

AMTS-UND MITTEILUNGSBLATT DER BUNDESANSTALT FÜR MATERIALPRÜFUNG

Inhaltsverzeichnis	Seite
Zweites gemeinsames Kolloquium der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt und der Bundesanstalt für Materialprüfung am 9. September 1970 in Berlin	2
Das Problem der Sicherheit technischer Systeme <i>K. Brandes</i>	2
Über die Dimensionierung von Druckentlastungsöffnungen bei Gas- und Staubexplosionen <i>H.-J. Heinrich</i>	5
Chemische Stabilität von Flüssigkeiten und Gasen <i>G. Stresse</i>	10
Die Lacktrocknung in Öfen entsprechend der Unfallverhütungsvorschrift VBG 24 <i>G. Matzkuhn</i>	12
Kunststoffe als Wandmaterial von Behältern für brennbare Flüssigkeiten <i>K. Meier</i>	16
Acetylenleitungen und Flammensperren <i>G. Marcks</i>	19
<i>Redaktionelle Bemerkung über den Vortrag von P.-A. Wandrey</i>	
Über die Explosionsfähigkeit von Emulsionen brennbarer Flüssigkeiten in wässrigem Wasserstoffperoxid	23
Amtliche Bekanntmachungen Bekanntmachungen der neuen Zulassungszeichen für vor dem Inkrafttreten des Gesetzes über explosionsgefährliche Stoffe zugelassene pyrotechnische Gegenstände	24
Auf dem Umschlag:	
Organisationsplan der Bundesanstalt für Materialprüfung	II
Erlaß des Bundesministers für Wirtschaft über die Bundesanstalt für Materialprüfung (BAM) vom 1. September 1964	III
Gesetz über explosionsgefährliche Stoffe und Gegenstände (Sprengstoffgesetz) vom 25. August 1969, Auszug	III
Epreuve – Gerät aus dem Jahre 1626 zur Ermittlung des Arbeitsvermögens von Schwarzpulver	IV

Organisationsplan der Bundesanstalt für Materialprüfung (BAM)

1 Berlin 45, Unter den Eichen 87

Präsident

Dienststelle 0.1
Information und Dokumentation

Dienststelle 0.2
Angewandte Mathematik und Mechanik

Dienststelle 0.3
Technischer Dienst

Dienststelle 0.4
Verwaltung und Rechtsangelegenheiten

Abteilung 1 Metalle und Metallkonstruktionen

1.01
Sonderfragen der Abteilung

Abteilung 2 Bauwesen

2.01
Allgemeine bautechnische Probleme
UEAtc-Sekretariat

Abteilung 3 Organische Stoffe

3.01
Erdöl- und Kohleerzeugnisse

Fachgruppe 1.1 Metallkunde und Metalltechnologie

1.11
Metallographie und
Metalltechnologie
1.12
Physikalische Meßver-
fahren in der Metallkunde
1.13
Elektronenmikroskopie
und Feinstrukturunter-
suchungen
1.14
Metallurgie; Metallkeramik

Fachgruppe 1.2 Mechanisches Verhalten von Metallen und Konstruktionen

1.21
Mechanisch-technologische
Untersuchungen
1.22
Dauerschwing- und Gestalt-
festigkeit
1.23
Antriebs Elemente und
Getriebe
1.24
Festigkeitsforschung und
Behälteruntersuchungen

Fachgruppe 2.1 Mineralische Baustoffe

2.11
Chemische und physi-
kalische Untersuchungen
2.12
Festigkeitsunter-
suchungen
2.13
Technologie der Bau-
stoffe
2.14
Sonderprobleme und
Güteschutz

Fachgruppe 2.2 Tragfähigkeit der Baukonstruktionen

2.21
Baukonstruktionen des
Massivbaues
2.22
Baukonstruktionen aus
Metall
2.23
Baukonstruktionen aus
Holz, Kunststoffen und
Sonderbaustoffen
2.24
Grundlagen und Sonder-
probleme

Fachgruppe 3.1 Kautschuk, Kunst- und Anstrichstoffe

3.11
Kautschuk und
Kautschukerzeugnisse
3.12
Kunststoffkunde
3.13
Kunststofferzeugnisse
3.14
Anstrich-, Belag- und
Klebstoffe

Fachgruppe 3.2 Textilien und Leder

3.21
Physik und Technologie
von Textilien
3.22
Textilchemie
3.23
Waschmittel, Wäscherei-
technik, Chemischreinigung
3.24
Leder, Kunstleder, Rauch-
waren

Fachgruppe 1.3 Korrosion und Metallschutz

1.31
Thermodynamik und
Kinetik der Korrosion
1.32
Technologie und Morpho-
logie der Überzugssysteme
1.33
Korrosion technischer
Anlagen und Geräte
1.34
Klimatische Bean-
spruchung metallischer
Werkstoffe und Schutz-
systeme

Fachgruppe 1.4 Anorganisch-chemi- sche Untersuchungen

1.41
Analyse von Eisen und
Stahl
1.42
Analyse von Nichteisen-
metallen
1.43
Analyse nichtmetallischer
anorganischer Stoffe
1.44
Physiko-chemische
Analyseverfahren, Spektro-
chemie

Fachgruppe 2.3 Tiefbau

2.31
Bodenmechanik
2.32
Grundbau
2.33
Bitumen-Straßen und
Abdichtungen
2.34
Sonderprobleme des
Tiefbaues

Fachgruppe 2.4 Bautenschutz

2.41
Brandschutz, Feuerschutz
2.42
Wärmeschutz, klimabe-
dingter Feuchtigkeitsschutz
2.43
Schallschutz, Erschütte-
rungsschutz
2.44
Technologie des Bau-
schutzes

Fachgruppe 3.3 Papier, Druck, Verpackung

3.31
Zellstoff- und Papier-
chemie
3.32
Physik und Technologie
von Papier und Pappe
3.33
Druck- und Kopier-
technik, Schreibmittel
3.34
Verpackung

Fachgruppe 3.4 Sonderprüfverfahren für organische Stoffe

3.41
Analyse organischer Stoffe
3.42
Feinstrukturunter-
suchungen; Massen-
spektrometrie
3.43
Physikalische Unter-
suchungen
3.44
Beständigkeitsunter-
suchungen

Abteilung 4 Chemische Sicherheitstechnik

4.01
Transport und Lagerung gefährlicher Güter

Abteilung 5 Sondergebiete der Materialprüfung

5.01
Sonderfragen der Abteilung

Abteilung 6 Stoffartunabhängige Verfahren

6.01
Sonderfragen der Abteilung

Fachgruppe 4.1 Thermochemie der Verbrennungs- reaktion

4.11
Verbrennungs- und Selbst-
entzündungsvorgänge; Re-
aktionen mit Sauerstoff
4.12
Staubbrände und Staub-
explosionen
4.13
Kalorimetrie; spezielle
exotherme Reaktionen
4.14
Grundlagen der Ex-
plosionsdynamik disperser
Systeme

Fachgruppe 4.2 Technische Gase

4.21
Chemische Eigenschaften;
Gasanalyse
4.22
Sicherheitstechnische Kenn-
zahlen; Zündvorgänge
4.23
Gasschutz; Überwachung
von Arbeitsvorgängen
4.24
Sicherheitstechnische
Beurteilung von Anlagen
und Verfahren

Fachgruppe 5.1 Biologische Materialprüfung

5.11
Mikrobiologie
und Zoologie
5.12
Materialschutz
gegen Organismen
5.13
Holzschutz- und
Holzchemie
5.14
Holz- und Holzwerk-
stoff-Technologie

Fachgruppe 5.2 Rheologie und Tribologie

5.21
Rheometrie
5.22
Rheologisches Verhalten
von Werkstoffen
5.23
Schmierstoffe
5.24
Reibung, Verschleiß,
Schmierung

Fachgruppe 6.1 Meßwesen und Regeltechnik

6.11
Mechanische Meß- und
Regeltechnik
6.12
Elektrische Meß- und
Regeltechnik
6.13
Modelltechnik und
Gestalt einfluß
6.14
Materialprüfmaschinen
und elektrische Meß-
geräte

Fachgruppe 6.2 Zerstörungsfreie Materialprüfung

6.21
Mechanische und thermi-
sche Prüfverfahren
6.22
Elektrische und magne-
tische Prüfverfahren
6.23
Strahlenverfahren und
Strahlenschutz
6.24
Verfahren zur zerstörun-
gsfreien Untersuchung von
Werkstoffeigenschaften

Fachgruppe 4.3 Explosionsfähige feste und flüssige Stoffe

4.31
Systematik und Prüf-
methodik
4.32
Explosive Stoffe
4.33
Stoffe mit geringer che-
mischer Beständigkeit
4.34
Pyrotechnische Sätze
und Gegenstände

Fachgruppe 4.4 Gasgeräte und Acetylenanlagen

4.41
Explosive Reaktionen
der Acetylene
4.42
Speicherung der Ace-
tylene; Beurteilung von
Verfahren
4.43
Sicherheitseinrichtungen
für technische Gase
4.44
Apparaturen für technische
Gase

Fachgruppe 5.3 Oberflächen- phänomene

5.31
Oberflächen-
Morphologie
5.32
Zusammensetzung von
Oberflächen-Schichten
5.33
Grenzflächen-Kinetik
5.34
Adsorption und Kata-
lyse; Elektrochemische
Meßverfahren

Fachgruppe 5.4 Farbmetrik

5.41
Farbmessung
5.42
Glanzmessung
5.43
Farbtechnik
5.44
Echtheitsbewertung

Fachgruppe 6.3 Kerntechnik in der Materialprüfung und Strahlenschutz

6.31
Physikalische und meß-
technische Grundlagen;
Strahlenschutz
6.32
Strahlenwirkungen
6.33
Anwendung von
Radionukliden
6.34
Prüfung radioaktiver
Stoffe

Fachgruppe 6.4 Fügetechnik

6.41
Schmelzschweißen
6.42
Preßschweißen und
Sonderverfahren
6.43
Löten, Kleben und Kunst-
stoffschweißen
6.44
Kraft- und Formsclußver-
bindungen; Fügegerechte
Gestaltung

Inhaltsverzeichnis	Seite
Zweites gemeinsames Kolloquium der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt und der Bundesanstalt für Materialprüfung am 9. September 1970 in Berlin	2
Das Problem der Sicherheit technischer Systeme <i>K. Brandes</i>	2
Über die Dimensionierung von Druckentlastungsöffnungen bei Gas- und Staubexplosionen <i>H.-J. Heinrich</i>	5
Chemische Stabilität von Flüssigkeiten und Gasen <i>G. Strese</i>	10
Die Lacktrocknung in Öfen entsprechend der Unfallverhütungsvorschrift VBG 24 <i>G. Matzkuhn</i>	12
Kunststoffe als Wandmaterial von Behältern für brennbare Flüssigkeiten <i>K. Meier</i>	16
Acetylenleitungen und Flammensperren <i>G. Marcks</i>	19
<i>Redaktionelle Bemerkung über den Vortrag von P.-A. Wandrey</i>	
Über die Explosionsfähigkeit von Emulsionen brennbarer Flüssigkeiten in wäßrigem Wasserstoffperoxid	23
Amtliche Bekanntmachungen Bekanntmachungen der neuen Zulassungszeichen für vor dem Inkrafttreten des Gesetzes über explosionsgefährliche Stoffe zugelassene pyrotechnische Gegenstände	24
Auf dem Umschlag:	
Organisationsplan der Bundesanstalt für Materialprüfung	II
Erlaß des Bundesministers für Wirtschaft über die Bundesanstalt für Materialprüfung (BAM) vom 1. September 1964	III
Gesetz über explosionsgefährliche Stoffe und Gegenstände (Sprengstoffgesetz) vom 25. August 1969, Auszug	III
Eprouvette – Gerät aus dem Jahre 1626 zur Ermittlung des Arbeitsvermögens von Schwarzpulver	IV

Herausgabe und Druck	Bundesanstalt für Materialprüfung (BAM)
Redaktion	Dr. A. Kallmann, M. Mennigen und Dr. H. Treumann
Anschrift	1 Berlin 45 (Dahlem), Unter den Eichen 87
Fernsprecher	(0311) 8104-1
Fernschreiber	018 - 32 61
Erscheinungsweise	Viermal jährlich
Bezugspreis	24,- DM für das Jahresabonnement. Bei Bedarf erscheinende Sonderhefte werden zusätzlich berechnet. Einzelheft: 8,- DM In den Preisen sind die Versandkosten enthalten. Bestellungen sind bei der Bundesanstalt für Materialprüfung oder über den Buchhandel möglich.

Zweites gemeinsames Kolloquium der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt und der Bundesanstalt für Materialprüfung am 9. September 1970 in Berlin

Die Aufgaben der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt in Braunschweig und der Bundesanstalt für Materialprüfung in Berlin berühren sich – der Zielsetzung der Anstalten entsprechend – in vielen Punkten. Deswegen ist eine regelmäßige gegenseitige Information über die durchzuführenden Arbeiten im einzelnen erforderlich, damit nicht Doppelarbeit entsteht oder sogar divergierende Auffassungen sich bilden und nach außen vertreten werden. Mit anderen Worten: Art, Umfang und Form der Zusammenarbeit müssen gelegentlich besprochen und aufeinander abgestimmt werden, und es muß Verständnis für die Zielsetzung und Arbeitsweise der jeweiligen Schwesteranstalt erweckt werden.

Eine geeignete Möglichkeit, sich gegenseitig umfassend und in größerem Kreise zu unterrichten und fachliche Diskussionen zu führen, bieten wissenschaftliche Kolloquien. Ein solches war am 3. 6. 1970 in Braunschweig durchgeführt worden mit Vorträgen von Mitarbeitern der PTB; eine entsprechende Veranstaltung mit Vorträgen aus der Arbeit der BAM fand am 9. 9. 1970 in Berlin statt. Der Schwerpunkt beider Kolloquien lag im Bereich des Explosionsschutzes und der chemischen Sicherheitstechnik.

Die von den Mitarbeitern der BAM gehaltenen Referate werden nachstehend veröffentlicht.

Das Problem der Sicherheit technischer Systeme

Von Reg.-Rat Dr.-Ing. Klaus Brandes, Bundesanstalt für Materialprüfung (BAM), Berlin

DK 614.8:62-78

Amts- und Mitteilungsblatt der Bundesanstalt für Materialprüfung (BAM) 1 (1970/71) Nr. 5 S 2/5

Manuskript-Eing. 28. September 1970

Inhaltsangabe

Soll die Sicherheit eines technischen Systems beurteilt werden, so sind zwei Aspekte zu beachten:

1. Eine quantitative Aussage über die Zuverlässigkeit des Systems – oder, in inverser Formulierung, über das dem System innewohnende Risiko – muß möglich sein.
2. Die Gesellschaft muß zu einer Aussage darüber veranlaßt werden, welches Risiko sie zu akzeptieren bereit ist.

Eine Entscheidung über die Einführung neuartiger technischer Systeme kann somit rational begründet werden. Diese Begründung hat ihren Platz zumindest gleichberechtigt neben dem volkswirtschaftlichen Kalkül.

Technische Innovationen verlangen nach einer Voraussage über die mit ihnen verbundene Gefährdung der Umwelt. Diese Forderung hat in der ganz besonders von diesen Problemen betroffenen Kerntechnik dazu geführt, daß eine konsistente Methodologie der Sicherheitsanalyse entwickelt wird, die befruchtend auf andere Bereiche der Technik zu wirken beginnt.

Sicherheit technischer Systeme – Risiko, technisches – Zuverlässigkeit, technische – Probabilistische Tragwerksanalyse

1. Einführung

Wesentliche Fähigkeit des Menschen ist es, Technik hervorzubringen. Technik ist zum Überleben des Menschen notwendig. Technische Entwicklungen erweitern ständig den Lebensbereich des Menschen, machen das Leben leichter und erhöhen die Lebenserwartung.

Auf der anderen Seite bringt jedes neue technische System Gefahren für die unmittelbaren Benutzer und die Gesellschaft mit sich. Dabei kann es sich sowohl um Gefahren für das Leben der Betroffenen handeln als auch um Gefahren für die Struktur der Gesellschaft.

Die Gefahren, die technische Systeme in sich bergen, bedingen die Frage nach der technischen Sicherheit und Zuverlässigkeit der Systeme oder – anders ausgedrückt – nach den mit diesen Systemen verbundenen Risiken. Schlägt man in Handbüchern oder Lexika nach, so wird unter Risiko immer ein wirtschaftliches Risiko verstanden. Es geht hier aber um das Risiko für Leben und Gesundheit der Bevölkerung.

Die Analyse des Risikos hat sowohl die Wahrscheinlichkeit für das Eintreffen von bestimmten Schadensfällen als auch die Auswirkungen dieser Schadensfälle zu umfassen.

Schließlich ist die Frage „Wie sicher ist sicher genug?“ zu beantworten, denn absolut sichere Systeme gibt es nicht.

Mit der Antwort „So sicher wie möglich“ ist niemandem gedient; denn mit Geld und weiteren Anstrengungen von Ingenieuren kann jedes System sicherer gemacht werden. Gleichzeitig stellt sich hier die Frage, ob Geld und Ingenieure nicht an anderer Stelle effektiver eingesetzt werden können. Das in *Abb. 1* wiedergegebene Schema soll die Verknüpfung der beiden zur Diskussion stehenden Bereiche anschaulich zeigen.

2. Gefahren der Technik – Das technische Risiko

Ingenieure haben zu jeder Zeit zwischen Wagnis und Gewinn abwägen müssen. Fehlentscheidungen wurden im Laufe der Zeit revidiert, oft nach Katastrophen. Technische Systeme wurden schrittweise sicherer gemacht, bis das mit ihnen verbundene Risiko akzeptiert wurde (Eisenbahn, Flugzeuge). Heute tangieren technische Innovationen die öffentliche Sicherheit oft in sehr viel stärkerem Maße als früher. Es ist daher notwendig, das in ihnen vorhandene Gefahrenpotential im voraus zu kennen. Gefährlich ist sowohl die massenhafte Verwendung vieler Systeme (Kraftfahrzeu-

schätzung der gesamten Umweltgefährdung durch Freisetzung von Radioaktivität bei allen denkbaren Schadensfällen.

Eine allgemeine Methode muß auf der einen Seite die Auswirkung denkbarer Schadensfälle – in Termen radioaktiver Freisetzung – zu beurteilen gestatten, auf der anderen Seite Aussagen machen über die Eintreffwahrscheinlichkeit dieser Ereignisse.

Die historische Entwicklung zu dieser Methodik ist bezeichnend wohl für alle Bereiche der Technik. Sie trat kurze Zeit früher im Flugzeugbau auf und faßte dann in der Reaktortechnik Fuß.

Ende der 50er Jahre wurde erstmals eine feste Regel für die sicherheitstechnische Untersuchung von Kernkraftwerken eingeführt mit der Definition des „Größten glaubhaften Schadensfalles“ (MCA – maximum credible accident): Das ist nach *Renk* (4) derjenige Unfall, „dessen Folgen – gemessen an der radioaktiven Belastung der umgebenden Öffentlichkeit nach einer Freisetzung von radioaktivem Spaltstoff – durch keinen Unfall übertroffen werden, der während der Lebenszeit der Anlage als glaubhaft erscheint“.

Ein größerer Unfall tritt bei Kernreaktoren erst auf, wenn mehrere Einrichtungen gleichzeitig versagen. Wird diese Gleichzeitigkeit im Versagen a priori angenommen und als glaubhaft vorausgesetzt, so reduziert sich die Analyse auf ein bloßes „Wenn – Dann“.

In der Praxis hat das Konzept dazu geführt, „glaubhafte“ Schadensfälle durch zusätzliche Sicherheitsvorkehrungen zur Verhütung oder Begrenzung des Schadens zu „unglaubhaften“ werden zu lassen; so wurde das Ausmaß der glaubhaften Schadensfälle systematisch reduziert.

Die massive Kritik am Konzept des MCA führte dazu, die einzelnen Ereignisse mit Eintreffwahrscheinlichkeiten zu koppeln. Damit entfiel die unbefriedigende Einteilung in glaubhafte und unglaubhafte Schadensfälle. Immerhin konnte Wesentliches aus den Arbeiten unter dem Konzept des MCA übernommen werden, hatten doch alle Beteiligten gelernt, Untersuchungen anzustellen über Betriebsbedingungen und Funktionszuverlässigkeit von Komponenten, Subsystemen und Systemen.

In der probabilistischen Analyse wird nun das „Wenn“ verknüpft mit der zugehörigen Eintreffwahrscheinlichkeit, das „Dann“ mit dem Erwartungswert der Störfallauswirkung (Schadenserwartung). Die wesentlichen Punkte der von *Farmer* 1967 vorgestellten Methodologie seien nach *Jaeger* (1) zitiert:

- „(1) Der Bereich möglicher Reaktorunfälle umfaßt ein vollständiges Spektrum von der unbedeutenden Freisetzung von Radioaktivität mit resultierendem Strahlenbelastungsniveau in der Größenordnung der natürlichen Hintergrundstrahlung bis zur Freisetzung großer Mengen radioaktiver Spaltprodukte, was zu einer großräumigen Gefahr für Gesundheit und Leben der im Umkreis lebenden Bevölkerung führen kann.
- (2) Das Risiko-Potential eines Reaktors hängt nicht nur von der Intensität eines Bereiches von Unfällen ab, sondern auch von den Eintreffwahrscheinlichkeiten dieser Unfälle. In diesem Rahmen kann das Risikoproblem eines Reaktors dann als annehmbar gelten, wenn Unfällen mit zunehmender Schwere abnehmende Eintreffwahrscheinlichkeiten zugeordnet sind.

- (3) Die berechneten oder sonstwie abgeschätzten Eintreffwahrscheinlichkeiten von Schadensfällen und die Schadensauswirkungen können in einem Diagramm aufgetragen werden. Entscheidungen über die angemessene Sicherheit des Reaktorsystems werden mit Hilfe einer Kurve gefällt, die einen als zulässig erachteten Bereich von Schadensausmaß und Eintreffwahrscheinlichkeit begrenzt. Diese Grenzkurve wird aufgrund übergeordneter Entscheidungen über angemessene Relationen von Nutzen und Risiko in der Verwendung von Kernenergie gegründet“ (vgl. Abb. 2).

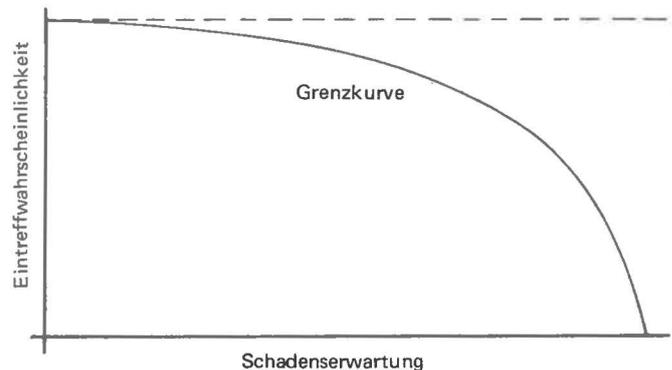


Abb. 2
Zulässiger Bereich von Schadensausmaß und Eintreffwahrscheinlichkeit

Nachdem eine hinreichend befriedigende Methode zur Verfügung steht, bleibt die Frage, ob genügend gesicherte Unterlagen über die Ausfallwahrscheinlichkeiten von Komponenten und Subsystemen zur Verfügung stehen. Sicher ist das im Bereich elektrischer und elektronischer Bauteile der Fall, die in großen Serien produziert werden. Anders verhält es sich bei den mechanischen Komponenten, den maschinen-technischen Anlagen und bautechnischen Konstruktionen.

Bei der Anwendung der probabilistischen Methode auf mechanische Komponenten entstehen fundamentale Schwierigkeiten. Hier stehen sich zwei „Schulen“ gegenüber, von denen die *deterministische* behauptet, daß Ausfälle mechanischer Komponenten durch prinzipiell vermeidbare Fehler in Planung und Fertigung verursacht werden. Dagegen ist die *probabilistische* Schule der Ansicht, daß auch alle mit den mechanischen Komponenten gekoppelten Fragen probabilistischer Beschreibung zugänglich sind, vgl. *Merz* (3). Die deterministische Betrachtungsweise kann dem praktisch arbeitenden Ingenieur zwar Regeln geben, die zu einem möglichst zuverlässigen System führen, sie vermag es aber nicht, die zu erwartende mittlere fehlerfreie Betriebszeit eines mechanischen Bauteils quantitativ zu beurteilen. Die rein probabilistische Betrachtungsweise hingegen gibt dem Ingenieur keine Konstruktionsregeln in die Hand, sie kann jedoch mittlere fehlerfreie Betriebszeiten berechnen, wenn die nötigen statistischen Unterlagen für die einzelnen Bauteile zur Verfügung stehen.

6. Die Zuverlässigkeit mechanischer Komponenten

Grundlage einer Anwendung der probabilistischen Sicherheitsanalyse ist die Kenntnis der Ausfallwahrscheinlichkeiten der Einzel-Komponenten.

Die Zuverlässigkeit serienmäßiger elektronischer Komponenten – z. B. als Funktion von Alter und Umgebungseinflüssen – ist aus den Ausfallraten großer Kollektive bekannt.

Für mechanische Komponenten liegen Zuverlässigkeitsfunktionen nicht vor. Diese Tatsache erklärt sich aus der Vielfalt der Konstruktionen und der Verschiedenartigkeit von Belastungen und Umgebungseinflüssen. Zuverlässigkeitsfunktionen müßten aus Elementarbausteinen zusammengesetzt werden. Solche Bausteine sind nach *Jaeger* (2):

- „(1) Die statistischen Verteilungsfunktionen für die Werkstoffigenschaften unter Berücksichtigung der diese Funktionen modifizierenden diversen Alterungsvorgänge,
- (2) die statistischen Abweichungen in der geometrischen Form der Komponenten und deren Änderungen mit der Zeit,
- (3) die statistische Verteilung der Lasteinwirkungen,
- (4) das mechanische Spannungs-Formänderungsfeld infolge dieser statistisch verteilten Lasteinwirkung unter Berücksichtigung der im inelastischen Bereich eintretenden Umlagerungen,

schließlich wird noch als weiterer Elementarbaustein für die Zuverlässigkeitsanalyse mechanischer Konstruktionen benötigt:

- (5) die physikalische Einsicht in die Natur der Bruchvorgänge.“

Auf der Grundlage dieser Elementarschritte wird es möglich sein, die notwendige probabilistische Tragwerksanalyse durchzuführen und so zu einer klaren Formulierung des Sicherheitsbegriffs in der Konstruktionstechnik zu gelangen.

Dieser Sicherheitsbegriff ist dann probabilistischer Natur und bezieht sich auf Grenzzustände wie beispielsweise der Betriebsnutzungsfähigkeit oder der Tragfähigkeit.

7. Zusammenfassung

An Hand eines sehr vereinfachten Schemas wurde versucht, wesentliche Gesichtspunkte darzustellen, die das Risikoproblem technischer Systeme beinhaltet.

Während die Sicherheitsanalyse technischer Systeme naturgemäß Aufgabe von Ingenieuren ist, ist das gesellschaftliche Gegenstück dazu, nämlich die Festlegung akzeptabler Risiken, nicht von Hause aus Ingenieur-Aufgabe.

Da aber unser Gesellschaftssystem sich – dank einer verfehlten Zielsetzung in der Bildung – als unfähig erwiesen hat, eine in Fragen der Technik mündige Gesellschaft hervorzubringen, wird auch diese Frage vom Ingenieur nicht nur gestellt, sondern muß auch bisher von ihm beantwortet werden. Hierin liegt ein Risiko ganz anderer Art.

Literatur

- (1) Jaeger, Th. A.
Schweizer Archiv für angewandte Wissenschaft und Technik 36 (1970) Nr. 7 S. 201/207
- (2) Jaeger, Th. A.
Vortrag auf einem Kolloquium der Bundesanstalt für Materialprüfung (BAM), Berlin-Dahlem, am 19. 6. 1970
- (3) Merz, L.
Institut für Meß- und Regelungstechnik, Laboratorium für Reaktorregelung und Anlagensicherung, MRR 59 (1969)
- (4) Renk, K.-D.
Zur Risikobestimmung von Kernkraftwerken
Diss. TU Berlin 1969
- (5) Farmer, F. R.
Nucl. Safety 8 (1967) Nr. 6 S. 539/548
- (6) Starr, C.
Science 165 (1969) Nr. 3899 S. 1232/1238

Über die Dimensionierung von Druckentlastungsöffnungen bei Gas- und Staubexplosionen

Von **Dir. u. Prof. Dr. Hans-Jürgen Heinrich**, Bundesanstalt für Materialprüfung (BAM), Berlin

DK 614.839:621.642.3

Amts- und Mitteilungsblatt der Bundesanstalt für Materialprüfung (BAM) 1 (1970/71) Nr. 5 S 5/9

Manuskript-Eing. 8. Oktober 1970

Inhaltsangabe

Bei Forschungsarbeiten über die Bemessung von Druckentlastungsöffnungen für kubische Behälter mit explosionsfähigen Gemischen wurden die für die Druckentlastung wesentlichen Einflußgrößen ermittelt und ein formelmäßiger Zusammenhang zwischen ihnen hergestellt. Die Gültigkeit der aufgestellten Gleichung wurde für Behältervolumina bis zu einigen hundert Kubikmetern durch Vergleiche mit vorliegenden Messungen nachgewiesen.

Druckentlastungsöffnung, Dimensionierung von – Gasexplosionen – Staubexplosionen

1. Einleitung

Die größte Sicherheit beim Umgang mit brennbaren Gasen und Stäuben ist dann erreicht, wenn die Bildung explosibler Gemische vermieden wird.

Ist die Anwesenheit explosibler Gemische in Anlagen und Apparaturen unumgänglich, muß man sich Gedanken machen, auf welche Weise die Auswirkungen von Explosionen möglichst klein gehalten werden können. Die druckfeste

Bauweise – die vom sicherheitstechnischen Standpunkt zweifellos befriedigendste Lösung – ist in den meisten Fällen aus Kostengründen nicht ausführbar. Dann bleibt als letzte Möglichkeit – sieht man einmal von der Methode der Explosionsunterdrückung ab, die nur in Sonderfällen einsetzbar ist – die Schaffung wirksamer und in ungefährlicher Richtung ansprechender Druckentlastungseinrichtungen. Man läßt die Möglichkeit einer Explosion zu, richtet jedoch in der Apparatur eine Sollbruchstelle ein, die schon bei einem Druck anspricht, der ausreichend tief unter der

höchstzulässigen Belastung der übrigen Anlageteile liegt.

Verschiedene Sicherheitsrichtlinien, z. B. die VDI-Richtlinien 2263 „Verhütung von Staubbränden und Staubexplosionen“ oder der „Guide for Explosion Venting“ der National Fire Protection Association, USA, enthalten Angaben über die erforderliche Größe von Druckentlastungsöffnungen für explosionsgefährdete Behälter und Räume. So fordert die amerikanische Richtlinie für kleinere Behälter bis zu etwa 30 m³ Inhalt Entlastungsöffnungen zwischen 0,33 m²/m³ und 0,11 m²/m³. In größeren Räumen bis zu 700 m³ kann die notwendige Öffnung auf 0,07 m²/m³ verringert werden. In den VDI-Richtlinien wird ein Öffnungsverhältnis von 0,1 m²/m³ genannt, das auf 0,02 m²/m³ verkleinert werden kann, wenn die Apparaturen für höhere Drücke ausgelegt sind.

Diese Bemessungsgrundlagen stellen allgemeine Richtwerte dar, welche Volumen und Festigkeit der Behälter und Räume sowie spezielle Verbrennungseigenschaften des in Betracht kommenden explosiblen Systems weitgehend außer acht lassen. Die nach ihnen berechneten Druckentlastungsöffnungen fallen daher in den meisten Fällen unnötig groß aus und sind konstruktiv oft nur schwer realisierbar.

2. Theoretische Überlegungen und Modelluntersuchungen

Die folgenden Ausführungen befassen sich mit Untersuchungen, die in den letzten Jahren in der Bundesanstalt für Materialprüfung mit dem Ziel unternommen wurden, eine optimale Lösung für die Bemessung von Druckentlastungsöffnungen an kubischen Behältern zu finden.

Ausgehend von der Überlegung, daß beim Maximaldruck einer druckentlasteten Explosion – im folgenden mit p_{red} bezeichnet – Gleichgewicht herrscht zwischen der zeitlichen Druckzunahme als Folge der fortschreitenden Explosion und der zeitlichen Druckabnahme infolge des Abströmens durch die Entlastungsöffnung, kann man sich die zeitliche Druckänderung, die beim Maximaldruck definitionsgemäß gleich Null sein muß, zerlegt denken in zwei Teilvorgänge, deren Geschwindigkeiten beim Maximaldruck dem Betrage nach gleich, dem Vorzeichen nach entgegengesetzt sind. Bezeichnen wir die Geschwindigkeiten dieser Teilvorgänge mit den Ausdrücken $-(dp/dt)_{p_{\text{red}}}$, V für die zeitliche Druckabnahme und $(dp_{\text{ex}}/dt)_{p_{\text{red}}}$, V für den zeitlichen Druckanstieg, so ergibt sich für den Maximaldruck die Bedingung

$$-(dp/dt)_{p_{\text{red}}}, V = (dp_{\text{ex}}/dt)_{p_{\text{red}}}, V$$

Wie lassen sich nun diese beiden konkurrierenden Vorgänge quantitativ beschreiben?

Wir wollen zunächst die Vorgänge, die bei der plötzlichen Freigabe der Entlastungsfläche eines unter Überdruck stehenden Behälters ablaufen, näher betrachten. Der Zusammenhang zwischen Strömungsgeschwindigkeit w und Druck p ist für eine stationäre, laminare Strömung eines inkompressiblen Mediums der Dichte ρ in einem horizontalen Rohr mit veränderlichem Querschnitt gegeben durch die Gleichung von Bernoulli

$$\frac{1}{2} \rho w^2 + p = \frac{1}{2} \rho w_e^2 + p_e \quad [1]$$

Der Index e soll hierbei einen definierten Endzustand bezeichnen.

Zur Lösung des Problems werden im wesentlichen folgende vereinfachende Annahmen gemacht:

- 1) die Volumenänderung des Gases bei der Expansion vom Überdruck p auf Atmosphärendruck p_e ist relativ gering und verläuft isotherm, so daß das Gesetz von Bernoulli angewendet werden kann;
- 2) die Strömungsgeschwindigkeit w im Behälterinnern ist während der Expansion so gering, daß sie vernachlässigt werden kann:

$$w = 0$$

Dann gilt zwischen dem Druck p im Behälter, der Störungsgeschwindigkeit w_e in der als Düse gestalteten Entlastungsöffnung und dem dort herrschenden Außendruck p_e die Beziehung

$$\frac{1}{2} \rho w_e^2 = p - p_e \quad [2]$$

Ersetzt man ρ unter Einführung des idealen Gasgesetzes durch $\frac{p \cdot M}{RT}$,

M = Molekulargewicht,
 T = abs. Temperatur,
 R = Gaskonstante,

so erhält man für w_e den Ausdruck

$$w_e = \sqrt{\frac{2 RT}{M} \left(\frac{p - p_e}{p} \right)} \quad [3]$$

Die Gasmenge m , die durch den Düsenquerschnitt F in der Zeiteinheit strömt, ist gegeben durch

$$\frac{dm}{dt} = \rho \cdot F \cdot w_e \quad [4]$$

Unter Berücksichtigung von [3] folgt

$$\frac{dm}{dt} = F \sqrt{\frac{2 M}{RT} p (p - p_e)} \quad [5]$$

Die im Behältervolumen V unter dem Druck p stehende Gasmenge beträgt

$$m = \frac{V \cdot M}{RT} \cdot p \quad [6]$$

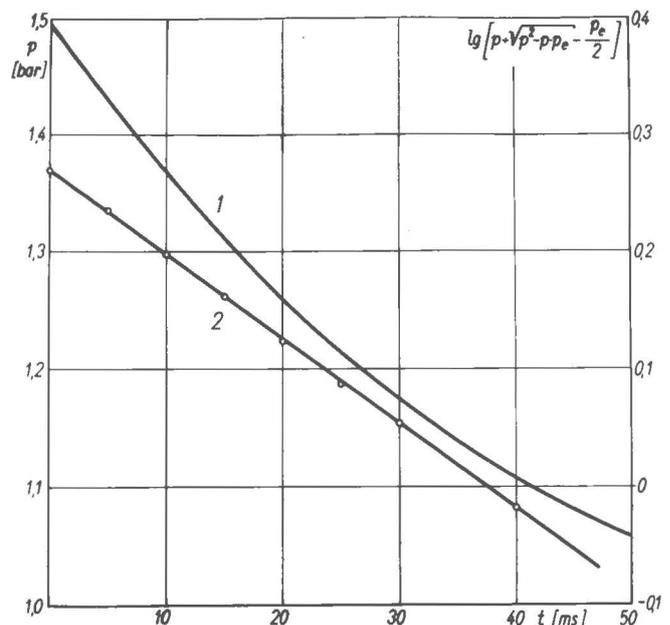


Abb. 1
 Zeitlicher Druckabfall im Behälter nach Freigabe der Entlastungsöffnung

Kurve 1 linke Ordinate

Kurve 2 rechte Ordinate

Ihre zeitliche Abnahme während des Abströmens ergibt sich durch Differentiation zu

$$-\frac{dm}{dt} = \frac{V \cdot M}{RT} \cdot \frac{dp}{dt} \quad [7]$$

Die pro Zeiteinheit aus dem Behälter verschwindende Menge (Gleichung 7) muß gleich derjenigen sein, die in der Zeiteinheit durch den Endquerschnitt F strömt (Gleichung 5). Durch Gleichsetzen von [5] und [7] ergibt sich die gesuchte Beziehung für den zeitlichen Druckabfall

$$-\frac{dp}{dt} = \frac{F}{V} \sqrt{\frac{2 RT}{M} p (p - p_e)} \quad [8]$$

Integration dieser Gleichung gibt

$$\ln \left[p + \sqrt{p(p - p_e)} - \frac{p_e}{2} \right] = \frac{F}{V} \sqrt{\frac{2 RT}{M}} \cdot t + C \quad [9]$$

Gleichung [9] stellt eine Geradengleichung vom Typ $y = mx + b$ dar, wobei für y die den Druck p enthaltende Funktion zu setzen ist. Trägt man diese Funktion über der gemessenen Zeit t auf, so sollte sich bei Gültigkeit von [8] eine Gerade ergeben.

Versuche zeigten, daß der Druckabfall bei einem unter mäßigem Überdruck stehenden Behälter bei plötzlicher Freigabe einer Entlastungsöffnung gut durch diese Formel beschrieben wird. Kurve 1 in Abb. 1 zeigt beispielhaft den zeitlichen Druckabfall in einem Behälter von 24 l Inhalt nach der plötzlichen Freigabe einer Entlastungsöffnung von 10 cm² Querschnitt. Kurve 2 gibt eine Auftragung der Meßwerte nach Gleichung [9] wieder. Die resultierende Gerade zeigt die Gültigkeit von [8] über den gesamten Meßbereich an.

Wenn auch bei der Auswertung der Meßkurven stets die erwartete Abhängigkeit des zeitlichen Druckverlaufs von Gefäßvolumen und Querschnitt der Entlastungsfläche bestätigt wurde, ergaben sich doch meist etwas kleinere Werte für den Anstieg der resultierenden Geraden als nach [9] gefordert wird. Es lag nahe, diesen Befund mit einer Einschnürung des Gasstrahls in der Entlastungsöffnung zu erklären. Der wirksame Querschnitt wird dabei verkleinert. Durch Einführung einer Durchflußzahl α , die – wie Versuche zeigten – bei Düsenform der Öffnung den Wert 1, bei scharfkantigen Öffnungen den Wert 0,8 annimmt, wird diesem Effekt Rechnung getragen.

Bei einem Überdruck von mehr als einer Atmosphäre ist eigentlich das adiabatische Verhalten der Gase beim Ausströmen nicht mehr zu vernachlässigen. Ferner müßte berücksichtigt werden, daß bei Überschreitung des Laval-Druckverhältnisses in der Austrittsöffnung Schallgeschwindigkeit erreicht wird. Die Gleichung für den zeitlichen Druckabfall erhält dadurch eine kompliziertere Form (1).

Wenn im folgenden trotzdem stets die isotherme Lösung angewendet wird, so deshalb, weil die Abweichungen nicht erheblich sind und bezüglich der Anwendung der Gleichung auf Druckentlastungsprobleme zu Werten für F führen, die auf der sicheren Seite liegen (eingehend wird das Problem in (1) diskutiert).

Die Abhängigkeit der Druckanstiegsgeschwindigkeit der Explosion vom Druck läßt sich nicht in ähnlich übersichtlicher und universeller Form darstellen wie der Druckabfall, weil stets noch die Kinetik der Verbrennungsreaktion mitspielt; die Ableitung der makroskopischen Flammenfortpflanzungsgeschwindigkeit aus reaktionskinetischen Größen ist

jedoch bis heute noch nicht gelungen. Gesichert ist nur die Abhängigkeit der Druckanstiegsgeschwindigkeit vom Volumen. Sie ist gegeben durch den Ausdruck

$$\left(\frac{dp_{ex}}{dt} \right)_{p_i} \cdot V^{1/3} = \text{const} \quad [10]$$

Das Produkt aus Druckanstiegsgeschwindigkeit und der 3. Wurzel aus dem Volumen ist für einen vorgegebenen Druck p_i eine Konstante. Die Gültigkeit dieser Beziehung konnte experimentell nachgewiesen werden. Sie erlaubt die Umrechnung einer z. B. in einer Laboratoriumsapparatur mit dem Volumen V_L beim Druck p_i gemessenen Druckanstiegsgeschwindigkeit auf eine solche in einem Volumen V

$$\left(\frac{dp_{ex}}{dt} \right)_{p_i} \cdot V = \left(\frac{dp_{ex}}{dt} \right)_{p_i} \cdot V_L \left(\frac{V_L}{V} \right)^{1/3} \quad [11]$$

Kehren wir an den Ausgangspunkt der Betrachtungen zurück. Wir hatten festgestellt, daß der Maximaldruck p_{red} einer druckentlasteten Explosion durch die Bedingung ausgezeichnet ist, daß Druckanstiegs- und Druckabfallgeschwindigkeit einander gleich sind. Setzen wir die abgeleiteten Beziehungen [8] und [11] bei Einführung der Durchflußzahl α einander gleich, so folgt nach Auflösung nach F

$$F = \frac{V_L^{1/3} \cdot V^{2/3} \cdot (dp_{ex}/dt)_{p_{red}} \cdot V_L}{\sqrt{\frac{2 RT}{M}} \alpha \sqrt{p_{red} (p_{red} - p_e)}} \quad [12]$$

Die Berechnung von Druckentlastungsöffnungen aufgrund nur einer Meßgröße, die dazu noch nach Gleichung [11] aus Laboratoriumsexperimenten hergeleitet werden kann, ist damit prinzipiell möglich.

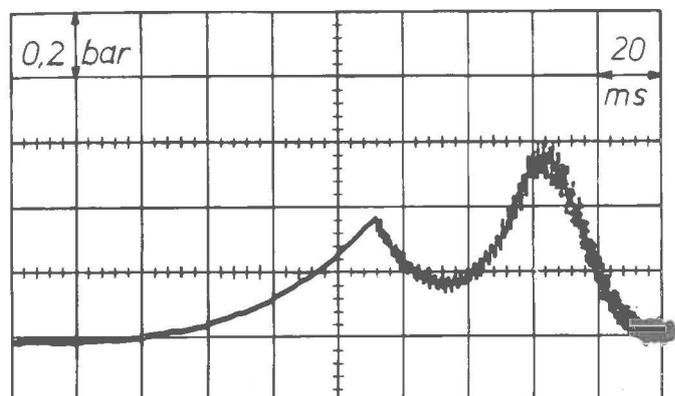


Abb. 2
Druck/Zeit-Verlauf einer druckentlasteten Gasexplosion

Unklar war zunächst noch, welcher Wert für $(dp_{ex}/dt)_{p_{red}} \cdot V_L$ anzusetzen war. Es zeigte sich nämlich, daß die beim Ausströmen im Behälterinneren entstehenden Turbulenzen die Druckanstiegsgeschwindigkeit beträchtlich in die Höhe trieben, weit über den Wert hinaus, der sich bei ungestörter Flammenausbreitung für einen bestimmten Druck p_i ergab. Abb. 2 zeigt hierzu das Druck/Zeit-Oszillogramm einer druckentlasteten Gasexplosion. An den erwarteten Druckabfall, hervorgerufen durch die plötzliche Freigabe der Druckentlastungsöffnung, schließt sich ein erneuter steiler Druckanstieg mit höherem Druckmaximum an. Die Verfolgung dieses Vorgangs mit einer schnell laufenden Kamera ließ erkennen, daß die beim Platzen der Membran plötzlich

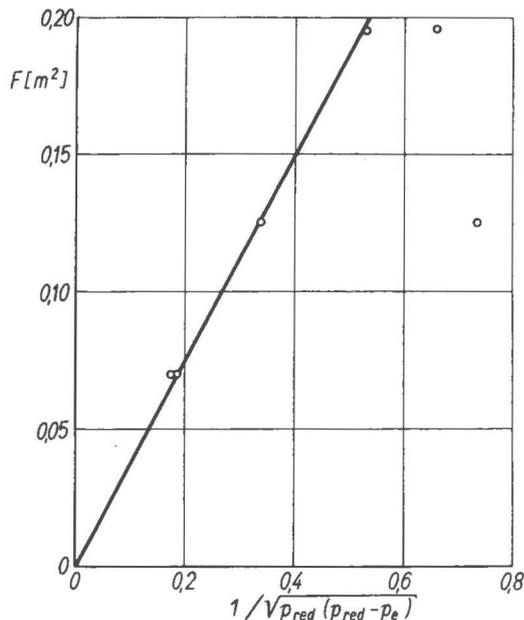


Abb. 3
Explosionsdruck p_{red} als Funktion des Entlastungsquerschnitts F für 4,3 Vol.% Propan in Luft
(nach Vers. von Wintrich, Steen u. Schön)

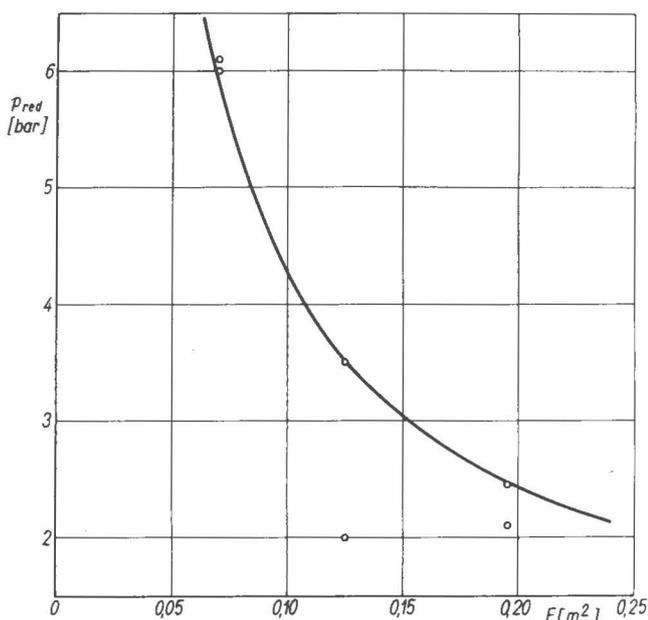


Abb. 4
Explosionsdruck p_{red} in Abhängigkeit vom Entlastungsquerschnitt F für 4,3 Vol.% Propan in Luft
(nach Vers. von Wintrich, Steen u. Schön)

einsetzende Gasströmung die Flammenfront beträchtlich vergrößert. Die Abbrandgeschwindigkeit nimmt damit zu.

Da sich die Ausbildung von Turbulenzen und ihr Einfluß auf die Anstiegsgeschwindigkeit des Explosionsdruckes im Gefäßinneren als Folge der Druckentlastung wegen der Komplexität der Vorgänge einer theoretischen Beschreibung entzieht, waren wir auf den empirischen Weg verwiesen. Unterstellt man, daß das gesuchte $(dp_{ex}/dt)_{p_{red}, V_L}$ nur durch den Ansprechdruck der Entlastungsöffnung bestimmt wird, im übrigen aber für ein gegebenes Gemisch konstant ist,

dann nimmt die Druckentlastungsformel [12] bei gegebenem Volumen und vorgegebenem Berstdruck die Form einer Geradengleichung an, wenn F als abhängige und $1/\sqrt{p_{red}(p_{red} - p_e)}$ als unabhängige Variable angesehen werden. Bei Gültigkeit dieser Beziehung sollte sich also beim Auftragen von F gegen $1/\sqrt{p_{red}(p_{red} - p_e)}$ eine Gerade ergeben, die durch den Koordinatennullpunkt läuft. Aus dem Anstieg ergibt sich dann der gesuchte Wert für $(dp_{ex}/dt)_{p_{red}, V_L}$.

3. Versuchsergebnisse

Mangels eines eigenen geeigneten großen Versuchsgefäßes war es zunächst notwendig, sich auf fremde Meßergebnisse zu stützen. Wintrich, Steen und Schön (2) hatten seinerzeit Druckentlastungsversuche in einem 1,8-m³-Behälter mit einem Propan/Luft-Gemisch (4,3 Vol.% Propan in Luft) unternommen. Abb. 3 zeigt die von diesen Autoren veröffentlichten Meßwerte in einem Diagramm, das F als Ordinate und $1/\sqrt{p_{red}(p_{red} - p_e)}$ als Abszisse enthält. Wie ersichtlich, liegen die Meßpunkte auf einer Geraden, die durch den Koordinatennullpunkt geht. Die Annahme einer konstanten Druckanstiegsgeschwindigkeit war also gerechtfertigt. Aus dem Anstieg der Geraden ließ sich ein Wert für $(dp_{ex}/dt)_{p_{red}, V_L}$ berechnen. Er war erwartungsgemäß viel größer als der tatsächliche Wert im Augenblick der Entlastung und ist gleich dem höchsten Wert, der bei ungestörter kugelförmiger Flammenausbreitung gemessen wird. Er soll hier als $(dp_{ex}/dt)_{max, V_L}$ bezeichnet werden. In Abb. 4 geben die Meßpunkte die gemessenen Werte für den Explosionsdruck bei verschiedenen Öffnungsgrößen wieder. Die ausgezogene Kurve wurde nach Gl. [12] berechnet. In Schweden wurden vor einigen Jahren in einem Betonbunker von 200 m³ Inhalt Druckentlastungsversuche mit einem Propan/Luft-Gemisch (6 % Propan) unternommen. Setzt man den in einer Laborapparatur gemessenen Wert für $(dp_{ex}/dt)_{max, V_L}$ in die Formel ein, so erhält man für eine vorgegebene Öffnungsgröße von 20 m² einen Maximalwert von 1,049 Bar; gemessen wurden 1,05 Bar.

Für Gase konnte also durch diese Vergleiche die Gültigkeit der abgeleiteten Formel sichergestellt werden. Wie sieht es nun bei Staubexplosionen aus? Die Ausbreitungsmechanismen von Staubexplosionen sind denen von Gasexplosionen so ähnlich, daß analoge Ergebnisse zu erwarten waren. Inzwischen stand für die Versuche in der BAM ein Druckbehälter von 5 m³ Inhalt zur Verfügung. Die Versuchstechnik sei kurz erläutert: Der Staub wird vor dem Versuch in drei seitlich am Behälter angebrachten, auf dem Kopf stehenden Druckgasflaschen unter einem Luftdruck von 60 Bar gespeichert. Die Flaschen stehen über Absperrungen mit perforierten Halbkugeln (Gießkannenbrausen) im Gefäßinneren in Verbindung. Zur Ausführung eines Versuchs werden die Absperrungen mit Hilfe von Sprengkapseln zerschossen. Unter dem plötzlich eintretenden Druckgefälle tritt der Staub durch die gelochten Halbkugeln mit hoher Strömungsgeschwindigkeit in das Gefäßinnere. Dabei entsteht dort eine Staubwolke von guter Homogenität. Die Zündung wird nach Beendigung des Einblasvorgangs – nach etwa 400 ms – mit einer Drahtexplosion vorgenommen.

Abb. 5 zeigt $1/\sqrt{p_{red}(p_{red} - p_e)}$ in Abhängigkeit von F beispielhaft für Polyacrylnitril-Staub. Auch hier ist – wie die Gerade zeigt – die abgeleitete Gleichung gut erfüllt. Aus dem Anstieg ließ sich – wie bei den Gasversuchen – ein für das vorliegende Gemisch spezifischer Wert für $(dp_{ex}/dt)_{p_{red}, V_L}$

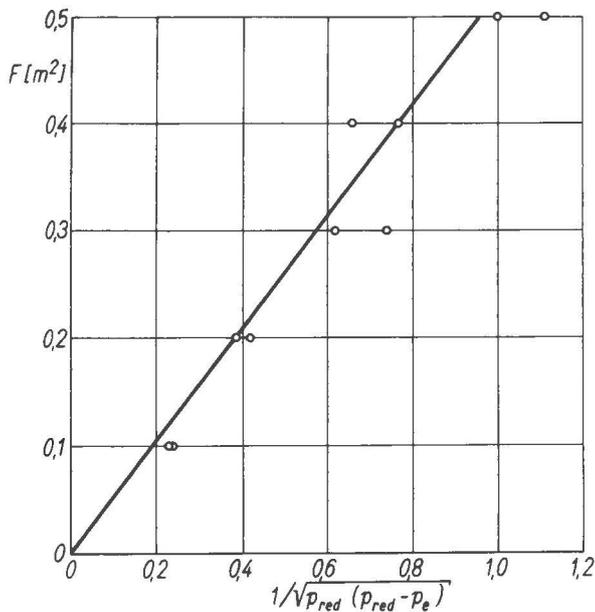


Abb. 5
Explosionsdruck p_{red} als Funktion des Entlastungsquerschnitts F für PAN-Staub (300 g/m^3)

errechnen. In Abb. 6 geben die Punkte die gemessenen Maximaldrücke bei verschiedenen Größen der Entlastungsöffnung wieder; die ausgezogene Kurve wurde mit der Formel [12] berechnet.

Der Wert für $(dp_{ex}/dt)_{p_{red}, V_L}$, der bei Stäuben in die Gleichung einzusetzen ist, ist vom Ansprechdruck der Druckentlastungsvorrichtung abhängig. Für einen Ansprechdruck von 1,7 Bar beträgt er etwa $2/3$ der maximalen Druckanstiegsgeschwindigkeit, gemessen in einer konventionellen Laboratoriumsapparatur.

4. Diskussion

Die Anwendung der Bernoulli'schen Gleichung auf Strömungsvorgänge, die bei der Druckentlastung von Gasexplosionen auftreten, mag zunächst etwas gewaltsam erscheinen, weil fast keine der Voraussetzungen für die Gültigkeit dieser Gleichung streng erfüllt ist:

Weder ist das betrachtete Medium inkompressibel, noch ist der Energieinhalt des behandelten Systems konstant: Durch die Explosion wird vielmehr in kurzer Zeit viel Energie zugeführt. Wenn die Gleichung trotzdem zur Beschreibung der Experimente herangezogen werden kann, so liegt das offenbar u. a. daran, daß sich beide Effekte zunächst kompensieren: Die bei der Expansion auftretende Abkühlung wird durch Energiezufuhr aus der chemischen Reaktion ausgeglichen. Damit ist zumindest zu Beginn der Entlastung ein quasi-stationärer Zustand vorhanden. Die mit fortschreitender Reaktion zunehmende Gastemperatur bewirkt nach [8] eine Erhöhung der Geschwindigkeit des Druckabfalls. Der im Verlauf der druckentlasteten Explosion erreichte Maximaldruck wird damit kleiner als berechnet. Dieser Effekt muß umso stärker hervortreten, je kleiner die Entlastungs-

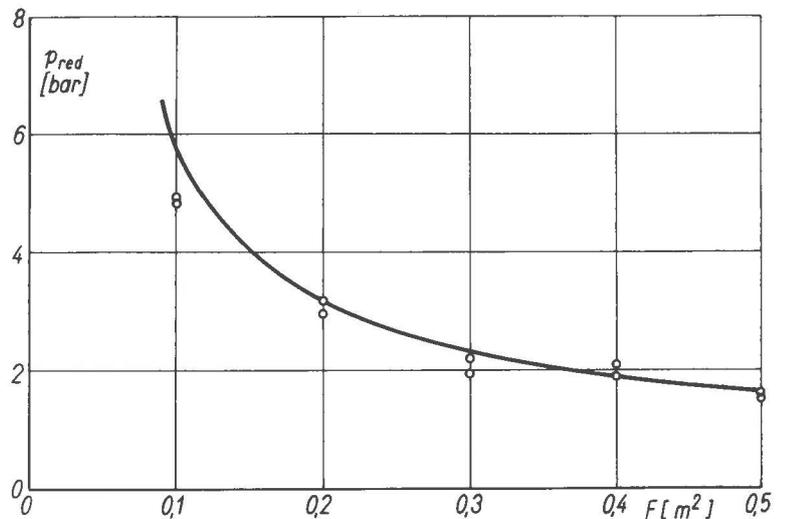


Abb. 6
Explosionsdruck p_{red} in Abhängigkeit vom Entlastungsquerschnitt F für PAN-Staub (300 g/m^3)

öffnung, je größer also die Verweilzeit des explodierenden Gases im Behälter ist. Vergleicht man gemessene und berechnete Druckwerte bei kleinen Öffnungsgrößen (z. B. Abb. 6), so findet man, daß dort stets die berechneten Werte über den gemessenen Werten liegen.

Daß Gleichung [12] ohnehin nicht für jeden beliebig hohen Druck gilt, zeigt eine einfache Überlegung. Nach [12] kann der Druck jeden hohen Wert annehmen, sofern die Druckentlastungsöffnung nur klein genug ist. In Wirklichkeit ist der Explosionsdruck jedoch wegen des endlichen Energieinhaltes des Systems begrenzt; bei Gasexplosionen beträgt der maximale Explosionsdruck bei abgeschlossenem Volumen nicht mehr als das 10fache, bei Staubexplosionen nicht mehr als das 13fache des Anfangsdruckes. Im allgemeinen wird man jedoch Druckentlastung gerade bei niedrigen Werten der Behälterfestigkeit anwenden, wo Gleichung [12] gut erfüllt ist, so daß dieser Abweichung wenig praktische Bedeutung zukommt.

Weiterhin hat man bei der Anwendung zu bedenken, daß in der zu schützenden Anlage u. U. Strömungszustände auftreten können, bei denen die Flammengeschwindigkeit (bzw. Druckanstiegsgeschwindigkeit) bei Zündung extrem groß wird. Zustände dieser Art sind beispielsweise dann gegeben, wenn ein turbulenter Flammenstrahl aus einer Rohrleitung in einen Behälter, Silo oder dgl. eintritt. Hier sind nötigenfalls beträchtliche Sicherheitszuschläge zu machen.

5. Literatur

- 1) Heinrich, H. J.
Chem. Ing. Techn. 38 (1966), Nr. 11 S. 1125/1133
- 2) Wintrich, H., Steen, H., Schön, G.
Berufsgenossenschaft (1967), Nr. 9 S. 325/328

Chemische Stabilität von Flüssigkeiten und Gasen

Von Reg.-Dir. Dr.-Ing. Günther Strese, Bundesanstalt für Materialprüfung (BAM), Berlin

DK 614.8:66.022.373:541.126.4

Amts- und Mitteilungsblatt der Bundesanstalt für Materialprüfung (BAM) 1 (1970/71) Nr. 5 S 10/12

Manuskript-Eing. 30. September 1970

Inhaltsangabe

Unter besonderer Berücksichtigung der Flüssigkeiten wird dargestellt, daß die Brennbarkeit einschließlich der Möglichkeit zur Bildung explosibler Dampf/Luft-Gemische neben der unter Umständen vorhandenen Giftigkeit Gefahren sind, die bei sicherem Einschluß der Stoffe nicht in Erscheinung treten. Die chemische Instabilität oder die Neigung mancher Stoffe zur Polymerisation sind hingegen thermodynamisch bedingte Eigenschaften, die nur durch „kinetische Bremsen“ (Erniedrigung der Temperatur, Verdünnung, Zugabe von Inhibitoren oder Stabilisatoren) eine sichere Handhabung dieser Stoffe ermöglichen. Die verschiedenartigen Wirkungsweisen von Inhibitoren oder Stabilisatoren werden angedeutet. Ferner wird über die in der Bundesanstalt für Materialprüfung angewandten Untersuchungsverfahren zur Ermittlung des sogenannten Zündgrenzdruckes, der chemischen Beständigkeit einschließlich der Wirksamkeit von Inhibitoren (bzw. Stabilisatoren) berichtet.

Chemische Stabilität – Verhinderung von Zerfall und Polymerisation – Zündgrenzdruck – Inhibitorwirkung

1. Einleitung

Die Frage nach der chemischen Beständigkeit einer Flüssigkeit oder eines Gases im Hinblick auf die Sicherheitstechnik kann unabhängig vom Siedepunkt des Stoffes behandelt werden. Bis auf wenige Ausnahmen handelt es sich bei den chemisch instabilen Gasen um sogenannte verflüssigte Gase, die also bei der Umgebungstemperatur in flüssiger Phase unter dem ihnen eigenen Dampfdruck in Druckbehältern vorliegen.

Wahrscheinlich nur aus der Tatsache heraus, daß der Mensch zuerst den Umgang mit Flüssigkeiten erlernte und bei der Entwicklung der chemischen Technik eine Unterscheidung zwischen gefährlichen und weniger bzw. ungefährlichen Flüssigkeiten notwendig wurde, ist für die gefährlichen Flüssigkeiten der Begriff „brennbare Flüssigkeiten“ entstanden, zumal da die Mißachtung dieser Eigenschaft zu Bränden oder gar zu Explosionen von Dampf/Luft-Gemischen führte. Die Gase hingegen wurden – sobald sie in technischem Maßstab gehandhabt wurden – von vornherein als gefährliche Stoffe angesehen. Im folgenden soll das Thema in dem Sinne abgewandelt werden, daß hauptsächlich über die „besonderen Gefahren beim Umgang mit brennbaren Flüssigkeiten“ gesprochen wird.

Es ist bekannt, daß die Handhabung der brennbaren Flüssigkeiten durch Verordnungen des Bundes und der Länder, ergänzt durch technische Verordnungen, Verwaltungsvorschriften sowie Richtlinien und Unfallverhütungsvorschriften der Berufsgenossenschaften geregelt wird. Über allem steht die „Verordnung über die Errichtung und den Betrieb von Anlagen zur Lagerung, Abfüllung und Beförderung brennbarer Flüssigkeiten zu Lande“ mit der Kurzbezeichnung „Verordnung über brennbare Flüssigkeiten“ oder noch kürzer: „VbF“.

Diese Verordnung und die übrigen Vorschriften berücksichtigen aber nur, wie schon ihre Namen sagen, die Brennbarkeit der Flüssigkeiten.

Eine weitere Gefahr droht beim Umgang mit brennbaren Flüssigkeiten von ihrer Giftigkeit her. Die meisten der brennbaren Flüssigkeiten bzw. deren Dämpfe wirken schädlich auf die Gesundheit des Menschen. Es ist daher unbedingt erforderlich, die Konzentration der Dämpfe in Arbeitsräumen so niedrig zu halten, daß die Gesundheit der dort be-

schäftigten Menschen nicht gefährdet ist. Eine Beurteilungsgrundlage für die Bedenklichkeit oder Unbedenklichkeit der am Arbeitsplatz gemessenen Konzentration eines Dampfes ist in der Liste der „MAK-Werte“ (Maximale Arbeitsplatzkonzentration gesundheitsschädlicher Arbeitsstoffe) zu finden, die von der Kommission zur Prüfung gesundheitsschädlicher Arbeitsstoffe der Deutschen Forschungsgemeinschaft veröffentlicht worden ist. Erfüllt man also die selbstverständliche Forderung, daß Menschen an ihrem Arbeitsplatz nicht durch die Dämpfe der brennbaren und in vielen Fällen auch giftigen Flüssigkeiten gefährdet werden, indem man Konzentrationen in der Höhe des betreffenden MAK-Wertes oder darüber vermeidet, so wird zumindest in dem Arbeitsraum selbst gleichzeitig die Explosionsgefahr beseitigt. Die MAK-Werte liegen nämlich um mehr als eine Zehnerpotenz tiefer als die Werte der unteren Zündgrenzen; in einigen Fällen sind sie sogar um mehr als den Faktor $1 \cdot 10^5$ kleiner als die untere Zündgrenze.

Die Brennbarkeit ist eine Eigenschaft der Stoffe, die erst bei Zutritt von Luft, Sauerstoff oder anderen Oxidationsmitteln wirksam wird. Auch die Giftigkeit ist nur im Zusammenhang mit dem Menschen zu sehen. Werden die brennbaren und u. U. giftigen Stoffe fest eingeschlossen, so sind diese gefährlichen Eigenschaften unwirksam.

Vollkommen anders ist es aber mit einer chemischen Eigenschaft zahlreicher Flüssigkeiten (und auch verflüssigter Gase), die bereits wirksam werden kann, ohne daß diese Verbindungen mit anderen Stoffen (dem Sauerstoff oder dem menschlichen Körper) in Berührung kommen. Es ist dies entweder die *chemische Instabilität* oder die *Neigung zur Polymerisation* aufgrund der thermodynamischen Eigenschaften der Stoffe.

2. Zerfallsfähige Stoffe

Zahlreiche Stoffe neigen aufgrund ihrer positiven Bildungswärme zum Zerfall. Früher nannte man diese Stoffe endotherme Verbindungen. Auf Feinheiten der Thermodynamik, wie die Abhängigkeit der freien Energie von der Enthalpie und der Entropie, braucht in diesem Zusammenhang nicht eingegangen zu werden, denn die Thermodynamik gibt nur Auskunft, ob der Zerfall einer Verbindung möglich ist. Erst die Kinetik entscheidet, ob das, was thermodynamisch möglich ist, auch tatsächlich ablaufen kann. Sonst hätten wir bei Raumtemperatur keinen Schwefelkohlenstoff

($\Delta H_f = 21,0$ kcal/mol), kein Styrol ($\Delta H_f = 24,7$ kcal/mol), kein Acetylen ($\Delta H_f = 54,194$ kcal/mol) – um auch einmal ein Gas zu nennen – und selbst kein Benzol ($\Delta H_f = 11,718$ kcal/mol).

3. Polymerisationsfähige Stoffe

Die polymerisationsfähigen Stoffe können an sich schon chemisch instabile Stoffe sein; dies ist aber keine unbedingt notwendige Voraussetzung. Ihre Reaktionsfähigkeit liegt darin, daß die einzelnen Moleküle unter Bildung eines Polymerisationsproduktes reagieren können, das energetisch ärmer ist. Die Kettenpolymerisation von Alkylen z. B. ist exotherm (negatives ΔH) und exoentropisch (negatives ΔS). Die exotherme Natur der Polymerisation hat ihren Ursprung in der exothermen Umwandlung von π -Bindungen im monomeren Molekül in σ -Bindungen des polymeren Moleküls. Die negative Entropie der Polymerisation hat ihren Ursprung in der Minderung der Freiheitsgrade des Polymeren im Verhältnis zum Monomeren. Die Polymerisation ist daher günstig vom Enthalpie-Standpunkt aus betrachtet und ungünstig vom Entropie-Standpunkt. Da jedoch die Enthalpie-Änderungen bei einer Polymerisations-Reaktion Werte in der Größenordnung von 10 bis 25 kcal/mol betragen, die Entropie-Änderungen aber immer in einem engen Bereich von nur 25 bis 30 cal/mol \cdot °K liegen, ist also jede Polymerisation mit einer starken Wärmeentwicklung verbunden.

Für die chemische Sicherheitstechnik ist es nun erforderlich, Wege zu finden, um den Zerfall und die Polymerisation der Stoffe bei der Herstellung, bei der Lagerung, beim Transport und bei der Verarbeitung zu verhindern, also gewissermaßen die Thermodynamik mit Hilfe der Beeinflussung oder Steuerung der Kinetik vernachlässigbar zu machen.

4. Verhinderung des Zerfalls und der Polymerisation

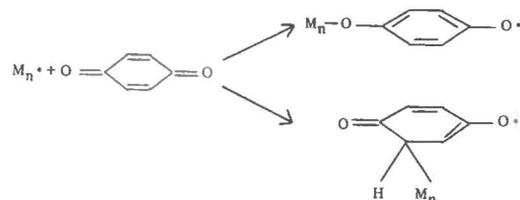
Der Zerfall von endothermen Verbindungen kann ebenso wie die Polymerisation dazu neigender Stoffe auf verschiedene Weise verhindert werden. Wenn die kinetischen Hemmungen nicht bereits bei den Temperaturen vorhanden sind, bei denen man normalerweise mit diesen Stoffen umgeht, können diese Verbindungen z. B. durch *Temperaturerniedrigung* so sicher gemacht werden, daß man sie gefahrlos handhaben kann. Eine weitere Möglichkeit ist die *Verdünnung* mit anderen, inerten Stoffen. Dieses Verfahren ist bei Gasen näherungsweise der *Erniedrigung des Druckes* gleichzusetzen.

Ein eindeutiger Eingriff in die Reaktionskinetik ist die Anwendung von *Inhibitoren*, auch *Stabilisatoren* genannt.

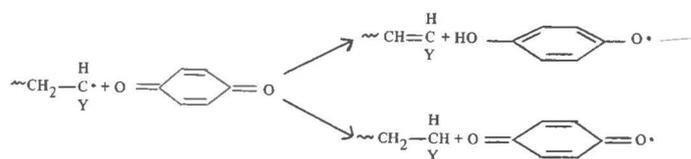
Durch Hinzufügung bestimmter Substanzen zu einem monomeren Produkt kann die Polymerisation unterdrückt werden. Die Wirkung dieser Substanzen ist verschieden. Der sogenannte Stabilisator wirkt entweder durch Reaktion mit dem Initiator-Radikal der anlaufenden Polymerisationsreaktion oder mit einem Radikal aus der Polymerisationsreaktion selbst. Das Reaktionsprodukt kann sowohl eine nichtradikale Verbindung sein als auch ein Radikal, das nur eine sehr geringe Reaktionsfähigkeit hat und somit eine fortschreitende Reaktion verhindert. Da viele Polymerisationsreaktionen durch Sauerstoff ausgelöst werden können, muß zur Stabilisierung dieser Stoffe ein Mittel zugesetzt werden, das den u. U. gelösten Sauerstoff abfängt oder gar die Bildung von Peroxiden verhindert. Andererseits gibt es aber auch polymerisationsfähige Stoffe, die durch Zugabe von molekularem Sauerstoff stabilisiert werden können. In die-

sem Falle werden mit den Radikalketten der anlaufenden Polymerisationsreaktion relativ unaktive Peroxid-Radikale gebildet.

In vielen Fällen ist der genaue Reaktionsablauf bei der Wirkung eines Inhibitors noch nicht völlig geklärt. Als Beispiel sei nach (1) das Chinon genannt. Es kann eine Radikalkette entweder durch Addition am Sauerstoffatom oder aber auch am Chinonring abfangen:



Ebenso steht die Möglichkeit einer Disproportionierungsreaktion zur Diskussion:



Alle Stabilisatoren haben also eine reaktionshemmende Wirkung. Je nach ihrer Wirksamkeit spricht man von Inhibitoren oder von Reaktionsverzögerern (retardern). Da sie in das Reaktionsgeschehen eingreifen, werden sie im Laufe der Zeit verbraucht. Ihre Konzentration in dem zu stabilisierenden Stoff muß also ausreichend hoch gewählt werden, oder die Flüssigkeit muß während ihrer Lagerung in gewissen Zeitabständen – je nach Lagertemperatur – nachstabilisiert werden.

5. Untersuchung auf chemische Beständigkeit

Die von der chemischen Industrie hergestellten, gelagerten, zu Folgeprodukten verarbeiteten oder aber auch zu transportierenden Stoffe, die aufgrund ihrer thermodynamischen Eigenschaften zum Zerfall oder zur Polymerisation neigen können, müssen daher in sicherheitstechnischer Hinsicht untersucht werden. Dies wird in der Bundesanstalt für Materialprüfung mit zwei verschiedenartigen Untersuchungsverfahren ausgeführt:

5.1 Ermittlung des Zündgrenzdruckes

Im einfachsten Falle wird bei der höchsten Temperatur, die die Flüssigkeit (oder das verflüssigte Gas) erreichen kann – für den Transport ist dies nach Messungen von G. Schön (2) eine Temperatur von 70°C – ein Zündversuch in der Gasphase, also beim Sättigungsdruck von 70°C ausgeführt. Als Zündquelle wird ein durchschmelzender Platindraht bestimmter Abmessungen verwendet (Schmelzpunkt des Platins = 1769°C). In der Regel läßt sich ein zerfalls- oder polymerisationsfähiger Stoff leichter über die Gasphase als in der flüssigen Phase zünden. Eine Verschärfung der Versuchsbedingungen besteht darin, daß man absichtlich über der Flüssigkeit eine explosible Gasphase erzeugt, z. B. durch Zugabe von Sauerstoff, um festzustellen, ob die flüssige Phase durch eine Explosionsreaktion in der darüber befindlichen Gasphase zum Zerfall angeregt werden kann. In besonderen Fällen wird der Dampfdruck eines Stoffes (bzw. die dazugehörige Temperatur) ermittelt, von dem ab ein

Zerfall des Stoffes durch die genannte Zündquelle eingeleitet werden kann. Die Kenntnis dieses sogenannten Zündgrenzdruckes ist besonders bei der industriellen Herstellung und Handhabung zerfallsfähiger Stoffe erforderlich, weil hieraus die Bedingungen für die sichere Fahrweise einer ganzen chemischen Anlage abgeleitet werden müssen. Mit einem geeigneten Druckaufnehmer im Zündgefäß, einer Trägerfrequenzmeßbrücke und einem Kathodenstrahl-Oszillographen kann der zeitliche Verlauf des Druckes beim Einsetzen einer Reaktion gemessen und mit einer Polaroidkamera festgehalten werden.

5.2 Ermittlung der Inhibitorwirkung

Polymerisationsreaktionen können nicht direkt durch eine Zündquelle eingeleitet werden. Deshalb ist es notwendig, polymerisationsfähige Flüssigkeiten (und verflüssigte Gase) durch eine Lagerung bei höherer Temperatur über längere Zeit auf ihre chemische Beständigkeit zu prüfen. Hierzu werden die Flüssigkeiten (oder die verflüssigten Gase) in Druckgefäßen mit einem Inhalt von etwa 2 l sechs Wochen lang – wenn es um die Sicherheit beim Transport geht z. B. bei 70°C – gelagert. Die Temperatur der Gefäße, die selbst in wärmeisolierendem Material eingepackt werden, und der Druck in den Gefäßen wird durch Fernanzeige gemessen und registriert. Durch eine empfindliche Temperaturmessung mit Nullpunktsunterdrückung können die geringsten Temperaturerhöhungen festgestellt werden. Durch analytische Kontrolle des Stoffes vor und nach der Warmlagerung können Umsätze wie die Bildung von löslichem oder festem Polymerisat, der Verbrauch an Stabilisator, die Bildung von Peroxiden oder die Bildung neuer Produkte – z. B. von Di-

oder Trimerisaten – ermittelt werden. Es gibt z. B. Stabilisatoren, die zwar die Polymerisation verhindern, dafür aber die Dimerisation begünstigen.

Stellt sich bei den Untersuchungen heraus, daß die Flüssigkeit (oder das verflüssigte Gas) während dieser Beanspruchung keinerlei Veränderung erfahren hat, so ist die Beurteilung der Sicherheit bei der Handhabung oder beim Transport einfach. Beim Einsetzen einer Polymerisation lassen sich zwar die Wärmemengen errechnen, die pro Zeiteinheit je Gewichts- oder Volumenmenge frei werden, die also durch die Behälterwand abgeleitet werden müssen, um eine Temperaturerhöhung und somit eine Steigerung der Reaktionsgeschwindigkeit zu verhindern. Es ist aber schwierig, das mit einem 2-l-Gefäß erhaltene Ergebnis auf einen Kesselwagen von 20 oder gar 50 m³ Inhalt zu extrapolieren. Hierbei ist ferner zu berücksichtigen, daß sich die Wärmedurchgangszahl der Behälterwand bei der Ablagerung von Polymerisaten laufend verringert. In solchen Fällen müssen u. U. Großversuche ausgeführt werden oder es muß die Transport- bzw. die Lagertemperatur für den betreffenden Stoff durch besondere Maßnahmen niedrig gehalten werden.

6. Literatur

- (1) Odian, G.
Principles of Polymerisation.
McGraw-Hill Book Company, New York, 1970
- (2) Schön, G.
Arbeitsschutz 1957 Nr. 4 S. 67/76

Die Lacktrocknung in Öfen entsprechend der Unfallverhütungsvorschrift VBG 24

Von TROA Günter Matzkuhn, Bundesanstalt für Materialprüfung (BAM), Berlin

DK 614.83:667.633.26.041.453

Amts- und Mitteilungsblatt der Bundesanstalt für Materialprüfung (BAM) 1 (1970/71) Nr. 5 S 12/16

Manuskript-Eing. 28. September 1970

Inhaltsangabe

Die Trocknung von Lacken bei erhöhter Temperatur in sog. Lacktrockenanlagen kann infolge des Verdampfens von Lösemitteln zur Bildung explosionsfähiger Lösemitteldampf/Luftgemische führen. Der Bau sowie die Betriebsweise ist deshalb durch die Unfallverhütungsvorschrift „Lacktrockenöfen“ (VBG 24) geregelt. Die sicherheitstechnische Grenzkonzentration in solchen Anlagen beträgt danach 0,8 Vol.-%.

Für die Zulassung sog. direkt beheizter Anlagen war bisher ein sicherheitstechnisches Gutachten der BAM erforderlich. Die Erfahrungen der BAM haben gezeigt, daß bei geeignetem Einsatz des primären Explosionsschutzes solche Anlagen bei höherem sicherheitstechnischem Niveau wirtschaftlich günstiger gestaltet werden können.

Lacktrocknung bei erhöhter Temperatur – explosionsfähige Lösemitteldampf/Luft-Gemische – Vermeidung zündbarer Gemische durch primären Explosionsschutz

1. Einleitung

Nachfolgend soll über Untersuchungen berichtet werden, die als Grundlage für sicherheitstechnische Beurteilungen gemäß Unfallverhütungsvorschrift VBG 24 „Lacktrockenöfen“ dienen.

Die Unfallverhütungsvorschrift befaßt sich mit der Trocknung von Lacken bei erhöhter Temperatur in sogenannten Lacktrockenöfen. Sie geht davon aus, daß infolge des Verdampfens von Lösemitteln in Lacktrockenanlagen explosionsfähige Lösemitteldampf/Luft-Gemische gebildet werden können. Solche Gemische könnten sich dann an erhitzten Oberflächen, glühenden Strahlern und Heizspiralen oder

durch Funken und Flammen entzünden. Damit sind die Gefahren dargestellt, die sich immer wieder bei der Trocknung von Lacken für Menschen und Betriebsanlagen ergeben können.

Um solchen Gefahren wirksam zu begegnen, war ursprünglich die Ausschaltung aller Zündquellen empfohlen worden. Daß diese Maßnahme allein nicht ausreichte, zeigte eine Reihe von Unfällen, die auch Anlaß für Untersuchungen in der ehemaligen Chemisch-Technischen Reichsanstalt waren, die später im Materialprüfungsamt und dann in der Bundesanstalt für Materialprüfung fortgesetzt wurden. Das Ergebnis dieser Untersuchungen ist der materielle Inhalt der UVV „Lacktrockenöfen“.

Als wesentliche Erkenntnis in sicherheitstechnischer Hinsicht ergab sich im Laufe der Zeit, daß der höchste Grad an Sicherheit nur dann zu erreichen ist, wenn zündbare Lösemitteldampf/Luft-Gemische von vornherein vermieden werden. Vermieden werden können solche Gemische jedoch nur dann, wenn für den jeweils entstehenden Lösemitteldampf hinreichend Luft zur Verdünnung auf eine ungefährliche Konzentration zur Verfügung steht und überdies die Luftführung so gestaltet wird, daß die Verdünnung ausreichend schnell vor sich geht.

Da es sich bei den Lösemitteln für die Lackindustrie fast immer um ein Gemisch brennbarer Flüssigkeiten unterschiedlicher Konfiguration handelt, die außerdem bei gleicher Trivialbezeichnung verschiedene chemische Zusammensetzung haben können, richteten sich seinerzeit die Untersuchungen darauf, die Konzentration von Lösemitteldampf in Luft zu bestimmen, die allgemein verbindlich und mit Sicherheit als ungefährliche Konzentration zu bezeichnen ist.

Von vielen gängigen Lösemitteln wurden daher die unteren Zündgrenzen bestimmt; sie lagen zwischen 0,88 und 2,76 Vol.-%. Dementsprechend wurde für die VBG 24 ein sicherheitstechnischer Grenzwert von 0,8 Vol.-% empfohlen. Dies ist also die Konzentration, auf die mindestens verdünnt werden muß, damit Explosionsgefahren vermieden werden. Von diesem sicherheitstechnischen Grenzwert ausgehend, sind als Anlage zur VBG 24 Berechnungsgrundlagen entstanden, die der Industrie beim Bau und Betrieb von Lacktrokkanlagen die theoretischen Voraussetzungen an die Hand geben sollen.

2. Theoretische Grundlagen der Lacktrocknung nach VBG 24

Entsprechend dem Geltungsbereich der Unfallverhütungsvorschrift werden folgende Trocknungsanlagen erfaßt:

1. Kammer-Öfen: Geschlossene Öfen mit natürlicher Belüftung,
2. Umluft-Öfen: Geschlossene Öfen mit zwangsweiser Belüftung,
3. Durchlauf-Öfen: Öfen, die mit durchlaufender Beschickung und künstlicher Luftbewegung arbeiten.

Für die Trocknung oberflächenlackierter Teile hat sich ergeben, daß bei der diskontinuierlichen Trocknung in sogenannten Kammer- oder geschlossenen Umluft-Öfen die Formel

$$t_o = \frac{155}{d} \quad [1]$$

gilt. Der t_o -Wert ist die Zeit in Minuten, welche zur Verdampfung der gesamten Lösemittelmenge (G_{ges}) erforderlich ist, wenn einerseits die Anfangsverdampfungsgeschwindigkeit als konstant angenommen wird und andererseits die Ofentemperatur gleichbleibt; d ist die Trockentemperatur.

Die Lösemitteldampf-Konzentration c im Ofen kann in Abhängigkeit von der Zeit als e-Funktion dargestellt werden (Abb. 1). Die gestrichelte Kurve stellt den Konzentrationsverlauf ohne Frischluftzusatz dar (Luftwechselzeit $t_w = \infty$). Es gilt die Gleichung:

$$c = c_{ges} (1 - e^{-t/t_o}) \quad [2]$$

Danach wird die höchste Lösemitteldampf-Konzentration nach Verdampfung der gesamten Lösemittelmenge (c_{ges}) um so später erreicht, je größer t_o ist.

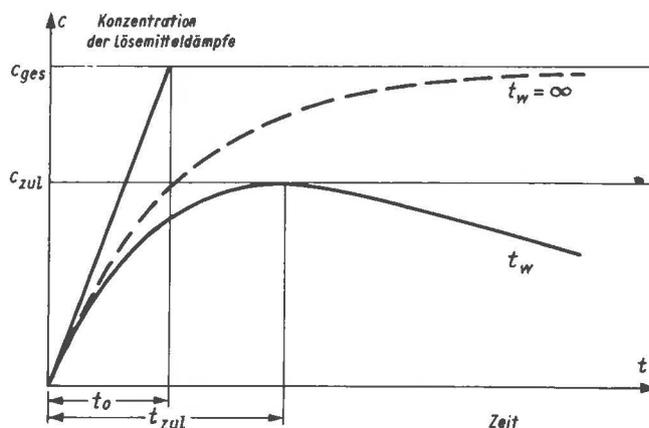


Abb. 1
Zeitlicher Verlauf der Lösemitteldampf-Konzentration in Kammer-Umluftöfen

Der ausgezogenen Kurve bei einer definierten Luftwechselzeit t_w entspricht die Gleichung:

$$c = \frac{c_{ges}}{\frac{t_o}{t_w} - 1} e^{-t/t_o} - e^{-t/t_w} \quad [3]$$

Der Verlauf dieser Kurve zeigt, daß die Lösemitteldampf-Konzentration ein Maximum nach der Zeit t_{zul} erreicht. Dieser Maximalwert darf den sicherheitstechnischen Grenzwert $c_{zul} = 0,8$ Vol.-% nicht übersteigen. Die Einhaltung dieser Forderung kann durch eine entsprechende Wahl der Luftwechselzeit t_w erfüllt werden.

Bei Aufstellung der Berechnungsgrundlagen waren Vereinfachungen und Vernachlässigungen notwendig, um ein einfaches Rechenschema zu erhalten. Alle Vereinfachungen wurden so gewählt, daß sich der Sicherheitsabstand zu der Grenzkonzentration erhöht. Der Wert von 0,8 Vol.-% Lösemitteldampf im Gemisch mit Luft ist somit als eine allgemeingültige Rechengröße anzusehen.

Grundsätzlich handelt es sich bei den Trockenöfen um indirekt beheizte Anlagen; d. h. bei einer Beheizung durch offene Flammen oder offene elektrische Heizkörper müssen Trockenraum und Heizraum gasdicht voneinander getrennt sein. Die Forderung sollte ursprünglich dazu dienen, Zündquellen fernzuhalten, die von der Beheizung herrühren.

Zu diesem Zeitpunkt lagen noch wenig Erfahrungen über den Betrieb großtechnischer Lacktrokkanlagen vor, die nach den Grundsätzen der Berechnungsgrundlagen gebaut waren. Deshalb durfte von dem Grundsatz der Trennung zwischen Trockenraum und Heizraum nur dann abgewichen werden, wenn durch die Bauart sichergestellt war, daß zu keinem Zeitpunkt und an keiner Stelle des Ofens – ausgenommen der Bereich unmittelbar über der lackierten Schicht – der Grenzwert von 0,8 Vol.-% überschritten wird.

Der Nachweis hierfür sollte als erbracht gelten, wenn für die spezielle Anlage oder den Typ ein Gutachten der BAM vorliegt. Ein solches Gutachten konnte jedoch im allgemeinen nur nach einer vorangegangenen experimentellen Untersuchung abgegeben werden.



Abb. 2
Meßwagen der BAM mit eingebauten Gasanalysatoren

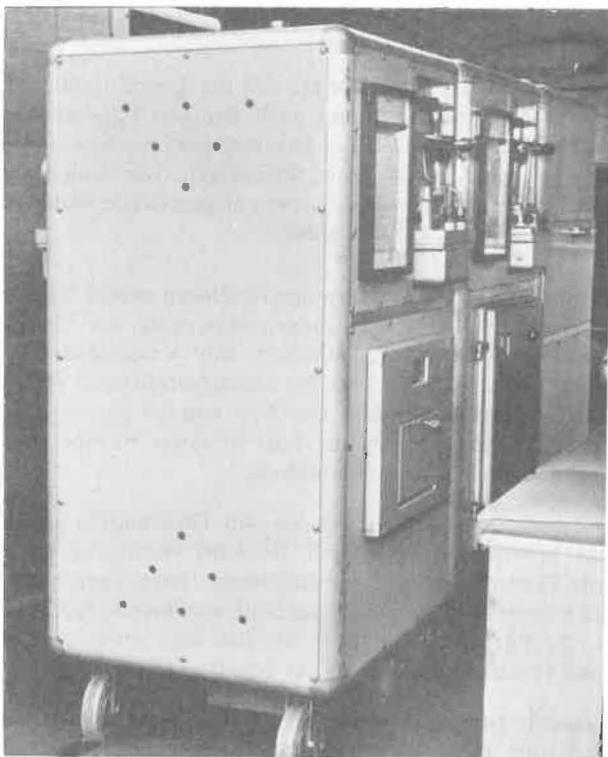


Abb. 3
Meßgeräte für die kontinuierliche Gasanalyse

3. Wirtschaftliche und sicherheitstechnische Vorteile durch direkte Verbrennung

Wirtschaftliche Aspekte haben im Laufe der Zeit dazu geführt, daß von der zulässigen, indirekt beheizten Anlage gemäß VBG 24 immer mehr abgegangen wurde, so daß der Ausnahmefall – die direkte Beheizung – die Regel ist. Die Erfahrung aus rund 70 Untersuchungen an Öfen, die mit Gas oder mit Öl direkt beheizt waren, hat immer wieder ge-

zeigt, daß bei geeigneter Konstruktion und Luftführung große Mengen von Lösemitteln vernichtet werden. Dies war dadurch zu erreichen, daß ein Teil oder gar die gesamte Umluft durch die Brenneinrichtung geleitet wurde, damit die Lösemittelanteile der Umluft direkt verbrannt werden konnten.

Der Wirkungsgrad für die Lösemittelumsetzung liegt nach unseren Ermittlungen je nach Konstruktion zwischen 20 und 40 %. Da die Umsetzung der Lösemittel mit einer Wärmeentwicklung verbunden ist und diese Wärme für die Trocknung genutzt werden kann, muß bei konstanter Betriebsweise eines Ofens der Verbrauch an Brennstoff für die Beheizung zurückgehen. Der Rückgang des Fremdenergiebedarfs war schließlich auch für die Industrie der Anlaß, direkt beheizten Anlagen künftig den Vorzug zu geben. In sicherheitstechnischer Hinsicht konnte dem aus mehreren Gründen zugestimmt werden:

1. Die je Zeiteinheit eingebrachte Lösemittelmenge ist mit einfachen Mitteln gewichtsmäßig gut bestimmbar.
2. Bei konstanter Betriebsweise – z. B. gleichbleibender Ofentemperatur bzw. Bandgeschwindigkeit bei Durchlauföfen – stellt sich infolge der Umsetzung von Lösemitteln in den Brennkammern eine Gleichgewichtskonzentration an Lösemitteldampf in der Umluft bei 0,4 bis 0,5 Vol.-% ein.
3. Durch kontrollierte Luftführung werden Lösemitteldämpfe dort verdünnt, wo die Hauptmenge der Lösemittel verdampft wird – bei Durchlaufanlagen ist dies etwa im ersten Drittel des Ofens der Fall.
4. Abweichungen von der einmal eingestellten Betriebsweise, insbesondere infolge der Erhöhung des Lackdurchsatzes, bringen dem Betreiber wirtschaftliche Nachteile. Ein zu hoher Lösemitteldampf-Gehalt in der Umluft – z. B. Werte zwischen 0,6 und 0,8 Vol.-% – können bereits die Qualität der lackierten Oberfläche ebenso beeinflussen wie ein zu hoher CO₂-Gehalt (etwa 2 Vol.-%).

Dieser kurzen Übersicht ist zu entnehmen, daß hier ein Idealfall vorliegt, bei dem die sicherheitstechnischen Forderungen ganz offensichtlich den wirtschaftlichen Interessen entgegenkommen. Es wäre wünschenswert, wenn bei ähnlichen Problemen – z. B. bei der Verarbeitung der Lacke gemäß VBG 23 oder bei petrochemischen Verfahren – gleichartige Maßnahmen erarbeitet werden könnten.

Die gegenseitige Ergänzung von sicherheitstechnischen Belangen und wirtschaftlichen Gesichtspunkten trug wesentlich dazu bei, dem zuständigen Fachausschuß der Berufsgenossenschaften die Aufnahme der direkt beheizten Lacktrockenanlagen als Regelfall für die VBG 24 zu empfehlen. Damit würden die umfangreichen experimentellen Untersuchungen – wie sie bisher noch üblich sind – entfallen.

4. Meßeinrichtung zur Bestimmung der Lösemitteldampf-Konzentration

Für die Untersuchung von Lacktrockenanlagen mit direkter Beheizung ist speziell ein Meßwagen mit kontinuierlich arbeitenden Meßgeräten ausgerüstet worden (Abb. 2 und 3).

Die Untersuchungen erstrecken sich auf:

1. Prüfung der zeichnungsgerechten Ausführung der Anlage, soweit dies sicherheitstechnisch notwendig ist.

2. Ermittlung der Luftführung sowie Feststellung der Abluftmenge, der Umluftmenge sowie Aufzeichnung des Temperaturverlaufes im Ofen.
3. Messung der Lösemitteldampf-Konzentration im Ofen.
4. Untersuchung des brenntechnischen Verhaltens der Heizeinrichtung.

Für die Messung der Lösemitteldampf-Konzentration werden selektive, nicht dispersive Ultrarotabsorptionsgeräte verwendet, die auf Lösemittel eingemessen sind und deren Anzeige durch Vergleich mit dem jeweiligen Lösemitteldampf geprüft wird. Der größte Meßbereich dieser Geräte liegt – bezogen auf Toluol/Xylol – bei 30 g/m^3 ; dieser Wert entspricht etwa 0,8 Vol.-%, dem sicherheitstechnischen Grenzwert gemäß VBG 24. Nach gleichem Prinzip arbeitende Geräte werden für die Bestimmung von CO und CO₂ eingesetzt, wenn die Trockenanlagen mit Gas oder Öl beheizt werden. Der Meßbereich dieser Geräte beträgt für Kohlenmonoxid 0,02 Vol.-% und für Kohlendioxid 5 Vol.-%. Die Kontrollmessung über den Luftanteil wird mit einem elektrisch anzeigenden Sauerstoffgerät nach dem Prinzip der magnetischen Suszeptibilität mit Meßbereichen für 10 bzw. 21 Vol.-% Sauerstoff vorgenommen.

In der Abb. 4 ist die gastechnische Zusammenschaltung der einzelnen Meßgeräte schematisch dargestellt. Es ist zu ersehen, daß gleichzeitig für sechs räumlich getrennte Meßstellen Gassonden in einem Trockenofen verlegt werden können und die Gasproben kontinuierlich bis an den Gasmeßstellenumschalter angesaugt werden.

Vom kontinuierlich umlaufenden Gasmeßstellenumschalter werden nacheinander die sechs Meßstellen jeweils mit den vier parallel geschalteten Analysatoren verbunden, so daß für eine Meßstelle gleichzeitig vier Komponenten der Gasprobe analysiert werden können. Die Meßdaten werden von Sechsfarbenkompensationsschreibern mit einer Punktfolge von 1,5 s aufgezeichnet. Aus den Leitungen zwischen Meßgaskühler und Gasmeßstellenumschalter wird ein Teilstrom abgeleitet und über eine Hahnbrücke einem Gasinterferometer zugeführt. Diese Methode wird für die Konzentrationsbestimmung von solchen Gasen und Dämpfen angewandt, die sich in ihrem Brechungsvermögen hinlänglich vom Vergleichsgas – hier Luft – unterscheiden. Die Empfindlichkeit ist der Länge des Lichtweges im Meßgerät proportional. Noch ablesbare Konzentrationsunterschiede liegen in der Größenordnung von 0,003 Vol.-%.

Als zusätzliche Kontrolle des Gehaltes der Ofenatmosphäre an brennbaren Bestandteilen werden an einer Abzweigung der Hahnbrücke Messungen mit einem Wärmetönungsmeßgerät durchgeführt. Dieses Gerät zeigt unabhängig von der Stoffart die Summe der Konzentrationen aller brennbaren Gase und Dämpfe als Prozentwerte der unteren Zündgrenze an (UZG = 100 %). Der kleinste Bereich dieser Geräte beträgt 10 % der UZG. Solche Geräte sollen nach einer Eignungsprüfung auch als sog. Gaswarngeräte dienen. An zwei weiteren Abzweigungen können Gasspürröhrchen in Verbindung mit einem Gasspürgerät eingesetzt werden.

Die Ergebnisse solcher Untersuchungen werden in einem sicherheitstechnischen Gutachten zusammengefaßt, das als Grundlage für die Zulassung durch die Aufsichtsbehörden dient.

Ogleich sich für die Abwicklung einer Zulassung zwischen den Antragstellern, den Aufsichtsbehörden und der BAM

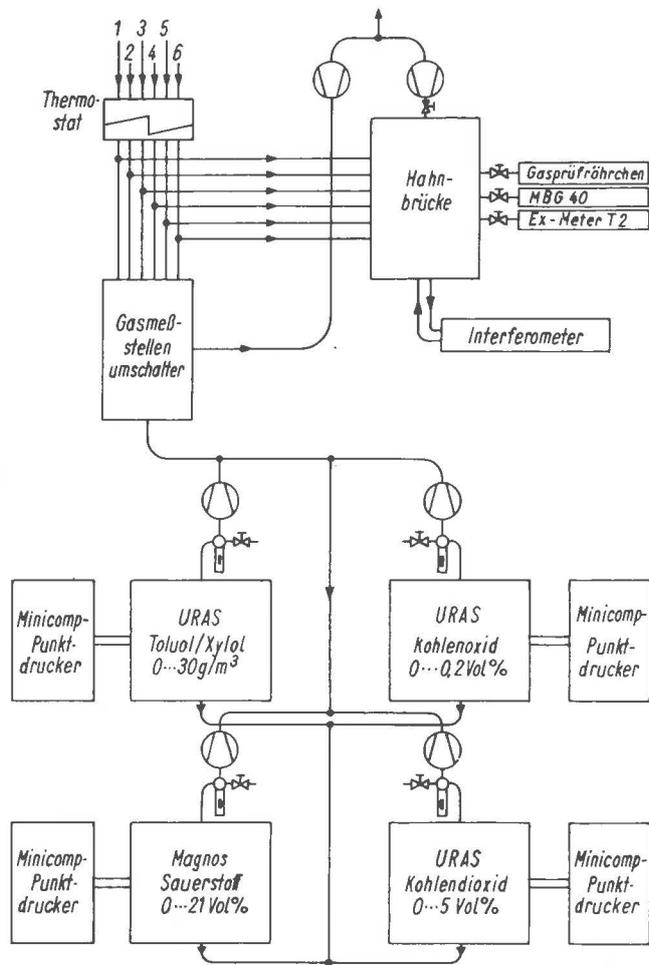


Abb. 4
Schematische Darstellung der Analyseneinrichtung

ein praktikables Verfahren ergeben hat, ist die Anzahl der Aufträge ständig so gewachsen, daß mit der vorhandenen Arbeitskapazität nicht mehr auszukommen ist.

5. Die künftige technische Entwicklung und die Berücksichtigung des Umweltschutzes

Aus diesem Grunde wurde der Entschluß des Fachausschusses „Oberflächenbehandlung“ vom Mai 1970 begrüßt, die direkt beheizten Anlagen als Regelfall in die VBG 24 aufzunehmen. Daß in diesem Zusammenhang auch die den Lacktrockenanlagen unmittelbar vorgeschalteten Lackier- und Spritzeinrichtungen diskutiert werden sollten, steht außer Frage. Soweit zu erwarten ist, daß Lösemitteldämpfe in die Trockenanlage gelangen, könnten sie der Menge nach bei der Auslegung bzw. bei der Bemessung der Luftführung im Ofen berücksichtigt werden.

In diesem Zusammenhang muß noch auf eine Entwicklung hingewiesen werden, die einen großen Einfluß auf die VBG 24 haben wird – vielleicht sogar eine völlige Neufassung erforderlich macht.

Im Rahmen des Gesetzes über die Reinhaltung der Luft sind in verschiedenen Bundesländern Verordnungen erlassen worden, die eine Begrenzung der Emission von Lösemitteln aus Lacktrockenanlagen vorsehen. Lacktrockenanlagen, die mehr als 10 kg/h Lösemittel verdampfen, dürfen im Abgas nicht mehr als 300 mg/Nm^3 Kohlenstoff von verbrennbaren

organischen Stoffen enthalten. Dieser Wert entspricht – bezogen auf Toluol – einer Konzentration von etwa 0,01 Vol.-%. Dieser Grenzwert soll durch geeignete Reinigungsmaßnahmen und Kontrollen garantiert werden. Da als wirksamste Maßnahmen nur die direkte bzw. katalytische Nachverbrennung in Frage kommen, wird die Anzahl der direkt beheizten Anlagen in der Industrie künftig überwiegen. Eine Arbeitsgruppe der BAM hat sich auf die mit der Emissionsbe-

grenzung verbundenen Meßprobleme eingestellt. Insbesondere wurde für die Bestimmung der geringen Mengen an Lösemitteldampf in der Abluft ein Gerät mit Flammenionisationsdetektor im Meßwagen eingebaut. Das Ziel der Untersuchungen wird sein, der Industrie Hinweise für die Entwicklung von Brennern zu geben, damit die Lösemittel vollständiger umgesetzt werden können und somit eine Betriebsweise mit noch höherer Sicherheit erreicht werden kann.

Kunststoffe als Wandmaterial von Behältern für brennbare Flüssigkeiten

Von ORR Dr.-Ing. Karl Meier, Bundesanstalt für Materialprüfung (BAM), Berlin

DK 621.642.038:678:662.75

Amts- und Mitteilungsblatt der Bundesanstalt für Materialprüfung (BAM) 1 (1970/71) Nr. 5 S 16/19

Manuskript-Eing. 30. September 1970

Inhaltsangabe

Kunststoffe gewinnen als Behältermaterial für brennbare Flüssigkeiten zunehmend an Bedeutung. Die Anwendung dieses „neuen“ Werkstoffes erfordert spezifische Beurteilungsmaßstäbe, wobei besonderes Augenmerk auf sicherheitstechnisch einwandfreie Lösungen zu richten ist. Die vorliegende Arbeit skizziert folgende Aspekte: Gesetzliche Grundlagen, Eigenschaften des Werkstoffes Kunststoff und ihr Vergleich mit den Eigenschaften herkömmlicher Werkstoffe, Beanspruchungen und Eigenschaften der aus Kunststoffen hergestellten Behälter sowie Grundlagen einer sicherheitstechnischen Beurteilung.

Verordnung über brennbare Flüssigkeiten (VbF) – Kunststoffbehälter für brennbare Flüssigkeiten – Technologische Eigenschaften von Wandwerkstoffen

1. Einleitung

Der Umgang mit gefährlichen Stoffen nimmt bekanntlich wegen des steigenden Bedarfs in Wirtschaft, Verkehr und Haushalten weiterhin in starkem Maße zu. Vor den Gefahren durch diese Stoffe müssen sowohl die Menschen, die den direkten Umgang damit haben, wie auch die Umwelt im weiteren Sinne geschützt werden. Dies bedeutet, den Umgang mit den Stoffen solchen Auflagen zu unterwerfen, daß sich Gefahren nicht auswirken können. Da in der Regel die Eigenschaften des Stoffes nicht verändert werden können oder sollen, betreffen die Auflagen einerseits den damit beschäftigten Menschen („sachgemäße Handhabung“), andererseits – insbesondere bei Flüssigkeiten und Gasen – die Umhüllung des Stoffes („Verpackung“, „Behälter“), die ein

unkontrolliertes Ausbreiten unterbinden muß. Letzteres gilt vorzugsweise für den Transport und die Lagerung, das erstgenannte mehr für die Herstellung und Verwendung.

Eine der Stoffgruppen, die des Umfanges ihrer Verwendung wegen besondere Bedeutung haben, sind die brennbaren Flüssigkeiten. Ihre Brennbarkeit ist jedoch nur eine der Gefahren; eine weitere ist die in jüngerer Zeit stärker beachtete Wasserverschmutzung. – Die Einteilung der brennbaren Flüssigkeiten in verschiedene Gruppen und Gefahrklassen wird seit langem anhand ihres Flammpunktes und ihrer Mischbarkeit mit Wasser vorgenommen (*Abb. 1*).

Für die sichere Handhabung der brennbaren Flüssigkeiten ist eine Reihe von Forderungen an die hierzu verwendeten Behälter zu stellen. Bei Festlegung dieser Forderungen müssen die Eigenschaften der Flüssigkeit, das Wandmaterial und die Umweltbedingungen einschließlich ihrer gegenseitigen Beeinflussung berücksichtigt werden. Die besonderen Aufgaben des Wandwerkstoffes als Trennmedium zwischen Behälterinhalt und Umwelt sind schematisch in *Abb. 2* dargestellt. Die beiden Phasengrenzflächen (Füllgut/Wand und Behälter/Umwelt) unterliegen hierbei sehr verschiedenen Beanspruchungen; so kann es zum Zusammenwirken mehrerer Vorgänge kommen, wodurch – verstärkt durch Zeit- und Temperaturabhängigkeit verschiedener Eigenschaften und Beanspruchungen – die Beurteilung der Eignung eines Wandmaterials und einer Behälterkonstruktion oft erschwert ist.

2. Gesetzliche Grundlagen und sicherheitstechnische Aspekte

Zum Schutz der Allgemeinheit ist der Umgang mit brennbaren Flüssigkeiten, z. B. das Errichten und Betreiben von Anlagen, das Abfüllen und das Befördern, durch Verordnungen gesetzlich geregelt. Die grundsätzlichen sicherheitstechnischen Forderungen, die sich sowohl auf den Werkstoff der Behälter und deren bauliche Durchbildung als auch auf die

Gruppe A			Gruppe B mit Wasser in jedem Verhältnis mischbar
mit Wasser nicht oder teilweise mischbar			
Gefahrklassen			Flammpunkte <21°C
I	II	III	
<21°C	Flammpunkte 21 – 55°C	>55 – 100°C	
Petan	Schwerbenzin	Heizöle	Methylalkohol
Benzin	Xylol	Dieselöl	Äthylalkohol
Benzol	Butylalkohol	Nitrobenzol	Acetaldehyd
Äthylacetat	Butylacetat	Tetralin	Aceton
Äthyläther	Terpentinöl		

Abb. 1
Einteilung der brennbaren Flüssigkeiten
Dampfdruck bei 50°C < 3 kp/cm²
bei 35°C weder fest noch salbenartig
(Beispiele)

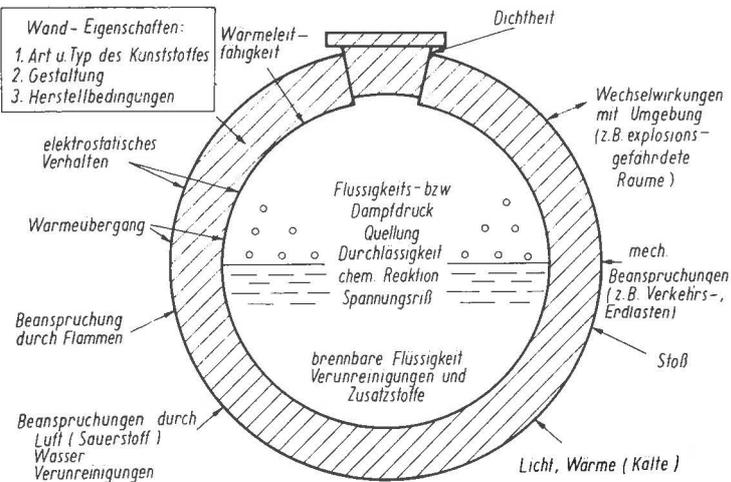


Abb. 2
Eigenschaften und Beanspruchungen eines Behälters (schematisch)

brennbaren Flüssigkeiten selbst beziehen, sind in der Verordnung über brennbare Flüssigkeiten (VbF, Fassung Juni 1970) genannt; vorhandene technische Erfahrungen zu Anlagen oder Anlageteilen sind in den Technischen Regeln über brennbare Flüssigkeiten (TRbF) erfaßt. Liegen solche Erfahrungen nicht oder nicht ausreichend vor, wie es bei der Anwendung von Kunststoffen noch meist der Fall ist, müssen diese Erzeugnisse durch die Bundesanstalt für Materialprüfung (BAM) begutachtet werden. Ein derartiges Gutachten ist Grundlage für die Bauartzulassung durch die zuständige Landesbehörde gemäß § 11 a VbF.

Die Tendenz, Metalle und andere herkömmliche Werkstoffe durch Kunststoffe mit ständig weiterentwickelten, dem Verwendungszweck angepaßten Eigenschaften zu ersetzen, ist auch auf diesem Anwendungsgebiet gut zu erkennen. Als Vorzüge gelten hierbei die niedrige Dichte der Kunststoffe (Gewichtersparnis), die Korrosionsbeständigkeit (im Vergleich zu Stahl), die Bruchsicherheit (im Vergleich zu Glas) und die Möglichkeit einer Variation von Eigenschaften im Hinblick auf den Anwendungszweck. Andere Eigenschaften weisen althergebrachte Werkstoffe und Kunststoffe in unterschiedlichem Maße gemeinsam auf: Grad des kristallinen Zustandes, Molekülorientierung, Anisotropie, Spannungsrißkorrosion, Eigenspannungen. So erfordert der Umgang mit Kunststoffen eine Betrachtungsweise, die von der der anderen Werkstoffe erheblich abweicht und ihre Ursache in der makromolekularen Natur hat. Einen Überblick über verschiedene Kunststoffarten, ihren organisch-chemischen Aufbau und das genormte Kurzzeichen gibt Abb. 3 (Auszug aus DIN 7728).

Für den hier zu behandelnden Anwendungszweck sind noch die folgenden Eigenschaften und Verhaltensweisen zu diskutieren:

- Die mechanischen Festigkeiten sind fast ausnahmslos geringer als die der Metalle, nur glasfaserverstärkte Kunststoffe erreichen in Zugfestigkeit und Biegefestigkeit den Stahl St 37; die Elastizitätsmoduln der Kunststoffe sind stark temperaturabhängig (Abb. 4) und gehen schon in Temperaturbereichen, die bei der praktischen Anwendung erreicht werden können, gegen Null.
- Kunststoffe können von Chemikalien angegriffen werden; die Stärke des Angriffs ist u. a. abhängig von Temperatur, Einwirkungsdauer und Spannungszuständen (Abb. 5 u. 6).

- Kunststoffwände können durchlässig sein – nicht infolge einer makroskopischen Porosität, sondern weil sie permeabel sind (Abb. 7).
- Kunststoffe können bei Flammeneinwirkung schmelzen, sich zersetzen und brennen. Die damit verbundene Bildung von Ruß und toxischen Gasen kann die Brandbekämpfung behindern. Andererseits kann bei Bränden der

1. Zweck und Anwendung

Die in dieser Norm angegebenen Kurzzeichen sollen dazu dienen, eine international einheitliche und damit Mißverständnisse ausschließende Kurzschreibweise für Kunststoffe anzuwenden, wenn eine Kurzschreibweise aus praktischen Gründen zweckmäßig ist, ...

2. Kurzzeichen

ABS	Acrylnitril-Butadien-Styrol-Copolymere	PMMA	Polymethylmethacrylat
CA	Celluloseacetat	PP	Polypropylen
CAB	Celluloseacetobutyrat	PS	Polystyrol
CN	Cellulosenitrat	PTFE	Polytetrafluoräthylen
EP	Epoxid	PUR	Polyurethan
PA	Polyamid	PVC	Polyvinylchlorid
PC	Polycarbonat	SI	Silikon
PE	Polyäthylen	UP	Ungesättigte Polyester

Abb. 3
Kunststoffarten und Kurzzeichen (Auszug DIN 7728 Bl. 1)

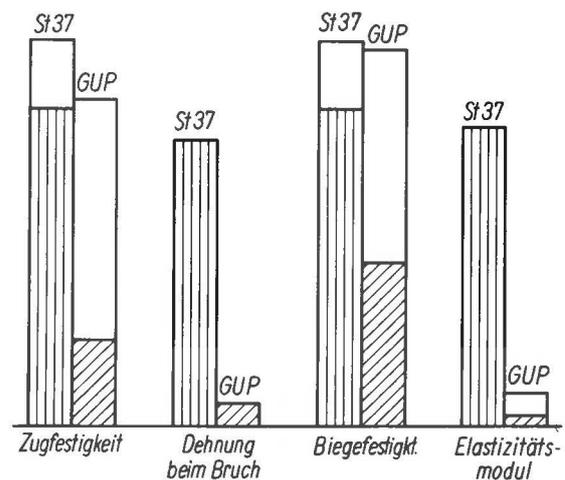


Abb. 4
Vergleich mechanischer Eigenschaften

2. Chemische Beständigkeit

Die in der Tabelle enthaltenen Angaben ergaben sich aus Versuchen und praktischen Erfahrungen. Sie dienen der ersten Orientierung über die chemische Beständigkeit des Werkstoffes und sind nicht ohne weiteres auf alle Anwendungsfälle übertragbar. Das in der Tabelle angegebene Verhalten kann je nach PE-Sorte und Angriffsbedingungen mehr oder weniger unterschiedlich sein. Es ist deshalb notwendig, im Einzelfall beim Lieferwerk Auskunft einzuholen.

Chemischer Angriff Angriffsmittel Konzentration	bei Temp. °C	Verhalten		
		bestän- dig	bedingt beständig	nicht beständig
Äthylacetat	20	x	x	
	60		x	x
Heizöl	20	x	x	
	60		x	x
Natronlauge, wäßrig bis 50 %	60	x		
Salzsäure, wäßrig	60	x		
	20	x		
	60	x	x	

Abb. 5
Rohre und Tafeln aus PE weich und PE hart (Auszug DIN 16934)

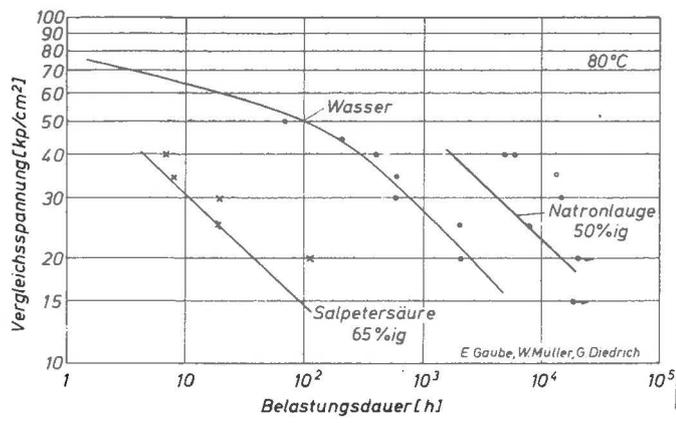


Abb. 6 Verhalten von PE hart-Rohren gegen Wasser, Salpetersäure, Natronlauge

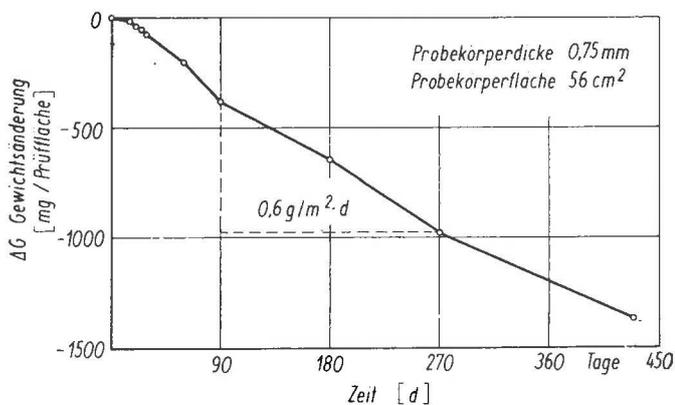


Abb. 7 Durchlässigkeit Polyvinylchlorid weich/Heizöl EL

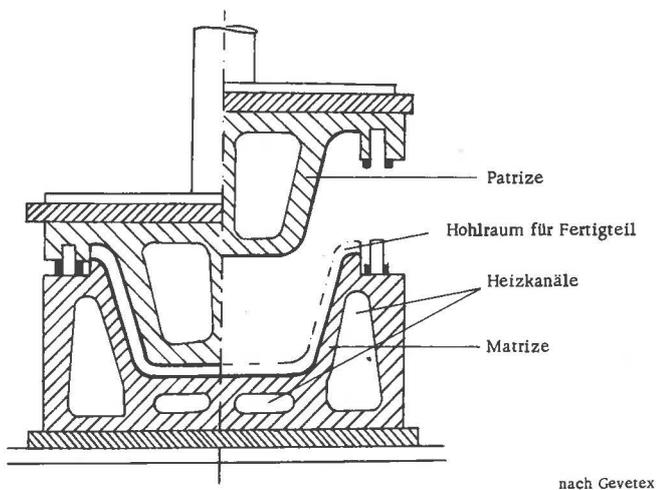


Abb. 8 Fertigungsverfahren – Heißpreßverfahren –

schlechte Wärmeübergang und die geringe Wärmeleitfähigkeit einen Wärmetransport zum Behälterinhalt verlangsamten.

e) Die im allgemeinen geringe elektrische Leitfähigkeit der Kunststoffe führt zu elektrostatischen Aufladungen, die u. U. eine zusätzliche Gefahr bilden.

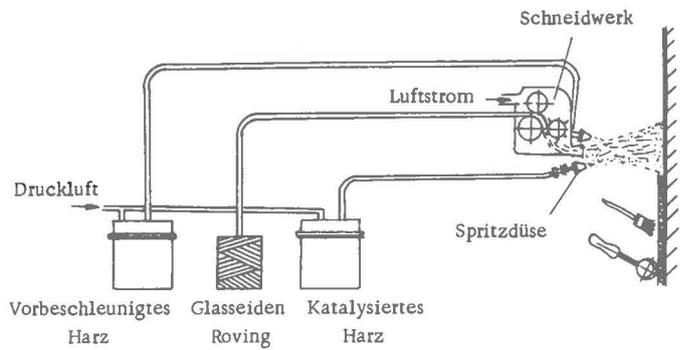


Abb. 9 Fertigungsverfahren – Faserspritzverfahren –

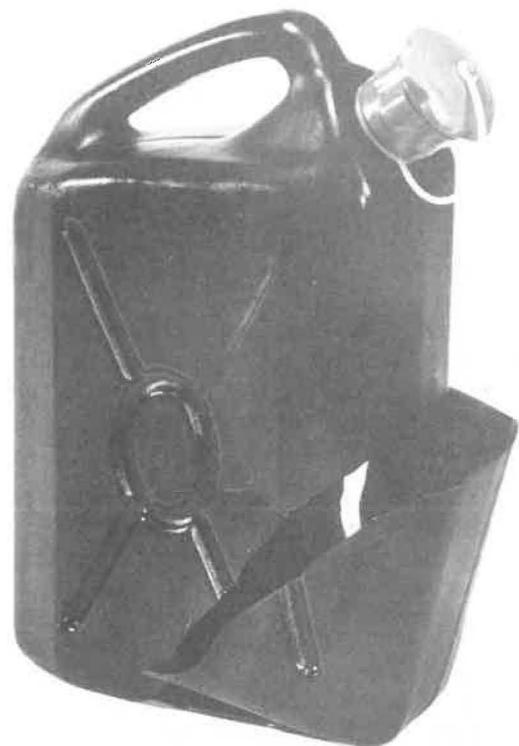


Abb. 10 Nicht sachgemäß gefertigter PE-Behälter (Kältebruch nach Fallbeanspruchung)

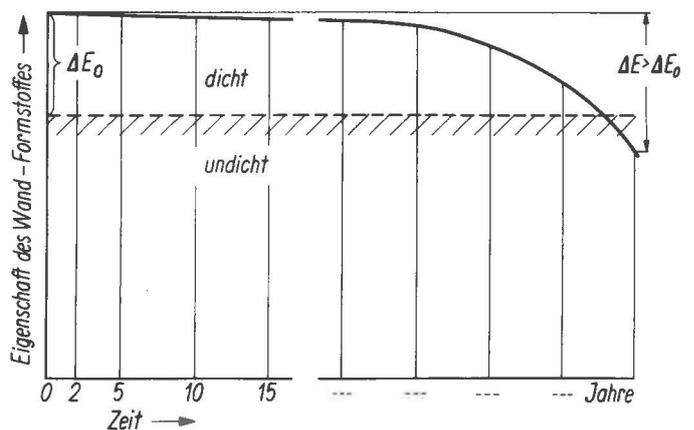


Abb. 11 Dauer der Gebrauchstauglichkeit (Sicherheit)

f) Die Herstellung der Kunststoffbehälter unterscheidet sich von der, die bei Metallen üblich ist.

Zum letzten Punkt seien einige Erläuterungen gegeben: Kunststoffbehälter werden in der Regel nicht aus vorgefertigten Tafeln mit mehr oder weniger gleichmäßigen Eigenschaften hergestellt, sondern der Wandwerkstoff des Behälters erhält seine speziellen Eigenschaften erst während der Formgebung (Abb. 8 u. 9). Der Ausgangsstoff, die Formmasse, muß dabei einen Fließzustand durchlaufen, der gestaltabhängige Werkstoffstrukturen hinterläßt. Kunststoffe zeichnen sich dabei durch gute Formbarkeit aus. Die sachgemäße Verarbeitung der Formmasse zum Formstoff ist von besonderer Bedeutung (Abb. 10).

Die für den Außenstehenden verwirrende Vielfalt der Werkstoffe, die unter der gleichen Gruppenbezeichnung im Handel ist, kann am Beispiel „Polyäthylen“ gezeigt werden, von dem allein auf dem deutschen Markt etwa 80 verschiedene Sorten handelsüblich sind. Die Eindämmung dieser Typenflut wird durch Normungsarbeiten versucht; auf dem Arbeitsprogramm der deutschen Normung stehen daher die folgenden Aufgaben:

1. Gruppierungen (Klassifizierungen)
2. Begriffe für Produkte
3. Kurzzeichen (Nomenklatur)
4. Formmassen (mit und ohne Überwachung)
5. Halbzeuge (Gütenormen mit Prüfverfahren, Abmessungsnormen)
6. Grundlagen für die Spezifikation (keine Typenfestlegung)
7. Fertigteile
8. Prüfverfahren
9. Werkzeuge

Ähnlich weit gespannt ist die Einteilung der Arbeitsgruppen im TC „Plastics“ der ISO.

Die in a bis f gezeigte kurze Übersicht der Eigenschaften von Kunststoffen und der daraus hergestellten Behälter könnte zu dem Schluß führen, daß die Anwendung für brennbare Flüssigkeiten unmöglich sei. Sie ist aber dennoch möglich

unter der Voraussetzung, daß jedes dieser Kunststoffherzeugnisse sachgemäß hergestellt und daß die Bauart fachgerecht geprüft und sicherheitstechnisch beurteilt ist. Die Beurteilung muß auch die Dauer der sicheren Anwendbarkeit (Abb. 11) und die Bewertung der danach eintretenden Gefährdung einschließen. Ein darüber hinaus verbleibendes, sorgsam begrenztes Risiko muß wohl wie bei jedem technischen Fortschritt in Kauf genommen werden; es muß jedoch so gering wie möglich gehalten werden. Die komplexe Aufgabe der Sicherheitsbeurteilung muß bei der Anwendung im Zusammenwirken von Fachleuten verschiedener Bereiche gelöst werden. Hieran sind in der BAM beteiligt:

- 1.24 Festigkeitsforschung und Behälteruntersuchungen
- 3.01 Erdöl- und Kohleerzeugnisse
- 3.11 Kautschuk und Kautschukerzeugnisse
- 3.12 Kunststoffkunde
- 3.14 Anstrich-, Belag- und Klebstoffe
- 4.01 Transport und Lagerung gefährlicher Güter
- 4.11 Verbrennungs- und Selbstentzündungsvorgänge; Reaktionen mit Sauerstoff

3. Zusammenfassung

Einige Kunststoffarten haben als Wandwerkstoffe für Behälter zur Lagerung brennbarer Flüssigkeiten an Bedeutung gewonnen. Obwohl Kunststoffe in ihren Eigenschaften sich von den herkömmlichen Werkstoffen, insbesondere Metallen, erheblich unterscheiden, lassen sie sich dann sicher anwenden, wenn die Anlagen sachgemäß gefertigt und fachgerecht beurteilt sind. In bestimmten Fällen kann dadurch ein höheres Maß an Sicherheit erreicht werden. Andererseits besteht ein gewisses Restrisiko, welches durch die Art der Begutachtung ausreichend gering gehalten werden muß.

Diese Überlegungen gelten nicht nur für die Lagerung gefährlicher Güter, sondern gleichermaßen auch für ihren Transport auf Straße, Schiene oder mit Seeschiffen. Das beschleunigte Vordringen der Kunststoffe in dieses gesamte Anwendungsgebiet fällt mit unter den amerikanischen Begriff der „application explosion“.

Acetylenleitungen und Flammensperren

Von Reg.-Rat Dipl.-Phys. Gerrit Marcks, Bundesanstalt für Materialprüfung (BAM), Berlin

DK 614.838:662.766.073.3

Amts- und Mitteilungsblatt der Bundesanstalt für Materialprüfung (BAM) 1 (1970/71) Nr. 5 S 19/23

Manuskript-Eing. 28. September 1970

Inhaltsangabe

Berichtet wird über Versuche zur Prüfung der Detonationssicherheit von Acetylenfernleitungen und der Wirksamkeit trockener Füllkörperstrecken als Flammensperren, die in Zusammenarbeit mit interessierten Werken der chemischen Industrie ausgeführt wurden. Neben verschiedenen Füllkörperstrecken wurde der Einfluß der Art des Anschlusses der Flammensperre an die Leitung untersucht.

Acetylenfernleitungen – Flammensperren – Füllkörperstrecke

1. Einleitung

Beim Bau neuer petrochemischer Werke, die u. a. Acetylen in großen Mengen herstellen, ergab sich die Frage nach einem sicheren und wirtschaftlichen Transport des Acetylen. Der sichere Transport des Acetylen bereitet deshalb größere Schwierigkeiten als der anderer brennbarer Gase, weil das

Acetylen oberhalb des von den Gefäßabmessungen abhängigen Zündgrenzdruckes explosiv zerfallen kann. Zum wirtschaftlichen Transport des Acetylen bietet sich die Verwendung von Rohrleitungen an. Liegt der Gasdruck in der Leitung über dem u. a. durch den Durchmesser bestimmten Zündgrenzdruck des Acetylen – was bei größeren Entfernungen nahezu unvermeidbar ist – wird sich ein von einer

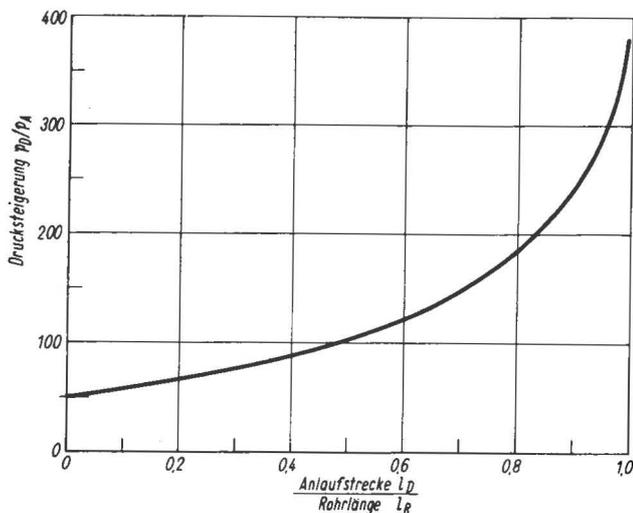


Abb. 1
Verhältnis von Detonationsdruck p_D zum Anfangsdruck p_A in Abhängigkeit vom Verhältnis Anlaufstrecke l_D zur Rohrlänge l_R (nach Sargent)

Stelle ausgehender Acetylenzerfall durch die ganze Leitung fortpflanzen und im allgemeinen von der Deflagration in eine Detonation übergehen. Die sich für diesen Fall anbietende sicherheitstechnische Maßnahme besteht in dem Bau einer den Beanspruchungen durch Detonationen standhaltenden Rohrleitung.

2. Gefahrenabschätzung

Mit welchem Druck in einer beidseitig geschlossenen Rohrleitung in Abhängigkeit von der Detonationsanlaufstrecke zu rechnen ist, kann aus einem von Sargent (1) angegebenen Diagramm abgelesen werden (Abb. 1). Aufgetragen ist das Verhältnis von Detonationsdruck zu Fülldruck über dem Verhältnis von Detonationsanlaufstrecke zu Rohrlänge. Das Diagramm ist hergeleitet unter den Annahmen, daß

1. bei der Deflagration des Acetylen keine Wärmeverluste auftreten,
2. bis zum Einsetzen der Detonation längs des Rohres der gleiche Druck herrscht,



Abb. 2
Durch eine Acetylen detonation zerstörtes Rohrende

3. bei der Detonation der Druck um den Faktor 20 steigt und
4. bei der Reflexion der Stoßwelle am geschlossenen Rohrende der Druck nochmals um den Faktor 2,5 gesteigert wird.

Beträgt die Detonationsanlaufstrecke z. B. 8/10 der Rohrlänge, so ergibt sich aus dem Diagramm ein Drucksteigerungsfaktor von 180.

Wenn auch die genannten Annahmen sicher nicht völlig richtig sind, sind Drucksteigerungsfaktoren in den angegebenen Größenordnungen gemessen worden (2). In der BAM wurden Versuche ausgeführt (Abb. 2), bei denen Acetylen unter einem Druck von 25 at (sogenanntes Hochdruckacetylen) gezündet wurde. Dabei wurden Präzisionsstahlrohre mit einem Innendurchmesser von 20 mm und einer Wandstärke von 5 mm gesprengt, wenn die Detonationsanlaufstrecke vergleichbar mit der Rohrlänge war. In einer russischen Arbeit (3) wird berichtet, daß bei einem Versuch mit einer Leitung NW 360 der Endflansch abgerissen wurde und noch ca. 300 m weit flog, nachdem er zunächst mehrere Bäume umgerissen hatte. Es wäre verständlich, wenn unter dem Eindruck solcher Versuche von einem Transport des Acetylen in detonationsgefährdeten Rohrleitungen abgeraten werden würde (4).

Bei einer Acetylenfernleitung ist im allgemeinen nicht damit zu rechnen, daß die Detonationsanlaufstrecke vergleichbar mit der Rohrlänge wird. Auch ist der Abschluß der Fernleitung nicht durch einen Blindflansch gegeben. Wenn es zur Detonation kommt, ist also nicht mit einer starken, durch die Deflagration des Acetylen bedingten Vorkompression zu rechnen. Andererseits ist zu berücksichtigen, daß die auf eine Rohrleitung wirkenden Kräfte nicht nur durch den im Rohr wirksam werdenden Druck gegeben sind.

3. Versuchsanlage

Um eine sicherheitstechnische Beurteilung für eine geplante ca. 30 km lange Acetylenfernleitung abgeben zu können, wurde mit Hilfe von Werken der chemischen Industrie eine Versuchsanlage errichtet. Abb. 3 zeigt ein Modell der Versuchsanlage. Sie besteht im wesentlichen aus zwei ca. 115 m langen, L-förmig angeordneten Rohren der Nennweiten 300 bzw. 450. Die Leitung NW 300 ist aus nahtlosen, die Leitung NW 450 aus längsnahtgeschweißten Rohrteilen hergestellt. In Versuchen sollte festgestellt werden, ob die Leitungen, deren Prüfdruck das 50fache des Gasdruckes beträgt, den bei einer Acetylen detonation auftretenden Beanspruchungen standhalten. Gleichzeitig sollten in einer als Flammensperre dienenden trockenen Füllkörperstrecke (Abb. 4) verschiedene Füllkörpertypen auf ihre Eignung untersucht werden. Die Füllkörperstrecke war über ein T-Stück an die Rohrleitung angeflanscht, um ein direktes Einlaufen der Stoßwelle in die Flammensperre zu vermeiden. Das durch den Übereckenschluß der Zerfallsperre entstehende freie Rohrende wurde mit einer Berstscheibe abgeschlossen, da sich diese Anordnung bei bereits früher von einem chemischen Werk ausgeführten Versuchen bewährt hatte (5).

4. Versuche

Der Messung der Detonationsanlaufstrecke dienten in regelmäßigen Abständen in die Rohre eingeschweißte Stutzen. Leider konnte mit den anfänglich eingesetzten Ionisationssonden im allgemeinen nur die Detonationsgeschwindigkeit

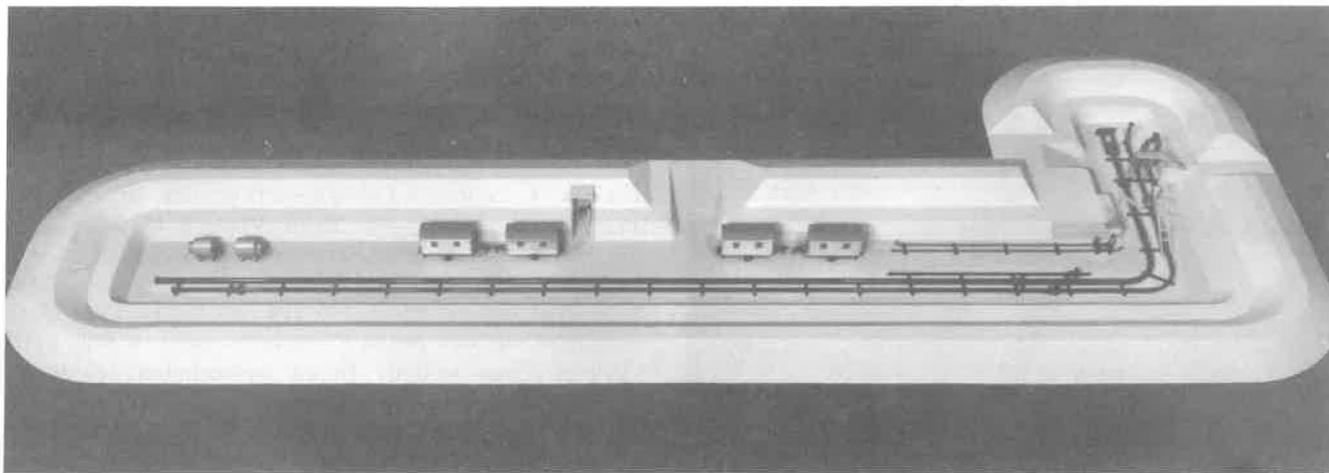


Abb. 3
Modell der Versuchsanlage

gemessen werden. Die Sonden versagten in dem Teil der Leitung, in dem die Acetylenzersetzung noch nicht zur Detonation angelaufen war. Dies Versagen ist vermutlich darauf zurückzuführen, daß das Acetylen im Falle der Deflagration nicht bis zur Rohrwand zerfällt. Für die Detonationsanlaufstrecke wurden im Druckbereich 2,0 bis 2,5 bar Werte von $30\text{ m} \pm 20\text{ m}$ gemessen. Die starke Streuung der Werte ist darauf zurückzuführen, daß die Detonationsanlaufstrecke nicht nur vom Gasdruck und vom Rohrdurchmesser abhängt. Auf den ersten 10 bis 20 Metern nach dem Umschlag Deflagration–Detonation wurden – wie beim Einsetzen anderer Gasetonationen verschiedentlich beobachtet (6) – die größten Flammengeschwindigkeiten gemessen: Die Werte lagen hier um 2200 m/s. Nach einer Laufstrecke von ca. 60 m fiel die Detonationsgeschwindigkeit auf Werte von ca. 1950 m/s. Wurde vor dem Versuch das Rohr nicht vom Ruß des vorhergehenden Versuches befreit, so fand man eine um ca. 300 m/s geringere Flammgeschwindigkeit.

Bei einigen Versuchen wurden mittels Dehnungsmeßstreifen die beim Durchgang der Detonation in der Rohrwand bewirkten Dehnungen gemessen. Die Meßstreifen wurden in der Nähe des Krümmers angebracht – also an einem Ort, an dem die Detonation stationär verlief. Die gemessenen Dehnungen blieben unter der Streckgrenze des Stahls. Zur Erfassung bleibender Dehnungen wurden im Bereich des Umschlages Deflagration–Detonation und an den Krümmern Messungen mit einem Setzdehnungsmesser ausgeführt. An den Meßstellen konnten keine bleibenden Verformungen festgestellt werden, abgesehen von Dehnungen, die auf eine Verschiebung der Rohrleitung durch den starken Rückstoß zurückzuführen waren. Bei einer genauen Untersuchung der Leitung NW 450 nach mehreren Versuchen zeigte sich, daß die Leitung im Bereich des Umschlages Deflagration–Detonation mehrere Aufbeulungen aufwies. Die stärkste Aufbeulung an der Leitung NW 450 zeigt die Abb. 5. Bemerkenswert ist, daß sich die Aufbeulung nicht über den gesamten Rohrumfang erstreckt.

Die hier beschriebenen Versuche haben gezeigt, daß eine Acetylenleitung, deren Prüfdruck das 50fache des maximalen Gasdruckes beträgt, als detonationssicher anzusehen ist. Dies gilt unter der Voraussetzung, daß den Leitungsquerschnitt verengende Einbauten vermieden werden und daß der Krümmungsradius der verwendeten Krümmern mindestens das 5fache des Rohrdurchmessers ist.

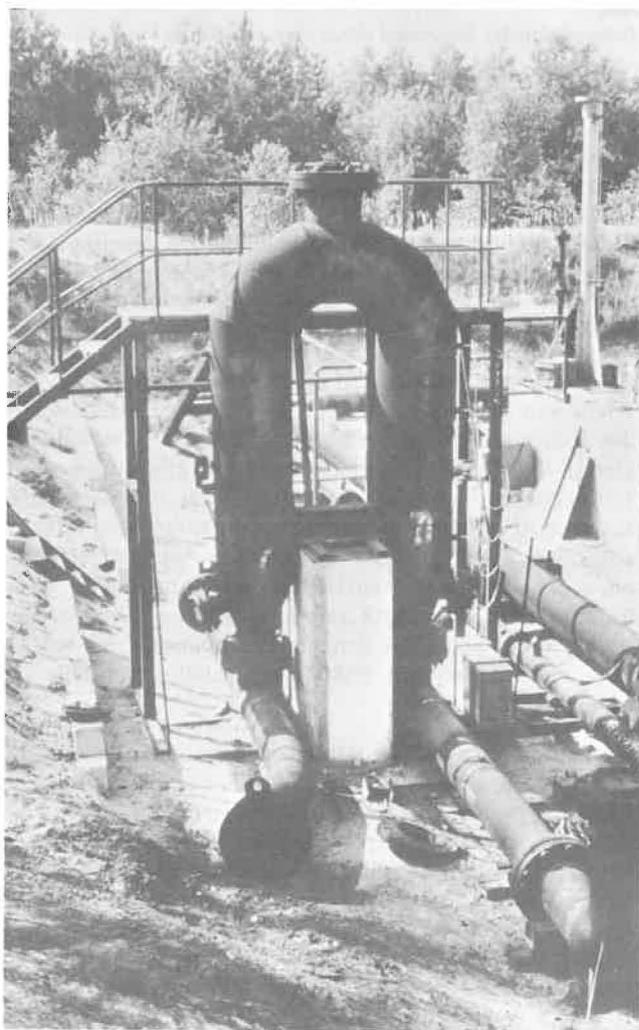


Abb. 4
U-förmige Füllkörperstrecke

5. Flammensperren

Durch den Einbau von Flammensperren in eine detonationsgefährdete Acetylenanlage läßt sich verhindern, daß ein einmal eingeleiteter Acetylenzerfall die gesamte Anlage erfaßt. Die Flammensperre soll unter allen möglichen Betriebsbedingungen den Acetylenzerfall aufhalten können. Sie ist also bei dem maximalen im Betrieb vorkommenden Druck zu prüfen. Da nicht vorhergesagt werden kann, auf welche Art und an welchem Ort der Acetylenzerfall eingeleitet wird, ist zu prüfen, ob die Flammensperre eine Deflagration,

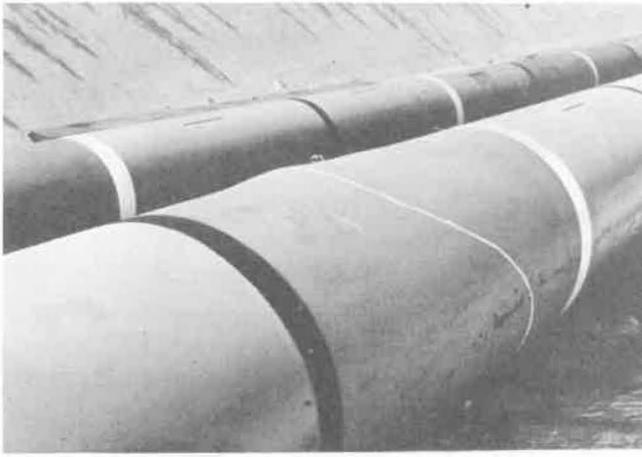


Abb. 5
Deformation der Rohrwand durch eine anlaufende Detonation

eine Detonation und u. U. eine anlaufende Detonation aufzuhalten vermag. Nach Möglichkeit sollte die Flammensperre einen geringen Strömungswiderstand haben, geringe Baukosten verursachen, weitgehend wartungsfrei sein und keine Änderung der Gaszusammensetzung bewirken. Die beiden zuletzt genannten Forderungen werden im allgemeinen nicht von den bereits vielfach erfolgreich eingesetzten nassen Acetylenflammensperren erfüllt.

Auf Grund der Abhängigkeit des Zündgrenzdruckes des Acetylens vom Rohrdurchmesser läßt sich durch Herabsetzen des Rohrquerschnittes erreichen, daß eine Acetylendeflagration zum Stillstand kommt. Bei Versuchen wurden in die Rohrleitung Rohrbündelstrecken eingebaut, um die Ausbreitung von Acetylenzersetzungen zu verhindern. Die Versuche scheiterten, weil schneller verlaufende Acetylendeflagrationen bzw. -detonationen längere mit Rohrbündeln ausgelegte Rohrteile zu durchlaufen vermochten. Erfolgreicher verliefen Versuche, bei denen als Flammensperren regellos bzw. systematisch mit Füllkörpern gefüllte Rohrteile verwendet wurden (2, 5).

Bei den im Rahmen der sicherheitstechnischen Beurteilung ausgeführten Versuchen versagten die ursprünglich für die Flammensperren vorgesehenen Füllkörper. Der Zündgrenzdruck des Acetylens beträgt in einem Rohr von 20 mm lichter Weite 2,8 bar (absolut) und in einem Rohr von 25 mm lichter Weite 2,5 bar. Bei einem Acetylendruck von 2,2 bar war erwartet worden, daß Raschig-Ringe von der Größe 25 x 25 mm bzw. 20 x 20 mm in der ca. 6 m langen Flammensperre den Acetylenzerfall aufhalten können. 10 x 10 mm Raschig-Ringe hielten den Acetylenzerfall auf. Die Eindringtiefe der Zersetzung lag dann unter 1 m.

Die Versuche ergaben, daß verrostete Füllkörper die Acetylen-Zersetzung besser als neue Füllkörper aufzuhalten vermögen. Dies hatte zur Folge, daß nach jedem Versuch ein Teil bzw. die gesamte Füllkörperfüllung ausgewechselt werden mußte. Eine systematische Untersuchung der Wirksamkeit trockener Füllkörperstrecken als Flammensperren erschien auf Grund der entstehenden hohen Materialkosten mit der vorhandenen Versuchsanlage nicht möglich.

Zur Fortsetzung der Versuche wurde eine aus Versuchsrohren der Nennweiten 100 und 200 bestehende Versuchsanlage (Rohrbaukasten) gebaut. Hierbei ergab sich die Frage, ob sich die in dieser für großtechnische Verhältnisse kleinen

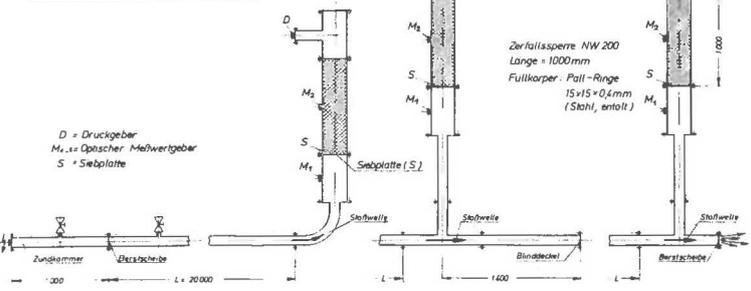
Versuchsanlage gewonnenen Ergebnisse auf die große Versuchsanlage und damit auf die großtechnische Praxis übertragen lassen. Nach Fertigstellung dieser Versuchsanlage sollte ein weiterer Füllkörpertyp in der U-förmigen Zersperre der großen Versuchsleitung NW 300 geprüft werden. Die Füllkörper waren in der „kleinen“ Versuchsanlage unter dem Druck bereits mit Erfolg geprüft worden, der vom Auftraggeber angegeben war. Beim Versuch in der Anlage NW 300 wurde die große Sperre jedoch durchschlagen. Auf der Suche nach einer Erklärung für dieses Ergebnis wurde festgestellt, daß die Anlage NW 300 einschließlich der Flammensperre mit den neuen Füllkörpern mehrere Tage unter Vakuum gestanden hatte. Es war anzunehmen, daß der im Anlieferungszustand auf den Füllkörpern befindliche Ölfilm hierbei verändert worden war. Bei der Wiederholung des Versuchs in der kleinen Versuchsanlage unter gleichen Bedingungen wurde diese Annahme bestätigt. Da mit der Erhaltung der Ölschicht im praktischen Betrieb nicht gerechnet werden kann, wurden die folgenden Versuche unter den sicherheitstechnisch ungünstigsten Bedingungen ausgeführt, d. h. mit Füllkörpern, die in einem Lösungsmittelbad entölt worden waren. Ein auf die Füllkörper aufgebrachter Ölfilm vergrößert die sichernde Wirkung der Füllkörperstrecke gegenüber einer Detonation. Langsam verlaufende Acetylenzersetzungen können jedoch eine mit einem Ölfilm versehene Füllkörperstrecke besser durchdringen (7).

Zur Klärung der Frage, welchen Einfluß die Art des Anschlusses einer Flammensperre auf ihre sichernde Wirkung hat, wurden unter sonst gleichen Bedingungen verschiedene Anschlußmöglichkeiten untersucht (Abb. 6). Die Detonation des Acetylens wurde bei diesen Versuchen mit einer Zündkammer eingeleitet. Im Versuchsaufbau 1 wurde die Acetylen detonation direkt in die Flammensperre gelenkt. Im Versuchsaufbau 2 befand sich die Sperre im Nebenschluß; das angeschlossene Rohrteil war mit einem Blinddeckel verschlossen. Im Versuchsaufbau 3 befand sich die Sperre wieder im Nebenschluß; das freie Rohrende war jedoch mit einer Berstscheibe verschlossen. Gemessen wurde bei diesen Versuchen die mittlere Flammengeschwindigkeit zwischen den Meßstützen M_1 und M_2 . Hieraus wurde die mittlere Flammengeschwindigkeit zwischen dem Bodensieb der Flammensperre und dem Meßstützen M_2 berechnet. Hinter der Flammensperre wurde mit Hilfe eines piezoelektrischen Druckaufnehmers der Druck gemessen. Bei keinem Versuch wurde die Flammensperre durchschlagen. Der Acetylenfülldruck betrug bei allen Versuchen 1,5 bar. Wurde die Acetylen detonation direkt in die Flammensperre geleitet (Aufbau 1), so erreichten Flammengeschwindigkeit und Druckanstiegsgeschwindigkeit ihre größten Werte. Wurde das direkte Einlaufen der Stoßwelle durch ein kurzes blindgeflanshtes Rohr verhindert (Aufbau 2), so lagen Flammengeschwindigkeit und Druckanstiegsgeschwindigkeit niedriger. Bei Druckentlastung durch eine seitlich angeordnete Berstscheibe (Aufbau 3) wurde die Zersetzung vor dem Meßstützen M_2 aufgehalten, und die Druckanstiegsgeschwindigkeit hatte ihren kleinsten Wert.

In einer weiteren Versuchsreihe wurden Füllkörperstrecken verschiedener Länge einmal direkt in die Versuchsleitung eingebaut und einmal über ein T-Stück angeschlossen (Abb. 7). Bestimmt wurde der Druck, bei dem die Zersetzung noch von der Flammensperre aufgehalten wurde. Zur Festlegung des Grenzdruckes wurde bei den Versuchen der Acetylenfülldruck um jeweils 0,2 bar variiert.

Für die 0,6 m lange Sperre ergab sich ein Grenzdruck von

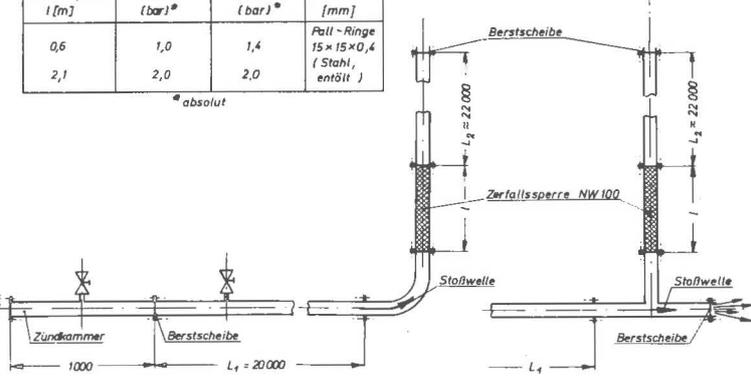
Versuchsaufbau	Flammgeschw. $v(M_1-M_2)$ (m/s)	Druckanstiegsgeschwindigkeit dp/dt (bar/s)
1	390	860
2	250	290
3	—	160



Anordnung der Zerfallssperre: Versuchsaufbau 1 Sperr direkt in der Rohrleitung
 Versuchsaufbau 2 Sperr im Nebenschluß zur Rohrleitung / Blinddeckel
 Versuchsaufbau 3 Sperr im Nebenschluß zur Rohrleitung / Berstscheibe

Abb. 6
 Aufbau für Versuche mit Füllkörperstrecken NW 200

Länge der Zerfallssperre l [m]	Grenzdruck bei Versuchsaufbau nach 1 (bar)*	Grenzdruck bei Versuchsaufbau nach 2 (bar)*	Füllkörper [mm]
0,6	1,0	1,4	Pall-Ringe 15 x 15 x 0,4 (Stahl, entölt)
2,1	2,0	2,0	



Anordnung der Zerfallssperre: Versuchsaufbau 1 Sperr direkt in der Rohrleitung
 Versuchsaufbau 2 Sperr im Nebenschluß zur Rohrleitung

Abb. 7
 Aufbau für Versuche mit Füllkörperstrecken NW 100

Redaktionelle Bemerkung über den Vortrag von ORR Dr. rer. nat. Peter-Andreas Wandrey, Bundesanstalt für Materialprüfung, Berlin

Über die Explosionsfähigkeit von Emulsionen brennbarer Flüssigkeiten in wäßrigem Wasserstoffperoxid

Auf Antrag der Industrie wurden von der Bundesanstalt Untersuchungen über die Explosionsfähigkeit von Emulsionen aus wäßrigem Wasserstoffperoxid und mit Wasser nicht mischbaren brennbaren Flüssigkeiten ausgeführt. Dabei wurde das sicherheitstechnisch bedeutsame Ergebnis erhalten, daß Sauerstoffbläschen, die durch kontrollierte Zersetzung des Wasserstoffperoxids entwickelt wurden, auf die Detonationsfähigkeit in Übereinstimmung mit der „hot spot“-Theorie von Bowden und Yoffe einen stark begünstigenden Einfluß haben. Auf diese Weise konnten noch Emulsionen mit starker Sauerstoff-Unterbilanz zur Detonation gebracht werden, deren Zusammensetzungen weit außerhalb der aus

1,0 bar, wenn die Stoßwelle direkt auf die Sperre traf. Bei Anschluß über ein T-Stück ergab sich ein Grenzdruck von 1,4 bar. Bei der 2,1 m langen Sperre erwies sich der Grenzdruck jedoch im Rahmen der Meßgenauigkeit (Änderung des Druckes um 0,2 bar) als unabhängig von der Art des Anschlusses.

Werden trockene Füllkörperstrecken als Flammensperren in Acetylenleitungen eingesetzt, so wird bei kurzen Füllkörperstrecken der zulässige Betriebsdruck auch abhängig von der Art des Anschlusses an die Leitung. Bei längeren Füllkörperstrecken hat die Art des Anschlusses – vermutlich infolge des hohen Strömungswiderstandes der Füllkörper bei größeren Gasegeschwindigkeiten – keinen deutlichen Einfluß auf die sichernde Wirkung.

Dem Bundesministerium für Arbeit und Sozialordnung und der Knapsack AG sei an dieser Stelle für die finanzielle Unterstützung der Arbeiten bzw. für die Errichtung eines Teiles der Versuchsanlagen gedankt.

Literatur

- 1) Sargent, H.
Chem. Eng. 64 (1957) Nr. 2 S. 250/254
- 2) Boesler, R, Kenschak, M., Rimarski, W., Weisweiler
German Techniques for Handling Acetylene in Chemical Operations
FIAT Report Nr. 720 (1946)
- 3) Kogarko, S., Ljamin, A., Michajlov, V.
Chim. Promyslennost 41 (1965) S. 621/624
- 4) Jantovskij, S.
Chim. Promyslennost 40 (1964) S. 683/686
- 5) Schmidt, H., Haberl, K.
Technische Überwachung 7 (1955) Nr. 12 S. 423/429
- 6) Holzapfel, G., Schön, G.
Chemie Ing. Techn. 37 (1965) Nr. 5 S. 493/497
- 7) Hölemann, P., Hasselmann, R.
Einfluß der Oberflächenbeschaffenheit der Wandung auf den Ablauf von Acetylenexplosionen
Forschungsberichte des Wirtschafts- und Verkehrsministeriums Nordrhein-Westfalen Nr. 526

Der pyrotechnische Gegenstand

Bengalfeuer, grün, 500 g

mit dem der Firma

Dynamit Nobel AG
Werk Depyfag
7121 Cleebronn

vom Innenministerium Baden-Württemberg
erteilten Zulassungszeichen

CTR/MPA 237 II

im Werk

7121 Cleebronn

dieser Firma hergestellt, erhält das Zulassungs-
zeichen

BAM - P II - 0440

und trägt zusätzlich zu der sonst vorgeschriebenen
Kennzeichnung den Hinweis für die Verwendung:

Pulver in einem 4-5 cm breiten Streifen auf eine
feuerfeste Unterlage (z. B. Blech, Beton, gras-
freier Boden) schütten, an der der Windrichtung
entgegengesetzten Seite entzünden und sich rasch
entfernen.

Nur im Freien verwenden!

Berlin-Dahlem, den 22. Juli 1970

Der Präsident der
Bundesanstalt für Materialprüfung
Im Auftrag

Dr. - Ing. J. Z e h r

Der pyrotechnische Gegenstand

Theaterfeuer, grün, 250 g

mit dem der Firma

Pyrotechnische Fabriken
Hans Moog-H. Nicolaus
56 Wuppertal-Ronsdorf
Am Flügel 1

vom Arbeits- und Sozialministerium des Landes
Nordrhein-Westfalen erteilten Zulassungszeichen

CTR/MPA 616 II

im Werk

56 Wuppertal-Ronsdorf
Am Flügel 1

dieser Firma hergestellt, erhält das Zulassungs-
zeichen

BAM - P II - 0441

und trägt zusätzlich zu der sonst vorgeschriebenen
Kennzeichnung den Hinweis für die Verwendung:

Pulver auf eine feuerfeste Unterlage (z. B. Be-
ton, Blech, Asbest) schütten, am Rand entzün-
den und sich rasch entfernen.

Trocken lagern.

Berlin-Dahlem, den 22. Juli 1970

Der Präsident der
Bundesanstalt für Materialprüfung
Im Auftrag

Dr. - Ing. J. Z e h r

Der pyrotechnische Gegenstand

Römisches Licht

mit dem der Firma

Geja-Feuerwerk
1 Berlin 45
Landweg 21

vom Senator für Arbeit, Gesundheit und Soziales
des Landes Berlin erteilten Zulassungszeichen

BAM 1423 II

im Werk

1 Berlin 45
Landweg 21

dieser Firma hergestellt, erhält das Zulassungs-
zeichen

BAM - P II - 0442

und trägt zusätzlich zu der sonst vorgeschriebenen
Kennzeichnung den Hinweis für die Verwendung:

Gegenstand bis zur Hälfte senkrecht so eingraben,
die Füllung ungehindert nach oben ausgeworfen
werden kann. Seitwärts stehend an der Papier-
abklebung entzünden und sich rasch entfernen.

Nur im Freien verwenden!

Berlin-Dahlem, den 22. Juli 1970

Der Präsident der
Bundesanstalt für Materialprüfung
Im Auftrag

Dr. - Ing. J. Z e h r

Der pyrotechnische Gegenstand

Bengalfeuer, rot, 500 g

mit dem der Firma

Pyrotechnische Fabriken
Hans Moog- H. Nicolaus
56 Wuppertal-Ronsdorf
Am Flügel 1

vom Arbeits- und Sozialministerium des Landes
Nordrhein-Westfalen erteilten Zulassungszeichen

CTR/MPA 615 II

im Werk

56 Wuppertal-Ronsdorf
Am Flügel 1

dieser Firma hergestellt, erhält das Zulassungs-
zeichen

BAM - P II - 0443

und trägt zusätzlich zu der sonst vorgeschriebenen
Kennzeichnung den Hinweis für die Verwendung:

Pulver in einem 4-5 cm breiten Streifen auf eine
feuerfeste Unterlage (z. B. Blech, Beton, gras-
freier Boden) schütten, an der der Windrichtung
entgegengesetzten Seite entzünden und sich rasch
entfernen.

Trocken lagern.

Nur im Freien verwenden!

Berlin-Dahlem, den 22. Juli 1970

Der Präsident der
Bundesanstalt für Materialprüfung
Im Auftrag

Dr. - Ing. J. Z e h r

Der pyrotechnische Gegenstand

Bengalfeuer, rot, 500 g

mit dem der Firma

Dynamit Nobel AG
Werk Depyfag
7121 Cleebrohn

vom Innenministerium Baden-Württemberg erteilten
Zulassungszeichen

CTR/MPA 236 II

im Werk

7121 Cleebrohn

dieser Firma hergestellt, erhält das Zulassungs-
zeichen

BAM - P II - 0444

und trägt zusätzlich zu der sonst vorgeschriebenen
Kennzeichnung den Hinweis für die Verwendung:

Pulver in einem 4-5 cm breiten Streifen auf eine
feuerfeste Unterlage (z.B. Blech, Beton, gras-
freier Boden) schütten, an der der Windrichtung
entgegengesetzten Seite entzünden und sich rasch
entfernen.

Nur im Freien verwenden!

Berlin-Dahlem, den 22. Juli 1970

Der Präsident der
Bundesanstalt für Materialprüfung
Im Auftrag

Dr. - Ing. J. Z e h r

Der pyrotechnische Gegenstand

Bengalfeuer, grün, 500 g

mit dem der Firma

Pyrotechnische Fabriken
Hans Moog - H. Nicolaus
56 Wuppertal-Ronsdorf
Am Flügel 1

vom Arbeits- und Sozialministerium des Landes
Nordrhein-Westfalen erteilten Zulassungszeichen

CTR/MPA 615 II

im Werk

56 Wuppertal-Ronsdorf
Am Flügel 1

dieser Firma hergestellt, erhält das Zulassungs-
zeichen

BAM - P II - 0445

und trägt zusätzlich zu der sonst vorgeschriebenen
Kennzeichnung den Hinweis für die Verwendung:

Pulver in einem 4-5 cm breiten Streifen auf eine
feuerfeste Unterlage (z.B. Blech, Beton, gras-
freier Boden) schütten, an der der Windrichtung
entgegengesetzten Seite entzünden und sich rasch
entfernen.

Trocken lagern.

Nur im Freien verwenden!

Berlin-Dahlem, den 22. Juli 1970

Der Präsident der
Bundesanstalt für Materialprüfung
Im Auftrag

Dr. - Ing. J. Z e h r

Der pyrotechnische Gegenstand

Römisches Licht 20 L

mit dem der Firma

Franz Keller oHG
464 Wattenscheid
Im Steinhof

vom Arbeits- und Sozialministerium des Landes
Nordrhein-Westfalen erteilten Zulassungszeichen

BAM 2125 II

von der Firma

Hunan Fireworks Factory
Hunan
VR China

in

Hunan
VR China

hergestellt, erhält das Zulassungszeichen

BAM - P II - 0446

und trägt zusätzlich zu der sonst vorgeschriebenen
Kennzeichnung den Hinweis für die Verwendung:

Gegenstand bis zur Hälfte senkrecht so eingraben,
daß die Füllung ungehindert nach oben ausgewor-
fen werden kann. Zündschnur seitwärts stehend
am äußersten Ende entzünden und sich rasch
entfernen.

Nur im Freien verwenden!

Berlin-Dahlem, den 22. Juli 1970

Der Präsident der
Bundesanstalt für Materialprüfung
Im Auftrag

Dr. - Ing. J. Z e h r

Der pyrotechnische Gegenstand

Kometen-Feuertopf mit bunten Sternen

mit dem der Firma

Nico-Pyrotechnik
Hanns-Jürgen Diederichs KG
2077 Tritttau
Bei der Feuerwerkerei

vom Ministerium für Arbeit, Soziales und Ver-
triebene des Landes Schleswig-Holstein erteilten
Zulassungszeichen

BAM 1463 II

im Werk

2077 Tritttau
Bei der Feuerwerkerei

dieser Firma hergestellt, erhält das Zulassungs-
zeichen

BAM - P II - 0447

und trägt zusätzlich zu der sonst vorgeschriebenen
Kennzeichnung den Hinweis für die Verwendung:

Gegenstand bis zur Hälfte senkrecht so ein-
graben, daß die Füllung ungehindert nach
oben ausgeworfen werden kann. Schutzkappe
abziehen, Zündschnur seitwärts stehend am
äußersten Ende entzünden und sich rasch ent-
fernen.

Nur im Freien verwenden!

Berlin-Dahlem, den 22. Juli 1970

Der Präsident der
Bundesanstalt für Materialprüfung
Im Auftrag

Dr. - Ing. J. Z e h r

Der pyrotechnische Gegenstand

Römisches Licht A

mit dem der Firma

Pyrotechnische Fabrik
F. Feistel KG
6719 Göllheim

vom Sozialministerium Rheinland-Pfalz erteilten
Zulassungszeichen

BAM 2076 II

von der Firma

Brock's Firework Ltd.
Hemel Hempstead
Herts.
England

in

Hemel Hempstead
Herts.
England

hergestellt, erhält das Zulassungszeichen

BAM - P II - 0449

und trägt zusätzlich zu der sonst vorgeschriebenen
Kennzeichnung den Hinweis für die Verwendung:

Gegenstand bis zur Hälfte senkrecht so ein-
graben, daß die Füllung ungehindert nach
oben ausgeworfen werden kann. Zündpapier
seitwärts stehend am äußersten Ende ent-
zünden und sich rasch entfernen.

Nur im Freien verwenden!

Berlin-Dahlem, den 22. Juli 1970

Der Präsident der
Bundesanstalt für Materialprüfung
Im Auftrag

Dr. - Ing. J. Z e h r

Der pyrotechnische Gegenstand

Feuertopf mit Goldregen und Knalleffekten

mit dem der Firma

Nico-Pyrotechnik
Hanns-Jürgen Diederichs KG
2077 Trittau
Bei der Feuerwerkerei

vom Ministerium für Arbeit, Soziales und Ver-
triebene des Landes Schleswig-Holstein erteilten
Zulassungszeichen

BAM 1462 II

im Werk

2077 Trittau
Bei der Feuerwerkerei

dieser Firma hergestellt, erhält das Zulassungs-
zeichen

BAM - P II - 0450

und trägt zusätzlich zu der sonst vorgeschriebenen
Kennzeichnung den Hinweis für die Verwendung:

Gegenstand bis zur Hälfte senkrecht so eingra-
ben, daß die Füllung ungehindert nach oben aus-
geworfen werden kann. Schutzkappe abziehen,
Zündschnur seitwärts stehend am äußersten En-
de entzünden und sich rasch entfernen.

Nur im Freien verwenden!

Berlin-Dahlem, den 22. Juli 1970

Der Präsident der
Bundesanstalt für Materialprüfung
Im Auftrag

Dr. - Ing. J. Z e h r

Der pyrotechnische Gegenstand

Kometen-Feuertopf mit bunten Sternen

mit dem der Firma

Pyrotechnische Fabriken
Hans Moog - H. Nicolaus
56 Wuppertal-Ronsdorf
Am Flügel 1

vom Arbeits- und Sozialministerium des Landes
Nordrhein-Westfalen erteilten Zulassungszeichen

CTR/MPA 628 II

im Werk

56 Wuppertal-Ronsdorf
Am Flügel 1

dieser Firma hergestellt, erhält das Zulassungs-
zeichen

BAM - P II - 0451

und trägt zusätzlich zu der sonst vorgeschriebenen
Kennzeichnung den Hinweis für die Verwendung:

Gegenstand bis zur Hälfte senkrecht so eingra-
ben, daß die Füllung ungehindert nach oben aus-
geworfen werden kann. Schutzkappe abziehen, Zünd-
schnur seitwärts stehend am äußersten Ende ent-
zünden und sich rasch entfernen.

Nur im Freien verwenden!

Berlin-Dahlem, den 9. Nov. 1970

Der Präsident der
Bundesanstalt für Materialprüfung
Im Auftrag

Dr. - Ing. J. Z e h r

Der pyrotechnische Gegenstand

Römisches Licht 8 L

mit dem der Firma

Franz Keller oHG
464 Wattenscheid
Im Steinhof

vom Arbeits- und Sozialministerium des Landes
Nordrhein-Westfalen erteilten Zulassungszeichen

BAM 2123 II

von der Firma

Hunan Fireworks Factory
Hunan
VR China

in

Hunan
VR China

hergestellt, erhält das Zulassungszeichen

BAM - P II - 0452

und trägt zusätzlich zu der sonst vorgeschriebenen
Kennzeichnung den Hinweis für die Verwendung:

Gegenstand bis zur Hälfte senkrecht so eingra-
ben, daß die Füllung ungehindert nach oben aus-
geworfen werden kann. Zündschnur seitwärts stehend
am äußersten Ende entzünden und sich rasch ent-
fernen.

Nur im Freien verwenden!

Berlin-Dahlem, den 9. Nov. 1970

Der Präsident der
Bundesanstalt für Materialprüfung
Im Auftrag

Dr. - Ing. J. Z e h r

Der pyrotechnische Gegenstand

Römisches Licht B

mit dem der Firma

Pyrotechnische Fabrik
F. Feistel KG
6719 Göllheim

vom Sozialministerium Rheinland-Pfalz erteilten
Zulassungszeichen

BAM 2077 II

von der Firma

Brock's Firework Ltd.
Hemel Hempstead
Herts.
England

in

Hemel Hempstead
Herts.
England

hergestellt, erhält das Zulassungszeichen

BAM - P II - 0453

und trägt zusätzlich zu der sonst vorgeschriebenen
Kennzeichnung den Hinweis für die Verwendung:

Gegenstand bis zur Hälfte senkrecht so eingra-
ben, daß die Füllung ungehindert nach oben aus-
geworfen werden kann. Zündpapier seitwärts
stehend am äußersten Ende entzünden und sich
rasch entfernen.

Nur im Freien verwenden!

Berlin-Dahlem, den 9. Nov. 1970

Der Präsident der
Bundesanstalt für Materialprüfung
Im Auftrag

Dr. - Ing. J. Z e h r

Der pyrotechnische Gegenstand

Feuertopf mit Goldregen und Knalleffekten

mit dem der Firma,

Pyrotechnische Fabriken
Hans Moog - H. Nicolaus
56 Wuppertal-Ronsdorf
Am Flügel 1

vom Arbeits- und Sozialministerium des Landes
Nordrhein-Westfalen erteilten Zulassungszeichen

BAM 1378 II

im Werk

56 Wuppertal-Ronsdorf
Am Flügel 1

dieser Firma hergestellt, erhält das Zulassungs-
zeichen

BAM - P II - 0455

und trägt zusätzlich zu der sonst vorgeschriebenen
Kennzeichnung den Hinweis für die Verwendung:

Gegenstand bis zur Hälfte senkrecht so eingra-
ben, daß die Füllung ungehindert nach oben aus-
geworfen werden kann. Schutzkappe abziehen,
Zündschnur seitwärts stehend am äußersten En-
de entzünden und sich rasch entfernen.

Nur im Freien verwenden!

Berlin-Dahlem, den 9. Nov. 1970

Der Präsident der
Bundesanstalt für Materialprüfung
Im Auftrag

Dr. - Ing. J. Z e h r

Der pyrotechnische Gegenstand

Bengalische Fackel, rot

mit dem der Firma

Oscar Fischer KG
Pyrotechnische Fabrik
745 Hechingen
Lindichstr. 1

vom Innenministerium Baden-Württemberg
erteilten Zulassungszeichen

CTR/MPA 575 II

im Werk

745 Hechingen
Lindichstr. 1

dieser Firma hergestellt, erhält das Zulassungs-
zeichen

BAM - P II - 0457

und trägt zusätzlich zu der sonst vorgeschriebenen
Kennzeichnung den Hinweis für die Verwendung:

Gegenstand waagrecht am freien Holzende hal-
ten und am anderen Ende entzünden. Nicht gegen
den Wind halten.

Nur im Freien verwenden!

Berlin-Dahlem, den 9. Nov. 1970

Der Präsident der
Bundesanstalt für Materialprüfung
Im Auftrag

Dr. - Ing. J. Z e h r

Der pyrotechnische Gegenstand

Nico-Römisches Licht

mit dem der Firma

Nico-Pyrotechnik
Hanns-Jürgen Diederichs KG
2077 Tritttau
Bei der Feuerwerkerei

vom Ministerium für Arbeit, Soziales und Ver-
triebene des Landes Schleswig-Holstein erteilten
Zulassungszeichen

BAM 1521 II

im Werk

2077 Tritttau
Bei der Feuerwerkerei

dieser Firma hergestellt, erhält das Zulassungs-
zeichen

BAM - P II - 0458

und trägt zusätzlich zu der sonst vorgeschriebenen
Kennzeichnung den Hinweis für die Verwendung:

Gegenstand bis zur Hälfte senkrecht so eingra-
ben, daß die Füllung ungehindert nach oben aus-
geworfen werden kann. Zündgewebe seitwärts
stehend am äußersten Ende entzünden und sich
rasch entfernen.

Nur im Freien verwenden!

Berlin-Dahlem, den 9. Nov. 1970

Der Präsident der
Bundesanstalt für Materialprüfung
Im Auftrag

Dr. - Ing. J. Z e h r

Der pyrotechnische Gegenstand

Römisches Licht

mit dem der Firma

Pyrotechnische Fabriken
Hans Moog - H. Nicolaus
56 Wuppertal-Ronsdorf
Am Flügel 1

vom Arbeits- und Sozialministerium des Landes
Nordrhein-Westfalen erteilten Zulassungszeichen

BAM 1155 II

im Werk

56 Wuppertal-Ronsdorf
Am Flügel 1

dieser Firma hergestellt, erhält das Zulassungs-
zeichen

BAM - P II - 0459

und trägt zusätzlich zu der sonst vorgeschriebenen
Kennzeichnung den Hinweis für die Verwendung:

Gegenstand bis zur Hälfte senkrecht so eingra-
ben, daß die Füllung ungehindert nach oben aus-
geworfen werden kann. Zündgewebe seitwärts
stehend am äußersten Ende entzünden und sich
rasch entfernen.

Nur im Freien verwenden!

Berlin-Dahlem, den 9. Nov. 1970

Der Präsident der
Bundesanstalt für Materialprüfung
Im Auftrag
Dr. - Ing. J. Z e h r

Der pyrotechnische Gegenstand

Römisches Licht, 4 Sterne

mit dem der Firma

Dynamit Nobel AG
Werk Depyfag
7121 Cleebronn

vom Innenministerium Baden-Württemberg
erteilten Zulassungszeichen

CTR/MPA 215 II

im Werk

7121 Cleebronn

dieser Firma hergestellt, erhält das Zulassungs-
zeichen

BAM - P II - 0460

und trägt zusätzlich zu der sonst vorgeschriebenen
Kennzeichnung den Hinweis für die Verwendung:

Gegenstand bis zur Hälfte senkrecht so eingra-
ben, daß die Füllung ungehindert nach oben aus-
geworfen werden kann. Zündschnur seitwärts
stehend am äußersten Ende entzünden und sich
rasch entfernen.

Nur im Freien verwenden!

Berlin-Dahlem, den 9. Nov. 1970

Der Präsident der
Bundesanstalt für Materialprüfung
Im Auftrag

Dr. - Ing. J. Z e h r

Der pyrotechnische Gegenstand

Römisches Licht C

mit dem der Firma

Pyrotechnische Fabrik
F. Feistel KG
6719 Göllheim

vom Sozialministerium Rheinland-Pfalz
erteilten Zulassungszeichen

BAM 2078 II

von der Firma

Brock's Firework Ltd.
Hemel Hempstead
Herts.
England

in

Hemel Hempstead
Herts.
England

hergestellt, erhält das Zulassungszeichen

BAM - P II - 0461

und trägt zusätzlich zu der sonst vorgeschriebenen
Kennzeichnung den Hinweis für die Verwendung:

Gegenstand bis zur Hälfte senkrecht so eingra-
ben, daß die Füllung ungehindert nach oben aus-
geworfen werden kann. Zündpapier seitwärts
stehend am äußersten Ende entzünden und sich
rasch entfernen.

Nur im Freien verwenden!

Berlin-Dahlem, den 9. Nov. 1970

Der Präsident der
Bundesanstalt für Materialprüfung
Im Auftrag

Dr. - Ing. J. Z e h r

Der pyrotechnische Gegenstand

Römisches Licht

mit dem der Firma

Pyrotechnische Fabriken
Hans Moog - H. Nicolaus
56 Wuppertal-Ronsdorf
Am Flügel 1

vom Arbeits- und Sozialministerium des Landes
Nordrhein-Westfalen erteilten Zulassungszeichen

CTR/MPA 449 II

im Werk

56 Wuppertal-Ronsdorf
Am Flügel 1

dieser Firma hergestellt, erhält das Zulassungs-
zeichen

BAM - P II - 0462

und trägt zusätzlich zu der sonst vorgeschriebenen
Kennzeichnung den Hinweis für die Verwendung:

Gegenstand bis zur Hälfte senkrecht so eingra-
ben, daß die Füllung ungehindert nach oben aus-
geworfen werden kann. Zündgewebe seitwärts
stehend am äußersten Ende entzünden und sich
rasch entfernen.

Nur im Freien verwenden!

Berlin-Dahlem, den 9. Nov. 1970

Der Präsident der
Bundesanstalt für Materialprüfung
Im Auftrag

Dr. - Ing. J. Z e h r

Der pyrotechnische Gegenstand

Nico-Römisches Licht

mit dem der Firma

Nico-Pyrotechnik
Hanns-Jürgen Diederichs KG
2077 Trittau
Bei der Feuerwerkerei

vom Ministerium für Arbeit, Soziales und Ver-
triebene des Landes Schleswig-Holstein erteilten
Zulassungszeichen

BAM 1239 II

im Werk

2077 Trittau
Bei der Feuerwerkerei

dieser Firma hergestellt, erhält das Zulassungs-
zeichen

BAM - P II - 0463

und trägt zusätzlich zu der sonst vorgeschriebenen
Kennzeichnung den Hinweis für die Verwendung:

Gegenstand bis zur Hälfte senkrecht so eingra-
ben, daß die Füllung ungehindert nach oben aus-
geworfen werden kann. Zündgewebe seitwärts
stehend am äußersten Ende entzünden und sich
rasch entfernen.

Nur im Freien verwenden!

Berlin-Dahlem, den 9. Nov. 1970

Der Präsident der
Bundesanstalt für Materialprüfung
Im Auftrag
Dr. - Ing. J. Z e h r

Der pyrotechnische Gegenstand

Römisches Licht, 6 Sterne

mit dem der Firma

Dynamit Nobel AG
Werk Depyfag
7121 Cleebrohn

vom Innenministerium Baden-Württemberg
erteilten Zulassungszeichen

CTR/MPA 216 II

im Werk

7121 Cleebrohn

dieser Firma hergestellt, erhält das Zulassungs-
zeichen

BAM - P II - 0464

und trägt zusätzlich zu der sonst vorgeschriebenen
Kennzeichnung den Hinweis für die Verwendung:

Gegenstand bis zur Hälfte senkrecht so eingra-
ben, daß die Füllung ungehindert nach oben aus-
geworfen werden kann. Zündschnur seitwärts
stehend am äußersten Ende entzünden und sich
rasch entfernen.

Nur im Freien verwenden!

Berlin-Dahlem, den 9. Nov. 1970

Der Präsident der
Bundesanstalt für Materialprüfung
Im Auftrag
Dr. - Ing. J. Z e h r

Der pyrotechnische Gegenstand

Kreislicht

mit dem der Firma

Pyrotechnische Fabrik
F. Feistel KG
6719 Göllheim

vom Sozialministerium Rheinland-Pfalz
erteilten Zulassungszeichen

BAM 2073 II

von der Firma

Brock's Firework Ltd.
Hemel Hempstead
Herts.
England

in

Hemel Hempstead
Herts.
England

hergestellt, erhält das Zulassungszeichen

BAM - P II - 0465

und trägt zusätzlich zu der sonst vorgeschriebenen
Kennzeichnung den Hinweis für die Verwendung:

Gegenstand bis zur Hälfte senkrecht so eingra-
ben, daß die Füllung ungehindert nach oben aus-
geworfen werden kann. Zündpapier seitwärts
stehend am äußersten Ende entzünden und sich
rasch entfernen.

Nur im Freien verwenden!

Berlin-Dahlem, den 9. Nov. 1970

Der Präsident der
Bundesanstalt für Materialprüfung
Im Auftrag
Dr. - Ing. J. Z e h r

Der pyrotechnische Gegenstand

Bengalische Fackel, grün

mit dem der Firma

Oscar Fischer KG
Pyrotechnische Fabrik
745 Hechingen
Lindichstr. 1

vom Innenministerium Baden-Württemberg
erteilten Zulassungszeichen

CTR/MPA 576 II

im Werk

745 Hechingen
Lindichstr. 1

dieser Firma hergestellt, erhält das Zulassungs-
zeichen

BAM - P II - 0466

und trägt zusätzlich zu der sonst vorgeschriebenen
Kennzeichnung den Hinweis für die Verwendung:

Gegenstand waagrecht am freien Holzende hal-
ten und am anderen Ende entzünden. Nicht gegen
den Wind halten.

Nur im Freien verwenden!

Berlin-Dahlem, den 9. Nov. 1970

Der Präsident der
Bundesanstalt für Materialprüfung
Im Auftrag

Dr. - Ing. J. Z e h r

Der pyrotechnische Gegenstand

Römisches Licht

mit dem der Firma

Pyrotechnische Fabriken
Hans Moog - H. Nicolaus
56 Wuppertal-Ronsdorf
Am Flügel 1

vom Arbeits- und Sozialministerium des Landes
Nordrhein-Westfalen erteilten Zulassungszeichen

BAM 1260 II

im Werk

56 Wuppertal-Ronsdorf
Am Flügel 1

dieser Firma hergestellt, erhält das Zulassungs-
zeichen

BAM - P II - 0467

und trägt zusätzlich zu der sonst vorgeschriebenen
Kennzeichnung den Hinweis für die Verwendung:

Gegenstand bis zur Hälfte senkrecht so eingra-
ben, daß die Füllung ungehindert nach oben aus-
geworfen werden kann. Zündgewebe seitwärts
stehend am äußersten Ende entzünden und sich
rasch entfernen.

Nur im Freien verwenden!

Berlin-Dahlem, den 9. Nov. 1970

Der Präsident der
Bundesanstalt für Materialprüfung
Im Auftrag
Dr. - Ing. J. Z e h r

Der pyrotechnische Gegenstand

Römisches Licht, 5 Sterne

mit dem der Firma

Dynamit Nobel AG
Werk Depyfag
7121 Cleebronn

vom Innenministerium Baden-Württemberg
erteilten Zulassungszeichen

BAM 2158 II

im Werk

7121 Cleebronn

dieser Firma hergestellt, erhält das Zulassungs-
zeichen

BAM - P II - 0468

und trägt zusätzlich zu der sonst vorgeschriebenen
Kennzeichnung den Hinweis für die Verwendung:

Gegenstand bis zur Hälfte senkrecht so eingra-
ben, daß die Füllung ungehindert nach oben aus-
geworfen werden kann. Zündschnur seitwärts
stehend am äußersten Ende entzünden und sich
rasch entfernen.

Nur im Freien verwenden!

Berlin-Dahlem, den 9. Nov. 1970

Der Präsident der
Bundesanstalt für Materialprüfung
Im Auftrag
Dr. - Ing. J. Z e h r

Der pyrotechnische Gegenstand

Römisches Licht

mit dem der Firma

Pyrotechnische Fabriken
Hans Moog - H. Nicolaus
56 Wuppertal-Ronsdorf
Am Flügel 1

vom Arbeits- und Sozialministerium des Landes
Nordrhein-Westfalen erteilten Zulassungszeichen

BAM 1726 II

im Werk

56 Wuppertal-Ronsdorf
Am Flügel 1

dieser Firma hergestellt, erhält das Zulassungs-
zeichen

BAM - P II - 0469

und trägt zusätzlich zu der sonst vorgeschriebenen
Kennzeichnung den Hinweis für die Verwendung:

Gegenstand bis zur Hälfte senkrecht so eingra-
ben, daß die Füllung ungehindert nach oben aus-
geworfen werden kann. Zündgewebe seitwärts
stehend am äußersten Ende entzünden und sich
rasch entfernen.

Nur im Freien verwenden!

Berlin-Dahlem, den 9. Nov. 1970

Der Präsident der
Bundesanstalt für Materialprüfung
Im Auftrag
Dr. - Ing. J. Z e h r

Der pyrotechnische Gegenstand

Silbersternlicht, 6 Sterne

mit dem der Firma

Dynamit Nobel AG
Werk Depyfag
7121 Cleebronn

vom Innenministerium Baden-Württemberg
erteilten Zulassungszeichen

CTR/MPA 217 II

im Werk

7121 Cleebronn

dieser Firma hergestellt, erhält das Zulassungs-
zeichen

BAM - P II - 0470

und trägt zusätzlich zu der sonst vorgeschriebenen
Kennzeichnung den Hinweis für die Verwendung:

Gegenstand bis zur Hälfte senkrecht so eingra-
ben, daß die Füllung ungehindert nach oben aus-
geworfen werden kann. Zündschnur seitwärts
stehend am äußersten Ende entzünden und sich
rasch entfernen.

Nur im Freien verwenden!

Berlin-Dahlem, den 9. Nov. 1970

Der Präsident der
Bundesanstalt für Materialprüfung
Im Auftrag
Dr. - Ing. J. Z e h r

Der pyrotechnische Gegenstand

Römisches Licht 12 L

mit dem der Firma

Franz Keller oHG
464 Wattenscheid
Im Steinhof

vom Arbeits- und Sozialministerium des Landes
Nordrhein-Westfalen erteilten Zulassungszeichen
BAM 2124 II

von der Firma

Hunan Fireworks Factory
Hunan
VR China

in

Hunan
VR China

hergestellt, erhält das Zulassungszeichen

BAM - P II - 0471

und trägt zusätzlich zu der sonst vorgeschriebenen
Kennzeichnung den Hinweis für die Verwendung:

Gegenstand bis zur Hälfte senkrecht so eingra-
ben, daß die Füllung ungehindert nach oben aus-
geworfen werden kann. Zündschnur seitwärts
stehend am äußersten Ende entzünden und sich
rasch entfernen.

Nur im Freien verwenden!

Berlin-Dahlem, den 9. Nov. 1970

Der Präsident der
Bundesanstalt für Materialprüfung
Im Auftrag
Dr. - Ing. J. Z e h r

Der pyrotechnische Gegenstand

Bengalische Fackel, rot

mit dem der Firma

Oscar Fischer KG
Pyrotechnische Fabrik
745 Hechingen
Lindichstr. 1

vom Innenministerium Baden-Württemberg
erteilten Zulassungszeichen

CTR/MPA 571 II

im Werk

745 Hechingen
Lindichstr. 1

dieser Firma hergestellt, erhält das Zulassungs-
zeichen

BAM - P II - 0472

und trägt zusätzlich zu der sonst vorgeschriebenen
Kennzeichnung den Hinweis für die Verwendung:

Gegenstand waagrecht am freien Holzende hal-
ten und am anderen Ende entzünden. Nicht gegen
den Wind halten.

Nur im Freien verwenden!

Berlin-Dahlem, den 9. Nov. 1970

Der Präsident der
Bundesanstalt für Materialprüfung
Im Auftrag
Dr. - Ing. J Z e h r

Der pyrotechnische Gegenstand

Riesengalfackel, rot

mit dem der Firma

Dynamit Nobel AG
Werk Depyfag
7121 Cleeborn

vom Innenministerium Baden-Württemberg
erteilten Zulassungszeichen

BAM 2161 II

im Werk

7121 Cleeborn

dieser Firma hergestellt, erhält das Zulassungs-
zeichen

BAM - P II - 0473

und trägt zusätzlich zu der sonst vorgeschriebenen
Kennzeichnung den Hinweis für die Verwendung:

Gegenstand waagrecht am freien Holzende hal-
ten und am anderen Ende entzünden. Nicht gegen
den Wind halten.

Nur im Freien verwenden!

Berlin-Dahlem, den 9. Nov. 1970

Der Präsident der
Bundesanstalt für Materialprüfung
Im Auftrag

Dr. - Ing. J. Z e h r

Der pyrotechnische Gegenstand

Bengalische Fackel, grün

mit dem der Firma

Oscar Fischer KG
Pyrotechnische Fabrik
745 Hechingen
Lindichstr. 1

vom Innenministerium Baden-Württemberg
erteilten Zulassungszeichen

CTR/MPA 574 II

im Werk

745 Hechingen
Lindichstr. 1

dieser Firma hergestellt, erhält das Zulassungs-
zeichen

BAM - P II - 0474

und trägt zusätzlich zu der sonst vorgeschriebenen
Kennzeichnung den Hinweis für die Verwendung:

Gegenstand waagrecht am freien Holzende hal-
ten und am anderen Ende entzünden. Nicht gegen
den Wind halten.

Nur im Freien verwenden!

Berlin-Dahlem, den 9. Nov. 1970

Der Präsident der
Bundesanstalt für Materialprüfung
Im Auftrag
Dr. - Ing. J. Z e h r

Der pyrotechnische Gegenstand
Riesenbengalfackel, grün
mit dem der Firma

Dynamit Nobel AG
Werk Depyfag
7121 Cleebronn

vom Innenministerium Baden-Württemberg
erteilten Zulassungszeichen

BAM 2162 II
im Werk
7121 Cleebronn

dieser Firma hergestellt, erhält das Zulassungs-
zeichen

BAM - P II - 0475

und trägt zusätzlich zu der sonst vorgeschriebenen
Kennzeichnung den Hinweis für die Verwendung:

Gegenstand waagrecht am freien Holzende hal-
ten und am anderen Ende entzünden. Nicht gegen
den Wind halten.

Nur im Freien verwenden!

Berlin-Dahlem, den 9. Nov. 1970

Der Präsident der
Bundesanstalt für Materialprüfung
Im Auftrag

Dr. - Ing. J. Z e h r

Der pyrotechnische Gegenstand
Sternrakete Quodlibet
mit dem der Firma

Pyrotechnische Fabrik
F. Feistel KG
6719 Göllheim

vom Sozialministerium Rheinland-Pfalz
erteilten Zulassungszeichen

BAM 1956 II
im Werk
6719 Göllheim

dieser Firma hergestellt, erhält das Zulassungs-
zeichen

BAM - P II - 0478

und trägt zusätzlich zu der sonst vorgeschriebenen
Kennzeichnung den Hinweis für die Verwendung:

Gegenstand mit dem Leitstab so in eine fest-
stehende, geeignete Halterung (z. B. Weinflasche,
Rohr) stecken, daß die Rakete ungehindert senk-
recht aufsteigen kann. Schutzkappe abziehen,
Gegenstand am äußersten Ende der Zündschnur
entzünden und sich rasch entfernen.

Nur im Freien verwenden!

Berlin-Dahlem, den 9. Nov. 1970

Der Präsident der
Bundesanstalt für Materialprüfung
Im Auftrag

Dr. - Ing. J. Z e h r

Der pyrotechnische Gegenstand
Bengalische Fackel, rot
mit dem der Firma

Oscar Fischer KG
Pyrotechnische Fabrik
745 Hechingen
Lindichstr. 1

vom Innenministerium Baden-Württemberg
erteilten Zulassungszeichen

CTR/MPA 573 II
im Werk
745 Hechingen
Lindichstr. 1

dieser Firma hergestellt, erhält das Zulassungs-
zeichen

BAM - P II - 0479

und trägt zusätzlich zu der sonst vorgeschriebenen
Kennzeichnung den Hinweis für die Verwendung:

Gegenstand waagrecht am freien Holzende hal-
ten und am anderen Ende entzünden. Nicht gegen
den Wind halten.

Nur im Freien verwenden!

Berlin-Dahlem, den 9. Nov. 1970

Der Präsident der
Bundesanstalt für Materialprüfung
Im Auftrag

Dr. - Ing. J. Z e h r

Der pyrotechnische Gegenstand
Riesenbengalfackel, Stern
mit dem der Firma

Dynamit Nobel AG
Werk Depyfag
7121 Cleebronn

vom Innenministerium Baden-Württemberg
erteilten Zulassungszeichen

BAM 2163 II
im Werk
7121 Cleebronn

dieser Firma hergestellt, erhält das Zulassungs-
zeichen

BAM - P II - 0480

und trägt zusätzlich zu der sonst vorgeschriebenen
Kennzeichnung den Hinweis für die Verwendung:

Gegenstand waagrecht am freien Holzende hal-
ten und am anderen Ende entzünden. Nicht gegen
den Wind halten.

Nur im Freien verwenden!

Berlin-Dahlem, den 9. Nov. 1970

Der Präsident der
Bundesanstalt für Materialprüfung
Im Auftrag

Dr. - Ing. J. Z e h r

Der pyrotechnische Gegenstand

Bengalische Fackel, grün

mit dem der Firma

Oscar Fischer KG
Pyrotechnische Fabrik
745 Hechingen
Lindichstr. 1

vom Innenministerium Baden-Württemberg
erteilten Zulassungszeichen

CTR/MPA 572 II

im Werk

745 Hechingen
Lindichstr. 1

dieser Firma hergestellt, erhält das Zulassungs-
zeichen

BAM - P II - 0482

und trägt zusätzlich zu der sonst vorgeschriebenen
Kennzeichnung den Hinweis für die Verwendung:

Gegenstand waagrecht am freien Holzende hal-
ten und am anderen Ende entzünden. Nicht gegen
den Wind halten.

Nur im Freien verwenden!

Berlin-Dahlem, den 9. Nov. 1970

Der Präsident der
Bundesanstalt für Materialprüfung
Im Auftrag

Dr. - Ing. J. Z e h r

Der pyrotechnische Gegenstand

Silberwirbel-Rakete

mit dem der Firma

Dynamit Nobel AG
Werk Depyfag
7121 Cleebrohn

vom Innenministerium Baden-Württemberg
erteilten Zulassungszeichen

BAM 2043 II

im Werk

7111 Adolzfurt

dieser Firma hergestellt, erhält das Zulassungs-
zeichen

BAM - P II - 0484

und trägt zusätzlich zu der sonst vorgeschriebenen
Kennzeichnung den Hinweis für die Verwendung:

Gegenstand mit dem Leitstab so in eine fest-
stehende, geeignete Halterung (z. B. Weinflasche,
Rohr) stecken, daß die Rakete ungehindert senk-
recht aufsteigen kann. Schutzkappe abziehen,
Gegenstand am äußersten Ende der Zündschnur
entzünden und sich rasch entfernen.

Nur im Freien verwenden!

Berlin-Dahlem, den 9. Nov. 1970

Der Präsident der
Bundesanstalt für Materialprüfung
Im Auftrag

Dr. - Ing. J. Z e h r

Der pyrotechnische Gegenstand

Knallkörper Paketcracker

mit dem der Firma

Europa-Kontor GmbH
5 Köln 60
Amsterdamer Str. 228 A

vom Arbeits- und Sozialministerium des Landes
Nordrhein-Westfalen erteilten Zulassungszeichen

BAM 2032 II

von der Firma

China National Tea and Native Produce
Import and Export Corporation
Hunan Provincial Branch
Canton Sub-Office
144, 623 Road
Canton / VR China

in

144, 623 Road
Canton / VR China

hergestellt, erhält das Zulassungszeichen

BAM - P II - 0485

und trägt zusätzlich zu der sonst vorgeschriebenen
Kennzeichnung den Hinweis für die Verwendung:

Gegenstand auf den Boden legen, am äußersten
Ende der Zündschnur anzünden und sich rasch
entfernen.

Nach dem Anzünden nicht in der Hand halten!
Nur im Freien verwenden!

Berlin-Dahlem, den 9. Nov. 1970

Der Präsident der
Bundesanstalt für Materialprüfung
Im Auftrag

Dr. - Ing. J. Z e h r

Der pyrotechnische Gegenstand

Orkan-Rakete

mit dem der Firma

Dynamit Nobel AG
Werk Depyfag
7121 Cleebrohn

vom Innenministerium Baden-Württemberg
erteilten Zulassungszeichen

BAM 2045 II

im Werk

7111 Adolzfurt

dieser Firma hergestellt, erhält das Zulassungs-
zeichen

BAM - P II - 0486

und trägt zusätzlich zu der sonst vorgeschriebenen
Kennzeichnung den Hinweis für die Verwendung:

Gegenstand mit dem Leitstab so in eine fest-
stehende, geeignete Halterung (z. B. Weinflasche,
Rohr) stecken, daß die Rakete ungehindert senk-
recht aufsteigen kann. Schutzkappe abziehen,
Gegenstand am äußersten Ende der Zündschnur
entzünden und sich rasch entfernen.

Nur im Freien verwenden!

Berlin-Dahlem, den 9. Nov. 1970

Der Präsident der
Bundesanstalt für Materialprüfung
Im Auftrag

Dr. - Ing. J. Z e h r 33

Der pyrotechnische Gegenstand

Knallkörper China Böller

mit dem der Firma

Europa-Kontor GmbH

5 Köln 60

Amsterdamer Str. 228 A

vom Arbeits- und Sozialministerium des Landes
Nordrhein-Westfalen erteilten Zulassungszeichen

BAM 2034 II

von der Firma

China National Tea and Native Produce

Import and Export Corporation

Hunan Provincial Branch

Canton Sub-Office

144, 623 Road

Canton / VR China

in

144, 623 Road

Canton / VR China

hergestellt, erhält das Zulassungszeichen

BAM - P II 0487

und trägt zusätzlich zu der sonst vorgeschriebenen
Kennzeichnung den Hinweis für die Verwendung:

Gegenstand auf den Boden legen, am äußersten
Ende der Zündschnur anzünden und sich rasch
entfernen.

Nach dem Anzünden nicht in der Hand halten!

Nur im Freien verwenden!

Berlin-Dahlem, den 9. Nov. 1970

Der Präsident der
Bundesanstalt für Materialprüfung

Im Auftrag

Dr. - Ing. J. Z e h r

Der pyrotechnische Gegenstand

Bengalfeuer, rot, 500 g

mit dem der Firma

Pyro-Chemie

Hermann Weber u. Co. GmbH

Pyrotechnische Fabrik

5208 Eitorf/Sieg

vom Arbeits- und Sozialministerium des Landes
Nordrhein-Westfalen erteilten Zulassungszeichen

CTR/MPA 207 II

im Werk

5208 Eitorf/Sieg

dieser Firma hergestellt, erhält das Zulassungs-
zeichen

BAM - P II - 0488

und trägt zusätzlich zu der sonst vorgeschriebenen
Kennzeichnung den Hinweis für die Verwendung:

Pulver in einem 4-5 cm breiten Streifen auf
eine feuerfeste Unterlage (z. B. Blech, Beton,
grasfreier Boden) schütten, an der der Wind-
richtung entgegengesetzten Seite entzünden und
sich rasch entfernen.

Trocken lagern.

Nur im Freien verwenden!

Berlin-Dahlem, den 9. Nov. 1970

Der Präsident der
Bundesanstalt für Materialprüfung

Im Auftrag

Dr. - Ing. J. Z e h r

Der pyrotechnische Gegenstand

Goldwirbel-Rakete

mit dem der Firma

Dynamit Nobel AG

Werk Depyfag

7121 Cleebromm

vom Innenministerium Baden-Württemberg
erteilten Zulassungszeichen

BAM 2044 II

im Werk

7111 Adolzfurt

dieser Firma hergestellt, erhält das Zulassungs-
zeichen

BAM - P II - 0489

und trägt zusätzlich zu der sonst vorgeschriebenen
Kennzeichnung den Hinweis für die Verwendung:

Gegenstand mit dem Leitstab so in eine fest-
stehende, geeignete Halterung (z. B. Weinflasche,
Rohr) stecken, daß die Rakete ungehindert senk-
recht aufsteigen kann. Schutzkappe abziehen,
Gegenstand am äußersten Ende der Zündschnur
entzünden und sich rasch entfernen.

Nur im Freien verwenden!

Berlin-Dahlem, den 9. Nov. 1970

Der Präsident der
Bundesanstalt für Materialprüfung

Im Auftrag

Dr. - Ing. J. Z e h r

Der pyrotechnische Gegenstand

Knallkörper China Böller

mit dem der Firma

Europa-Kontor GmbH

5 Köln 60

Amsterdamer Str. 228 A

vom Arbeits- und Sozialministerium des Landes
Nordrhein-Westfalen erteilten Zulassungszeichen

BAM 2033 II

von der Firma

China National Tea and Native Produce

Import and Export Corporation

Hunan Provincial Branch

Canton Sub-Office

144, 623 Road

Canton / VR China

in

144, 623 Road

Canton / VR China

hergestellt, erhält das Zulassungszeichen

BAM - P II - 0491

und trägt zusätzlich zu der sonst vorgeschriebenen
Kennzeichnung den Hinweis für die Verwendung:

Gegenstand auf den Boden legen, am äußersten
Ende der Zündschnur anzünden und sich rasch
entfernen.

Nach dem Anzünden nicht in der Hand halten!

Nur im Freien verwenden!

Berlin-Dahlem, den 9. Nov. 1970

Der Präsident der
Bundesanstalt für Materialprüfung

Im Auftrag

Dr. - Ing. J. Z e h r

Der pyrotechnische Gegenstand

Bengalfeuer, grün, 500 g

mit dem der Firma

Pyro-Chemie
Hermann Weber u. Co. GmbH
Pyrotechnische Fabrik
5208 Eitorf/Sieg

vom Arbeits- und Sozialministerium des Landes
Nordrhein-Westfalen erteilten Zulassungszeichen

CTR/MPA 207 II

im Werk

5208 Eitorf/Sieg

dieser Firma hergestellt, erhält das Zulassungs-
zeichen

BAM - P II - 0492

und trägt zusätzlich zu der sonst vorgeschriebenen
Kennzeichnung den Hinweis für die Verwendung:

Pulver in einem 4-5 cm breiten Streifen auf eine
feuerfeste Unterlage (z. B. Blech, Beton, gras-
freier Boden) schütten, an der der Windrichtung
entgegengesetzten Seite entzünden und sich rasch
entfernen.

Trocken lagern.

Nur im Freien verwenden!

Berlin-Dahlem, den 9. Nov. 1970

Der Präsident der
Bundesanstalt für Materialprüfung
Im Auftrag
Dr. - Ing. J. Z e h r

Der pyrotechnische Gegenstand

Taifun-Rakete

mit dem der Firma

Dynamit Nobel AG
Werk Depyfag
7124 Cleebronn

vom Innenministerium Baden-Württemberg
erteilten Zulassungszeichen

BAM 2046 II

im Werk

7111 Adolzfurt

dieser Firma hergestellt, erhält das Zulassungs-
zeichen

BAM - P II - 0493

und trägt zusätzlich zu der sonst vorgeschriebenen
Kennzeichnung den Hinweis für die Verwendung:

Gegenstand mit dem Leitstab so in eine fest-
stehende, geeignete Halterung (z. B. Weinflasche,
Rohr) stecken, daß die Rakete ungehindert senk-
recht aufsteigen kann. Schutzkappe abziehen,
Gegenstand am äußersten Ende der Zündschnur
entzünden und sich rasch entfernen.

Nur im Freien verwenden!

Berlin-Dahlem, den 9. Nov. 1970

Der Präsident der
Bundesanstalt für Materialprüfung
Im Auftrag
Dr. - Ing. J. Z e h r

Der pyrotechnische Gegenstand

Theaterfeuer, rot, 500 g

mit dem der Firma

Pyro-Chemie
Hermann Weber u. Co. GmbH
Pyrotechnische Fabrik
5208 Eitorf/Sieg

vom Arbeits- und Sozialministerium des Landes
Nordrhein-Westfalen erteilten Zulassungszeichen

CTR/MPA 208 II

im Werk

5208 Eitorf/Sieg

dieser Firma hergestellt, erhält das Zulassungs-
zeichen

BAM - P II - 0494

und trägt zusätzlich zu der sonst vorgeschriebenen
Kennzeichnung den Hinweis für die Verwendung:

Pulver in einem 4-5 cm breiten Streifen auf
eine feuerfeste Unterlage (z. B. Blech, Beton,
Asbest) schütten, an einem Ende entzünden und
sich rasch entfernen. Trocken lagern.

Berlin-Dahlem, den 9. Nov. 1970

Der Präsident der
Bundesanstalt für Materialprüfung
Im Auftrag

Dr. - Ing. J. Z e h r

Der pyrotechnische Gegenstand

Silbersonne

mit dem der Firma

Nico-Pyrotechnik
Hanns-Jürgen Diederichs KG
2077 Trittau
Bei der Feuerwerkerei

vom Ministerium für Arbeit, Soziales und Ver-
triebene des Landes Schleswig-Holstein erteilten
Zulassungszeichen

BAM 1769 II

von der Firma

Sociedade Portuguesa de Pirotecnica LDA.
Rua dos Fanqueiros
Lisboa - 2
Portugal

in

Rua dos Fanqueiros
Lisboa - 2
Portugal

hergestellt, erhält das Zulassungszeichen

BAM - P II - 0496

und trägt zusätzlich zu der sonst vorgeschriebenen
Kennzeichnung den Hinweis für die Verwendung:

Sonne mit einem Nagel durch die Nabe leicht
drehbar ca. 2 m über dem Erdboden an einem
Pfahl befestigen. Zündschnur am äußersten Ende
entzünden und sich rasch entfernen.

Nur im Freien verwenden!

Berlin-Dahlem, den 9. Nov. 1970

Der Präsident der
Bundesanstalt für Materialprüfung
Im Auftrag

Dr. - Ing. J. Z e h r

Der pyrotechnische Gegenstand

Theaterfeuer, grün, 500 g

mit dem der Firma

Pyro-Chemie
Hermann Weber u. Co. GmbH
Pyrotechnische Fabrik
5208 Eitorf/Sieg

vom Arbeits- und Sozialministerium des Landes
Nordrhein-Westfalen erteilten Zulassungszeichen

CTR/MPA 208 II

im Werk

5208 Eitorf/Sieg

dieser Firma hergestellt, erhält das Zulassungs-
zeichen

BAM - P II - 0498

und trägt zusätzlich zu der sonst vorgeschriebenen
Kennzeichnung den Hinweis für die Verwendung:

Pulver in einem 4-5 cm breiten Streifen auf eine
feuerfeste Unterlage (z. B. Blech, Beton, Asbest)
schütten, an einem Ende entzünden und sich rasch
entfernen. Trocken lagern.

Berlin-Dahlem, den 9. Nov. 1970

Der Präsident der
Bundesanstalt für Materialprüfung
Im Auftrag
Dr. - Ing. J. Z e h r

Der pyrotechnische Gegenstand

Heulpfeifer

mit dem der Firma

Nico-Pyrotechnik
Hanns-Jürgen Diederichs KG
2077 Trittau
Bei der Feuerwerkerei

vom Ministerium für Arbeit, Soziales und Ver-
triebene des Landes Schleswig-Holstein erteilten
Zulassungszeichen

BAM 1767 II

von der Firma

Sociedade Portuguesa de Pirotecnia LDA.
Rua dos Fanqueiros
Lisboa - 2
Portugal

in

Rua dos Fanqueiros
Lisboa - 2
Portugal

hergestellt, erhält das Zulassungszeichen

BAM - P II - 0499

und trägt zusätzlich zu der sonst vorgeschriebenen
Kennzeichnung den Hinweis für die Verwendung:

Gegenstand am äußersten Ende der Zündschnur
entzünden, bei Beginn des Sprühens sofort senk-
recht in die Luft werfen und sich rasch entfernen.
Nur im Freien verwenden!

Berlin-Dahlem, den 9. Nov. 1970

Der Präsident der
Bundesanstalt für Materialprüfung
Im Auftrag
Dr. - Ing. J. Z e h r

Der pyrotechnische Gegenstand

Bengalische Zylinderflamme, rot

mit dem der Firma

Pyro-Chemie
Hermann Weber u. Co. GmbH
Pyrotechnische Fabrik
5208 Eitorf/Sieg

vom Arbeits- und Sozialministerium des Landes
Nordrhein-Westfalen erteilten Zulassungszeichen

CTR/MPA 198 II

im Werk

5208 Eitorf/Sieg

dieser Firma hergestellt, erhält das Zulassungs-
zeichen

BAM - P II - 0501

und trägt zusätzlich zu der sonst vorgeschriebenen
Kennzeichnung den Hinweis für die Verwendung:

Zylinderflamme waagrecht mit der Bodenöffnung
auf einen eingeschlagenen Nagel schieben, seit-
wärts stehend an der Papierabklebung der Stirn-
seite entzünden und sich rasch entfernen.

Nur im Freien verwenden!

Berlin-Dahlem, den 9. Nov. 1970

Der Präsident der
Bundesanstalt für Materialprüfung
Im Auftrag
Dr. - Ing. J. Z e h r

Der pyrotechnische Gegenstand

Kub. Kanonenschlag

mit dem der Firma

Nico-Pyrotechnik
Hanns-Jürgen Diederichs KG
2077 Trittau
Bei der Feuerwerkerei

vom Ministerium für Arbeit, Soziales und Ver-
triebene des Landes Schleswig-Holstein erteilten
Zulassungszeichen

BAM 1768 II

von der Firma

Sociedade Portuguesa de Pirotecnia LDA.
Rua dos Fanqueiros
Lisboa - 2
Portugal

in

Rua dos Fanqueiros
Lisboa - 2
Portugal

hergestellt, erhält das Zulassungszeichen

BAM - P II - 0502

und trägt zusätzlich zu der sonst vorgeschriebenen
Kennzeichnung den Hinweis für die Verwendung:

Gegenstand mit der Zündschnur schräg nach oben
auf den Boden stellen, am äußersten Ende der
Zündschnur anzünden und sich rasch entfernen.
Nach dem Anzünden nicht in der Hand halten!

Nur im Freien verwenden!

Berlin-Dahlem, den 9. Nov. 1970

Der Präsident der
Bundesanstalt für Materialprüfung
Im Auftrag
Dr. - Ing. J. Z e h r

Der pyrotechnische Gegenstand

Bengalische Zylinderflamme, rot

mit dem der Firma

Pyro-Chemie
Hermann Weber u. Co. GmbH
Pyrotechnische Fabrik
5208 Eitorf/Sieg

vom Arbeits- und Sozialministerium des Landes
Nordrhein-Westfalen erteilten Zulassungszeichen

CTR/MPA 199 II

im Werk

5208 Eitorf/Sieg

dieser Firma hergestellt, erhält das Zulassungs-
zeichen

BAM - P II - 0504

und trägt zusätzlich zu der sonst vorgeschriebenen
Kennzeichnung den Hinweis für die Verwendung:

Zylinderflamme waagrecht mit der Bodenöffnung
auf einen eingeschlagenen Nagel schieben, seit-
wärts stehend an der Papierabklebung der Stirn-
seite entzünden und sich rasch entfernen.

Nur im Freien verwenden!

Berlin-Dahlem, den 9. Nov. 1970

Der Präsident der
Bundesanstalt für Materialprüfung
Im Auftrag
Dr. - Ing. J. Z e h r

Der pyrotechnische Gegenstand

Schreihals-Heuler

mit dem der Firma

Nico-Pyrotechnik
Hanns-Jürgen Diederichs KG
2077 Trittau
Bei der Feuerwerkerei

vom Ministerium für Arbeit, Soziales und Ver-
triebene des Landes Schleswig-Holstein erteilten
Zulassungszeichen

BAM 1767 II

von der Firma

Sociedade Portuguesa de Pirotecnia LDA.
Rua dos Fanqueiros
Lisboa - 2
Portugal

in

Rua dos Fanqueiros
Lisboa - 2
Portugal

hergestellt, erhält das Zulassungszeichen

BAM - P II - 0505

und trägt zusätzlich zu der sonst vorgeschriebenen
Kennzeichnung den Hinweis für die Verwendung:

Gegenstand am äußersten Ende der Zündschnur
entzünden, bei Beginn des Sprühens sofort senk-
recht in die Luft werden und sich rasch entfernen.

Nur im Freien verwenden!

Berlin-Dahlem, den 9. Nov. 1970

Der Präsident der
Bundesanstalt für Materialprüfung
Im Auftrag
Dr. - Ing. J. Z e h r

Der pyrotechnische Gegenstand

Bengalische Zylinderflamme, grün

mit dem der Firma

Pyro-Chemie
Hermann Weber u. Co. GmbH
Pyrotechnische Fabrik
5208 Eitorf/Sieg

vom Arbeits- und Sozialministerium des Landes
Nordrhein-Westfalen erteilten Zulassungszeichen

CTR/MPA 198 II

im Werk

5208 Eitorf/Sieg

dieser Firma hergestellt, erhält das Zulassungs-
zeichen

BAM - P II - 0506

und trägt zusätzlich zu der sonst vorgeschriebenen
Kennzeichnung den Hinweis für die Verwendung:

Zylinderflamme waagrecht mit der Bodenöffnung
auf einen eingeschlagenen Nagel schieben, seit-
wärts stehend an der Papierabklebung der Stirn-
seite entzünden und sich rasch entfernen.

Nur im Freien verwenden!

Berlin-Dahlem, den 9. Nov. 1970

Der Präsident der
Bundesanstalt für Materialprüfung
Im Auftrag
Dr. - Ing. J. Z e h r

Der pyrotechnische Gegenstand

Bengalische Zylinderflamme, grün

mit dem der Firma

Pyro-Chemie
Hermann-Weber u. Co. GmbH
Pyrotechnische Fabrik
5208 Eitorf/Sieg

vom Arbeits- und Sozialministerium des Landes
Nordrhein-Westfalen erteilten Zulassungszeichen

CTR/MPA 199 II

im Werk

5208 Eitorf/Sieg

dieser Firma hergestellt, erhält das Zulassungs-
zeichen

BAM - P II - 0510

und trägt zusätzlich zu der sonst vorgeschriebenen
Kennzeichnung den Hinweis für die Verwendung:

Zylinderflamme waagrecht mit der Bodenöffnung
auf einen eingeschlagenen Nagel schieben, seit-
wärts stehend an der Papierabklebung der Stirn-
seite entzünden und sich rasch entfernen.

Nur im Freien verwenden!

Berlin-Dahlem, den 9. Nov. 1970

Der Präsident der
Bundesanstalt für Materialprüfung
Im Auftrag
Dr. - Ing. J. Z e h r

Der pyrotechnische Gegenstand

Sonnenrad, mittel

mit dem der Firma

Nico-Pyrotechnik
Hanns-Jürgen Diederichs KG
2077 Trittau
Bei der Feuerwerkerei

vom Ministerium für Arbeit, Soziales und Ver-
triebene des Landes Schleswig-Holstein erteilten
Zulassungszeichen

BAM 1771 II

von der Firma

Sociedade Portuguesa de Pirotecnicia LDA.
Rua dos Fanqueiros
Lisboa - 2
Portugal

in

Rua dos Fanqueiros
Lisboa - 2
Portugal

hergestellt, erhält das Zulassungszeichen

BAM - P II - 0511

und trägt zusätzlich zu der sonst vorgeschriebenen
Kennzeichnung den Hinweis für die Verwendung:

Sonne mit einem Nagel durch die Nabe leicht
drehbar ca. 2 m über dem Erdboden an einem
Pfahl befestigen. Zündschnur am äußersten Ende
entzünden und sich rasch entfernen.

Nur im Freien verwenden!

Berlin-Dahlem, den 9. Nov. 1970

Der Präsident der
Bundesanstalt für Materialprüfung
Im Auftrag
Dr. - Ing. J. Z e h r

Der pyrotechnische Gegenstand

Bengalische Zylinderflamme, rot

mit dem der Firma

Pyro-Chemie
Hermann Weber u. Co. GmbH
Pyrotechnische Fabrik
5208 Eitorf/Sieg

vom Arbeits- und Sozialministerium des Landes
Nordrhein-Westfalen erteilten Zulassungszeichen

CTR/MPA 200 II

im Werk

5208 Eitorf/Sieg

dieser Firma hergestellt, erhält das Zulassungs-
zeichen

BAM - P II - 0512

und trägt zusätzlich zu der sonst vorgeschriebenen
Kennzeichnung den Hinweis für die Verwendung:

Zylinderflamme waagrecht an der Ringschraube
aufhängen, seitwärts stehend am äußersten Ende
der Zündschnur entzünden und sich rasch ent-
fernen.

Nur im Freien verwenden!

Berlin-Dahlem, den 9. Nov. 1970

Der Präsident der
Bundesanstalt für Materialprüfung
Im Auftrag
Dr. - Ing. J. Z e h r

Der pyrotechnische Gegenstand

Rakete mit Goldschlange

mit dem der Firma

Pyrotechnische Fabrik
Oskar Lünig
7 Stuttgart 81
Im Beigart 1

vom Innenministerium Baden-Württemberg
erteilten Zulassungszeichen

BAM 1514 II

im Werk

7 Stuttgart 81
Im Beigart 1

dieser Firma hergestellt, erhält das Zulassungs-
zeichen

BAM - P II - 0514

und trägt zusätzlich zu der sonst vorgeschriebenen
Kennzeichnung den Hinweis für die Verwendung:

Gegenstand mit dem Leitstab so in eine fest-
stehende, geeignete Halterung (z. B. Weinflasche,
Rohr) stecken, daß die Rakete ungehindert senk-
recht aufsteigen kann. Gegenstand am äußersten
Ende der Zündschnur entzünden und sich rasch
entfernen.

Nur im Freien verwenden!

Berlin-Dahlem, den 9. Nov. 1970

Der Präsident der
Bundesanstalt für Materialprüfung
Im Auftrag
Dr. - Ing. J. Z e h r

Der pyrotechnische Gegenstand

Bengalische Zylinderflamme, grün

mit dem der Firma

Pyro-Chemie
Hermann Weber u. Co. GmbH
Pyrotechnische Fabrik
5208 Eitorf/Sieg

vom Arbeits- und Sozialministerium des Landes
Nordrhein-Westfalen erteilten Zulassungszeichen

CTR/MPA 200 II

im Werk

5208 Eitorf/Sieg

dieser Firma hergestellt, erhält das Zulassungs-
zeichen

BAM - P II - 0515

und trägt zusätzlich zu der sonst vorgeschriebenen
Kennzeichnung den Hinweis für die Verwendung:

Zylinderflamme waagrecht an der Ringschraube
aufhängen, seitwärts stehend am äußersten Ende
der Zündschnur entzünden und sich rasch ent-
fernen.

Nur im Freien verwenden!

Berlin-Dahlem, den 9. Nov. 1970

Der Präsident der
Bundesanstalt für Materialprüfung
Im Auftrag
Dr. - Ing. J. Z e h r

Der pyrotechnische Gegenstand

Rakete mit Silberschlange

mit dem der Firma

Pyrotechnische Fabrik
Oskar Lünig
7 Stuttgart 81
Im Beigart 1

vom Innenministerium Baden-Württemberg
erteilten Zulassungszeichen

BAM 1515 II

im Werk

7 Stuttgart 81
Im Beigart 1

dieser Firma hergestellt, erhält das Zulassungs-
zeichen

BAM - P II - 0517

und trägt zusätzlich zu der sonst vorgeschriebenen
Kennzeichnung den Hinweis für die Verwendung:

Gegenstand mit dem Leitstab so in eine fest-
stehende, geeignete Halterung (z. B. Weinflasche,
Rohr) stecken, daß die Rakete ungehindert senk-
recht aufsteigen kann. Gegenstand am äußersten
Ende der Zündschnur entzünden und sich rasch
entfernen.

Nur im Freien verwenden!

Berlin-Dahlem, den 9. Nov. 1970

Der Präsident der
Bundesanstalt für Materialprüfung
Im Auftrag
Dr. - Ing. J. Z e h r

Der pyrotechnische Gegenstand

Bengalische Zylinderflamme, rot

mit dem der Firma

Pyro-Chemie
Hermann Weber u. Co. GmbH
Pyrotechnische Fabrik
5208 Eitorf/Sieg

vom Arbeits- und Sozialministerium des Landes
Nordrhein-Westfalen erteilten Zulassungszeichen

CTR/MPA 201 II

im Werk

5208 Eitorf/Sieg

dieser Firma hergestellt, erhält das Zulassungs-
zeichen

BAM - P II - 0519

und trägt zusätzlich zu der sonst vorgeschriebenen
Kennzeichnung den Hinweis für die Verwendung:

Zylinderflamme waagrecht an der Ringschraube
aufhängen, seitwärts stehend am äußersten Ende
der Zündschnur entzünden und sich rasch ent-
fernen.

Nur im Freien verwenden!

Berlin-Dahlem, den 9. Nov. 1970

Der Präsident der
Bundesanstalt für Materialprüfung
Im Auftrag
Dr. - Ing. J. Z e h r

Der pyrotechnische Gegenstand

Spielrakete

mit dem der Firma

Pyrotechnische Fabrik
Oskar Lünig
7 Stuttgart 81
Im Beigart 1

vom Innenministerium Baden-Württemberg
erteilten Zulassungszeichen

CTR/MPA 19 II

im Werk

7 Stuttgart 81
Im Beigart 1

dieser Firma hergestellt, erhält das Zulassungs-
zeichen

BAM - P II - 0520

und trägt zusätzlich zu der sonst vorgeschriebenen
Kennzeichnung den Hinweis für die Verwendung:

Gegenstand mit dem Leitstab so in eine festste-
hende, geeignete Halterung (z. B. Weinflasche,
Rohr) stecken, daß die Rakete ungehindert senk-
recht aufsteigen kann. Gegenstand am äußersten
Ende der Zündschnur entzünden und sich rasch
entfernen.

Nur im Freien verwenden!

Berlin-Dahlem, den 9. Nov. 1970

Der Präsident der
Bundesanstalt für Materialprüfung
Im Auftrag
Dr. - Ing. J. Z e h r

Der pyrotechnische Gegenstand

Pyramide

mit dem der Firma

Pyrotechnische Fabrik
F. Feistel KG
6719 Göllheim

vom Sozialministerium Rheinland-Pfalz erteilten
Zulassungszeichen

BAM 2108 II

von der Firma

Brock's Firework Ltd.
Hemel Hempstead
Herts.
England

in

Hemel Hempstead
Herts.
England

hergestellt, erhält das Zulassungszeichen

BAM - P II - 0521

und trägt zusätzlich zu der sonst vorgeschriebenen
Kennzeichnung den Hinweis für die Verwendung:

Gegenstand mit dem Zünder nach oben auf eine
feuerfeste Unterlage stellen, seitwärts stehend
am Zündpapier entzünden und sich rasch ent-
fernen.

Nur im Freien verwenden!

Berlin-Dahlem, den 9. Nov. 1970

Der Präsident der
Bundesanstalt für Materialprüfung
Im Auftrag
Dr. - Ing. J. Z e h r

Der pyrotechnische Gegenstand

Bengalische Zylinderflamme, grün

mit dem der Firma

Pyro-Chemie
Hermann Weber u. Co. GmbH
Pyrotechnische Fabrik
5208 Eitorf/Sieg

vom Arbeits- und Sozialministerium des Landes
Nordrhein-Westfalen erteilten Zulassungszeichen

CTR/MPA 204 II

im Werk

5208 Eitorf/Sieg

dieser Firma hergestellt, erhält das Zulassungs-
zeichen

BAM - P II - 0522

und trägt zusätzlich zu der sonst vorgeschriebenen
Kennzeichnung den Hinweis für die Verwendung:

Zylinderflamme waagrecht an der Ringschraube
aufhängen, seitwärts stehend am äußersten Ende
der Zündschnur entzünden und sich rasch ent-
fernen.

Nur im Freien verwenden!

Berlin-Dahlem, den 9. Nov. 1970

Der Präsident der
Bundesanstalt für Materialprüfung
Im Auftrag

Dr. - Ing. J. Z e h r

Der pyrotechnische Gegenstand

Kleiner Feuertopf Kobold-Bombette mit farbigem
Sternbukett

mit dem der Firma

Pyro-Chemie
Hermann Weber u. Co. GmbH
Pyrotechnische Fabrik
5208 Eitorf/Sieg

vom Arbeits- und Sozialministerium des Landes
Nordrhein-Westfalen erteilten Zulassungszeichen

BAM 1464 II

im Werk

5208 Eitorf/Sieg

dieser Firma hergestellt, erhält das Zulassungs-
zeichen

BAM - P II - 0524

und trägt zusätzlich zu der sonst vorgeschriebenen
Kennzeichnung den Hinweis für die Verwendung:

Feuertopf bis zur Markierung senkrecht so ein-
graben, daß die Füllung ungehindert nach oben
ausgeworfen werden kann. Schutzkappe abziehen,
Zündschnur seitwärts stehend am äußersten En-
de entzünden und sich rasch entfernen.

Nur im Freien verwenden!

Berlin-Dahlem, den 9. Nov. 1970

Der Präsident der
Bundesanstalt für Materialprüfung
Im Auftrag

Dr. - Ing. J. Z e h r

Der pyrotechnische Gegenstand

Handrakete mit Knall

mit dem der Firma

Pyrotechnische Fabrik
Oskar Lünig
7 Stuttgart 81
Im Beigart 1

vom Innenministerium Baden-Württemberg
erteilten Zulassungszeichen

CTR/MPA 27 II

im Werk

7 Stuttgart 81
Im Beigart 1

dieser Firma hergestellt, erhält das Zulassungs-
zeichen

BAM - P II - 0525

und trägt zusätzlich zu der sonst vorgeschriebenen
Kennzeichnung den Hinweis für die Verwendung:

Gegenstand mit dem Leitstab so in eine fest-
stehende, geeignete Halterung (z. B. Weinflasche,
Rohr) stecken, daß die Rakete ungehindert senk-
recht aufsteigen kann. Gegenstand am äußersten
Ende der Zündschnur entzünden und sich rasch
entfernen.

Nur im Freien verwenden!

Berlin-Dahlem, den 9. Nov. 1970

Der Präsident der
Bundesanstalt für Materialprüfung
Im Auftrag

Dr. - Ing. J. Z e h r

Der pyrotechnische Gegenstand

Handrakete mit Stern

mit dem der Firma

Pyrotechnische Fabrik
Oskar Lünig
7 Stuttgart 81
Im Beigart 1

vom Innenministerium Baden-Württemberg
erteilten Zulassungszeichen

CTR/MPA 28 II

im Werk

7 Stuttgart 81
Im Beigart 1

dieser Firma hergestellt, erhält das Zulassungs-
zeichen

BAM - P II - 0527

und trägt zusätzlich zu der sonst vorgeschriebenen
Kennzeichnung den Hinweis für die Verwendung:

Gegenstand mit dem Leitstab so in eine fest-
stehende, geeignete Halterung (z. B. Weinflasche,
Rohr) stecken, daß die Rakete ungehindert senk-
recht aufsteigen kann. Gegenstand am äußersten
Ende der Zündschnur entzünden und sich rasch
entfernen.

Nur im Freien verwenden!

Berlin-Dahlem, den 9. Nov. 1970

Der Präsident der
Bundesanstalt für Materialprüfung
Im Auftrag

Dr. - Ing. J. Z e h r

Der pyrotechnische Gegenstand

Karacho
(Knallkörper)

mit dem der Firma

Pyro-Chemie
Hermann Weber u. Co. GmbH
Pyrotechnische Fabrik
5208 Eitorf/Sieg

vom Arbeits- und Sozialministerium des Landes
Nordrhein-Westfalen erteilten Zulassungszeichen

BAM 2229 II

im Werk

5208 Eitorf/Sieg

dieser Firma hergestellt, erhält das Zulassungs-
zeichen

BAM - P II - 0528

und trägt zusätzlich zu der sonst vorgeschriebenen
Kennzeichnung den Hinweis für die Verwendung:

Knallkörper anreiben, sofort wegwerfen und
sich rasch entfernen.

Nur im Freien verwenden!

Berlin-Dahlem, den 9. Nov. 1970

Der Präsident der
Bundesanstalt für Materialprüfung
Im Auftrag

Dr. - Ing. J. Z e h r

Der pyrotechnische Gegenstand

Piccolo-Sternrakete

mit dem der Firma

Pyrotechnische Fabrik
Oskar Lünig
7 Stuttgart 81
Im Beigart 1

vom Innenministerium Baden-Württemberg
erteilten Zulassungszeichen

BAM 1170 II

im Werk

7 Stuttgart 81
Im Beigart 1

dieser Firma hergestellt, erhält das Zulassungs-
zeichen

BAM - P II - 0530

und trägt zusätzlich zu der sonst vorgeschriebenen
Kennzeichnung den Hinweis für die Verwendung:

Gegenstand mit dem Leitstab so in eine fest-
stehende, geeignete Halterung (z. B. Weinflasche,
Rohr) stecken, daß die Rakete ungehindert senk-
recht aufsteigen kann. Gegenstand am äußersten
Ende der Zündschnur entzünden und sich rasch
entfernen.

Nur im Freien verwenden!

Berlin-Dahlem, den 9. Nov. 1970

Der Präsident der
Bundesanstalt für Materialprüfung
Im Auftrag

Dr. - Ing. J. Z e h r

Der pyrotechnische Gegenstand

Komet-Rakete

mit dem der Firma

Pyrotechnische Fabrik
Oskar Lünig
7 Stuttgart 81
Im Beigart 1

vom Innenministerium Baden-Württemberg
erteilten Zulassungszeichen

BAM 1660 II

im Werk

7 Stuttgart 81
Im Beigart 1

dieser Firma hergestellt, erhält das Zulassungs-
zeichen

BAM - P II - 0532

und trägt zusätzlich zu der sonst vorgeschriebenen
Kennzeichnung den Hinweis für die Verwendung:

Gegenstand mit dem Leitstab so in eine fest-
stehende, geeignete Halterung (z. B. Weinflasche,
Rohr) stecken, daß die Rakete ungehindert senk-
recht aufsteigen kann. Schutzkappe abziehen,
Gegenstand am äußersten Ende der Zündschnur
entzünden und sich rasch entfernen.

Nur im Freien verwenden!

Berlin-Dahlem, den 9. Nov. 1970

Der Präsident der
Bundesanstalt für Materialprüfung
Im Auftrag

Dr. - Ing. J. Z e h r

Der pyrotechnische Gegenstand

Heulrohr

mit dem der Firma

Pyrotechnische Fabrik
F. Feistel KG
6749 Göllheim

vom Sozialministerium Rheinland-Pfalz erteilten
Zulassungszeichen

BAM 2074 II

von der Firma

Brock's Firework Ltd.
Hemel Hempstead
Herts.
England

in

Hemel Hempstead
Herts.
England

hergestellt, erhält das Zulassungszeichen

BAM - P II - 0534

und trägt zusätzlich zu der sonst vorgeschriebenen
Kennzeichnung den Hinweis für die Verwendung:

Gegenstand senkrecht in den Boden eingraben,
Zündpapier entzünden und sich rasch entfernen.
Nur im Freien verwenden!

Berlin-Dahlem, den 9. Nov. 1970

Der Präsident der
Bundesanstalt für Materialprüfung
Im Auftrag

Dr. - Ing. J. Z e h r

Der pyrotechnische Gegenstand

Plastik-Rakete "Color"

mit dem der Firma

Pyrotechnische Fabrik
Oskar Lünig
7 Stuttgart 81
Im Beigart 1

vom Innenministerium Baden-Württemberg
erteilten Zulassungszeichen

BAM 1657 II

im Werk

7 Stuttgart 81
Im Beigart 1

dieser Firma hergestellt, erhält das Zulassungs-
zeichen

BAM - P II - 0536

und trägt zusätzlich zu der sonst vorgeschriebenen
Kennzeichnung den Hinweis für die Verwendung:

Gegenstand mit dem Leitstab so in eine fest-
stehende, geeignete Halterung (z. B. Weinflasche,
Rohr) stecken, daß die Rakete ungehindert senk-
recht aufsteigen kann. Schutzkappe abziehen,
Gegenstand am äußersten Ende der Zündschnur
entzünden und sich rasch entfernen.

Nur im Freien verwenden!

Berlin-Dahlem, den 9. Nov. 1970

Der Präsident der
Bundesanstalt für Materialprüfung
Im Auftrag
Dr. - Ing. J. Z e h r

Der pyrotechnische Gegenstand

Plastik-Rakete "Stern"

mit dem der Firma

Pyrotechnische Fabrik
Oskar Lünig
7 Stuttgart 81
Im Beigart 1

vom Innenministerium Baden-Württemberg
erteilten Zulassungszeichen

BAM 1658 II

im Werk

7 Stuttgart 81
Im Beigart 1

dieser Firma hergestellt, erhält das Zulassungs-
zeichen

BAM - P II - 0539

und trägt zusätzlich zu der sonst vorgeschriebenen
Kennzeichnung den Hinweis für die Verwendung:

Gegenstand mit dem Leitstab so in eine fest-
stehende, geeignete Halterung (z. B. Weinflasche,
Rohr) stecken, daß die Rakete ungehindert senk-
recht aufsteigen kann. Schutzkappe abziehen,
Gegenstand am äußersten Ende der Zündschnur
entzünden und sich rasch entfernen.

Nur im Freien verwenden!

Berlin-Dahlem, den 9. Nov. 1970

Der Präsident der
Bundesanstalt für Materialprüfung
Im Auftrag
Dr. - Ing. J. Z e h r

Der pyrotechnische Gegenstand

Titan-Plastikrakete

mit dem der Firma

Pyrotechnische Fabrik
Oskar Lünig
7 Stuttgart 81
Im Beigart 1

vom Innenministerium Baden-Württemberg
erteilten Zulassungszeichen

BAM 1659 II

im Werk

7 Stuttgart 81
Im Beigart 1

dieser Firma hergestellt, erhält das Zulassungs-
zeichen

BAM - P II - 0541

und trägt zusätzlich zu der sonst vorgeschriebenen
Kennzeichnung den Hinweis für die Verwendung:

Gegenstand mit dem Leitstab so in eine fest-
stehende, geeignete Halterung (z. B. Weinflasche,
Rohr) stecken, daß die Rakete ungehindert senk-
recht aufsteigen kann. Schutzkappe abziehen,
Gegenstand am äußersten Ende der Zündschnur
entzünden und sich rasch entfernen.

Nur im Freien verwenden!

Berlin-Dahlem, den 9. Nov. 1970

Der Präsident der
Bundesanstalt für Materialprüfung
Im Auftrag
Dr. - Ing. J. Z e h r

Der pyrotechnische Gegenstand

Feuertopf mit Sternbukett Gr. AA

mit dem der Firma

J. G. W. Berckholtz
Pyrotechnische Fabrik
2085 Quickborn
Berckholtzstr. 10

vom Senator für Inneres der Freien und Hansestadt
Hamburg erteilten Zulassungszeichen

BAM 993 II

im Werk

2085 Quickborn
Berckholtzstr. 10

dieser Firma hergestellt, erhält das Zulassungs-
zeichen

BAM - P II - 0543

und trägt zusätzlich zu der sonst vorgeschriebenen
Kennzeichnung den Hinweis für die Verwendung:

Feuertopf zu 2/3 senkrecht so eingraben, daß
die Füllung ungehindert nach oben ausgeworfen
werden kann. Schutzkappe abziehen, Zündschnur
seitwärts stehend anzünden und sich rasch ent-
fernen.

Nur im Freien verwenden!

Berlin-Dahlem, den 9. Nov. 1970

Der Präsident der
Bundesanstalt für Materialprüfung
Im Auftrag
Dr. - Ing. J. Z e h r

Der pyrotechnische Gegenstand

Knallrakete

mit dem der Firma

Pyrotechnische Fabrik
Oskar Lünig
7 Stuttgart 81
Im Beigart 1

vom Innenministerium Baden-Württemberg
erteilten Zulassungszeichen

CTR/MPA 29 II

im Werk

7 Stuttgart 81
Im Beigart 1

dieser Firma hergestellt, erhält das Zulassungs-
zeichen

BAM - P II - 0545

und trägt zusätzlich zu der sonst vorgeschriebenen
Kennzeichnung den Hinweis für die Verwendung:

Gegenstand mit dem Leitstab so in eine fest-
stehende, geeignete Halterung (z. B. Weinflasche,
Rohr) stecken, daß die Rakete ungehindert senk-
recht aufsteigen kann. Schutzkappe abziehen,
Gegenstand am äußersten Ende der Zündschnur
entzünden und sich rasch entfernen.

Nur im Freien verwenden!

Berlin-Dahlem, den 9. Nov. 1970

Der Präsident der
Bundesanstalt für Materialprüfung
Im Auftrag
Dr. - Ing. J. Z e h r

Der pyrotechnische Gegenstand

Fledermaus (Bodenfeuerwirbel)

mit dem der Firma

Pyrotechnische Fabrik
F. Feistel KG
6719 Göllheim

vom Sozialministerium Rheinland-Pfalz
erteilten Zulassungszeichen

BAM 2075 II

von der Firma

Brock's Firework Ltd.
Hemel Hempstead
Herts.
England

in

Hemel Hempstead
Herts.
England

hergestellt, erhält das Zulassungszeichen

BAM - P II - 0546

und trägt zusätzlich zu der sonst vorgeschriebenen
Kennzeichnung den Hinweis für die Verwendung:

Bodenfeuerwirbel auf ebenen Boden legen, Zünd-
papier entzünden und sich rasch entfernen.

Nur im Freien verwenden!

Berlin-Dahlem, den 9. Nov. 1970

Der Präsident der
Bundesanstalt für Materialprüfung
Im Auftrag
Dr. - Ing. J. Z e h r

Der pyrotechnische Gegenstand

Feuervogel (Bodenfeuerwirbel)

mit dem der Firma

Pyrotechnische Fabrik
F. Feistel KG
6719 Göllheim

vom Sozialministerium Rheinland-Pfalz
erteilten Zulassungszeichen

BAM 2079 II

von der Firma

Brock's Firework Ltd.
Hemel Hempstead
Herts.
England

in

Hemel Hempstead
Herts.
England

hergestellt, erhält das Zulassungszeichen

BAM - P II - 0548

und trägt zusätzlich zu der sonst vorgeschriebenen
Kennzeichnung den Hinweis für die Verwendung:

Bodenfeuerwirbel auf ebenen Boden legen, Zünd-
papier entzünden und sich rasch entfernen.

Nur im Freien verwenden!

Berlin-Dahlem, den 9. Nov. 1970

Der Präsident der
Bundesanstalt für Materialprüfung
Im Auftrag
Dr. - Ing. J. Z e h r

Der pyrotechnische Gegenstand

Feuertopf mit Goldkometen Gr. AA

mit dem der Firma

J.G.W. Berckholtz
Pyrotechnische Fabrik
2085 Quickborn
Berckholtzstr. 10

vom Senator für Inneres der Freien und Hansestadt
Hamburg erteilten Zulassungszeichen

BAM 994 II

im Werk

2085 Quickborn
Berckholtzstr. 10

dieser Firma hergestellt, erhält das Zulassungs-
zeichen

BAM - P II - 0549

und trägt zusätzlich zu der sonst vorgeschriebenen
Kennzeichnung den Hinweis für die Verwendung:

Feuertopf zu 2/3 senkrecht so eingraben, daß
die Füllung ungehindert nach oben ausgeworfen
werden kann. Schutzkappe abziehen, Zündschnur
seitwärts stehend anzünden und sich rasch ent-
fernen.

Nur im Freien verwenden!

Berlin-Dahlem, den 9. Nov. 1970

Der Präsident der
Bundesanstalt für Materialprüfung
Im Auftrag
Dr. - Ing. J. Z e h r

Der pyrotechnische Gegenstand

Nico-Pirat (Knallteufel)
(Knallkörper)

mit dem der Firma

Nico-Pyrotechnik
Hanns-Jürgen Diederichs KG
2077 Trittau
Bei der Feuerwerkerei

vom Ministerium für Arbeit, Soziales und Ver-
triebene des Landes Schleswig-Holstein erteilten
Zulassungszeichen

BAM 1235 II

im Werk

2077 Trittau
Bei der Feuerwerkerei

dieser Firma hergestellt, erhält das Zulassungs-
zeichen

BAM - P II - 0550

und trägt zusätzlich zu der sonst vorgeschriebenen
Kennzeichnung den Hinweis für die Verwendung:

Gegenstand durch Reiben an der Reibfläche einer
Streichholzschachtel entzünden, sofort wegwerfen
und sich rasch entfernen.

Nach dem Anzünden nicht in der Hand behalten!
Nur im Freien verwenden!

Berlin-Dahlem, den 9. Nov. 1970

Der Präsident der
Bundesanstalt für Materialprüfung
Im Auftrag
Dr. - Ing. J. Z e h r

Der pyrotechnische Gegenstand

Strahlensonne

mit dem der Firma

Pyrotechnische Fabrik
F. Feistel KG
6719 Göllheim

vom Sozialministerium Rheinland-Pfalz erteilten
Zulassungszeichen

BAM 2072 II

von der Firma

Brock's Firework Ltd.
Hemel Hempstead
Herts.
England

in

Hemel Hempstead
Herts.
England

hergestellt, erhält das Zulassungszeichen

BAM - P II - 0552

und trägt zusätzlich zu der sonst vorgeschriebenen
Kennzeichnung den Hinweis für die Verwendung:

Sonne mit einem Nagel durch die Nabe leicht
drehbar ca. 2 m über dem Erdboden an einem
Pfahl befestigen. Zündpapier am äußersten Ende
entzünden und sich rasch entfernen.

Nur im Freien verwenden!

Berlin-Dahlem, den 9. Nov. 1970

Der Präsident der
Bundesanstalt für Materialprüfung
Im Auftrag
Dr. - Ing. J. Z e h r

Der pyrotechnische Gegenstand

Feuertopf mit Chrysanthemensternen Gr. AA

mit dem der Firma

J. G. W. Berckholtz
Pyrotechnische Fabrik
2085 Quickborn
Berckholtzstr. 10

vom Senator für Inneres der Freien und Hansestadt
Hamburg erteilten Zulassungszeichen

BAM 995 II

im Werk

2085 Quickborn
Berckholtzstr. 10

dieser Firma hergestellt, erhält das Zulassungs-
zeichen

BAM - P II - 0554

und trägt zusätzlich zu der sonst vorgeschriebenen
Kennzeichnung den Hinweis für die Verwendung:

Feuertopf zu 2/3 senkrecht so eingraben, daß die
Füllung ungehindert nach oben ausgeworfen werden
kann. Schutzkappe abziehen, Zündschnur seitwärts
stehend anzünden und sich rasch entfernen.

Nur im Freien verwenden!

Berlin-Dahlem, den 9. Nov. 1970

Der Präsident der
Bundesanstalt für Materialprüfung
Im Auftrag
Dr. - Ing. J. Z e h r

Der pyrotechnische Gegenstand

Triangelsonne

mit dem der Firma

Pyrotechnische Fabrik
F. Feistel KG
6719 Göllheim

vom Sozialministerium Rheinland-Pfalz erteilten
Zulassungszeichen

BAM 2071 II

von der Firma

Brock's Firework Ltd.
Hemel Hempstead
Herts.
England

in

Hemel Hempstead
Herts.
England

hergestellt, erhält das Zulassungszeichen

BAM - P II - 0555

und trägt zusätzlich zu der sonst vorgeschriebenen
Kennzeichnung den Hinweis für die Verwendung:

Sonne mit einem Nagel durch die Nabe leicht
drehbar ca. 2 m über dem Erdboden an einem
Pfahl befestigen. Zündpapier am äußersten Ende
entzünden und sich rasch entfernen.

Nur im Freien verwenden!

Berlin-Dahlem, den 9. Nov. 1970

Der Präsident der
Bundesanstalt für Materialprüfung
Im Auftrag
Dr. - Ing. J. Z e h r

Der pyrotechnische Gegenstand

Römisches Licht B

mit dem der Firma

J. G. W. Berckholtz
Pyrotechnische Fabrik
2085 Quickborn
Berckholtzstr. 10

vom Senator für Inneres der Freien und Hansestadt
Hamburg erteilten Zulassungszeichen

BAM 1645 II

im Werk

2085 Quickborn
Berckholtzstr. 10

dieser Firma hergestellt, erhält das Zulassungs-
zeichen

BAM - P II - 0556

und trägt zusätzlich zu der sonst vorgeschriebenen
Kennzeichnung den Hinweis für die Verwendung:

Licht bis zur Hälfte senkrecht so eingraben, daß
die Füllung ungehindert nach oben ausgeworfen
werden kann. Zündschwamm seitwärts stehend
am äußersten Ende anzünden und sich rasch ent-
fernen.

Nur im Freien verwenden!

Berlin-Dahlem, den 9. Nov. 1970

Der Präsident der
Bundesanstalt für Materialprüfung
Im Auftrag

Dr. - Ing. J. Z e h r

Der pyrotechnische Gegenstand

Chinesischer Feuerkreis

mit dem der Firma

Pyrotechnische Fabrik
F. Feistel KG
6719 Göllheim

vom Sozialministerium Rheinland-Pfalz erteilten
Zulassungszeichen

BAM 2069 II

von der Firma

Brock's Firework Ltd.
Hemel Hempstead
Herts.
England

in

Hemel Hempstead
Herts.
England

hergestellt, erhält das Zulassungszeichen

BAM - P II - 0558

und trägt zusätzlich zu der sonst vorgeschriebenen
Kennzeichnung den Hinweis für die Verwendung:

Gegenstand mit einem Nagel durch die Bohrung
der Hülse leicht drehbar an einem Pfahl be-
festigen. Zündpapier am äußersten Ende ent-
zünden und sich rasch entfernen.

Nur im Freien verwenden!

Berlin-Dahlem, den 9. Nov. 1970

Der Präsident der
Bundesanstalt für Materialprüfung
Im Auftrag

Dr. - Ing. J. Z e h r

Der pyrotechnische Gegenstand

Römisches Licht C

mit dem der Firma

J. G. W. Berckholtz
Pyrotechnische Fabrik
2085 Quickborn
Berckholtzstr. 10

vom Senator für Inneres der Freien und Hansestadt
Hamburg erteilten Zulassungszeichen

BAM 1975 II

im Werk

2085 Quickborn
Berckholtzstr. 10

dieser Firma hergestellt, erhält das Zulassungs-
zeichen

BAM - P II - 0559

und trägt zusätzlich zu der sonst vorgeschriebenen
Kennzeichnung den Hinweis für die Verwendung:

Licht bis zur Hälfte senkrecht so eingraben, daß
die Füllung ungehindert nach oben ausgeworfen
werden kann. Zündschwamm seitwärts stehend
am äußersten Ende anzünden und sich rasch ent-
fernen.

Nur im Freien verwenden!

Berlin-Dahlem, den 9. Nov. 1970

Der Präsident der
Bundesanstalt für Materialprüfung
Im Auftrag

Dr. - Ing. J. Z e h r

Der pyrotechnische Gegenstand

Fontäne

mit dem der Firma

Pyrotechnische Fabrik
F. Feistel KG
6719 Göllheim

vom Sozialministerium Rheinland-Pfalz erteilten
Zulassungszeichen

BAM 2103 II

von der Firma

Brock's Firework Ltd.
Hemel Hempstead
Herts.
England

in

Hemel Hempstead
Herts.
England

hergestellt, erhält das Zulassungszeichen

BAM - P II - 0561

und trägt zusätzlich zu der sonst vorgeschriebenen
Kennzeichnung den Hinweis für die Verwendung:

Gegenstand mit dem Zünder nach oben auf eine
feuerfeste Unterlage stellen, seitwärts stehend
am Zündpapier entzünden und sich rasch entfernen.

Nur im Freien verwenden!

Berlin-Dahlem, den 9. Nov. 1970

Der Präsident der
Bundesanstalt für Materialprüfung
Im Auftrag

Dr. - Ing. J. Z e h r

Der pyrotechnische Gegenstand

Bengalische Riesenfackel, grün

mit dem der Firma

J. G. W. Berckholtz
Pyrotechnische Fabrik
2085 Quickborn
Berckholtzstr. 10

vom Senator für Inneres der Freien und Hansestadt
Hamburg erteilten Zulassungszeichen

CTR/MPA 510 II

im Werk

2085 Quickborn
Berckholtzstr. 10

dieser Firma hergestellt, erhält das Zulassungs-
zeichen

BAM - P II - 0563

und trägt zusätzlich zu der sonst vorgeschriebenen
Kennzeichnung den Hinweis für die Verwendung:

Fackel waagrecht am freien Holzende halten
und am anderen Ende anzünden. Nicht gegen den
Wind halten.

Nur im Freien verwenden!

Berlin-Dahlem, den 9. Nov. 1970

Der Präsident der
Bundesanstalt für Materialprüfung
Im Auftrag

Dr. - Ing. J. Z e h r

Der pyrotechnische Gegenstand

Goldtausch-Fontäne

mit dem der Firma

Pyrotechnische Fabrik
F. Feistel KG
6719 Göllheim

vom Sozialministerium Rheinland-Pfalz erteilten
Zulassungszeichen

BAM 2070 II

von der Firma

Brock's Firework Ltd.
Hemel Hempstead
Herts.
England

in

Hemel Hempstead
Herts.
England

hergestellt, erhält das Zulassungszeichen

BAM - P II - 0564

und trägt zusätzlich zu der sonst vorgeschriebenen
Kennzeichnung den Hinweis für die Verwendung:

Gegenstand senkrecht mit dem blauen Zündpapier
nach oben bis zur Hälfte eingraben, seitwärts
stehend am Zündpapier entzünden und sich rasch
entfernen.

Nur im Freien verwenden!

Berlin-Dahlem, den 9. Nov. 1970

Der Präsident der
Bundesanstalt für Materialprüfung
Im Auftrag

Dr. - Ing. J. Z e h r

Der pyrotechnische Gegenstand

Bengalische Riesenfackel, rot

mit dem der Firma

J. G. W. Berckholtz
Pyrotechnische Fabrik
2085 Quickborn
Berckholtzstr. 10

vom Senator für Inneres der Freien und Hansestadt
Hamburg erteilten Zulassungszeichen

CTR/MPA 509 II

im Werk

2085 Quickborn
Berckholtzstr. 10

dieser Firma hergestellt, erhält das Zulassungs-
zeichen

BAM - P II - 0565

und trägt zusätzlich zu der sonst vorgeschriebenen
Kennzeichnung den Hinweis für die Verwendung:

Fackel waagrecht am freien Holzende halten
und am anderen Ende anzünden. Nicht gegen den
Wind halten.

Nur im Freien verwenden!

Berlin-Dahlem, den 9. Nov. 1970

Der Präsident der
Bundesanstalt für Materialprüfung
Im Auftrag

Dr. - Ing. J. Z e h r

Der pyrotechnische Gegenstand

Prachtfontäne

mit dem der Firma

Pyrotechnische Fabrik
F. Feistel KG
6719 Göllheim

vom Sozialministerium Rheinland-Pfalz erteilten
Zulassungszeichen

BAM 2067 II

von der Firma

Brock's Firework Ltd.
Hemel Hempstead
Herts.
England

in

Hemel Hempstead
Herts.
England

hergestellt, erhält das Zulassungszeichen

BAM - P II - 0568

und trägt zusätzlich zu der sonst vorgeschriebenen
Kennzeichnung den Hinweis für die Verwendung:

Gegenstand senkrecht mit dem blauen Zündpapier
nach oben bis zur Hälfte eingraben, seitwärts
stehend am Zündpapier entzünden und sich rasch
entfernen.

Nur im Freien verwenden!

Berlin-Dahlem, den 9. Nov. 1970

Der Präsident der
Bundesanstalt für Materialprüfung
Im Auftrag

Dr. - Ing. J. Z e h r

Der pyrotechnische Gegenstand

Bengalfackel, rot

mit dem der Firma

J. G. W. Berckholtz
Pyrotechnische Fabrik
2085 Quickborn
Berckholtzstr. 10

vom Senator für Inneres der Freien und Hansestadt
Hamburg erteilten Zulassungszeichen

CTR/MPA 506 II

im Werk

2085 Quickborn
Berckholtzstr. 10

dieser Firma hergestellt, erhält das Zulassungs-
zeichen

BAM - P II - 0569

und trägt zusätzlich zu der sonst vorgeschriebenen
Kennzeichnung den Hinweis für die Verwendung:

Fackel waagrecht am freien Holzende halten
und am anderen Ende anzünden. Nicht gegen den
Wind halten.

Nur im Freien verwenden!

Berlin-Dahlem, den 9. Nov. 1970

Der Präsident der
Bundesanstalt für Materialprüfung
Im Auftrag
Dr. - Ing. J. Z e h r

Der pyrotechnische Gegenstand

Handschlange

mit dem der Firma

Pyrotechnische Fabrik
F. Feistel KG
6719 Göllheim

vom Sozialministerium Rheinland-Pfalz erteilten
Zulassungszeichen

BAM 2013 II

im Werk

6719 Göllheim

dieser Firma hergestellt, erhält das Zulassungs-
zeichen

BAM - P II - 0570

und trägt zusätzlich zu der sonst vorgeschriebenen
Kennzeichnung den Hinweis für die Verwendung:

Gegenstand so mit der Mündung senkrecht nach
oben am Kunststoffgriff halten, daß die Füllung
ungehindert nach oben ausgeworfen werden kann.

Seitlich an der Zündschnur entzünden.

Nur im Freien verwenden!

Nicht auf Personen richten!

Berlin-Dahlem, den 9. Nov. 1970

Der Präsident der
Bundesanstalt für Materialprüfung
Im Auftrag
Dr. - Ing. J. Z e h r

Der pyrotechnische Gegenstand

Knallkörper Frosch B - mittel

mit dem der Firma

Exportvertrieb Pyrotechnik
Kurt Hanke KG
2 Hamburg 28
Brandshofer Deich 23

vom Senator für Inneres der Freien und Hansestadt
Hamburg erteilten Zulassungszeichen

BAM 2183 II

von der Firma

Long Kee Firecrackers Co.
85. Wing Lok Street
1st Floor
Hongkong

in

85. Wing Lok Street
1st Floor
Hongkong

hergestellt, erhält das Zulassungszeichen

BAM - P II - 0571

und trägt zusätzlich zu der sonst vorgeschriebenen
Kennzeichnung den Hinweis für die Verwendung:

Gegenstand auf den Boden legen, am äußersten
Ende der Zündschnur anzünden und sich rasch
entfernen.

Nach dem Anzünden nicht in der Hand halten!
Nur im Freien verwenden!

Berlin-Dahlem, den 9. Nov. 1970

Der Präsident der
Bundesanstalt für Materialprüfung
Im Auftrag
Dr. - Ing. J. Z e h r

Der pyrotechnische Gegenstand

Bengalfackel, grün

mit dem der Firma

J. G. W. Berckholtz
Pyrotechnische Fabrik
2085 Quickborn
Berckholtzstr. 10

vom Senator für Inneres der Freien und Hansestadt
Hamburg erteilten Zulassungszeichen

CTR/MPA 507 II

im Werk

2085 Quickborn
Berckholtzstr. 10

dieser Firma hergestellt, erhält das Zulassungs-
zeichen

BAM - P II - 0573

und trägt zusätzlich zu der sonst vorgeschriebenen
Kennzeichnung den Hinweis für die Verwendung:

Fackel waagrecht am freien Holzende halten
und am anderen Ende anzünden. Nicht gegen den
Wind halten.

Nur im Freien verwenden!

Berlin-Dahlem, den 9. Nov. 1970

Der Präsident der
Bundesanstalt für Materialprüfung
Im Auftrag
Dr. - Ing. J. Z e h r

Der pyrotechnische Gegenstand

Pfeifende Handschlange

mit dem der Firma

Pyrotechnische Fabrik
F. Feistel KG
6719 Göllheim

vom Sozialministerium Rheinland-Pfalz erteilten
Zulassungszeichen

BAM 2000 II

im Werk

6719 Göllheim

dieser Firma hergestellt, erhält das Zulassungs-
zeichen

BAM - P II - 0574

und trägt zusätzlich zu der sonst vorgeschriebenen
Kennzeichnung den Hinweis für die Verwendung:

Gegenstand so mit der Mündung senkrecht nach
oben am Kunststoffgriff halten, daß die Füllung
ungehindert nach oben ausgeworfen werden kann.

Seitlich an der Zündschnur entzünden.

Nur im Freien verwenden!

Nicht auf Personen richten!

Berlin-Dahlem, den 9. Nov. 1970

Der Präsident der
Bundesanstalt für Materialprüfung
Im Auftrag

Dr. - Ing. J. Z e h r

Der pyrotechnische Gegenstand

Knallkörper Frosch A - klein

mit dem der Firma

Exportvertrieb Pyrotechnik
Kurt Hanke KG
2 Hamburg 28
Brandshofer Deich 23

vom Senator für Inneres der Freien und Hansestadt
Hamburg erteilten Zulassungszeichen

BAM 2182 II

von der Firma

Long Kee Firecrackers Co.
85. Wing Lok Street
1st Floor
Hongkong

in

85. Wing Lok Street
1st Floor
Hongkong

hergestellt, erhält das Zulassungszeichen

BAM - P II - 0575

und trägt zusätzlich zu der sonst vorgeschriebenen
Kennzeichnung den Hinweis für die Verwendung:

Gegenstand auf den Boden legen, am äußersten
Ende der Zündschnur anzünden und sich rasch
entfernen.

Nach dem Anzünden nicht in der Hand halten!

Nur im Freien verwenden!

Berlin-Dahlem, den 9. Nov. 1970

Der Präsident der
Bundesanstalt für Materialprüfung
Im Auftrag

Dr. - Ing. J. Z e h r

Der pyrotechnische Gegenstand

Bengalische Zylinderflamme B, rot

mit dem der Firma

J. G. W. Berckholtz
Pyrotechnische Fabrik
2085 Quickborn
Berckholtzstr. 10

vom Senator für Inneres der Freien und Hansestadt
Hamburg erteilten Zulassungszeichen

CTR/MPA 539 II

im Werk

2085 Quickborn
Berckholtzstr. 10

dieser Firma hergestellt, erhält das Zulassungs-
zeichen

BAM - P II - 0576

und trägt zusätzlich zu der sonst vorgeschriebenen
Kennzeichnung den Hinweis für die Verwendung:

Flamme waagrecht mit der Bodenöffnung auf
einen eingeschlagenen Nagel schieben, seitwärts
stehend an der Papierabklebung der Stirnseite
anzünden und sich rasch entfernen.

Nur im Freien verwenden!

Berlin-Dahlem, den 9. Nov. 1970

Der Präsident der
Bundesanstalt für Materialprüfung
Im Auftrag

Dr. - Ing. J. Z e h r

Der pyrotechnische Gegenstand

Bengalische Zylinderflamme B, grün

mit dem der Firma

J. G. W. Berckholtz
Pyrotechnische Fabrik
2085 Quickborn
Berckholtzstr. 10

vom Senator für Inneres der Freien und Hansestadt
Hamburg erteilten Zulassungszeichen

CTR/MPA 540 II

im Werk

2085 Quickborn
Berckholtzstr. 10

dieser Firma hergestellt, erhält das Zulassungs-
zeichen

BAM - P II - 0578

und trägt zusätzlich zu der sonst vorgeschriebenen
Kennzeichnung den Hinweis für die Verwendung:

Flamme waagrecht mit der Bodenöffnung auf
einen eingeschlagenen Nagel schieben, seitwärts
stehend an der Papierabklebung der Stirnseite
anzünden und sich rasch entfernen.

Nur im Freien verwenden!

Berlin-Dahlem, den 9. Nov. 1970

Der Präsident der
Bundesanstalt für Materialprüfung
Im Auftrag

Dr. - Ing. J. Z e h r

Erlaß des Bundesministers für Wirtschaft über die Bundesanstalt für Materialprüfung (BAM) vom 1. September 1964

§ 1

Zweck

Die Bundesanstalt für Materialprüfung soll die Entwicklung der deutschen Wirtschaft fördern, indem sie Bundesaufgaben nach den §§ 2 bis 6 und Aufgaben im Lande Berlin nach § 7 erfüllt.

§ 2

Aufgabe

(1) Die Bundesanstalt hat die Aufgabe, Werkstoff- und Materialforschung entsprechend ihrer Zweckbestimmung zu betreiben und die Materialprüfung sowie die chemische Sicherheitstechnik stetig weiterzuentwickeln.

(2) Ihre Forschung ist nicht an die Person gebunden. Jedes Ergebnis ihrer Arbeit soll auf der Erkenntnis aller von ihr gepflegten, fachlich beteiligten Wissensgebiete beruhen.

(3) Die Ergebnisse ihrer und fremder wissenschaftlicher Arbeiten hat die Bundesanstalt zu sammeln, zu ordnen und der Allgemeinheit zugänglich und nutzbar zu machen.

§ 3

Arbeitsprogramme

Die Bundesanstalt hat Arbeitsprogramme aufzustellen. In diesen ist festzulegen, welche Bereiche von allgemeiner wirtschaftlicher Bedeutung und vorrangig sind, darunter besonders solche, die der technischen Entwicklung und Leistungssteigerung in der Wirtschaft dienen, oder welche die Schaffung und Erhaltung volkswirtschaftlicher Werte erwarten lassen.

§ 4

Aufgaben innerhalb der Verwaltung

(1) Die Bundesanstalt berät die Bundesministerien.

(2) Sie führt die Aufgaben durch, die ihr vom Bundesminister für Wirtschaft oder im Einvernehmen mit ihm von anderen Bundesministern übertragen werden.

(3) Ersuchen von Verwaltungsbehörden und von Gerichten soll sie in den Grenzen ihrer Aufgaben entsprechen.

§ 5

Aufträge

Die Bundesanstalt übernimmt Aufträge aus der Wirtschaft oder von Einrichtungen der Verbraucher und der Verbraucherberatung, soweit sie die Voraussetzungen der §§ 2 und 3 erfüllen. Sie kann Aufträge ablehnen, deren Ausführung nach ihrer Auffassung keine wissenschaftlich wertvollen Erkenntnisse erwarten läßt oder deren Ergebnisse weder volkswirtschaftlich noch für die Schaden- und Unfallverhütung von Belang sind.

§ 6

Zusammenarbeit

(1) Zur Erfüllung ihrer Aufgaben hält die Bundesanstalt Verbindung zum Bundesminister für Wirtschaft und wirkt mit in den technischen Ausschüssen der Bundesministerien, dem Deutschen Normenausschuß (DNA), der internationalen Normenorganisation (ISO) und anderen nationalen, internationalen oder supranationalen Stellen, die für die gesamtwirtschaftliche Entwicklung von Bedeutung sind.

(2) Sie hält ferner Verbindung zu den wissenschaftlichen Hochschulen und Instituten, den staatlichen Materialprüfern und den Verbänden für Materialprüfung.

§ 7

Aufgaben im Land Berlin

Für das Gebiet des Landes Berlin hat die Bundesanstalt die Aufgaben eines staatlichen Materialprüfungsamtes.

§ 8

Gebühren

Die Bundesanstalt erhebt für die Bearbeitung von Aufträgen Gebühren nach einer Gebührenordnung, welche der Zustimmung des Bundesministers für Wirtschaft bedarf.

§ 9

Leitung und Vertretung

(1) Die Bundesanstalt wird vom Präsidenten und im Falle seiner Verhinderung von dem Vizepräsidenten geleitet. Der Präsident bestimmt die Arbeitsprogramme.

(2) Der Präsident — und im Falle seiner Verhinderung der Vizepräsident — vertritt die Bundesrepublik Deutschland gerichtlich und außergerichtlich in allen Angelegenheiten, welche die Bundesanstalt betreffen.

§ 10

Berichterstattung

Der Präsident berichtet jährlich dem Bundesminister für Wirtschaft. Hierbei hat er die jeweiligen Schwerpunkte der Arbeit der Bundesanstalt herauszustellen und deren Bedeutung für den wissenschaftlichen und technischen Fortschritt, für die Leistungssteigerung der deutschen Wirtschaft und für die Schaffung und Erhaltung volkswirtschaftlicher Werte zu würdigen. Wesentliche Veränderungen der Aufgaben, die an die Bundesanstalt herangetragen werden, sind nach Tendenz und Gewicht aufzuzeigen.

§ 11

Kuratorium

(1) Die Leitung der Bundesanstalt wird in wichtigen Fragen, die die Bundesanstalt betreffen, von einem Kuratorium beraten, besonders bei der Aufstellung der Arbeitsprogramme und der Auswertung der Jahresberichte des Präsidenten.

(2) Das Kuratorium besteht aus ehrenamtlichen Mitgliedern, deren Anzahl bis zu 24 betragen kann und dem Vorsitz. Der Bundesminister für Wirtschaft beruft die Mitglieder und bestellt einen seiner Beamten zum Vorsitz. Die Mitgliedschaft endet nach fünf Jahren. Eine Wiederberufung ist zulässig.

(3) An den Sitzungen des Kuratoriums nehmen der Präsident, der Vizepräsident und die Abteilungsleiter der Bundesanstalt und Beauftragte des Bundesministers für Wirtschaft teil. Andere Bundesminister können im Einvernehmen mit dem Bundesminister für Wirtschaft Beauftragte entsenden.

(4) Die Geschäftsordnung des Kuratoriums wird vom Bundesminister für Wirtschaft erlassen.

§ 12

Inkrafttreten

Dieser Erlaß tritt am 1. September 1964 in Kraft; gleichzeitig treten der Erlaß vom 20. August 1954 (Bundesanzeiger Nr. 165 vom 28. August 1954, BMW BI 1954 S. 367) und die zu seiner Änderung ergangenen Erlasse vom 10. Februar 1956 (Bundesanzeiger Nr. 36 vom 21. Februar 1956, BMW BI 1956 S. 114) und vom 6. November 1962 (Bundesanzeiger Nr. 220 vom 20. November 1962, BMW BI 1962 S. 241) außer Kraft.

Bonn, den 1. September 1964

Z 4 -- 44 02 19 --

Der Bundesminister für Wirtschaft

Schmücker

Gesetz über explosionsgefährliche Stoffe (Sprengstoffgesetz) vom 25. August 1969 (Auszug)

§ 28

Rechtsstellung der Bundesanstalt für Materialprüfung

(1) Die Bundesanstalt für Materialprüfung ist eine bundesunmittelbare, nicht rechtsfähige Anstalt des öffentlichen Rechts im Geschäftsbereich des Bundesministers für Wirtschaft; sie ist eine Bundesoberbehörde.

§ 29

Aufgaben der Bundesanstalt für Materialprüfung

Der Bundesanstalt für Materialprüfung obliegt die Durchführung und Auswertung physikalischer und chemischer Prüfungen von Stoffen und Konstruktionen. Sie ist zuständig

1. für die Entgegennahme der Anzeigen und Stoffproben nach § 1 Abs. 4 Satz 1 und die Anordnungen nach § 1 Abs. 4 Satz 3 und 4,
2. für die Zulassung von explosionsgefährlichen Stoffen und Sprengzubehör nach § 4 Abs. 1 bis 4.

...

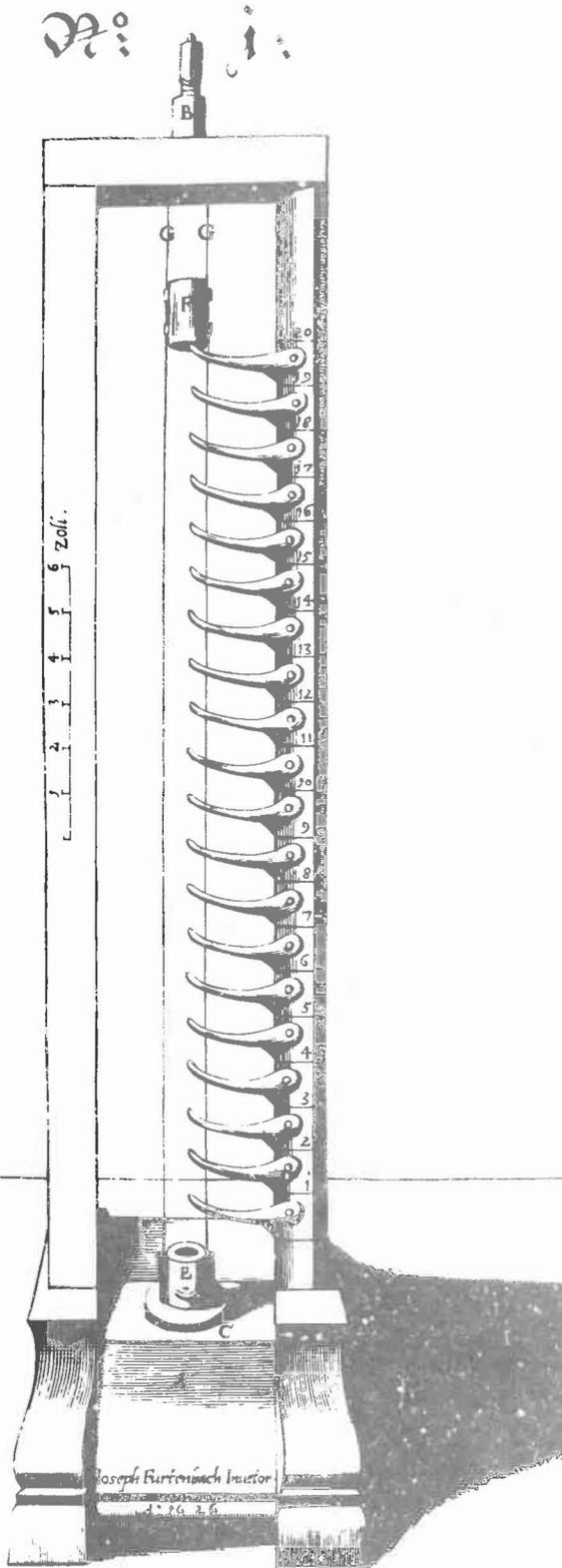
Die verfassungsmäßigen Rechte des Bundesrates sind gewahrt. Das vorstehende Gesetz wird hiermit verkündet.

Bonn, den 25. August 1969

Der Bundespräsident Heinemann

Der Stellvertreter des Bundeskanzlers Brandt

Für den Bundesminister für Wirtschaft
Der Bundesminister des Auswärtigen
Brandt



Eprouvette

Gerät aus dem Jahre 1626 zur Ermittlung des Arbeitsvermögens von Schwarzpulver

aus:

Halinitro-Pyrobolia, Joseph Furttembach, Ulm 1627

Die beschicht auff mancherley Weiß/ am ge-
meinsten aber istis also/ daß so viel Pulver/ als ein halbe
gemeine Baumnuschalen fassen mag/ an ein hülfflein
auff gar zartes Papier gelegt/ oben solches angezündt/ hebt es sich
gar geschwindt (ohne entzündung des Papiers) mit klarem Feuer/
woltrachendem Lamppo/ vnd hinderlassung saubers Papier/ so istis
ein guts Bürschpulver/ hingegen da es mit großem Funcken geben
(darvon das Papier sich entzündt) vmb zerstrattem langsamem
Feuer/ grossen Rauch/ vnd hinderlassung viel Vnrahes/ steigt/ so
istis gar schlechte/ mag kein grosse Krafft vollbringen/ vnd kan auff
gesagte Weiß diese Prob in etwas siatt finden/ das gute vor dem
gar schlechten zu erkennen/ jedoch wie allen in dieser Art erfahren
wissendt/ daß der Lampo des Pulvers solcher geschwindigkeit/ daß
Menschen Aug sein Endtschafft/ wie hoch es gestigen in solcher furia
mit ersehen noch zu Terminieren vermag/ daher wann zween/ einan-
der nit gar vnehnliche Pulver also geprobirt/ so wirdes fast vnmög-
lich sein Precisamente zu wissen/ welches/ vnd wie viel vorzug eines
vor dem andern zu haben/ darauff entspringen grosse Irthumb/
dann gleich so baldt/ durch dergleichen Mutmassungen/ das
schlechtere/ fürs bessere gehalten wirdt/ in bedenkung/ das wol kein
getwiefer Termin/ mag auch kein Vnfehlbarlich Vrtheil gestellt wer-
den/ welcher Error mir dann viel Jar in gedanken gelegen/ ob auch
ein mittel zu erfinden/ damit gar genah zu wissen/ wie ein Pulver
gegen dem andern im werth/ vmb in Gewaltfamer steigung eines
Zolls höher/ oder weniger zu erkennen/ Endlich vnd Vnlängsten
ein besonders/ meinem erachten nach hierzu gar dienlich Instru-
ment Inuentirt/ auff welchem nit allein/ wie hoch das Pulver ge-
stigen/ sondern auch dessen Stillhalten Terminierter weiß/ mit Af-
firmierung/ oder hinderlassung eines Zeitgers oder Röhrlins zu se-
hen/ was sein völlige Wärckung zu thun vermöchte/ welches ich
dann nit allein für mich zu behalten gesehnet/ sondern dem Liebhaber
ein Kupfferlat N. 1. ganz engentlich im verjungten Maßstab für
Augen gestellt/ darauff er sein ganze beschaffenheit zu ersehen/ die
Erklärung aber/ omb bessers verstands willen/ mit wenigem anzu-
deuten/ vnd nemlich ist A. Der Fuß des Instruments B. beyde
obere Schrauffen C. der Boden/ warauff daß Pöllerin E. steht. F.
dz Röhrlin G. G. die zwo Seiten/ die lönden durch beyde Schrauff-
sen B. B. hart angezogen werden/ der gestalt wann das Pöllerin
voll Pulver gefüllt/ sein Röhrlin darauff Ruhet/ alsdann dem Pöl-
lerin Feuer gegeben/ so schlegt der Dunst des Pulvers/ das Röhrlin/
zwischen beyden Seiten Naturalmente grad vber sich/ vmb durch
die Höberlin/ Dorer 20. vnd jedes ein Zoll weit vom andern steht/
diechur das Röhrlin am hinauff fahren erheben/ aber sie selches nit
mehr herab lassen/ so weit hinauff/ bis es die krafft verlorit/ der
gestalt welches Pulver nun/ viel ernandes Röhrlin durch am meisten
Höberlin wirfft/ dasselbige ist ja vnwiderforchtlich das beste/ ein
Experimentia so auff diesem Instrument gemacht/ wolt zu erzeihen
bessern Verstand mit bringen/ das Carthausen Pulver warff das
Röhrlin 4. Zoll hoch also/ vnd auff dem vierden Höberlin funde
das Röhrlin still/ vmb zeigte den Termin/ das mezan Pulver
warff 5. Zoll/ vnd Affirmirt das Röhrlin auff dem fünfften
Höberlin/ das seine Bürsch Pulver aber passierte 9. Zell/ vnd wur-
be also vom Raumbten Höberlin/ nit mehr zu Rug gelassen/ darauff
was Precisamente/ vnd Handgreifflich zu wissen/ was jedem für
ein Namen zu geben/ oder aus fürs ander besser zu halten/ vnd zu
bezahlen. (Ich machte auch wol Extraordinari sein Pulver/ so mit
sonderbarer dighenza Preparirt/ welche bis auff das fünffte
Höberlin gestiegen/ vnd haben also einelte Pulver in vnfertiger Krafft
hier sich vbarlich/ vnd Terminierter weiß Demonstrirt/ weil ihne
nach ihrer Natur die anleitung ein schweres Gewicht/ grad in die
Höh zu werffen erlaubt/ kein krafft gehirt/ sonder der Feur Will/
wo faras sie vermögen/ durch mehr Höberlin hinauff zu steigen ge-
lassen worden. Gleiches weiß kan ein ganze munition Examiniert/
bei gar schnelle/ so die krafft des Carthausen Pulver nit erreichen
gar auffgemustert/ Annotirt/ oder aber gar geschoben werden/
die gleiche Sorten aber widerumben zusammen gemischt/ der Ver-
ständigt wirdt silbert formet daruber Speculirt ein/ nit zweyffle noch
vnlängst daruff darinnen zu finden.

Pulver
Probier-
ung.

Ein Pul-
ver Probier-
ung In-
strument.

Das Kupf-
ferlat.
N. 1.