

Gelöstes Acetylen – Sichere Handhabung von Acetylen unter Druck in mit porösen Massen und Lösungsmitteln präparierten Behältern

Mitteilung aus der Bundesanstalt für Materialprüfung (BAM) in Berlin

Dr.-Ing. Karl-Heinz Möller und Dipl.-Phys. Gerrit Marcks

1. Allgemeine Vorbemerkungen

Für bestimmte Arten von Anlagen, die mit Rücksicht auf ihre Gefährlichkeit zum Schutze von Beschäftigten und Dritten einer besonderen Überwachung bedürfen, ist in der Bundesrepublik Deutschland nach § 24 der Gewerbeordnung [1] die Bundesregierung ermächtigt, Rechtsverordnungen zu erlassen, technische Vorschriften zu veröffentlichen und technische Ausschüsse einzusetzen. Hiervon hat die Bundesregierung Gebrauch gemacht und unter anderem für Acetylenanlagen und Calciumcarbidlager die Acetylenverordnung [2] und für ortsbewegliche Behälter und über Füllanlagen für Druckgase die Druckgasverordnung [3] erlassen. Sowohl im Druckgasausstoß als auch im Acetylenausstoß sind Mitarbeiter der Bundesanstalt für Materialprüfung als ordentliche und stellvertretende Mitglieder und in Unterausschüssen der beiden technischen Ausschüsse als Experten bei der Aufstellung der technischen Regeln für Acetylenanlagen und Calciumcarbidlager (TRAC)

[4] und der technischen Regeln Gase (TRG) [5] vertreten. Bei der Aufstellung solcher technischer Regeln werden auch die aus Untersuchungen der Bundesanstalt für Materialprüfung gewonnenen sicherheitstechnischen Erkenntnisse berücksichtigt. Damit wird auf dem Spezialgebiet der Sicherheitstechnik der Druckgase, der Gasgeräte und im besonderen der Acetylene der Auftrag zur stetigen Weiterentwicklung der chemischen Sicherheitstechnik gemäß § 2 (1) des Erlasses des Bundesministers für Wirtschaft über die Bundesanstalt für Materialprüfung vom 1. 9. 1964 erfüllt.

2. Zerfallsfähigkeit von Acetylen

Im Acetylenmolekül $\text{HC}\equiv\text{CH}$ sind die beiden C-Atome durch eine Dreifachbindung miteinander verbunden. Diese Dreifachbindung ist die Ursache für die große Reaktionsfreudigkeit des Acetylens. So vorteilhaft diese für Synthesen in der organischen Chemie ist [6, 7], so nachteilig wirkt sich das in sicherheitstechnischer Hinsicht aus [8, 9]. Infolge der Dreifachbindung ist Acetylen eine endotherme Verbindung, d. h. eine Verbindung, bei deren Bildung aus den Elementen Wärme verbraucht wird. Solche Verbindungen mit negativen Bildungswärmen neigen zum Zerfall, wobei je nach Verbindung

und Reaktion teilweise beträchtliche Wärmemengen frei werden. So werden beim Zerfall von 1 Mol Acetylen — ohne Berücksichtigung von möglichen Nebenreaktionen — etwa 54 kcal frei. So ein Acetylenzerfall — und zwar ohne Sauerstoff — kann je nach den vorliegenden Bedingungen, die von verschiedenen Faktoren abhängen, wie z. B. vom Druck, von der Temperatur, von den Gefäßabmessungen, von Rohrweite und Rohrlänge, deflagrationsartig oder detonativ verlaufen [6, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15]. Hierbei können Druckspitzen auftreten, die bei Deflagrationen das zehnfache bis elffache und bei Detonationen das 50- bis 350fache des absoluten Anfangsdruckes betragen können. Es ist verständlich, daß wegen der Zerfallsneigung des Acetylens und der Gefahren und nicht immer vorhersehbaren Folgen beim explosiven Zerfall (Bild 1) bei der Handhabung des Acetylens besondere sicherheitstechnische Maßnahmen eingehalten werden müssen.

3. Gelöstes Acetylen

In der Bundesrepublik Deutschland darf Acetylen nur dann in ortsbewegliche Behälter unter Druck gefüllt und in den Handel gebracht werden, wenn die Behälter, die Flaschenventile oder sonstige für die Sicherheit des Behäl-

Dr.-Ing. Karl-Heinz Möller, Direktor und Professor und
 Dipl.-Phys. Gerrit Marcks, Regierungsrat bei der BAM, Berlin.



Bild 1. Auswirkungen einer Acetylenexplosion in einem Acetylen-Füllwerk.

ters wichtige Einrichtungen den Bedingungen der Druckgasverordnung [3] entsprechen und die Behälter mit einer porösen Masse und mit Lösungsmittel versehen sind. Poröse Masse und Lösungsmittel müssen nach § 14 Druckgasverordnung von der nach Landesrecht zuständigen Zulassungsbehörde in der Bundesrepublik Deutschland zugelassen sein [16]. Das sind in der Regel die Ministerien oder Senatsdienststellen für Arbeit und Sozialordnung, im Land Nordrhein-Westfalen die Regierungspräsidenten.

Die poröse Masse soll den Behälter vollständig ausfüllen (Bild 2), denn nur auf diese Weise wird die Aufgabe der porösen Masse, das Löschen eines möglichen und in den Behälter laufenden Acetylenzerfalls (Bild 3), gewährleistet. Unterstützt wird die flammenlöschende Wirkung der porösen Masse durch die phlegmatisierende Wirkung des Lösungsmittels [17, 18, 19]. Werden die Zulassungsbedingungen oder sonstige Auflagen bei der Handhabung des Acetylen eingehalten, ist ein sicherer Umgang des Acetylen in mit porösen Massen und Lösungsmitteln gefüllten Behältern, d. h. in Form des „Gelösten Acetylen“ möglich. Ein Abweichen von den Auflagen jedoch kann zum Versagen der löschen- den Wirkung der porösen Massen und im ungünstigsten Falle zum Bersten des Behälters führen (Bild 4).

4. Sicherheitstechnische Untersuchungen an Acetylenflaschen

Grundlage der Zulassung von porösen Massen und Lösungsmitteln für Acetylenflaschen ist die sicherheitstechnische Beurteilung durch die Bundesanstalt für Materialprüfung, die die Untersuchungen über die Eignung der porösen Massen und Lösungsmittel im Rahmen des Zulassungsverfahrens nach § 14 Druckgasverordnung vorzunehmen hat [3, 16]. Die Zulassungs-

untersuchungen werden nach dem gegenwärtigen Stand der Technik auf diesem Sektor weitgehend in Anlehnung an die Vorschläge des ISO-Normblatt-Entwurfes [20] durchgeführt¹⁾ [21, 22, 23]. An dem ISO-Normblatt-Entwurf hat die Bundesanstalt für Materialprüfung maßgeblich mitgewirkt. Aufgebaut wurde hierbei auf die ersten in Deutschland 1915 im Auftrag des Preußischen Ministeriums für Handel und Gewerbe von der Zentralstelle für wissenschaftlich-technische Untersuchungen in Neubabelsberg [24], später nach 1920 auf die von der Chemisch-Technischen Reichsanstalt (CTR) unter Rimarski und Korschak in Berlin-Plötzensee [25, 26, 27] und nach 1945 auf die von der Materialprüfanstalt vereinigt mit der Chemisch-Technischen Reichsanstalt (MPA/CTR) unter Korschak in Berlin-Dahlem [28] durchgeführten Untersuchungen an mit porösen Massen und Lösungsmitteln gefüllten Acetylenflaschen.

Nach Absatz II eines Merkblattes für das Verfahren der Zulassung von porösen Massen und von Lösungsmitteln für Acetylen nach § 14 Abs. 7 der Druckgasverordnung [16] umfaßt die Untersuchung im Rahmen des Zulassungsverfahrens von porösen Massen und Lösungsmitteln folgende Teilprüfungen:

1. Verfahrensprüfung im Werk, in dem die poröse Masse hergestellt wird,
2. Verfahrensprüfung in den Werken, in denen die poröse Masse in die Behälter eingefüllt wird,
3. Bestimmung der Porosität der Masse,

¹⁾ Die technische Regel Gase (TRG) über die Prüfung poröser Massen und Lösungsmittel liegt im 5. Entwurf vor. An den Vorarbeiten und an der weiteren Bearbeitung der Richtlinien zur Prüfung poröser Massen und Lösungsmittel ist die Bundesanstalt für Materialprüfung maßgeblich beteiligt.

4. Fallversuche,
5. Innenzündversuche,
6. Erwärmungsversuche,
7. Prüfungen, daß die poröse Masse und das Lösungsmittel den Behälterwerkstoff nicht angreifen und weder untereinander noch mit dem Acetylen schädliche Verbindungen eingehen,
8. Prüfung der technischen Daten der Ausgangsstoffe, soweit erforderlich,
9. Ist die Zulassung einer porösen Masse für Behälter unterschiedlicher Herstellungsart und unterschiedlicher Abmessungen beantragt worden, so ist die poröse Masse in Behältern jeder angegebenen Herstellungsart und Größe zu prüfen, es sei denn, die sicherheitstechnische Beurteilung ist auf andere Art und Weise möglich (vgl. Lit. [29]).

Von diesen Untersuchungen ist der Innenzündversuch die wichtigste Prüfung. Beim Zündversuch wird geprüft, ob die poröse Masse eine eingeleitete Acetylenzersetzung zum Stillstand bringen kann. Nach dem gegenwärtigen Stand des Prüfverfahrens geht

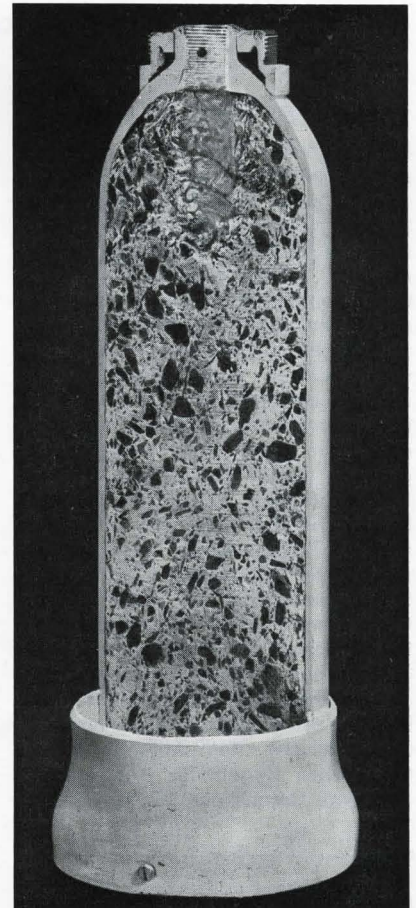


Bild 2. Längsschnitt durch eine Acetylenflasche. Der Behälter ist vollständig mit einer porösen Masse ausgefüllt.

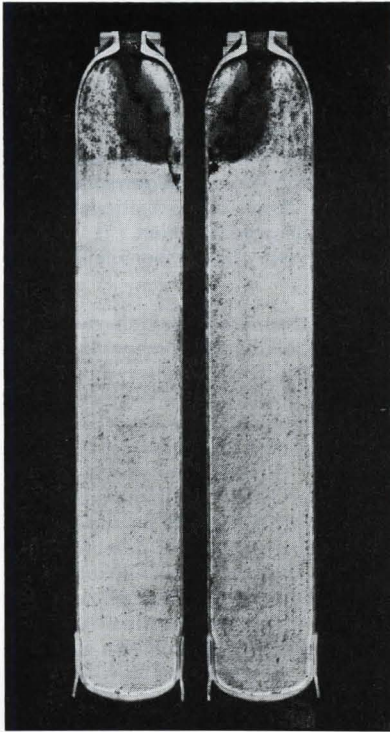


Bild 3. Längsschnitt durch eine Acetylenflasche nach dem Zündversuch. Die Schwärzungen im Kopf der Flasche stammen von dem bei der Acetylenzersetzung entstandenen Ruß.

der eigentlichen Zündung ein zehnmaler Fall der mit poröser Masse, Lösungsmittel und Sättigungsacetylen gefüllten Acetylenflasche aus 70 cm Höhe mit dem Flaschenfuß senkrecht nach unten auf eine Kunststoffplatte voraus. Ohne Ausbesserung der möglicherweise durch den Fallversuch entstandenen Schäden in oder an der Masse — Rißbildung, Hohlraumbildung — werden die Flaschen mit Acetylen gefüllt, und zwar mit 5 Gew.-% Acetylen mehr, als später für den praktischen Betrieb vorgesehen ist. Nach dem Füllen mit Acetylen werden die Behälter mehrere Tage senkrecht und anschließend mindestens fünf Tage waagerecht gelagert. Die mehrtägige senkrechte Lagerung ermöglicht der in der Flasche befindlichen Acetylen/Aceton-Lösung im allgemeinen eine Gleichgewichtseinstellung, denn unmittelbar nach dem Füllen der Flaschen mit Acetylen ist die Acetylen/Aceton-Verteilung nicht gleichmäßig. Durch die waagerechte Lagerung soll eine mögliche Verschiebung des Schwerpunktes der Acetylen/Aceton-Lösung im Behälter festgestellt werden. Ein Abfließen der Acetylen/Aceton-Lösung zum Flaschenkopf kann sich ungünstig auf die sichernde Wirkung der porösen Masse auswirken [21, 22, 30]. Um eine in den Sommermonaten mögliche Erwärmung der Acetylenbehälter bei der Prüfung zu berücksichtigen, werden die Flaschen

vor dem Zündversuch für drei Stunden in ein auf 35° C erwärmtes Wasserbad gestellt. Vergleichende Zündversuche an verschiedenen porösen Massen haben ergeben, daß auch eine Erwärmung der Acetylenbehälter die sichernde Wirkung der porösen Massen ungünstig beeinflusst [21, 22, 31].

Die Zündversuche an Acetylenflaschen werden von der Bundesanstalt für Materialprüfung auf dem Versuchsgelände im Grunewald ausgeführt (Bild 5). Die verwendete Versuchsanordnung (Bilder 6 und 7) — Zünden der Flasche in einer besonderen Zündgrube und Abdecken der Grube durch einen auf Schienen verschiebbaren 5 t schweren Wagen — hat sich gut bewährt. Der pyramidenförmig ausgeführte Boden des Wagens verhindert das Herausschleudern von Flaschenteilen, wenn Flaschen beim Zündversuch bersten.

Der Zerfall des Acetylen wird durch einen durchschmelzenden Platindraht in einer auf die Flasche geschraubten Zündkammer (Bild 8) eingeleitet. Der Platindraht hat eine Länge von 90 mm, einen Durchmesser von 0,15 mm und ist in Form einer Wendel in die Elektroden eingespannt. Die Zündspannung beträgt 110 Volt $\approx$. Mit zwei Thermoelementen wird die Temperatur am Kopf der Flasche und in $\frac{2}{3}$ -Flaschenhöhe gemessen. Im allgemeinen ist mit einem Versagen der Masse und einem Bersten des Behälters zu rechnen, wenn die Temperatur nach der Zündung außen an der Flasche Werte über 100 bis 150° C erreicht. Die Bilder 9 und 10 veranschaulichen die Auswirkungen beim Bersten von Acetylenflaschen, wenn die porösen Massen den Acetylenzerfall nicht aufhalten können. Eine poröse Masse hat die kombinierte Fall- und Zündprüfung bestanden, wenn mindestens drei Behälter der beantragten Art und Größe diese Prüfung überstehen und

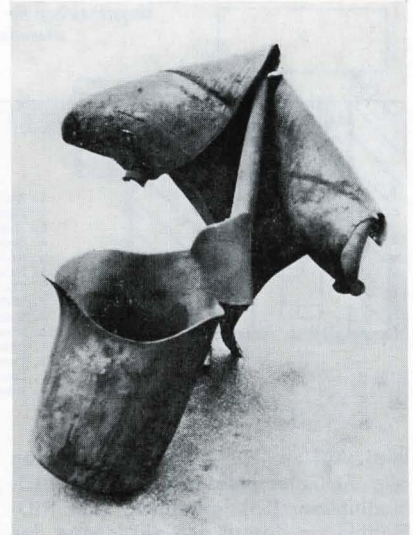


Bild 4. Beim Zündversuch geborstene Acetylenflasche. Die poröse Masse konnte den eingeleiteten Acetylenzerfall nicht zum Stillstand bringen.

die Behälter nicht innerhalb von 24 Stunden nach der Zündung bersten.

In Verbindung mit dem in Bild 11 wiedergegebenen Diagramm [32] kann durch systematische Zündversuche die optimale Acetylen/Aceton-Füllkombination für jede beliebige poröse Masse bestimmt werden. Das Diagramm gibt den Zusammenhang zwischen dem Acetylenfüllgewicht G_A (in kg Acetylen je Liter Wasservolumen), dem Acetonfüllgewicht G_L (in kg Aceton je Liter Wasservolumen), dem Füllverhältnis C (in kg Acetylen je kg Aceton), der Porosität der Masse P (in Prozent) und dem freien Volumen F in den Behältern (in Prozent des Wasservolumens der Behälter) wieder. Das Wasservolumen ist das für das Acetylen und die Acetylen/Aceton-Lösung noch zur Verfügung stehende Volumen, wenn vom Rauminhalt des Behälters das von der porösen Masse eingenommene Volumen abgezogen

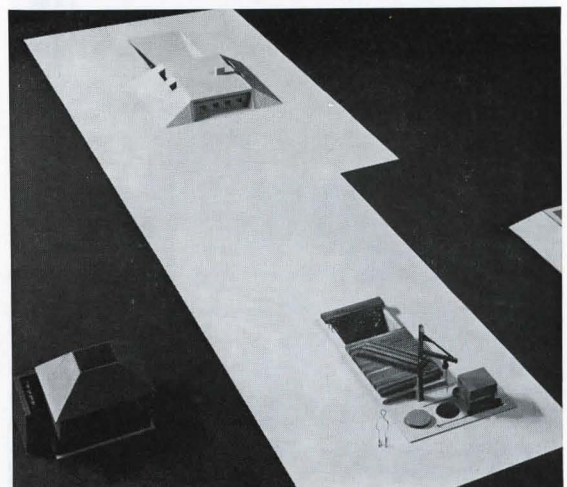


Bild 5. Modell der Versuchsanlagen zur Prüfung explosiv zerfallsfähiger Stoffe auf dem Versuchsgelände in Berlin-Grunewald.

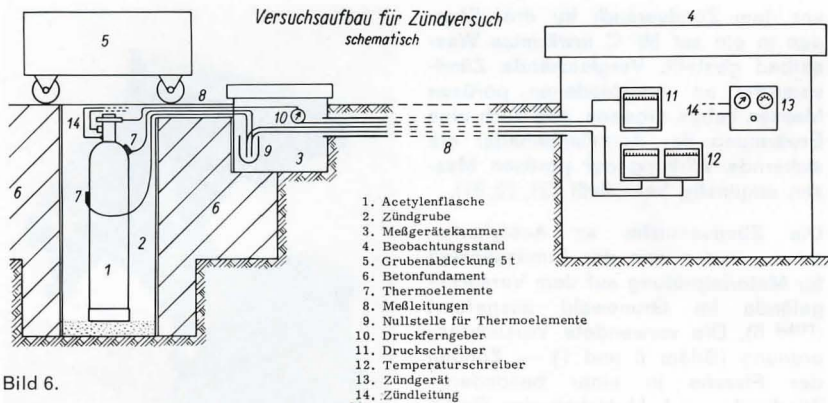


Bild 6.

wird. Auf der RID-Füllkennlinie liegen alle Füllkombinationen, die der RID-Bedingung [33] genügen. Die RID-Bedingung besagt, daß die Menge des Lösungsmittels (Aceton), bezogen auf 15° C, so bemessen sein muß, daß die Vergrößerung, die sein Volumen durch die Aufnahme von Acetylen bis zum Fülldruck erfährt, im Inneren der porösen Masse einen Raum frei läßt, der mindestens 12 % des Wasservolumens entspricht, das das Gefäß fassen kann. Die ISO-Prüfkennlinie gibt die Füllbedingungen für den Zündversuch wieder, wenn später in der Praxis noch 12 % freies Volumen bei 15° C vorhanden sein soll.

Durch weitere systematische Zündversuche unter Füllbedingungen, die im Bild 11 links und unterhalb der RID-Füllkennlinie liegen, werden unter Berücksichtigung der 5%igen Acetylenüberfüllung die Füllgewichte an Acetylen und Aceton ermittelt, bei denen ein eingeleiteter Acetylenzerfall von der porösen Masse gerade noch aufgehalten wird, wenn das freie Volumen in den Flaschen mehr als 12 % des Wasservolumens der Flaschen beträgt.

Im Diagramm in Bild 12 ist ein Beispiel für eine poröse Masse mit der Porosität von $P = 80\%$ eingetragen. Es bedeuten X = Flasche ist bei Zündung geborsten und O = Flasche hat den Zündversuch überstanden. Die Verbindungslinien der Punkte, wo die porösen Massen den eingeleiteten Acetylenzerfall gerade noch aufhalten, stellen im Bild 12 im Bereich des freien Volumens F zwischen 12 und 24 % in erster Näherung gerade Linien dar. Die sich aus diesen Linien unter Berücksichtigung der Sicherheitsspanne von 5 Gew.-% Acetylenüberfüllung beim Zündversuch ergebende Linie CD grenzt alle zulässigen Füllungen an Acetylen und Aceton für eine bestimmte poröse Masse in der untersuchten Flaschentypen ab. Die Linie CD ist die für eine bestimmte Masse charakteristische Massen-Kennlinie. Alle zulässigen Füllungen an Acetylen und Aceton werden in dem Diagramm $G_A = f(G_L)$ in Bild 12 durch die Fläche unterhalb der Linie DC und CM gekennzeichnet. Die im Diagramm in Bild 12 enthaltenen Aceton-Toleranzlinien geben im Schnittpunkt mit der Massen-Kennlinie DC

die unterste Grenze für das Acetonfüllgewicht an, wenn bei gegebenem Acetylenfüllgewicht Toleranzen zwischen dem Höchst- und Mindestgewicht an Aceton erwünscht sind, zum Beispiel bei der Handhabung von Acetylen in Form von Flaschenbündel. Die Höchst-Acetonfüllgewichte sind gegeben durch die Schnittpunkte der Acetylenfüllgewichtslinien (z. B. FE, LK) mit der RID-Füllkennlinie (Linie CM).

Die Zündversuche werden mit einer Acetylenbeladung durchgeführt, die nur etwa 5 Gew.-% über den später maximal gewünschten Werten liegen. Der Sicherheitsabstand ist im Vergleich zu dem auf anderen Gebieten üblichen Sicherheitsabstand gering. Der in der Praxis vorliegende Sicherheitsabstand ist jedoch im allgemeinen größer. Dies ist einmal darauf zurückzuführen, daß es Schwierigkeiten bereitet, die Acetylenflaschen mit den maximal zulässigen Werten zu füllen. Aus diesem Grunde kommen zum Beispiel die 40-l-Flaschen mit einer um etwa 5 Gew.-% niedrigeren Beladung als zulässig in den Handel. Bei der Zündprüfung wird das individuelle Flaschenvolumen berücksichtigt, im Füllwerk jedoch wird meist nach dem Standardwert gefüllt. Zum Beispiel wird eine 40,6-l-Flasche wie eine 40,0-l-Flasche behandelt. Da die Flaschen fast immer ein über den Standardwerten liegendes Volumen haben, wird hierdurch der Sicherheitsabstand vergrößert. Die Wahrscheinlichkeit, daß zum Beispiel ein Flammenrückschlag erfolgt, ist während der gesamten Entnahmezeit gleich groß. Mit der Möglichkeit einer weitergehenden Ausbreitung der Acetylenzersetzung in der porösen Masse ist jedoch nur bei hohen Acetylenbeladungen zu rechnen. Der geringe Sicherheitsabstand ist mithin nur während eines geringen Teiles der Betriebszeit gegeben.

Die Zahl der Flaschen bei der Prüfung (für jeden Versuch nur drei Flaschen) ist im Verhältnis zur Zahl der in den Handel gebrachten klein. Andererseits ist die Zahl der Umläufe der Flaschen im Jahr relativ groß — nach Schätzungen der Acetylenindustrie wird im Mittel jede Flasche sieben bis achtmal pro Jahr gefüllt (40-l-Flaschen) — und es geschehen vergleichsweise wenig Unfälle mit Acetylenflaschen. Die geringe Zahl der Unfälle ist eine Bestätigung für die Richtigkeit der von der Bundesanstalt für Materialprüfung angewandten Prüfmethode auf dem Gebiet des „Gelösten Acetylen“.

5. Zusammenfassung

Wegen der Fähigkeit des Acetylen zum exothermen Zerfall und der Gefahren der dabei verlaufenden explo-



Bild 7.
Versuchsstand für Zündversuche an Acetylenflaschen zur Prüfung der sichernden Wirkung poröser Füllmassen. Absenken einer für den Zündversuch vorbereiteten Acetylenflasche.

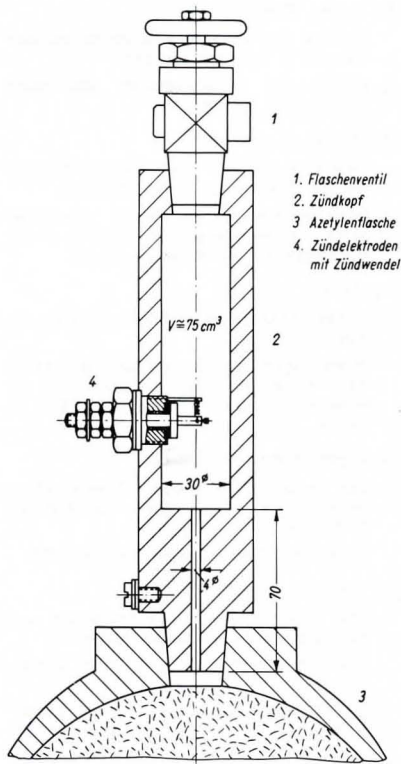


Bild 8. Zündkammer-Einrichtung für Zündversuche an Acetylenflaschen zur Prüfung der sichernden Wirkung von porösen Massen.

siven Umsetzungen darf Acetylen nur unter bestimmten sicherheitstechnischen Bedingungen gehandhabt werden. In der Bundesrepublik Deutschland ist die Handhabung des Acetylens durch die Acetylenverordnung mit ihren technischen Regeln für Acetylenanlagen und Calciumcarbidlager (TRAC) und in Teilen der Druckgasverordnung mit ihren technischen Regeln Gase (TRG) geregelt. Danach dürfen ortsbewegliche Behälter nur dann mit Acetylen unter Druck gefüllt und in den Verkehr gebracht werden, wenn sie eine zugelassene poröse Masse und ein zugelassenes Lösungsmittel enthalten. Die Untersuchungen im Rahmen des Zulassungsverfahrens führt die Bundesanstalt für Materialprüfung durch. Wichtigste Prüfung bei der Zulassungsuntersuchung ist der Zündversuch. Er gibt in Verbindung mit der Anwendung eines Diagrammes, welches den Zusammenhang zwischen den Füllungen an Acetylen und Aceton, dem Füllverhältnis, dem freien Volumen und der Porosität der Masse wiedergibt, Auskunft darüber, welche Acetylen/Aceton-Füllkombination zulässig ist. Bei Einhaltung der sich aus den Versuchen ergebenden Zulassungsbedingungen ist eine sichere Handhabung von Acetylen unter Druck in mit porösen Massen und Lösungsmitteln gefüllten Behältern gewährleistet.

6. Literaturverzeichnis

- [1] Fassung der Gewerbeordnung vom 29. 9. 1953; BGBl. 1953, I., S. 1459.
- [2] Verordnung über Acetylenanlagen und Calciumcarbidlager;
Acetylenverordnung — AcetV; Fassung vom 5. 9. 1969;
BGBl. 1969, I., S. 1593.
- [3] Verordnung über ortsbewegliche Behälter und über Füllanlagen für Druckgase;
Druckgasverordnung — DruckgasV; Fassung vom 20. 6. 1968; BGBl. 1968, I., S. 730—739.
- [4] Technische Regeln für Acetylenanlagen und Calciumcarbidlager (TRAC). Diese Regeln werden vom Acetylenausschuß erarbeitet und aufgestellt. Nach Beschlußfassung und Zustimmung werden die Regeln durch den Bundesminister für Arbeit und Sozialordnung bekanntgemacht und in der Zeitschrift „Arbeitsschutz“ veröffentlicht, z. B.:
TRAC 001: Allgemeines, Aufbau und Anwendung der TRAC;
Arbeitsschutz Heft 9/1970, S. 245—246.
TRAC 204: Acetylenleitungen;
Arbeitsschutz Heft 9/1970, S. 246—249.
TRAC 301: Calciumcarbidlager;
Arbeitsschutz Heft 7—8/1971, S. 227—228.
TRAC 302: Kalkschlammgruben;
Arbeitsschutz Heft 7—8/1971, S. 228—229.
TRAC 209: Anlagen zur Herstellung von unter Druck gelöstem Acetylen (Acetylenwerke, Dissonsgaswerke); im Deutschen Acetylenausschuß auf der Sitzung am 12./13. 10. 1971 vereinbarte Fassung.
TRAC 206: Acetylenflaschenbatterieanlagen; Entwurf liegt vor.
- [5] Technische Regeln Gase (TRG). Diese Regeln werden vom Druckgasausschuß erarbeitet und aufgestellt. Nach Beschlußfassung und Zustimmung werden die Regeln durch den Bundesminister für Arbeit und Sozialordnung bekanntgemacht und in der Zeitschrift „Arbeitsschutz“ veröffentlicht.
- [6] Reppe, W.;
Chemie und Technik der Acetylen-Druck-Reaktionen;
Verlag Chemie GmbH, Weinheim, Bergstraße, 1951.
- [7] Reppe, W.;
Neue Entwicklungen auf dem Gebiet der Chemie des Acetylens und Kohlenoxids;
Springer Verlag 1949, Berlin-Göttingen-Heidelberg.
- [8] Final Report No 720;
German Techniques for Handling Acetylene in Chemical Operations; Fassung vom 28. 1. 1946;
enthält Arbeiten von W. Reppe, J. Boesler, A. Weissweiler, A. Zieger, W. Rimarski, M. Konschak, H. Freude.
- [9] Konschak, M. und Friemel, W.;
Die Entstehung und Fortpflanzung von detonationsartigen Stoßwellen des reinen Acetylens in Rohren;
Arbeitsschutz Heft 11/1960, S. 276—280
- [10] Miller, S.A.;
Acetylene — its properties manufacture and uses;
London — Ernest Benn Limited 1965.



Bild 9. Auswirkungen beim Bersten von Acetylenflaschen.

- [11] Marcks, G.;
Acetylenleitungen und Flammensperren.
Amts- und Mitteilungsblatt der BAM 1 (1970/71), Nr. 5, S. 19—23.
- [12] Sargent, H. B.;
How to Design a Hazard-Free-System to Handle Acetylene;
Chem. Engng. (1957), H. 2, S. 250—254.
- [13] Rimarski, W. und Konschak, M.;
Experimentelle Untersuchungen zur Frage des Druckes in Hochdruck-Acetylenanlagen;
Autogene Metallbearbeitung 27. Jahrg. (1934), Heft 13, S. 209—215;
Autogene Metallbearbeitung 27. Jahrg. (1934), Heft 14, S. 225—232.
- [14] Hölemann, P. und Hasselmann, R.;
Untersuchungen über den Druckverlauf bei der explosiblen Zersetzung von gasförmigem Acetylen;
Forschungsberichte des Wirtschafts- und Verkehrsmin. Nordrhein-Westfalen Nr. 110, Westdeutscher Verlag, Köln u. Opladen, 1954.
- [15] Ivanov, B. A. und Kogarko, S. M.;
Explosive properties of pure acetylene and its mixtures with other gases;
International Chemical Engineering Vol. 4, No. 4 (October 1964), S. 670—678.
- [16] Vorläufiges Merkblatt für das Verfahren der Zulassung von porösen Massen und von Lösungsmitteln für Acetylen nach § 14 Abs. 7 der Druckgasverordnung;
Bek. d. BMA vom 8. 5. 1970; III b 5 — 3813.021 — 2469/70;
Arbeitsschutz Heft 6/1970, S. 169.

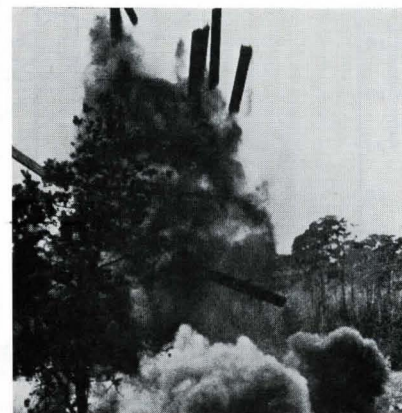


Bild 10. Auswirkungen beim Bersten von Acetylenflaschen. Zündgrube war mit mehreren Lagen Eisenbahnschwellen abgedeckt.

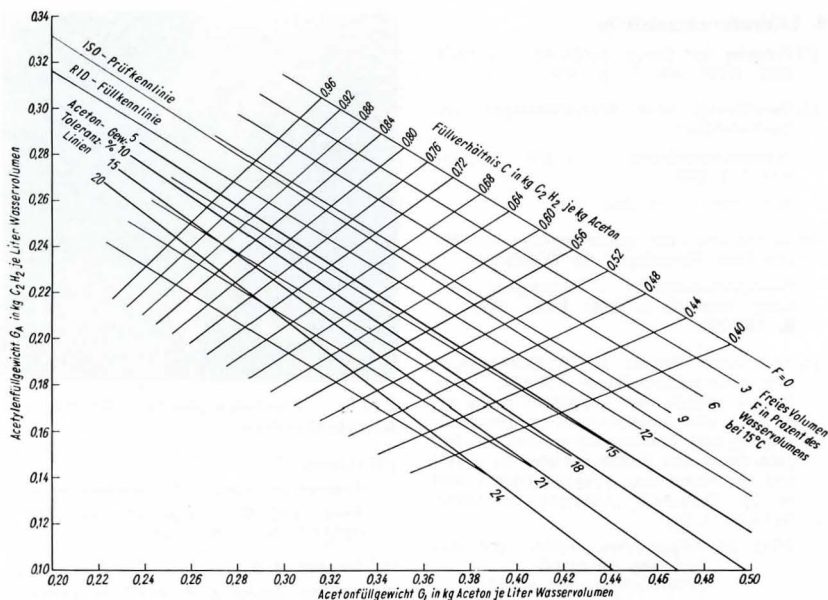


Bild 11. Diagramm zur Bestimmung der zulässigen Acetylen-Aceton-Füllkombinationen in der Form $G_A = f(G_L)$ (vgl. Lit. [32]).

[17] Hölemann, P., Hasselmann, R. und Dix, G.;
Untersuchungen über die Vorgänge bei der Zersetzung von in Aceton gelöstem Acetylen;
Forschungsberichte des Wirtschafts- und Verkehrsmin. Nordrhein-Westfalen Nr. 206; Westdeutscher Verlag, Köln u. Opladen, 1955.

[19] Claude, G. und Hess, A.;
Sur un nouveau mode d'emmagasinement de l'acétylène (Über eine neue Methode der Speicherung von Acetylen);
Comptes-Rendus Hebdomadaires des Seances de l'Academie des Sciences 124 (1897), S. 626–628.

[18] Möller, K.-H.;
Sichere Handhabung von Acetylen/Aceton-Lösungen bei chemisch-technischen Verfahren;
Veröffentlichung ist vorgesehen in der Zeitschrift „sicher ist sicher“.

[20] ISO/TC 58/WG 1 – Secretariat – 72;
5. Entwurf: Grundlegende Anforderungen an Flaschen für gelöstes Acetylen;
(ISO = International Organization for Standardization).

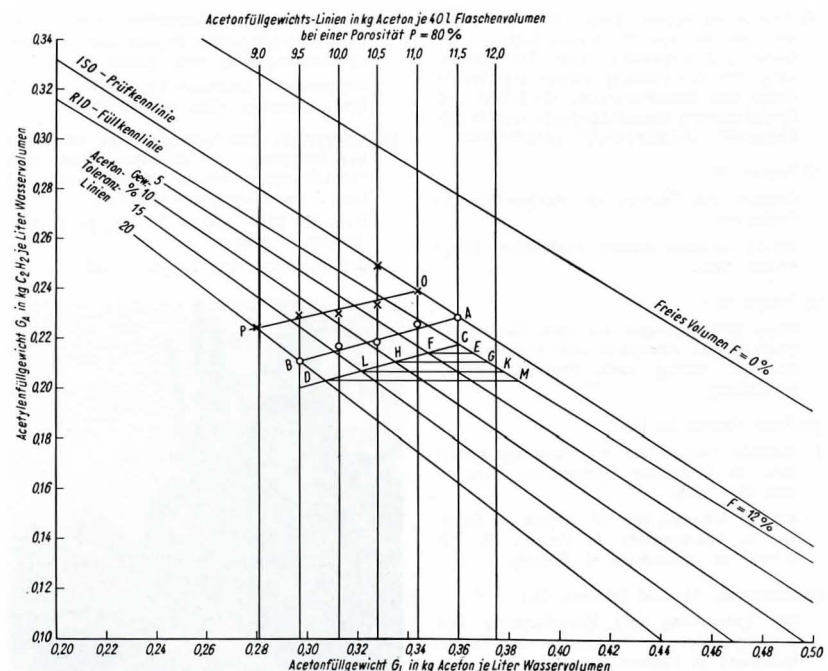


Bild 12. Diagramm zur Bestimmung der zulässigen Acetylen-Aceton-Füllkombination in der Form $G_A = f(G_L)$ mit Beispiel für eine poröse Masse der Porosität von 80 % (vgl. Lit. [32]).

X = Flaschen beim Zündversuch geborsten.
O = Flaschen beim Zündversuch gehalten.

[21] Möller, K.-H.;
Prüfung der sichernden Wirkung poröser Massen in Acetylenflaschen;
Amts- und Mitteilungsblatt der BAM Heft 4/1970, S. 2–10.

[22] Möller, K.-H.;
Untersuchung über die sichernde Wirkung poröser Massen in Acetylenflaschen;
BAM-Berichte Nr. 9 (Berlin November 1971) – Forschung und Entwicklung in der Bundesanstalt für Materialprüfung.

[23] Marcks, G.;
Sicherheitstechnische Untersuchungen an Acetylenflaschen;
Wissenschaftlicher Sammelband aus Anlaß der 100-Jahrfeier der Bundesanstalt für Materialprüfung im November 1971 in Berlin.

[24] Vogel, J. H.;
Das Acetylen – Seine Eigenschaften, seine Herstellung und Verwendung, 2. Auflage,
Verlag von Otto Spamer, Leipzig, 1923.

[25] Rimarski, W.;
Die Entwicklung der Prüfmethode auf dem Gebiet des gelösten Acetylen;
Die Schmelzschweißung 7 (Heft 1/1928), S. 1–6;
Die Schmelzschweißung 7 (Heft 2/1928), S. 17–20.

[26] Rimarski, W.;
I. Sicherheitsmaßnahmen beim gelösten Acetylen;
Autogene Metallbearbeitung Heft 21/1927, S. 293–307.

[27] Rimarski, W.;
Verwendung von gelöstem Acetylen oder Entwicklergas;
Verfahren und Einrichtungen zur Prüfung der porösen Massen für Acetylenflaschen; Elektrotechnik und Maschinenbau, Zeitschrift des Elektrotechnischen Vereins in Wien, Heft 22 (1928) (12 Seiten Sonderdr.).

[28] Korschak, M.;
Die Prüfung poröser Massen für Acetylenflaschen im Hinblick auf die Grenzen ihrer sichernden Wirkung;
Arbeitsschutz Heft 4/1958, S. 72–74.

[29] Möller, K.-H.;
Zur Frage der zulässigen maximalen Acetylenfüllmenge in Acetylenbehältern unterschiedlicher Abmessungen;
Arbeitsschutz Heft 1/1971, S. 6–9.

[30] Möller, K.-H.;
Über den Einfluß einer waagerechten Lagerung von Acetylenflaschen auf die sichernde Wirkung poröser Füllmassen;
Arbeitsschutz Heft 6/1971, S. 172–173.

[31] Möller, K.-H.;
Über den Einfluß von Wärme auf die sichernde Wirkung poröser Massen in Acetylenflaschen;
Arbeitsschutz Heft 7–8/1971, S. 190–193.

[32] Möller, K.-H.;
Bestimmung der maximal zulässigen Acetylenfüllung in Behältern, die unter Druck gelöstes Acetylen enthalten;
Amts- und Mitteilungsblatt der BAM Heft 8 (1970/71), S. 146–148.

[33] RID: Internationale Ordnung für die Beförderung von gefährlichen Gütern im internationalen Eisenbahnfrachtverkehr, Randnummer (Rn) 151, Absatz 2.