

**Zeitschrift:** Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association suisse des électriciens, de l'Association des entreprises électriques suisses

**Herausgeber:** Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen

**Band:** 80 (1989)

**Heft:** 2

**Artikel:** Erfahrungen mit der Entsorgung von PCB

**Autor:** Vetsch, R.

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-903628>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 26.01.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

# Erfahrungen mit der Entsorgung von PCB

R. Vetsch

**Nicht nur Chemiefirmen und traditionell mit Umweltrisiken behaftete Unternehmen sind heute mit Problemen des Umweltschutzes und der Entsorgung konfrontiert – auch Stromproduzenten und -konsumenten sind, soweit sie noch im Besitz von PCB-haltigen Anlagen sind, direkt angesprochen. Der Beitrag schildert Erfahrungen aus der Praxis eines auf diesem Gebiet spezialisierten Entsorgers.**

**Les entreprises chimiques et toutes celles présentant des risques pour l'environnement sont actuellement confrontées à des problèmes écologiques et d'élimination des déchets. Les producteurs et consommateurs d'électricité ayant encore des installations contenant du PCB sont également directement concernés. L'article décrit certaines expériences faites par un spécialiste de l'élimination des déchets.**

## 1. Warum müssen PCB-haltige Apparate entsorgt werden?

PCB – polychlorierte Biphenyle – oder zumindest Spuren davon sind noch immer in zahlreichen Kondensatoren und Transformatoren als Dielektrika zu finden. Ihre günstigen Eigenschaften – sie sind unter anderem schwer entflammbar, thermisch stabil und weisen einen hohen Siedepunkt auf – waren vor Jahren der Grund dafür, sie in solchen Apparaten einzusetzen. Heute weiss man, dass sie in der Umwelt nur sehr langsam abgebaut werden. Bei Erhitzung auf etwa 350–800 °C bilden sich ausserdem Dioxine, deren Toxizität viel höher ist als die von PCB. Daher wurden in die am 1. September 1986 in Kraft getretene Stoffverordnung (StoV) auch Bestimmungen über PCB-haltige Apparate und Anlagen aufgenommen.

Diese Verordnung verbietet

- das Herstellen, Abgeben, Einführen und Verwenden von PCB
- das Abgeben oder Einführen von Kondensatoren und Transformatoren, die halogenierte aromatische Stoffe wie PCB enthalten.

Sie hält weiter fest, dass bestehende PCB-Geräte der kantonalen Behörde gemeldet, dass PCB-Transformatoren mindestens einmal jährlich kontrolliert werden und dass sie eine Warnaufschrift tragen müssen. In Betrieb stehende Geräte müssen bis 31.8.1998 ausser Betrieb genommen werden.

Unter dem Gesichtspunkt der Wirtschaftlichkeit mag die langfristige Erstreckung der Ausserbetriebnahme und Entsorgung PCB-haltiger Geräte angebracht erscheinen. Es sind jedoch in der Praxis verschiedene Zwischenfälle aufgetreten, in denen PCB freigesetzt wurde, was dazu führte, dass ausser den Kondensatoren und Transformatoren mit grossem finanziellem Aufwand auch noch die Umgebung entsorgt werden musste. Vielen Besitzern oder Betreibern von PCB-haltigen Apparaten und Anlagen liegt daher sehr daran, das PCB bereits frühzeitig zu entsorgen.

## 2. Welche Anlagen müssen entsorgt werden?

Bei Öl- und PCB-Prüfungen von Transformatoren stösst man immer

### VSE empfiehlt beschleunigten Ersatz von PCB-haltigen Transformatoren und Kondensatoren

Der Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke (VSE) hat seinen Mitgliedwerken bereits 1987 dringend empfohlen, alle PCB-haltigen Transformatoren und Kondensatoren möglichst rasch ausser Betrieb zu nehmen und fachgerecht entsorgen zu lassen. Bis zum vollständigen Ersatz der Geräte durch umweltfreundlichere Isoliermittel empfiehlt der VSE, die noch vorhandenen PCB-Kondensatoren regelmässig zu überprüfen und – wo dies technisch möglich ist – einen geeigneten Kondensatorschutz einzubauen.

Den inzwischen eingegangenen Reaktionen der Elektrizitätsgesellschaften ist zu entnehmen, dass der grösste Teil der werkseigenen PCB-Kondensatoren heute ausgewechselt ist. Damit wird die schweizerische Elektrizitätswirtschaft schon sehr früh der am 1. September 1986 in Kraft getretenen Verordnung des Bundesamtes für Umweltschutz (BUS) über umweltgefährdende Stoffe entsprechen, wonach PCB-Transformatoren und -Kondensatoren spätestens bis zum 31. August 1998 ausgewechselt und fachgerecht entsorgt werden müssen.

Red.

#### Adresse des Autors

Robert Vetsch, Chef Servicebetrieb,  
Industrielle Betriebe der Stadt Aarau (EWA)  
Obere Vorstadt 37, 5001 Aarau.



## So werden PCB-Transformatoren entsorgt

Die Entsorgung von Transformatoren beginnt jeweils vor Ort. Um eine grösstmögliche Sicherheit während des Transportes zur Hochtemperatur-Verbrennungsanlage zu gewährleisten, werden die PCBs über spezielle Pumpen und Schlauchsysteme in Sicherheitsgebinde entleert. In Seecontainern werden die Stahlblechspundfässer mit dem PCB und den leeren Transformatorenkörpern, welche durch die innere Kontamination ebenfalls als Sonderabfall zu betrachten sind, auf dem Schienen- und Seeweg über die notifizierten Transitländer zu der Behandlungsanlage in Süd-Wales, Grossbritannien, transportiert. Diese Hochtemperatur-Verbrennungsanlage hat sich auf die thermische Zerstörung von PCBs und Dioxinen spezialisiert, und unter anderem wurden dort auch die dioxinhaltigen Abfälle aus Unglücksfällen mit PCBs aus den Kantonen Glarus, Zürich und Neuenburg entsorgt.

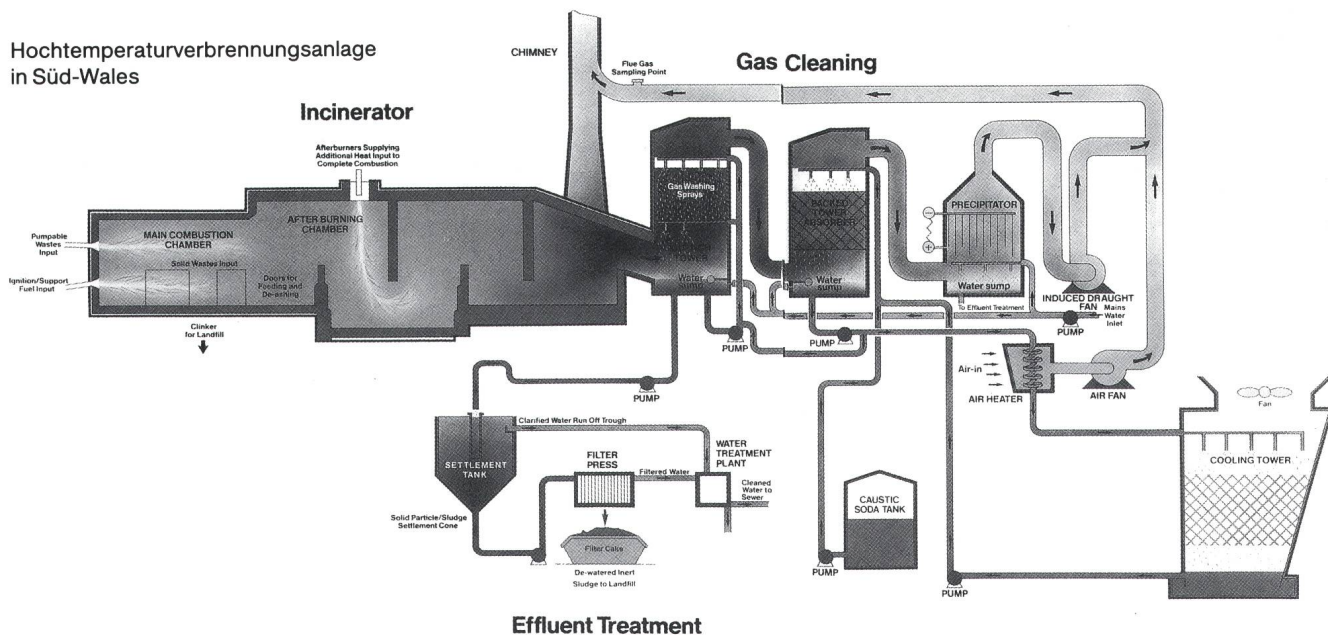
Im britischen Betrieb wird zuerst kontrolliert, ob die angelieferten Stoffe der Deklaration entsprechen. Durch die strengere Gesetzgebung mit speziellen Importgenehmigungen für Sonderabfälle ist nun auch ein übersichtlicher Vollzug gewährleistet. In einem für diese Zwecke eingerichteten Behandlungsgebäude werden die Transformatoren sodann mit einem Lösemittel gespült und anschliessend zerkleinert. Aufgrund des Kontaminierungsgrades wird die Verweilzeit im Ofen festgelegt. Das PCB in den Sicherheitsgebinden, die Spüllösungen sowie die mit PCB verseuchten Feststoffe werden dann nach einem bestimmten Beschickungsplan im computergesteuerten Verbrennungsofen (siehe Schema) bei über 1100 °C mit einem zehnpromzentigen Sauerstoffüberschuss verbrannt bzw. ausgeglüht. Obwohl die PCB-Moleküle unter diesen Bedingungen innerhalb von Sekunden zerstört

werden, bleibt das Material während mindestens einer Stunde im Ofen. Durch Analyse der Asche und des Transformatorenkerns wird kontrolliert, dass der Verbrennungsprozess zu 99,9999% abgelaufen ist.

Der Abgeber von PCB-haltigen Abfällen und die ETI unterzeichnen vor Beginn der Entsorgungsarbeiten den Begleitschein gemäss VVS (Verordnung über den Verkehr mit Sonderabfällen). Damit ist für den Abgeber die Entsorgung bereits abgeschlossen, und er ist seiner Verantwortung enthoben. Zur zusätzlichen Bestätigung, dass die gesetzes- und umweltkonforme Entsorgung abgeschlossen wurde, erhält er nach 6–8 Wochen das Vernichtungszertifikat der Verbrennungsanlage. Zudem ist auch das Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL), durch von den Zollbehörden abgestempelte Kopien der Begleitscheine, jederzeit über laufende Entsorgungen informiert. Die kantonalen Behörden erhalten von den bewilligten Entsorgungsunternehmen quartalsweise eine Statistik. Die ETI (Europe) AG hat es sich zudem von Anfang an zur Pflicht gemacht, vor der Ausführung von Entsorgungsprojekten mit den zuständigen kantonalen Behörden Kontakt aufzunehmen und die anfallenden Arbeiten zu besprechen.

Besonders durch die enge Zusammenarbeit mit dem Servicebetrieb der Industriellen Betriebe der Stadt Aarau (EWA) können dem Kunden vielfältige Dienstleistungspakete angeboten werden. Die Entsorgung und der Ersatz der alten Transformatoren durch Neuanlagen kann innert Tagesfrist geschehen.

Urs K. Wagner, Geschäftsführer ETI (Europe) AG



wieder auf mit PCB gefüllte oder verseuchte Transformatoren. Bei letzteren handelt es sich nicht immer nur um solche Transformatoren, die von PCB auf Mineralöl umgerüstet wurden; es können auch Apparate sein, die anlässlich der Füllung beim Hersteller durch einen PCB-Isolierölrest im Pumpensumpf verseucht worden sind. Zur Einfüllung der unterschiedlich-

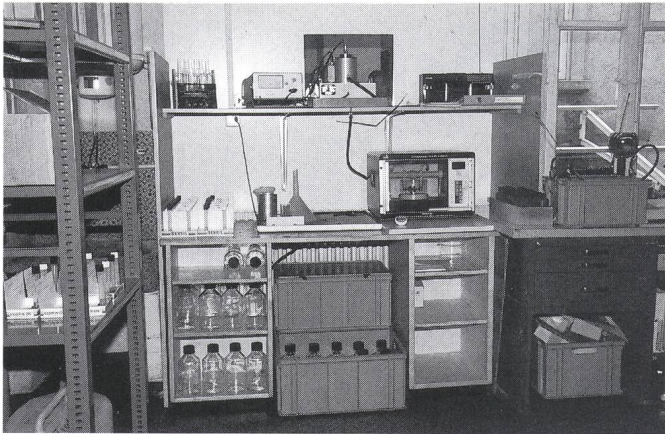
sten Dielektrika wurde oft die gleiche Pumpe verwendet.

In der Regel weisen diese Transformatoren einen PCB-Gehalt von unter 500 ppm (500 mg pro kg Flüssigkeit) auf, und sie können im Retrofilling-Verfahren entsorgt werden. Dabei wird nur das verseuchte Isolieröl – wie gesetzlich vorgeschrieben – dem Transformator entnommen und in

einer geeigneten Anlage bei einer Temperatur von über 1100 °C verbrannt. Der aktive Teil und das Gehäuse können nach der Reinigung weiterhin verwendet werden. Mit der neuen Mineralölfüllung entspricht die Anlage dann wieder den gesetzlichen Vorschriften.

Bei Transformatoren mit einem PCB-Gehalt von mehr als 500 ppm

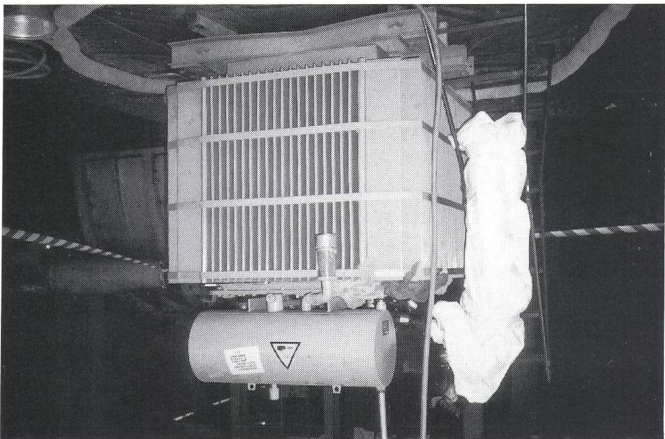




Figur 1 Transportable Prüfeinrichtungen für die wichtigsten Öltests



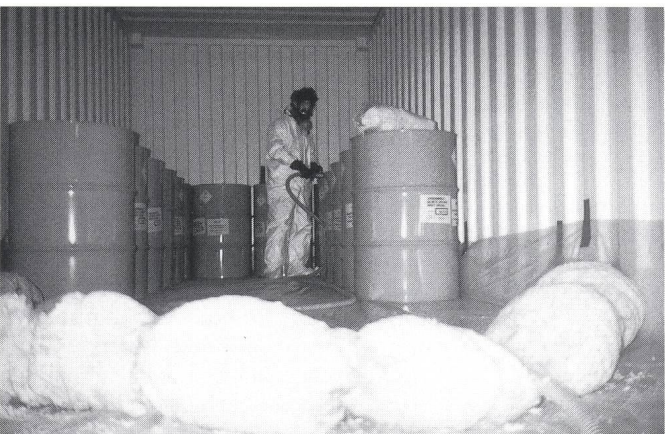
Figur 2 Strassentransport eines PCB-Transformators in einer Spezialwanne



Figur 3 Ein ausgewechselter Trafo mit PCB-haltigem Isolieröl auf dem Entsorgungsplatz



Figur 4 Zum Abpumpen bereitgestellte Trafos mit PCB-verseuchtem Isolieröl



Figur 5 Umfüllen des PCBs in Spezialfässer in einem Container. Vor dem Transport wird die Ladung verkeilt



Figur 6 Für den Abtransport bereitgestellte Container



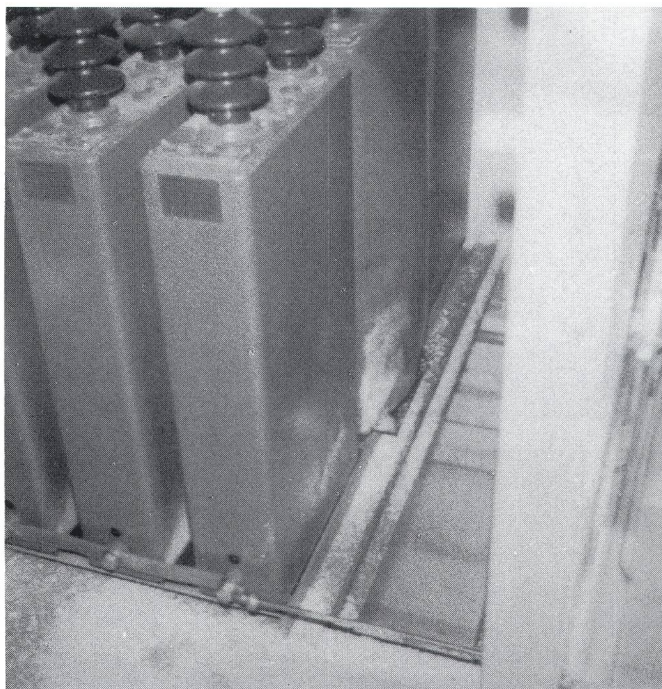
sollte in der Schweiz das Retrofilling-Verfahren nicht angewendet werden. Erstens genügt in diesem Fall eine Spülung nicht mehr, um den PCB-Gehalt unter 50 ppm zu senken; Spülmittel und Spülöle müssen ebenfalls entsorgt werden. Und zweitens entstehen dabei höhere Kosten als bei einer totalen Entsorgung.

Um sicher zu sein, dass ein Transformator nicht PCB-haltig ist, sind Ölprüfungen beinahe unerlässlich. Sie dienen zudem auch der Zustandsüberwachung und der vorsorglichen Instandhaltung des Transformators.

Für die Bestimmung der Werte wird beim EWA ein PCB-Screening Kit verwendet. Diese kalorimetrische Methode liefert keine falsch-negativen Ergebnisse, falsch-positive Befunde können jedoch nicht ausgeschlossen werden, da andere Organo-Chlor-Verbindungen einen erhöhten PCB-Gehalt vortäuschen können. Aus diesen Gründen sollten positive Befunde zunächst noch gaschromatographisch nachgeprüft werden. Daraus ist ersichtlich, dass solche Prüfungen durch geübte Fachleute vorgenommen werden sollten.

Nur Anlagen, bei denen der Hersteller schriftlich garantiert, dass sie mit Dielektrika mit weniger als 50 mg PCB pro Kilogramm Flüssigkeit (50 ppm) gefüllt sind und nie umgestellt wurden, können bedenkenlos über das Jahr 1998 hinaus in Betrieb gelassen werden. Leider ist festzustellen, dass ver-

**Figur 7**  
**Ein PCB-Unfall:**  
Ein Kondensator ist einige Wochen vor dem Auswechseln geborsten, und PCB ist in die Auffangwanne ausgeflossen.



schiedene Lieferanten diese schriftliche, eindeutige Garantie nicht abgeben.

Der Besitzer ist laut Stoffverordnung verpflichtet, Transformatoren mit PCB-haltigen Ölen jährlich einmal zu kontrollieren und allenfalls mit einer Warntafel zu versehen. Anlässlich der Entsorgung musste jedoch auch schon festgestellt werden, dass ein mit Warntafel bezeichneter Transformator kein PCB enthielt. Die Besit-

zer sollten sich daher nur auf die Aussagen der Hersteller oder von offiziellen Analytikern verlassen.

Vor allem im Bereich von Industrieanlagen ist das Vorsorgen in bezug auf eine frühzeitige Entsorgung besonders wichtig. Die Erkennung oder Gewichtung einer Gefahr kann sich dort durch Personal- oder Organisationswechsel kurzfristig sehr stark ändern.

Beim Auswechseln von PCB-haltigen Transformator- und Kondensator-Anlagen ist äusserste Sorgfalt und die Kenntnis der möglichen Gefahren sehr wichtig. Auch für das Entsorgungspersonal bestehen strenge Vorschriften. Es muss wissen, wie Transformatoren und Kondensatoren ohne Beschädigung verschoben und, falls sie nicht auf dem Gelände des Anlagenbesitzers entleert werden, transportiert werden können. Bei jedem Transport müssen die Bestimmungen der Verordnung vom 17.4.1985 über die Beförderung gefährlicher Güter auf der Strasse beachtet werden.

Bei der Entsorgung PCB-haltiger Kondensatoren und Transformatoren kommt es somit einerseits auf das Know-how im Umgang mit toxischen chemischen Substanzen an, gleichzeitig aber auch auf das Know-how im Umgang mit elektrischen Apparaten und Anlagen. In dieser Hinsicht bietet eine Zusammenarbeit zwischen einem erfahrenen Servicebetrieb im Bereich der Elektrotechnik und einer auf dem Gebiet der Entsorgung chemischer Produkte spezialisierten Unterneh-

### Entsorgung von ehemaligen PCB-Transformatoren – am Beispiel EBL

In den Jahren 1961 und 1962 hat die Elektra-Baselland Liestal (EBL) insgesamt 9 Transformatoren mit PCB-Isolieröl angeschafft. Nachdem Ende der sechziger Jahre die Gefährlichkeit dieser Geräte erkannt wurde, hat man die Transformatoren zwischen 1969 und 1973 – entsprechend dem damaligen Wissensstand – durch die Herstellerfirmen gebaut und das PCB-haltige Isolieröl durch Mineralöl ersetzt. Anschliessend wurden die Transformatoren wieder im Netz der EBL eingesetzt bzw. ein Trafo wurde der Gemeinde Pratteln verkauft. Mit dem Auswechseln der Kühlflüssigkeit galten die Transformatoren nach den damaligen Vorschriften und Kenntnissen als ungefährlich.

Nach der 1986 in Kraft getretenen Stoffverordnung müssen auch jene Transformatoren, die – wie bei der EBL – nur noch Spuren von PCB enthalten, innerhalb der gesetzten Frist entsorgt werden. Sofort nach Bekanntwerden dieser neuen Vorschriften wurden die Transformatoren aus dem Netz genommen. Es wurde versucht, eine autorisierte Firma zu finden, die die Entsorgung übernehmen konnte. Am 13. Februar 1987 konnte einer Schweizer Firma ein Auftrag zum Abtransport und zur Entsorgung erteilt werden. Vereinbart wurde damals als Abnahmetag der 31. März 1987. Mangels Kapazität bei der Entsorgungsfirma wurde der Abnahmetag dann leider immer wieder hinausgeschoben. Um die unbefriedigende Situation möglichst rasch zu bereinigen, musste eine andere Firma gefunden werden, die in der Lage war, die Transformatoren kurzfristig zu übernehmen. Gegen Ende 1988 konnte nun mit der Firma Environmental Technology International (ETI Europe AG), Landquart, ein neuer Vertrag abgeschlossen werden. Die EBL hat sich vergewissert, dass diese Firma in der Lage ist, eine einwandfreie Entsorgung zu garantieren. Die ganze Aktion kostet nochmals Fr. 85 000.-. Zusammen mit dem Wertuntergang der Transformatoren ergeben sich finanzielle Konsequenzen von rund Fr. 140 000.-.

EBL



mung viele Vorteile. Ein Beispiel für eine solche Kooperation ist der Partnerschaftsvertrag zwischen dem Servicebetrieb der Industriellen Betriebe der Stadt Aarau (EWA) und der ETI (Europe) AG, der bereits in zahlreichen Fällen zu einer gut eingespielten Zusammenarbeit geführt hat.

### 3. Lehren aus einem konkreten Fall

In einer Transformatoren-Station war ein PCB-haltiger Kondensator geborsten (Fig. 7). Fussboden, Ölwanne sowie Wände und Armaturen waren sichtbar kontaminiert, Anzeichen eines Brandes oder eines offenen Lichtbogens jedoch nicht feststellbar. Unverzüglich nach dem PCB-Unfall wurde Ölbinder aufgebracht, ein Grossteil des ausgelaufenen PCB wurde gebunden und damit die erforderliche Restentsorgung auf ein Minimum reduziert.

Gemäss den Richtlinien des Bundesamtes für Umweltschutz [1] müssen solche Schäden von Spezialisten und mit grösster Sorgfalt behoben werden, damit die Umweltgefährdung möglichst klein gehalten werden kann. Bei jeder unkontrollierbaren Freisetzung von PCB ist dazu eine Analyse notwendig. Der Restgehalt in verseuchten Böden (Erdreich, Asphalt, Vegetation, Beton) und Wänden sollte 50 mg PCB pro Kilogramm (50 ppm) nicht überschreiten. Bei dem oben beschriebenen Ereignis waren nur etwa 10 Liter PCB-haltige Flüssigkeit ausgelaufen. Dank dem rechtzeitigen Einsatz der Spezialisten konnte von einem Katastrophenalarm, der die Ortsfeuerwehr, die Stützpunktfeuerwehr und die Ölwehr zur Stelle gerufen hätte, abgesehen werden. Die kantonale Behörde, in diesem Fall das Amt für Umweltschutz, musste jedoch unverzüglich über den Unfall informiert werden.

Der weitere Ablauf dieses noch nicht abgeschlossenen Schadenereignisses war folgender:

Durch die EMPA Dübendorf wurden Prüfungen vorgenommen. Zu diesem Zweck wurden Wischtests von Stellen genommen, die nicht sichtbar verspritzt waren, und Sickerwasser aus einer Fassung in unmittelbarer Nähe der Station untersucht. Damit wollte

man die eingetretene PCB-Kontamination feststellen. Reinigungsarbeiten durften erst nach Vorliegen des Analyse-Resultates ausgeführt werden.

Bei den Wischtests war die PCB-Kontamination nur schwach, und polychlorierte Dibenzo-p-dioxine konnten nicht nachgewiesen werden. Im Sickerwasser konnte gar kein PCB festgestellt werden. In der Folge durften daher erste Sanierungsarbeiten durch eine auf PCB-Schadenfälle spezialisierte Firma ausgeführt werden. Kondensatoren, Gummimatten, Ölbinder und verbrauchtes Prüf- und Schutzmaterial wurden entsorgt.

In einer weiteren Etappe wurden dann in Bereichen, in denen PCB in den Untergrund hätte eingedrungen sein können, gesonderte Untersuchungen durchgeführt. Für diese Analysen wurden nach dem Reinigen der verseuchten Oberflächen an ausgesuchten Stellen der Ölauffangwanne mit einem Steinbohrer Proben bis zu 8 cm Tiefe genommen. Die Messwerte waren nicht extrem hoch, aber auch nicht befriedigend:

Wand:	
bis 1 cm Tiefe	2800 ppm
1 bis 2 cm Tiefe	15 ppm
Boden, Nähe Schadenort:	
bis 1 cm Tiefe	7000 ppm
1 bis 2 cm Tiefe	4 ppm
2 bis 4 cm Tiefe	7 ppm
4 bis 8 cm Tiefe	2 ppm
Boden, entfernte Stelle (Ölbinder später aufgetragen):	
bis 1 cm Tiefe	15 000 ppm
1 bis 2 cm Tiefe	300 ppm
2 bis 4 cm Tiefe	8 ppm
4 bis 8 cm Tiefe	5 ppm

Die internationale OECD-Vereinbarung bestimmt, dass verseuchter Boden bis 50 ppm PCB nicht überschreiten sollte. In der Schweiz muss Bauschutt bereits bei einem Gehalt von über 10 ppm (10 mg PCB pro Kilogramm) entsorgt werden.

Ein Überstreichen, Beschichten oder Versiegeln kontaminierter Böden und Wände ist nicht zulässig, weil PCB und seine Pyrolyseprodukte durch so behandelte Beläge hindurch diffundieren. Die Art der Entsorgung ist in jedem Falle mit der kantonalen Behörde abzusprechen. Sie entscheidet

aufgrund der Analysen, was getan werden muss. Bei dem hier zitierten Schaden ist zum Beispiel noch nicht entschieden, ob der Beton gebürstet und feucht dekontaminiert, abgefräst oder abgespitzt werden muss. Wie auch immer entschieden wird, es entstehen sehr hohe Kosten. Wie die Erfahrung zeigt, kann der Aufwand für die Behebung eines solchen Schadens inkl. Entsorgung der kontaminierten Umgebung ohne weiteres das 40fache des reinen Ersatzes des Apparates ausmachen.

### 4. Schlussfolgerungen

Im Hinblick auf die potentielle Gefährdung der Umwelt wie auch auf die möglichen beträchtlichen wirtschaftlichen Konsequenzen scheint es empfehlenswert, PCB-haltige Apparate und Anlagen möglichst frühzeitig, ungeachtet der erlaubten Frist, und umgehend zu entsorgen oder solche «Zeitbomben» zumindest in unbeschichtete Stahlwannen mit dem gesetzlich vorgeschriebenen Fassungsvermögen zu stellen.

Obwohl bei der Entsorgung zahlreiche Probleme zu lösen sind, ist sie einer Einlagerung von PCB-haltigen Anlagen vorzuziehen. Absolut sichere Lagerplätze sind oft nicht vorhanden, und wenn PCB-haltige Flüssigkeiten auslaufen, entstehen meist grosse Kosten.

Ob zu einem späteren Zeitpunkt einmal PCB-haltige Apparate in der Schweiz kostengünstiger – oder überhaupt noch – entsorgt werden können, ist noch offen. Sicher öffnen sich mit der Höchsttemperaturverbrennung (Plasmaoxidation) für die Entsorgung von Sonderabfällen neue Möglichkeiten. Wo und von wem aber solche Anlagen in Zukunft geduldet werden, wird immer fraglicher. Die Entsorgung ist offensichtlich immer das Problem des Nachbarn.

#### Literatur

- [1] Bundesamt für Umweltschutz (Hrsg.): Schutz vor Umweltschäden durch PCB-haltige Kondensatoren und Transformatoren; Schriftenreihe Umweltschutz Nr. 90, Bern, Juni 1988.