



Bild 13.  
Bei geringeren Schäden wurden die Risse im Mauerwerk vernadelt und mit Mörtel, dem Epoxidharz zugesetzt war, wieder geschlossen.

rechte Risse aufwiesen, jedoch nicht so stark beschädigt waren, daß sie abgetragen werden mußten.

Die durch dieses Erdbeben verursachten Gebäudeschäden waren bei der Württembergischen Gebäudebrandversicherungsanstalt versichert. Die Schadenersatzleistungen waren beschränkt auf die Kosten, die zur Wiederherstellung des Gebäudezustandes vor dem Schadenfall notwendig waren. Die Kosten für die im Zusammenhang mit der Reparatur notwendigen zusätzlichen Sicherungsmaßnahmen mußten von den betreffenden Gebäudeeigentümern selbst getragen werden.

#### Literaturhinweis

Deutsche Bauzeitung 6/79  
„Wenn die deutsche Erde bebt“  
von Hans G. Lukas.

# Gaskonzentrationsmessungen in ortsfesten und ortsbeweglichen Behältern

H. Grabitz † und W. Wiechmann

## 1. Einführung

In den verschiedensten Formen und Abmessungen werden ortsfeste und ortsbewegliche Behälter zum Transport, Abfüllen, Lagern oder Verarbeiten von brennbaren Flüssigkeiten eingesetzt. Erfahrungsgemäß ergibt sich später oft die Notwendigkeit, Reparaturen und konstruktive Veränderungen an diesen Behältern auszuführen. Hierfür muß die brennbare Flüssigkeit in der Regel abgelassen werden; den frei werdenden Raum nimmt dann ein dem Dampfdruck der Flüssigkeit entsprechendes Gemisch aus brennbarem Dampf und Luft ein. Anschließend werden die Behälter gereinigt.

Spätestens zu diesem Zeitpunkt besteht eine akute Brand- oder Explosionsgefahr. Diese entsteht dadurch, daß das naturgemäß noch lösungsmittelreiche Gemisch infolge Luftzutritts, z. B. durch Atmen der Behälter als Folge von Temperaturschwankungen fortlaufend verdünnt wird. Dabei

wird in Teilbereichen und schließlich im ganzen Tank die obere Explosionsgrenze unterschritten. Die Explosionsgefahr bleibt so lange bestehen, bis durch fortdauernden Luftzutritt die untere Explosionsgrenze unterschritten wird. Werden während dieses Vorgangs Arbeiten an oder in diesem Behälter aufgenommen, so können Zündquellen wirksam werden, und es kann zu folgenschweren Bränden oder Explosionen des Behälterinhaltes kommen. Um diesen Gefahren wirksam zu begegnen, sind für das Arbeiten an oder in Behältern, die zur Aufnahme brennbarer Flüssigkeiten mit explosionsfähigen Dämpfen vorgesehen sind, gesetzliche Regelungen in Form von Verordnungen und Unfallverhütungsvorschriften [1 bis 8] getroffen worden. Die in diesen in allgemeiner Form ausgesprochenen Schutzziele werden durch Richtlinien [9, 10] und Merkblätter [11 bis 13] hinsichtlich der Durchführung eines effektiven Arbeits- und Sachschutzes weiter konkretisiert.

Die Bundesanstalt für Materialprüfung (BAM), Berlin, hat im Land Berlin die Aufgaben eines staatlichen Materialprüfungsamtes wahrzunehmen. Hierunter fällt die Überwachung von Arbei-

ten, die mit Brand- bzw. Explosionsgefahren durch brennbare Gase und Dämpfe verbunden sind. Über das Vorgehen und die Erfahrungen, die bei diesen Überwachungsarbeiten in Berlin gemacht worden sind, wird nachstehend berichtet.

## 2. Untersuchungen

Vor der Aufnahme von Arbeiten an oder in Tankanlagen muß der Innenraum frei von brennbaren Gasen und Dämpfen sein. Ziel entsprechender Untersuchungen ist es, die sogenannte Gasfreiheit herbeizuführen oder nachzuweisen. Die Gasfreiheit soll aber nicht nur kurzzeitig bestehen, sondern mindestens so lange andauern, bis die Reparaturarbeiten am Behälter abgeschlossen sind und der Behälter wieder mit Flüssigkeit gefüllt worden ist. Bei ortsbeweglichen Behältern auf Tankschiffen oder Straßentankwagen muß der gasfreie Zustand dabei oft über Tage aufrechterhalten bleiben. Diese Forderung ergibt sich aus dem Umstand, daß erfahrungsgemäß immer eine gewisse Zeit zwischen Reinigung, Reparatur, Inspektion und Wiederbefüllung verstreicht.

Ing. (grad.) H. Grabitz † und Dr.-Ing. W. Wiechmann, Bundesanstalt für Materialprüfung (BAM), Berlin

Da bei unseren Untersuchungen zum Nachweis der Gasfreiheit der Behälter meist begangen werden mußte, war von der hiermit beauftragten Person eine den vorgenannten Vorschriften entsprechende Schutzausrüstung zu tragen bzw. mitzuführen (Bild 1). Diese besteht normalerweise aus einem Schutzanzug, einem Schutzhelm, einem Paar öl- und säurebeständiger Gummihandschuhe, aus einem Paar ebensolcher Gummistiefel mit elektrisch leitfähiger Sohle und einer explosionsgeschützten, zum Gebrauch in Zone 0 [9] zugelassenen Leuchte. Für Sonderfälle steht noch eine Sicherheitsleine und ein Sauerstoffseltretter zur Verfügung.

Zur Bestimmung der Konzentration brennbarer gas- oder dampfförmiger Anteile in der Tankatmosphäre wird von zwei unterschiedlichen Meßverfahren Gebrauch gemacht. Einerseits werden die nach dem Wärmetönungsprinzip arbeitenden Geräte Auer-Ex-Alarm T 2 mit einem Meßbereich von 0 bis zu 100 % der unteren Explosionsgrenze (UEG) und das Dräger-EX-WARN mit dem Meßbereich 0 bis 50 % UEG verwendet. Unabhängig davon werden Gaskonzentrationsmessungen mit dem Dräger-Gasspürgerät Modell 31 und dem Dräger-Prüfröhrchen Typ KW 2 – Meßbereich 0 bis etwa 60 % UEG (bezogen auf Benzin) – durchgeführt. Soweit es geboten erscheint, wird der Sauerstoffgehalt in den begangenen Behältern ebenfalls bestimmt. Dazu dienten bis vor einiger Zeit ebenfalls Prüfröhrchen. Jetzt werden die Sauerstoffmessungen mit dem Gerät Biomarin Modell OA 222 der Firma Dräger vorgenommen, dessen Prinzip auf einer elektrochemischen Reaktion des Sauerstoffes basiert und das einen Meßbereich von 0 bis 40 % O<sub>2</sub> aufweist.

Diese bei unseren Untersuchungen verwendeten Meßgeräte sind in Bild 2 wiedergegeben. In besonderen Einsatzfällen wird eine Sonde zur Ansaugung von Gasproben notwendig.

Die Tankuntersuchungen werden auf Antrag des Betreibers der Anlage in der Regel von zwei Mitarbeitern der BAM vorgenommen. Vor Beginn der Untersuchungen wird der für den Behälter Verantwortliche über die Art des letzten Füllgutes und die Art der beabsichtigten Veränderung befragt. Die entsprechenden Angaben werden protokolliert. Die daran anschließende Untersuchung besteht einerseits aus einer Reihe von Konzentrationsbestimmungen hinsichtlich des Gehalts der Tankatmosphäre an Sauerstoff und brennbaren Gasen bzw. Dämpfen, zum anderen in einer Begehung oder Inaugenscheinnahme des Behälters. Der tatsächliche Ablauf der Untersuchung wird naturgemäß von dem jeweiligen Tankzustand mitbestimmt. Die nach-



Bild 1.  
Bei den Tankuntersuchungen verwendete Schutzausrüstung.

stehende Tabelle 1 gibt eine Übersicht über die bei unseren Arbeiten vorgefundenen verschiedenen Tankzustände.

Tabelle 1

1. Tank mit brennbarer Flüssigkeit gefüllt (ganz oder teilweise),
2. Tank mit Ballastwasser gefüllt (ganz oder teilweise),
3. Tank entleert, aber nicht gereinigt,
4. Tank entleert und ausgedämpft,
5. Tank entleert, ausgedämpft und nachgereinigt,
6. Tank mit Rost-, Schlamm- oder Bitumenrückständen,
7. Tank voll und unter Zollverschluss.

Eine besondere Problematik ergibt sich bei den Tankuntersuchungen immer dann, wenn das Füllgut aus solchen brennbaren Flüssigkeiten (Diesel- bzw. Heizöl EL) besteht, die bei durchschnittlichen Außentemperaturen (ca. + 8 °C in Berlin) einen relativ geringen Dampfdruck aufweisen und somit von den eingesetzten Gaskonzentrationsmeßgeräten nur wenig oder überhaupt nicht erfaßt werden. Formal besteht dann bezüglich der untersuchten Gasatmosphäre Gasfreiheit. Dieser Zustand kann sicherheitstechnisch zumindest dann als ungefährlich angesehen werden, wenn der Tank in diesem Zustand gehalten oder transportiert werden soll oder wenn außerhalb des Tankbereiches Feuerarbeiten ohne mögliche Rückwirkung auf den Tank durchgeführt werden sollen. Findet jedoch eine Wärmeeinwirkung (z. B. durch Sonneneinstrahlung, Schweiß- oder Schneidbrenner) auf den Tank statt, so

kommt es mehr oder weniger schnell zu einem Ansteigen des Gehalts an brennbaren Gasen oder Dämpfen in der Tankatmosphäre, da jetzt der Dampfdruck der noch in Nischen, Rissen, Spalten, festen Rückständen oder Rostbelägen haften gebliebenen Füll- bzw. Lagergutreste ansteigt. Sind solche Reste in ausreichender Menge – erfahrungsgemäß reichen schon wenige Kubikzentimeter Flüssigkeit – vorhanden, kann es zur Bildung von explosionsfähiger Atmosphäre in gefährlicher Menge kommen [9]. Legen die bei der Tankuntersuchung gemachten Feststellungen das Vorhandensein einer solchen Gefahr nahe, so wird von dem für den Tank Verantwortlichen durch die prüfenden Mitarbeiter der BAM eine Reinigung oder Nachreinigung verlangt. Diese Forderung stößt oft auf Unverständnis oder gar Ablehnung. Als Gründe werden hierfür entweder eine „großzügigere“ Handhabung durch andere Untersuchungsstellen, angeblich ungefährliche Eigenschaften des Ladegutes oder fehlende Reinigungs- und Abgabemöglichkeiten für Schmutzwasser angeführt. Sicher spielen die durch die Reinigung und Nachuntersuchung sowie durch verlängerte Liegezeiten der Schiffe bedingten zusätzlichen Kosten – wenn auch unausgesprochen – dabei eine Rolle.

Die Untersuchungen seitens der BAM werden im allgemeinen mit einer mündlichen Bekanntgabe der Meßergebnisse und den entsprechenden Auflagen an den Antragsteller oder an den Verantwortlichen abgeschlossen. Ein entsprechender Bericht wird nachgereicht.

In den Jahren seit 1968 sind insgesamt etwa 200 solcher sicherheitstechnischen Untersuchungen durchgeführt



Bild 2. Bei den Tankuntersuchungen verwendete Meßgeräte.

worden. Die nachstehende Aufstellung (Tabelle 2) zeigt die Verteilung der Untersuchungen auf die verschiedenen Tanktypen.

Tabelle 2

Art des untersuchten Tanks	Inhalt bzw. Tragfähigkeit	% der Untersuchungen
Tankmotorschiffe	600 – 1500 t	44
Großtanks	500 – 15 000 m <sup>3</sup>	15
Industrie- und Tankstellentanks	8 – 500 m <sup>3</sup>	8
Bunkerboote	40 – 80 t	7
Tanklastwagen	4 – 30 m <sup>3</sup>	7
Frachtschiffe	2 – 12 t	5
Heizöltanks in Wohnanlagen	25 – 60 m <sup>3</sup>	3
Sonstige		11

Die Art und Häufigkeit der in diesen Untersuchungen vorkommenden Stoffe geht aus nachstehender Übersicht hervor. In der Tabelle 3 wird gezeigt, daß die überwiegende Zahl der Untersuchungen an Behältern vorgenommen wurde, deren Lade- oder Füllgut Heizöl bzw. Dieselöl war; diese gehören zu den Stoffen, bei denen die vorgeschilderte Problematik der stark witterungsabhängigen Dampfdrücke auftritt.

Bei rund 84 % der untersuchten Tanks konnte aufgrund der erzielten Meßergebnisse die Zustimmung zur Aufnahme der Reparaturarbeiten unter Einhaltung von besonderen Sicher-

heitsmaßnahmen erteilt werden. In etwa 16 % der Untersuchungen wurde

Tabelle 3

Brennbare Flüssigkeit	Anteil in %
Heizöl EL	54
Vergaserkraftstoff	13
Methan	11
Flugbenzin	10
Heizöl S	6
Spaltbenzin	4
Benzol	1
Petroleum	1

aufgrund der Meßergebnisse gefordert, daß erneut Reinigungs- und/oder Lüftungsmaßnahmen durchgeführt werden müssen. In den Fällen, in denen diese Maßnahmen entweder nicht durchführbar oder nicht erfolgversprechend waren, wurden die Arbeiten am Tank (Schneiden, Schweißen, Schleifen, Sandstrahlen) unter ständiger Kontrolle der Gaskonzentration innerhalb und außerhalb der Tanks, z. T. auch unter Hinzuführung von Inertgas, ausgeführt. Die Entstehung von Explosionsgefahr wurde hierbei dadurch unterbunden, daß die Arbeiten am oder im Tank eingestellt wurden, wenn die infolge Erwärmung sich bildende Menge an brennbaren Dämpfen einen gewissen, zuvor meist auf 10 % der unteren Explosionsgrenze festgelegten Konzentrationswert überschritt. Die Untersuchungen, bei denen eine Nachreinigung nicht notwendig erschien, oder bei denen die Messungen eine ausreichend niedrige Gaskonzentration ergaben, wurden mit der Freigabe der Tanks für die vorgesehenen Feuerarbeiten und – falls erwünscht – mit der Aushändigung eines Gasfreiheitszeugnisses abgeschlossen. Im Anschluß an die Inspektionsarbeiten ist den Antragstellern ein Untersuchungsbericht zugestellt worden, in dem die eventuell festgestellten Mängel aufgezählt sind.

### 3. Zusammenfassung

Die Erfahrungen, die bei den vorbeschriebenen Untersuchungen durch die BAM mit ortsfesten bzw. ortsbeweglichen Behältern gemacht worden sind, führen zu mehreren Folgerungen:

- a) Von den Behörden erlassene Verordnungen und ergänzende Richtlinien und Unfallverhütungsvorschriften gewährleisten, zusammen mit den praxisbezogenen Merkblättern bei der Durchführung von Feuerarbeiten an beweglichen und ortsfesten Tankbehältern einen ausreichenden Schutz von Personen und Sachen, wenn die vorgeschriebenen oder empfohlenen Maßnahmen in sicherheitstechnisch sinnvoller Weise ausgeführt werden.
- b) Die genannten Regelwerke sind jedoch nur in wenigen Fällen in vollem Umfange anwendbar, da die Verhältnisse vor Ort komplizierter sind, als bei der Abfassung der Vorschriften voraussehbar war. So fehlt z. B. in Berlin eine Möglichkeit, Schiffstanks zu wirtschaftlich vertretbaren Bedingungen reinigen zu lassen bzw. sich der Reinigungsrückstände den Umweltschutzbestimmungen entsprechend zu entledigen.
- c) Dringend notwendige Arbeiten an oder in Tanks lassen sich meist

nur unter sinngemäßer Einhaltung der entsprechenden Sicherheitsvorschriften durchführen. Als sicherheitstechnisch vertretbar wird z. B. angesehen, wenn zu jedem Zeitpunkt der Arbeiten die den jeweiligen Arbeitsbereich umgebende Atmosphäre hinsichtlich der Entstehung von Explosionsgefahren überwacht wird. Damit wird die Möglichkeit geschaffen, durch rechtzeitige Warnung eine Arbeitsunterbrechung und ggf. eine Evakuierung des gefährdeten Bereichs herbeizuführen. Dadurch wird eine den geltenden Vorschriften äquivalente Sicherheit für Beschäftigte und Sachen – unter den in Berlin auch wirtschaftlich noch vertretbaren Bedingungen – herbeigeführt.

In jüngster Zeit wird auch die Möglichkeit der Inertisierung beweglicher Tanks, z. B. von Binnentankschiffen, praktisch erprobt. Hierbei wird im gleichen Maße, wie das Ladegut gelöscht wird, der Innenraum des Tanks mit Stickstoff gefüllt. Dadurch wird erreicht, daß die mit brennbaren Gasen oder Dämpfen angereicherte Tankatmosphäre infolge des geringen Sauerstoffgehaltes nicht zündbar ist, wodurch der Tank ungefährlich transportfähig wird, oder daß die Konzentration an brennbaren Gasen oder Dämpfen im inertisierten Tank so weit abgesenkt wird, daß selbst bei Zutritt von Luft und anschließender Vermischung keine Bildung zündbarer Gemische mehr möglich wird. An solchen

Tanks sind dann – mit Einschränkungen – auch Feuerarbeiten möglich.

#### 4. Literatur

- [1] Verordnung über brennbare Flüssigkeiten – VbF – vom 18. 2. 1960 in der Fassung vom 10. 9. 1964, BGBl. I 1960, S. 83 u. BGBl. I 1964, S. 717, letzte Fassung v. 5. 6. 1970, BGBl. I 1970, S. 684, Berichtigung der Neufassung VbF vom 16. 10. 1970, BGBl. I 1970, S. 1449
- [2] Verordnung über gefährliche Arbeitsstoffe vom 17. 9. 1971, BGBl. I 1971, S. 1609, Neufassung der Verordnung vom 8. 9. 1975, BGBl. I, S. 2493, unter Berücksichtigung der Änderung vom 12. 4. 1976, BGBl. I 1976, S. 965
- [3] Verordnung über die Kennzeichnung gesundheitsschädlicher Lösemittel und lösemittelhaltiger anderer Arbeitsstoffe (Lösemittelverordnung) vom 26. 2. 1954, Bundesanzeiger Nr. 43 vom 3. 3. 1954)
- [4] VBG 1, Unfallverhütungsvorschrift „Allgemeine Vorschriften“ 1. 4. 1977, Carl Heymanns Verlag KG, Köln
- [5] VBG 1a, Unfallverhütungsvorschrift „Schutz gegen gefährliche chemische Stoffe“ 1. 12. 1965/ 1. 3. 1969, Carl Heymanns Verlag KG, Köln
- [6] VBG 15, Unfallverhütungsvorschrift „Schweißen, Schneiden und verwandte Arbeitsverfahren“ 1. 4. 1973/1. 4. 1978, Carl Heymanns Verlag KG, Köln
- [7] VBG 35, Unfallverhütungsvorschrift „Tankreinigungsarbeiten und Ausbesserungsarbeiten auf Schiffen mit Öltanks“ 1. 4. 1934, Carl Heymanns Verlag KG, Köln
- [8] VBG 61, Unfallverhütungsvorschrift „Gase“ 1. 4. 1974/1. 4. 1977, Carl Heymanns Verlag KG, Köln
- [9] Richtlinien für die Vermeidung der Gefahren durch explosive Atmosphäre mit Beispielsammlung – Explosionsschutz-Richtlinien – (EX-RL), Ausgabe 1.1976, Berufsgenossenschaft der chemischen Industrie, Verlag Winter, Heidelberg
- [10] Richtlinien für das Reinigen und Ausbessern von Tankwagen, Tankwagenrichtlinien, Berufsgenossenschaft der chemischen Industrie, 1960, Heidelberg
- [11] Merkheft für Reinigen von Behältern, A 5, Berufsgenossenschaft der chemischen Industrie, 1972, Heidelberg
- [12] Merkblatt über die Ausführung von Feuerarbeiten mit Schneid-, Schweiß- und Lötgeräten auf Schiffen, schwimmenden Geräten und schwimmenden Anlagen, Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaft, ZH 1/238, 1960
- [13] Merkblatt über die Gefahren beim Umgang mit leeren gebrauchten Fässern „Faßmerkblatt“, A 3, Berufsgenossenschaft der chemischen Industrie, 1956, geändert 1964, Nachdruck 1972

# Das Überstromschutzorgan (Sicherung) in elektrischen Versorgungsanlagen, seine Aufgaben und Grenzen

H.-A. Hamann

Die Elektrizität ist eine bequem anwendbare und umweltfreundliche Energieform, ohne die das heutige Leben nicht denkbar ist. Sie bietet uns Licht, Wärme und Kraft und ermöglicht erst

die heutige Nachrichten-, Meß-, Regel- und Steuertechnik. Aus den Vorteilen können sich aber bei nicht handwerksgerechter Installation der elektrischen Anlagen und unsachgemäßem Umgang mit elektrischen Betriebsmitteln Unfall- und Brandgefahren ergeben.

Als nach Erfindung der Dynamomaschine im Jahre 1866 durch Werner von Siemens die Elektrizitätserzeugung

erst in großem Umfang möglich wurde, begann allmählich der Ausbau der Stromversorgung zuerst in der Industrie, dann in der Stadt und nach 1900 auch auf dem Lande. Bald zeigten sich, wie so oft, auch negative Seiten der neuen Technik durch Brände und Unfälle. Mit diesen Schäden wurden auch die Versicherer konfrontiert. Sie erkannten, daß die neue Technik und das mit ihr verbundene Risiko nur

*H.-A. Hamann, Mitarbeiter der Abt. Technik und Schadenverhütung der Brandkasse-Provinzial Versicherungsgruppe, Kiel.*