

**BAM****Bundesanstalt für
Materialforschung
und -prüfung**12200 Berlin
Telefon: 030 8104-0
Telefax: 030 8112029

Prüfbericht

über Unterfeuerungsversuche von Acetylenflaschen

Aktenzeichen	II-213/2009
Ausfertigung	1. Ausfertigung von 2 Ausfertigungen
Auftraggeber	Umwelt-Technik-Metallrecycling GmbH Alt-Herrenwyk 12 23569 Lübeck
Auftrag vom	26. Januar 2009
Eingegangen am	27. Januar 2009
Prüfort	BAM Testgelände Technische Sicherheit
Prüfdatum	2./3. Februar 2009 und 23./24. März 2009
Angewendete Normen und technische Regeln	Durchführung in Anlehnung an ISO 3807-2:2000 – „Cylinders for Acetylene – Basic requirements – Part 2: Cylinders with fusible plugs“ bzw. CGA C- 12-2002 – “Qualification Procedure for Acetylene Cylinder Design”

Dieser Prüfbericht besteht aus Blatt 1 bis 17.

Prüfberichte dürfen nur in vollem Wortlaut und ohne Zusätze veröffentlicht werden. Für veränderte Wiedergabe und Auszüge ist vorher die widerrufliche schriftliche Einwilligung der BAM einzuholen. Der Inhalt des Prüfberichtes bezieht sich ausschließlich auf die untersuchten Gegenstände.

**PRÜFBERICHT**

1 Ziel der Untersuchungen

Die Firma Umwelt-Technik-Metallrecycling GmbH (UTM) hat mit der Bestellung vom 26. Januar 2009 die BAM Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung mit der Durchführung von Unterfeuerungsversuchen von Acetylenflaschen beauftragt. Die Untersuchungen sollten das Reaktionsverhalten der Druckgasbehälter mit unterschiedlichen Acetylenfüllungen im Feuer wiedergeben.

Der Auftraggeber stellte für die Untersuchungen Acetylenflaschen zur Verfügung. Die Flaschen wurden in Anlehnung an den internationalen Standard ISO 3807-2:2000 – „Cylinders for Acetylene – Basic requirements – Part 2: Cylinders with fusible plugs“ dem CGA-Standard CGA C- 12-2002 – „Qualification Procedure for Acetylene Cylinder Design“ jeweils einem Bonfire-Test unterzogen. Zusätzlich wurden Acetylenflaschen mit Hilfe eines Brennersystems befeuert.

2 Experimentelles

Auf dem Sprengplatz des BAM Testgeländes Technische Sicherheit (TTS) wurden die zu unterfeuernden Druckgasbehälter in den Brandwällen (Abb. 1, Position a) aufgebaut. Die Unterfeuerungsversuche wurden aus mehreren Blickwinkeln mit entsprechenden Bildaufzeichnungsgeräten (Abb. 1, Positionen b, c, d, e) dokumentiert.

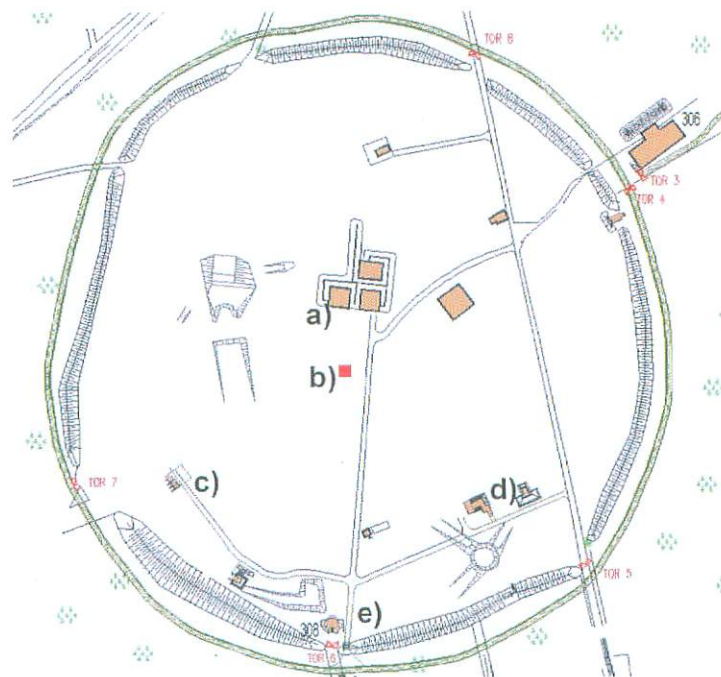


Abb. 1: Schematische Darstellung der Versuchsanordnung für die Unterfeuerung von Druckgasbehältern auf dem BAM TTS

- a) Brandwall (linker bzw. rechter Teil wurde genutzt)
- b) Messbox mit Temperatur- bzw. Druckmessverstärkern (Abstand zum Brandwall ca. 40 m)
- c) Videokamera (Abstand zum Brandwall 150 m)
- d) Videokamera (Abstand zum Brandwall 150 m)
- e) Beobachtungsbunker mit Beobachtungsplattform sowie Messwerterfassungssystem, einem Camcorder und verschiedenen Digitalkameras (Abstand zum Brandwall 200 m)

Zur Unterfeuerung der Flaschen wurde Nadelholz in den Abmessungen 2000 mm x 28 mm x 48 mm bzw. 2000 mm x 48 mm x 48 mm verwendet, welches gleichmäßig um die Flaschen herum aufgeschichtet wurde (Abb. 2). Um die Flaschen während des Versuchs gegen Bewegungen und insbesondere bei stehenden Flaschen gegen Umfallen zu sichern, wurden die Flaschen auf Gestellen fixiert (Abb. 2). Bei der Unterfeuerung liegender Flaschen wurde das Holz ca. 600 mm hoch gestapelt, bis die Unterkante des Gestells erreicht wurde. Bei Unterfeuerungsversuchen mit stehenden Flaschen wurde das Holz ebenfalls ca. 600 mm hoch um die Flasche gestapelt. Auf diese Weise wurde gewährleistet, dass annähernd gleiche Holzmengen bei den Versuchen verwendet wurden. Die Brenndauer der Stapel sollte ca. 20 min bzw. 40 min beim Holz mit größeren Abmessungen betragen.



Abb. 2: Gestell im Holzstapel zur Unterfeuerung von liegenden Druckgasbehältern (linkes Bild) und Gestell für die Fixierung stehender Behälter (rechtes Bild)

Zur Zündung des Holzstapels wurde ein kleiner Pyrotechniksatz mit zusätzlichem Schwarzpulver (Abb. 3, linkes Bild), im folgenden Zündkapsel genannt, verwendet. Der Pyrotechniksatz konnte über eine Fernauslösung den vorher zusätzlich mit einem Diesel-Benzin Gemisch getränkten Holzstapel entzünden.



Abb. 3: Zündkapsel zum Zünden des Holzstapels

Bei den Versuchen sollten die Manteltemperaturen bzw. die Temperaturen in den porösen Materialien in den unterfeuerten Druckbehältern erfasst werden. Hierzu wurden mehrere 1,5 mm NiCr/Ni-Mantelthermoelemente (Typ K, Länge: 15 m) an den Flaschen fixiert. Zur Messung der Manteltemperaturen wurde ein Thermoelement im Schulterbereich der Flasche und ein Thermoelement in ca. 1/3 der Flaschenhöhe ausgehend vom Boden fixiert und mit Mineralwolle gegen die Flammen abgeschildert (Abb. 4).

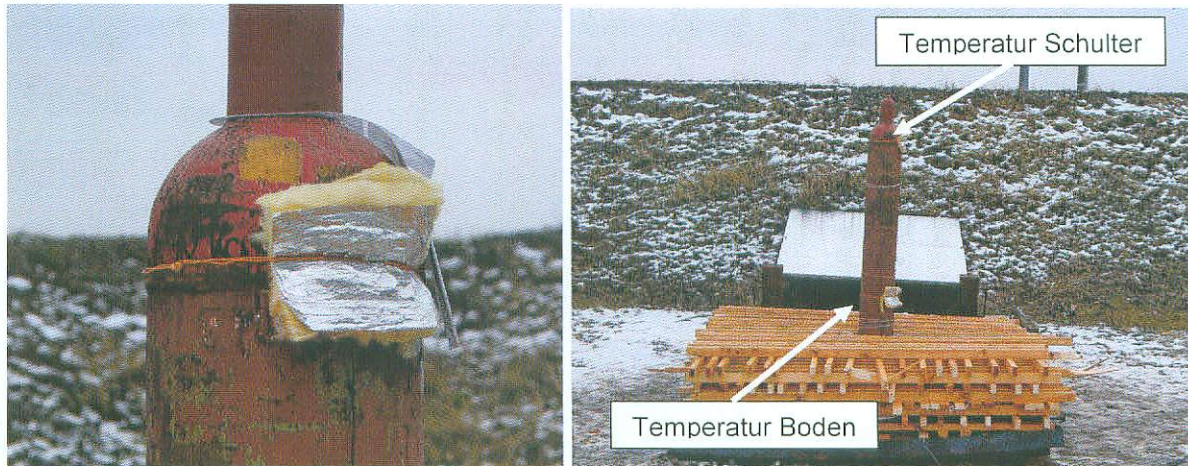


Abb. 4: Fixierung der Thermoelemente zur Messung der Manteltemperaturen der Druckgasbehälter

Einige Druckgasbehälter wurden vom Auftraggeber so präpariert, dass eine Temperaturmessung in den Flaschen möglich war (Abb. 5). Hierzu wurden drei Bohrungen in die Flaschen eingebracht, in die jeweils Einschraubadapter mit 1/8" NPT-Gewinde einerseits und 1/16" andererseits eingeschraubt wurden. Über die 1/16"-Verschraubung konnten schließlich 1,5-mm-NiCr/Ni-Mantelthermoelemente (Typ K, Länge: 15 m) druckdicht montiert werden (Abb. 6).

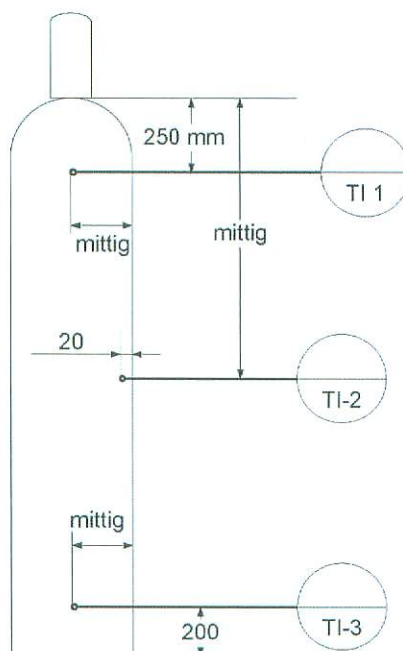


Abb. 5: Positionierung der Thermoelemente zur Messung der zeitlichen Temperaturverläufe in den Druckgasbehältern während der Unter- bzw. Befeuerung



Abb. 6: Fixierung der Thermoelemente zur Messung der Manteltemperaturen und modifiziertes Behälterventil zur Druckmessung

Die Temperatursignale waren an ein A/D-Wandler-System (Fa. Jet Systemtechnik GmbH, Typ MCL-USB, 16 Kanal 12 Bit A/D, Summenabtastrate 500 kHz) und einem PC angeschlossen, so dass die zeitlichen Temperaturverläufe in digitalisierter Form gespeichert worden sind.

In einigen Versuchen wurde auch eine Druckmessung installiert, um den Flaschendruck während der Unterfeuerung aufzeichnen zu können. So sollten grundlegende Kenntnisse über die Gründe des Berstens von Acetylenflaschen im Feuer gewonnen werden. An ein modifiziertes Flaschenventil wurde eine ca. 5 m lange $\frac{1}{4}$ ''-Edelstahlrohrleitung angebracht (Abb. 6, rechtes Bild). Am Ende des Rohres wurde ein piezoresistiver Druckaufnehmer der Fa. Keller (Typ PA-10, Messbereich 0 bara bis 200 bara; Grenzfrequenz $f > 30$ kHz; Auflösung $> 0,02$ bara; Linearität $> 0,5$ %) montiert.

Der Druckmesswandler war ebenfalls an dem A/D-Wandler-System (Fa. Jet Systemtechnik GmbH, Typ MCL-USB, 16 Kanal 12 Bit A/D, Summenabtastrate 500 kHz) in einem PC angeschlossen, so dass die zeitlichen Druckverläufe gemessen und in digitalisierter Form gespeichert wurden.

3 Ergebnisse

Es wurden insgesamt sieben Druckgasbehälter mit einem Volumen von 40 dm^3 unterfeuert und die unterschiedlichen Reaktionen mit Video-, Temperatur- und Druckaufzeichnungen dokumentiert. Im Folgenden sind die einzelnen Ergebnisse detailliert dargestellt.

1. Versuch: volle Acetylenflasche, stehend im Holzstapel unterfeuert

Im ersten Unterfeuerungsversuch wurde eine stehende Acetylenflasche aufgebaut. Durch eine relativ hohe Restfeuchtigkeit im Holz breitete sich das Feuer nur sehr langsam aus und die Flammen waren nicht sehr hoch (Abb. 7, Bild oben links). Infolge dessen kam es nur zu einer starken lokalen Erwärmung des Druckgasbehälters, der nach 20 min im Fussbereich der Flasche aufriss. Nach beendetem Versuch trat noch Lösemittel aus der Flasche, welches abbrannte.

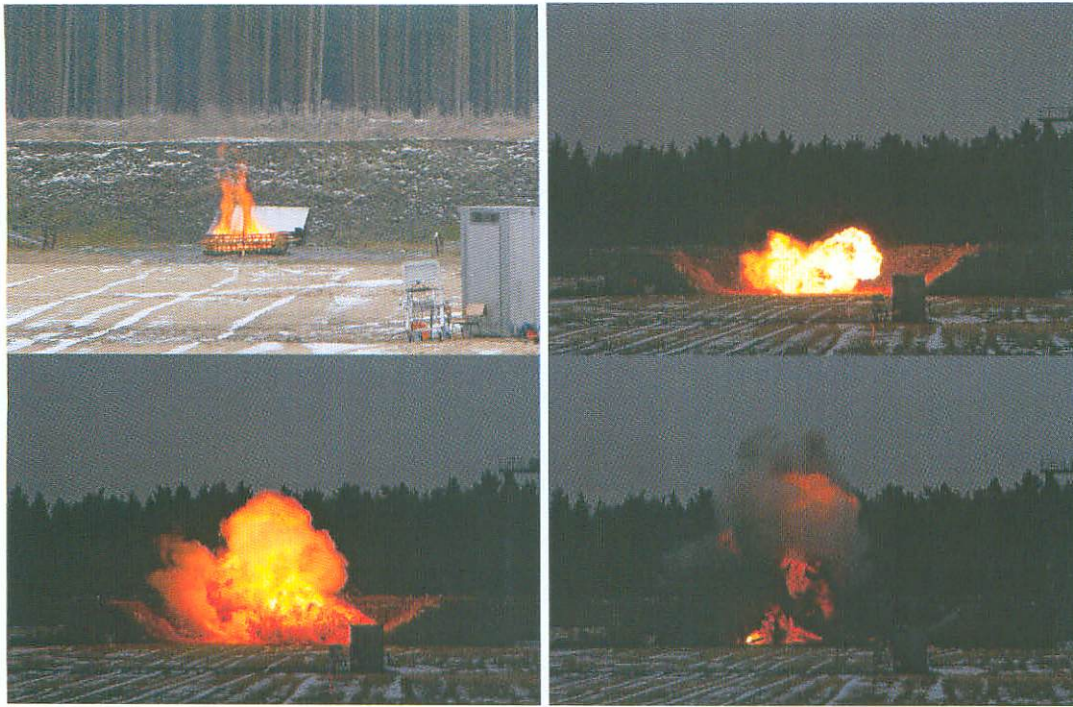


Abb. 7: Bildsequenz der Unterfeuerung einer vollen Acetylenflasche im Holzstapel



Abb. 8: Bildsequenz der Unterfeuerung einer vollen Acetylenflasche im Holzstapel

In Abb. 9 sind die zeitlichen Temperaturverläufe des Versuchs abgebildet. Es wird deutlich, dass durch die Ausbreitung des Feuers im Holzstapel insbesondere die Manteltemperatur am Flaschenboden stark anstieg. Die Messsignale rissen zum Zeitpunkt des Berstens der Flasche ab. Zu diesem Zeitpunkt wurden maximalen Temperaturen von $T_{\text{max., Schulter}} \approx 260 \text{ }^{\circ}\text{C}$ und $T_{\text{max., Boden}} \approx 555 \text{ }^{\circ}\text{C}$ gemessen.

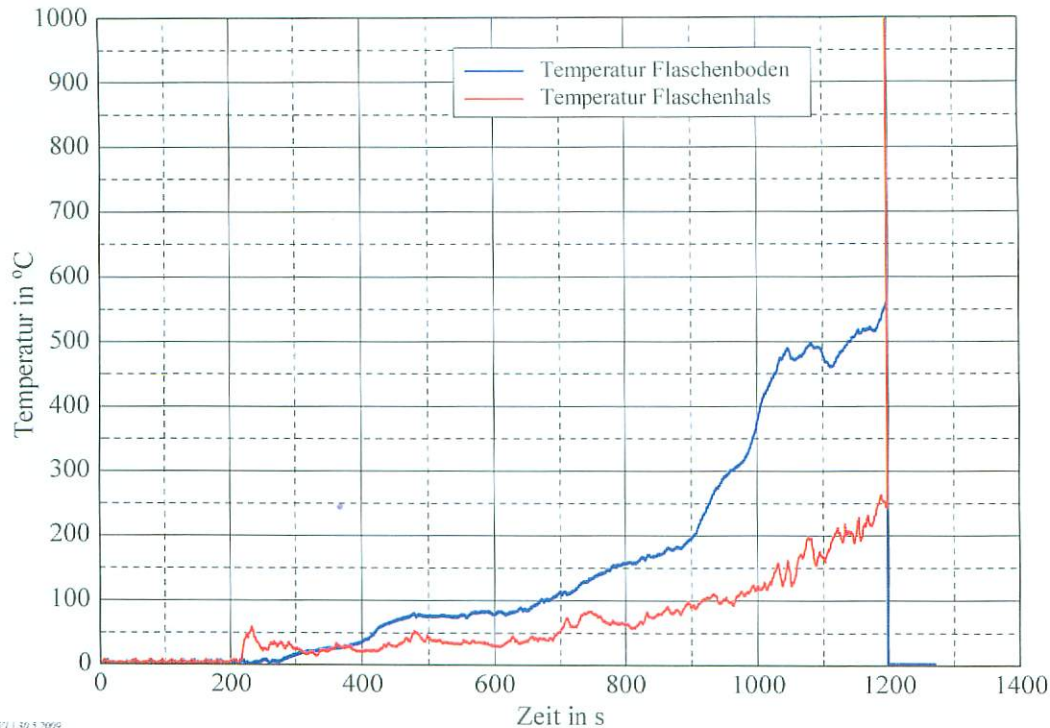


Abb. 9: Zeitliche Temperaturverläufe am Mantel einer unterfeuerten Acetylenflasche

2. Versuch: leere Acetylenflasche, stehend mit einem Brennersystem befeuert

Im zweiten Unterfeuerungsversuch wurde eine stehende Acetylenflasche in einem Gestell mit einem Brennersystem aufgebaut (Abb. 10) und befeuert. Auch bei diesem Versuch wurden Thermoelemente am Flaschenhals und Flaschenboden fixiert. Die Acetylenflasche enthielt im Gegensatz zum ersten Versuch nur noch sogenanntes Sättigungsacetylen, d.h. die Menge an Acetylen, die in ca. 15 kg Lösungsmittel Aceton bei ca. 1 bar (Atmosphärendruck) gelöst waren. Durch den Einsatz eines Brennersystems sollten deutlich längere Befeuerungszeiten erreicht werden als es mit einem Holzstapel möglich gewesen wäre.

Während des Versuchs wurde deutlich, dass mit den Gasbrennern nur lokal hohe Wärmeeinträge erfolgten. In den Teilbereichen, auf die die Brenner gerichtet waren, fing sogar die Wandung der Behälter an zu glühen (Abb. 11).

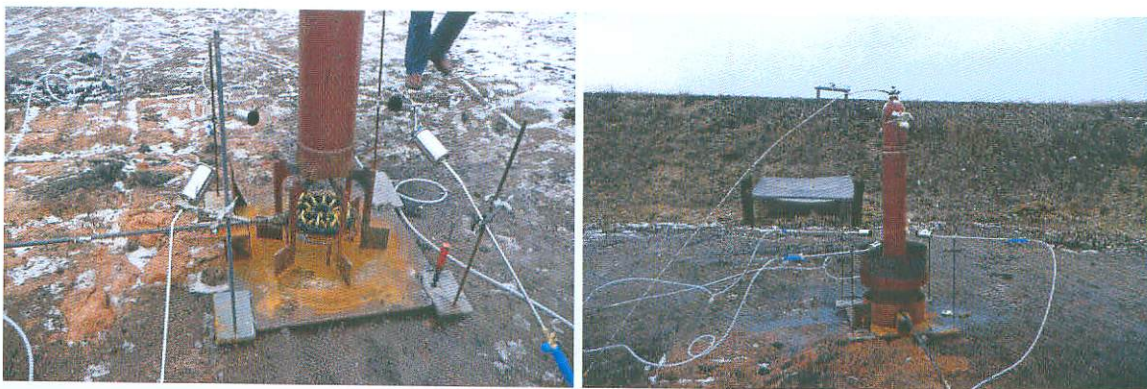


Abb. 10: Aufbau zur Befeuerung einer Acetylenflasche mit Hilfe von Gasbrennern

Bild oben links: Anordnung des „Krabbenbrenners“ und der vier Gasbrenner
 Bild oben rechts: Versuchsaufbau vor Beginn der Unterfeuerung

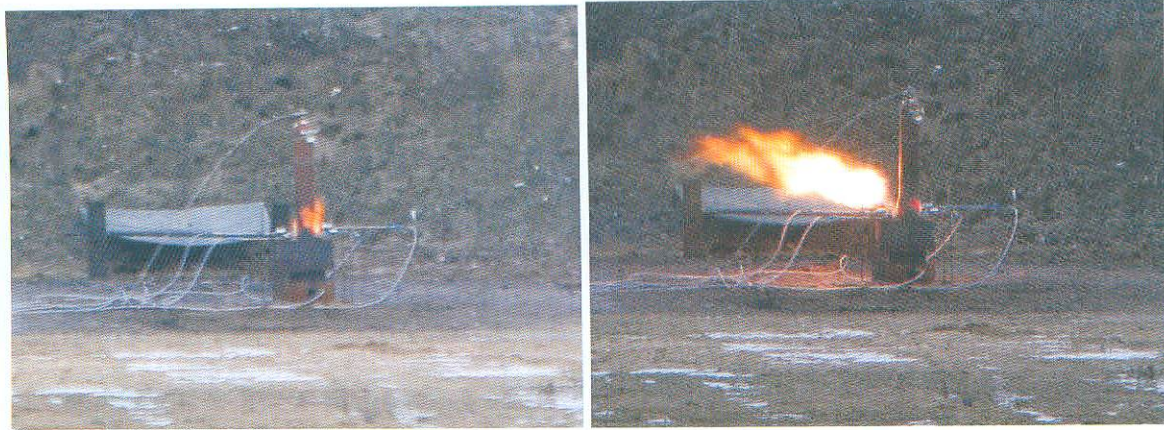


Abb. 11: Druckbehälter mit lokal glühender Metallwandung während der Befeuerung (linkes Bild) und Aufreißen der Flasche (rechtes Bild)

Nach ca. 30 min (1756 s) ist die Flasche im Fussbereich (Abb. 11, Abb. 12) aufgerissen. Anhand des Flaschenmantels wurden nochmals die hohen, lokalen Wärmeeinträge durch die Ausrichtung der Gasbrenner deutlich. Aufgrund von Materialschwächungen traten dort Ausbauchungen auf und die Flasche ist letztlich in diesem Bereich aufgerissen.

In Abb. 13 sind die zeitlichen Temperaturverläufe des Versuchs abgebildet. Die Temperatur am Flaschenboden stieg sehr schnell auf Werte um 1000 °C an. Die Messwerterfassung gestattete nur eine Temperaturerfassung bis max. 1000 °C. Diese hohe Temperatur ist nur zu erzielen, wenn ein Brenner direkt auf das Thermoelement gerichtet ist. Die Temperatur am Flaschenhals stieg auf max. 80 °C an.

Die Druckdaten konnten wegen eines technischen Fehlers nicht verwendet werden.



Abb. 12: Aufgerissene Acetylenflasche nach der Befeuerung mit Hilfe von Gasbrennern

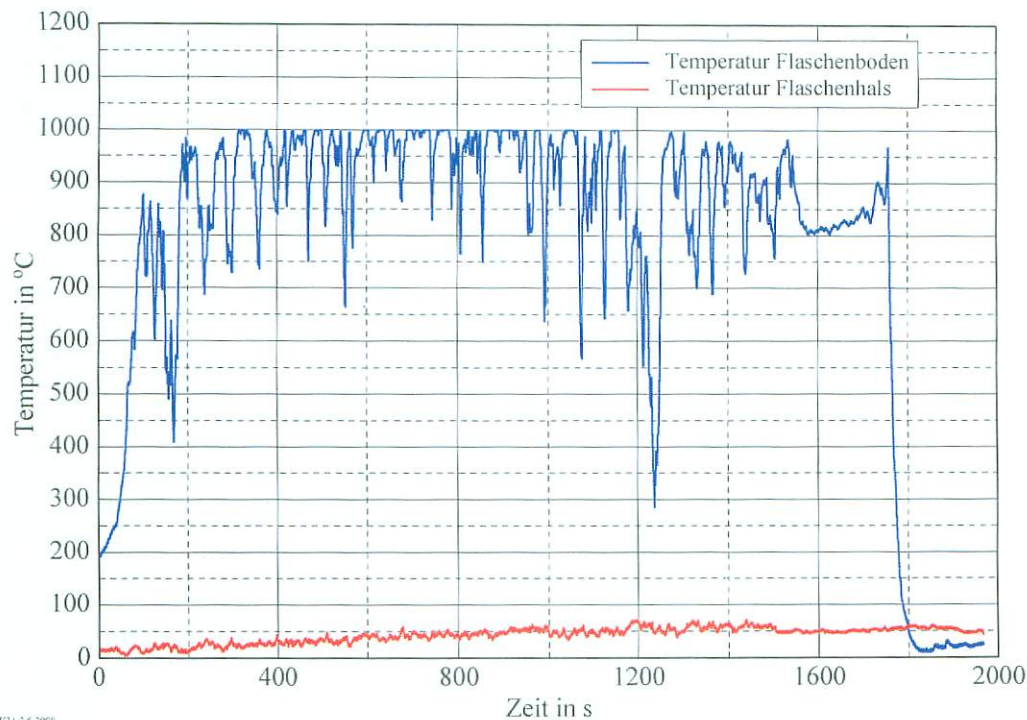


Abb. 13: Zeitliche Temperaturverläufe am Mantel einer mit einem Brennersystem befeuerten Acetylenflasche.

3. Versuch: leere Acetylenflasche, liegend mit einem Brennersystem befeuert

In einem weiteren Versuch wurde eine leere Acetylenflasche liegend auf dem Krabbenbrenner positioniert. Die vier Gasbrenner wurden anschließend so ausgerichtet, dass eine möglichst homogene Befeuerung der Flasche erzielt wurde. Der Versuchsaufbau ist in Abb. 14 dargestellt, eine Bildsequenz des Befeuerungsversuchs in Abb. 15. Auch bei dieser Versuchsanordnung erfolgt der Wärmeeintrag lokal, so dass die Wandung zu glühen anfängt und letztlich dort die Flasche aufreißt. Der Inhalt der Flasche wird mit einem Feuerball freigesetzt.

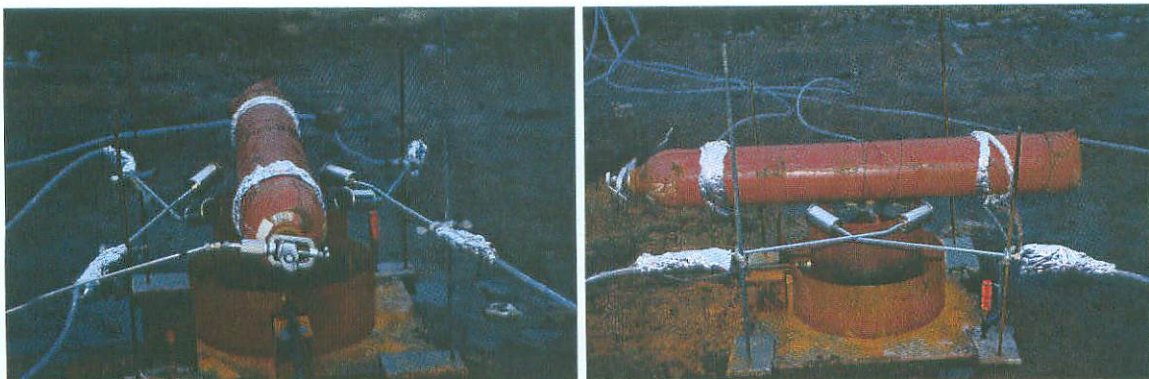
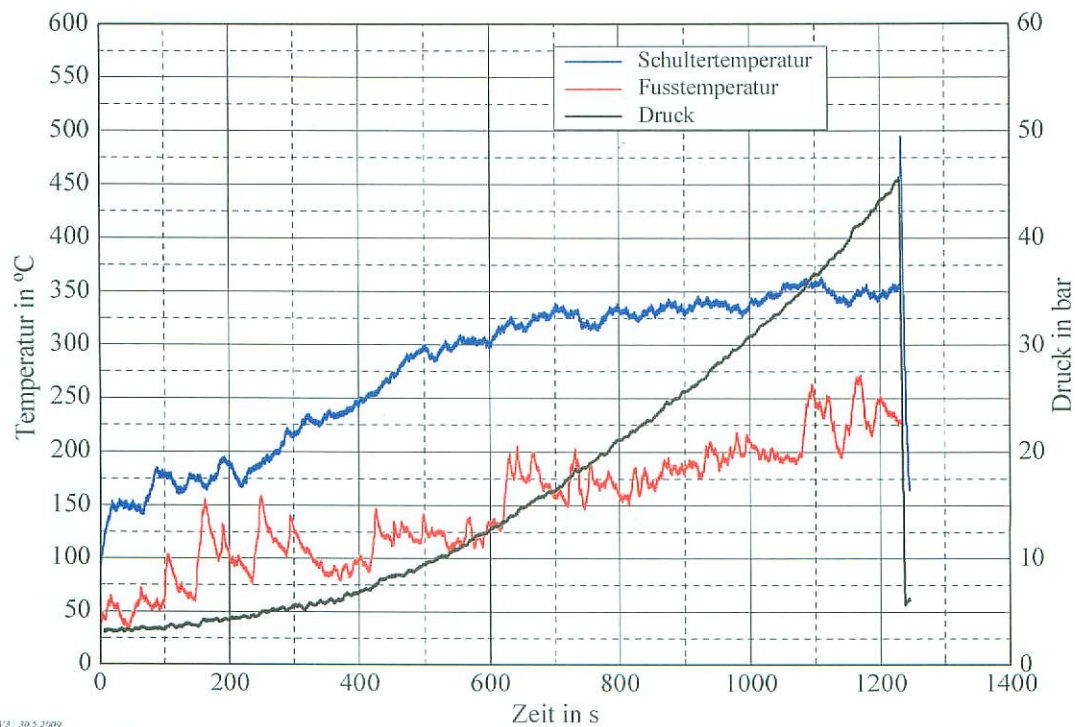


Abb. 14: Aufbau zur Befeuerung einer liegenden Acetylenflasche mit Hilfe von Gasbrennern

In Abb. 16 sind die gemessenen zeitlichen temperatur- und Druckverläufe abgebildet. Die Temperaturen an der Flaschenschulter und am Fuß der Flasche stiegen kontinuierlich an. Die höchsten Temperaturen wurden kurz vor dem Aufreißen der Flasche gemessen und betrugen 356 °C an der Schulter und 270 °C am Fuß. Der Druck in der Flasche stieg ebenfalls durch die Erwärmung kontinuierlich an. Zum Zeitpunkt des Aufreißens der Flasche wurde der höchste Druck von 46 bar gemessen.



Abb. 15: Bildsequenz der Befeuerung einer liegenden Acetylenflasche mit Hilfe von Gasbrennern (Bild oben links nachbearbeitet)



1/3: 30.5.2009

Abb. 16: Zeitliche Temperaturverläufe am Mantel sowie zeitlicher Druckverlauf in einer mit einem Brennersystem befeuerten Acetylenflasche.

4. Versuch: leere Acetylenflasche, stehend im Holzstapel unterfeuert

In den vorhergehenden Versuchen 2 und 3 konnte durch eine Befuerung mit dem Brennersystem nicht eindeutig die Wirkung eines gleichmäßigen hohen Wärmeeintrags simuliert werden. In beiden Fällen rissen die Flaschen an den Stellen auf, auf die die Brenner gerichtet waren. Daher wurde im vierten Versuch wieder ein Holzstapel zur Unterfeuerung einer leeren Acetylenflasche eingesetzt. Um eine größere Brenndauer des Holzstapels zu gewährleisten, wurden Holzplatten mit den Abmessungen 2000 mm x 45 mm x 45 mm verwendet.

Um weitere Daten über die Wärmeeinträge in die Druckgasbehälter während der Unterfeuerung zu erhalten, wurden Flaschen eingesetzt, bei denen mit drei Thermoelementen die Temperaturen in den porösen Materialien gemessen werden konnten (siehe Abb. 5 und Abb. 6).

Die Flasche wurde über 50 min unterfeuert. Eine Bildsequenz des Versuchs ist in Abb. 17 dargestellt. Aufgrund der großen Holzmasse breitete sich das Feuer nur langsam über den Holzstapel aus. Dennoch konnte ein Temperaturanstieg im porösen Material der Flasche beobachtet werden (Abb. 18). Die Temperatur in der Flaschenmitte stieg in den ersten 30 min kontinuierlich auf eine maximale Temperatur von 396 °C an. An beiden anderen Messorten wurde ein deutlich geringerer Temperaturanstieg beobachtet. Beide Messorte befanden sich in der Mitte bezogen auf den Flaschendurchmesser und das poröse Material besitzt eine nur geringe Wärmeleitfähigkeit. Es wurden maximale Temperaturen von 48 °C am Flaschenboden und 39 °C am Flaschenhals gemessen.



Abb. 17: Bildsequenz einer Unterfeuerung einer leeren Acetylenflasche

Die Flasche ist im Beobachtungszeitraum nicht geborsten oder aufgerissen. Anhand der aufgezeichneten Druckkurve konnte jedoch eine Leckage am Behälter festgestellt werden. Nachdem der Flaschendruck stetig auf 24 bar an, bevor nach 35 min ein Druckabfall beobachtet wurde. Nach 50 min betrug der Flaschendruck nur noch 1 bar, so dass der Versuch abgebrochen wurde.

Ein Begutachtung der Flasche ergab, dass die Flasche an den beiden unteren Thermoelementeinschraubadaptern undicht geworden ist, wahrscheinlich durch unterschiedliche Wärmeausdehnungskoeffizienten des Druckbehälterstahls und der Einschraubadapter.

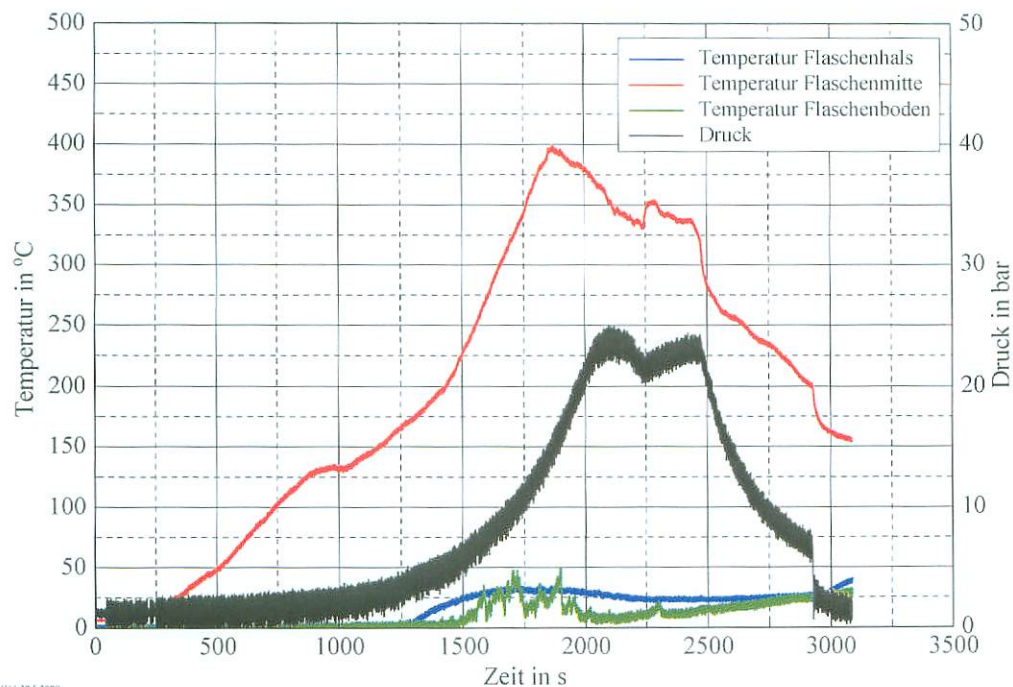


Abb. 18: Zeitliche Temperaturverläufe im porösen Material einer leeren, unterfeuerten Acetylenflasche

5. Versuch: leere Acetylenflasche, liegend im Holzstapel unterfeuert

In einem weiteren Versuch wurde eine leere Acetylenflasche liegend unterfeuert. Im Gegensatz zum vierten Versuch erfolgt bei einer liegenden Flasche der Wärmeeintrag in gleicher Zeit über eine größere Fläche und ist damit größer. Auch bei diesem Versuch wurden die Temperaturen an drei Stellen in der Flasche und der Flaschendruck während des Versuchs gemessen. In Abb. 19 ist eine Bildsequenz dargestellt und in Abb. 20 die zeitlichen Temperatur- und Druckverläufe. Nach ca. 26 min barst die Flasche und wurde 103 m weit vom Unterfeuerungsort weggeschleudert. Kurz vor der Explosion wurden die höchsten Temperaturen in der Flasche von $T_{\text{max, Hals}} = 106 \text{ °C}$, $T_{\text{max, mitte}} = 205 \text{ °C}$ und $T_{\text{max, Fuss}} = 48 \text{ °C}$ gemessen. Die Temperaturen lagen damit erwartungsgemäß über den Temperaturen, die im vorangegangenen Versuch gemessen wurden. Die Temperaturunterschiede zwischen Flaschenhals und Flaschenboden bei einer liegenden Flasche sind auf die nicht gleichmäßige Ausbreitung des Feuers im Holzstapel zurückzuführen. Während des Versuchs setzte ein starkes Schneetreiben ein, wodurch zum Zeitpunkt der Explosion keine verwertbaren Bilder aufgenommen werden konnten.



Abb. 19: Bildsequenz einer Unterfeuerung einer leeren, liegenden Acetylenflasche

Der Flaschendruck stieg in diesem Versuch kontinuierlich auf 31 bar an, bis die Flasche barst.

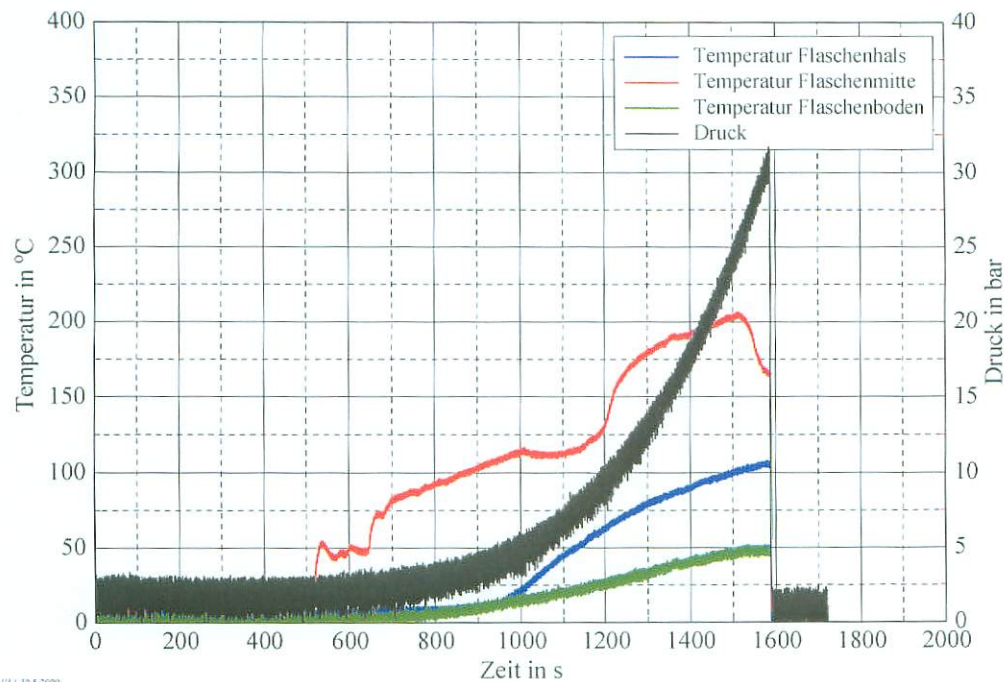


Abb. 20: Zeitliche Temperaturverläufe im porösen Material einer leeren, unterfeuerten Acetylenflasche

In Abb. 21 ist die Flasche nach dem Versuch abgebildet. Sie ist längsseitig aufgerissen und quasi aufgeklappt worden. Alle Einschraubadapter für die Thermoelemente befanden sich noch im Flaschenfragment auf der gegenüberliegenden Seite des Risses, so dass ein Aufreißen der Flasche infolge einer Materialschwächung durch die eingebrachten Thermoelemente ausgeschlossen werden kann.



Abb. 21: Geborstene Acetylenflasche nach der Unterfeuerung

Mit dem Versuch konnte gezeigt werden, dass auch leere Acetylenflaschen, d. h. nur noch mit Sättigungsacetylen und Aceton gefüllten Flaschen, bei einem entsprechenden Wärmeeintrag bersten können. Die Auswirkungen dieser Explosion sind letztlich vergleichbar mit denen bei einer vollen Flasche, abgesehen von einem etwas kleineren Feuerball, wegen der geringen Brennstoffmenge.

6. Versuch: leere Acetylenflasche, liegend im Holzstapel unterfeuert

Versuch 5 wurde nochmals zur Validierung des Ergebnisses wiederholt. Eine Bildsequenz ist in Abb. 22 und die zeitlichen Temperatur- und Druckverläufe in Abb. 23 dargestellt. Im Gegensatz zum vorangegangenen Versuch ist die Flasche nicht längsseitig aufgerissen. In diesem Unterfeuerungsversuch ist das Flaschenventil nach 39 min abgerissen. Es kam zur Druckentlastung und die liegende Flasche bekam einen entsprechenden Impuls, so dass sie vom Holzstapel rutschte. In Abb. 24 ist die Flasche nach dem Versuch dargestellt.

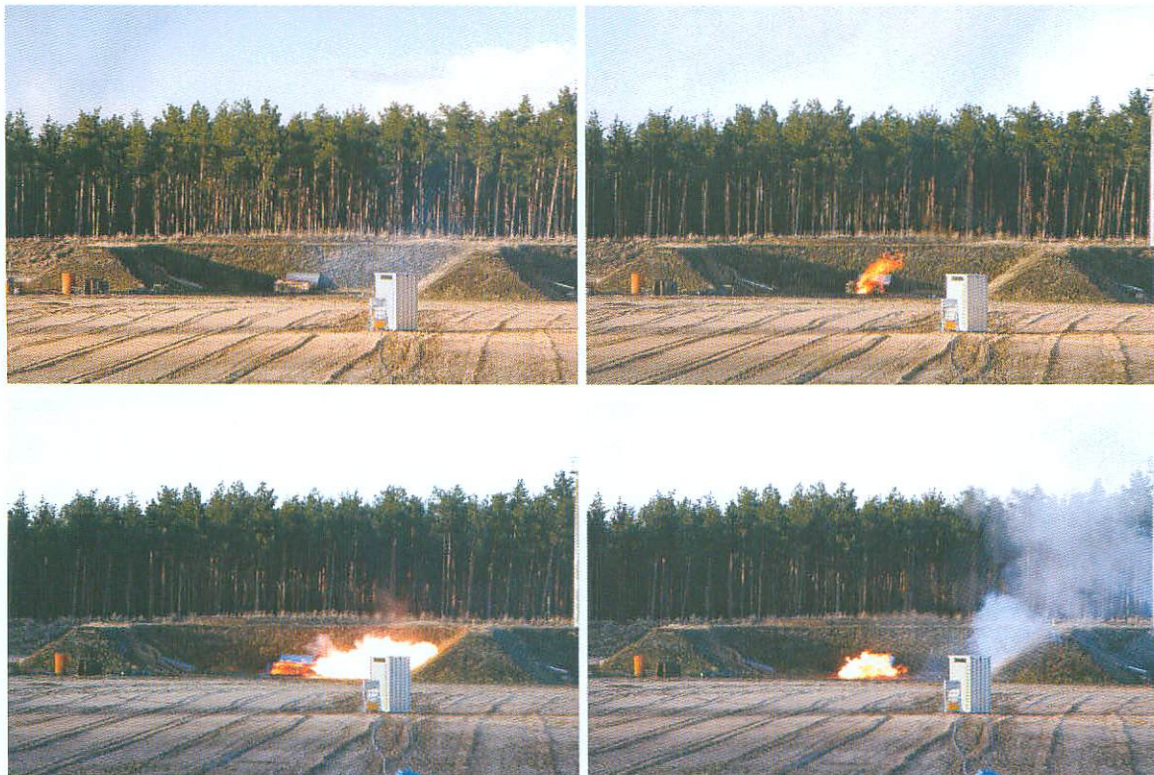


Abb. 22: Bildsequenz einer Unterfeuerung einer leeren, liegenden Acetylenflasche

Die maximalen Temperaturen im porösen Material waren mit $T_{\max, \text{ Hals}} = 101 \text{ }^{\circ}\text{C}$, $T_{\max, \text{ Mitte}} = 259 \text{ }^{\circ}\text{C}$ und $T_{\max, \text{ Boden}} = 160 \text{ }^{\circ}\text{C}$ vergleichbar. Der Flaschendruck betrug jedoch kurz vor Einsetzen der Druckentlastung nur 17 bar und war ca. halb so hoch wie in Versuch 5.

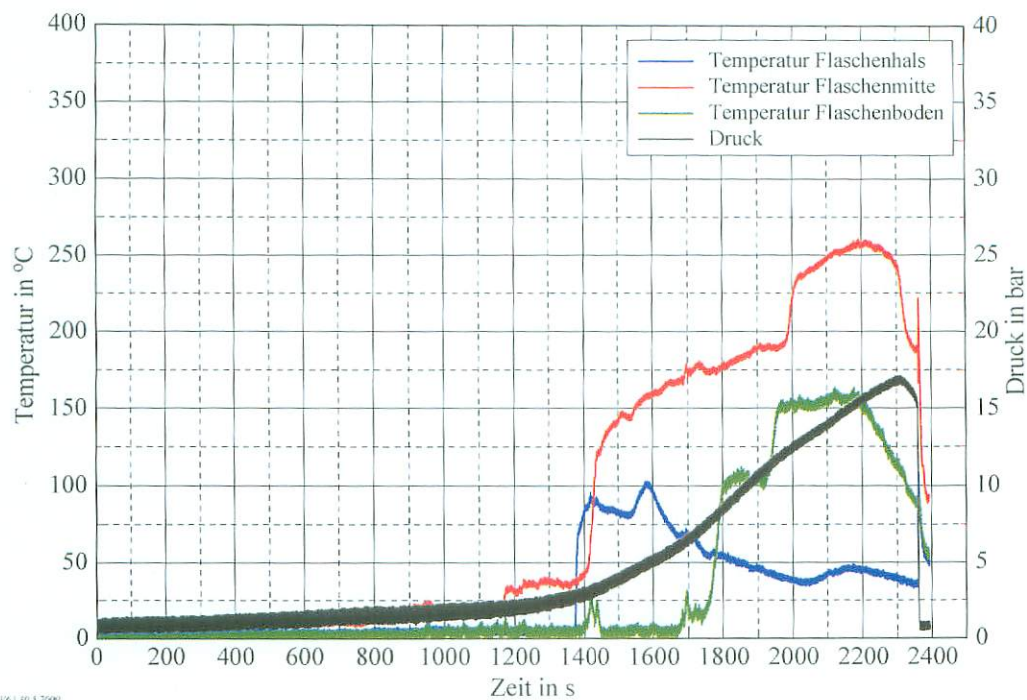


Abb. 23: Zeitliche Temperaturverläufe im porösen Material einer leeren, unterfeuerten Acetylenflasche

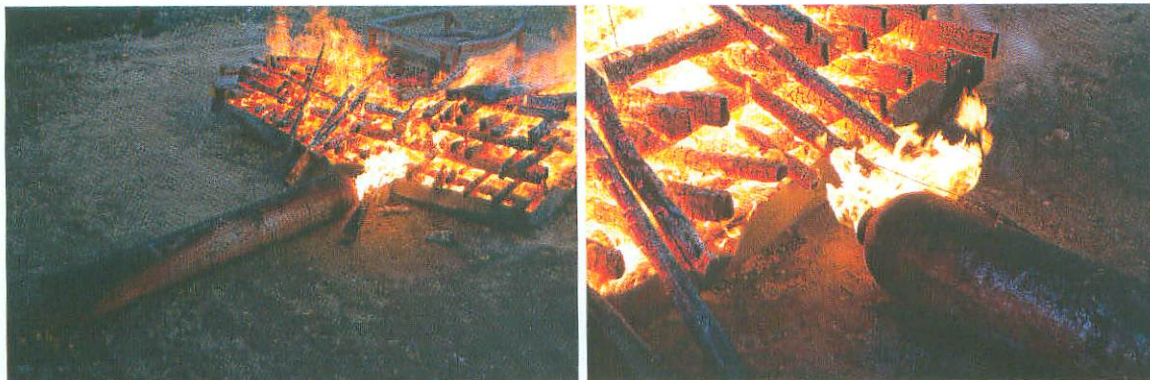


Abb. 24: Bildsequenz einer Unterfeuerung einer leeren, liegenden Acetylenflasche

7. Versuch: volle Acetylenflasche, liegend im Holzstapel unterfeuert

Im ersten Versuch wurde eine volle Acetylenflasche stehend im Holzstapel unterfeuert. Um das Verhalten einer vollen Flasche zu beobachten, wenn sie über eine größere Fläche unterfeuert wird, d.h. liegend, wurde noch ein abschließender Versuch durchgeführt. In Abb. 25 ist eine Bildsequenz des Versuchs dargestellt. Es wurde keine Temperatur- oder Druckmessung durchgeführt.

Die Flasche ist nach 17 min geborsten. Dabei ist die Flasche nicht fragmentiert, sondern wurde in einem Stück in 126 m Entfernung zum Holzstapel gefunden. Die Flasche war mit einer Schüttmasse als poröses Material gefüllt, die in einem weiten Bereich um den Holzstapel verteilt wurde und brannte.

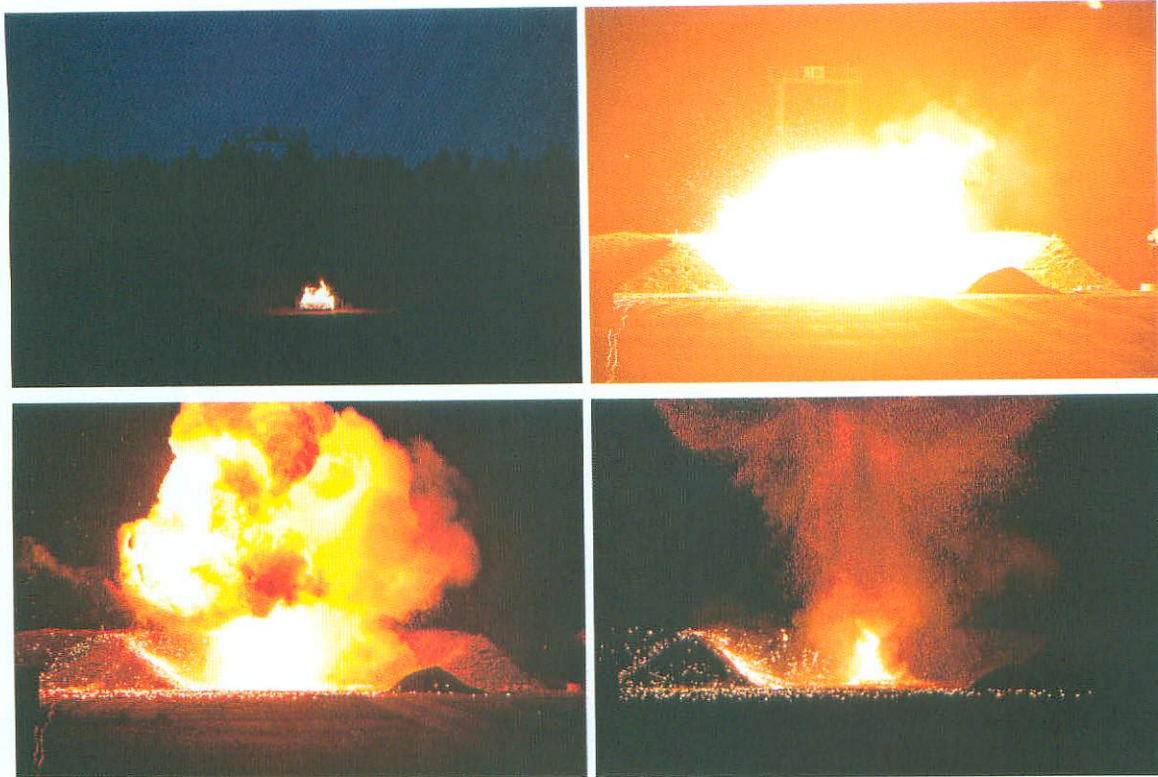


Abb. 25: Bildsequenz einer Unterfeuerung einer leeren, liegenden Acetylenflasche

4 Zusammenfassung

Es wurden insgesamt sieben Acetylenflaschen mit unterschiedlichen Füllzuständen unter- bzw. befeuert. Das Ziel der Versuchsreihe, insbesondere die Bestimmung des Verhaltens „leerer“ Acetylenflaschen im Feuer, d. h. Flaschen, die nur noch mit Sättigungsacetylen gefüllt sind, wurde erreicht.

Es ist hinreichend bekannt, dass volle Acetylenflaschen explosionsartig aufreißen und den gesamten Inhalt (poröses Material, Acetylen, Lösungsmittel) freisetzen, wenn sie einer starken Wärmequelle ausgesetzt sind. Dabei kommt es in der Regel auch zu einer Entzündung des freigesetzten Brennstoffes, so dass ein großer Flammenball entsteht. Die Flaschenfragmente können dabei Flugweiten bis zu 200 m erreichen.

Nicht bekannt hingegen war das Verhalten „leerer“ Acetylenflaschen. In den Druckbehältern befinden sich je nach porösem Material und Behältervolumen noch ca. 15 kg Aceton (im Falle von DMF weniger), in dem in Abhängigkeit von der Temperatur und Atmosphärendruck auch noch etwas Acetylen gelöst ist. In den Unterfeuerungsversuchen mit den „leeren“ Flaschen konnte gezeigt werden, dass auch diese Behälter bei einem hohen Wärmeeintrag in kurzer Zeit explosionsartig aufreißen können. Vorausgesetzt, die Flaschenventile sind geschlossen, so dass sich ein entsprechender Druck aufbauen kann. Die Auswirkungen sind vergleichbar mit denen bei der Explosion einer vollen Acetylenflasche, abgesehen von einem kleineren Feuerball durch weniger freigesetzten Brennstoff. Die Flaschenfragmente können auch hier Flugweiten von mehr als 100 m erreichen.

Begleitende Druckmessungen haben gezeigt, dass der Druck während einer Unterfeuerung bis auf ca. 50 bar ansteigen kann. Bei einer entsprechenden Materialschwächung, lokal oder großflächig, durch den Wärmeeintrag, können die Flaschen auch bei diesen Drücken aufreißen. Der Druckaufbau in leeren Acetylenflaschen kann vermieden werden, wenn die Flaschen kein geschlossenes System bilden. Ob das o. a. Verhalten der Flaschen durch einfaches Öffnen des Ventils vermieden werden kann, war nicht Gegenstand der Untersuchungen. Denkbar ist jedoch, dass sich das Flaschenventil zusetzt und so wieder ein geschlossenes System gebildet wird. Das Aufreißen der Flaschen im Feuer kann vermieden werden, wenn das Flaschenventil herausgedreht wird und durch ein geeignetes „Druckentlastungssystem“, z. B. durch einen Kunststoffverschluss, ersetzt wird. Es muss aber gewährleistet werden, dass der Verschluss bereits bei geringem Überdruck öffnet.

BAM Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung
12200 Berlin, 10. Juni 2009

Fachgruppe II.1
„Gase, Gasanlagen“

im Auftrag



Dr. K. Holtappels
Arbeitsgruppenleiter

Arbeitsgruppe
„Sicherheitstechnische Eigenschaften
von Gasen“

im Auftrag



Dipl.-Ing. M. Beckmann-Kluge
Prüfer

- Verteiler
1. Ausfertigung: Umwelt-Technik-Metallrecycling GmbH
 2. Ausfertigung: BAM – Arbeitsgruppe
„Sicherheitstechnische Eigenschaften von Gasen“