) zugeführt werden.

Die PCB gelangen bereits während des Gebrauchs der Güter (durch Verdampfen, Auswaschen und mechanischen Abrieb) sowie bei der Entsorgung in die Umwelt.

Die massgeblichen Umwelteinträge resultieren heute aus Anwendung und ungeeigneter Entsorgung von PCB in offenen Systemen. Aufgrund der Lebensdauer wichtiger PCB-haltiger Produkte (5 - 30 Jahre) muss davon ausgegangen werden, dass ein grosser Anteil der PCB bereits in die Umwelt gelangt ist. Bei Produkten mit längerer Lebensdauer (Baustoffe, Beschichtungsmaterialien) erstreckt sich der Eintrag bis weit ins 21. Jahrhundert hinein.

Die PCB sind den für die Umwelt und den Menschen besonders gefährlichen Industriechemikalien zuzuordnen. Die grossen Einsatzmengen, die Vielzahl verschiedener Anwendungsbereiche, die aussergewöhnliche Stabilität gegenüber physikalisch-chemischen und biologischen Umwandlungsreaktionen sowie die Tendenz zur Anreicherung im Boden und in den Sedimenten sind entscheidende Ursachen ihres

heute feststellbaren Vorkommens in allen Umweltbereichen (Wasser, Boden, Luft) bzw. in Organismen.

Infolge der langen Aufenthaltszeit in den Umweltbereichen, der Verfügbarkeit aus grossen Wasser- und Luftreservoirien und ihrer ausgeprägten Fettlöslichkeit reichern sich PCB in der Umwelt an. Besonders stark gefährdet sind die Endglieder der Nahrungsketten im Wasser (z.B. Fischotter, verschiedene Seevögel, Seehunde, Delphine, Polarbären). PCB zeigen toxische Wirkungen auf die Fortpflanzung, die Entwicklung und die Immunabwehr der betroffenen Organismen. Bei einzelnen Tierarten kommt es (allenfalls im Zusammenwirken mit anderen Umweltschadstoffen) zu vielfältigen Schädigungen von Fortpflanzungsfunktionen und Wachstum, gelegentlich auch zu Missbildungen, die ihr Überleben gefährden.

Zahlreiche Tierarten werden viel stärker geschädigt als der Mensch, der ungleich viel besser in der Lage ist, Gefährdungen zu erkennen, Verhaltensstrategien zu ihrer Vermeidung zu entwickeln und Gesundheitsschäden zu kompensieren.

Massnahmen

Mit den nachfolgend aufgeführten Massnahmen sollen weitere Umwelteinträge von PCB und ihren hochtoxischen Folgeprodukten Dioxine und Furane (polychlorierte Dibenzo-p-dioxine, PCDD und polychlorierte Dibenzofurane, PCDF) aus Korrosionsschutzbeschichtungen verhindert werden (die im schweizerischen Umweltrecht enthaltenen Bestimmungen bezüglich PCB und die daraus abzuleitenden Massnahmen sind in den Anhängen 3 bis 5 aufgeführt):

I Verhinderung von PCB-Einträgen während der Gebrauchsdauer

- Chlorkautschuk- und PVC-Copolymer-Beschichtungen, welche vor 1975 appliziert worden sind, sollen hinsichtlich ihres PCB-Gehaltes geprüft werden. Unseres Erachtens ist es notwendig, dass die Kantone Bestandesaufnahmen der relevanten Objekte durchführen und die fachgerechte Sanierung der PCB-haltigen Objekte durchsetzen.
- PCB-haltige Beschichtungen sollen möglichst umgehend ersetzt werden. Prioritär sollen Objekte saniert werden, welche relevante Mengen PCB emittieren (z.B. durch Abwitterung oder mechanischen Abtrag).
- Teilsanierungen PCB-haltiger Chlorkautschuk-Altbeschichtungen sollen nicht mehr ausgeführt werden.

II Verhinderung von Einträgen bei der Entfernung PCB-haltiger Altbeschichtungen

Ein wirkungsvoller Beitrag zur Verhinderung von Umwelteinträgen erfolgt durch die Wahl geeigneter Abtragsverfahren. Die Bildung hochproblematischer chlorierter organischer Verbindungen (z.B. polychlorierter Dibenzo-p-dioxine und -furane) oder schwierig zu erfassender Feinstäube soll verhindert werden. Dies führt zur Forderung nach Verfahren, die eine Erwärmung der Altbeschichtung vermeiden, die möglichst grosse Partikel erzeugen und Stäube oder Aerosole unmittelbar am Abtragungsort erfassen oder binden (chemisches Ablaugen, Druckwasserstrahlen, Druckluftstrahlen mit Vielwegstrahlmitteln).

- Altbeschichtungen sollen vor einer Sanierung generell auch auf PCB und Chlorkautschuk untersucht werden. Werden PCB-Gehalte > 50 ppm gefunden, so sollen

Oberflächenvorbereitungsverfahren eingesetzt werden, welche eine Verdünnung der abgetragenen Beschichtungsreste weitgehend vermeiden (z.B. Einsatz von Vielwegstrahlmitteln wie Stahlgranulat).

- Der Einsatz von Verfahren, welche zu einer Erhitzung der zu bearbeitenden Oberflächen führen (Flammstrahlen, induktive Farbentfernung, maschinelles Schleifen) ist nicht zulässig.
- Bei Anwendung von **Trocken- und Feuchtstrahlverfahren** werden grosse Staubmengen freigesetzt. PCB-Emissionen lassen sich mit Hilfe der nachfolgend aufgeführten Schutzvorkehrungen wirksam minimieren (Stand der Technik):
 - dichte Ausführung von Böden, Decken und Wänden der Einhausung
 - Lufteintritt in die Einhausung nur über Luftansaug-Rückschlagklappen ("Jalousien"); Luftaustritt nur über Abluftfilter (bei konstantem Unterdruck in der Einhausung)
 - dreilagige Böden in der Einhausung (tragendes Element, Dichtungsfolie, Arbeitsfläche) oder durchgehend verschweisste, tragfähige Bleche
 - feste Verkleidung von Wänden und Decken der Einhausung (verschweisste Bleche, Kunststoff-, Holz- oder Hartfaserplatten)
 - vollständige Abdichtung der Durchdringungen von Stahlkonstruktionsteilen durch die Einhausung (z.B. mit PUR-Schaum)
 - hocheffiziente Abluftreinigung (Abscheidung der Grob-, Fein- und insbesondere auch der Feinststäube¹)
 - Strahlschutt- und Filterstaubhandling in geschlossenen Systemen
 - kontinuierliche Entfernung des Strahlschuttes vom Gerüst
 - sorgfältige Reinigung der Einhausungsteile vor dem Verschieben, Versetzen oder Abbruch derselben.
 - Zutritt in die Einhausung nur über dreikammerige Dekontaminationsschleuse (sog. "Schwarz-Weiss-Anlage")
 - Verwendung von Vielweg-Strahlmittel (z.B. Korund oder Stahlgranulat) mit Aufbereitung auf der Baustelle
 - Einhausung der externen Anlagen (Strahlschutt-Wiederaufbereitungsanlage, Strahlschutt- und Filterstaub-Umschlag)

Die meisten der oben aufgeführten Massnahmen zur bestmöglichen Minimierung der PCB-Emissionen sind bei der Sanierung der Limmatbrücke in Schlieren, Kanton Zürich, 1998 bereits realisiert worden.

- Die **Nassstrahlverfahren** (z.B. Hochdruckwasserstrahlen) haben den Vorteil der Staubbinding; sie verhindern zudem eine Erhitzung der zu bearbeitenden Stellen. Verschmutztes Abwasser und Sprühnebel müssen allerdings zuverlässig zurückgehalten werden können. Die unter Trockenstrahlverfahren aufgeführten Massnahmen können auch bei Nassstrahlverfahren die Freisetzung von PCB verhindern. Zusätzlich sind jedoch wasserdichte Wannen sowie die Abwasserbehandlung in einem geschlossenen System erforderlich.

¹ mehrere Staubabscheiderstufen in Serie; die letzte Stufe soll auch den Feinststaub/Schwabstaub zurückhalten: Schwabstaubfilter der Filterklassen EU12, EU 13 resp. EU 14 (Abscheidegrad nach DOP-Test >99.99%) oder andere, ebenso wirksame Verfahren

- Die Emissions- und Immissionssituation bei Sanierungsarbeiten soll überwacht werden.

Aufgrund fehlender Untersuchungsdaten und Erfolgskontrollen kann heute noch nicht abschliessend beurteilt werden, wie weit die erwähnten Verfahren die Auflagen der Umweltschutzgesetzgebung erfüllen.

III Demontage von Objekten und Objektteilen

Für die Demontage von Objekten oder Objektteilen werden in der Regel Verfahren eingesetzt, welche zu einer starken Erwärmung der Oberflächen führen (Trennscheiben, Schweissbrenner). Vorgängig solcher Aktivitäten sollen die Chlorkautschukbeschichtungen im Bereich der Trennstellen entfernt werden.

IV Abfallentsorgung

Für die Oberflächenvorbereitung sollen Verfahren angewendet werden, die zu möglichst kleinen Mengen hochkonzentrierter Abfälle führen. Die resultierenden Abfälle sollen in bestehenden Behandlungsprozessen umweltgerecht entsorgt werden können.

- PCB-haltige Filterstäube, Schlämme und Strahlschutt unterstehen der VVS
- Die Aufbereitung PCB-haltiger Mehrweg-Strahlmittel auf der Baustelle soll mit "kalten" mechanischen Verfahren (Windsichtung, Siebung, Magnetabscheidung etc.) erfolgen.

Eine Aufarbeitung im Werk ist möglich, wenn die Firma eine entsprechende VVS-Empfängerbewilligung besitzt. Eine Vermischung mit PCB-freien Strahlmitteln oder die Aufarbeitung mit ungeeigneten thermischen Verfahren ist unzulässig.

- Die Zwischenlagerung, muss in Gebinden erfolgen, welche PCB-Verluste ausschliessen.
- PCB-haltige Abfälle sollen in Sonderabfallverbrennungsanlagen (in der Schweiz) entsorgt werden. Eine Behandlung solcher Abfälle im Temperaturbereich 200-1'000 °C muss unter allen Umständen vermieden werden.

Auch beim Recycling von Stahlteilen mit Chlorkautschukbeschichtung können hochtoxische chlorierte organische Verbindungen entstehen. Die Beschichtungen sollen deshalb vorgängig mit geeigneten Methoden (kalt) abgetragen werden.

Ein detaillierter Massnahmenkatalog findet sich in Kapitel 3.7.