

WIE GEFÄHRLICH SIND *Askarele* ?

blaulicht



Maï 1984

Der Mensch hat in den letzten Jahrzehnten ein verhängnisvolles Wirken und Trachten entwickelt, seine Umwelt zu vergiften. Mehr und mehr werden hochtoxische Substanzen produziert, die in unübersehbarer Vielfalt und schwer vorstellbaren Mengen in die natürlichen Kreisläufe eingehen. In den letzten Jahren gab es unter anderem höchste Alarmstufe um die sogenannten Askarele. Wie gefährlich sind sie wirklich?

Im Oktober 1978 veröffentlichten die beiden deutschen Wissenschaftspublizisten Egmont Koch und Dr. Fritz Vahrenholt ein Buch, welches alsbald im Brennpunkt der Diskussion stehen sollte. Sein provokanter Titel: „Seveso ist überall – die tödlichen Risiken der Chemie“ [1]. Durch dieses Buch wurde erstmals auch die Öffentlichkeit mit dem Problemkreis der Polychlorierten Biphenyle (PCBs) konfrontiert. Gemische Polychlorierter Biphenyle werden in der Praxis auch als Askarele bezeichnet. Handelsnamen sind Clophen, Pyralen, Aroclor; Pheno-clor etc. Im folgenden werden die Bezeichnungen PCB und Askarel synonym verwendet.

PCBs (Askarele) sind, chemisch gesehen, verschieden stark chlorierte Kohlenwasserstoffe auf Basis des doppelten Benzolringes. Sie besitzen unübertroffen günstige Eigenschaften in Bezug auf thermische und chemische Stabilität. Die wichtigsten Anwendungsgebiete: Einsatz als nicht brennbare Kühl- und Isolierflüssigkeiten in Transformatoren und Kondensatoren, in Farben, Weichmachern und als Hydraulik-öle.

Vor allem die Verwendung in Transformatoren brachte gewaltige Mengen von PCBs in Umlauf [2]. Es wurde damit einer Forderung der Brandschutztechniker nach einer erhöhten Brandsicherheit derartiger Anlagen Rechnung getragen.

Askarele werden jedoch auch in Kleinstmengen als Tränkmittel für Kleinkondensatoren in Beleuchtungskörpern und Fernsehgeräten sowie in Wärmetauschern bzw. Wärmeübertragungssystemen verwendet. Somit sind PCBs heute nicht nur in Elektroversorgungsunternehmen, sondern auch in fast allen Betrieben und Haushalten anzufinden.

Chemische und physikalische Eigenschaften

Die wichtigsten Eigenschaften Polychlorierter Biphenyle [3, 4]: PCBs sind wasserklare Flüssigkeiten, deren Konsistenz in Abhängigkeit vom Chlorgehalt zwischen dünn- und zähflüssig liegt.

Sie besitzen

- keinen Brennpunkt,
- eine Dichte von 1,4 bis 1,6 g/cm³ bei 20 °C,
- einen Siedepunkt zwischen 300 °C und 380 °C,
- ausgezeichnete dielektrische Eigenschaften und
- hohe elektrische Durchschlagsfestigkeit.

Sie sind

- schwer entflammbar (Flammpunkt 170 °C bis 200 °C),
- nahezu wasserunlöslich,
- schwer flüchtig,
- chemisch sehr beständig (praktisch keine Veränderungen bis 170 °C) und
- thermisch beständig bis circa 300 °C.

PCB-Dämpfe sind nicht explosionsfähig, schwerer als Luft und kondensieren sehr rasch.

Chemisch gesehen sind PCBs Gemische verschieden stark chlorierter Biphenyle. Das Biphenyl ist eine Kohlenwasserstoffverbindung, welche aus zwei miteinander durch eine Einfachbindung verbundene Benzolringe besteht. Durch ein chemisches Verfahren sind nun ein oder mehrere Wasserstoffatome durch Chloratome (Cl-Atome) ersetzt worden. Insgesamt ergeben

sich dabei theoretisch 209 verschiedene, mehrfach chlorierte Biphenyle [5]. Diese verschiedenen Verbindungen einer Stoffart nennt der Chemiker Isomere.

Yusho-Krankheit und Binghampton-Brand

In Japan endete kürzlich der Prozeß um einen der größten Lebensmittelskandale der Nachkriegszeit. Das Chemieunternehmen Kanegafuchi und die Kaufhausgesellschaft Kanemi wurden zu Schadensersatzzahlungen an die Opfer einer Reisölvergiftung – sie ging als sogenannte Yusho-Krankheit in die Prozeßakten ein – in der Höhe von insgesamt 170 Millionen Schilling verurteilt.

Was war geschehen? Durch einen Defekt in einem Wärmeaustauscher gerieten kleine Mengen PCB in Reisöl. Über 1000 Personen erkrankten. Schwere Vergiftungsercheinungen mit zum Teil bleibenden Schäden, beispielsweise der Leber, Chlorakne (wie in Seveso), Verfärbung von Zahnfleisch und Nagelbett sowie schmerzende und geschwollene Gelenke waren die Folge [6, 7].

Am 15. 2. 1981 kam es in einem 18-geschoßigen Verwaltungsgebäude in Binghampton (New York) zu einem Brand, der Aufsehen, aber auch Ratlosigkeit und Bestürzung erregte. Ursache war ein defekter Schalter auf der Sekundärseite eines Transformators im Keller des Gebäudes. Von den rund 4500 Litern Askarel-Kühlflüssigkeit liefen etwa 700 Liter aus einer beschädigten Dichtung in den Raum [8].

Der Brand war von untergeordneter Bedeutung, also ein alltägliches Ereignis, obwohl sich Rauch und Qualm über das Belüftungssystem im ganzen Gebäude ausbreiten konnte. Er war schnell gelöscht, alles schien in die richtigen Bahnen gebracht. Als jedoch die Analyseergebnisse von Rußproben vorlagen, mußten folgenschwere Maßnahmen angeordnet werden: Die Aufräumarbeiten wurden sofort abgebrochen, die gesamte Ausrüstung und Bekleidung der Einsatzkräfte vernichtet und das Gebäude verschlossen und versiegelt. Der Zugang zum Gebäude wird bis dato nur Personen unter Vollkörperschutz gestattet.

Wieso waren in diesem Fall derartige einschneidende Maßnahmen erforderlich? Was hatte man in den geheimnisvollen Rußproben gefunden?

Bereits bei der Erforschung der Yusho-Krankheit machte man eine sensationelle Entdeckung: Unter bestimmten Bedingungen können durch Sauerstoffeinwirkung aus PCBs Produkte entstehen, die weit aus gefährlicher sind. Sie zählen zu den giftigsten Stoffen, die man derzeit kennt und erhielten den Namen Ultragifte. Dazu gehören auch Substanzen aus der Stoffgruppe des traurigen Berühmtheit erlangten „Sevesogiftes“ Tetrachlordibenzodioxin (TCDD).

Und genau diese Ultragifte fand man in den Rußproben nach dem Binghampton-Brand: Die freigewordenen PCBs konnten beim Brandgeschehen zumindest teilweise oxidieren und bildeten diese höchst toxischen Substanzen. Daher die völlige Stilllegung und Abdichtung des gesamten 18stöckigen Gebäudes.

Gefahren

Flüssige oder dampfförmige Askarele reizen Haut, Augen und Schleimhäute und können Leber- und Nierenschäden verursachen. Sie können vom Körper über die Atmungs- und Verdauungsorgane, aber auch durch die Haut aufgenommen werden.

Askarele sind biologisch schwer abbaubar und es kommt daher zu einer Anreicherung in der Nah-

rungsmittelkette. Diese Tatsache macht sie zu einer ökologischen Zeitbombe!

Askarele (PCBs) sind bis etwa 170 Grad Celsius chemisch und bis etwa 300 °C thermisch stabil. Über 300 °C beginnt eine thermische Zersetzung bzw. Umwandlung, welche im Bereich bis zu 1000 °C zur Bildung von hochtoxischen Ultragiften führen kann. Es handelt sich dabei um Polychlorierte Dibenzofurane (PCDF) und Polychlorierte Dibenzodioxine (PCDD). Diese Stoffe stellen bereits in winzigen Mengen sehr starke Gifte dar und können das Einsatzpersonal, die in der Nähe befindliche Zivilbevölkerung und die Umwelt gefährden. Die Frage, unter welchen genauen Bedingungen Ultragifte entstehen können, ist bis heute noch weitgehendst ungeklärt. Wissenschaftliche Untersuchungen haben gezeigt, daß eine Abhängigkeit vom Chlorierungsgrad des Askarels und vom Sauerstoffangebot besteht [9]. Grundsätzlich muß daher bei jedem Brand beim Vorhandensein von Askarelen mit der Bildung von Ultragiften gerechnet werden.

Entgegen vielfältiger Behauptungen werden im Lichtbogen keine Ultragifte gebildet. Bei derartig hohen Temperaturen zwischen 2000 und 3000 °C wird hauptsächlich Chlorwasserstoffgas (HCl) und Kohlenstoff (C) erzeugt.

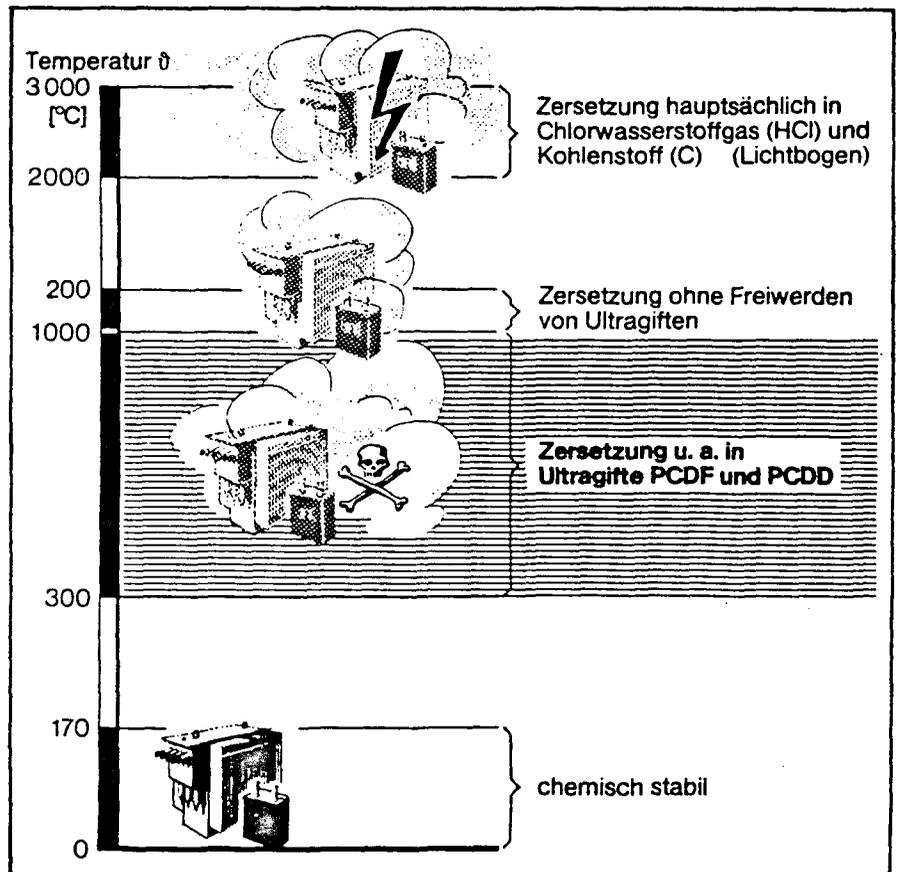
(siehe Diagramm)

Kondensatorbrand in einem Grazer Umspannwerk

Im folgenden soll anhand einer Einsatzstudie der mögliche Ablauf eines Brandes in einem PCB-gefüllten Kondensator genauer analysiert werden [11]. So wie in einem ähnlich gelagerten Fall in Kiel [12] kam es auch bei diesem Ereignis zu keiner Bildung von Ultragiften.

Schadensereignis

Am 30. 10. 1982 zerknallte ein Kondensator der Rundsteuerankoppelzelle des Umspannwerkes Graz-Ost, wodurch zwei weitere Kondensatoren beschädigt wurden.



Temperaturverhalten von PCBs nach [10]

In der Folge kam es zu einem Austritt von etwa 15 Liter Askarel (Clophen A30) und einem ca. 35 Minuten dauernden Brand der Papier-Kondensatorwicklungen. Dabei wurde das Kellergeschoß total verqualmt. Die Sichtweite betrug zum Zeitpunkt des Feuerwehreinsatzes nur mehr ca. 50 cm.

Durch die starke Ionisation bzw. Verunreinigung der Luft kam es auch zu Überschlägen in den 20 kV-Abgangszellen des Umspannwerkes.

Örtliche Situation

Die örtliche Situierung des betroffenen Kondensators kann der folgenden Abbildung entnommen werden.

Alarmierung

Der Störungsablauf wurde über einen elektronischen Rechner festgehalten, sodaß eine exakte Rekonstruktion des Brandgeschehens möglich war.

Interessanterweise wurde primär (und zwar genau um 22.09,33 Uhr) Einbruchsalarm gegeben (vermutlich Unterbrechung der Lichtschranke durch Qualm und Rauch). Fünf Sekunden später, also um 22.09,38 Uhr erfolgte die Brandmeldung beim diensthabenden Portier im Umspannwerk über den im Gangbereich montierten Ionisationsbrandmelder. 2 Minuten und 37 Sekunden später wurde der erste Erdschluß in einer der 20 kV-Abgangszellen gemeldet. Weitere Überschläge erfolgten am

Um 22.28 Uhr rückten daraufhin das Kommandofahrzeug, ein weiteres Tanklöschfahrzeug und in der Folge das Pulverlöschfahrzeug (alle von der Zentralfeuerwache) aus. Kurze Zeit später wurde das Kleinrüstfahrzeug-Elektro für Entlüftungszwecke nachalarmiert.

Nach erfolgter Erkundung und Rücksprache mit dem inzwischen eingetroffenen Sicherheitstechniker des Elektroversorgungsunternehmens wurde der Kondensatorbrand mit zwei CO₂-Löschern durch zwei Mann der Berufsfeuerwehr unter schwerem Atemschutz gelöscht. Die Brandbekämpfung bereitete keine außergewöhnlichen Schwierigkeiten. Um 22.56 Uhr erfolgte durch den Einsatzoffizier die Rückmeldung „Brand aus“. Daran schlossen sich umfangreiche Entlüftungsarbeiten, da stark reizende und ätzende Rauchgaskomponenten festgestellt wurden.

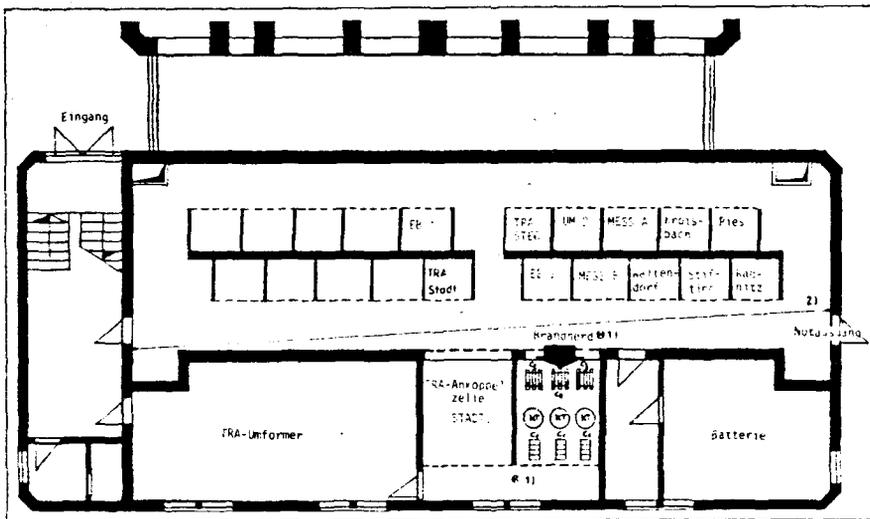
Dekontaminationsarbeiten

Noch während das Kellergeschoß von den Männern der Berufsfeuerwehr entlüftet wurde, teilte der Sicherheitstechniker des EVU dem Einsatzleiter mit, daß beim Zerknall des Kondensators Askarele freigesetzt sind. Daraufhin wurde ab etwa 1.00 Uhr das Absaugen der Brandgase beendet und das vom Brand betroffene, stark verrußte Kellergeschoß behelfsmäßig verschlossen.

Da mit einer Bildung von hochgiftigen Dibenzofuranen und Dioxinen gerechnet werden mußte, wurden über Veranlassung der Branddirektion folgende Sofortmaßnahmen zum Schutz der eingesetzten Feuerwehrmänner getroffen:

- Abgabe und Verschluß der Einsatzbekleidung sowie Atemschutzgeräte in Kunststoffsäcken.
- Intensive Reinigung der Feuerwehrmänner (Waschen und Duschen mit Seife und Wasser).
- Sicherstellung von Rußproben im Bereich des Brandausbruches für eine chemische Untersuchung.

Von seiten des Elektroversorgungsunternehmens wurde am 31.10.1982 mit den eigentlichen Dekontaminationsarbeiten begonnen.



Lage des Brandherdes im Kellergeschoß des Umspannwerkes Graz-Ost (Legende: 1) Ionisationsmelder, 2) Lichtschrankenanlage)

Demnach befindet sich die in das Brandgeschehen involvierte Ankoppelzelle ziemlich zentral gelegen im Kellergeschoß des Gebäudes. Der Zugang ist über ein im Nordwesten liegendes Stiegenhaus möglich, welches für die Feuerwehr auch als Angriffsweg diente.

Das betroffene Geschoß war sowohl mit einer automatischen Brandmeldeanlage (Ionisationsbrandmelder) versehen, welche allerdings nicht an die örtliche Berufsfeuerwehr angeschlossen ist. Weiters war eine Einbruchssicherung in Form einer Lichtschrankenanlage vorhanden.

laufenden Band bis zur endgültigen Brandlöschung durch die Berufsfeuerwehr Graz.

Feuerwehreinsatz

Die Berufsfeuerwehr Graz wurde erst um 22.21 Uhr vom diensthabenden Portier des Umspannwerkes zu einem unbestimmten Brand gerufen. Das um 22.22 Uhr alarmierte Tanklöschfahrzeug der Wache Kroisbach traf bereits vier Minuten später am Ort des Geschehens ein. Die Rückmeldung lautete: „Rauchentwicklung im Kellergeschoß, Erkundung wird unter schwerem Atemschutz durchgeführt!“

Grundsätzliche getroffene Verhaltensregeln:

- Verwendung von geschlossener Arbeitskleidung und festem Schuhwerk.
- Arbeiten nur mit Staubschutzmasken und Handschuhen.
- Hinweise, daß Hautkontakt auf jeden Fall zu vermeiden ist.
- Aufsaugen des ausgeflossenen Askarels mit Sägespänen.
- Grobreinigung durch Staubsaugen.
- Weitere Reinigung durch Spezialputzmittel und Reinigungspasten.
- Sammeln aller kontaminierten Gegenstände in einem eigenen Behälter.
- Laufende Kontrolle der angeordneten Maßnahmen.

Um etwa 13.00 Uhr war die Einschaltbereitschaft des nicht beschädigten Anlagenteiles gegeben. In der darauffolgenden Woche wurde die Sanierung mit Ausnahme der Anstricharbeiten abgeschlossen. Die Inbetriebnahme der Rundsteuerankoppelzelle, in welcher alle Kondensatoren ausgewechselt wurden, erfolgte am 19.11.1982, also rund 20 Tage nach dem Schadensereignis.

Untersuchung der Rußproben

Die in die Bayer-Werke nach Leverkusen übersandten Rußproben wurden mit Hilfe der präparativen Dünnschicht-Chromatografie vorgeeignet und auf Tetrachlordioxin (2,3,7,8-TCDD) ausgewertet.

In keiner der Proben konnte 2,3,7,8-TCDD noch irgendwelche anderen isomeren TCDDs nachgewiesen werden, wobei die Nachweisgrenze zwischen 0,04 und 0,2 ppm angegeben wurde.

Kennzeichnung



Warnschild für Askarele (Format A 6, schwarz auf gelb)

Vom Verband der Elektrizitätswerke Österreichs wurde eine Empfehlung an seine Mitgliederunternehmen erteilt, mit Askarelen gefüllte Transformatoren, Wandler und Kondensatoren bzw. die Türe der betreffenden Räume mit einem Warnschild zu kennzeichnen. Es enthält die Aufschrift „Vorsicht! Gerätefüllung Askarel!“ sowie das Warnzeichen für gesundheitsschädliche Stoffe nach ÖNORM F 5000.

Hinweis: Diese Art der Kennzeichnung ist keinesfalls lückenlos, da auch askarelgefüllte Geräte in Betrieben, die nicht dem Verband der E-Werke angehören, vorhanden sind. Die Feuerwehkräfte haben daher bei jedem Einsatzfall im Zusammenhang mit elektrischen Betriebsmitteln auf die Anwesenheit von Askarelen zu achten!

Einsatzmaßnahmen

Bei Lösch- und Rettungseinsätzen ist, beim Vorhandensein von Askarelen, eine Reihe von wichtigen Maßnahmen zu treffen, welche primär die Sicherheit der eingesetzten Feuerwehrmänner zum Ziel haben. Die folgende Aufstellung ist dem Merkblatt für Askarele des ÖBFV [3] sinngemäß entnommen worden.

Austritt von Askarelen ohne Brand

Kommt es zu einem Austritt von Askarelen – beispielsweise bei einem Leck in einer entsprechenden Anlage – und tritt kein Brand auf, so sind folgende Maßnahmen zu treffen:

- Der möglicherweise mit Askarelen kontaminierte Bereich ist abzusperren.
- Die Berührung der Haut, Augen und Kleidung mit Askarelen sowie das Einatmen von Askareldämpfen ist zu vermeiden. Es sind daher schwerer Atemschutz, Schutzhandschuhe und Gummistiefel zu verwenden.
- Kontaminierte Kleidung ist sofort auszuziehen. Mit Askarelen durchtränkte Kleidungsstücke sind sorgfältig zu verpacken und als Sondermüll zu entsorgen. Geringfügig kontaminierte Kleidung kann nach chemischer Reinigung wiederverwendet werden.
- Kontaminierte Haut ist mit Wasser und Seife zu reinigen. Kontamination im Auge ist mit viel Was-

ser sofort auszuspülen. Anschließend ist so rasch als möglich ein Arzt aufzusuchen.

- Das Eindringen von Askarelen in den Abfluß bzw. die Kanalisation ist zu verhindern.
- Ausgelaufenes Askarelen kann mit saugfähigem Material (Sägespäne, Chemikalienbindemittel) aufgesaugt werden. Geringe Rückstände können mittels Zellstoff, der mit 1,1,1-Trichlorethan angefeuchtet ist, entfernt werden. Die mit Askarelen getränkten Stoffe sind als Sondermüll zu entsorgen.

Verhalten im Brandfall

Die oben angeführten Maßnahmen gelten sinngemäß und sind durch folgende weitergehende Regelungen zu ergänzen:

- Der Brandbereich ist weiträumig abzusperren und nur unter Körperschutzmaßnahmen zu betreten (Windrichtung beachten!).
- Im Brandfall muß mit der Bildung von Chlorwasserstoff und hochtoxischen Ultragiften gerechnet werden. Es ist daher die Verwendung von Vollschutzanzügen anzuraten. In jedem Fall ist schwerer Atemschutz zu verwenden.
- Die elektrische Anlage ist abzuschalten bzw. abschalten zu lassen. Das gefährdete, askarelgefüllte Gerät ist unter Einhaltung eines Sicherheitsabstandes so zu kühlen, daß die Temperatur wenn möglich 250 °C nicht übersteigt. (Dabei ist zu vermeiden, daß sich das Löschwasser mit ausgelaufenem Askarelen vermischt und dieses Gemisch in die Kanalisation eindringt.)
- Die eingesetzte Schutzkleidung und das verwendete Gerät (Schläuche, Schaufeln, Strahlrohre etc.) ist unter Vorsichtsmaßnahmen zu sammeln und zu verpacken.
- Von Sachverständigen (Chemikern) sind über Auftrag der zuständigen Behörde Ruß- und Materialproben zu entnehmen und diese auf Vorhandensein von Ultragiften zu untersuchen. Derartige Untersuchungen können derzeit am besten in der Chemie-Linz bzw. den Bayer-Werken in Leverkusen (BRD) vorgenommen werden!
- Im Einvernehmen mit der Exekutive und den Anlagebetreibern ist der kontaminierte Bereich bis zum Ergebnis der Analyse abzusperren.

Vorsorgemaßnahmen

Zur Vermeidung von Personengefährdungen und größerer Schäden sind vorbeugend folgende Maßnahmen zu treffen:

- Erhebung und Kennzeichnung aller mit Askarel gefüllten Anlagen bzw. Anlagenteile und Aufnahme in die Brandschutzpläne.
- Begehung von einschlägigen Betrieben und Durchführung von Übungen mit den örtlichen Einsatzkräften.
- Brandbeständige Abtrennung der Anlagen (Schaffung von möglichst kleinen Brandabschnitten, in welchen die Lagerung brennbarer Stoffe ausnahmslos verboten ist!).
- Errichtung von entsprechenden Auffangwannen zur Auslaufsicherung.
- Bereitstellung geeigneter Löschmittel für Elektrobrände (Kohlendioxid), eventuell Einbau von geeigneter Schutzbekleidung und Aufsaugmitteln.

Schlußbemerkung

Größere Gebäude, wie Kauf-, Büro- und Krankenhäuser oder Betriebs- und Wohnanlagen, besitzen stets ihre eigene Transformatoranlage. Diese können Askarele (PCBs) enthalten. In Elektroversorgungsunternehmen ist ihre Verwendung in noch wesentlich größeren Mengen möglich.

Es ist zwar sehr unwahrscheinlich, aber – wie die Praxis zeigt – doch möglich, daß unter bestimmten Voraussetzungen bei Bränden hochtoxische Ultragifte entstehen.

Die Lösung des vorliegenden Problemkreises kann weder durch Panikmache in der Öffentlichkeit noch durch die bewährte Methode des Bagatellisierens erfolgen. Für vorhandene, gefährdete Anlagen sind zur Sicherung der Feuerwehrräfte bei Einsätzen, als auch der Zivilbevölkerung, Sofortmaßnahmen einzuleiten. Auf Sicht sind alle askarelgefüllten Anlagen ordnungsgemäß zu entsorgen. Weiters wäre die Verwendung von PCBs in Zukunft – so wie in anderen Staaten – zu verbieten, da bereits wesentlich umweltfreundlichere Ersatzstoffe angeboten werden.

Eines ist aber klar: Die Feuerwehren haben eine neue und verantwortungsvolle Aufgabe in der großen Palette der Chemieeinsätze dazubekommen.

Literaturhinweise

- [1] KOCH E. und VAHRENHOLT F.: Seveso ist überall – die tödlichen Risiken der Chemie; Verlag Kiepenhauer und Witsch, Köln, 1978
- [2] RAUHUT A.: Verbrauch und Verbleib von polychlorierten Biphenylen (PCB) in der BRD; etz, Band 100 (1979), Heft 19
- [3] Österreichischer Bundesfeuerwehrverband (Sachgebiet 4.6 „Gefährliche Stoffe“): Merkblatt für Askarele, 1983
- [4] SCHLESS G.: Die Problematik von Transformatoren mit Kühlmittel auf Basis polychlorierter Biphenyle („Clophen-Transformatoren“); brandschutz – Deutsche Feuerwehr-Zeitung 6/1982
- [5] SOMMERHOFF J.: PCB – Polychlorierte Biphenyle – ein neues altes Problem?; VFDB Heft 2/1982
- [6] KURASUNE M.: Yusho, a poisoning caused by rice oil contaminated with polychlorinated biphenyls; Technical Reports 86 (1971), S. 1083 – 1091
- [7] NAGAYAMA J.: KURASUNE M. und MASUDA Y.: Determination of chlorinated dibenzofurans in kanechlors and „Yusho Oil“; Bulletin of Environmental Contaminations 5 Toxicology Vol. 15, No. 1 (1976), S. 9 – 13
- [8] Expert Panel for the Binghampton State Office Building; Electrical Systems and Equipment Committee vom 9. April 1981
- [9] SOLDNER K. und GOLLMER G.: Probleme mit PCB-gefüllten Transformatoren, Elektrizitätswirtschaft, Heft 17/18, August 1982
- [10] Beratungsstelle für Risikovorsorge im industriellen Bereich mbH. Frankfurt: Ausarbeitung zum Problem PCB-Transformatoren; 112 – Magazin der Feuerwehr, 11/1983
- [11] WIDETSCHKE O.: Brand eines mit Askarel (Clophen A 30) gefüllten Kondensators in einem Grazer Umspannwerk; Vortrag im Rahmen der Jahrestagung „Gefährliche Stoffe der Strahlen- und Umweltschutzschule in Neuherberg/München, März 1984
- [12] REINHARD A.: Brand eines mit Clophen gefüllten Kondensators in einer 10 kV-Rundsteueranlage; Vortrag im Rahmen der Jahrestagung „Gefährliche Stoffe“ der Strahlen- und Umweltschutzschule in Neuherberg / München, März 1984

