

# Zeitschrift für angewandte Chemie

und

## Zentralblatt für technische Chemie.

XXIV. Jahrgang.

Heft 47.

24. November 1911.

### Einiges über brisante Sprengstoffe<sup>1)</sup>.

Von Dr. M. NEUMANN, Wittenberg.

(Eingeg. 11./10. 1911.)

Was ist ein brisanter Sprengstoff?

Zur Beantwortung dieser Frage muß ich auf das seit Jahrhunderten ausschließlich verwendete Schießpulver zurückgreifen.

Das Schwarzpulver besteht bekanntlich aus Salpeter, Schwefel und Kohle, also aus einem sauerstoffabgebenden und zwei sauerstoffaufnehmenden Bestandteilen, die zwecks möglichst inniger Berührung einem umständlichen Zerkleinerungs- und Mischprozeß unterworfen wurden. Je inniger diese Mischung ist, um so schneller verbrennt das Schwarzpulver freiliegend, um so kräftiger ist seine Wirkung im geschlossenen Raume, d. h. bei der Explosion im Laderaum eines Gewehres oder Geschützes oder im gut besetzten Bohrloch. Das leuchtet ohne weiteres ein! Ebenso selbstverständlich ist es aber, daß diesem Mischprozeß eine Grenze gesetzt ist.

Theoretisch denkbar, wenn auch praktisch nicht durchführbar wäre die Fortsetzung des Mischprozesses bis zur Durcheinanderlagerung der einzelnen Moleküle.

Folgt man diesem Gedankengang, so erkennt man, daß ein Fortschritt nur in der Weise möglich ist, daß die einen Sprengstoff in erster Linie bildenden Elemente: Sauerstoff, Kohlenstoff, Wasserstoff und Stickstoff als Atome in einem Molekül zusammengelagert werden. Man hat hierbei noch den großen Vorteil, daß der bisher als Sauerstoffträger benutzte Salpeter, mit seinem hohen Gehalt an unwirksamen  $\text{Na}_2\text{O}$  und  $\text{K}_2\text{O}$ , fortfällt.

Als Sauerstoffträger steht uns als am leichtesten zugänglich die Salpetersäure und als Kohlenstoff-Wasserstoffträger die Kohlenwasserstoffe zur Verfügung. Die Vereinigung beider durch den bekannten Nitrirprozeß ergibt dann einen brisanten Sprengstoff. Die brisanten Sprengstoffe im engeren Sinne sind also Nitrokörper der aromatischen und Salpetersäureester der Fettreihe. Letztere werden bekanntlich fälschlicherweise ebenfalls als Nitrokörper (Nitroglycerin, Dinitrochlorhydrin usw.) bezeichnet.

Die Existenz dieser chemischen Verbindungen war lange Zeit bekannt, bevor man an eine Verwendung derselben als Sprengstoffe dachte und denken konnte, da man kein Mittel kannte, um ihre Wirkung auszulösen. Speziell die Nitrokörper der aroma-

tischen Reihe haben ja unter normalen Verhältnissen einen recht harmlosen Charakter, d. h., sie sind so ohne weiteres gar nicht zur Detonation, d. h. zum momentanen molekularen Zerfall zu bringen.

Die Erfindung der Sprengkapsel, welche dies ermöglichte, ist deshalb als bedeutsamste und folgerreichste Erfindung auf dem Gebiete des Sprengstoffwesens zu bezeichnen. Durch sie wurde es erst möglich, die ungeheuren in diesen Verbindungen schlummernden Kräfte ins Leben zu rufen und der Menschheit dienstbar zu machen.

Die Sprengkapseln, wie sie heute allgemein benutzt werden, bestehen aus Kupferhülsen von zehn verschiedenen Größen, welche mit 0,3–3 g Knallsatz gefüllt sind. Der Knallsatz besteht aus Knallquecksilber, welchem 10–20% chloresaures Kali beigemengt wurde. Das Gemenge wird mittels starker Pressen in die Kupferhülsen eingedrückt. Der hierbei verwendete Druck hat einen wesentlichen Einfluß auf die Güte der Sprengkapseln, und zwar gibt ein ganz bestimmter Druck das günstigste Resultat, während eine Erhöhung oder eine Erniedrigung des Druckes eine Verschlechterung bewirkt.

Sprengkapseln prüft man in der Weise, daß man sie aufrecht stehend auf einer Bleiplatte von ca. 10 mm Dicke zur Detonation bringt. Die Art des auf dem Blei erzeugten Eindrucks läßt einen sicheren Schluß auf die Güte der Sprengkapsel zu. Die Entzündung einer Sprengkapsel wird durch einen auf die Oberfläche des Knallsatzes gerichteten schwachen Feuerstrahl bewirkt. In dieser Beziehung ähnelt also das Knallquecksilber dem Schwarzpulver, welches ja auch nur eines Feuerstrahles zur Einleitung der Explosion bedarf. Seiner Zusammensetzung und Wirkung nach ist aber das Knallquecksilber unbedingt als brisanter Sprengstoff zu bezeichnen, der glücklicherweise die Eigenschaft besitzt, in oben beschriebener Weise auf einen Feuerstrahl zu reagieren. Ganz ähnliche Eigenschaften besitzen noch mehrere andere Verbindungen, von denen ich hier nur die Azide und unter diesen speziell das Bleiazid erwähnen will, weil in letzter Zeit wieder mehr damit gearbeitet wird. Es liegt aber absolut kein Grund dafür vor, das altbewährte Knallquecksilber fallen zu lassen, da dieses auch heute noch allen Anforderungen durchaus gerecht wird.

Bringt man nun eine derartige Sprengkapsel innerhalb eines brisanten Sprengstoffes mit Hilfe eines durch eine Zündschnur erzeugten Feuerstrahles zur Detonation, so überträgt sich die Detonation auf den Sprengstoff, man sagt, die Sprengkapsel zündet ihn. Wodurch diese Zündung bewirkt wird, läßt sich nicht mit Sicherheit sagen. Wahrscheinlich kommt die Wirkung in der Weise zustande, daß die detonierende Sprengkapsel auf die zunächst

<sup>1)</sup> Vortrag gehalten auf der Hauptversammlung des Bezirksvereins Sachsen und Anhalt am 24./9. 1911; vgl. S. 2070.

liegenden Sprengstoffteilchen eine kolossale Erschütterung ausübt und so den Zerfall herbeiführt, der sich dann im Sprengstoff selbst mit einer bestimmten Geschwindigkeit fortpflanzt. Es ist auch denkbar und ebenso wahrscheinlich, daß die durch die Detonation der Sprengkapsel bewirkte lokale Erwärmung die Detonation des Sprengstoffes herbeiführt.

Nach dem Gesagten kann man folgende Definition für die brisanten Sprengstoffe in engerem Sinne geben:

Brisante Sprengstoffe sind chemische Verbindungen, welche nicht wie Schwarzpulver durch einen Feuerstrahl zur Explosion gebracht werden können, sondern nur mit Hilfe einer Sprengkapsel detonieren.

Wenn ich bisher nur einheitliche chemische Verbindungen als brisante Sprengstoffe bezeichnet habe, so muß ich jetzt noch hinzufügen, daß man diesen Verbindungen auch andere Stoffe beimengen kann, die den Zweck haben, entweder eine Verbilligung herbeizuführen oder den Charakter der betr. Verbindung als Sprengstoff nach irgendeiner Richtung hin zu verändern, sei es, daß man die Kraft herabsetzen will, sei es, daß man sie schlagwetter-sicher machen will, sei es, daß man ihr kubisches Gewicht verändern will u. dgl. mehr. Ich komme hierauf noch zurück und will zunächst einmal eine Zusammenstellung der gebräuchlichen Sprengstoffe geben.

1. Nitrokörper der aromatischen Reihe, die in reinem Zustande ohne Beimengungen verwendet werden, z. B. Pikrinsäure, Trinitrotoluol, Trinitrokresol, Trinitrobenzol usw.

Sprengstoffe mit Salpetersäureestern der Fettreihe als Grundstoffe, z. B. Nitroglycerin, Dinitroglycerin und Dinitrochlorhydrin mit Beimengungen verschiedener Art. In reinem Zustande gelangen diese Stoffe in der Praxis nicht zur Anwendung.

Sprengstoffe mit Ammoniaksalpeter als Grundstoff. Ammoniaksalpeter ist an und für sich ein Sprengstoff und kann mit Hilfe einer Sprengkapsel zur Detonation gebracht werden, er gelangt jedoch nur mit Beimengungen zur Verwendung, die in erster Linie den Zweck haben, den im Ammoniaksalpeter enthaltenen überschüssigen Sauerstoff zu verwerten.

Man kann die Sprengstoffe auch nach dem Verwendungszweck einteilen in Sprengstoffe für militärische Zwecke und Sprengstoffe für bergbau-liche Zwecke mit den Unterabteilungen wettersicherer und nicht wettersicherer Sprengstoffe.

Außerdem unterscheidet man namentlich mit Rücksicht auf den Transport handhabungssichere und nicht oder weniger handhabungssichere Sprengstoffe.

Wenn ein brisanter Sprengstoff Arbeit leisten soll, wird er, wie bereits bemerkt, mit Hilfe einer Sprengkapsel zur Detonation gebracht, wobei der Sprengstoff in einer gewissen Zeit in gasförmige feste und flüssige Produkte zerfällt, die infolge der frei werdenden Wärme eine sehr hohe Temperatur besitzen. Ich will mich hier nicht auf mathematische Entwicklungen einlassen, da das zu weit führen würde, ich will nur bemerken, daß die Leistung eines Sprengstoffes um so größer sein wird, je größer die entwickelte Gasmenge und die frei wer-

dende Wärmemenge ist, und je kürzer die Zeit des Zerfalles, d. h. die Explosionsgeschwindigkeit ist. Man kann versuchen, die Leistung eines Sprengstoffes nach folgenden Grundsätzen zu berechnen.

1. Man ermittelt in einem Calorimeter die bei der Detonation einer abgewogenen Sprengstoffmenge frei werdende Wärme.

2. Man stellt die Umsetzungs-gleichung auf entweder auf Grund theoretischer Erwägungen, oder indem man die bei der Detonation von 50—500 g des Sprengstoffes in einer großen geschlossenen Stahlbombe entstandenen Gase (die Schwaden) und flüssigen und festen Umsetzungsprodukte untersucht und mißt und für die Rechnung benutzt.

Die Detonationstemperatur ergibt sich aus den spez. Wärmen der Umsetzungsprodukte und der ermittelten Calorienzahl. Man könnte also so den Druck ermitteln, der bei der Detonation erzeugt wird, wenn nicht zwei erhebliche Fehlerquellen auftreten würden, nämlich:

1. Man kann die Gase nur nach erfolgter Abkühlung untersuchen. Es ist sicher, daß die Zusammensetzung derselben im Moment der Detonation resp. sofort nach derselben, entsprechend der hohen Temperatur eine ganz andere ist. Beim Abkühlen finden dann Umsetzungen sekundärer Natur statt, die sich unserer Kenntnis entziehen.

2. Durch viele Versuche ist festgestellt worden, daß der Zerfall eines Sprengstoffes je nach der Ladedichte ein anderer ist. Besonders findet eine Verschiebung des  $\text{CO}_2$ - und  $\text{CO}$ -Gehaltes statt.

Mit der Berechnung kann der Praktiker also wenig anfangen. Man kann wohl mit einigem Recht sagen, daß gerade für die Sprengstoffindustrie der Satz gilt: Grau ist alle Theorie. Nur durch systematische Versuche kann man weiter kommen, und die Versuche sind, entsprechend dem unhandlichen Stoff, recht kostspieliger Natur. Von den Prüfungsmethoden für Sprengstoffe verlangt man deshalb auch, daß sie sich der praktischen Verwendung der Sprengstoffe nach Möglichkeit anpassen.

Eine der ältesten und besten Kraftproben ist die Bleizylinderprobe nach Trauzl.

Eine abgewogene Sprengstoffmenge bringt man im Innern eines Bleizylinders zur Detonation und mißt durch Aufgießen mit Wasser die in dem Blei entstandene Ausbauchung. Da für die Methode früher bei den einzelnen Sprengstofffabriken die verschiedensten Versuchsanordnungen sowie Größe des Bleizylinders, Sprengstoffmenge, Art des Besatzes usw. bestanden, so einigte man sich auf dem V. internationalen Kongreß über die Versuchsbedingungen.

Man erhält so folgende Zahlen:

Nitroglycerin 540 cem.

Gelatine Dynamit I 425 cem.

Gesteins Westfalit (ein reiner Ammoniaksalpetersprengstoff) 380 cem.

Pikrinsäure 315 cem.

Trinitrotoluol 290 cem.

Verschiedene wettersichere Gelatinedynamite 200—300 cem.

Es wäre ja nun sehr einfach, wenn man die so gewonnenen Zahlen ohne weiteres zur Bewertung von brisanten Sprengstoffen benutzen könnte. Leider ist dies nur in beschränktem Maße möglich, da zwei

wesentliche Eigenschaften der Sprengstoffe nur unvollkommen berücksichtigt werden, und zwar:

1. Das kubische Gewicht des Sprengstoffes. Für die Prüfung werden immer nur 10 g Sprengstoff benutzt. Das kubische Gewicht der Sprengstoffe ist aber sehr verschieden und liegt zwischen etwa 0,8—1,8. Es macht natürlich sehr viel aus, ob in dem gleichen Raume, z. B. einer Granate von 1 L Inhalt, 0,8 oder 1,8 kg zur Detonation gelangen.

2. Die Detonationsgeschwindigkeit.

Man kann deshalb im Bleizylinder nur gleichartige Sprengstoffe, d. h. denselben Gruppen angehörige Sprengstoffe vergleichen, z. B. die verschiedenen Gelatinedynamite, nicht aber Dynamit mit Ammoniaksalpetersprengstoffen und diese mit Pikrinsäure.

Immerhin kommt man unter Berücksichtigung dieser Fehlerquellen bei Anwendung dieser Methode ziemlich weit. Sie hat deshalb auch allgemeine Anerkennung gefunden.

Eine ältere Methode ist die Wurfprobe.

In einen Stahlmörser werden 10 g Sprengstoff geladen. Auf die Ladung wird ein Vollgeschöß aus Stahl von 20 kg Gewicht aufgesetzt. Es wird nun die unter einem bestimmten Schießwinkel erzielte Wurfweite des Geschosses bestimmt. Die so gefundenen Zahlen haben nur in vereinzelt Fällen einen Wert.

Von den Methoden, welche zur Ermittlung des Druckes dienen, die eine detonierende Sprengstoffmenge auf ihre Unterlage ausübt, will ich, als die beste und handlichste, die in den Fabriken der preußischen Heeresverwaltung eingeführte Stauchprobe erwähnen.

Der hierzu benutzte Apparat ist ganz aus Stahl gefertigt und besteht aus dem Unterteil und seinem auf dem Unterteil stehenden Zylinder, in den ein Stempel saugend eingeschliffen wird. Zwischen Unterteil und Stempel wird ein Kupferzylinder aufgestellt. Wird nun auf der oberen Fläche des Stempels eine abgewogene Sprengstoffmenge abgeschossen, so übt der Stempel auf den Kupferzylinder einen bestimmten Druck aus, welcher eine Stauchung derselben zur Folge hat. Diese Stauchung wird mit Hilfe eines Mikrometers genau gemessen und ergibt ein Bild von dem Druck, den der frei detonierende Sprengstoff auf seine Unterlage ausübt. Die so gefundenen Zahlen sind auch wieder nur für gleichartige Sprengstoffe vergleichsweise verwertbar.

Ich komme nun zu den ebenso wichtigen, wie interessanten Detonationsgeschwindigkeitsmessungen.

Welche ausschlaggebende Rolle die Detonationsgeschwindigkeit spielt, ergibt sich schon daraus, daß man unter Kraft die Arbeit in einer gewissen Zeit versteht. Ein Sprengstoff, der dieselbe Arbeit leistet, wie ein anderer, aber diese Arbeit in kürzerer Zeit leistet, hat natürlich eine wesentlich größere Wirkung. Der Einfluß der Detonationsgeschwindigkeit ist so groß, daß er unter Umständen, z. B. bei Auswahl der Sprengstoffe für den militärischen Gebrauch, den Ausschlag gibt.

Für die Detonationsgeschwindigkeitsmessungen kommen zwei Methoden in Frage.

1. Der Funkenchronograph.

Durch eine etwa 1,5 m lange Patrone des zu untersuchenden Sprengstoffes wird in genau ge-

messenen Abstand von 1 m je ein dünner Draht gezogen, welcher den primären Stromkreis je eines Induktoriums schließt. In den sekundären Stromkreis ist eine schnell rotierende Stahltrommel in der Weise eingeschaltet, daß das eine Ende der Leitung mit der Stahltrommel selbst und das andere mit Stahlspitzen, welche sich in minimalem Abstand von der Stahltrommel befindet, verbunden ist.

Wenn nun die Patrone zur Detonation gebracht wird, so werden die beiden durch sie gezogenen Drähte zerrissen. Infolgedessen tritt in den primären Spulen eine Stromunterbrechung ein, welche das Auftreten eines Stromes in der sekundären Spule zur Folge hat. Es muß also ein Funke von den Spitzen auf die Trommel überspringen. Diese Funken markieren sich auf der schwach beruhten Trommel in bekannter Weise. Die durch Zerreißen der in der Patrone befindlichen beiden Drähte erzeugten Funken treten natürlich nicht gleichzeitig auf, sondern in einem Zeitabstand, der der Detonationsgeschwindigkeit der zwischen ihnen liegenden 1 m langen Sprengstoffsäule entspricht.

Entsprechend den großen Geschwindigkeiten, die gemessen werden sollen, muß die Trommel, um eine meßbare Verschiebung der beiden Punkte zu erreichen, eine ganz enorme Tourenzahl erhalten, und zwar etwa 12 000 pro Minute. Die Tourenzahl wird mit Hilfe eines Tachymeters bestimmt.

Nach Ausführung des Versuches bestimmt man mit Hilfe eines Fernrohres die Verschiebung der beiden Punkte auf der Trommel und kann nun leicht aus der Länge der Patrone, der Tourenzahl und dem Umfang der Trommel die Detonationsgeschwindigkeit berechnen.

Es ist klar, daß ein derartiger Apparat sehr sorgfältig gearbeitet sein muß, und daß man, um wirklich einwandfreie Messungen zu erhalten, die geringsten Kleinigkeiten beachten muß. Doch würde es zu weit führen, hierauf näher einzugehen.

Ein sehr großer Vorteil dieser Methode besteht darin, daß man den zu untersuchenden Sprengstoff beliebig weit vom Apparat zur Detonation bringen kann, man kann also den Sprengstoff sowohl frei auf der Erde liegend wie in der Erde eingegraben zur Detonation bringen, ohne eine Beschädigung des kostbaren Apparates befürchten zu müssen.

Weit einfacher und wegen ihrer Einfachheit als geradezu genial zu bezeichnen ist die Detonationsgeschwindigkeitsbestimmung nach Dutrieu. Diese Methode hat den wesentlichen Vorzug vor der soeben beschriebenen Methode, daß man eigentlich ohne jeden Apparat arbeitet. Ferner ist die Methode noch genauer, so daß man mit Patronen von ca. 40—70 cm Länge auskommen kann. Man kann nach dieser Methode noch Zeiten von  $\frac{1}{5000000}$  Sekunde messen.

Für die Messungen wird als einziges Hilfsmittel die sog. detonierende Zündschnur benutzt. Diese besteht aus einem 6 mm starken Bleiröhrchen, welches mit Trinitrotoluol gefüllt ist. Bringt man auf dem glattgeschnittenen Ende der Zündschnur eine Sprengkapsel zur Detonation, so wird dadurch die Zündschnur gezündet und detoniert nun mit einer Geschwindigkeit von 5000 m pro Sekunde.

Entzündet man in dieser Weise ein Stück Zündschnur gleichzeitig an den beiden Enden, so schreitet die Detonation gleichzeitig von beiden Enden mit

derselben Geschwindigkeit fort, der Treffpunkt liegt also in der Mitte. Dieser Treffpunkt markiert sich als scharfe Linie auf einer Bleiplatte von 7 mm Dicke, auf welcher die Zündschnur glatt aufliegt. Diese Tatsache wird nun in folgender Weise für die Messung benutzt.

In einer Patrone des zu untersuchenden Sprengstoffes werden im Abstand von 30 cm zwei Sprengkapseln radial so eingeführt, daß sich die offene Seite im Sprengstoff befindet, während der mit dem Knallsalz gefüllte Teil aus der Patrone herausragt. Auf die beiden Sprengkapseln werden die Enden eines 2 m langen Stückes der detonierenden Zündschnur aufgesetzt. Die genaue Mitte der Zündschnur wird durch einen Feilstrich markiert. Die Zündschnur liegt mit ihrem mittleren Teil auf einer Bleiplatte. Wird nun die Sprengstoffpatrone mit Hilfe einer in das eine Ende derselben eingeführten Sprengkapsel abgeschossen, so detoniert entsprechend der fortschreitenden Detonation erst die eine und dann die andere radial eingeführte Sprengkapsel. Auf diese Weise erfolgt die Zündung der detonierenden Zündschnur an beiden Enden nicht gleichzeitig, sondern in einem der Detonationsgeschwindigkeit der zwischen den beiden Enden liegenden Sprengstoffsäule entsprechenden gewissen Zeitabstand. Infolgedessen liegt der Treffpunkt nicht in der Mitte, sondern in einem gewissen Abstand von der Mitte. Dieser Abstand wird genau gemessen, und für die Berechnung der Detonationsgeschwindigkeit benutzt. Vorbedingung für diesen Versuch ist natürlich, daß die genaue Eigengeschwindigkeit der Zündschnur bekannt ist. Dieselbe wird mit Hilfe des Funkenchronographen bestimmt.

Eine große Anzahl von Untersuchungen, die nach diesen beiden Methoden ausgeführt werden, hat nun sehr wertvolle Aufschlüsse über die Momente gegeben, welche einen wesentlichen Einfluß auf die Detonation eines brisanten Sprengstoffes haben.

Wie schon anfangs bemerkt, unterscheidet sich das Schwarzpulver wesentlich von den brisanten Sprengstoffen durch die Schnelligkeit, mit der der Zerfall erfolgt. Die maximale Explosionsgeschwindigkeit des Schwarzpulvers beträgt nur etwa 300 m, während die brisanten Sprengstoffe mit einer Geschwindigkeit von 1300—8000 m detonieren. Diese Zahlen charakterisieren am besten die ungeheure Überlegenheit der brisanten Sprengstoffe. Innerhalb der Gruppen der brisanten Sprengstoffe ist die Detonationsgeschwindigkeit abhängig: von der Zusammensetzung der Sprengstoffe, von dem Aggregatzustand und von der Art des Einschlusses, in dem die Detonation erfolgt.

Daß die Zusammensetzung eine wesentliche Rolle spielt, ist ohne weiteres klar.

Der Einfluß des mehr oder weniger festen Einschlusses äußert sich in der Weise, daß die Detonationsgeschwindigkeit mit der Festigkeit des Widerstandes wächst; je größer der Widerstand, um so größer ist die entfaltete Energie.

Daß dies auch gar nicht anders sein kann, ergibt sich aus dem Wesen der Detonation. Die Sprengkapsel zündet ja nur die zunächst liegenden Sprengstoffteile, und erst diese zünden wieder die benachbarten Teile und so fort. Je fester der Einschuß ist, um so energischer wird natürlich

diese Detonationsübertragung vor sich gehen, und um so größer wird die Detonationsgeschwindigkeit sein.

Nur bei Sprengstoffen, die bereits frei liegend eine sehr große Detonationsgeschwindigkeit entwickeln, spielt die Art des Einschlusses eine geringere oder fast gar keine Rolle. Während es einerseits Sprengstoffe gibt, deren Detonationsgeschwindigkeit mit der Festigkeit des Einschlusses von 1800 auf 3000—4000 m anwächst, bleibt z. B. die Detonationsgeschwindigkeit von festgepreßter Pikrinsäure stets annähernd dieselbe.

Was den Einfluß des Aggregatzustandes anbelangt, so kann man sagen, daß feste Sprengstoffe schneller als pulverige, und diese wieder schneller als plastische und flüssige Sprengstoffe detonieren. Die Detonationsgeschwindigkeit ist also um so höher, je größer der Widerstand ist, den die Masse des Sprengstoffes an und für sich bietet.

So hat z. B. das an und für sich so empfindliche Nitroglycerin in flüssigem Zustande nur eine Detonationsgeschwindigkeit von etwa 2000 m, während das recht unempfindliche Trinitrotoluol in festgepreßtem Zustande eine Detonationsgeschwindigkeit von nahezu 7000 m hat. Schlagempfindlichkeit und Detonationsgeschwindigkeit gehen also keineswegs parallel, wie man eigentlich annehmen sollte, sondern sind ganz unabhängig voneinander.

Ich will nun noch kurz auf die Prüfungsmethoden eingehen, welche dazu dienen, den Grad der Handhabungssicherheit eines Sprengstoffes festzustellen.

Nächst der Heeresverwaltung hat die Eisenbahn das allergrößte Interesse an diesen Untersuchungen, da sie die Sprengstoffe in großen Mengen befördert. Es sind daher in letzter Zeit in die Eisenbahnverkehrsordnung genaue Vorschriften aufgenommen worden, nach denen die zu befördernden Sprengstoffe untersucht werden müssen. Je nach dem Ergebnis der Untersuchung werden die Sprengstoffe verschiedenen Gruppen zugeteilt, die wieder verschiedenen Beförderungsvorschriften unterliegen.

Diese Prüfungen erstrecken sich auf:  
Lagerbeständigkeit.

Empfindlichkeit gegen Schlag und Reibung.  
Empfindlichkeit gegen Feuer.

Auf Lagerbeständigkeit prüft man, indem man gewogene Sprengstoffmengen längere Zeit einer höheren Temperatur aussetzt und dann feststellt, ob sich der Sprengstoff verändert hat, ob ein Sauerwerden, eine Gewichtsveränderung, eine Entmischung usw. stattgefunden hat.

Für die Prüfung auf Schlagempfindlichkeit benutzt man einen zwischen zwei Führungsschienen fallenden Stahlhammer, den man aus bestimmten Höhen auf kleine Sprengstoffmengen auffallen läßt. Man beobachtet, ob Explosion, partielle Explosion oder keine Explosion eintritt.

Die Empfindlichkeit gegen Reibung ermittelt man, indem man kleine Mengen des Sprengstoffes in einer unglasierten Reibschale kräftig reibt.

Das Verhalten gegen Feuer stellt man fest, indem man Mengen von 0,5 bis mehreren Kilogramm im hellen Holzfeuer abbrennt.

Die Resultate all dieser Prüfungen ergeben dann ein Bild von der mehr oder weniger großen Gefährlichkeit der Sprengstoffe.

Der Vollständigkeit wegen will ich noch eine Sprengstoffgruppe erwähnen, die vorläufig noch weniger allgemeine Bedeutung gefunden hat, und die eine Klasse für sich bildet. Es sind dies die Chlorat- und Perchloratsprengstoffe.

Sie ähneln einerseits dem Schwarzpulver, da sie aus einem sauerstoffabgebendem Körper (Kaliumnatriumchlorat und Kaliumperchlorat) und aus brennbaren Stoffen bestehen, unter denen sich aber stets nitrierte Kohlenwasserstoffe befinden, andererseits unterscheiden sie sich grundlegend vom Schwarzpulver, weil sie zu ihrer Entzündung einer Sprengkapsel bedürfen. Sie sind also durch diese Eigenschaft als brisante Sprengstoffe charakterisiert.

Betrachtet man heute die Zusammensetzung moderner Sprengstoffe für Bergwerkszwecke, so bemerkt man, daß eine große Menge der darin enthaltenen Bestandteile gar keinen Sprengstoffcharakter haben. Solche Stoffe, die in Mengen von 30% und darüber auftreten, sind Roggenmehl, Kartoffelstärke, Kochsalz u. dgl. mehr. Ich will hier als Beispiel die Bestandteile eines augenblicklich benutzten Sprengstoffes anführen.

29 Nitroglycerin, 1 Kollodiumwolle, 7 Dinitrotoluol, 5 Chilesalpeter, 10 Ammoniaksalpeter, 5 Kaliumoxalat, 10 Kartoffelmehl, 3 Holzmehl, 30 Kochsalz.

Was haben nun diese unwirksamen Beimengungen für einen Zweck? Da es nur billige Stoffe sind, wie Kartoffelmehl, Holzmehl und Kochsalz, so ist man von vornherein geneigt, anzunehmen, daß diese Beimengungen Verlängerungsmittel sind, die den Zweck haben, den Preis der Sprengstoffe herabzusetzen. Das ist jedoch nicht der Fall, sondern diese Beimengungen haben nur den Zweck, dem Sprengstoff ganz bestimmte Eigenschaften zu geben, d. h. ihn den verschiedenen Verwendungsarten anzupassen. Wir wollen uns deshalb etwas näher mit diesen Verwendungsarten und den Ansprüchen, die man demgemäß an den Sprengstoff stellt, beschäftigen.

Betrachten wir zunächst die Sprengstoffe für den militärischen Gebrauch, so fällt uns zunächst auf, daß für diese Zwecke nur chemisch einheitliche Verbindungen, also keine Gemische, Verwendung finden. Der Grund hierfür ist darin zu suchen, daß man für Militär und Marine nur Sprengstoffe verwenden will, die in jeder Beziehung unbegrenzt haltbar sind, denn man muß die Kriegsausrüstungen oft Jahrzehnte lang lagern. Nun besteht bei einem Gemisch immer die Gefahr der Entmischung. Diese kann durch Rütteln, durch Wärme (Aus-schmelzen oder Sublimieren einzelner Bestandteile) oder durch Feuchtigkeit (Auslaugen leicht löslicher Bestandteile) erfolgen.

Ferner stellt man an die Sprengstoffe für militärische Zwecke die Forderung möglichst großer Unempfindlichkeit gegen Schlag, Stoß und Reibung, da sie z. B. als Geschosßfüllung den riesigen Stoß beim Abfeuern des Geschosses aushalten müssen. Auch muß ein derartiger Stoff möglichst unempfindlich gegen Feuchtigkeit sein, er darf sich also im Wasser gar nicht oder nur wenig lösen. Er soll auch ein möglichst hohes kubisches Gewicht haben, damit man in dem Hohlraum einer Granate, Mine u. dgl. möglichst viel unterbringen kann. Schließ-

lich soll er leicht und sicher zur Detonation gebracht werden können und soll eine möglichst große Detonationsgeschwindigkeit besitzen, da hiervon in erster Linie die Wirkung eines freiliegend detonierenden Sprengstoffes abhängt, z. B. beim Sprengen von eisernen Brücken, Eisenbahnschienen u. dgl. mehr.

Die Chemie hat uns nun schon vor langer Zeit Stoffe geschaffen, die all diesen Anforderungen in hohem Maße gerecht werden, es sind dies die mehrfach nitrierten Kohlenwasserstoffe und unter diesen vorzüglich das Trinitrophenol (die Pikrinsäure) und das Trinitrotoluol. Daß diese Stoffe an und für sich recht harmlose Gesellen sind, dürfte Ihnen ja bekannt sein, hat man doch die Pikrinsäure lange Zeit für Färbereizwecke verwendet. Aber der Schein trügt. Eine kleine Sprengkapsel von noch nicht 1 g Knallquecksilberladung genügt, um diese Verbindungen unter großer Energieentfaltung zur Detonation zu bringen. Was ihre Wirkung so furchtbar macht, ist vor allen Dingen ihre außergewöhnlich hohe Detonationsgeschwindigkeit von etwa 7000—8000 m pro Sekunde. Ich erwähnte bereits, daß z. B. Nitroglycerin nur eine solche von 2000 m besitzt. Beachtenswert ist, daß die Schwaden dieser Sprengstoffe über 50% des giftigen CO enthalten. Außer durch ihre giftige Wirkung infolge des in ihnen enthaltenen Kohlenoxyds üben die Schwaden von Trinitrotoluol und namentlich von Pikrinsäure auch in starker Verdünnung noch einen so erheblichen Reiz auf die Schleimhäute aus, daß aus diesem Grunde größere Truppenmengen zeitweise nicht unerheblich an der Entfaltung ihrer vollen Gefechtskraft behindert werden können. Die Pikrinsäure ist seit ca. zwei Jahrzehnten in die meisten modernen Armeen eingeführt und hat sich bestens bewährt; sie gelangt in gepreßter oder gegossener Form zur Verwendung.

Man kann die Pikrinsäure unter mächtigen hydraulischen Pressen zu steinharten Körpern von beliebiger Form pressen. Die Pikrinsäure läßt sich in dieser Form abdrehen, bohren und auf sonst irgendeine Weise gefahrlos bearbeiten.

Bei etwa 120° schmilzt Pikrinsäure und läßt sich in diesem Zustande in beliebige Formen gießen, etwa in Pappbüchsen, die dem Hohlraum einer Granate genau angepaßt sind.

Das Gießverfahren ist natürlich wesentlich billiger als das Pressen und wird aus diesem Grunde vorgezogen.

Die gegossene Pikrinsäure hat jedoch zwei Nachteile, sie detoniert etwas schwerer und besitzt ein geringeres kubisches Gewicht. Während gepreßte Pikrinsäure eine Dichte von etwa 1,68 hat, hat gegossene Pikrinsäure nur eine solche von 1,63 bis 1,67.

Für die Verarbeitung des Trinitrotoluols, welches erst seit einigen Jahren eingeführt ist, gilt genau das gleiche wie für die Verarbeitung der Pikrinsäure, d. h. das Trinitrotoluol wird ebenfalls gepreßt oder gegossen. Es besitzt gegenüber der Pikrinsäure Vor- und Nachteile. Es ist noch unempfindlicher und bildet nicht, wie die Pikrinsäure, gefährliche Salze. Es ist in Wasser fast unlöslich (in Wasser von 20° lösen sich 0,004%), kann also ohne besondere Vorsichtsmaßregeln zum Sprengen unter

Wasser verwendet werden. Dagegen ist es nicht so leicht zur Detonation zu bringen wie Pikrinsäure und ist auch nicht ganz so kräftig. Die Bleizylinderzahlen stehen im Verhältnis 290 : 325, und die Detonationsgeschwindigkeit im Verhältnis 6800 zu 7150. Der Unterschied ist also nicht sehr groß. Daß das Trinitrotoluol der Pikrinsäure unterlegen sein muß, ergibt sich schon aus der Zusammensetzung. Trinitrotoluol enthält mehr Kohlenstoff und Wasserstoff, denen zu wenig Sauerstoff gegenübersteht.

Zu dieser Gruppe von Sprengstoffen gehören noch eine große Anzahl hoch nitrierter Kohlenwasserstoffe, wie z. B. Trinitrobenzol, Trinitrokresol, Trinitroresorcin, Tetranitronaphthalin, Trinitroxylol, Tetranitranilin usw., die aber bisher keine ausgedehnte Verwendung gefunden haben, da sie entweder teurer sind, als Pikrinsäure und Tri-

z. B. das Trinitrobenzol noch kräftiger als Pikrinsäure, aber bereits so empfindlich gegen Schlag, daß man von einer Verwendung als Sprengstoff absehen muß.

Auf eine recht interessante Erscheinung möchte ich bei dieser Gelegenheit noch aufmerksam machen, die erst vor wenigen Monaten auf dem hiesigen Werke gefunden worden ist.

Zum Sprengen von eisernen Trägern, Schienen usw. werden von den Pionieren achteckige oder runde Körper aus gepreßter Pikrinsäure benutzt, die etwa 200 g wiegen. Man sollte nun meinen und war auch bisher dieser Meinung, daß diese Körper eine um so stärkere Wirkung ausüben, je inniger die Berührung einer Fläche des Körpers mit dem zu durchschlagenden Gegenstand ist. Dem ist aber nicht so. Wir haben erst vor wenigen Monaten gefunden, daß ein Hohlraum im Sprengkörper, und zwar in der dem zu sprengenden Gegenstand zugekehrten Seite, die Wirkung etwa verdreifacht bis verfünffacht.

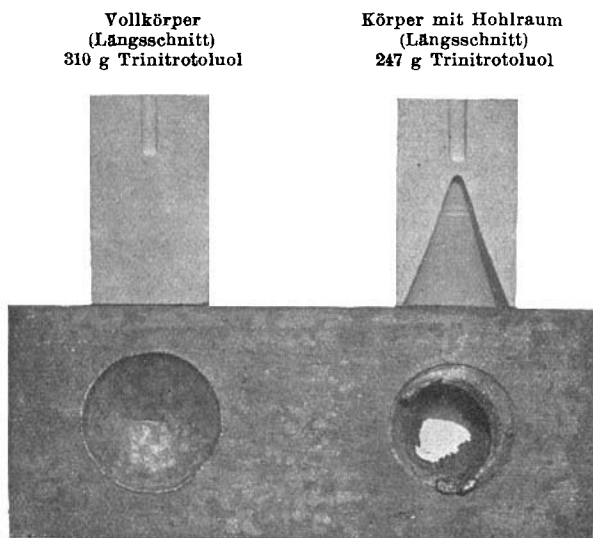
Ich komme nun zu den in der Technik, also in Bergwerken, Steinbrüchen usw. benutzten Sprengstoffen und will hier einige allgemeine Bemerkungen vorausschicken.

Während früher das Schwarzpulver alles leisten mußte, fertigt man heute auf Grund langjähriger Erfahrungen für die verschiedenen Zwecke Spezialsprengstoffe an. Man hat Sprengstoffe für hartes, für weiches, für rissiges Gestein, für Kohle, für Salz, für Ton usw. Diese Sprengstoffe unterscheiden sich in der Kraft (d. h. der im Bleizylinder erzielten Ausbauchung) und in der Brisanz, die abhängig ist von der Detonationsgeschwindigkeit. So schwanken die Bleizylinderzahlen, wie ich die im Bleizylinder erzielten Ausbauchungen kurz nennen will, von etwa 180—530 ccm und die Detonationsgeschwindigkeiten von 1800—5600 m pro Sekunde. Schon diese Zahlen lassen erkennen, daß eine ganz erhebliche Anzahl von Variationen möglich ist.

Wie werden nun diese so verschieden wirkenden Sprengstoffe erhalten? Auf verhältnismäßig einfache Weise. Ich will dies an einem Beispiel zeigen.

Das allbekannte Nitroglycerin, der Grundstoff für die größte Sprengstoffklasse, ergibt eine Bleizylinderzahl von 540 ccm, dies ist zugleich die höchste gefundene Zahl. Die dem Nitroglycerin eigene Detonationsgeschwindigkeit beträgt aber nur etwa 1700 m, weil das Nitroglycerin eine Flüssigkeit ist und als solche der Detonationswelle einen zu geringen Widerstand entgegensetzt. — Nehme ich 92 Teile Nitroglycerin und löse darin 8 Teile Kollodiumwolle auf, so habe ich einen auch heute noch stark benutzten Sprengstoff, die Sprenggelatine mit Bleizylinderzahl 530 ccm und Detonationsgeschwindigkeit 7000 m. Nehme ich 65% Sprenggelatine und vermische sie mit etwa 27% Chilesalpeter und 8% Holzmehl, so erhalte ich das gewöhnliche Gelatinedynamit mit einer Bleizylinderzahl von 420 ccm und eine Detonationsgeschwindigkeit von 5800 m.

Es liegt nun auf der Hand, daß ich durch weitere Beimengungen die Bleizylinderzahl noch weiter



25 mm starke, schmiedeeiserne Platte, auf der die beiden Sprengkörper in lotrechter Stellung zur Detonation gebracht wurden.

nitrotoluol oder sonstige Nachteile aufweisen. Jedenfalls kann man sagen, daß die Pikrinsäure und das Trinitrotoluol Eigenschaften besitzen, die sie einem für militärische Zwecke gedachten Ideal sehr nahe kommen lassen, und daß es nicht anzunehmen ist, daß diese Stoffe bald durch überlegene verdrängt werden. Man kann wohl sagen, daß die des öfteren in den Zeitungen auftauchenden Gerüchte von der Erfindung eines Sprengstoffes von ganz fabelhafter Wirkung den Tatsachen nicht entsprechen und auch gar nicht entsprechen können. Eine Verbesserung wäre nur möglich, indem man die Zusammensetzung des Moleküls so gestaltet, daß darin das günstigste Verhältnis von Sauerstoff, Kohlenstoff, Wasserstoff und Stickstoff vorhanden wäre, oder indem man darauf hinarbeitet, die Detonationsgeschwindigkeit zu vergrößern.

Namentlich letzteres würde einen nicht unwesentlichen Einfluß haben. Nun haben aber die Versuche bisher immer gezeigt, daß mit derartigen Verbesserungen stets eine Verminderung der Handhabungssicherheit verbunden ist, und diese kann und will man natürlich auch nicht missen. So ist

heruntersetzen kann. Dasselbe gilt von der Detonationsgeschwindigkeit, welche ich namentlich durch Beimengung von flüssigen, indifferenten Stoffen, wie z. B. Paraffinöl, herabsetzen kann. Die Beimengungen kann man etwa folgendermaßen einteilen: 1. solche, die nur als Verdünnungsmittel wirken, z. B. Kochsalz, Glaubersalz usw., 2. solche, die, wenn sie auch nicht als Sprengstoffe anzusprechen sind, doch als Gasbildner wirksam sind, z. B. oxalsaures Ammonium, 3. solche, die in Verbindung mit anderen Stoffen Sprengstoffcharakter haben, also, allgemein gefaßt, einen Sauerstoff abgebenden Körper mit einem brennbaren, z. B. Chilesalpeter und Holzmehl oder Roggenmehl, Kartoffelmehl usw.

Während die reinen Verdünnungsmittel in jeder Beziehung abschwächend wirken, tun dies die gasbildenden Stoffe nicht in demselben Maße, und noch weniger ungünstig wirkt das Gemisch aus einem Sauerstoffträger und einem Kohlenstoffträger.

Außer ihrer die Sprengkraft herabsetzenden Wirkung haben die Beimengungen zuweilen einen anderen Zweck von außerordentlicher Wichtigkeit, nämlich die Erzeugung einer gewissen Sicherheit beim Abschießen in einem mit schlagenden Wettern gefüllten Raum.

Die Gefahren der schlagenden Wetter, d. h. eines explosiblen Gemisches von Methan und Luft, beruhen darauf, daß die Wetter durch einen Funken oder durch eine Flamme zur Entzündung gelangen. Da der Bergmann die Ansammlung von schlagenden Wettern niemals ganz vermeiden kann, so muß in den Gruben jede Entzündung derselben unmöglich gemacht werden. Eine allbekannte Maßregel in dieser Hinsicht ist die Davysche Sicherheitslampe. Jede Detonation ist mit einer gewissen Feuererscheinung verbunden, und so besteht die Gefahr, daß die schlagenden Wetter durch Sprengschüsse entzündet werden.

Wir haben also hier gleich ein Charakteristikum für wettersichere Sprengstoffe, nämlich die geringe Flammenbildung. Weitere Merkmale für wettersichere Sprengstoffe sind die geringe Kraft und eine niedrige Detonationsgeschwindigkeit. Man kann sagen, daß jeder den heutigen Ansprüchen bez. Wettersicherheit genügende Sprengstoff geringe Kraft, niedrige Detonationsgeschwindigkeit und geringe Feuererscheinung zeigt, aber man kann den Satz leider nicht umkehren, d. h. nicht jeder Sprengstoff, der diese Eigenschaften besitzt, ist wettersicher.

Den Grad von Wettersicherheit kann man nur wieder durch Versuche feststellen, und zwar in der Weise, daß man eine abgewogene Sprengstoffmenge in einer Atmosphäre von schlagenden Wettern abschießt und das Resultat beobachtet. Die Vorrichtung, in der diese Untersuchungen ausgeführt werden, nennt man Schlagwetter-Versuchsstrecke.

Die Wetterstrecke besteht aus einem den Stollen im Bergwerk vorstellenden 10—30 m und darüber langen Raum von meist rundem oder elliptischem Querschnitt, der so hoch ist, daß er von einem Menschen begangen werden kann, also etwa 1,50—2,00 m. Die Wände bestehen entweder aus Eisenblech oder Holzkohlen, die durch sehr kräftige eiserne Ringe zusammengehalten werden. Das eine Ende dieser großen Röhre ist offen, während das

andere durch einen massiven, gemauerten Klotz verschlossen ist. In dieses Mauerwerk ist ein Stahlmörser von etwa 50 cm Durchmesser und 80 cm Länge eingefügt, in dem sich eine Bohrung von 55 mm Durchmesser und 60 cm Tiefe befindet, die zur Aufnahme des abzufeuernenden Sprengstoffes dient. In einem Abstand von etwa 4 m von dem Mörser wird die Wetterstrecke durch einen mit Hilfe eines federnden eisernen Reifens ausgedehnten Papierbogen abgeteilt. In den so gewonnenen allseitig geschlossenen Raum, die sog. Gaskammer, wird so viel Grubengas oder, in Ermangelung dieses, Leuchtgas eingelassen, daß ein leicht explodierendes Gemisch von Luft und Gas entsteht, also etwa 8—10%.

Die Arbeitsweise ist nun die folgende: Von dem zu untersuchenden Sprengstoff wägt man etwa 300 g ab, formt daraus eine Patrone von 50 mm Durchmesser und versieht diese mit einer mit elektrischer Zündung versehenen Sprengkapsel. Diese Patrone schiebt man in das Mörserrohrloch, verbindet die Zündleitung mit den Drähten des Zünders und spannt den Papierbogen aus. Jetzt läßt man das Gas in die Gaskammer ausströmen, welches mit Hilfe einer Gasuhr gemessen wird, und feuert den Schuß ab. Man kann nun aus der Flammenerscheinung und anderen Merkmalen darauf schließen, ob das Gasgemisch durch den Sprengstoff entzündet wird oder nicht. Je nach dem Resultat vermehrt oder vermindert man die Ladung und erhält schließlich eine höchste Gewichtsmenge, die noch keine Zündungen ergibt. Diese höchste, nicht zündende Gewichtsmenge ist die sog. Sicherheitsgrenze des betreffenden Sprengstoffs.

Die Sache sieht ja sehr einfach aus, ist es aber keineswegs, da die Resultate der infolge ihrer erheblichen Dimensionen nur im Freien aufzustellenden Strecke sehr von der Witterung, von der Temperatur, Luftfeuchtigkeit, Windrichtung und Windstärke usw. abhängig sind. Auch sind zweifellos noch andere bisher unaufgeklärte Einflüsse maßgebend, deren Ergebnis man kurz als Streckenstimmung bezeichnet. Aus diesen Gründen muß man stets einen Vergleichsstoff verwenden, dessen Eigenschaften genau bekannt sind, und der vor Beginn des eigentlichen Prüfungsschießens zum Einschießen, d. h. zur Feststellung der augenblicklichen Streckenstimmung, benutzt wird.

Neben dem Gas-Luftgemisch kommt noch Kohlenstaub in der Strecke zur Verwendung. Bekanntlich ist die Gefahr einer Kohlenstaubexplosion ebenso groß, wie die schlagender Wetter. Will man einen Sprengstoff auf seine Wettersicherheit gegenüber Kohlenstaub prüfen, so verfährt man genau wie oben angegeben, nur mit der Abänderung, daß man kein Gas in die Strecke einströmen läßt, sondern eine abgemessene Menge feinsten Kohlenstaubes darin aufwirbelt. Man kann natürlich auch kombiniert mit Gas und Kohlenstaub schießen.

Es ist klar, daß die Wettersicherheit der Sprengstoffe einen ganz wesentlichen Einfluß auf die Betriebssicherheit unserer Bergwerke hat, und was das zu bedeuten hat, ist sowohl in sozialer wie in ökonomischer Hinsicht ohne weiteres verständlich.

Die Anforderungen in Bezug auf Wettersicherheit, die an unsere modernen Sprengstoffe gestellt

werden, wachsen deshalb beinahe täglich, so daß die Sprengstoffindustrie gezwungen ist, immerfort neue Sprengstoffe zu schaffen. Nun läßt sich eine Erhöhung der Wettersicherheit leider immer nur auf Kosten der Leistung des Sprengstoffes erreichen, und so kommt es, daß unsere wettersicheren Sprengstoffe heute nur noch etwa zwei Drittel so kräftig sind, wie die vor wenigen Jahren benutzten.

Für die Gruppe der Dinitrochlorhydrin- und Dinitroglycerinsprengstoffe gilt genau dasselbe, was ich soeben über die Nitroglycerin-Sprengstoffe sagte, und es tritt an Stelle des Nitroglycerins das Dinitrochlorhydrin und Dinitroglycerin. Auch für die Ammoniaksalpetersprengstoffe gilt dasselbe. Hier dient der Ammoniaksalpeter in Mengen von 60—95% als Grundlage. Es dürfte übrigens nicht allgemein bekannt sein, daß auch reiner Ammoniaksalpeter mit einer Sprengkapsel zur Detonation zu bringen ist. Leichter ist die Detonation natürlich zu erreichen, wenn man einige Prozente brennbare Bestandteile, wie Harz, Dinitrotoluol usw. beimengt, da Ammoniaksalpeter im Molekül einen Sauerstoffüberschuß von einem halben Atom hat, welcher auf diese Weise ausgenutzt wird.

Nachdem ich glaube, Ihnen in großen Umrissen ein Bild von dem Wesen unserer modernen Sprengstoffe gegeben zu haben, will ich zum Schluß noch kurz auf den Unterschied zwischen Schießmitteln, d. h. den rauchlosen Pulvern und den bisher besprochenen brennenden Sprengstoffen eingehen. Die rauchlosen Pulver bestehen bekanntlich aus Nitrocellulose oder aus einem Gemisch von Nitroglycerin und Nitrocellulose. Sie müßten also nach meiner vorhergegebenen Definition auch zu den brennenden Sprengstoffen gehören, und das ist auch tatsächlich der Fall. Wende ich nämlich die Pulversorten in fein gemahlenem Zustand an, so verhalten sie sich genau wie brennende Sprengstoffe, d. h. sie detonieren mit einer Sprengkapsel. Das Kunststück der Umwandlung des brennenden Sprengstoffes in ein Schießmittel besteht darin, der Masse eine passende Form zu geben. Das geschieht in der Weise, daß man der Masse durch Gelatinieren, also Auflösen der Nitrocellulose, eine hornartige Konsistenz gibt und in diesem Zustande aus ihr Röhren oder Körner von den verschiedensten Dimensionen formt. Brennt man ein derartiges Pulver mit einem Streichholz an, so brennt es ruhig ohne jeden Knall oder dgl. ab. Befindet sich das Pulver aber in einem allseitig geschlossenen Raum, also z. B. dem Laderaum eines Geschützes, und wirkt nun auf das Pulver ein kräftiger Feuerstrahl, so fangen die einzelnen Pulverkörner sofort oberflächlich an, zu brennen. Es entsteht im Laderaum eine sehr hohe Temperatur, und demgemäß auch ein sehr hoher Druck, welcher das Weiterbrennen des Pulvers noch beschleunigt, bis schließlich der Druck so groß geworden ist, daß das Geschloß in Bewegung gesetzt und zum Geschützrohr hinausgetrieben wird. Es ist nun Aufgabe des Pulverfabrikanten, das Pulver so zu konstruieren, daß es in dem Moment, wenn das Geschloß das Rohr verläßt, vollkommen verbrannt und demgemäß zur vollen Wirkung gelangt ist. Kleinere Körner verbrennen natürlich schneller als größere, da sie bei gleichem Gewicht der Ladung mehr Oberfläche haben. Hieraus ergibt sich die Möglichkeit, allein durch Änderung der Di-

mensionen des Pulvers die gewünschte Wirkung zu erreichen.

Die rauchlosen Pulver sind also ihrer Zusammensetzung nach brennende Sprengstoffe, die nur durch ihre mechanische Bearbeitung die Eigenschaften von Schießmitteln bekommen haben.

[A. 181.]

## Papier und Hygiene.

Vortrag, gehalten im Verein der Zellstoff- und Papierchemiker zu Dresden am 2. September 1911.

VON S. FERENCZI.

(Eingeg. 5./10. 1911.)

Papier eignet sich infolge seiner Billigkeit und seiner geringen Dicke bei verhältnismäßig großer Fläche für den mannigfaltigsten Gebrauch, und da in neuerer Zeit der Hygiene, d. h. der Erhaltung der Gesundheit und der Verhütung von Krankheit, in weiten Kreisen des Volkes große Aufmerksamkeit geschenkt wird, so findet Papier auch für hygienische Zwecke vielfach Anwendung. Hierzu kommt ihm außer den genannten Eigenschaften seine Reinheit, besonders seine Freiheit von Keimen und Ansteckungsstoffen zugute, ferner läßt es sich aufsaugend machen, auch kann man ihm heilkräftige oder keimfeindliche Stoffe einverleiben. Betrachten wir nun, in welcher Weise das Papier auf den verschiedenen Gebieten, in welchen die Gesundheitspflege sich betätigt, zur Anwendung gelangt.

### 1. Ernährung.

Es ist eine berechtigte Forderung der Hygiene, daß Nahrungsstoffe auf ihrem Wege von der Erzeugungsstätte zum Verbrauchsorte möglichst wenig mit menschlichen Händen in Berührung kommen und vor Staub und Schmutz geschützt werden. Dies gilt auch für solche Nahrungsmittel, die zum Genuß erst gründlicher Vorbereitung bedürfen, wie Fleisch, Fische usw. Es ist daher verpönt, und dies sollte auch durch Gesetz oder Verordnung in größerem Umfange, als es jetzt geschieht, verboten sein, Lebensmittel in gebrauchtes Papier zu verpacken. Hier bietet sich den Gesundheitsbeamten der Städte und Gemeinden ein weites Feld der Betätigung. Aber auch ohne Zutun der Obrigkeit, lediglich durch den Reinlichkeitssinn der Bevölkerung, sind auf diesem Gebiete in den letzten Jahren große Fortschritte gemacht worden. Noch werden zwar auf dem Lande, in kleinen Städten und in Arbeitervierteln der Großstädte, besonders im Straßenhandel große Mengen gebrauchter Tageszeitungen zum Verpacken von Fleisch und Obst verwendet, aber die Hauptmenge der Lebensmittel wird in frisches Papier und besonders in Tüten und Beutel verpackt. Vor Jahrzehnten begnügte man sich zu solcher Verpackung mit dem billigen Strohpapier, dann wurde dieses mehr und mehr durch das zähere Braunholzpapier verdrängt, bis das helle, dünne Sulfittstoffpapier infolge seiner Zähigkeit und seines gefälligen Aussehens, auch weil es sich besser zum Aufdruck der Firma eignet, für viele Zwecke an seine Stelle trat und auch heute noch im Kampfe mit dem zäheren, aber dunkelfarbigem Kraftpapier seine Stelle behauptet. Da namentlich die feuchten Le-