

wird. Wir haben es also mit einem Fall zu tun, wo die durch einen Zuschlag erhöhte Reaktionsgeschwindigkeit technisch von grösster Bedeutung wird; denn dass durch die Zugabe des Chlorcalciums der Stickstoff sehr rasch absorbiert wird, heisst nichts anderes, als dass eine Fabrik, die nach einem solchen Verfahren arbeitet, weit leistungsfähiger in der gleichen Zeit ist und damit viel rentabler arbeitet. Ich möchte von Herrn Dr. Erlwein hören, ob die von der Gegenseite gemachten, sehr plausiblen Behauptungen technisch nicht doch von sehr schwerwiegender Bedeutung sind.

Dr. Erlwein-Berlin: Meine Herren! Ueber diese Frage möchte ich mich hier nicht eingehend äussern. Aber es ist nach meinen Erfahrungen und nach den Erfahrungen aller, die seit 6 bis 7 Jahren mit dieser Frage zu tun haben, nicht zutreffend, dass die Rentabilität eine andere würde nur dadurch, dass man die Initialzündung herabdrückt. Dieses Moment hat mit der Technik des Verfahrens an sich und besonders mit der Azotierungsdauer nichts zu tun. Die Dauer der Azotierung bis zum Erhalt eines hochprozentigen Produktes ist bei Zusatz von Chlorcalcium nicht geringer als ohne Zusatz.

Dr. Arndt-Charlottenburg: Ich wollte nur ganz kurz darauf aufmerksam machen: wenn Calciumkarbonat auch so fördernd wirkt, trifft doch darauf die Erklärung von Foerster nicht zu, dass durch das Schmelzen der Prozess befördert würde. Ich glaube, dass es mehr auf das Dissociationsverhältnis ankommt.

Geheimrat Nernst-Berlin: Es kann ja eine starke Schmelzpunktniedrigung stattfinden.

Dr. Erlwein-Berlin: Meine Herren! Was die Schmelzwirkung anlangt, so kann ich als Praktiker nur eines dagegen anführen. Wenn das Chlorcalcium zum Schmelzen käme, also sich verflüssigte, dann bekäme man ja nach unserer und anderer Erfahrungen gar kein Calciumcyanamid, sondern Calciumcyanid. Wenn Calciumcyanamid mit einem Körper zusammengeschmolzen wird, sei es Kochsalz oder Chlorcalcium, geht sämtlicher Stickstoff des Cyanamides in Cyanidform über, eine Form, die für die Düngezwicke nicht in Frage käme, und da tatsächlich das Material, welches die Herren in Westeregeln mit Chlorcalcium machen, kein Cyanid enthält,

scheint mir die Schmelzwirkung nicht in dem Maasse eine Rolle zu spielen, wie hier vielfach angenommen wurde.

Dr. Krauss-Westeregeln: Ich möchte auf die Angriffe gegen die Patente nicht antworten. Mir lag mehr daran, die Frage wissenschaftlich aufzuklären, und da möchte ich den verehrten Anwesenden folgendes sagen. Das Patent von Polzenius ist in zweiter Instanz vom Reichspatentamt erteilt, und zwar nach vorangegangener Vorführung von Versuchen vor dem Reichspatentamt, und da wurde gerade diese Frage, die der Herr, ich glaube Herr Dr. Arndt, vorher angeschnitten hat, gelöst. Es wurden Parallelversuche gemacht, indem Calciumcarbid, gewöhnliches käufliches Calciumcarbid, fein gepulvert mit etwa 10% Chlorcalcium gemischt wurde. Unter denselben Bedingungen wurde zur gleichen Zeit in dieselbe Retorte Calciumcarbid fein gepulvert mit 10% Calciumoxyd, ebenso mit 10% Calciumkarbonat und ausserdem noch reines Carbid hineingegeben. Die Temperatur wurde etwa 12 bis 14 Stunden auf ungefähr 730° erhalten; gemessen wurde mit Wien-Holborn-Instrumenten, und das Resultat war das: „das Chlorcalciumprodukt (Polzeniusgemisch) hatte 18% Stickstoff als Cyanamid aufgenommen. Der Theorie nach könnte es 22% aufnehmen. Würde man zwei bis drei Stunden länger erhitzt haben, so würde die Reaktion zu Ende gekommen sein. Sämtliche anderen Produkte hätten praktisch noch nicht 1% aufgenommen.“

Also da kann man nicht sagen, dass das Chlorcalcium dieselbe Wirkung hat wie die Oxyde, bzw. oxydbildenden Salze. Auf diese Versuche hin erteilte das Reichspatentamt das Patent in erster und in zweiter Instanz.

Vorsitzender: Meine Herren! Hier möchte ich mir nun aber doch erlauben einzuschalten: wissenschaftliche Fragen sind manchmal recht schwierig, technische Fragen sind meistens noch schwieriger, aber patentrechtliche Fragen sind am allerschwierigsten, so dass wir sie hier unmöglich behandeln und erledigen können. (Lebhafter Beifall.)

Da, wie ich sehe, sonst nicht weiter das Wort verlangt wird, möchte ich nunmehr Herrn Geheimrat Will aus Berlin bitten, das Wort zu nehmen.

Herr Geheimrat Prof. Dr. Will-Berlin:

ÜBER TECHNISCHE METHODEN DER SPRENGSTOFFPRÜFUNG.

Als ich vor einigen Wochen die Aufforderung vom Kollegen Nernst erhielt, auf dem Kongress der Bunsen-Gesellschaft einen Vortrag über die Messung der Sprengkraft von Sprengstoffen zu halten, war ich zunächst geneigt, Herrn Nernst

zu fragen, ob es nicht richtiger wäre, wenn er auf einer Versammlung von Sprengstofftechnikern über die neueren Hilfsmittel der allgemeinen Chemie zur Messung der die Sprengkraft bedingenden Faktoren sprechen würde. Ich war

wohl berechtigt, anzunehmen, dass, was diese Messmethoden anlangt, die Praktiker in der Sprengtechnik bei den Meistern auf dem Gebiete der physikalischen Chemie eher sich Auskunft holen können, als umgekehrt.

Ich habe mich nun aber doch entschlossen, dem Antrag Folge zu geben, in der Erwägung, dass gerade wenn man die Mitarbeit des physikalischen Chemikers wünscht, man notwendig zunächst einen Ueberblick über den jetzigen Stand der in der Technik gebräuchlichen Methoden geben muss.

Ich will mich bemühen, soweit es in dem naturgemäss beschränkten Zeitraum möglich ist, ein Bild der Sachlage zu geben, in der Hoffnung, dass auch dies eine Anregung zu gemeinsamer Arbeit von Technik und Wissenschaft werden möge. Neues, zumal für den Fachmann, auf dem Sprenggebiet kann ich dabei natürlich nicht bringen.

Die wichtigste Eigenschaft, auf welcher die Auswertung von Explosivstoffen beruht, ist eine Druckentwicklung infolge einer chemischen Umsetzung, bei welcher Gase unter Auftreten von Wärme entstehen.

Lange Zeit war die Prüfung der Wirkung des Explosivstoffes, der bis zum Ende des 18. Jahrhunderts der einzige war, mit welchem sich die Technik beschäftigte, nämlich des Schwarzpulvers, eine der jeweiligen Auswertung angepasste, rein empirische.

Man versuchte, wie weit ein Geschoss aus einem Mörser durch ein bestimmtes Gewicht oder Volumen des fraglichen Pulvers herausgeworfen wurde, oder man ermittelte z. B. mit der Le Blond'schen Zahnrad-Eprouvette, bei welcher das in einem kurzen Pulverbehälter zur Entzündung gebrachte Pulver auf einen Federhebel wirkte, dessen Ausschlag, der durch die Drehung eines Zahnrades gemessen wurde. Derartige Apparate, wie sie von Guillaume le Blond beschrieben wurden¹⁾, haben sich im Gebrauch gehalten, bis mit der Entwicklung der pneumatischen Chemie, der Thermochemie und der Erkenntnis des Gesetzes von der Erhaltung der Kraft ein eingehenderes Studium der die einzelnen Explosionsvorgänge bedingenden Faktoren ermöglicht wurde.

Das grundlegende Werk, welches die Beziehungen zwischen den thermochemischen Vorgängen bei der Umsetzung von Explosivstoffen behandelt, ist das Werk von Berthelot: „Sur la force des matières explosives d'après la Thermochemie“, aus dem Jahre 1883.

Berthelot hat hier die Resultate seiner im Jahre 1870 während der Belagerung von Paris begonnenen Untersuchungen niedergelegt. Das

Buch enthält nicht nur die Beschreibung der wichtigsten Methoden und Apparate zur Bestimmung der bei Explosionsvorgängen frei werdenden Wärmemengen, sondern zeigt auch, in welcher Weise die bei thermochemischen Untersuchungen erhaltenen Zahlen ausgewertet werden können, um nach dem Prinzip der konstanten Wärmesummen die Wärmetönung für alle die Explosionsprozesse zu berechnen, für welche die Bildungswärme des Anfangszustandes und des Endzustandes bekannt sind.

Die zur Berechnung der wichtigsten Explosionsvorgänge nach diesem Verfahren nötigen Daten sind in umfangreichster Weise von Berthelot selbst, zum Teil im Verein mit Sarrau und Vieille¹⁾ bestimmt worden.

Wo es erforderlich ist, die Wärmetönung eines Explosionsvorganges direkt zu bestimmen, dient das Explosionskalorimeter. Man vollzieht die Explosion in einer kleinen Bombe, welche mit elektrischer Zündung versehen ist. Die Zündung wird in einem Wasserkalorimeter vorgenommen und aus der Temperatursteigerung unter Berücksichtigung des Wasserwertes des Apparates unter den sonstigen nötigen Vorichtsmaassregeln, die hier zu beschreiben sich wohl erübrigt, die bei der Explosion frei gewordene Wärmemenge berechnet.

Als Träger der durch die in Form von Kalorien gemessenen Energie dienen die Explosionsgase, deren Spannung die Umsetzung dieser Energie in mechanische Arbeit vermittelt. Das Gasvolumen wird in einfacher Weise durch Auffangen der Gase aus der kalorimetrischen Bombe in einem geeigneten Kalorimeter²⁾ bestimmt. Berthelot hat zuerst vorgeschlagen, das Produkt aus der Anzahl der bei der Explosion entwickelten Kalorien mit dem spezifischen Volumen, d. h. dem Raum, welchen die von der Gewichtseinheit des Sprengstoffes erzeugten Explosionsgase bei 0° und 760 mm Druck einnehmen, dividiert durch die spezifische Wärme der Reaktionsgase, als relatives Maass für die mechanische Arbeitsleistung eines Sprengstoffes, „seine Sprengkraft“, zu wählen.

In der nachstehenden Tabelle sind für eine Reihe von Sprengstoffen die Produkte aus der in Kalorien gemessenen Energie und dem spezifischen Gasvolumen (Wasser gasförmig) zusammengestellt, wobei da, wo es sich um ähnliche Explosionsgase handelt, ohne wesentlichen Fehler die Division durch die spezifischen Wärmen weggelassen werden konnte (Tabelle 1).

1) Berthelot, Thermochemie 1897, Annuaire du bureau des longitudes 1904.

2) Sarrau und Vieille, Mém. Poudres et Salp. 2, 134; vergl. auch Berthelot, Sur la force explosive u. s. w. 1883.

1) Romocki, Geschichte der Sprengstoffchemie, Bd. 2, S. 6.

Tabelle 1.

Produkt aus spezifischem Volumen für einige Sprengstoffe. (Sprengkraft nach Berthelot.)

Nr.	Sprengstoff	Wärme- inhalt	Spezifisches Volumen	Produkt aus Wärme- inhalt und spezifischem Volumen	Wert- verhältnis
1	Sprenggelatine (7% Kol- lodiumwolle)	1640	710	1 164 000	100
2	Nitroglycerin	1580	713	1 127 000	97
3	Würfelpulver C/89 . . .	1290	840	1 084 000	93
4	Nitromannit	1526	692	1 056 000	91
5	Schiesswolle (Stickstoff- gehalt 12,8%)	1060	850	901 000	77
6	Ammonnitrat (mit 10% Mononitronaphtalin) .	937	925	867 000	75
7	Schiesswollpulver . . .	830	920	764 000	66
8	Pikrinsäure	810	869	704 000	60
9	Dynamit (75% Nitro- glycerin)	1290	535	690 000	59
10	Ammonnitrat	626	930	582 000	50
11	Kaliumpikrat	787	549	432 000	37
12	Schwarzpulver	685	285	195 000	17
13	Knallquecksilber	410	314	129 000	11

Der Vorschlag von Berthelot führt nun aber, wie die Tabelle zeigt, zu einer Anordnung der Sprengstoffe nach ihrer Arbeitsfähigkeit, welche sich keineswegs mit dem deckt, was die Praxis als relative Wirkung der Sprengstoffe ermittelt hat. Die praktische Auswertung ergibt bei der Prüfung meist ein Verhältnis der Sprenggelatine zu dem Schwarzpulver von etwa 2:1 bis 3:1, während in der Tabelle eine Wirkung wie 5 bis 6:1 sich angegeben findet, und der Sprengstofftechniker taxiert nach seinen Erfahrungen die Wirkung des Knallquecksilbers ganz anders, weit bedeutender, als sie sich aus obiger Zusammenstellung ergibt. Es fehlt also etwas bei der Charakterisierung der Sprengstoffe gemäss den Daten der Tabelle. Die Ursache dieses Mangels liegt im übrigen nahe.

Das Produkt der Energie und des spezifischen Volumens besagt nichts über die Geschwindigkeit, mit welcher sich der Explosionsprozess vollzieht. Der zeitliche Verlauf ist aber für die tatsächliche Wirkung naturgemäss von grösster Bedeutung. Der Gasdruck ist im grossen Ganzen proportional den absoluten Temperaturen der Gase. Es ist einleuchtend, dass bei langsamem Verlauf der Reaktion die Temperatur infolge der Wärmeverluste niedriger bleibt, also die Spannkraft der Gase geringer wird. Bei raschem Verlauf der Explosion treten grössere Anfangsdrucke auf als bei langsamerer Auslösung.

Solange man es nur mit dem Schwarzpulver und den für die Auslösung seiner Explosionskraft früher allein üblichen einfachen Zündungsmethoden zu tun hatte, trat diese Tatsache nicht so sehr in den Vordergrund.

Die Unterschiede der Explosionsgeschwindigkeit aber, welche für Verbindungen, wie Nitrocellulose, Nitroglycerin u. a., unter verschiedenen Bedingungen beobachtet wurden, zeigten sofort die Bedeutung eines eingehenden Studiums des zeitlichen Zersetzungsverlaufes.

Die Geschwindigkeit des Zerfalles eines Explosivstoffes kann eine sehr wechselnde sein. Sie lässt sich bei den verschiedenen Sprengstoffen mehr oder weniger leicht abändern. Nitrocellulose der gleichen chemischen Zusammensetzung kann je nach ihrer physikalischen Beschaffenheit und je nach dem zur Zündung verwendeten Initialimpulse mit einer Geschwindigkeit von etwa 40 m bis zu 6000 m und mehr in der Sekunde verbrennen. Diese verschiedenen Zersetzungsarten finden ihre Auswertung in den verschiedenen Zweigen der Spreng- und Schiess-technik.

Der gewaltigste Fortschritt auf dem Gebiete der Sprengstoffindustrie in der zweiten Hälfte des letzten Jahrhunderts knüpft sich gerade an die Tatsache, dass wir gelernt haben, die Energie der Sprengstoffe innerhalb weiter Grenzen mit je nach der Aufgabe geregelter Geschwindigkeit auszulösen. Man erreicht dies durch die Wahl der Zündung oder geeignete physikalische Vorbehandlung der Sprengsubstanz; Hilfsmittel sind die Initialzündungen, z. B. die von Noble eingeführte Knallquecksilber-Kapsel, oder geeignete Dichtung des Sprengstoffes, wie Gelatinierung u. s. w.

Mit der Frage der Faktoren, welche die Geschwindigkeit der Auslösung explosiver Vorgänge beeinflussen, wie Temperatur, Druck, Katalysatoren, haben sich zahlreiche Forscher beschäftigt. Ich bin hier nicht in der Lage, auf diese Arbeiten¹⁾ einzugehen, wenn sie auch vielfach, wie unter anderem die Versuche über die spezifische katalytische Beeinflussung der Entzündung von Grubengasgemischen durch verschiedene heisse Drähte, wie Kupfer, Eisen, Platin u. s. w., sehr zu einer weiteren Verfolgung ihrer praktischen Bedeutung anregen²⁾.

1) Bezüglich des Einflusses der Temperatur vergl. van't Hoff, Etudes de dynamique 1884, 32; Hoitsema, Zeitschr. f. physik. Chemie 21, 137 (1896). Bezüglich des Einflusses des Druckes vergl. Berthelot und Vieille, Compt. rend. 123, 523 (1896); 124, 1000 (1897). Berthelot und Le Chatelier, Compt. rend. 129, 427 (1899); 130, 1755 (1900). Mallard und Le Chatelier, Ann. d. min. IV, 8, 379; Dixon, Phil. Trans. 184, 97 (1893). Bezüglich katalytischer Einflüsse vergl. Victor Meyer und seine Mitarbeiter, Ber. d. Deutsch. chem. Ges. 25 ff.; Lieb. Ann. 264 u. 269. Dixon, Chem. News 46, 151 (1882); Phil. Trans. 175, 640 (1884); 184, 111 (1893). Baker, Phil. Trans. 197, 581 (1888); Proc. Chem. Soc. 18, 40 (1902).

2) Haslach, Hauptber. d. preuss. Schlagwetter-Komm. 1887; vergl. auch Le Chatelier, Le grison, S. 47 ff.

Auch an die Anfänge exakterer Messungen der Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Explosion in gasförmigen und festen Körpern, die bekannten Arbeiten von Piobert¹⁾, Bunsen²⁾ kann ich hier nur erinnern. Erwähnen muss ich die Arbeiten von Berthelot³⁾ einerseits und von A. von Oettingen⁴⁾ im Verein mit A. von Gernet anderseits, welche die Abhängigkeit der Explosionsgeschwindigkeit von der Stärke des Initialimpulses nachwiesen durch Versuche der Zündung von Knallgas mit wechselnd starken elektrischen Funken, wobei sich die Verbrennungsgeschwindigkeit nach der Stärke des Funkens steigern liess, von wenigen Metern bis auf annähernd 3000 m. Anscheinend konstante Zahlen wurden erst unter Anwendung von Knallquecksilber erhalten. Bezüglich anderer Umstände, welche die Geschwindigkeit der Explosion beeinflussen, wie Temperatur, Druck, sei auf Berthelot, Dixon und die Versuche der französischen Schlagwetterkommission hingewiesen.

Für den Fortschritt der Sprengtechnik sind vor allem wichtig von den hierher gehörigen Untersuchungen diejenigen von Vieille⁵⁾ über die Verbrennungsgeschwindigkeit von Pulvern unter wechselnden Drucken, welche 1884 begonnen und 1893 veröffentlicht wurden. Er brachte, unter Benutzung einer von Noble bekannt gegebenen Stauchprobe, das Pulver in einer Stahlbombe zur Entzündung, derart, dass der Gasdruck auf einen Stahlstempel wirkte, durch welchen ein Kupfercylinder gestaucht wurde, indem gleichzeitig der Stauchstempel mittels eines Griffels seine Bewegung auf einen rotierenden Cylinder übertrug.

Diese Arbeiten sind nicht nur von hohem, theoretischem Interesse wegen der Aufschlüsse, welche sie über die Verbrennungsweise des Pulvers lieferten, sie haben auch den grossen Erfolg gehabt, dass sie zu der Konstruktion des gelatinierten, rauchschwachen Pulvers führten, insofern, als von Vieille erkannt wurde, dass diese gelatinierten Nitrocellulosekörper bei hohen Drucken viel gleichmässiger verbrannten, als das Schwarzpulver. Im Gegensatz zu allen aus pulverförmigen Materialien nur durch Druck gedichteten Pulvermassen, verbrennen sie auch bei hohen Explosionsdrucken nach parallelen, konzentrischen Schichten mit einer den linearen Dimensionen proportionalen Geschwindigkeit, sind also auch bei solchen Drucken in ihrer

Verbrennungsgeschwindigkeit durch geeignete Wahl der Oberflächengrösse der Pulverelemente regulierbar und erlauben somit eine erheblich gesteigerte Auswertung der Energie für die jeweiligen ballistischen Aufgaben.

Zweifel bestanden darüber, ob auch bei detonationsartigen Zersetzungen der obere Grenzwert der Geschwindigkeit der Explosion durch den Druck beeinflusst wird.

Neuere Versuche von Dixon¹⁾ mit Knallgas und von Berthelot und Le Chatelier²⁾ mit Acetylen durchgeführt, zum Teil unter Registrierung des Vorganges auf photographischem Wege, lassen über die Tatsache, dass auch unter diesen Bedingungen die Geschwindigkeit mit dem Druck wächst (bei Steigerung von 5 auf 30 Atm. ging die Geschwindigkeit von 1000 auf 1600 m) keinen Zweifel.

Auch bei flüssigen und festen Körpern hat sich gezeigt, dass Temperatur, Druck, Ladedichte, Durchmesser der Einschlussrohre die Geschwindigkeit beeinflussen. Hier ist wieder auf die Arbeiten von Berthelot, die er mit Vieille³⁾ ausgeführt hat, ferner auf die von Abel⁴⁾ hinzuweisen. Die explosiven Substanzen wurden in Röhren gefüllt oder in Form langer Schnüre gefertigt. Die Entzündung geschah mit einer kleinen Knallquecksilberpatrone, die ihrerseits elektrisch gezündet wurde. Die fortschreitende Explosionswelle zerriss in bestimmtem Abstand voneinander eingespannte Drähte und bewirkte so eine Stromunterbrechung. Die Zeitdauer wurde mit Hilfe eines Le Boulengé-Flugzeitmessers oder anderen geeigneten Zeitmessapparaten ermittelt.

Die Arbeitsleistung der Sprengstoffe beruht auf dem jeweilig bei der Explosion resultierenden Gasdruck. Wir haben gesehen, dass die bisher erörterten Faktoren, von welchen der Gasdruck abhängig ist, variabel sind mit den Bedingungen, unter welchen die Sprengkraft ausgewertet wird. Die Explosionsgeschwindigkeit hat sich als abhängig von der Art der Initiierung und dem Druck, resp. der Ladedichte erwiesen. Aber auch die in Kalorien gemessene Energie und das spezifische Volumen sind nicht immer konstant, sondern ebenfalls abhängig von der Ladedichte, z. B. bei zur völligen Umsetzung ungenügender Initialzündung oder auch bei vollständiger Detonation, wenn man es mit Sprengstoffen zu tun hat, welche zur vollständigen Verbrennung des Kohlenstoffes und Wasserstoffes zu Kohlensäure und Wasser nicht genügend Sauerstoff enthalten. Es sind die Untersuchungen

1) *Traité d'artillerie*. 1839.

2) *Gasometr. Method.* 1877.

3) *Sur la force des matières explosives*. 1883.

4) *Wied. Ann.* **33**, 586 (1888).

5) *Mém. des Poud. et Salp.* **4**, 256. Vergl. auch note publié p. ordre du ministre de la guerre sur les nouvelles poudres de guerre, *Mém. des Poud. et Salp.* **3** (1890).

1) *Phil. Trans.* **184**, 97 (1893).

2) *Compt. rend.* **129**, 427 (1899); **130**, 1755 (1900).

3) *Mém. des Poud. et Salp.* **4**, 7 (1891); vergl. auch *Ann. Chim. Phys.* [6] **6**, 555 (1885); **23**, 485 (1891).

4) *Phil. Trans.* **156**, 269; **157**, 181.

von Noble und Abel¹⁾ und von Sarrau und Vieille²⁾, welche zeigen, wie bei solchen Sprengstoffen mit wachsender Ladedichte der Gehalt an Kohlensäure und Wasserstoff abnimmt; z. B. hat Noble gezeigt, dass bei einem Wechsel des Druckes, unter welchem sich die Explosionsgase von Nitrocellulose bilden von 230 auf 7600 Atm., der Kohlensäuregehalt von 26 bis 36% stieg, unter gleichzeitig steigendem Methangehalt 0,1:2⁰/₁₀. Ähnliche Untersuchungen sind neuerdings an verschiedenen Stellen durchgeführt worden.

Alle diese Einflüsse kommen gleichzeitig in dem Explosionsdrucke zur Geltung. Es liegt also nahe, diese Grösse, welche die bisher erörterten veränderlichen Faktoren sämtlich enthält, zur Messung der Arbeitsfähigkeit eines Sprengstoffes auszuwerten.

Denkt man sich zunächst den explosiven Zerfall eines Sprengstoffes derart, dass die Zersetzung sich schon vollständig vollzieht, bevor die Expansion der gebildeten Gase beginnt, so ist klar, dass in diesem Stadium ausserordentlich hohe Drucke erzeugt werden, wenigstens wenn man es mit Sprengstoffen von grosser Dichte, also mit festen oder flüssigen Massen zu tun hat. In dem Falle, wo der Rauminhalt des unzersetzten Sprengstoffes nicht grösser ist als das Volumen, welches die nicht mehr kompressiblen Moleküle der Explosionsprodukte einnehmen³⁾, müsste der Druck der Theorie nach unendlich werden.

Eine solche Erwägung macht die so wertvolle Initialwirkung solcher Sprengstoffe, wie des Knallquecksilbers, verständlich, für welche tatsächlich das Covolum grösser ist als das Volumen des unzersetzten Salzes.

Zur Messung der derartigen Zustandsänderungen entsprechenden Drucke sind wir nicht in der Lage. Was wir messen können, sind die Maximaldrucke, welche erzeugt werden während der Expansion der Gase, welche auf die Wandung der Gefässe, in welchen wir die Sprengstoffe zur Explosion gebracht haben, in der Regel erst nach verhältnismässig weit fortgeschrittener Expansion wirken⁴⁾.

Solche Messungen sind in umfangreicher Weise durchgeführt worden. Sie waren erforder-

lich in erster Linie im Hinblick auf die Bedeutung, welche die genaue Kenntnis der beim Schuss auftretenden Drucke in Gewehren und Kanonen hat. Sie sind aber auch anderweit von höchster Bedeutung, z. B. zur Ermittlung der spezifischen Wärmen der Gase bei hohen Temperaturen, für Fragen des chemischen Dissoziationsgleichgewichts der Gase und auch ganz allgemein für die Beurteilung der Sprengwirkung von Sprengstoffen.

Hier kann ich nur, soweit es sich um die Messung des Explosionsdruckes von gasförmigen Sprengstoffen handelt, erinnern an die bekannten Versuche von Bunsen¹⁾, der den Maximaldruck durch Bestimmung des Gewichtes gemessen hat, das genügte, um dem Explosionsdruck der in einem Rohre entzündeten Gase das Gleichgewicht zu halten; an die von Mallard und Le Chatelier²⁾ im Auftrage der französischen Schlagwetterkommission durchgeführten Arbeiten, welche zur Registrierung des Druckes ein Bourdonsches Federmanometer benutzten, das gleichzeitig mit der Aufzeichnung der Schwingungen einer Stimmgabel zur Festlegung des zeitlichen Verlaufes, den Gang der Zusammendrückung auf einer rotierenden Trommel aufschrieb.

Vieille³⁾ maass den Druck durch Ermittlung der Bewegung eines Kolbens von bekannter Masse und bekanntem Querschnitt, der an dem Explosionsgefäss angebracht war. Nach diesem Verfahren sind dann von ihm in Gemeinschaft mit Berthelot⁴⁾ umfangreiche Messungen an gasförmigen Sprengstoffen durchgeführt worden und die Beziehungen zwischen Explosionsdruck und spezifischer Wärme der Gase und der Dichte bei Temperaturen bis zu 4000° studiert worden.

Auf die Kritik, die diese Versuche durch Lean und Boné⁵⁾ erfahren haben und auf die Arbeiten anderer Forscher zur Vervollkommenung der Messverfahren kann ich hier nur hinweisen.

Besonders hervorzuheben aber sind hier wegen der allgemeinen Aufnahme, welche ihre Methode in der Praxis gefunden hat, die Untersuchungen von Noble und Abel⁶⁾.

Zur Messung des Explosionsdruckes von Sprengstoffen in geschlossenem Raum hat im Jahre 1857 Rodmann einen Apparat angegeben, bei welchem die Länge der Kerbe gemessen wird, welche ein stumpfwinkliger Meissel, auf den die Pulvergase drücken, in eine Kupferplatte unter dem Einfluss des Druckstempels einritzte.

1) Phil. Trans. **165**, 12 (1875); **171**, 203 (1880); vergl. auch Mitteil. über Gegenst. d. Art.- u. Geniewes. **8**, 333 (1877); Proc. Royal Soc. **56**, 205 (1894); **65**, 329 (1900).

2) Mém. des Poud. et Salp. **2**, 126, 337 (1884/89).

3) Anm.: Eine Grösse, welche, soweit mir bekannt ist, zuerst von Clausius als Covolum bezeichnet und in seinen Berechnungen verwertet und von Sarrau in die Theorie der Sprengstoffe eingeführt wurde, und zu etwa einem Tausendstel des spezifischen Volumens ermittelt worden ist.

4) Vergl. Handb. d. angew. physik. Chemie in Einzeldarstellungen d. Explosivstoffe von Dr. Bruunswig, herausgeb. von C. Bredig. 1906.

1) l. c.

2) Ann. d. min. (VIII) **4**, 379.

3) Compt. rend. **95**, 1280 (1882).

4) Compt. rend. **98**, 545, 601, 705 (1884).

5) Chem. News **66**, 101 (1892).

6) Phil. Trans. **165**, 12 (1895); **171**, 203 (1880). Mitteil. über Gegenst. d. Art.- u. Geniewes. **8**, 333 (1877).

Eine wesentliche Verbesserung dieses Verfahrens hat Noble anfangs der 60er Jahre des vorigen Jahrhunderts durch seinen Stauchapparat geschaffen. Hier wird der Druck durch den Grad der Zusammenpressung eines Kupfercylinders von bestimmtem Querschnitt ermittelt, welcher sich zwischen einem festen Widerlager und dem durch die Pulvergase bewegten Druckstempel befindet.

Mit Hilfe dieses für die Schiess- und Sprengtechnik noch heute ganz unentbehrlichen Apparates haben nun Noble und Abel für Schwarzpulver und dann später für eine grosse Reihe anderer Explosivkörper die Beziehungen zwischen Ladedichte und dem in der Explosionsbombe auftretenden Maximaldruck bestimmt.

Sie haben die Gleichung $P = \frac{f\Delta}{1-\alpha}$ aufgestellt, in welcher P den Maximaldruck, Δ die Ladedichte, f und α Konstanten bedingen, die sich leicht durch mehrere Versuche bei verschiedenen Ladedichten feststellen lassen. Die Werte f und α werden auch häufig als die Abelschen Konstanten bezeichnet, weil Abel diese für den Maximaldruck der Explosionsprodukte gültigen Konstanten zuerst als charakteristische Merkmale für das explosive System einführt. α bedeutet das Grenzvolum bis zu welchem überhaupt eine Zusammendrückung der Explosionsgase möglich ist, das, wie schon erwähnt, auch als Covolum bezeichnet wird, also das Volumen, das in den Gasen innerhalb des Rezipienten nicht mehr zur Verfügung steht, f den Druck, welchen die Explosionsgase komprimiert auf die Ladedichte 1 bei der Explosionstemperatur ausüben würden.

Den Druck P für die Ladedichte 1 hat Berthelot als den spezifischen Druck eines Sprengstoffs bezeichnet. Allgemein wird diese Grösse heute als das geeignetste Maass für die Krafterleistung eines Sprengstoffs angesehen.

Zahlreiche Versuche verschiedener Forscher wie Berthelot und Vieille, Sarrau¹⁾, Macnab und Ristori²⁾ und andere haben die Werte P für eine grosse Anzahl von Sprengstoffen ermittelt. In der Tabelle 2 sind die für verschiedene Ladedichten ermittelten Drucke nach Sarraus Berechnungen zusammengestellt.

Die Tabelle gibt ein anschauliches Bild über die Aenderung der Explosionsdrucke mit der Ladedichte für einige wichtige Sprengstoffe.

Von dem Apparat für Messung der Geschwindigkeit der Drucksteigerung in Feuerwaffen, den Vieille verwendete, war schon die Rede. Er besteht in einem Nobleschen Stauchapparat, dessen Stempel einen Stift trägt, so dass die Bewegung während der Pressung des Kupfer-

Tabelle 2.

Explosionsdrucke bei wechselnder Ladedichte.

Ladedichten	Druck in Kilogramm pro Quadratcentimeter.						
	Schwarzpulver	Schiesswollpulver ¹⁾	Schiesswolle	Nitroglycerin	Pikrinsäure	Ammonnitrat	Knallquecksilber
0,1	336	858	1 061	1 098	983	542	468
0,2	708	2026	2 343	2 351	2 174	1 217	966
0,3	1 123	3275	3 921	3 847	3 650	2 077	1 501
0,4	1 587		5 912	5 640	5 523	3 211	2 072
0,5	2 112		8 502	7 829	7 982	4 779	2 686
0,6	2 708		12 000	10 560	11 350	7 082	3 347
0,7	3 393		17 020	14 060	16 240	10 800	4 062
0,8	4 201		24 810	21 520	24 030	17 870	4 952
0,9	5 126		38 500	25 270	38 310	36 250	5 683
1,0	6 236		—	35 010	—	∞	6 602
1,2	9 255		∞	—	∞	—	8 726
1,4	14 130		—	—	—	—	11 320
1,6	29 340		—	—	—	—	14 560
1,8	—		—	—	—	—	18 790
2,0	∞		—	—	—	—	24 350
2,4	—		—	—	—	—	43 970
3,2	—		—	—	—	—	∞

cylinders auf eine Registriertrommel sich aufzeichnet. Eine analoge Vorrichtung hat Bichel²⁾ benutzt. Eine starke 80 cm lange cylindrische Stahlbombe von 50 cm Durchmesser mit 15 Liter Inhalt wird mit etwa 100 g Sprengstoff beschickt. Nach Auspumpen der Luft wird elektrisch gezündet. Die Druckmessung geschieht mit einem Federdruckmesser, dessen Zusammenpressung durch einen Schreibstift auf eine rotierende Trommel aufgezeichnet wird. Die verhältnismässig geringe Ladedichte, welche aus Sicherheitsrücksichten hier innegehalten werden muss, setzt der Auswertung der Resultate engere Grenzen.

Hier ist schliesslich noch die wichtige Methode der Messung der Geschwindigkeit der Drucksteigerung mit Hilfe des Rücklaufmessers zu nennen, welche zuerst, wie schon erwähnt, 1875 von Sebert³⁾ benutzt wurde.

Vorstehend habe ich versucht zu zeigen, wie sich an der Hand theoretischer Erwägungen die Methoden der Prüfung von Sprengstoffen entwickelt haben. Es erübrigt noch, einen Blick auf die Sachlage zu werfen, wie sich die Prüfung in der Praxis gestaltet hat.

Hier haben wir zwei Richtungen der Sprengstoffverwertung zu unterscheiden.

Soweit es sich um die so umfangreiche Auswertung der Sprengstoffe als Treibmittel handelt, finden wir eine weitgehende Uebereinstimmung der gebräuchlichen Betriebsprüfungen mit den

1) Eigene Versuche.

2) Glückauf, Berg- und Hüttenmänn. Zeitschr. 50, 669 (1902).

3) Notices sur les nouveaux appareils ballistiques employés par le service de l'artillerie de la marine par H. Sebert, Paris L. Baudoin & Co. 1881; auch Heydenreich, Lehre vom Schuss 1, 24 (1898).

1) Mém. des Poud. et Salp. 1882 u. 1884.

2) Proc. Royal Soc. 56, 8 (1894).

bei dem wissenschaftlichen Studium der Frage brauchbar befundenen Methoden.

In der Schiesstechnik ist ganz allgemein der Noblesche Gasdruckmesser zur Bestimmung der Pulvergasdrucke im Gebrauch.

In dem Gewehrlauf befindet sich eine Bohrung, in welche der Noblesche Apparat eingesetzt ist. Die sorgfältig gefertigten Kupfercylinder werden mit empirisch ermittelten Stauchtabeln, aus welchen der der jeweiligen Stauchung entsprechende Druck entnommen werden kann, den Prüfungsstellen geliefert. Für den Schuss aus Kanonen, deren Wandungen aus ökonomischen Rücksichten nicht angebohrt werden, wird der Stauchapparat in das Rohr hineingegeben, wozu die sogen. Kruppschen Messeier dienen.

Die Geschwindigkeiten der Geschosse werden in ähnlicher Weise gemessen, wie es für die Messung der Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Explosionswellen erörtert wurde. Das Geschoss zerreißt zunächst kurz vor der Mündung, dann in der Entfernung von 25, 50, 75 oder 100 m einen Kupferdraht, wodurch jedesmal ein elektrischer Stromkreis unterbrochen wird. Die Zeit zwischen beiden Unterbrechungen wird mit Hilfe des Flugzeitmessers von Le Boulengé gemessen. Oder es findet, wie bei dem Apparat von Schmidt eine Federauslösung statt, die durch Oeffnung des zweiten Stromkreises arretiert wird. Vielfach werden zur Messung auch die sogen. Luftstossanzeiger verwandt, bei welchen die Stromunterbrechung durch den Druck der Kielwelle des Geschosses in der Luft, die eine Klappe hebt, sich vollzieht. Solche Apparate sind in Frankreich und von Professor Wolff vom Königl. Militär-Versuchsamts konstruiert worden und werden wegen der Einfachheit des Messverfahrens vielfach verwendet. Zur Messung der Geschossbewegung im Lauf, also der Druckentwicklung im Rohr, ist eins der wertvollsten Hilfsmittel noch immer die Sebertsche Rücklaufmessereinrichtung.

In der ballistischen Praxis finden wir also im wesentlichen die vorgenannten Methoden wieder. Wenn wir aber die Hilfsmittel überblicken, welche die eigentliche Sprengstofftechnik zur Prüfung verwendet, so finden wir, dass die gebräuchlichsten Prüfungen den beschriebenen exakteren Messmethoden in der Regel nicht entsprechen.

Eine Erklärung kann nicht darin gefunden werden, dass hier die Mittel oder Kräfte oder Kenntnisse für Ausführungen solcher Prüfungen nicht vorhanden wären, denn diese Industrie verfügt über reich ausgestattete Laboratorien und eine grosse Anzahl chemisch durchgebildeter Hilfskräfte. Die Tatsache dürfte vielmehr darauf zurückzuführen sein, dass die Kenntnis der einzelnen für die mögliche Kraftleistung der Sprengstoffe ausschlaggebenden Faktoren für die

Frage der Verwendbarkeit der Sprengstoffe für die Sprengarbeit in Bergwerken, Wegebau u. s. w. nicht von der maassgebenden Bedeutung ist, wie für die der ballistischen Verwertung.

Dies ist in erster Linie deshalb der Fall, weil die genauen Kenntnisse der Druckverhältnisse, unter welchen der Sprengstoff praktisch ausgewertet wird, in der Regel fehlen. Für die Frage der Arbeitsleistung eines Sprengstoffs bei der Sprengarbeit hat aber die genaue Ermittlung seiner Explosionsgeschwindigkeit, des spezifischen Volums der Explosionsgase u. s. w., so lange eine untergeordnete Bedeutung, als die Druckverhältnisse, unter welchen die Arbeit geleistet wird, nicht in Rechnung gezogen werden können. Auch der Preis der im günstigsten Auslösungsfall möglichen Arbeit eines Sprengstoffs ist dann für die Praxis von geringerer Bedeutung, wenn, wie es in den meisten Fällen statthat, der Anteil der möglichen Kraftleistung der tatsächlich zur Auswertung kommt, ganz ausserordentlich von nicht in Rechnung zu stellenden Umständen abhängt. Man hat berechnet, dass im Durchschnitt bei Gesteinsprengungen dieser Anteil erheblich unter einem Fünftel der Arbeitsfähigkeit der Sprengstoffe bleibt. Bei Schusswaffen erreicht die Auswertung günstigstenfalls etwas über ein Drittel nach Heydenreich, Lehre vom Schuss, etwa 35 %.

Dazu kommt, dass hier viel weniger, als bei der ballistischen Verwertung, der Betrag des Gewichts der Ladung in Betracht kommt. Wichtig sind Faktoren, wie das spezifische Gewicht, im Hinblick auf die Kosten des Bohrlochs, die chemische Natur der Explosionsgase, im Hinblick auf die Schlagwettergefahr und Vergiftungsgefahr. Dann spielt eine grosse Rolle die Empfindlichkeit, von der die Handhabungssicherheit abhängt. Die Anwendung von Sprengstoffen, bei welchen schon auf geringen Anstoss hin die Sprengkraft ausgelöst wird, verbietet sich wegen der zu grossen Gefahr bei Transport und Gebrauch. Die Plastizität, die Gefrierbarkeit, vor allem der Preis sind Dinge, welche hier viel mehr ausschlaggebend sind, als in der Schiesstechnik, gegenüber geringen Aenderungen im Arbeitswert.

Damit also mag es grossenteils zusammenhängen, dass bis jetzt in der Sprengtechnik die gebräuchlichen Prüfungsmethoden einen mehr empirischen, weniger exakten Charakter haben, indem man entweder die Verwendbarkeit an Ort und Stelle unter den Verbrauchsbedingungen prüft oder solcher Verwendungsart möglichst angepasste Versuchsapparate wählt.

Von solchen Apparaten wäre als wichtigster zu nennen der Trauzlsche Bleiklotz, ein Probiervorrichtung, welchen im Anschluss an Versuche von Beckerhinn¹⁾ Trauzl in der Sprengstofftechnik

1) Mitteil. d. Gegenst. d. Art. und Geniewes. 8, 71.

eingeführt hat. In einem Bleiklotz von bestimmten Abmessungen befindet sich ein cylindrischer Hohlraum von gleichfalls vorgeschriebenen Maassen, in welchem der Sprengstoff mit einer Sprengkapsel unter vorgeschriebenem Besatz zur Detonation gebracht wird. Der hierbei entstandene Hohlraum wird mit Wasser ausgemessen. In nachstehender Tabelle finden sich nach dieser Methode ermittelte Werte für eine Reihe von Sprengstoffen.

Tabelle 3.

Bezeichnung des Sprengstoffes	Ausbauchung in Kubik- centimetern Brutto
Nitroglycerin	563
Schiesswolle (gepresst, $N = 13,18\%$)	420
Pikrinsäure	365
Donarit	385
Sprenggelatine	590
Knallquecksilber	213
Schiesswollpulver	185
Würfelpulver	368
Schwarzpulver (Hirschmarke 4)	112

Das Verfahren kann natürlich nur vergleichbare Resultate geben, wenn überall genau gleichmässig gearbeitet wird. Worauf man zu achten für notwendig befindet, ergibt sich aus den in der Anlage 1 verzeichneten, auf dem Fünften internationalen Kongress für angewandte Chemie vereinbarten Ausführungsbestimmungen.

Für die langsamer detonierenden Sprengstoffe, die dem Schwarzpulver ähneln, soll sich O. Guttman's ¹⁾ Kraftmesser bewährt haben. Hier erfolgt die Explosion in einem vollständig geschlossenen Raume zwischen zwei Bleicylindern, welche sich durch den Explosionsdruck in konische Ausbohrungen der umgebenden Stahlbombe einpressen. Die Höhe der so entstehenden Stahlkonusse wird gemessen.

Verwendet werden vielfach sogen. Brisanzmesser, Apparate zur Messung der Wirkung von solchen Sprengstoffen, welche bei entsprechender Initiierung freiliegend oder lose verdammt ihre Sprengkraft in nächster Umgebung in einer nicht schiebenden, sondern mehr zertrümmernden Weise voll zur Wirkung bringen.

Man prüft den Grad der Stauchung gegenüber Kupfer- oder Bleicylindern, welche sich zwischen gehärteten Stahlstempeln befinden, auf deren oberer Fläche die Sprengpatrone freiliegt, oder man untersucht die Durchschlagskraft gegenüber Metallplatten. Diese letztere Methode wird auch besonders zur Prüfung der Brauchbarkeit von Sprengsätzen in Sprengkapseln, also Initialkörpern benutzt, entsprechend dem in Anlage 1, Fig. 206 wiedergegebenen kleinen Apparat.

Neuerdings sind auch in technischen Betrieben Messungen der Detonationsgeschwindig-

keit von Sprengstoffen in Gebrauch ¹⁾, um durch sie einen Anhaltspunkt für die Brisanz der Sprengstoffe zu erhalten. Die Beziehungen der Detonationsgeschwindigkeit zu der brisanten Wirkung eines Sprengstoffes sind, wie vorher erwähnt, sehr nahe, wenn auch letztere nicht allein von dieser Grösse bedingt ist. Die Messung geschieht auch hier in der Regel in der Weise, dass man die Sprengstoffe in Röhren füllt oder in langen Patronenschnüren fest aneinander reibt, in welchen zunächst am Anfang des Systems, aber genügend weit von der Sprengkapsel entfernt, dann weiter in bestimmtem Abstand, Stromkreise schliessende Drähte eingelegt sind. Diese werden durch die Explosion zerrissen und die Zeitdifferenz durch den Apparat Le Boulengé oder den Siemensschen Funkenchronographen gemessen. Man bekommt mit diesen Apparaten schon bei Verwendung einer Sprengstoffpatrone von wenigen Metern Länge brauchbare Messungen. Die Bedingungen, durch welche hierbei die Resultate beeinflusst werden, sind indes noch nicht genügend geklärt, sie bedürfen noch systematischer Prüfung, wenn auch schon jetzt in vielen Fällen wertvolle Anhaltspunkte zur Beurteilung der Sprengwirkung erhalten werden können.

Für die Beurteilung des relativen Wertes von Sprengstoffen bezüglich solcher Brisanzwirkungen dienen dann weiter die rein empirischen Prüfungen von Sprengpatronen gegen Eisenbahnschienen oder Holzbalken, Ermittlung der Art der Zerlegung von Granaten bei der Sprengung und ähnliches.

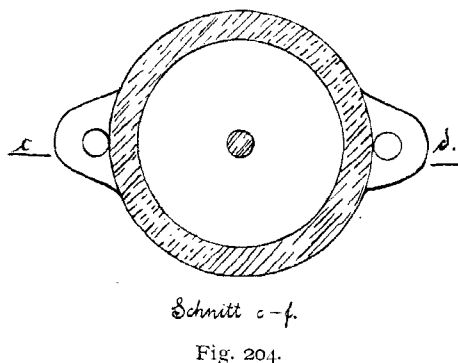
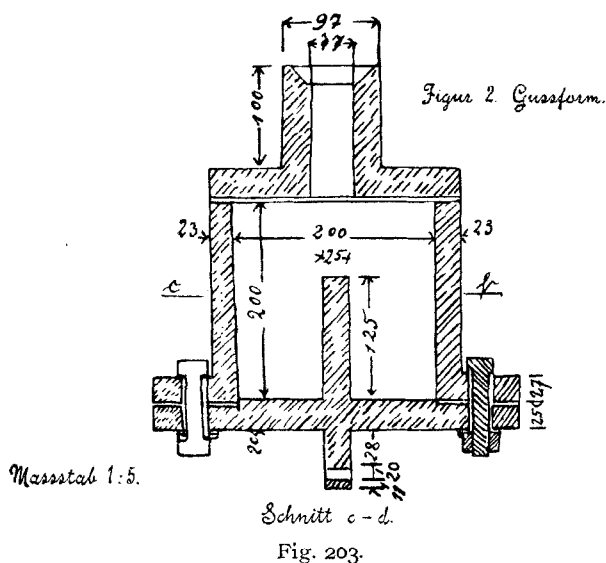
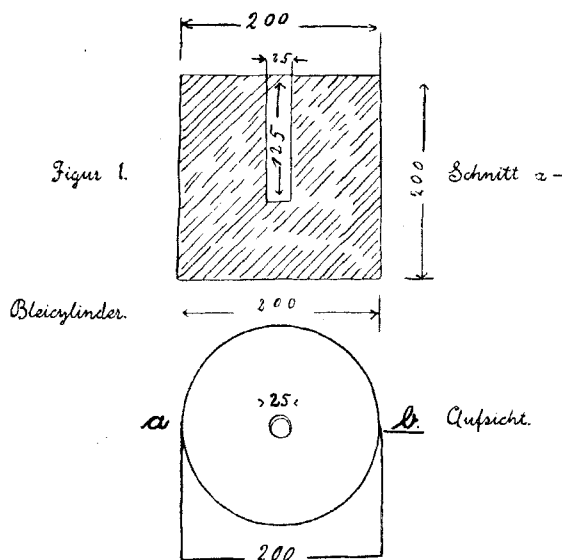
Vielfach ist ferner noch im Gebrauch das ballistische Pendel. Die Prüfung mit diesem Apparat ähnelt der alten Wurfprobe. Ein Mörser, der pendelnd aufgehängt ist, derart, dass durch ein aus ihm abgefeuertes Geschoss, entsprechend der Triebkraft des Sprengstoffs, ein Pendelausschlag erfolgt, der an einem Gradbogen gemessen wird. Diese Prüfung setzt, um vergleichbare Zahlen zu liefern, voraus, dass der Sprengstoff sich so rasch zersetzt, dass seine Auflösung in Gas erfolgt ist, bevor das Geschoss den Mörser verlässt. Zuweilen verfährt man auch so, dass man aus einer Kanone in einen pendelnd aufgehängten Mörser schießt und den Ausschlag an einem geeigneten Maassstabe misst.

Ich habe mich hier, meine Herren, sehr kurz fassen müssen und nur das Wesentlichste aufnehmen können, was die gebräuchlichen Prüfungsmethoden der Sprengstoffe auf die Sprengkraft anlangt. Zusammenfassend wäre zu sagen, dass nach den genannten Methoden eine Beurteilung der Brauchbarkeit der Sprengstoffe für die je-

¹⁾ Guttman, Die Industrie der Explosivstoffe, 1895, 628.

¹⁾ Vergl. Bichel, Zeitschr. f. Berg-, Hütten- und Salinenwesen 50, 669 (1902); Glückauf 40, 1040 (1904).

weilig in Betracht kommenden Zwecke wohl ausreichend möglich ist, nur ist es notwendig, sich nicht nur auf die Anwendung einer einzigen



derselben zu beschränken, sondern das Urteil auf den Ausfall der Gesamtheit der Prüfungsmittel zu stützen.

Auf die Erörterung des interessanten Gebietes der Prüfung der Sprengstoffe auf Empfindlichkeit, auf chemische Haltbarkeit, auf Schlagwettersicherheit muss ich diesmal verzichten. Selbst ein kurzer Ueberblick über diese Probleme würde weit mehr Zeit in Anspruch nehmen, als ich heute, zumal im Hinblick auf das reiche Programm, das noch vorliegt, in Anspruch nehmen darf.

Anlage 1.

Normalien zur Herstellung von Bleicylindern und deren Anwendung zu einer vergleichswisen Messung der Wirkung von Sprengstoffen

(gemäss der auf dem V. Internationalen Kongress für angewandte Chemie, Berlin 1903, getroffenen Vereinbarung).

A) Abmessung des Apparates.

Der Apparat besteht aus einem Bleicylinder (Fig. 203) von 200 mm Höhe und 200 mm Durchmesser. In der Achse des Cylinders befindet sich eine 125 mm tiefe und 25 mm weite Aus-

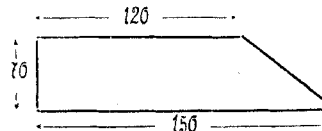


Fig. 205.

bohrung, welche zur Aufnahme des Sprengstoffes bestimmt ist.

Das für die Cylinder verwendete Blei soll möglichst reines raffiniertes Weichblei sein, und die für eine Versuchsreihe bestimmten Cylinder sollen ein und derselben Schmelze entstammen.

Eine Skizze einer zweckmässigen Form zum Giessen der Bleicylinder ist in Fig. 204 gegeben.

Zur Erwärmung des Giesstutzens ist ein glühend gemachter Ring um den Stutzen zu legen.

B) Beschreibung des Verfahrens.

Zu den Versuchen sind Bleicylinder zu verwenden, welche nach dem Gusse genügend lange gestanden haben, um eine gleichmässige Temperatur von 15 bis 20° C, durchweg mit Sicherheit zu erhalten.

Eine Menge von 10 g des zu prüfenden Sprengstoffes wird abgewogen und in Zinnfolie von 80 bis 100 g/qm nach obenstehenden Abmessungen (Fig. 205) zu einer Patrone von 25 mm Durchmesser geformt.

Als Initialzündung wird in die Mitte des Sprengstoffes eine Sprengkapsel mit 2 g Ladung mit ausschliesslich elektrischer Zündung eingesetzt.

Die Patrone wird in das Bohrloch mit Hilfe eines Holzstäbchens bis auf den Grund des Bohrlochs hinuntergeführt und sanft angedrückt,

während die Zünddrähte in der Mitte des Bohrlochs gehalten werden.

Zum Besatz dient scharf getrockneter Quarzsand, welcher durch ein Sieb von 0,35 mm Drahtstärke und 144 Maschen pro Quadratcentimeter durchläuft. Diesen Sand lässt man gleichmässig einlaufen, bis der Hohlraum vollständig gefüllt ist, und streicht den etwaigen Sandüberschuss von der Oberfläche ab.

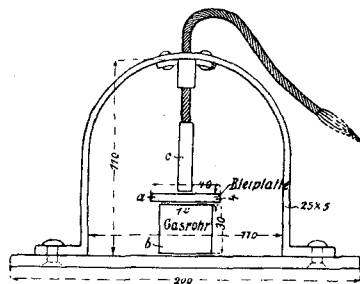


Fig. 206.

Apparat zur Prüfung von Sprengkapseln.

Der so fertig vorbereitete Schuss wird elektrisch abgetan.

Nach dem Abfeuern des Schusses wird der Bleiblock umgestülpt und mit einer Bürste etwaige Rückstände entfernt.

Die danach bis zur vollkommenen Füllung von dem gebildeten Hohlraum aufgenommene Anzahl Kubikcentimeter Wasser nach Abzug der Ausbohrung des Cylinders ergeben das Maass für die Wirkung des Sprengstoffes.

C) Bewertung der Messung.

1. Bleicylindermessungen können nur Anspruch auf zuverlässige Vergleichsresultate machen, wenn sie für ein- und dieselbe Art von brisanten Sprengstoffen angewendet werden. Bei grösseren Unterschieden in der Geschwindigkeit der Druckwirkung verschiedener Sprengstoffe ist ein Vergleich der Ergebnisse nicht mehr zulässig.
2. Angaben über die Wirkung von Sprengstoffen sind stets aus mindestens drei Versuchsergebnissen zu entnehmen.
3. Die Zuverlässigkeit der Messung wird wesentlich beeinflusst:
 - a) durch die Gleichmässigkeit der Temperatur des Bleis zur Zeit der Messung. Als solche wird 15 bis 20° C. normal angeschrieben,
 - b) von der Gleichmässigkeit des Besatzmaterials,
 - c) von der Gleichmässigkeit der Messung.

Die nach dieser Methode ermittelten Werte decken sich auch nicht immer mit den bei Gesteinsprengungen erzielten Resultaten. Die Ausbauchungszahlen geben einen brauchbaren Anhalt für das Verhältnis der Sprengstoffwirkung nur insoweit, als es sich um eine analoge Auswertung handelt. Rascher detonierende Sprengstoffe werden nach ihr eher zu günstig beurteilt gegenüber langsameren, also z. B. Dynamit gegenüber Schwarzpulver.

Diskussion.

Dr. Goldschmidt-Essen: Darf ich vielleicht eine ganz kurze Parallele einschalten? Es wird vielleicht interessant sein zu erfahren, dass bei sogenannten Thermitmischungen, die chemisch und physikalisch ausserordentlich verschiedenartig zusammengesetzt sein können, nicht nur der kalorische Wert, der unschwer zu messen ist, eine Rolle spielt, sondern auch hauptsächlich die Reaktionsgeschwindigkeit. Leider fehlt auch hier bisher eine zuverlässige Methode, die Reaktionsgeschwindigkeit beim Thermit zahlenmässig darzustellen. Es ist Tatsache, dass von Mischungen, die im Kalorimeter dieselben Zahlen geben, die eine sehr gut, z. B. für Schweissung zu verwenden ist, die andere nicht, aus dem einfachen Grunde, weil sie langsamer abbrennt, etwas, was mit den Augen kaum zu sehen ist, wozu immerhin genauere Beobachtungen gehören.

Ich behalte mir vor, eventuell späterhin einmal, wenn es gestattet ist, an Hand von Versuchen Darlegungen zu geben.

Dr. Escales-München: Meine Herren! An den Vortrag des Herrn Geheimrat Will möchte ich nur eine allgemeine Bemerkung anschliessen, auf die Worte Bezug nehmend, die Herr Ge-

heimrat Will zu Anfang seines Vortrages gesprochen hat, nämlich, dass er die physikalischen Chemiker zu eifriger Mitarbeit anregen möchte. Ich glaube, diese Mitarbeit könnte zunächst einmal in der Weise erfolgen, dass Sie eine Sünde wieder gut machen würden, die Sünde, dass man die ausländischen Arbeiten auf dem Gebiete der Explosivstoffe eigentlich im grossen und ganzen nicht kennt.

Namen, die hier genannt worden sind, wie Sarrau, Sébert, Macnab, Noble u. a. sind sehr vielen von Ihnen unbekannt, und zwar weil diese Arbeiten bei uns in deutscher Sprache nicht erschienen sind. Es wäre vielleicht eine dankenswerte Aufgabe der Bunsen-Gesellschaft, diese klassischen Arbeiten in deutscher Sprache herauszugeben.

So viel über die Vergangenheit.

Was die Gegenwart und die Zukunft betrifft, so möchte ich mir erlauben, an Ihre Mitarbeit zu appellieren, an einer neuen Zeitschrift, die mit Unterstützung der maassgebendsten Herren, so des Herrn Geheimrat Will, des Herrn Geheimrat van't Hoff, der Herren aus der Kriegstechnik, wie Generalleutnant z. D. Rohne

und anderer entstanden ist und zu deren Unterstützung durch Mitarbeit ich Sie höflichst einladen möchte.

Geheimrat Kerp-Charlottenburg: Herr Professor Frank hat in Rom berichtet, dass man das Cyanamid jetzt benutzt oder benutzen will, um das Mündungsfeuer herunter zu setzen. Es wäre sehr interessant, zu erfahren, worauf diese Tatsache beruht. Sie kann nicht bloss auf einer Herabsetzung der Reaktionsgeschwindigkeit, bezw. der Explosionsgeschwindigkeit beruhen, sondern wird vielmehr auf die Entwicklung von Stickstoff zurückzuführen sein, wenn ich die Sache richtig beurteile. Ich würde daher Herrn Geheimrat Will zu Dank verpflichtet sein, wenn er hierüber eine kurze Erklärung geben möchte.

Geheimrat Will-Berlin: Die Hoffnungen, welche man auf die günstige Wirkung eines Zusatzes von Dicyandiamid zu Pulver für Vermeidung von Mündungsfeuer setzt, beruhen wohl in erster Linie auf der dadurch bewirkten Anreicherung der Explosionsgase mit Stickstoff, also einem nicht brennbaren Gase. Ausreichendes Material für eine endgültige Beantwortung der Frage, ob der Zweck dieses Pulverzusatzes wirklich erreicht wird, liegt mir nicht vor. Die Beurteilung ist oft schwierig, weil das Auftreten von Mündungsfeuer ausser von der Natur des Pulvers noch durch so zahlreiche Einflüsse bedingt werden kann, so spielen der Gasdruck

im Geschütz, die Windrichtung und manches andere hierbei eine grosse Rolle. Vielleicht hat Herr Geheimrat Bergmann auf diesem Gebiet weitergehende Erfahrungen.

Geheimrat Bergmann-Charlottenburg: Mündungsfeuer kommt dadurch zu stande, dass die Explosionsgase des Pulvers, die grosse Mengen brennbarer Gase enthalten, mit sehr hoher Temperatur aus dem Geschützrohr austreten, sich hier mit Luft mischen und entzünden. Es findet also in solchen Fällen vor der Mündung des Geschützrohres eine Verbrennung der Pulvergase unter Feuererscheinung statt, also eine Art Knallgasexplosion.

Nach meinen Erfahrungen hat nun ein Zusatz von Dicyandiamid zum Pulver Herabsetzung der Explosionstemperatur und — bei grösserem Zusatz — Anreicherung der Pulvergase mit nicht brennbaren Gasen (Stickstoff) zur Folge. Durch diese Faktoren, besonders aber durch ersteren, wird die Neigung der Pulvergase, sich beim Austritt aus dem Geschützrohr zu entzünden, verringert. Pulver mit Zusatz von Dicyandiamid geben dementsprechend nicht so oft Mündungsfeuer wie solche ohne diesen Zusatz. Hierzu ist aber zu bemerken, dass Dicyandiamid sich in dieser Beziehung nicht günstiger verhält als andere bereits bekannte Stoffe, die zu dem gleichen Zwecke Verwendung finden.

(Fortsetzung des Berichtes folgt.)

TECHNISCHES REPERTORIUM.

ÖSTERREICH.-UNGAR. PATENTAUZÜGE UND -NACHRICHTEN.

Oesterreich.

(Mitgeteilt vom Patentanwalt Dr. Fritz Fuchs, dipl. Chemiker, und Ingenieur Alfred Hamburger, Wien VII, Siebensterngasse 1. Auskünfte in Patentangelegenheiten werden Abonnenten dieses Blattes mitgeteilt. Gegen die Erteilung unten angeführter Patentanmeldungen kann binnen zweier Monate Einspruch erhoben werden. Auszüge aus Patentanmeldungen werden von dem angeführten Patentanwaltsbureau angefertigt.)

Ausgelegt am 15. April 1906, Einspruchsfrist abgelaufen.
Kl. 75c. Marie Kellner, Eglantine Kellner, Eleonore Kellner, Eduard Kellner und Marie Kellner jun. als Erben von Dr. K. Kellner, Wien.

Elektrode für elektrolytische Apparate.
(Vergl. Z. f. Elektroch. 12, 104.)

Ungarn.

Ausgelegt am 9. Juni 1906, Einspruchsfrist
bis 9. August 1906.

K. 1667. Ganz & Co., Eisengiesserei und Maschinenfabrik, Aktiengesellschaft, Budapest. Stromzuführung für in elektrisch isolierende Röhren angeordnete Elektroden.

HOCHSCHUL- UND PERSONAL-NACHRICHTEN.

Aachen. Der bekannte Physiker Prof. Dr. Wüllner feiert sein 50jähriges Doktor-Jubiläum.

Berlin (Universität). Dr. P. Köthner habilitierte sich für Chemie.

VEREINSNACHRICHTEN.

Deutsche Bunsen-Gesellschaft für angewandte physikalische Chemie.

Anmeldungen zur Mitgliedschaft sind satzungsgemäss an den ersten Vorsitzenden, Herrn Geheimen Regierungsrat Prof. Dr. W. Nernst, Berlin W. 35, Karlsbad 26a, zu richten; die Anmeldungen müssen von einem Mitglied der Gesellschaft befürwortet sein.

Adressenänderungen.

Nr. 12. Nernst, jetzt: Berlin W. 35, Karlsbad 26a.
„ 692. Mugdan, jetzt: Nürnberg, Paradiesstrasse 9.