

GEFAHRGUT

GEFAHRGUT

 *Bekämpfung
eines Brandes
von
Magnesium-
Pellets in
Knittelfeld.*

DER
GROSSE

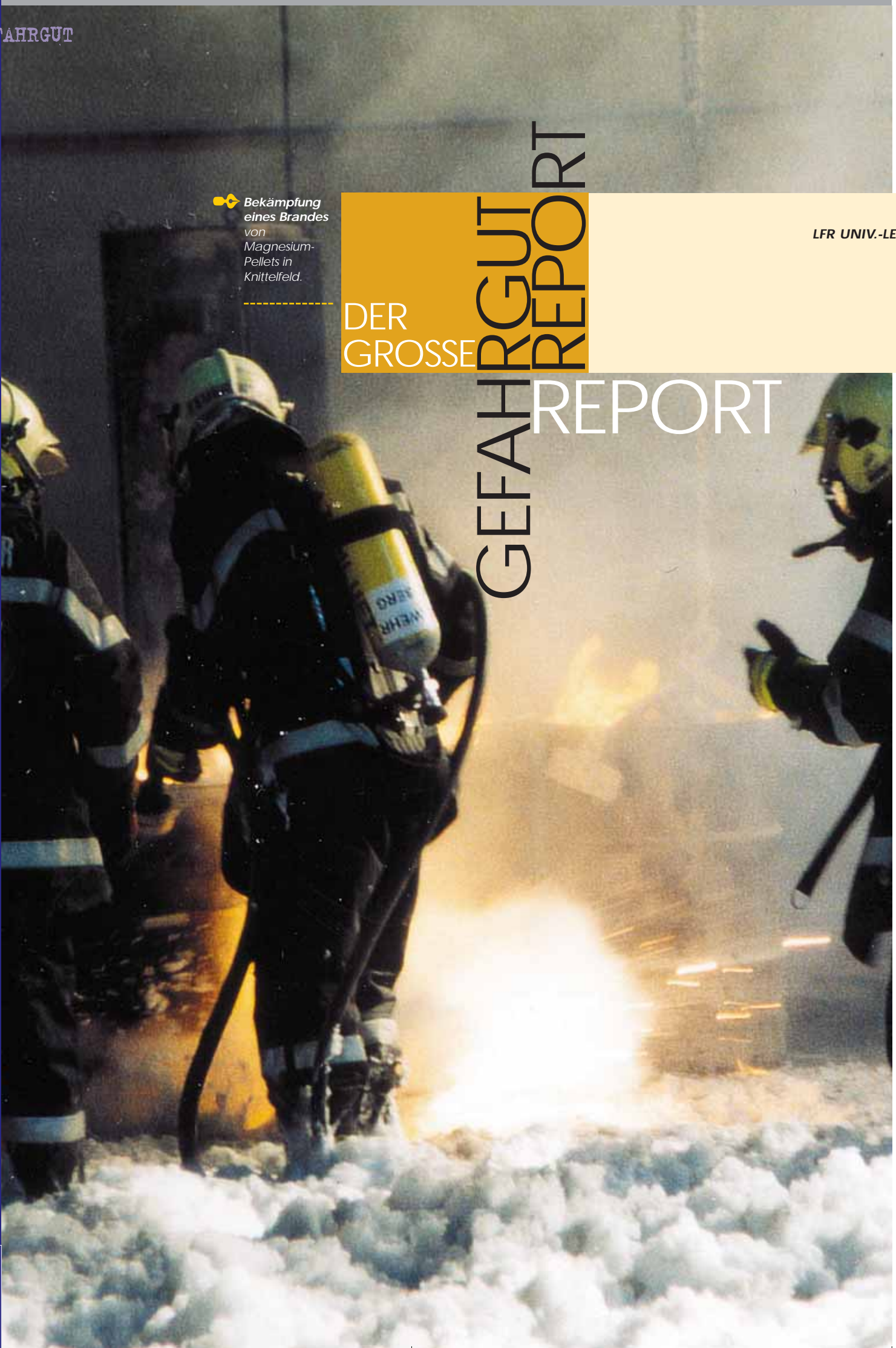
GEFAHRGUT
REPORT

LFR UNIV.-LEK

REPORT

BLAU LICHT 02/2007

2



LEKTOR DR. OTTO WIDETSCHKEK, Graz

9 STOFFE, DIE BEI BERÜHRUNG MIT WASSER ENTZÜNDBARE GASE ENTWICKELN

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 Flampunkte, chemische Formeln und die Wirkung von Gammastrahlen wissen. Was können sie tun? Gibt es eine Art elementare Einsatztaktik, eine Strategie für jedermann?

Feste Stoffe werden der Brandklasse A zugeordnet. Allerdings wird dabei die Gruppe der Metalle ausgenommen, für welche eine eigene Brandklasse D festgelegt wurde. Diese Stoffe können im Brandfall bekanntlich mit dem Hauptlöschmittel für feste Substanzen, dem Wasser, gefährliche Reaktionen bewirken. Aber auch andere Chemikalien, wie das bekannte Kalziumcarbid, welches bei Kontakt mit Wasser das gefährliche Acetylgas freisetzt, gehören in diese Gruppe. Es handelt sich dabei um die Klasse 4.3 nach ADR/RID, das sind die Stoffe, welche in Berührung mit Wasser entzündbare Gase entwickeln. Mit diesen wollen wir uns heute genauer beschäftigen.

WIE METALLE MIT WASSER REAGIEREN!

Bei meinen Experimentalvorträgen im Zusammenhang mit der Brennbarkeit von Metallen zeige ich häufig einen spektakulären Versuch: Ich werfe ein kleines Stück Natrium (Na) in einen Kolben, der teilweise mit Wasser (H₂O) gefüllt ist. Dabei zeigt sich eine heftige Reaktion des Na-

triumteilchens mit dem Wasser, wobei Natronlauge (NaOH) entsteht und Wasserstoff (H) frei wird. Dieser gerät dann meist auch in Brand, ja er kann sogar in Form einer kleinen Explosion umgesetzt werden.

Wirft man hingegen ein kleines Aluminiumstück (Al) ins Wasser, passiert gar nichts. Wenn man allerdings Aluminiumspäne erhitzt und entzündet, brennen sie mit leuchtender Flamme ab. Bei Zugabe von Wasser kommt es zu ähnlichen Phänomenen wie bei Magnesiumbränden.

LEICHTMETALLE

Aufgrund dieser Versuche erkennt man: Leichte Metalle brennen besser als schwere Metalle. Dieser Grundsatz ist einleuchtend. In der Praxis sind daher Leichtmetalle im Brandfall besonders gefährlich. Natürlich ist die Grenze zwischen Leicht- und Schwermetallen fließend, es wird aber häufig eine Dichte von etwa 5 kg/dm³ angegeben. Zweckmäßig teilt man die Leichtmetalle verbrennungstechnisch in zwei Gruppen:

Totale Zerstörungen eines Labors durch einen Natriumbrand (Foto: BF Graz).



- Leichtmetalle, die bereits in kaltem Zustand mit Wasser merklich reagieren (z. B. die Alkalimetalle Natrium und Kalium).
- Leichtmetalle, die nur in brennbarem Zustand nicht mit Wasser in Berührung kommen dürfen (z. B. Magnesium und Aluminium).

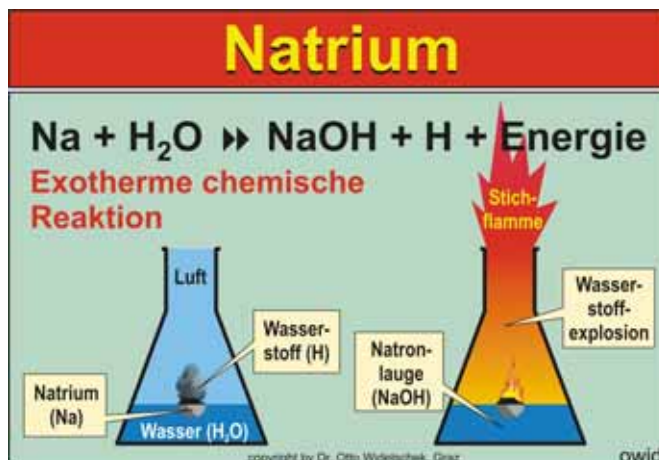
LABORBRAND

Einen der folgenschwersten Natriumbrände gab es am 7. März 2006 am Biochemie-Institut der Universität Graz. Bei Vorbereitungsarbeiten, die zwei Laborantinnen durchführten, zerbrach ein Gefäß mit Natrium, welches in den Abfluss fiel. Dort kam es zu einer heftigen, explosionsartigen Reaktion. Die beiden Frauen konnten keine Erste Löschhilfe mehr leisten und flüchteten gerade noch im letzten Augenblick. Das gesamte Labor brannte aus, wobei auch die abgehängte Decke einstürzte. Die zu Hilfe geholt Berufsfeuerwehr fand einen ausgewachsenen Großbrand vor und konnte nur unter einem massiven Pulvereinsatz das Feuer unter Kontrolle bringen.

MAGNESIUM IST IM KOMMEN!

Das wichtigste Leichtmetall der zweiten Gruppe (siehe oben) ist, neben dem Aluminium, das Magnesium. Es wird in Form von Legierungen heute in zunehmendem Maße als Ersatz für Plastik- und Stahlblechteile im Fahrzeugbau eingesetzt, da es ein geringes Gewicht und gute Stabilität besitzt. Magnesium ist als Staub und in Form von Spänen leicht brennbar und lässt sich mit einem Streichholz entzünden. In flüssiger Form, als Magnesiumschmelze, welche über 650 °C besitzt, entzündet es sich an Luft selbstständig.

Wie Natrium verbrennt (schematische Darstellung)



DER
GROSSE

Wird geschmolzenes oder brennendes Magnesium mit Wasser in Berührung gebracht, so erfolgt eine intensive chemische Umsetzung, bei welcher ebenfalls Energie und Wasserstoff entsteht.

Brand auslöste. Nachdem die Kühlschläuche der Anlage durchgebrannt waren und Wasser frei wurde, breitete sich der Brand explosionsartig aus, zerstörte die Maschine und griff auf das Hallendach über. Ein Schaden von rund 100 Millionen Schilling war die Folge.

„TODSÜNDE“ WASSER?

Bereits im Grundlehrgang lernt der Feuerwehrmann, dass Brände fester Stoffe (Brandklasse A) in erster Linie mit Wasser bekämpft werden müssen. Die wichtigste Ausnahme spielen dabei – neben einigen Chemi-

Knallgas. Wie löschte man nun diesen gigantischen radioaktiven Vulkan? Mit Hilfe von Hubschraubern wurden innerhalb einer Woche über 5.000 Tonnen Sand, Lehm, Borkarbid (Neutronenabsorber), Blei (Hitzeabsorber) und Dolomit in das zerstörte Reaktorcore abgeworfen. Erst damit konnte dieser spezielle Brand gelöscht werden!

1.300 TONNEN EISEN
BRENNEN!

Zu einem spektakulären Brand von über 1.300 Tonnen Eisenpellets, das sind kleine, gesinterte Kügelchen aus

brachten. Erst dadurch konnte das Löschwasser auch gezielt in tiefere Brandzonen eingebracht werden.

BEIM LÖSCHEN „AM SAND“?

Wie kann man nun Metallbrände löschen? Wir haben schon angedeutet, dass dazu Sand geeignet ist, mit welchem das brennende Metall abgedeckt werden kann. Dadurch kommt es zu einem mehr oder weniger wirksamen Stickeffekt. Erfahrene Praktiker, welche bereits mit vielen Metallbränden zu tun hatten, empfehlen jedoch primär sogar die vorsichtige Zugabe von nassem Sand, wo-



Brandverhalten von Magnesium-Einbauteilen in PKWs im praktischen Versuch (Foto: Oswald).

BRAND IM DRUCKGUSSWERK

Am 12. Mai 1997 herrschte im Steirischen Druckgusswerk in Altenmarkt – wo Autoteile aus Magnesiumlegierungen hergestellt werden – einige Zeit Katastrophenstimmung: Die Einsatzkräfte mussten einen gefährlichen Magnesiumbrand unter Aufwendung aller vorhandenen Mittel bekämpfen. Es war an einer Druckgussmaschine zu einer Freisetzung von lediglich etwa 10 Liter flüssigem Magnesium gekommen, welches jedoch einen gewaltigen

kaliem – jedoch die Metalle: Sie dürfen in der Regel nicht mit diesem Löschmittel in Berührung gebracht werden. Wenn vor allem Leichtmetalle brennen, kommt der Einsatz von Wasser einer „Todsünde“ gleich! Es gilt jedoch: Je schwerer Metalle sind, umso weniger reagieren sie auch im Brandfall mit Wasser (z. B. Eisen). Wie schon erwähnt, sind die wichtigsten Vertreter der Brandklasse D die Leichtmetalle (Natrium, Kalium, Beryllium, Magnesium, Calcium, Aluminium, Titan etc.). Es gehören aber auch Eisen und beispielsweise die Schwermetalle Zirkonium und Uran (Reaktor-Brennelement!) dazu.

TSCHERNOBYL: METALLBRAND DER SUPERLATIVE!

Der größte Metallbrand aller Zeiten spielte sich ohne Zweifel im Jahre 1986 im Reaktorcore von Tschernobyl ab. Hier kam es zu einer so genannten Kernschmelze der Uran-Brennelemente, wobei Temperaturen von etwa 2.500 °C aufgetreten sind.

Der anfängliche Versuch, diesen Brand (geschmolzene Schwermetalle) mit riesigen Wassermassen zu bekämpfen, war erfolglos und führte zu einer gefährlichen Ausbreitung des Feuers und der Radioaktivität. Dabei entstand auch das gefürchtete

Eisen, welche eine relativ große innere Oberfläche besitzen, kam es im Jänner 1980 in einem Grazer Stahl- und Walzwerk. Der Brand konnte letztlich nur unter Einsatz von größeren Wassermassen gelöscht werden, wobei es häufig zu Verpuffungen von Wasserstoffgas kam.

Die Grazer Berufsfeuerwehr war über zwei Tage im Einsatz und verwendete auch spezielle Löschlanzen (Eigenkonstruktion), welche eine Wasserleistung von etwa 400 l/min er-

Wasser: eine Todsünde bei Metallbränden.

durch auch ein begrenzter Kühleffekt möglich ist. Obwohl Sand nur als Behelfslöschmittel angesehen werden kann, sind seine relativ schnelle Verfügbarkeit und der rasche Einsatz mit Schaufeln und Baggern von großem Vorteil.

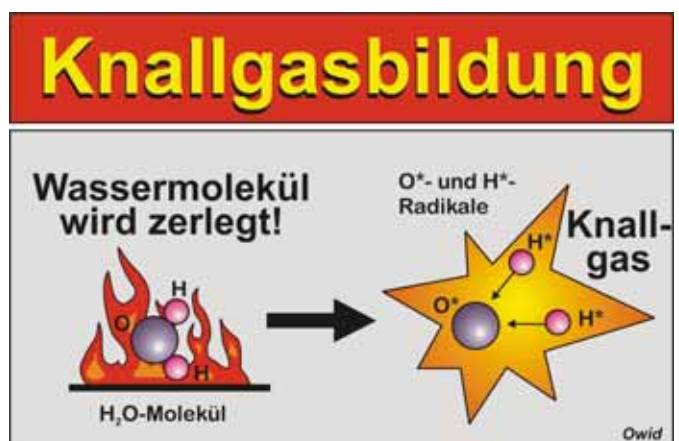
KOCHSALZ ALS LÖSCHMITTEL!

Schon in den Sechzigerjahren sind in Deutschland umfangreiche Versuche mit Kochsalz (NaCl) zur Bekämpfung von Leichtmetallbränden durchgeführt worden. Damals wurde die relativ gute Eignung als Löschmittel für die Brandklasse D, Natrium- und Ka-

Knallgasbildung: Zerlegung des Wassers in Radikale, welche sich unter Energiefreisetzung wieder zu Wasser vereinen



Zerstörungen im Dachbereich des Druckgusswerkes.





Nur mit einem massiven Schaumangriff konnte der Brand bei der Fa. Saubermacher gelöscht werden (Bild links)

Reaktion von Calciumphosphid mit Wasser: Es brennt unter Bildung des schweren Atemgiftes Phosphorwasserstoff (Bild darunter)

Metallbrandpulver: ein Gemisch verschiedener Salze.

liumbrände inkludiert, nachgewiesen. Das natürliche Kochsalz besteht aus weißen Kristallen, in denen auch kleine Wassermengen eingeschlossen sein können. Diese verdampfen bei Erwärmen und bringen die Kristalle zum Zerplatzen, was durch ein Knistern bemerkbar wird.

WAS IST D-PULVER?

Die heute verwendeten Metallbrandpulver (D-Pulver) sind Gemische aus verschiedenen Salzen. Meistens wird das bereits erwähnte Natriumchlorid (NaCl) mit Kali-

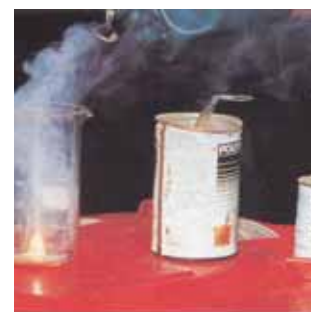
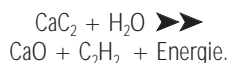
umchlorid (KCl) und Magnesiumchlorid (MgCl₂) zu einem Mischsalz vermengt, in Feuerlöschern oder Säcken vorgehalten. Das Pulver wird „drucklos“ auf das brennende Metall aufgebracht, wo es abschmilzt bzw. absintert. Auf diese Weise bildet sich eine harte Kruste von geringer Porosität, wodurch der Sauerstoffzutritt unterbunden wird und gleichzeitig ein gewisser Kühleffekt der Oberfläche des Brandgutes eintritt. Anmerkung: Bei diesem Prozess werden bei über 100 °C auch Salzsäure (HCl) und andere giftige Pyrolyseprodukte abgespalten (Verwendung von Atemschutz). Weiters ist als Langzeiteffekt mit intensiven Korrosionen zu rechnen.

GEFÄHRLICHES KARBID

Eine der gefährlichsten und auch bekanntesten chemischen Reaktionen mit Wasser ist die so genannte Karbid-Reaktion, die zur Herstellung von Acetylen dient.

Wir kennen sie auch vom „Karbid-Schießen“ her, wo die Explosivität des Acetylen ausgenutzt wird, um lautstarke Explosionsknalle zu produzieren.

Die chemische Reaktion, bei der sich Calciumkarbid (CaC₂) mit Wasser in Calciumoxid (CaO) und Acetylen (C₂H₂) umwandelt:



GEFÄHRLICHES WÜHLMAUSMITTEL

Am 8. Juli 1995 kam es in einem Grazer Problemstoff-Zwischenlager bei der Firma Saubermacher zu einem gefährlichen Brand von Stoffen der Klasse 4.3. Dabei geriet das Wühlmausmittel Polythanol (chemisch



THEMENKREIS GEFAHRGUT: WOLLEN SIE MITREDEN?

Das Taschenmerkbuch „Der kleine Gefahrgut-Helfer – richtiges Verhalten bei Gefahrgut-Unfällen“ ist das am meisten verwendete Nachschlagewerk im deutschsprachigen Raum. Diese Publikation gibt auf verblüffend einfache Weise wichtige Ratschläge für die Lagerung und den Transport gefährlicher Güter. Im Besonderen werden jedoch die notwendigen Erstaßnahmen bei Gefahrgut-Unfällen behandelt.

„Diese Unterlage gehört in die Uniformjacke jedes Feuerwehrmannes und jeder Feuerwehrfrau“, das ist das überwältigende Ergebnis einer Umfrage, welche in diesem Zusammenhang vor kurzem durchgeführt wurde. Wenn Sie daher auf dem Sektor des nicht gerade einfachen The-

menkreises Gefährliche Güter mitreden wollen, dann beschaffen Sie sich diese Unterlage so rasch als möglich.

Der kleine Gefahrgut-Helfer: Taschenbuch im DIN-A6-Format, Vierfarbendruck, 126 Seiten.

Bestellungen: Über www.brandschutzforum.at bzw. Tel. 0316/71 92 11. **Fachliche Rückfragen:** Dr. Otto Widetschek, Tel. 0664/21 22 000.

Subskriptionspreis: Euro 5,00 pro Exemplar zuzüglich Versandkosten. Eine Abholung des Taschenmerkhäftes ist auch direkt in der Geschäftsstelle des Brandschutzforums Austria, A-8051 Graz, Fischeraustraße 22 möglich!

gesehen Calciumphosphid) in Brand. Bei der Brandbekämpfung durch die Feuerwehr, welche keine Kenntnis von der Substanz hatte, kam es zu einer gefährlichen chemischen Reaktion mit dem Löschwasser. Es entstand eine mächtige Giftgaswolke aus Phosphorwasserstoff. Erst mit einem umfassenden Schaumangriff

konnte der Brand gelöscht werden. Es musste sogar der Autobahnzubringer zur Südautobahn mehrere Stunden gesperrt werden.

GROSSBRAND IM BIO-BAU-ERNHOF

Am 9. Juli 2000 kam es in einem Bio-Bauernhof in Vorau, Steiermark, zu einem spektakulären Brand, bei wel-

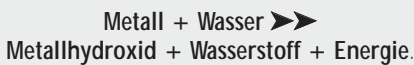
chem die gesamten Stallungen dem Erdboden gleichgemacht wurden. Der entstandene Schaden: rund acht Millionen Schilling Schaden. Die Brandursache war insbesondere eine chemische Reaktion. Der Bauer hatte nämlich zur Desinfektion Kalk (CaO) auf die Tierfäkalien aufgebracht. In Zusammenspiel mit Wasser erhitzte sich der Kalk spä-

CHEMISCHE REAKTIONEN

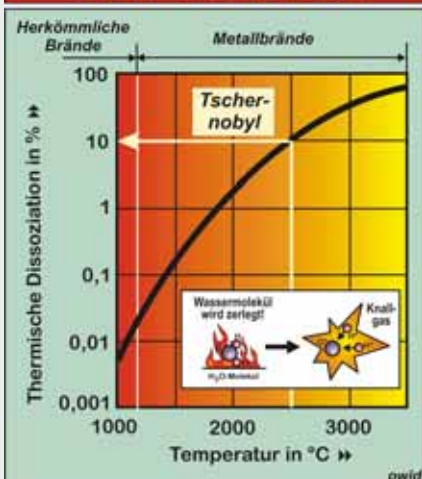
Es gibt eine ganze Reihe von Brandursachen, welche auf chemische Reaktionen zurückzuführen sind. Dabei wird die erforderliche Zündenergie durch die Zersetzung von Chemikalien produziert. Das sind die gefährlichen exothermen Reaktionen, bei welchen mehr Energie erzeugt als verbraucht wird. Bei der Klasse 4.3 handelt es sich dabei im Speziellen um gefährliche Reaktionen mit Wasser, dem Hauptlöschmittel der Feuerwehr.

REAKTIVITÄT MIT WASSER

Spritzt man Wasser in brennende Magnesiumspäne, kommt es zu einer heftigen Reaktion mit einer starken Energiefreisetzung unter Bildung eines grellen Lichtblitzes. Dies kann in den meisten Fällen nicht auf eine Knallgasexplosion, wie es oft fälschlicherweise behauptet wird, zurückgeführt werden. Vielmehr handelt es sich um eine Reaktionsfähigkeit (Reaktivität) verschiedener Chemikalien mit Wasser, wobei meist entzündbare Gase, wie Wasserstoff und Acetylen, entstehen können. Allgemein gilt bei Metallen die Reaktionsgleichung:



Dissoziation von Wasser



Bei Metallbränden kann Knallgas gebildet werden

Calciumphosphid

Brand am 8. Juli 1995 in Graz in einem Problemstoff-Zwischenlager:

$$\text{Ca}_3\text{P}_2 + 6 \text{H}_2\text{O} \rightarrow 3\text{Ca(OH)}_2 + 2 \text{PH}_3$$

Calciumphosphid Calciumhydroxid Phosphorwasserstoff

Parallelreaktion (in kleinen Mengen):

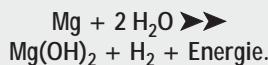
$$\text{Ca}_3\text{P}_2 + 6\text{H}_2\text{O} \rightarrow 3\text{Ca(OH)}_2 + \text{P}_2\text{H}_4 + \text{H}_2 + \text{Energie}$$

- Ca₃P₂: Wühlmaus- und Insektenvertilgungsmittel
- Selbstentzündung durch Bildung geringer Mengen von P₂H₄
- PH₃: Farbloses, unangenehm nach faulen Fischen bzw. "knoblauchartig" riechendes, sehr giftiges Gas (im C₂H₄!)

copyright by Dr. Otto Widetschek, Graz

Chemische Reaktionen bei Calciumphosphid.

Für das bereits früher zitierte Magnesium (Mg) kann sie folgendermaßen angeschrieben werden (ähnliche Formeln es gibt für alle Metalle):



DISSOZIATION – WAS IST DAS?

Neben der Bildung von Wasserstoffgas (wie früher dargestellt) kann bei Metallbränden noch ein weiteres Gefahrenmoment auftreten: Die so genannte Dissoziation, welche eine „Zerlegung“ des Moleküls in seine atomaren Bestandteile darstellt. Dabei kann auch Knallgas gebildet werden (Gemisch von zwei Raumteilen Wasserstoff und einem Raumteil Sauerstoff), welches explosionsartig verbrennt.

Die Knallgasbildung wird jedoch vielfach überschätzt. Sie tritt erst etwa ab 2.000 °C, also bei intensiven und länger andauernden Metallbränden, merklich auf (siehe Abbildung). Bei herkömmlichen Bränden (Temperaturen bis maximal 1.200 °C) ist die Dissoziation von Löschwassermolekülen und damit die Gefahr der Knallgasbildung de facto nicht vorhanden! Anmerkung: Beim Mega-Metallbrand von Tschernobyl wurden etwa 10 Prozent der Wassermoleküle dissoziiert.

ZWEI BRANDFÄLLE – CHEMISCH GESEHEN

Beim Brand am 8. Juli 1995 wurden einige Kilogramm des Wühlmaus- und Insektenvertilgungsmittels Polythanol durch Feuchtigkeit zersetzt. Chemisch gesehen besteht diese Substanz im Wesentlichen aus Calciumphosphid (Ca₃P₂), welches bei der Reaktion mit Wasser den giftigen Phosphorwasserstoff (PH₃) freisetzt. Die Entzündung erfolgt jedoch durch eine Parallelreaktion, bei welcher das instabile P₂H₄ entsteht (siehe Abbildung).

Bei einem weiteren Unfall, der am 10. August 1994 im Institut für Analytische Chemie an der Technischen Universität Graz auftrat, wurden etwa 100 Gramm gefährliches Thiophosgen (CSCI₂) in Schwefelwasserstoff (H₂S), Chlorwasserstoff (HCl) und Kohlendioxid (CO₂) zersetzt. Was dabei besonders erwähnenswert ist: Bei dieser Reaktion ist etwa 40 Liter Gasgemisch entstanden, welches in einem 10-Liter-Druckbehälter einen Überdruck von 4 bar erzeugt hat. Erkenntnis: Für bestimmte chemische Reaktionen wären im Ernstfall Überdruckbehälter für den Chemieeinsatz der Feuerwehr erforderlich.

Dr. Otto Widetschek

Thiophosgen

Giftgasalarm am 10. August 1994 auf der TU-Graz (Analytische Chemie):

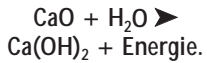
$$\text{CSCI}_2 + 2 \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{S} + 2 \text{HCl} + \text{CO}_2$$

Thiophosgen Schwefelwasserstoff Chlorwasserstoff Kohlendioxid

- Thiophosgen: Rote, rauchende Flüssigkeit (Siedepunkt 73 °C)
- Scharfer, unangenehmer Geruch, ähnlich dem des Phosgens (COCl₂)
- Verwendung: Erzeugung von Farbstoffen, Pestiziden, Antimykotika und Kampfstoffen
- Gefahren: Brennbar, explosiv, ätzend und hochgiftig. Reizt primär die Augen, die Atemwege, die Lunge und die Haut. Lungenödem mit Verzögerung bis zu zwei Tagen!

Zersetzung von Thiophosgen

ter und entzündete das vorhandene Stroh. Wenig später stand der gesamte Stall in Flammen und konnte nicht mehr mit Hilfe eines Feuerlöschers gelöscht werden.



CaO: gebrannter Kalk, weißgraues Pulver (Bauhilfsstoff und Desinfektionsmittel).

Ca(OH)₂: gelöschter Kalk, weißes Pulver (Neutralisationsmittel zum Neutralisieren von Säuren).

EINSATZGRUNDSÄTZE

Brennbare feste Stoffe sind im Vergleich zu Flüssigkeiten und Gasen im Feuerwehreinsatz nicht so problematisch.

Allerdings darf das im Allgemeinen für feste Stoffe als „Universallöschmittel“ angesehene Wasser bei der Klasse 4.3 (teilweise auch bei der Klasse 4.2) auf keinen Fall eingesetzt werden. Wenn ein „X“ vor der Gefahrnummer steht, sind auf jeden Fall Experten zu Rate zu ziehen. Metallbrände stellen dabei ein besonders schwieriges Kapitel in der Brandbekämpfung dar.

Es ist klar, dass dem Atemschutz und einer geeigneten Schutzbekleidung auch bei Bränden fester Stoffe große Bedeutung beim Einsatz zukommt. Brandgase können stark reizend und giftig sein und man benötigt daher in allen Fällen schweren Atemschutz.

EPILOG

Unfälle und Brände im Zusammenhang mit festen Stoffen sind in der Regel weniger problematisch als bei Flüssigkeiten und Gasen. Trotzdem muss vor allem im Bereich der Klasse 4.3 eine andere Löschtaktik im Brandfall eingesetzt werden. Im Speziellen ist der Einsatz von Lösch-

unangenehm. In Zukunft ist aber mit einer starken Zunahme derartiger Ereignisse zu rechnen, da vor allem Leichtmetalle immer häufiger in der modernen Technik verwendet werden (z. B. Werkstoffe bei Automobilen).

Die Feuerwehren müssen dieser Entwicklung durch verstärkte Aus-

Großbrand im Bauernhof
durch eine chemische Reaktion



wasser verboten, da bei Kontakt mit diesen Substanzen (Metalle, einige spezifische Chemikalien) entzündbare Gase entstehen können.

Als Löschmittel müssen trockener Sand bzw. entsprechende Löschpulver, wie Metallbrandpulver, eingesetzt werden. Metallbrände sind jedoch besonders schwierig zu bekämpfen, es muss mit langwierigen und gefährlichen Einsätzen gerechnet werden. Zusammenfassend kann gesagt werden: Metallbrände sind selten, aber

Rechnung tragen. Wenn Metalle und andere Stoffe der Klasse 4.3 nach ADR/RID in Zukunft öfter brennen sollten, dürften wir mit unserem Feuerwehr-Latein nicht am Ende sein!

LITERATURHINWEISE

CAS W.: Druckgusswerk in Flammen; BLAULICHT, Heft 7/1997.

MILLA J.: Laborbrand in der Grazer Universität, BLAULICHT, Heft 4/2006.

OBST M.: Magnesiumbrand: Feuer und Flamme ...; AUTO Zeitung 4/2001, Köln.

REMPE A.: „Feuerlöschmittel, Eigenschaften – Wirkung – Anwendung“; 4. Auflage, Verlag W. Kohlhammer, Stuttgart, 1990.

REMPE A. u. RODEWALD G.: Brandlehre, 4. Auflage, Verlag W. Kohlhammer, Stuttgart, 1993.

SCHWEIGLER F.: „Brand von 1.300 Tonnen Eisen in einem Stahlwerk“; Steirisches Feuerwehrblatt 4/1980.

WIDETSCHKE O.: „10 Jahre Tschernobyl: Ein nukleares Drama ohne Ende“; BLAULICHT 5 und 6/1996, Graz.

WIDETSCHKE O.: Wenn Metalle brennen!; BLAULICHT, Heft 7/1997, Graz.

Merkblatt für den Einsatz bei Stoffen der Klasse 4.3 nach ADR/RID (Quelle: „Der kleine Gefahrgut-Helfer – Richtiges Verhalten bei Unfällen“, Stocker Verlag, Graz).

| Gefahrklasse | Gefahrzettel Codes | Warntafel | Besondere Maßnahmen | Zusätzliche Hinweise |
|--|---|-----------|--|--|
| 4.3 Stoffe, die mit H ₂ O entzündbare Gase bilden | Weitere Gefahren möglich! → Code W1 bis W3, WF1, WF2, WS, WO, WT1, WT2, WC1, WC2 und WFC (siehe Seite 90). | | X Atem- und Körperschutz. X Brandbekämpfung mit trockenem Sand, ev. Zement bzw. Metallbrandpulver. | Achtung! → Diese Stoffe entwickeln bei Berührung mit Wasser entzündbare Gase, welche mit Luft explosionsfähige Gemische oder sofort reaktives Knallgas (z. B. bei Natrium) bilden können! → Einsatz von Wasser oder Schaum nur nach Rücksprache mit Experten! |
| | | | GEFAHREN: → Heftige Reaktion beim Einsatz von Wasser möglich! → Brandgase können stark reizend bzw. ätzend und giftig sein! | |