

GEFAHRGUT

GEFAHRGUT

 **Feuerball (BLEVE)** nach dem Platzen einer Flüssiggasleitung in einer Raffinerie (Foto: BF Hamburg).

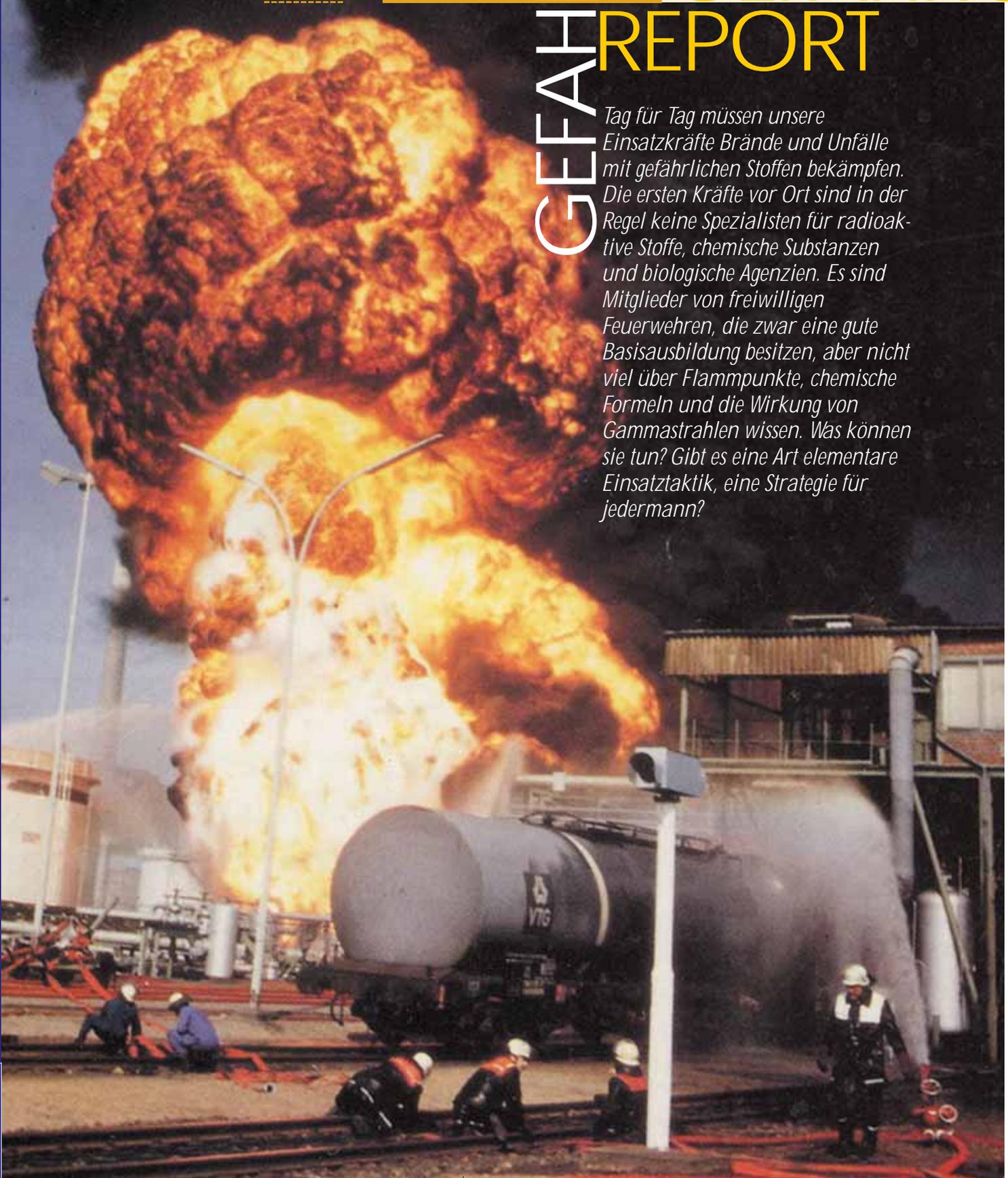
DER GROSSE

GEFAHRGUT REPORT

GEFAHRGUT

REPORT

*Tag für Tag müssen unsere Einsatzkräfte Brände und Unfälle mit gefährlichen Stoffen bekämpfen. Die ersten Kräfte vor Ort sind in der Regel keine Spezialisten für radioaktive Stoffe, chemische Substanzen und biologische Agenzien. Es sind Mitglieder von freiwilligen Feuerwehren, die zwar eine gute Basisausbildung besitzen, aber nicht viel über Flammpunkte, chemische Formeln und die Wirkung von Gammastrahlen wissen. Was können sie tun? Gibt es eine Art elementare Einsatztaktik, eine Strategie für jedermann?*



BLAULICHT 10/2006

LFR UNIV.-LEKTOR DR. OTTO WIDETSCHEK, Graz

# BLAULICHT 5 GASE UND IHRE GEFAHREN

**I**n dieser Ausgabe von BLAULICHT beschäftigen wir uns mit einer im Feuerwehreinsatz besonders gefährlichen Stoffgruppe – den Gasen. Sie können brennbar (explosiv), giftig und ätzend sein, aber auch oxidierend wirken. Gerade durch ihre Eigenschaft, sich auszudehnen, erfüllen sie den umgebenden Raum, wodurch eine eminente Ausbreitung der jeweiligen Gefahr möglich ist. Gase werden nach den internationalen Transportvorschriften der Klasse 2 zugeordnet.

### UNENTBEHRLICHE HELFER

Gase sind in Wissenschaft, Technik und Medizin, aber auch im Alltag heute unentbehrliche Helfer für den Menschen. Sie kommen überall vor: Als Luft, die wir atmen, als Duft aus der Küche, als Füllung des Spielzeugballons und der Autoreifen, als Sauerstoff- und Acetylgemisch im Schweißapparat und als Narkotika, die den Patienten auf dem Operationstisch betäuben. Sie befinden sich im Gasfeuerzeug, in Spraydosen und Campingflaschen, verbrennen in einer Gasheizung und in einem kalorischen Kraftwerk und werden in der modernen Kältetechnik eingesetzt. Brandgase und Giftgase stellen bei Unfällen eine große Gefahr für die Bevölkerung und unsere Feuerwehrmänner dar. Als Abgase und FCKW bedrohen sie sogar unsere Umwelt.

### DREI AGGREGATZUSTÄNDE

Es gibt bekanntlich drei Aggregatzustände, in welchen uns die Materie begegnet: Fest, flüssig und gasförmig. Ein fester Körper gleicht einer militärischen Einheit, die in geschlossener Formation stillsteht. Eine Flüssigkeit verhält sich wie eine unruhige Menschenmasse, die ein-

mal hierhin, einmal dorthin brandet. Gase erinnern an einen Schwarm wild gewordener Hummeln, der anscheinend planlos herumschwirrt. Ihr Verhalten scheint chaotisch und wenig beschreibbar.

### DIE WIRKUNG DER GASE

Wollte man die wichtigsten Eigenschaften der materiellen Stoffe in einem Satz festhalten, so könnte er so lauten: Feste Stoffe sind formstabil, Flüssigkeiten inkompressibel und Gase flüchtig.

Gerade aber diese Neigung, sich in einem Raum auszudehnen und ihn zur Gänze zu erfüllen, macht sie in bestimmten Situationen so gefährlich. Sie können auf diese Weise mit dem Sauerstoff der Luft chemisch reagieren und zu einer Verbrennung, Explosion bzw. Detonation führen. Andererseits können sie den lebenswichtigen Sauerstoff verdrängen und erstickend bzw. toxisch wirken. Aber Gase lassen sich durch Druck bzw. tiefe Temperaturen auch verflüssigen und stellen auf diese Weise eine „geballte Ladung“ dar.

### WICHTIG: DIE KRITISCHE TEMPERATUR!

Grundsätzlich lassen sich alle Gase bei entsprechend tiefer Temperatur („kritische Temperatur“) und hohem Druck („kritischer Druck“) verflüssigen. Oberhalb der kritischen Temperatur gelingt es nicht, auch bei noch so hohem Druck, ein Gas in den flüssigen Zustand überzuführen. Des-

wegen können beispielsweise Stickstoff, Sauerstoff und Ethylen in flüssiger Form (auf diese Weise können große Gasmengen in relativ kleinen Behältern untergebracht werden) nur unter tiefen Temperaturen (sehr aufwendig) transportiert und gelagert werden.

### PERMANENTE GASE

Bei Gasen mit kritischen Temperaturen, welche wesentlich tiefer als die herkömmlichen Umgebungstemperaturen liegen (kleiner als  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), wird daher in der Regel eine Kompression auf einige 100 bar vorgenommen und ein Transport bzw. eine Lagerung in der Gasphase vorgenommen. Dies ist die Gruppe der permanenten oder verdichteten Gase.

Zu dieser Gruppe gehören beispielsweise Stickstoff, Sauerstoff, Wasserstoff, Pressluft und Argon, welche bei tiefen Temperaturen (um die  $-200\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) auch verflüssigt werden können.

### VERFLÜSSIGTE GASE

Bei kritischen Temperaturen zwischen  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$  und  $70\text{ }^{\circ}\text{C}$  wird teilweise eine Verflüssigung durch Tempera-

turabsenkung (z. B. Ethylen) bzw. Inkaufnahme eines höheren Betriebsdrucks, was mit dickeren Stahlbehältern verbunden ist (z. B. Kohlendioxid), erzielt. Diese Gase gehören bereits in die Gruppe der verflüssigten Gase, wozu auch jene mit kritischen Temperaturen mit mehr als  $70\text{ }^{\circ}\text{C}$  (z. B. Propan, Butan, Ammoniak, Chlor) gehören.

### SONDERFALL ACETYLEN!

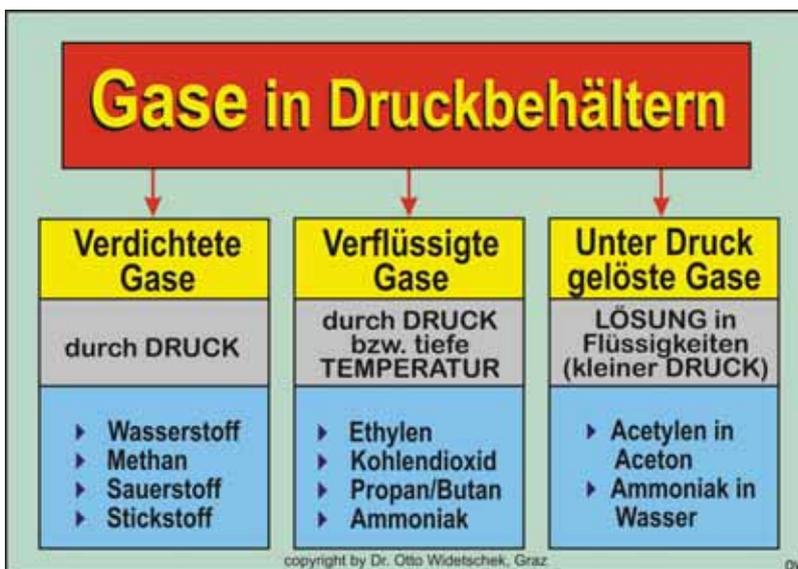
Einen Sonderfall spielen die unter Druck gelösten Gase. Der wohl wichtigste Vertreter ist das zur Selbstzerersetzung neigende Acetylen (in Aceton gelöst), welches in Dissousgasflaschen zum Schweißen eingesetzt wird. Eine nicht so große Bedeutung besitzt Ammoniak in Wasser gelöst, welches als Salmiakgeist bekannt ist.

### EINTEILUNG NACH GEFAHREN

Wie schon dargestellt, können Gase erstickend, entzündbar, oxidierend und giftig sein. Im ADR/RID sind in diesem Zusammenhang so genannte Klassifizierungscode vorgesehen, welche aus Großbuchstaben bestehen: Für erstickend steht A (asphyxiant), für entzündbar F (flammable), für oxidierend O (oxidizing) und für giftig T (toxic).

Diese Substanzen werden auch durch einen Gefahrzettel eindeutig gekennzeichnet. Falls ein Gas mehrere gefährliche Eigenschaften besitzt, besteht der Klassifizierungscode aus einer Kombination der entsprechenden Großbuchstaben. Die dazu gehörigen Gefahrzettel werden übereinander geklebt (siehe nächste Seite).

 Einteilung der Gase.



# DER GROSSE GEFAHRGUT REPORT

## WICHTIGE EIGENSCHAFTEN

Die wichtigsten Eigenschaften gefährlicher Gase können in den meisten Fällen durch folgende Größen hinreichend beschrieben werden:

### • Dichte

Sie deutet darauf hin, ob eine Gaswolke leichter oder schwerer als Luft

Gas	Chem. Formel	Dichteverhältnis zu Luft	Zündbereich (%)	MAK-Wert (ml/m³)	Siedepunkt (°C)	kritischer Punkt	
						Temp. (°C)	Druck (bar)
Acetylen	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>	0,906	2,8 - 93	-	- 83,8 *)	35,2	61,4
Ammoniak	NH <sub>3</sub>	0,597	15 - 28	50	- 33,3	132	114
Argon	Ar	1,38	-	-	-186	-122	49,1
Brommethan	CH <sub>3</sub> Br	ca. 3,3	8,6 - 20	K	3,55	192	69,4
Butan	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	2,09	1,8 - 8,5	1000	- 0,5	152	38
Chlor	Cl <sub>2</sub>	2,48	-	0,5	- 34	144	79,9
Chlordifluormethan	CHClF <sub>2</sub>	3,04	-	500	- 40,8	96,2	49,9
Chlorwasserstoff	HCl	1,27	-	5	- 85	51,5	83,1
Ethan	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	1,05	3,0 - 15,5	-	- 88,6	32,2	48,7
Ethylen	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	0,975	2,7 - 34	-	- 104	9,19	50,4
Ethylenoxid	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O	ca. 1,5	3 - 100	K	10,5	196	71,9
Fluorwasserstoff	HF	ca. 0,7	-	3	19,5	188	65
Kohlendioxid	CO <sub>2</sub>	1,53	-	5000	- 78,5 *)	31,1	73,8
Kohlenmonoxid	CO	0,967	12,5 - 74	30	-192	-140	34,9
Methan	CH <sub>4</sub>	0,555	5,0 - 15,0	-	- 162	- 82,6	46,0
Phosgen	COCl <sub>2</sub>	ca. 3,4	-	0,1	7,44	182	57
Propan	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	1,56	2,1 - 9,5	1000	- 42,1	96,7	42,5
Sauerstoff	O <sub>2</sub>	1,11	-	-	- 183	- 119	50,4
Schwefeldioxid	SO <sub>2</sub>	2,27	-	2	-10,0	158	78,7
Schwefelwasserstoff	H <sub>2</sub> S	1,19	4,3 - 45,5	10	- 60,2	100	89,4
Stickstoff	N <sub>2</sub>	0,967	-	-	- 196	- 147	34,0
Stickstoffdioxid	NO <sub>2</sub>	ca. 3	-	5	21,1	158	101
Vinylchlorid	C <sub>2</sub> H <sub>3</sub> Cl	2,21	3,8 - 29,3	K	- 13,8	152	55,4
Wasserstoff	H <sub>2</sub>	0,0695	4,0 - 75,6	-	- 253	- 240	13

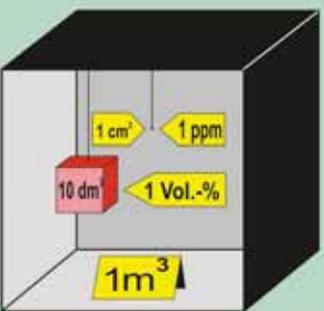
Anmerkungen: Das Dichteverhältnis zur Luft ist bei 20 °C und Normaldruck (1,013 bar) angegeben. Stoffe, die als krebserregend eingestuft sind, werden mit dem Buchstaben K gekennzeichnet. Die mit \*) gekennzeichneten Stoffe besitzen keinen Siedepunkt, sondern einen Sublimationspunkt (nur ein Übergang vom festen in den gasförmigen Zustand und umgekehrt möglich). Alle Stoffdaten wurden aus dem *Gasehandbuch von Messer Griesheim* entnommen. Besonders bemerkenswerte Zahlen (Gefahr!) wurden unterlegt.

## Gase (Einteilung nach Gefahren)

- A** Erstickend
- F** Entzündbar
- O** Oxidierend
- T** Giftig
- TF** Giftig, entzündbar
- TC** Giftig, ätzend
- TO** Giftig, oxidierend
- TFC** Giftig, entzündbar, ätzend
- TOC** Giftig, oxidierend, ätzend

Einteilung der Gase nach den möglichen Gefahren.

## Konzentrationen von Gasen



1 ppm (part per million) = 1 cm³/m³  
 1 Vol.-% = 10.000 ppm = 10 dm³/m³

Schematische Darstellung wichtiger Konzentrationen von Gasen.

ist, d. h., ob sie aufsteigt oder zu Boden sinkt (Dichtezahl der Luft = 1). Achtung: Beim Austritt von verflüssigten Gasen können durch Expansionskälte auch leichte Gase durch Auskondensieren des Wasserdampfes der Luft (Nebelbildung) bodensässig sein.

### • MAK-Wert

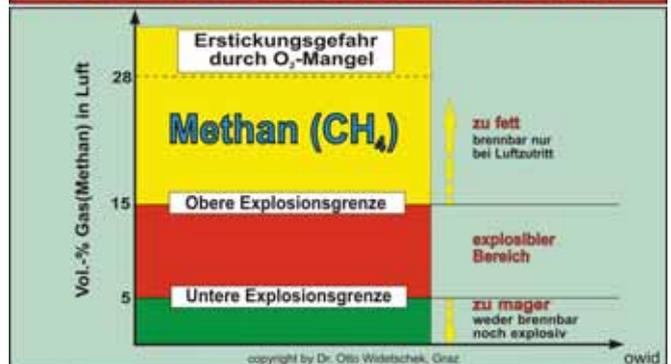
Die maximale Arbeitsplatzkonzentration, kurz MAK-Wert, gibt die höchstzulässige Konzentration eines Schadstoffes (Gas, Dampf, Schwebstoff) am Arbeitsplatz an. Obwohl kurzfristig auch höhere Schadstoffwerte beim Menschen keine Schädigung hervorrufen, werden die MAK-Werte als Richtwerte auch im Feuerwehrewesen herangezogen. Einheit: **1 ppm** (= parts per million, also 1 von 1 Million Raumeinheiten). Es gilt also:

- 1 ppm = 1 cm³/m³ = 1 ml/m³.
- 1 Vol.-% (10 dm³/m³ = 10.000 ppm).

### • Explosionsgrenzen

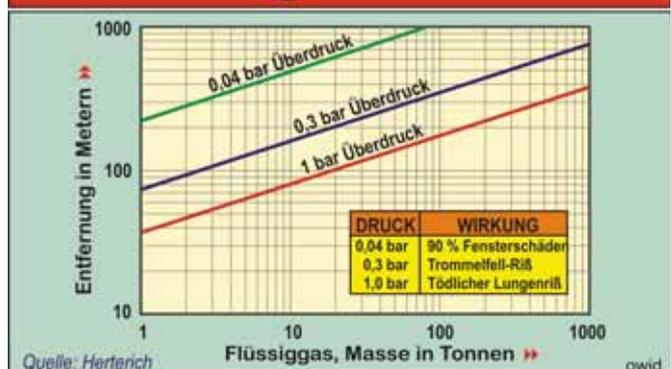
Man unterscheidet die untere und obere Explosionsgrenze. Sie geben die Brand- und Explosionsgefährlichkeit einer Gaswolke an (Achtung auf Schwadenbildung!). Im Folgenden werden diese Verhältnisse anhand von Methan dargestellt.

## Gefahren durch Methan



Obere und untere Explosionsgrenze am Beispiel von Methan.

## Auswirkungen einer BLEVE



Auswirkungen einer BLEVE (nach Herterich)

**BEISPIELE**

Die obestehende Tabelle gibt die wichtigsten Daten (Dichte, Zündbereich = Explosionsgrenzen, MAK-Wert, Siedetemperatur bei Normaldruck und kritische Temperatur sowie kritischer Druck) einiger Gase an.

**GASGESETZE**

Die Eigenschaften eines Gases werden im Wesentlichen durch die Zustandsgrößen Volumen, Druck und Temperatur beschrieben. Die mathematischen Zusammenhänge sind vor allem bei den so genannten idealen Gasen relativ einfach und auch in der Praxis anwendbar. Anmerkung: Wenn keine große Genauigkeit gefordert wird, kann im Bereich niedriger Drücke und weit oberhalb der kritischen Temperatur mit dem idealen Gasgesetz gearbeitet werden.

**GRÖSSTE GEFAHR: BLEVE!**

Das wohl größte Gefahrenszenarium kann bei Flüssiggasen auftreten. Bei starker Erwärmung eines Flüssiggasbehälters, vor allem bei Bränden, erfolgt bei einem Behälterzerknall eine vollständige Verdampfung mit einer Zündung der Gasmassen. Dieser so entstehende Feuerball wird als **BLEVE** (Boiling Liquid Expanding

Vapour Explosion = Explosion durch plötzlich freiwerdendes siedendes Flüssiggas) bezeichnet.

**GROSSE SPRENGKRAFT**

Je nach der Vermischung des freigesetzten Gases mit Luft entsteht bei Flüssiggasen neben dem Feuerball eine mehr oder minder heftige Explosionsdruckwelle. Anmerkung: Bei idealer stöchiometrischer Mischung mit Luft entspricht der Energieinhalt von 1 kg Flüssiggas etwa der Sprengkraft von 10 kg Trinitrotoluol (TNT)! Dementsprechend sind auch die Auswirkungen von derartigen Gaswolken-Explosionen. (Siehe Kasten)

**ZERSTÖRUNGEN**

Unter Anwendung einer Formel für die Auswirkungen von Explosionen kugelförmiger Kohlenwasserstoff-Luft-Gemische kann man Sicherheitsabstände errechnen. In der auf Seite 20 dargestellten Grafik (nach Herterich) werden die Auswirkungen mit einem Spitzenüberdruck von 0,04 bar (90 % der Fensterscheiben bersten), 0,3 bar (Zerstörung des Trommelfells = gerade noch tolerierbarer Sicherheitsabstand) und 1,0 bar (tödlicher Lungenriss) in Abhängigkeit von der Flüssiggasmenge in Tonnen angegeben.

**GEFRORENES FEUER**

*Wir haben schon festgestellt, dass Flüssiggase einen großen Energieinhalt besitzen und eine geballte Ladung darstellen. In England gibt es daher für sie einen treffenden Namen: Frozen fire – gefrorenes Feuer! Besser kann man diese Stoffgruppe laienhaft kaum beschreiben.*

**E**s gab immer wieder spektakuläre Flüssiggasunfälle. Hier die wichtigsten Katastrophen der letzten 40 Jahre:

- 1966 Feyzin, Frankreich, Propan, 18 Tote
- 1972 Brasilien, Butan, 37 Tote
- 1973 New York, USA, Propan-Tankanlage, 40 Tote
- 1973 Nordfrankreich, Propan-Tankwagenunfall, 9 Tote, 40 zerstörte Häuser
- 1974 Japan, Schiffsladung LPG, 33 Tote
- 1974 Flixborough, England, Cyclohexan, 28 Tote
- 1978 Tarragona, Spanien, Propylen, 215 Tote, über 200 Schwerverletzte
- 1983 Istanbul, Türkei, Hotelbrand nach Flüssiggasexplosion, 42 Tote, über 90 Verletzte
- 1984 Mexico City, Mexico, LPG, 644 Tote
- 1984 Sao Paulo, Flüssiggasleitung, über 80 Tote

- 1989 UdSSR, Pipeline, Flüssiggaswolke, über 600 Tote
- 1990 Bangkok, Thailand, Flüssiggas-Tankwagenunfall, 53 Tote, über 100 Schwerverletzte
- 1995 Eynatten, Belgien, Propangasflasche in Autobahnraststätte, 16 Tote.
- 1997 Mekka, Saudi-Arabien, Flüssiggasflaschen im Pilgerlager, 343 Tote, über 1.300 Verletzte.
- 2006 Lehrberg bei Ansbach, Explosion in einer Bäckerei, 5 Tote.



**Flüssiggastank mit Riss** durch Feueereinwirkung eines brennenden Campingwagens.



**Rundumversorgung in Sachen Hygiene.**

In Zusammenarbeit mit Ecolab bietet Dräger Safety Austria ab sofort exklusiv ein umfassendes Hygieneprogramm für Feuerwehren und industrielle Anwender an: Die Produktpalette reicht von hochwertigen, materialverträglichen, gut abspülbaren Mitteln für die manuelle und maschinelle Wasche der Schutzausrüstung über spezielle Cleaner und Sprays zur Reinigung und Desinfektion von Prüfgeräten bis hin zu dermatologisch getesteten Hände- und Hautpflegemitteln. Bestellen Sie jetzt Ihr Testpaket!

Mehr dazu unter: 01 609 36 02  
office.safety@draeger.com

<b>PIONEERING SOLUTIONS &gt;&gt;</b>	
Gasmesstechnik	<b>Drägersafety</b>
Personenschutztechnologie	
Tauchtechnik	
Systemlösungen	
Dienstleistungen	
<a href="http://www.draeger.com">www.draeger.com</a>	

**SICHERHEITSABSTÄNDE**

Aus dieser Darstellung können nun auch ungefähre Sicherheitsabstände abgeleitet werden. Wenn man einen Trommelfellriss, der zwar unangenehm, aber nicht mit lebensbedrohlichen gesundheitlichen Schäden verbunden ist, als Kriterium für die Abschätzung von Sicherheitsabständen annimmt, erhält man beispielsweise für einen Kesselwaggon mit 100 Tonnen einen Abstand von 360 Metern (siehe Grafik). Bei 10 Tonnen kann man etwa 170 Meter als Sicherheitsabstand ableiten.

Dies ist auch der Grund, warum der Autor in seinem Taschenmerkheft „Der kleine Gefahrgut-Helfer“ bei Flüssiggas-Tankwagen, Kesselwaggonen und Industrietanks für die Zone 1 einen Abstand von 300 m vorgeschlagen hat.

**ZERKNALL VON GASFLASCHEN**

Ein großes Gefahrenmoment kann bei Erwärmung eines Flüssiggasbehälters aus Stahl, vor allem bei Bränden, auftreten. Trotz des Vorhandenseins von Sicherheitseinrichtungen (Berstscheibe, Überdruckventil) kann es nämlich zu einem Behälterzerknall kommen.

Dabei erfolgt eine vollständige Verdampfung des Flüssiggases mit einer Zündung der Gasmassen (BLEVE). Stahlflaschen und -behälter reißen dabei in der Regel knopflochartig auf, nur in etwa 5 % der Fälle kommt es

zu einem Auseinanderreißen des Behältnisses und zur Trümmerwirkung.

**DIE HYDRAULISCHE SPRENGUNG**

Diese Zerstörung des Stahlbehälters kann durch das Phänomen der hydraulischen Sprengung folgendermaßen erklärt werden: Zu Beginn einer fiktiven Brandeinwirkung ist im Stahlgefäß (z. B. der Stahlflasche) eine Flüssig- und Dampfphase (Sicherheitsraum) vorhanden. Der in der Flasche herrschende Druck ist dabei von der Temperatur des Systems abhängig (Dampfdruckkurve). Der Druckanstieg beträgt dabei einige Zehntel bar/°C.

Da sich das Flüssiggas (großer kubischer Ausdehnungskoeffizient) etwa 80 Mal mehr ausdehnt als Stahl, kann es zu einem völligen Verschwinden der Gasphase kommen, die Flüssigphase erfüllt dann das gesamte Flaschenvolumen. Nun kann es zum Phänomen der so genannten hydraulischen Sprengung kommen, da durch die Inkompressibilität des Flüssiggases eine starke Druckerhöhung (7 bis 8 bar/°C) in der Flasche auftritt. Bei Erreichen der Berstgrenze von etwa 100 bar zerreißt die Stahlflasche. Dies tritt – wie die Praxis zeigt – leider auch fallweise trotz Ansprechen der Sicherheitsventile ein.

**DAS DRAMA VON BHOPAL**

Ein ebenfalls gewaltiges Gefahrenszenarium stellen großräumige Giftgaswolken dar. Die größte Katastrophe in diesem Zusammenhang war wohl neben der Kernkraftwerkska-

Der Zerknall von Flaschen mit verflüssigten Gasen.

**FLÜSSIGGAS: NEUE ENTWICKLUNGEN**

Flüssiggasflaschen aus Stahlblech können im Brandfall unter bestimmten Umständen trotz funktionsfähigen Sicherheitsventilen unter Bildung eines Feuerballs (BLEVE) zerknallen und in wenigen Fällen auch brisante Trümmer mit einer Wurfweite bis zu 100 Meter bilden.

**NEUE WEGE**

Um den Flaschenzerknall verhindern zu können, hat man neuerdings zwei Wege beschritten:

- Man hat einerseits Kunststoffbehälter aus glasfiverstärktem Material (100 % korrosionsbeständig) produziert, welche derzeit als 10-l- und 5-l-Flaschen verfügbar sind. Durch diese Hochleistungsmaterialien, die für die Raumfahrttechnik entwickelt wurden, ist es gelungen, ein wesentlich leichteres Flaschengehäuse zu konstruieren, welches auch ein hervorragendes Brandverhalten zeigt (© by BP Gas Austria GmbH).
- Durch Aluminiumfolien in Form eines Netzwerkes bzw. sphärischen Füllkörpers (kleine Kügelchen), welche einen maximalen Volumenverlust von 2 % bewirken, wird die Energie eines Brandes gleichmäßig auf die Gasflaschen verteilt und dadurch ein wesentlich besseres Brandverhalten erreicht (© by EXCO Ges.m.b.H. AUSTRIA).

**UMFANGREICHE EXPERIMENTE**

Es wurden in diesem Zusammenhang an der Feuerwehr- und Zivilschutzschule Steiermark umfangreiche Brandversuche unter der Leitung des Autors durchgeführt, welche die folgenden Ergebnisse gebracht haben:

- Flüssiggas-Stahlflaschen, welche unter bestimmten Bedingungen dem Feuer ausgesetzt wurden, können unter Bildung der ge-



Ansprechen eines Sicherheitsventils.

fürchteten BLEVE zerreißen und sogar Trümmer bilden, welche bis zu 100 Meter wegfliegen können.

- Kunststoffbehälter zeigen einen wesentlich besseren Abbrand, wobei die Flaschenwand unter Hitze einwirkung quasi porös wird und eine Druckentlastung des Behälters bewirkt. Sicherheitsventile haben unter Bildung einer Stichflamme (bis zu 5 Meter) angesprochen, zu einem Flaschenzerknall kam es bei keinem der etwa 30 Experimente.
- Kunststoffbehälter, mit Aluminiumgeflecht befüllt, zeigten ein noch besseres Brandverhalten. Im Besonderen traten Stichflammen beim Ansprechen des Sicherheitsventils mit maximal 1 Meter Länge auf. Zum Flaschenzerknall kam es bei den durchgeführten Experimenten in keinem Fall.

**ERGEBNIS**

Durch Verwendung eines neuen Behältermaterials in Form von speziellen Kunststoffen und einer Flaschenfüllung aus wärmeleitenden Aluminiumkügelchen kann eine weitgehende Entschärfung der oben genannten Gefahrenmomente erreicht werden.

**Zerknall von Flüssiggasflaschen**

**Hydraulische Sprengung**

„Knopflochriss“ (ca. 95 Prozent)

Trümmerbildung (ca. 5 Prozent)

Foto: BF Wien

Foto: Kabelka

**Autogasanlage nach Brand**

Durch Brand zerstörte PKW-Flüssiggasanlage.

tastrophe in Tschernobyl die Freisetzung von 45 Tonnen Methylisocyanat (MIC) in der indischen Stadt Bhopal. Es starben 2.500 Menschen, 3.000 erkrankten schwer und 150.000 mussten medizinisch versorgt werden.

Bei derartigen Katastrophen müssen die Einsatzkräfte einfach überfordert sein. Wir können hier nicht mehr helfen. Der Selbstschutz der Bevölkerung ist dabei in erster Linie erforderlich (Aufenthaltskonzept in Häusern).

**DAUERBRENNER ACETYLEN**

Eines der gefährlichsten Gase im Rahmen von Feuerwehreinsätzen ist Acetylen (Ethin). Es ist chemisch ein einfacher, ungesättigter Kohlenwasserstoff mit der chemischen Formel C<sub>2</sub>H<sub>2</sub> (instabile Dreifachbindung) und gehört in die Kategorie der unter Druck gelösten Gase.

Ein Faktum ist bei Acetylen besonders wichtig: Es kann nämlich auf zweierlei Art gefährlich werden. Einerseits kann dieses Gas in fast jeder Konzentration mit Luft explodieren. Die Explosionsgrenzen liegen zwischen 2,8 und 93 Vol.-%. Andererseits ist diese chemische Verbindung sehr instabil. Bereits bei über 300 °C oder der Verdichtung auf mehr als 2 bar kann sich das Gas ohne Anwesenheit von Sauerstoff in seine Grundbestandteile Kohlenstoff und Wasserstoff zersetzen. Dabei werden große Energiemengen frei.



In dieser Flasche ist es bereits lokal zu einer Acetylenzersetzung gekommen.



Ein Schock: Zwei Tote bei der Berufsfeuerwehr Salzburg.

Bei hohem Druck und hohen Temperaturen kann Acetylen explosionsartig zerfallen. Vergleicht man die Zerfallsenergie mit der des Sprengstoffes Trinitrotoluol (TNT), so entspricht energiemäßig 1 kg Acetylen etwa 1,9 kg TNT.

**ZWEI TOTE IN SALZBURG!**

Bei einer 40-Liter-Dissousgasflasche kann es beim Zerknall zu einem Feuerball bzw. zu einer Stichflamme in der Größenordnung von 20 Metern kommen. Eine Trümmerwirkung ist nicht auszuschließen und kann bis zu 300 Metern reichen. Vor allem auch scharfkantige Trümmerteile können schwere Verletzungen an Personen hervorrufen, wie beim Salzburger Unglück im Jahre 1986 festzustellen war. Damals kamen zwei Berufsfeuerwehrmänner beim Zerknall einer Acetylenflasche, welche sich in einem Flaschenbündel befand, ums Leben. Acht Personen wurden vor allem durch den aufgetretenen Feuerball schwer verletzt.

**EINSATZGRUNDSÄTZE**

Gase können explosiv und giftig sein uns sich unter Umständen großräumig ausbreiten. Auch der Druck-

behälterzerknall kann – wie dargestellt – gravierende Folgen zeigen (BLEVE).

Es ist klar, dass dem Atemschutz und einer geeigneten Schutzbekleidung große Bedeutung beim Einsatz zukommt. Brandgase sind in der Regel giftig, man benötigt schweren Atemschutz. Beim Auftreten von Feuerballen kann nur Schutz mit hochwertiger Einsatzbekleidung erzielt werden!

Gaswolken können mit Sprühstrahl (eventuell Verwendung von Hydro Schildern) teilweise niedergeschlagen werden.

Wasser ist auch zur Bekämpfung von Bränden geeignet, allerdings darf der Behälter bei Leckagen nicht mit Wasser besprüht werden (Gefahr der „Aufheizung“ des Behälters, der sich durch Expansionskälte auf tiefen Temperaturen befinden kann).

Ein weiterer wichtiger Grundsatz: Brennendes Gas darf nicht gelöscht werden (Explosionsgefahr)! Es ist hingegen – wenn möglich – die Gaszufuhr zu sperren bzw. zu unterbinden

**ACETYLEN: SONDERREGELUNG**

Wenn sich Gasflaschen im Brand befinden, ist die Zerknallgefahr nach

„Brand aus“ gebannt. Dies gilt jedoch nicht für Acetylen. Hier kann es noch bis Stunden nach Beendigung der Brandbekämpfung zu Flaschen-Explosionen kommen. Es ist daher eine Kühlung – unter Beachtung spezieller taktischer Grundregeln – bis über 24 Stunden durchzuführen. Temperaturmessungen mit Fernthermometern können dabei dienlich sein.

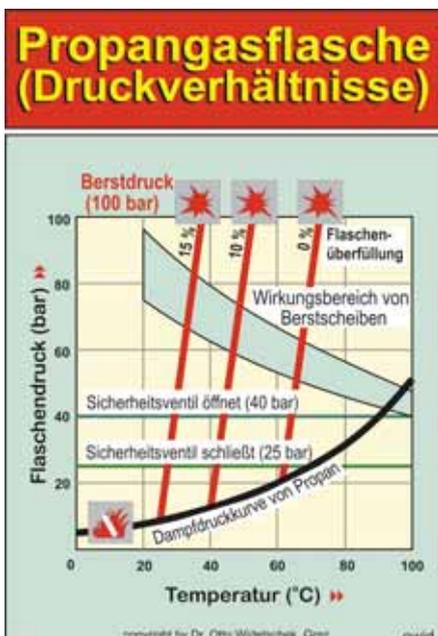
**EPILOG**

Gerade Unfälle beim Transport und der Verwendung von Flüssiggasen zeigen die Einsatzgrenzen der Feuerwehr sehr deutlich auf. Zur Sicherung vor einer BLEVE sind Entfernungen von bis zu einigen 100 Metern erforderlich. Es fragt sich, wie in diesen Fällen überhaupt noch eine Brandbekämpfung vertretbar ist. Ähnlich ist es bei großräumigen Giftgaswolken. Ein weiteres problematisches Szenarium sind Acetylenflaschenbrände.

Glücklicherweise sind wir in Österreich bis dato von derartigen Großkatastrophen weitgehend verschont geblieben. Sollte es aber einmal doch so weit sein, so kann uns nur die Hoffnung retten, dass es bereits geknallt hat, bevor wir am Einsatzort eingetroffen sind!

Merkblatt für den Einsatz beim Freiwerden von Gasen (Quelle: „Der kleine Gefahrgut-Helfer – Richtiges Verhalten bei Unfällen“, Stocker Verlag, Graz).

Wie es zum Flaschenzerknall kommt.



Gefahrklasse	Gefahrzettel Codes	Warn tafel, Gefahren	Besondere Maßnahmen	Zusätzliche Hinweise
2 Gase	   Weitere Gefahren möglich! → Code A, O, F, T, TF, TC, TO, TFC und TOC (siehe Seite 89).	 <b>GEFAHREN:</b> → Gas-Luft-Gemische können explosionsgefährlich sein! → Gase können erstickend wirken! → Erfrierungsgefahr bei verflüssigtem Gas. → Brandgase können giftig sein! → Gefahr des Gefäßzerknalls (bei Acetylen-gas auch nach "Brand aus"! ).	<ul style="list-style-type: none"> <li>✗ Atem- und Körperschutz.</li> <li>✗ Gaswolke mit Sprühstrahl niederschlagen bzw abdrängen. Im Brandfall Behälter und Umgebung aus Deckung kühlen (bei Acetylen-gasflaschen bis zu 24 Stunden!).</li> <li>✗ Bei Lecks an Flüssiggastanks: Kein Wasser auf den Behälter (Gefahr der "Aufheizung")!</li> <li>✗ Brennendes Gas nicht löschen, Gaszufuhr sperren.</li> <li>✗ Kanalisation und tiefer gelegene Räume sichern.</li> <li>✗ Meßgeräte einsetzen.</li> </ul>	<b>Absperrungen</b> (Tankwagen, Kesselwaggons und Industrietanks): ZONE 1: 300 m ZONE 2: 1.000 m <b>Achtung!</b> → Nur EX-geschützte Geräte (Handscheinwerfer, Be- und Entlüftungsgeräte etc.)! → Elektrostatische Aufladung als Zündquelle beachten. → Verflüssigtes Gas mit Mittelschaum abdecken! Behälter: Rundumlaufender orangefarbener Streifen bei druckverflüssigten Gasen:  z. B. Propan-Butan-Gemisch

**LITERATURHINWEISE**

ASCHENBRENNER D. und HARRIES D.: Acetylenflasche durch Beschuss entschärft; BLAULICHT, Heft 1/1999.

BP Gas Austria GmbH: Das Leichtgewicht von BP-Gas; A-5020 Salzburg (Tel. 0043/662-87 34 51)

DROSTE B. und MALLON M.: Eine gezielte Auswertung von Unfällen beim Umgang mit Flüssiggas (LPG); **scha-den** prisma Nr. 3/1990, Berlin.

EXCO Ges.m.b.H. AUSTRIA: Erzeugung von explosionsverhindernden Füllmaterialien; A-2700 Wr. Neustadt (Kontakt über Hannes Schrenk, Tel.: 0043/2622-24 255).

HAVEY M. C., DICKIE A. und ALLEN D.: The Missisauga Miracle; Sonderdruck, 1980, Ontario.

HERTERICH H.: Die Freisetzung von verflüssigten Gasen aus Druckbehältern; brandschutz/Deutsche Feuerwehr-Zeitung 1/1980.

HERTERICH H.: Die Freisetzung von verflüssigten Gasen; unveröffentlichtes Skriptum im Rahmen von Gefahrgut-Seminaren, 1994.

WIDETSCHKE O.: Gefährliches Acetylen; BLAULICHT-Serie, Heft 3/1991 bis Heft 5/1991.

WIDETSCHKE O.: Der kleine Gefahrgut-Helfer – Richtiges Verhalten bei Unfällen; Leopold Stocker-Verlag, Graz, 2005.

MESSER GRIESHEIM, Gase-Handbuch, 3. Auflage, 1989.

Amt der Steiermärkischen Landesregierung: Dicke Luft – Richtiges Verhalten bei Giftgaswolken, Informationsfalter 1995.

Fotos:  
BF Graz, BF Hamburg, BF Berlin, BF Wien. Maicovsky, Widetschek

**ACETYLEN, WAS TUN?**

*Es gibt im Feuerwehreinsatz keine Patentrezepte. Schon gar nicht bei Bränden im Zusammenhang mit dem brennbaren, explosiblen und selbstzersetzlichen Acetylen. Zur möglichen Vermeidung von Unfällen können folgende Maßnahmen zielführend sein:*

**1. Erkundung und Beurteilung der Lage**

- Einzelflasche oder Flaschenbündel?
- Flammenrückschlag, Ventilbrand oder äußere Erwärmung?
- Brandzeit und Brandintensität etc.

**2. Sicherheit**

- Betroffenes Bauwerk im unmittelbaren Gefahrenbereich von Menschen räumen.
- Sicherheitsabstand von mindestens 30 bis 60 Meter für die Einsatzkräfte einhalten und natürlichen Schutz durch Gebäude und Hindernisse suchen.
- Absperrungen für die Bevölkerung weiträumig (mind. 300 Meter) vornehmen.

**3. Löschvorgang**

- Umgebungsbrand löschen und Flasche immer mit Wasserstrahl kühlen.
- Löschen immer aus sicherer Deckung (z.B. hinter massiven Wänden und schweren Maschinen).
- Achtung auf mögliche Flugrichtung von Splintern bei einem Flaschenzerknall!
- Wenn Flaschenventil brennt, Flamme vorerst nicht löschen! Wenn eine Flaschenbergung erfolgt, ist das Ventil – wenn möglich – zu schließen. Anmerkung: Kommt es bei kurzem Öffnen des Ventils zur Rußbildung oder selbstständigen Neuzündung, ist der Zersetzungsprozess im Flascheninneren bereits im Gange!



**Löschen** aus gesicherter Position ist ein Gebot der Stunde!

**4. Flaschenbergung**

- Der Einsatzleiter hat aufgrund der vorgefundenen Lage, einer Risikoabwägung und den äußeren Brandbedingungen zu entscheiden, ob eine Flaschenbergung aus

dem Gebäude erfolgen soll oder nicht (Kriterien: Längere Erhitzung, bereits erfolgter Zerknall anderer Flaschen etc.).

- Es ist über Fernthermometer aus sicherer Entfernung (mind. 30 Meter) die Oberflächentemperatur der erhitzten Flasche mindestens drei Mal in Zeitabständen von etwa 10 Minuten zu ermitteln. Steigt die Temperatur dabei nicht, so kann eine Bergung der Acetylenflasche erwogen werden. Anmerkung: Zwischen den Messungen ist laufend der Kühlprozess fortzusetzen!
- Flasche so rasch als möglich (mit geschlossenem Ventil oder brennender Ventilflamme) ins Freie bringen.
- Beim Bergungsvorgang und nachher ist nach Möglichkeit die Flasche permanent zu kühlen.



**Die Temperaturmessung auf Distanz ist ein wesentliches Sicherheitskriterium**

**5. Kühlung von Acetylenflaschen**

- Da die Kühlung unter Umständen Stunden dauern kann, erweist es sich als zweckmäßig, die Acetylenflasche in einen mit Wasser gefüllten Behälter zu legen (stellen) und das Wasser durch ständigen Zulauf kühl zu halten. Nahe gelegene, natürliche Gewässer sind besonders gut geeignet!
- Wenn erforderlich, Wasserwerfer aus sicherer Position einsetzen.
- Kühlung bei Flaschen, wenn die Bergung zu riskant erscheint, bis 24 Stunden vornehmen.
- Kühlung stets aus gesicherter Position durchführen. So wenig Personal als möglich bei allen Arbeiten in den Gefahrenbereich vorziehen.

**6. Beschuss von Acetylenflaschen**

- Wenn es die äußeren Umstände erlauben, kann ein Beschuss der

erwärmten Flasche zur Druckentlastung durch ausgebildete Scharfschützen erfolgen.

- Die Acetylenflasche muss vor der Beschießung gekühlt werden. Schüsse gegen einen erhitzten Behälter können dazu führen, dass der Behälter zerknallt.
- Eine sofortige Entzündung des austretenden Acetylenes muss sichergestellt werden. In der Regel reicht hierfür die Energieübertragung großkalibriger Geschosse aus. Als Alternative kommt der Folgebeschuss mit Leuchtspurmunition in Frage.
- Die Gasflasche darf sich nicht in einem Gebäude oder in unmittelbarer Nähe eines Gebäudes befinden. Wenn sich das ausströmende Acetylen nicht sofort entzündet, kann sich in Räumen sehr schnell ein explosives Gasgemisch bilden.
- Der Beschuss darf nicht an einem Ort erfolgen, in dessen Nähe sich Gebäude oder Gegenstände befinden, die durch das abtrennende Acetylen in Brand gesetzt werden können (die Gasflamme kann eine Länge von bis zu 5 Metern erreichen – die Brenndauer kann mehrere Minuten betragen).
- Es muss sichergestellt werden, dass ein Gewehrsgeschoss, das das Ziel verfehlt, oder Querschläger keine Personen- oder relevanten Sachschäden hervorrufen können.
- Vor dem Einsatz des Verfahrens ist eine individuelle Risikobeurteilung in Zusammenarbeit von Feuerwehr und Polizei vorzunehmen.



**Beschuss** einer Acetylenflasche (Test).