

erfaßt werden kann, gilt für Außenwandbekleidungen. Fußbodenbeläge sollen hier – der Kürze wegen – außer Betracht bleiben.

c) Fortentwickelter, teilweise vollentwickelter Brand

Unter dieser hohen Brandbeanspruchung dürfen die Baustoffe keinen Beitrag zum Brand leisten, d. h. Wärmeabgabe und Entwicklung brennbarer Gase müssen unbedenklich sein. Unter hohen Anforderungskriterien werden die Baustoffe in die Klasse DIN 4102-A1, unter etwas geringeren Anforderungen in die Klasse DIN 4102-A2 eingereiht, wobei in der zuletzt genannten Klasse die hier möglichen brennbaren Bestandteile der Baustoffe hinsichtlich Rauchentwicklung und Entstehung toxischer Gase keinen Anlaß zu Bedenken geben dürfen. Die bauaufsichtliche Bezeichnung ist für beide Klassen „nichtbrennbar“; die Baustoffe dürfen überall verwendet werden und lediglich im Schornsteinbau wird die Klasse DIN 4102-A1 gefordert.

Dies ist das deutsche Konzept, das andere Länder so nicht kennen. International ist z. B. im Gespräch, zur Klassifizierung der

Baudirektor

*Dipl.-Ing. Helmut Hertel
Institut für Bautechnik, Berlin*

Vortrag aus dem Tagungsband „Der europäische Baubinnenmarkt“, Institut für das Bauen mit Kunststoffen e. V., Mai 1990

Baustoffe nur eine, relativ hohe Brandbeanspruchung zu wählen und als Klassifizierungskriterium soll allein die Zeit bis zum flash-over in einem kleinen Raum gelten. Es leuchtet ein, daß bei dieser völlig anderen Risikobetrachtung die deutschen Klassifizierungen nicht mehr den bisherigen entsprechen würden, sondern daß unser Vorschriftenkonzept verändert werden müßte. Hier einen sachlich vernünftigen, europäischen Kompromiß zu finden, erweist sich als äußerst schwierig.

4 Europäische Klassifizierung des Brandverhaltens von Bauteilen

Generell besteht bei den Bauteilen der Vorteil, daß die Feuerbeanspruchung – die Einheits-Temperaturzeitkurve – bereits seit langem international genormt ist. Einer detaillierten Festlegung bedürfen aber die Randbedingungen, unter denen die Prüfungen durchzuführen sind. Hierdurch werden sich für die Feuerwiderstandszeiten Änderungen gegenüber den derzeitigen Werten ergeben, die nicht bei allen Produkten einer Bauart gleich sein werden.

Einfacher ist die Situation dort, wo an eine Klassenreihe ein Prüfverfahren gekoppelt ist. Bei zahlreichen Bauteilen aber, wie Brandwänden, bekleideten Stahlstützen der Feuerwiderstandsklasse F 90, Feuerschutzabschlüssen, Rohrummantelungen usw., ist in der Bundesrepublik Deutschland mit einer

Klassifizierung das Bestehen mehrerer Prüfverfahren verbunden. Diese Verknüpfung wird sich in einer europäischen Norm nur schwer durchsetzen lassen. Es kann zu einer Aufgliederung der Klassen kommen und zu der Entscheidung, daß nicht alle Klassen in jedem europäischen Land verwendet werden. Da das hiesige Klassifizierungssystem oft stärker als in anderen Staaten aufgliedert ist, wird man zu Vereinfachungen bereit sein müssen.

5 Auswirkungen auf die Vorschriften

Die Brandschutzvorschriften bleiben im Prinzip von den Harmonisierungsschritten unberührt; sie haben das Ziel, das erwartete Schutzniveau sicherzustellen. Da sich jedoch die Inhalte der Forderungen in unseren Bauordnungen, Rechtsverordnungen, Verwaltungsvorschriften ändern, bedürfen diese Festlegungen einer Überprüfung, sobald die künftigen Klassifizierungen bekannt sind. Wegen der engen Verbindung zwischen Normung bzw. Zulassung und Vorschrift wird es sinnvoll sein, die eine oder andere Forderung neu zu formulieren. Nachdem der Brandschutz wegen seiner Komplexität lange Zeit Nachzügler bei der Entwicklung bautechnischer Berechnungsverfahren war, hat er in den letzten Jahren deutliche Fortschritte machen können, die es rechtfertigen, Brandschutzvorschriften künftig weniger detailliert und mehr zielorientiert zu erfassen.

Wie gefährlich sind „Clophen-Unfälle“ wirklich?

Dipl.-Ing. Günter Geschefsky

Einleitung

Clophen, Handelsname der Firma Bayer, Leverkusen, für eine Reihe von Substanzen, die unter dem Begriff „polychlorierte Biphenyle“, kurz „PCB's“ bekannt geworden sind.

Handelsbezeichnungen anderer Hersteller sind u. a. „Arochlor“, „Apirolio“, „Inerteen“, „Pyrolene“. Im Bereich der elektrotechnischen Anwendung finden wir auch die Bezeichnung „Askarele“. Hierbei handelt es sich allgemein um Gemische von PCB mit Chlorbenzolen (Tri..., Tetra...).

Einige zum Teil spektakuläre Ereignisse in den vergangenen Jahren und neuere Erkenntnisse in Verbindung mit

verbesserten Meß- und Analysetechniken haben die „PCB's“ in – eigentlich nur zum Teil berechtigten – Verruf kommen lassen.

Vorgänge um diesen Themenkomplex sind besonders wegen der chemisch-familiären Verwandtschaft mit anderen Substanzen unter Schlagworten wie „Seveso-Gift“, „Dioxin“ oder „Ultragift“ in der Öffentlichkeit stark verzerrt und verunsichernd statt aufklärend verbreitet worden. Allein die Feststellung von PCB im Altöl löst auch heute noch sofort das Reizwort „Dioxin“ aus.

Leider wissen zu wenige, was „Dioxin“ eigentlich ist und wo und wann es wirklich entsteht oder vorhanden ist; und leider scheinen auch nur Sachkundige auseinanderhalten zu können, daß

die spektakulärsten der zitierten Ereignisse in der Welt nicht im Zusammenhang mit PCB's, sondern bei fehlerhaftem Ablauf der Herstellungsprozesse von Pflanzenbehandlungsmitteln bzw. Pestiziden aufgetreten sind.

Der breiten Öffentlichkeit – dem Normalverbraucher – sind diese Zusammenhänge verständlicherweise nicht so geläufig und so entsteht aus Unwissenheit Unsicherheit.

Das alles ist eigentlich tragisch, denn aus der Sicht des Brandschutzes sind ja PCB-gefüllte elektrische Betriebsmittel – und über diese soll hier hauptsächlich berichtet werden – immer noch die „Sichersten“.

Aus Brandsicherheitsgründen sind sie ja eigentlich auch entwickelt worden.

Nun sind „PCB-Unfälle“ – hier Schadensfälle an oder mit PCB-gefüllten elektrischen Betriebsmitteln – zum Glück recht selten; und so ist es auch nicht verwunderlich, daß – von Ausnahmen abgesehen – kaum Erfahrungen mit derartigen Vorgängen vorliegen und rein theoretische Erkenntnisse lassen sich oft nur unvollkommen in die Praxis umsetzen.

Hinzu kommt, daß solche Ereignisse dann meistens noch „top secret“ behandelt werden. Ein Problem übrigens, mit dem nicht nur die Benutzer PCB-gefüllter elektrischer Betriebsmittel sondern auch die zuständigen Behörden fertig zu werden haben oder hatten.

Dieser Hinweis soll Zweckmäßigkeit und Notwendigkeit der offenen Zusammenarbeit mit den zuständigen Behörden bei Vorgängen dieser Art unterstreichen, da damit die Gefahr von Fehleinschätzungen und Fehlreaktionen geringer wird und Maßnahmen gemeinsam getragen werden können.

- Wofür gelten die nun folgenden Aussagen?
- Wie aktuell ist das Thema?

Zwei Fragen, zwei Antworten:

Die Aussagen gelten für elektrische Betriebsmittel mit PCB-Füllung, da sich allgemein heute nur noch damit Schadensmöglichkeiten ergeben.

(Nicht betrachtet werden hier die Anwendung im Bergbau sowie Produktionszweige der chemischen Industrie).

Das Thema ist unverändert aktuell, denn:

Nach Angaben des Zentralverbandes der Elektrotechnischen Industrie e.V. befinden sich in der Bundesrepublik einschließlich West-Berlin etwa 60 000 Transformatoren mit PCB-Füllung in Betrieb (überwiegend in der gewerblichen Wirtschaft). Behördenschätzungen nennen hierzu eine PCB-Menge von 30 000 bis 33 000 t.

Über die Zahl der Kondensatoren größerer Bauart (über 1 kg) gibt es keine exakten Angaben. Bei Kleinkondensatoren dürfte die Zahl noch schwerer abzuschätzen sein. Die PCB-Menge wird hier auf 20 000 t geschätzt.

Insgesamt jedenfalls eine ausreichende Menge, um künftige Unfallereignisse nicht ausschließen zu können. Allgemein versehen diese Betriebsmittel unauffällig und zuverlässig ihren Dienst. Doch – auch ohne äußere Einwirkung sind Schadensfälle möglich und jeder kann dann plötzlich vor der Frage stehen: Was ist jetzt zu tun?

Zwar gibt es keine Patentlösungen, aber die entstehenden Probleme und die Beurteilungskriterien sind ähnlich. Leider wurde bisher zu wenig über die gewonnenen Erkenntnisse berichtet und so soll versucht werden, Erfahrungen und daraus gezogene Schlüsse in verständlicher Form weiterzugeben.

Vorgeschichte

PCB's sind seit über 100 Jahren bekannt. Die industrielle Herstellung erfolgte seit 1929.

Bevorzugte Einsatzbereiche:

- Kühl- und Isolierflüssigkeit für elektrische Betriebsmittel, wie Transformatoren und Kondensatoren
- Hydraulikflüssigkeit, besonders im Bergbau
- Wärmeübertragungsmittel für indirekte Heizungen.

Grund für den bevorzugten Einsatz waren die besonderen Eigenschaften der PCB's.

- sie sind chemisch und thermisch sehr beständig
- sie sind ein gutes Dielektrikum und im Gegensatz zu vergleichbar verwendeten Stoffen, wie Öl usw. nicht brennbar
- der Dampfdruck ist nahezu Null
- die Dämpfe, schwerer als Luft, bilden keine explosionsfähigen Gemische.

Und diese Eigenschaften waren es auch, die den Einsatz in den Bereichen auslösten, die als besonders brand- und explosionsgefährdet galten.

Ende der 60er Jahre wurde bekannt, daß höher chlorierte Biphenyle schwer abbaubar und deshalb ökologisch bedenklich sind. Der Umgang damit wurde deshalb in einigen Ländern (USA, Kanada) verboten, in anderen eingeschränkt, weil man befürchtete, daß diese Substanzen in den Nahrungsmittelkreislauf gelangen.

Seit 1978 ist die Verwendung der PCB's in der Bundesrepublik durch die 10. Durchführungsverordnung zum Bundesimmissionsschutzgesetz (10. BImSchV) auf bestimmte Anwendungsgebiete (sog. geschlossene Systeme) begrenzt.

Im Februar 1981 wurde nach einem Brandunfall in Binghampton/USA bekannt, daß im Brandruß von Askarelen toxisch wirkende chlorierte Dibenzofurane bzw. Dibenzodioxine enthalten sein können, auch das hochtoxische 2,3,7,8-Tetrachlordibenzo-para-Dioxin, kurz: TCDD. Dies hat weltweit zu lebhaften Aktivitäten geführt.

Es blieb zu klären:

1. Ob und in welchen Konzentrationen diese Komponenten in
 - neuen
 - betriebsbelasteten
 - thermisch oder elektrisch überbeanspruchten oder
 - pyrogen zersetzten Askarelen auftreten können.
2. Welche Wirkung sie haben als
 - Askarele oder als deren
 - Zersetzungsprodukte

3. Welche Konsequenzen für die Anwendung und den Umgang mit Askarelen zu ziehen sind.

All diese Vorgänge haben dazu geführt, daß in Deutschland seit 1983 keine PCB's mehr hergestellt werden.

Mit der „Verordnung zum Verbot von polychlorierten Biphenylen, terphenylen und zur Beschränkung von Vinylchlorid“ vom 18. 07. 1989 kommt nun in einem Stufenplan das Ende jeglicher PCB-Verwendung bis zum 31. 12. 1999.

Was sind PCB's?

Ein kleiner Abstecher in die Chemie ist notwendig, um die Gründe für die weitere Beurteilung von Vorgängen verständlich machen zu können.

PCB's sind organische Verbindungen folgender Struktur:

Bild 1 (Seite 76)

Zwei Benzolringe sind durch eine Einfachbindung verknüpft. Es entsteht ein Biphenylmolekül. Die Wasserstoffatome der Benzolringe werden bei der Synthese mittels chlorieren durch bis zu 10 Chloratome substituiert.

Bei diesem Prozeß entsteht ein PCB-Gemisch mit unterschiedlichem Chlorierungsgrad. Reine PCB's gibt es nicht; die Mengenverteilung der einzelnen Komponenten bestimmt den PCB-Typ. Bild 2 (Seite 76)

Diese Kenntnis ist für die spätere Beurteilung von Schadensfällen von Bedeutung.

Bild 3 (Seite 77)

gibt einen Überblick über die für Transformatoren verwendeten PCB-Typen und Mischungskomponenten.

Was sind „Dioxine“ und „Furane“?

Gemeint sind hier Polychlor-Dibenzodioxine und -Dibenzofurane.

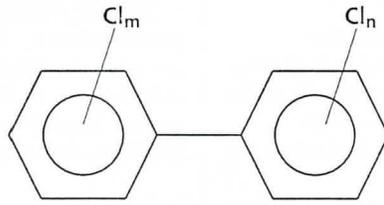
Bild 4 (Seite 77)

Beide sind und waren niemals Ziel industrieller Produktion.

Sie entstehen:

1. als unerwünschte Beiprodukte bei der Herstellung und Verarbeitung von polychlorierten „Phenolen“. Bekannte Vertreter dieser Stofffamilie sind z. B. das „Pentachlorphenol“ (PCP) aus der Herstellung von Holzschutzmitteln oder das „Trichlorphenol“ (TCP) aus der Pflanzenchemie (bekannt durch Seveso), hier vorwiegend „Dioxine“
2. bei der pyrogenen Zersetzung von höherchlorierten Biphenylen in

PCB-Struktur



m - 1 ... 5
 n - 0 ... 5
 10 Homologe
 209 Isomere

Gegenwart von Sauerstoff bei Temperaturen zwischen ca. 500 und 800 °C, hier vorwiegend „Furane“.

Die unterschiedlichen Ausgangsmoleküle

„Chlorphenole“ bzw. „Chlorbiphenyle“ sind bestimmend für die in einem Falle bevorzugte Bildung von Dioxinen, im anderen Falle bevorzugte Bildung von Furanen.

Je nach Chlorierungsgrad und Anordnung der Chloratome im Molekül gibt es insgesamt

75 verschiedene „Dioxine“ und 135 verschiedene „Furane“, wobei die sog. 2.3.7.8.-Klasse der Tetrachlordibenzodioxine bzw. Tetrachlordibenzofurane toxikologisch besonders herausragend ist.

Größenordnung von Meßwerten

Im Zusammenhang mit Schadstoffen oder Gefahrstoffen sind heute allgemein Meß- oder Grenzwertangaben im „ppm-Bereich“ (Milligramm pro Kilogramm) gebräuchlich.

Bei Vorgängen um PCB's und Dioxine geht es um Werte im „ppt-Bereich“ (Nanogramm pro Kilogramm).

Daraus ergibt sich: 1 ppm = 1000 000 ppt.

Messungen und Analysen mit Werten dieser Größenordnung sind mit betrieblichen Mitteln nicht mehr durchzuführen.

Schadensfälle und Ergebnisse

Vier Unfallereignisse mit Meßdaten sind in Deutschland näher bekannt geworden; Kondensatorunfälle als Folge von Kurzschlüssen.

In diesen Fällen hat sich gezeigt, daß Unsicherheiten durch ungenügende Kenntnis über mögliche Auswirkungen und zweckmäßiges Vorgehen sich als erschwerend bei der Schadensbeseitigung erwiesen haben. Es ist zu befürchten, daß der Erfahrungsaustausch auch heute noch zu wünschen übrig läßt.

Die bei diesen Unfällen von den Meßinstitutionen festgestellten Konzentrationen waren nicht ganz einheitlich, ergaben jedoch für 2.3.7.8.-TCDD (Seveso-Dioxin) keine Werte im nachweisbaren Bereich (Nachweisgrenze: 10 ppt). Für 2.3.7.8.-TCDF wurde nur in einem Fall ein Wert nachgewiesen, der über dem als zulässig bezeichneten (z. Zt. 50 ng/m² für kontaminierte Flächen) lag. Nach den Untersuchungsergebnissen dieses Falles konnte hier ein

Bild 1

PCB-Typen Zusammensetzung

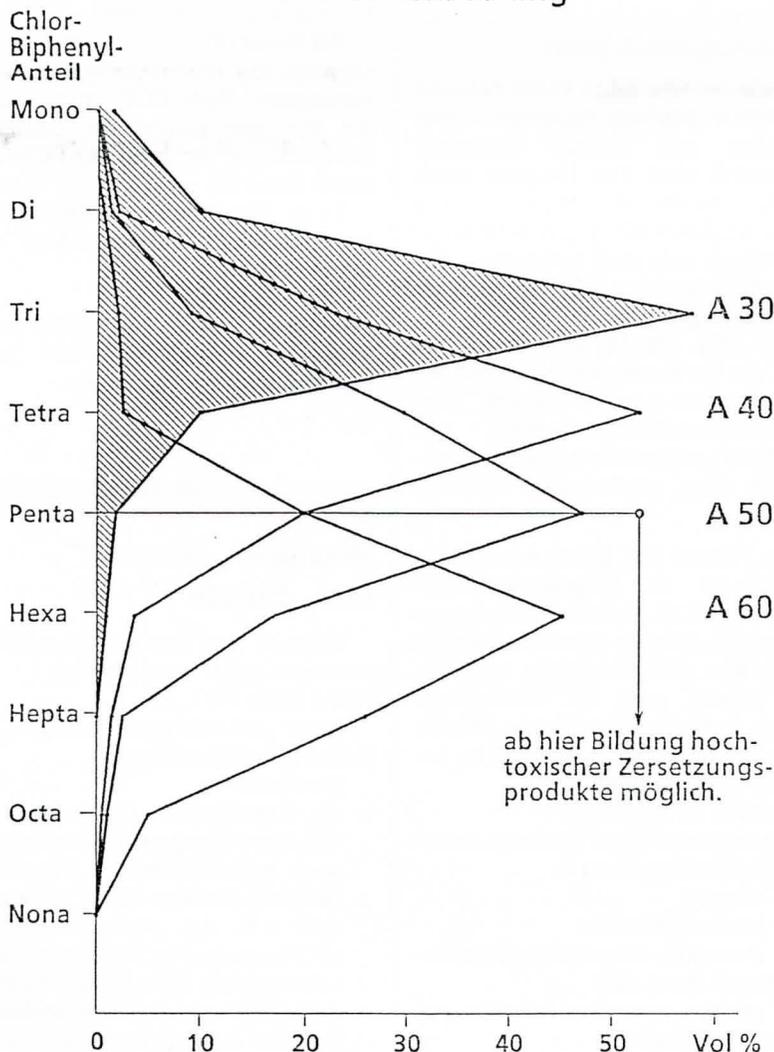


Bild 2

**Zusammensetzung der Clophen-Typen für Transformatoren
(Clophen T-Typen)**

Komponente	T 64	T 64	T 241	T 241N	T 64 N	T 82
	Vol.-%					
Clophen A 30						80
Clophen A 50		20	27,5	55	70	
Clophen A 60	60	50	27,5			
Trichlorbenzol	40	30	34,5	34,5	30	20
Tetrachlorbenzol			10,5	10,5		
HCl-Acceptor				+	+	+
Lieferzeit	bis 1950	1950 bis 1977	1963 bis 1977	1/1977 bis 7/1977	1/1977 bis 12/1980	ab 1981

Bild 3

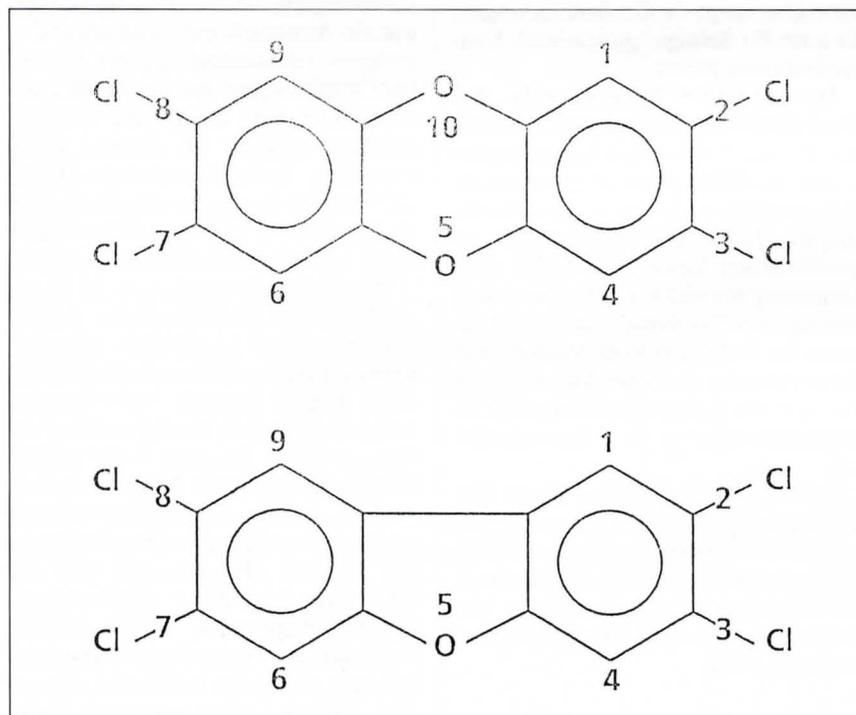


Bild 4 oben: Strukturformel der Dibenzodioxine
unten: Strukturformel der Dibenzofurane

Folgebrand oder offener Lichtbogen-durchbruch als Ursache für die vorgefundene Verrußung nicht ausgeschlossen werden, was eine mögliche oxydative Zersetzung des PCB und damit die Bildung von TCDF möglich macht.

Bei der Betrachtung der Beurteilungsbedingungen für die Unfälle kommen zwar gewisse Zweifel an der Eindeutigkeit der Meßergebnisse auf, da für die Bezugsflächen und Mengengrundlagen hinsichtlich der Kontamination recht

ungenau Basiswerte benutzt wurden. Es muß deshalb offen bleiben, in welcher Größenordnung Abweichungen möglich sind. Dies ist aber letztendlich eigentlich auch nicht so wichtig. Entscheidend für den Mann im Betrieb ist doch erst einmal, ob mit Zersetzungsprodukten zu rechnen ist oder nicht. Da nur wenige Institutionen in Deutschland in der Lage sind, die sehr aufwendigen Analysen durchzuführen, Messungen mit betrieblichen Mitteln, wie bereits ausge-

führt, nicht möglich sind, war dies der Grund, nach einfachen Beurteilungskriterien zu suchen, die auch ohne Messungen oder Analysen eine Aussagefähigkeit besitzen, welche Maßnahmen in einem Schadensfall notwendig sind.

Brandversuche

Mit verschiedenen PCB-Sorten bei Bayer durchgeführte Brandversuche haben 2,3,7,8-TCDF bzw. TCDD nur beim höherchlorierten Clophen A50 auffällig werden lassen. Das wird auch verständlich, da zur Bildung von 4fach chlorierten Zersetzungsprodukten (Tetra...) neben anderen Bedingungen und Vorhandensein von Sauerstoff mindestens 5fach chlorierte PCB-Moleküle vorhanden sein müssen, damit nach einer pyrolytischen Spaltung des Biphenyls und dem oxydativen Ringschluß noch 4 Chloratome vorhanden sind, um die Bildung hochtoxischer Substanzen überhaupt - rein theoretisch - zu ermöglichen. Im Clophen A 30 zum Beispiel sind aber nur etwa 2% Pentachlorbiphenyl (siehe Bild 2) vorhanden. Damit wird die Wahrscheinlichkeit der Bildung hochtoxischer Zersetzungsprodukte bei dieser Sorte sehr gering.

Welche Gefährdung ist zu erwarten?

A) Gefährdung durch PCB's:
für den Menschen:

- Die Giftigkeit der PCB's ist gering
- Askarele reizen die Haut, Augen und Schleimhäute und können Hauterkrankungen verursachen
- Hautresorption sowie Aufnahme durch Atmungs- und Verdauungsorgane ist möglich
- Ein krebserzeugendes Potential ist zu vermuten (Einstufung in Gruppe B der krebserzeugenden Arbeitsstoffe)
- Nach Arbeitsstoffverordnung ist PCB als mindergiftig (gesundheitsschädlich) eingestuft

Da der allgemeine Umgang mit PCB verboten ist, gilt dies für den Personenkreis, der mit Reparaturen oder Entsorgung zu tun hat.

Umweltgefährdung:

- PCB's sind schwer abbaubar und deshalb ein sehr ernst zu nehmendes Umweltgift
- Ausgelaufenes PCB ist mit geeigneten Mitteln zu sammeln, in geschlossenen Behältern zu verwahren und als Sondermüll zu entsorgen.

- Mit PCB verschmutzte Gegenstände sind zu reinigen, verschmutzter Erdboden ist abzutragen und wie verschmutzte Reinigungsmittel als Sondermüll zu entsorgen.

B) Gefährdung durch „Dioxine“ und „Furane“:

für den Menschen:

Das wirkliche Gefährdungspotential dieser Stoffe ist immer noch weitgehend unerforscht. Nach heutigem Wissensstand gilt für das hochtoxische 2,3,7,8-TCDD:

- Es ist eine der giftigsten bekannten Substanzen.
- Im Tierversuch ist die Wirkung je nach Tierart sehr unterschiedlich.
- Daten über tödliche Mindestdosen beim Menschen liegen nicht vor. Der Mensch scheint jedoch erheblich weniger empfindlich als Tiere zu sein.
- Die Wirkung ist von der aufgenommenen Menge abhängig. In geringen Konzentrationen ruft es hauptsächlich entzündliche Hautveränderungen – sog. Chlorakne – hervor, die aber wieder abheilen.
- Eine tägliche Dosis von 1 bis 10 Picogramm 2,3,7,8-TCDD pro kg Körpergewicht gilt derzeit als zulässig.

Hinweis:

Nach einer 1984 abgegebenen Erklärung des internationalen wissenschaftlichen Beirats für Seveso wurden mit Ausnahme von Chlorakne keine weiteren Gesundheitsschäden durch Kontakt mit TCDD festgestellt. Es traten 193 Fälle von Chlorakne auf. Alle sind ausgeheilt. Bei zwei Personen sind Vernarbungen im Gesicht zurückgeblieben. Eine Steigerung der Krebsrate wurde bisher nicht festgestellt. Die medizinische Überwachung des betroffenen Personenkreises wird fortgesetzt.

Nach einem Bericht über die letzte Zusammenkunft dieses Gremiums im April 1988 hat es keine neuen Erkenntnisse gegeben. Man spricht von einer gewissen Beruhigung hinsichtlich der Gesamtproblematik. Es wird aber vorgeschlagen, den Grenzwert auf 0,1 pg/kg zu senken.

Umweltgefährdung:

- TCDD verdampft bei Normaltemperatur an der Luft praktisch nicht.
- Es ist nahezu wasserunlöslich und haftet stark an Bodenteilchen; es kann daher ohne Lösemittel nicht in das Grundwasser eingewaschen werden.
- Die Beweglichkeit von TCDD in der Umwelt ist somit im wesentlichen auf den Transport mit Bodenteilchen (z. B. Staub) beschränkt.
- Auf dem Erdboden und auf Pflanzen wird TCDD vom UV-Licht der Sonne relativ schnell abgebaut.

- Von Pflanzen wird es in sehr geringen Mengen aufgenommen.

In jüngster Zeit hat sich herausgestellt, daß Dioxine bei unvollständigen Verbrennungsvorgängen entstehen können, wenn chlorhaltige und organische Stoffe beteiligt sind. Das sind z. B. auch natürliche Stoffe, wie Holz. Es wird angenommen, daß TCDD seit jeher in der Umwelt des Menschen in Spuren vorhanden ist. Nur die erst in den letzten Jahren entwickelten verfeinerten Analysemethoden sind der Grund dafür, daß es erst jetzt nachgewiesen werden kann.

Folgerungen

Vorfälle und Untersuchungen haben gezeigt, daß sogenannte Ultragifte bei Störungen innerhalb elektrischer Systeme wegen fehlenden Sauerstoffs nicht auftreten.

Bei bis 1980 hergestellten höherchlorierten PCB-Typen können Spuren von TCDD oder TCDF aus dem Herstellungsprozeß stammen, liegen aber – wenn überhaupt – in Größenordnungen, die auch für Reinigungsziele nach Kontaminationen gelten.

Bei oxydativer Pyrolyse, d. h., bei Brandeinwirkung in Gegenwart von Sauerstoff, ist in bestimmten Temperaturbereichen die Bildung von TCDF möglich, eingeschränkt auch von TCDD. Dieser Vorgang kann beim Lichtbogen im geschlossenen Kessel von Trafos oder Kondensatoren nicht auftreten, weil dort kein Sauerstoff vorhanden ist. Ein Lichtbogen im Trafo oder Kondensator ohne Zerstörung des Gehäuses löst nur beim Versagen von Schutzeinrichtungen (z. B. Buchholzschutz) größere Sachschäden aus.

Im Normalfall entstehen durch Zersetzung von PCB ohne Sauerstoffgegenwart bei Lichtbogentemperatur Salzsäuredämpfe und – falls durch den dabei entstehenden Innendruck Zerstörung des Gehäuses erfolgt – eine Zerstäubung von flüssigem PCB.

Schlußbetrachtungen

Der Betrieb PCB-gefüllter elektrischer Betriebsmittel ist weiterhin gestattet (geschlossene Systeme). Erfassung der Standorte und Kennzeichnung von Transformatoren mit PCB-Füllung waren Maßnahmen für Risikoabschätzungen nach heutigem Kenntnisstand.

Für Kondensatoren ist eine ähnliche Erfassung zweckmäßig.

Grundsätzlich sollten aber auch die PCB-Sorten in den Betriebsmitteln (auf dem Typenschild – evtl. als Kurzzeichen –

erkennbar) erfaßt werden, da dies – wie zuvor erläutert – von entscheidender Bedeutung für die Beurteilung eines Schadensfalles ist.

Allgemein ist das Schadensrisiko bei Kondensatoren höher als bei Transformatoren, da diese altern und im Normalfall keine Schutzeinrichtungen haben. Fachleute nennen für Kondensatoren eine durchschnittliche Lebensdauer von 20 Jahren. Da für Kondensatoren aber meistens nur niedrig chlorierte PCB's verwendet wurden, verringert sich die Gefahr im Schadensfall.

Dagegen ist das Risiko eines inneren Schadens bei Transformatoren wegen vorhandener Schutzeinrichtungen geringer; die Gefahr im Schadensfall aber unter Umständen wegen des wesentlich größeren Volumens und der längeren Verwendung höher chlorierter Biphenyle größer.

Die bekannt gewordenen spektakulären Schadensfälle mit Transformatoren in Schweden und den USA waren aber durch äußere Einwirkung – Schadensfeuer – entstanden. Die Auswirkungen sind allgemein bekannt.

Bei allen Diskussionen um eine Risikobeseitigung ist bei Transformatoren nur ein Austausch mit Trockentransformatoren zweckmäßig, da der Einsatz von Öltrafos wegen des höheren Brandrisikos nicht ohne begleitende Baumaßnahmen möglich ist. Andere nicht-brennbare Isolierflüssigkeiten stehen nicht zur Verfügung. So ist bis heute eine Risikominderung für Sekundärschäden durch bauliche Maßnahmen angeraten.

Bei Kondensatoren liegen die Dinge wieder anders. Sie sind seltener einzeln angeordnet. Der Ersatz eines schadhaften Kondensators in einer Batterie ist nur dann optimal möglich, wenn Reservekondensatoren gleicher Art noch zur Verfügung stehen. Da neue PCB-gefüllte Kondensatoren nicht mehr hergestellt werden, ist andernfalls nur Ersatz durch ein Modell mit brennbarer Isolierflüssigkeit möglich. Dadurch wird aber das Brandrisiko und damit die mittelbare Schadensmöglichkeit PCB-gefüllter Nachbarkondensatoren durch Brandeinwirkung erhöht. Es bleibt aber der einzige Ausweg, wenn ein Gesamtaustausch kurzfristig nicht möglich ist.

Bei Kenntnis aller geschilderten Zusammenhänge sind wir heute aber durchaus in der Lage, nach sorgfältiger Besichtigung einer Schadensstelle mit recht hoher Genauigkeit die Folgen eines Schadensfalles zu beurteilen und können damit auch angemessene, gezielte Maßnahmen zur Schadensbeseitigung ergreifen. Gefährliche Zersetzungsprodukte sind nur aus höher chlorierten Biphenylen und bei pyrolytischer Zersetzung, d. h., nur in Gegenwart von Sauerstoff bei Temperaturen zwischen 500 und 800 °C, zu erwarten, also bei erkennbaren Brandspuren.

Da nun Messungen und Analysen mit betrieblichen Mitteln nicht möglich sind, wurde aus den gesammelten Kenntnissen und Erfahrungen ein Arbeitspapier entwickelt (vergleiche Tabelle 1), das dem Mann im Betrieb helfen soll, ein Schadensereignis richtig einzuschätzen und gegebenenfalls schnell zweckmäßige Maßnahmen einzuleiten.

Für die Durchführung von Reinigungsarbeiten nach PCB-Verschmutzung ist es zweckmäßig, entsprechende Materialien, Schutzkleidung und Reinigungsmittel an geeigneter Stelle im Betrieb bereitzustellen (vergleiche Tabelle 2). Bewährt haben sich sog. Notfallsets, bestehend aus Stahlblechfässern mit Spannringverschluss, in denen nach farblicher Kennzeichnung alle für eine Schadensbeseitigung notwendigen Dinge bereitgehalten werden und die im Einsatzfalle gleich als Entsorgungsbehälter genutzt werden können.

Sind Messungen und Analysen dem Schadensereignis entsprechend erforderlich, können die Meßinstitutionen (vergleiche Tabelle 3) angesprochen werden, die nach heutigem Kenntnisstand in der Lage sind, die komplizierten Messungen und Analysen kurzfristig durchzuführen.

Zusammenfassung

Ungenügende Kenntnis bei Betroffenen und Behörden und allgemein un-

sachgemäße, verunsichernde Berichterstattung bei PCB-Unfällen waren Anlaß, Schadensfälle an elektrischen Betriebsmitteln mit PCB-Füllung und ihre Auswirkungen zu untersuchen. Die Ergebnisse sollten in verständlicher Form dargestellt werden.

Eine Bildung hochtoxischer Zersetzungsprodukte wie „Dioxine“ oder „Furane“ ist nur bei pyrogener Zersetzung höher chlorierter PCB's in Gegenwart von Sauerstoff in bestimmten Temperaturbereichen zu erwarten.

Da Messungen und Laboranalysen sehr aufwendig sind, wurde für den Betriebsgebrauch eine Tabelle mit einfachen Beurteilungskriterien entwickelt, die eine primäre Beurteilung von Schadensfällen mit PCB-Beteiligung möglich macht und notwendige Maßnahmen aufzeigt.

Die Gefahren für Mensch und Umwelt durch PCB's, Dioxine und Furane werden dargestellt; allgemeine Betrachtungen über die Schadensrisiken sind angefügt.

Schrifttum/Literatur

- Elektroisierflüssigkeiten für Transformatoren - Tendenzen in der Entwicklung, Prüfung und Anwendung von K. Soldner (Trafo-Union) Nürnberg.

- Probleme mit PCB-gefüllten Transformatoren von K. Soldner, Nürnberg und G. Gollmer, Leverkusen, in Elektrizitätswirtschaft 1982

- Askarel-Merkblatt der Trafo-Union, Nürnberg.

- PCB (Askarele) in elektrischen Betriebsmitteln, Sonderrundschreiben der Vereinigung Deutscher Elektrizitätswerke 1983

- Die Problematik von Transformatoren mit Kühlmittel auf Basis polychlorierter Biphenyle (Clophentransformatoren) von Gerhard Schieß, Brandschutz, Deutsche Feuerwehrzeitung 6/1982

- Polychlorierte Dioxine und Dibenzofurane, Herstellung, Handhabung, Umweltfragen v. Edgar Heckel aus Chem.-Ing.-Technik 1984

- PCB-Einsatz bei der Deutschen Bundesbahn von E. Middendorf und H.-H. Schaefer, ETZ Bd 105 (1984)

- 10. Durchführungsverordnung zum Bundesimmissionsschutzgesetz (10. BImSchV)

- Merkblatt über den Umgang mit Askarelen, ZH 1/568, herausgegeben von der Berufsgenossenschaft der Feinmechanik und Elektrotechnik.

- Arbeitsmedizin aktuell, Gustav Fischer Verlag, Stuttgart.

Tabelle 1

Schäden an elektrischen Betriebsmitteln mit PCB-Füllung

erkennbare Merkmale	aufgetretener Schaden	Maßnahmen
1 ausgelaufenes oder auslaufendes PCB	Leckage, Gehäusebeschädigung	Reinigen nach Reinigungsplan, verschmutztes Material, aufgenommenes PCB der sachgemäßen Entsorgung zuführen. Bei größeren Mengen zuständige Behörde gem. Wasserschutzbestimmungen unterrichten.
2 Aufbeulung des Gehäuses (nur bei Kondensatoren)	thermische oder elektrische Überlastung ohne Ausfall	Ausfall durch Kurzschluß zu erwarten, schadhaftes Gerät rechtzeitig ersetzen, Altgerät der sachgem. Entsorgung zuführen.
3 zerstörtes Gehäuse, verspritztes PCB	elektrische Störung mit innerem Kurzschluß	zuständige Behörde unterrichten, weitere Maßnahmen wie unter Leckage.
4 zerstörtes Gehäuse, verspritztes PCB, Rußablagerungen oder erkennbare Brandschäden	elektrische Störung mit äußerem Kurzschluß oder Lichtbogendurchbruch, evtl. Folgebrand, Entstehung von Zersetzungsprodukten möglich	Zuständige Behörde unterrichten, betroffenen Bereich absperren, Schadstoffanalyse veranlassen (vor und nach Reinigung), Reinigen nach Reinigungsplan, verschmutztes Material und alle betroffenen Gegenstände der sachgem. Entsorgung zuführen.
5 Schadensfeuer	Brandeinwirkung von außen, höchste Gefahr!	in Gerätebereichen vorrangig löschen, Geräte kühlen, Übergreifen des Feuers verhindern. Bei Brandeinwirkung alle Maßnahmen wie 4.

Tabelle 2

Maßnahmen bei Schäden an elektrischen Betriebsmitteln mit PCB-Füllung

Reinigung

a) firmeneigene Reinigung

- Schutzkleidung: Wegwerfanzüge
säurefeste Handschuhe
Gummistiefel
bei Bedarf Atemschutz
- Bindemittel: Bleicherde
Sägemehl
Zellstoff
Torfmull o. ä.
- Reinigungsmittel: 1.1.1. Trichlorethan
Industriereiniger
Kaltreiniger
Schmierseife
- Entsorgung: alle mit PCB verunreinigten
Gegenstände, Bindemittel, Reinigungs-
mittel sorgfältig aufnehmen, in Stahl-
blechfässern mit Spannringschluß
sammeln und der Entsorgung zuführen
(Sondermüll)

b) Fremdreinigung

- Reinigungsfirma: bekannt:
Firma Buchen
Bahnhofstraße 17
5000 Köln 50
Tel.: (0 22 36) 6 10 11
6 31 07

Tabelle 3

Messdienste bei Schäden an elektrischen Betriebsmitteln mit PCB-Füllung

- Technische Universität Berlin, Institut für technischen Umweltschutz, Fachgebiet
Abfallwirtschaft, Fachbereich 21
Straße des 17. Juni 135
1000 Berlin 12
Tel.: (0 30) 3 14 43 41/52 47/57 97
- Ingenieurgemeinschaft Technischer Umweltschutz
Ansbacher Straße 5
1000 Berlin 30
Tel.: (0 30) 2 11 70 93
- Bundesgesundheitsamt (Messungen werden von der
Thielallee 88-92 Außenstelle Langen b. Frankfurt
1000 Berlin 33 durchgeführt)
Tel.: (0 30) 8 30 80
- Prof. Ballschmiter
Universität Ulm, Abt. Analytische Chemie
Oberer Eselsberg
7900 Ulm/Donau
Tel.: (07 31) 17 62 180

FUNKI soll allen Kinde 7 bei der Brandschutzzerziehung helfen!

