

Über
Explosionen, Schießmittel und Sprengstoffe.

Von

Prof. Dr. M. Bamberger.

Vortrag, gehalten den 3. Februar 1915.

(Mit einer Karte.)

Ich will Ihnen heute in gedrängtester Kürze ein Bild über diejenigen Stoffe geben, welche die nötigen Energien zum Kriege auf und über der Erde, auf und unter dem Wasser liefern.

Im folgenden soll die Tätigkeit des Chemikers geschildert werden, welcher Hand in Hand mit dem Waffentechniker die Kriegsmaschinen schaffen half.

Es besteht ein inniger Zusammenhang zwischen der Waffen- und Explosivtechnik und der Bau der modernen weittragenden Gewehre und Geschütze ist eine Folge der kolossalen Entfaltung der Explosivstoff-Industrie.

Die Basis der letzteren ist die organische Chemie, welche im letzten Jahrhundert so glänzend emporblühte. Die reine Wissenschaft ist es immer, welche den Grund zur Entwicklung legen muß.

Das alte Schwarzpulver, das bis vor kurzem noch herrschte, mußte den modernen Schieß- und Sprengmitteln weichen und der moderne Pulvermacher, der das rauchlose Pulver herstellt, hat eine sehr schwierige, allerdings auch sehr dankbare Aufgabe zu bewerkstelligen.

Heute fesseln uns nicht die Anwendungen, welche die Sprengstoffe im Frieden finden, die zerstörenden Wirkungen derselben sind es, die durch den Krieg so in den Vordergrund getreten sind.

Viele Vorgänge, welche sich im täglichen Leben abspielen, werden unter der Bezeichnung Explosion zusammengefaßt.

Wenn der Luftreifen eines Automobils platzt oder wenn leicht brennbare Flüssigkeiten wie z. B. Weingeist oder Benzin sich entzünden, so spricht man, obwohl solche Vorgänge durchaus nichts mit explosiven Prozessen zu tun haben, von einer Explosion.

Die charakteristischen Begleiterscheinungen für Explosionen sind helles Aufflammen und Blitzen, lauter Knall und mechanische Wirkungen. Letztere bestehen darin, daß z. B. aus dem Gewehr oder Geschütz das Geschloß geschleudert wird. Granaten und Schrapnells werden durch die Füllladung zersprengt und bei Gesteinssprengungen bewirkt die Energie des Sprengstoffes die Zertrümmerung der Gesteinsblöcke.

Zur Kennzeichnung von explosiven Vorgängen werden einige Experimente ausgeführt.

Versuch: Mit zwei von Professor Nic. Teclu¹⁾ ²⁾ ersonnenen Apparaten lassen sich sehr anschaulich

¹⁾ Nic. Teclu, Zur Ermittlung von Explosionsgrenzen in Gasgemengen, Journal für praktische Chemie, N. F. 75 (1907), p. 228.

²⁾ Nic. Teclu, Zur Heiz- und Leuchtwertbestimmung des Leuchtgases, l. c. 80 (1909), p. 166.

Leuchtgasexplosionen, welche gerade in den Großstädten wiederholt auftreten, demonstrieren.

Die in den Steinkohlengruben sich ansammelnden schlagenden Wetter — Gemische von Sumpfgas mit Luft — geben oft zu den heftigsten Explosionen Veranlassung.

Versuch: Um eine derartige explosive Verbrennung zu demonstrieren, wird durch eine etwa 4 m lange weite Röhre, die schräge aufgestellt ist, Leuchtgas von unten aus durchgeleitet und dasselbe am höher gelegenen Ende des Rohres entzündet. Die so gebildete Flamme schlägt dann mit großer Geschwindigkeit durch die Röhre hindurch.

Versuch: Seifenblasen werden mit einem Gemisch von Benzindämpfen und Sauerstoff gefüllt und entzündet, wodurch eine außerordentlich heftige Verbrennung des Gasgemisches eintritt.

Bei den genannten, durch das Entzünden der Gasgemische eingeleiteten Reaktionen entstehen hohe Temperaturen, weiters werden große Gasmengen gebildet, welche die Luft zum plötzlichen Ausweichen zwingen. Der auf die Luft ausgeübte Stoß bewirkt, daß selbe fortgeschleudert wird, dann wieder zurückkehrt und so in heftige Schwingungen gerät, welche sich als Wellen in der Luft fortpflanzen und in unserem Ohr die Empfindung des Knalles hervorrufen.

Die bei Explosionen entstehenden hochkomprimierten Gasmassen sind die Träger starker Energien und es wurden Drücke von 10.000 Atmosphären nachgewiesen. Würde z. B. die in einem 10 Liter-Kolben

befindliche Luft in einem Gefäß von 1 cm^3 Inhalt gepreßt, so wäre in letzterem die oben genannte Pressung von 10.000 Atmosphären.¹⁾

Explosivstoffe sind vom chemischen Standpunkt aus betrachtet unbeständige instabile Verbindungen, welchen die Tendenz innewohnt, durch irgendeinen Anstoß, welchen man Initialimpuls nennt, in stabile gasförmige Verbindungen überzugehen.²⁾

Die Explosionswirkung eines Sprengstoffes steht in innigem Zusammenhange mit der beim Zerfall desselben auftretenden Wärme.

- 1 kg Schwarzpulver entwickelt 750 Kalorien,
- 1 kg Nitrozellulosepulver entwickelt 940 Kalorien,
- 1 kg Nitroglyzerinpulver entwickelt 1330 Kalorien,
- 1 kg Trinitrotoluol entwickelt 720 Kalorien.³⁾

Die bei Explosionen entwickelte Wärme bewirkt auch eine bedeutende Drucksteigerung⁴⁾ der gebildeten

¹⁾ Vorausgesetzt ist die volle Gültigkeit des Mariotte-Boyleschen Gesetzes. Der große Hörsaal des Elektrotechnischen Institutes faßt ca. 2000 m^3 . Beim Einpressen dieser Quantität Luft in ein Gefäß von 2 hl Inhalt würde in letzterem ein Druck von 10.000 Atmosphären nachzuweisen sein.

²⁾ Krumbhaar, Die militärischen Explosivstoffe, Prometheus 26 (1914), S. 35.

³⁾ Krumbhaar, Physikalisches von unseren Feuerwaffen, Naturwissenschaftliche Wochenschrift 29 (1914), S. 802.

⁴⁾ Mit Hilfe zweier vom k. u. k. Kriegsministerium zur Verfügung gestellten Gasdruckgewehre konnte die Messung des Gasdruckes demonstriert werden.

Gase. Da die luftförmigen Körper bei der Erhöhung der Temperatur um einen Grad sich um $\frac{1}{273}$ ihres Volumens bei 0° ausdehnen, so würde z. B. Luft, die bei 0° ein Volumen von 1 l besitzt, bei 273° das Volumen von 2 l haben.

Die von den Explosivkörpern bei der Zersetzung entwickelte Gasmenge ist sehr verschieden und beträgt das Volumen der letzteren oft das Vieltausendfache von dem, welches der Sprengstoff in festem oder flüssigem Zustande einnimmt.

1·04 l Wasser bei 100° geben 1651 l Wasserdampf bei 100° .

1 kg Nitroglycerin entwickelt 712 l Gas.

1 kg Dynamit (75 % Nitroglycerin), entwickelt 628 l Gas.

1 kg Schießwolle (13 % Stickstoff), entwickelt 859 l Gas.

1 kg Trinitrotoluol entwickelt 970 l Gas.

1 kg Schwarzpulver entwickelt 285 l Gas.¹⁾

Wird ein Explosivstoff in einem Geschützrohr zur Zersetzung gebracht, so treiben die entwickelten, hochgespannten Gase das Geschöß aus dem Rohr heraus. Eine Granate oder ein Schrapnell werden durch die im Innern befindliche Sprengstoffladung zerrissen.

¹⁾ H. Brunswig, Die Explosivstoffe, Sammlung Göschen, S. 103. Die Angaben beziehen sich auf 1 kg Explosivstoff und dampfförmiges Wasser in den Explosionsprodukten.

Zur Erzielung einer möglichst großen Wirkung bei Verwendung eines Explosivstoffes, sei es im Bohrloch oder in der Schußwaffe, ist eine entsprechende Ladedichte auszuwählen. Unter letzterer versteht man den nachstehenden Quotienten:

$$\text{Ladedichte} = \frac{\text{Ladungsgewicht in g}}{\text{Verbrennungsraum in cm}^3}$$

Zur Herstellung der Ladedichte = 1 sind, wenn der Verbrennungsraum 10 cm³ beträgt, 10 g Sprengstoff erforderlich.¹⁾

Werden die sprengkräftigen Substanzen mit den gewöhnlichen Heizstoffen hinsichtlich ihres Heizwertes²⁾ verglichen, so erhält man ein sehr interessantes Ergebnis.

- 1 kg Petroleum liefert 12.000 Kalorien,
- 1 kg Holzkohle liefert bis zu 8000 Kalorien,
- 1 kg trockenes Holz liefert 3500—4000 Kalorien,
- 1 kg Dynamit liefert 1300 Kalorien,
- 1 kg Sprenggelatine liefert 1600 Kalorien,
- 1 kg Knallquecksilber liefert 400 Kalorien.³⁾

Die Arbeitsenergie, die z. B. im Petroleum zur Verfügung steht, ist zirka 10 mal so groß als die im Dynamit enthaltene. Doch wird letztere in einer viel kürzeren Zeit ausgelöst als bei dem erstgenannten Stoffe.

¹⁾ H. Brunswig, l. c., S. 95.

²⁾ Unter Heizwert versteht man die Anzahl Kalorien, welche von 1 kg des Heizstoffes geliefert werden.

³⁾ W. Will, Über Sprengmittel, Zeitschrift des Österr. Ingenieur- und Architektenvereines 62 (1910), S. 749.

Je nach der Geschwindigkeit, mit der sich ein Sprengstoff zersetzt, teilt man diese in brisante und nicht brisante ein. Erstere zersetzen sich mit großer Geschwindigkeit, letztere zerfallen langsam. Charakteristisch für brisante Sprengstoffe ist, daß sie frei auf ihrer Unterlage aufliegend, also ohne eingeschlossen zu sein, ihre volle Sprengwirkung ausüben können.

Versuch: Durch Eintragen von gepulvertem Jod in Ammoniak wurde ein überaus brisanter Sprengstoff, der Jod-Stickstoff (NJ_3) in Form eines schwarzen Pulvers hergestellt. Durch Berührung mit einem Holzstab konnte das erhaltene Produkt zur Explosion gebracht werden. Die Substanz zerfällt in Stickstoff und Jod und ließ sich letzteres deutlich durch die entwickelten violetten Joddämpfe erkennen.

Will man bei Gesteinssprengungen eine möglichst zermalmende Wirkung haben, so benützt man einen brisanten Sprengstoff. Hat man die Gewinnung größerer Gesteinsblöcke im Auge, so verwendet man einen weniger brisanten Stoff. Zum Sprengen von Granaten und Schrapnells finden brisante Explosivstoffe Anwendung.

Die Brisanz kann mit Hilfe des von Abel-Trauzl angegebenen Brisanzmessers ermittelt werden. Letzterer besteht aus einem Bleiblock von bestimmten Dimensionen, der innen eine Ausnehmung besitzt. In diese werden 20 g Sprengstoff gegeben, Sand zur Verdämmung auf denselben geschüttelt und mit der Knall-

quecksilberkapsel initiiert. Es bildet sich in dem Bleiblock ein um so größerer Hohlraum, je brisanter der Sprengstoff ist.

Es werden einige Trauzl-Zylinder vorgezeigt.

Die Sprengstoffe können, wenn ihre militärische Verwendung in Frage kommt,

a) in Treibmittel oder Schießmittel,

b) in Sprengstoffe

eingeteilt werden.¹⁾

Die Treibmittel zersetzen sich langsam und es ist so die Möglichkeit gegeben, daß sich die frei gewordene Energie auf die Geschosse überträgt. Als Treibmittel eignen sich nur nicht brisante Explosivstoffe.

Sprengstoffe zersetzen sich sehr rasch, man sagt sie detonieren. Der Gasdruck erreicht in einem Minimum der Zeit sein Maximum, ein Ausweichen des den Explosionsraum abschließenden Materials ist unmöglich. Deshalb werden derartige Explosivkörper zum Füllen von Granaten verwendet. Zu dieser großen Kraffentfaltung trägt nicht nur die Brisanz des Sprengstoffes bei, sondern auch die Geschwindigkeit, mit der sich die Entzündung in demselben, die sogenannte Explosionswelle fortpflanzt.

In einem im Jahre 1910 in unserem Vereine abgehaltenen Vortrag wurde die Explosionswelle eingehend behandelt. Es wurde da seinerzeit angegeben, daß die Geschwindigkeit derselben bis zu 8200 m in

¹⁾ Krumbhaar (Prometheus), l. c., S. 36.

der Sekunde beträgt.¹⁾ Es sei bemerkt, daß Schnellzüge zirka 30 m in der genannten Zeiteinheit zurücklegen.

Um die in einem Sprengstoff enthaltene Energie auszulösen, verwendet man die Knallquecksilberkapsel, man sagt, dieselbe diene als Initialimpuls. Das Knallquecksilber, dessen Gewinnung später noch besprochen wird, zersetzt sich außerordentlich rasch und die entstehenden hochkomprimierten Gase üben eine mächtige Stoßkraft, einen Choc auf den Sprengstoff aus, der dadurch zerfällt und den Stoß auf die Nachbarschicht überträgt.

Die Explosivstoffe zeigen sehr verschiedene Empfindlichkeit gegen Schlag, Stoß und Druck. „Die Empfindlichkeit gegen Schlag und Stoß wird verständlich, wenn man sich ins Gedächtnis zurückruft, daß explosive Körper sogenannte instabile Gebilde oder, mit einem Ausdruck des täglichen Lebens, sehr schwankende und gebrechliche Gebäude sind. Bei dem geringsten Anstoß stürzen sie ein, so leicht und rasch wie ein Kartenhaus, aber so laut und krachend wie ein Palast aus Stein und Eisen.“²⁾

Die Auslösung der Energie kann aber auch bei manchen Sprengstoffen durch bloße Entzündung derselben erfolgen.

In der Möglichkeit der Auslösung der Energie zeigen sich die Sprengstoffe sehr verschieden. „Ein

¹⁾ M. Bamberger, Über die Geschwindigkeit chemischer Reaktionen Schriften des Vereines zur Verbreitung naturwissenschaftlicher Kenntnisse in Wien 50 (1914), S. 371.

²⁾ Krumbhaar (Prometheus), I. c., S. 49.

explosibles System bezeichnet man als um so sensibler, je weniger Energie aufgewendet werden muß, um die explosive Reaktion auszulösen.“¹⁾ Praktische Rücksichten erfordern es, daß Explosivstoffe nicht zu sensibel sind. Z. B. wären Chlor- und Jod-Stickstoff absolut nicht zu verwenden, da bereits ein sehr geringer Stoß genügt, um diese Stoffe in ihre Komponenten zu zerlegen. Werden Explosivstoffen harte Substanzen, wie Glaspulver, Sand, zugesetzt, so erhöht sich deren Sensibilität gegenüber Stoß und Reibung. Bei Zumischung umhüllenden Materiales, wie Wasser, fette Öle, Vaseline, Kampfer, vermindert sich die Sensibilität. Letztere ist von allergrößter Bedeutung für die Sicherheit des Verkehrs mit Sprengstoffen. Explosivstoffe, deren Transport wegen ihrer großen Sensibilität mit Gefahren verbunden ist, sind von jedem Verkehre ausgeschlossen.

Die Sensibilität wird mit dem sogenannten Fallhammer geprüft. Derselbe besteht aus einem 2 kg-Gewicht, das sich in einer Führung befindet und von verschiedenen Höhen auf den zu prüfenden Explosivstoff fallen gelassen wird. Durch ein Gewicht von 2 kg wurde

Knallquecksilber bei einer Fallhöhe von 1 cm,

Pikrinsäure bei einer Fallhöhe von 25 cm

Trinitrotoluol bei einer Fallhöhe von 108 cm²⁾

zur Explosion gebracht.

¹⁾ H. Brunswig, l. c., S. 13.

²⁾ Krumphaar (Naturwissenschaftliche Wochenschrift), l. c., S. 806.

Versuch: Ein Gemisch von Kaliumchlorat ($KClO_3$) und Schwefel ist sehr sensibel. Das Reiben selbst geringer Mengen ruft starke, peitschenknallartige Detonationen hervor.

Die Treibmittel, wie Schwarzpulver, rauchloses Pulver, zeichnen sich durch geringe Sensibilität und Zersetzungsgeschwindigkeit aus.

Sprengmittel, wie Dynamit und aromatische Nitroverbindungen, besitzen mittlere Sensibilität, detonieren aber mit großen Geschwindigkeiten.

Zündmittel, wie Knallquecksilber sind sehr sensibel. Die Arbeitsfähigkeit (Sprengkraft) eines Explosivstoffes ist eine Folge der bei der Explosion entwickelten Wärme. Letztere kann als Massen für die zu erwartende Arbeitsleistung genommen werden, indem man die Zahl der berechnenden Kalorien mit dem mechanischen Wärmeäquivalent 425 multipliziert.

1 kg Sprengöl entwickelt bei der Explosion 1580 Kalorien. Dieser Wärmemenge entspricht eine Arbeit von $425 \times 1580 = 671.500$ Meterkilogramm.^{1) 2)}

Es seien im nachfolgenden einige Beispiele angegeben, welche zeigen sollen, welche ungeheure Arbeitsleistungen mit Sprengstoffen zu gewinnen sind.

Da 1 kg Nitroglyzerin rund 670.000 mkg liefert, so läßt sich mit diesem Arbeitsquantum eine Tonne

¹⁾ F. Heise, Sprengstoffe und Zündung der Sprengschüsse, Berlin, J. Springer, 1904, S. 31.

²⁾ Ein Meterkilogramm (mkg) ist die Arbeit, welche nötig ist, um 1 kg einen Meter hoch zu heben.

(1000 kg) um 670 m hoch heben. Diese Distanz entspricht der 5 fachen Höhe des Stephansturmes¹⁾ und der $1\frac{1}{2}$ -fachen des Kahlenberges.²⁾

Nach W. Will³⁾ betrug die Gesamtweltproduktion an Sprengstoffen im Jahre 1905 zirka 300—400 Millionen Kilogramm. Es standen somit zur Verfügung 135.000 bis 180.000 Milliarden mkg. Eine Kugel aus Flußstahl (7850 kg pro m³), deren Durchmesser gleich der Höhe des Stephansturmes ($H = 137$ m), wiegt 10·6 Milliarden kg (genau 10568,902450 kg), könnte

auf die Höhe von $\frac{135.000}{10\cdot6} = 12.700$ m bis $\frac{180.000}{10\cdot6}$

$= 17000$ m, Mittel 15000 m gehoben werden, also vom Meeresniveau bis zur doppelten Höhe der dominierenden Gipfel des Himalaja.

Mit der oben genannten Zahl von mkg könnten die Gesamtbewohner der Erde (zirka 1600 Millionen Menschen, wobei das Gewicht einer Person mit 50 kg angenommen wird) auf eine Höhe von 2250 m gehoben werden. Diese Distanz entspricht zirka der Höhe der Rax oder des Schneeberges.

Nach J. Trauzl kann 1 kg Schwarzpulver, in einem Würfel von 100 mm Seite einschließbar, bei seiner $\frac{1}{100}$ Sekunde dauernden Explosion über

¹⁾ Höhe des Stephansturmes 137 m.

²⁾ Höhe des Kahlenberges 483 m.

³⁾ W. Will, l. c., S. 781.

200.000 mk,¹⁾ 1 kg Dynamit, einen Würfel von 90 mm Seite einnehmend, schon in $\frac{1}{200.000}$ Sekunde gegen 1,000.000 mk Arbeitsleistung entwickeln. Wollte man z. B. durch Federn die Arbeit aufstapeln, welche 1 kg Pulver in 0·01 Sekunde zur Verfügung stellt, so müßten 10 Männer fast 1 Stunde lang zum Spannen derselben in voller Tätigkeit sein. Um jedoch in dem verschwindend kleinen Zeitteilchen, in welchem 1 kg Dynamit detoniert, dieselbe Leistung zu geben, wären gegen 2000 Millionen Menschen oder gegen 300 Millionen Pferdestärken erforderlich!¹⁾

Die durch die Verbrennung der Ladung gebildeten heißen, unter hohem Druck stehenden Pulvergase schieben durch den auf den Geschosßboden wirkenden Gasdruck das Geschosß in der Bohrung des Rohres fort. Das Geschosß erhält dadurch eine Bewegungsenergie (lebendige Kraft), welche der durch Expansion der Pulvergase nutzbar gemachten Arbeit, abzüglich der Verluste durch Reibung usw., entspricht.

„Das Arbeitsvermögen der Geschosse beim Verlassen der Mündung (Mündungsenergie) ist bei modernen Gewehren 0·3 bis 0·4 mt, bei Feldkanonen 75 bis 100 mt und steigt bei Marinekanonen von etwa 400 mt beim 8·8 cm-Kaliber bis 33·910 mt beim 38 cm-Kaliber.

¹⁾ Schriften des Vereines zur Verbreitung naturwissenschaftlicher Kenntnisse in Wien 13 (1902/03), S. 212.

Die entsprechende Mündungsgeschwindigkeit beträgt bei Feldkanonen ca. 500 Metersekunden, bei Kanonen der schweren Artillerie 600 bis 700 Metersekunden und bei Gewehren und Marinekanonen bis zu 900 Metersekunden und darüber.“¹⁾

„Von der Größe der Mündungsenergie des 620 kg schweren Geschosses einer 35·5 cm Marinekanone L/50, das eine Ladung von 255 kg Röhrenpulver nötig macht, kann man ein Bild erhalten, wenn man bedenkt, daß sie das 2·9fache eines mit 90 km stündlicher Geschwindigkeit fahrenden D-Zuges von 300t Gewicht, bestehend aus Lokomotive mit Tender, Gepäckswagen und 4 Stück sechsachsigen D-Zugwagen ist. Noch auf 4600 m Schußweite ist die Auftreffenergie des Geschosses doppelt so hoch als die lebendige Kraft des erwähnten Zuges, sie entspricht also der Energie beim Zusammenstoß von zwei solchen mit je 90·km Geschwindigkeit direkt gegeneinanderfahrenden D-Zügen.

Dieses mit Kappe versehene 35·5 cm-Panzergeschöß durchschlägt auf 4600 m noch 705 mm dicke und auf 8000 m noch 575 mm dicke KC-Panzerungen bei senkrechtem Auftreffen, während die schwersten auf Kriegsschiffen zur Verwendung kommenden Gürtelpanzer in der Wasserlinie nur etwa 305 mm stark sind.

¹⁾ Die Kultur der Gegenwart, IV. Bd., Technik des Kriegswesens, S. 323 und 324. B. D. Teubner, Berlin und Leipzig 1910.

Bei einer Elevation von 20° wird mit diesem Geschütz eine Schußweite von 24.600 m erreicht.“¹⁾

Bei der speziellen Besprechung der einzelnen Explosivstoffe sei zunächst das Schwarzpulver erwähnt. „Das alte Schwarzpulver hat durch die rauchlosen Pulver seine Bedeutung als Treibmittel für militärische Zwecke fast gänzlich eingebüßt und auch das aus Nitroglyzerin hergestellte Dynamit hat dem Sprengpulver große Arbeitsgebiete unwiederbringlich entzogen. Trotzdem aber und trotz der Einführung neuer Sprengmittel hat das Schwarzpulver Gebiete für sich zu behaupten gewußt, aus denen es voraussichtlich auch in absehbarer Zeit noch nicht verdrängt werden wird

¹⁾ Die Kultur der Gegenwart, IV. Bd., S. 346. „Während die Granate das Hauptkampfgeschöß gegen alle widerstandsfähigen Ziele ist, ist das Schrapnell das Hauptkampfgeschöß gegen lebende ungedeckte Ziele. Beim Schrapnell, dessen Erfindung dem englischen Oberst Shrapnell im Jahre 1810 zu danken ist, sind in einer dünnwandigen Geschößhülle eine große Anzahl kleiner Teilgeschöße, zumeist 9 bis 11 g schwere Hartbleikugeln, deren Gesamtgewicht bei gut konstruierten modernen Schrapnells etwa 45 bis 50% des ganzen Geschößgewichtes beträgt, und eine Treibladung von Schwarzpulver eingeschlossen. Die Treibladung wird im geeigneten Augenblick durch einen Zeitzünder, der allgemein in Form eines Doppelzünders zur Verwendung kommt, zur Explosion gebracht und stößt die Hartbleikugeln in Richtung der Flugbahn in Form einer Kugelgarbe, die sich kegelförmig ausbreitet, aus dem Geschößmantel aus.“ (Die Kultur der Gegenwart, IV. Bd., S. 350.)

(Erzbergwerke, Steinbrüche). Ein Präparat, das noch in sehr großen Quantitäten erzeugt wird, ist noch sehr lebensfähig und macht nicht den Eindruck unheilbaren Siechtums.

Die Zeiten des Militärgewehr- und Geschützpulvers sind für das Schwarzpulver allerdings unwiederbringlich dahin.“¹⁾

Versuch: Abbrennen von Schwarzpulver. Das Schwarzpulver, das aus zirka 75% Salpeter (KNO_3), 15% Kohle und 10% Schwefel besteht, hat mannigfache Übelstände. Es bilden sich bei der Verbrennung nicht nur gasförmige, sondern auch feste Verbindungen, wie Kalium-Schwefelprodukte, Pottasche (K_2CO_3), Kaliumsulfat (K_2SO_4). Diese festen Körper bleiben mit etwas Kohle gemischt in feinsten Verteilung in der Luft schweben und machen den undurchsichtigen Rauch aus. Wenn es nun gelänge, das Kalium aus der Zusammensetzung des Pulvers zu eliminieren, so würden wir ein stärkeres und rauchloses Pulver bekommen.

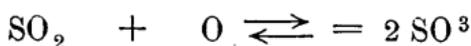
KNO_3	K_2O	N_2O_5
Kalisalpeter	Kali	Salpetersäureanhydrid

Nur N_2O_5 ist wirksam, weil es Sauerstoff abgeben kann. „Könnten wir demnach dieses Anhydrid oder den in der Salpeterformel enthaltenen Rest NO_3 direkt, also ohne Intervention des Kalis an die ver-

¹⁾ A. Voigt, Die Herstellung der Sprengstoffe, Halle a. S., W. Knapp (1913), S. 7, 8.

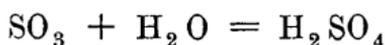
wirkt, d. h. die Gruppe NO_2 tritt in organischen Verbindungen an die Stelle von Wasserstoff.

Versuch: Schwefelsäure kann nach dem Kontaktverfahren aus Schwefeldioxyd (SO_2) und Sauerstoff unter Zuhilfenahme von Katalysatoren wie Platin erzeugt werden:



Schwefeldioxyd Sauerstoff Schwefeltrioxyd

Das gebildete Schwefeltrioxyd wird durch Wasser in Schwefelsäure übergeführt:



Schwefeltrioxyd Wasser Schwefelsäure

Schießbaumwolle.

Die Schießbaumwolle wurde von Christian Friedrich Schönbein, Professor der Chemie an der Universität in Basel, im Anfang des Jahres 1846 entdeckt.¹⁾ Zur Herstellung derselben wird entfettete Baumwolle in ein Gemenge von Salpetersäure und Schwefelsäure eingetaucht. Böttcher in Frankfurt am Main gelangte auf anderem Wege zur Auffindung von Schießbaumwolle. Er erkannte jedoch Schönbein den Ruhm der Priorität zu. Zur Verwertung der Erfindung trugen genannte Forscher dieselbe dem Deut-

¹⁾ Im 6. Hefte von W. A. Kahlbaum, Monographien aus der Geschichte der Chemie, Leipzig, J. A. Barth, 1901, S. 109 findet sich eine überaus interessante Arbeit über die Geschichte der Erfindung der Schießbaumwolle.

schen Bunde an. Es wurde eine Prüfungskommission gebildet, der auch der Hauptmann Baron von Lenk und Justus Liebig angehörten. Lenk interessierte sich überaus für die Erfindung und unterbreitete seiner Regierung einen günstigen Bericht. Der Deutsche Bund lehnte das Anerbieten Schönbeins ab und so traten an Stelle der Unterhandlungen mit dem Deutschen Bund Verhandlungen mit Österreich, die gegen Ende des Jahres 1852 zum Abschlusse gelangten. Schönbein und Böttcher traten ihre Erfindung an die österreichische Regierung ab.

Die Nitrierung der Baumwolle wird in irdenen Töpfen vorgenommen und in einer Zentrifuge das Säuregemenge von der Schießbaumwolle getrennt. Durch Waschen im Wasch-Holländer, Schneiden im Schneide-Holländer, längeres Auskochen mit Wasser (Stabilisieren) wird die nitrierte Watte von der anhaftenden Säure vollständig befreit.

Von der Formel der Zellulose ($C_6 H_{10} O_5$) oder $C_{24} H_{40} O_{20}$ ausgehend, unterscheidet man acht verschiedene Nitrierungsstufen von denen besonders in Betracht kommen:¹⁾

12 fach nitrierte Baumwolle Dodekanitrozellulose
 $C_{24} H_{28} O_8 (NO_3)_{12}$ mit 14·4 % Stickstoff,

11 fach nitrierte Baumwolle Endekanitrozellulose
 $C_{24} H_{29} O_9 (NO_3)_{11}$ mit 13·47 % Stickstoff,

¹⁾ O. Dammer, Chemische Technologie der Neuzeit, I. Bd., S. 562. (Stuttgart, F. Enke, 1910.)

10 fach nitrierte Baumwolle Dekanitrozellulose
 $C_{24}H_{30}O_{10}(NO_3)_{10}$ mit 12·75 % Stickstoff,

9 fach nitrierte Baumwolle Enneanitrozellulose
 $C_{24}H_{31}O_{11}(NO_3)_9$ mit 11·96 % Stickstoff,

8 fach nitrierte Baumwolle Oktonitrozellulose
 $C_{24}H_{32}O_{12}(NO_3)_8$ mit 11·11 % Stickstoff.

Versuch: Schießbaumwolle wurde in der oben beschriebenen Weise hergestellt.

Das so gewonnene Präparat hat äußerlich ganz das Aussehen von gewöhnlicher Baumwolle, verbrennt aber mit sehr großer Geschwindigkeit.

Versuch: Reine Baumwolle und Schießbaumwolle werden auf einem Blatt Papier entzündet, Schießwolle verbrennt so rasch, daß letzteres nicht gebräunt wird.

Versuch: Es werden die Dochte mehrerer Stearinkerzen durch einen nitrierten Baumwollfaden miteinander verbunden und durch Anzünden des von einer Kerze herabhängenden Fadens werden sämtliche Dochte entflammt.

Die Schießbaumwolle wird in gepreßtem Zustande mit einem Feuchtigkeitsgrade von 10—20 % Wasser als Sprengstoff für submarine Waffen (Minen und Torpedos) gebraucht. Die Ladung bei Seeminen variiert zwischen 40—250 kg. Für Torpedos beträgt sie zirka 130 kg. Die Initierung der feuchten Wolle erfolgt durch trockene.¹⁾

¹⁾ Krumbhaar (Prometheus), l. c., S. 68.

Durch Zusammenkneten von Nitrozellulose mit Kampfer unter Verwendung eines Gelatinierungsmittels wie Alkohol kann eine hornartige Masse, das Zelluloid, hergestellt werden.

Zelluloid ist eine leicht brennbare Substanz, die beim Berühren mit einem heißen Glasstab sich sehr leicht unter Entwicklung von brennbaren Gasen zersetzt. Letztere können mit Luft gemischt bei Anwesenheit einer Flamme explodieren und derartige Explosionen wurden schon wiederholt bei Zelluloidbränden beobachtet.

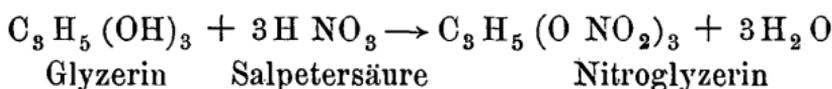
- Versuche:*
1. Entzündung von Zelluloid.
 2. Anzünden von feinverteiltem Zelluloid.
 3. Vorführung einer flammenlosen Zersetzung und Entzündung der gebildeten Gase.

Nitroglyzerin.

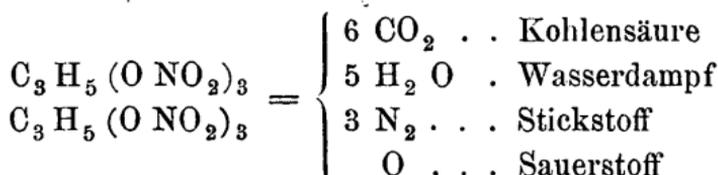
Dieser Explosivstoff wurde ebenfalls im Jahre 1846 von Ascanio Sobrero, Professor der Chemie in Turin, entdeckt. Obwohl der Erfinder auf die verschiedene Anwendbarkeit seines Präparates hinwies, blieb es längere Zeit unbenützt.

Nitroglyzerin kann aus Glyzerin und dem Nitriergemisch (Gemenge von Salpetersäure und Schwefelsäure) gewonnen werden, wobei der letztgenannten Säure die Rolle eines wasseraufnehmenden Mittels zufällt.

Aus nachstehenden Gleichungen ist die genannte Reaktion sowie die Zersetzung des Nitroglycerins bei Initiierung zu ersehen.



Explosionsgleichung.



2 Moleküle

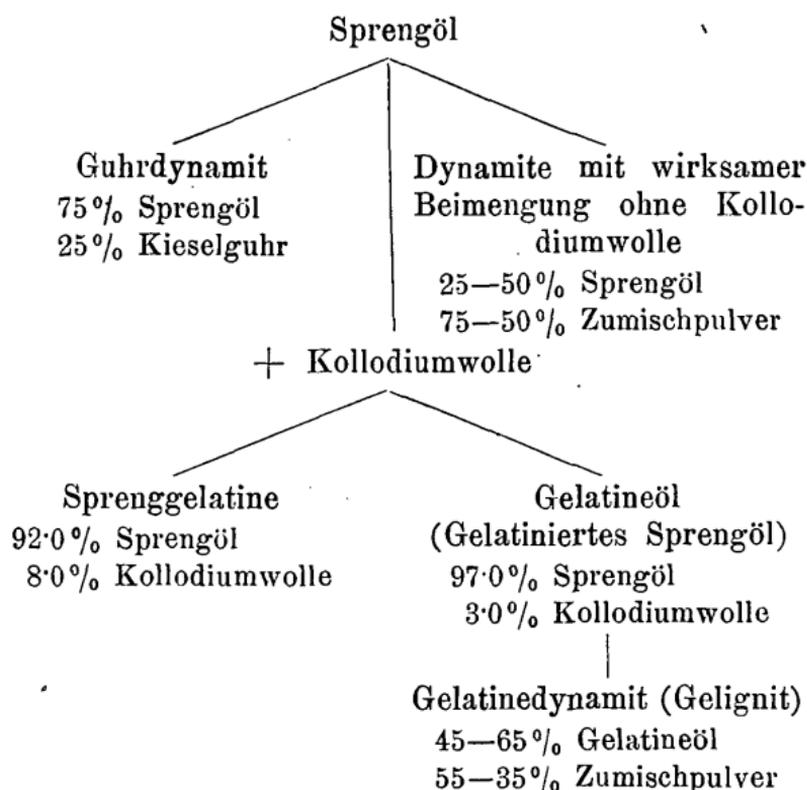
Nitroglycerin

Das von dem Säuregemenge befreite Nitroglycerin stellt ein gelblich gefärbtes Öl dar. Es ist giftig,¹⁾ die Dämpfe erzeugen Kopfweg und Schwindel. Es zeichnet sich hauptsächlich durch eine große Brisanz aus und wird für sich allein nicht als Sprengstoff angewendet.

Auf nachfolgender Übersicht²⁾ sind die wichtigsten Explosivstoffe, welche sich vom Sprengöl ableiten, verzeichnet.

¹⁾ „Nitroglycerin findet auch in der Heilkunde bei einer Reihe von Krankheiten (Herzkrampf, Neuralgie, Migräne) Anwendung. Eine seltsame Fügung wollte es, daß die Ärzte Alfred Nobel, der das Nitroglycerin als Sprengmittel erst gebrauchsfähig machte, zur Linderung seines Herzleidens Nitroglycerin verordneten.“ Wochenschrift Wiener Urania 7 (1914), S. 401.

²⁾ Heise, l. c., S. 52.



Das größte Verdienst um die fabriksmäßige Herstellung des Nitroglyzerins erwarb sich der schwedische Ingenieur Alfred Nobel.^{1) 2)}

¹⁾ Der Lebensgang des berühmten Ingenieurs A. Nobel ist in dem Werke R. Hennig, Buch berühmter Ingenieure, S. 140 niedergelegt (Leipzig, O. Spamer, 1911).

²⁾ Es wurden einige Imitationen von Sprengstoffen, welche dem Laboratorium für anorganische Chemie an der technischen Hochschule von der Aktiengesellschaft Dynamit Nobel in Preßburg zur Verfügung gestellt wurden, vorgezeigt.

Rauchloses Pulver.¹⁾

A. Nitrozellulose-Pulver.

Sowohl die in Äther, Alkohol unlösliche Schießbaumwolle, als die in den genannten Lösungsmitteln lösliche Kollodiumwolle quellen in organischen Solventionen wie Azeton, Essigäther zu Gallerten auf. Die Gelatinierung der Nitrozellulose ist die erste Phase der Fabrikation des rauchlosen Pulvers.

Schießwolle brennt ca. 300 mal so rasch als Schwarzpulver, die Gelatinierung hat den Zweck, diese Zersetzungsgeschwindigkeit zu vermindern.

Zur Gewinnung des rauchlosen Pulvers wird die nasse Schießwolle durch Behandeln mit Alkohol von Wasser befreit und die alkoholfuchte Wolle mit einem der oben genannten Lösungsmittel in Knetapparaten behandelt, bis eine homogene plastische Masse entstanden ist. Es können auch Substanzen wie Kampfer zugesetzt werden. Der gebildete Teig wird durch Düsen zu Fäden ausgepreßt oder durch Rollen in Plattenform gebracht.

Versuch: Es wird die Gelatinierung von Kollodiumwolle demonstriert.

Durch verschiedene mechanische Operationen wie Schneiden und Stanzen kann die Pulvermasse in die gewünschte Form in Plättchen, Stäbchen, Röhren etc. gebracht werden. Um elektrische Erscheinungen hintanzuhalten wird das Pulver noch graphitirt.

¹⁾ E. Grotowski, Rauchlose Pulver, Zeitschrift für das gesamte Schieß- und Sprengstoffwesen 9 (1914), S. 385.

Versuch: Abbrennen einiger Sorten Nitrozellulosepulver.¹⁾

B. Nitroglycerin-Pulver.

Zur Herstellung dieses Treibmittels wird nasse Schießwolle mit Sprengöl unter Wasser durchgeknetet. Die so erhaltene plastische Masse kann dann durch geeignete Maschinen in die gewünschte Form gebracht werden.

Versuch: Abbrennen einiger Sorten Nitroglycerin-Nitrozellulose-Pulver.

Vergleich der modernen Pulver mit dem alten Schwarzpulver.

Die rauchlosen Pulver haben auf die ganze Taktik des modernen Krieges entscheidenden Einfluß genommen.

Die genannten Präparate liefern bei der Verbrennung keinen Rauch vor der Feuerlinie, hinterlassen keine Krusten im Rohr und gestatten so die Feuer- geschwindigkeit aufs Höchste zu steigern. Diese Eigenschaften der neuen Schießmittel machten die Konstruktion der Magazin-Maschinengewehre und der Schnellfeuerkanonen möglich.

Auf das gleiche Quantum bezogen, beträgt die entwickelte Wärme und Gasmenge²⁾

¹⁾ Das k.u.k. Kriegsministerium hatte die Güte, einige Sorten rauchlosen Pulvers zur Verfügung zu stellen.

²⁾ Krumphaar (Prometheus), I. c., S. 52.

	Kalorien	Liter
bei modernem Pulver . . .	1000—1200	900—1000
bei Schwarzpulver	750	300

Die ballistischen Eigenschaften des rauchlosen Pulvers sind sehr günstige. Es wird durch dasselbe eine rasante (ebene) Flugbahn, eine Verbesserung der Treffergebnisse, Erhöhung der Durchschlagskraft sowie der Schußweite erzielt.

Aus nachfolgender Tabelle¹⁾ sind diese Verhältnisse deutlich zu ersehen.

Ballistische Vergleiche zwischen Schwarzpulver und rauchlosem Pulver.

	Schwarzpulver				Rauchloses Pulver	
	1740	1841	1870	1884	1888	1905
Laufdurchmesser des Gewehres . . . mm	20·1	15·4	15·4	11	7·9	7·9
Geschoßgewicht . . . g	30	31	21·5	25	14·7	10
Pulverladung g	14·5	4·8	4·8	5	2·6	3·2
Geschoßgeschwindigkeit m	100-200	280	340	430	620	860
Kinet. Energie d. Geschoss. a. d. Münd. mkg	30-50	140	140	250	310	400
Bestrichener Raum für 1·7 m Zielhöhe . m	100	200	250	350	550	700
Gezielte Schüsse in der Minute . . . Anzahl	4	5	8	12	20-25	20-25
Größte Visier-Schußweite m	300	560	1200	1600	2000	2000
Gesamt-Schußweite m	1000-1500	2000	2500	3000	4000	4000

¹⁾ H. Brunswig, l. c., S. 65.

Das rauchlose Pulver verträgt den Transport sehr leicht.

Die Fabrikation des stabilen rauchlosen Pulvers ist eine überaus schwierige Sache und ein richtiger Pulvermacher muß, um sich der Worte eines bedeutenden Vertreters dieser Fabrikation, Major Schnayder, zu bedienen, vier Eigenschaften haben. „Er muß Chemiker, Technologe und Ballistiker sein und darf nie verzagt werden, mag ihn auch die Nitrozellulose zuweilen noch so sehr zum Besten halten.“¹⁾

Aromatische Nitrokörper.

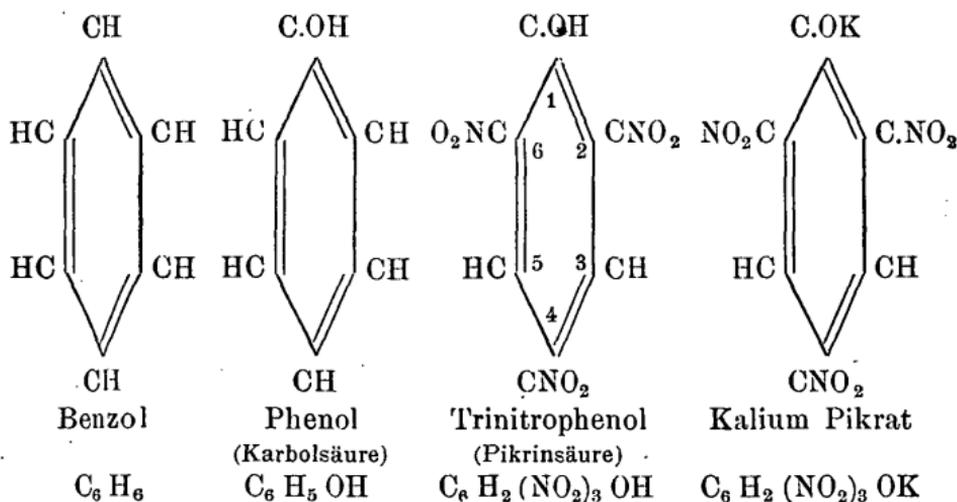
A. Pikrinsäure.

Aromatische Nitrokörper entstehen durch Einwirkung von Salpetersäure und Schwefelsäure auf organische Substanzen, wie Kohlenwasserstoffe, Phenole etc.

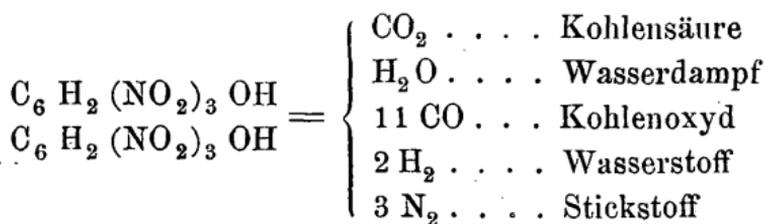
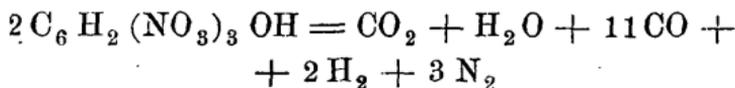
Ein alter, zu dieser Reihe gehöriger Sprengstoff ist die Pikrinsäure. Letztere wird durch Einwirkung der genannten Säuren auf Phenol (Karbolsäure) gewonnen und stellt eine gelbe kristallisierte, bei 120⁰ schmelzende Substanz dar.

¹⁾ R. Schnayder, Die chemische Technologie des rauchschwachen Pulvers mit besonderer Berücksichtigung der modernen Jagdpulver, Zeitschrift des Österr. Ingenieur- und Architektenvereines 64 (1912), S. 612.

Die Formeln der Ausgangsprodukte sowie der Pikrinsäure selbst sind im nachstehenden verzeichnet, ebenso ist die Explosionsgleichung angegeben.



Explosionsgleichung.



2 Moleküle

Pikrinsäure.

Sehr leicht bilden sich aus der Pikrinsäure Salze — Pikrate, welche besonders empfindlich gegen Stoß

und Schlag sind. Es dürfen deshalb Geschosse nicht direkt mit der Säure in Verbindung treten und ist das Innere derselben mit Farbe oder Lack angestrichen.

Die Pikrinsäure selbst wird durch Stoß und Schlag nicht beeinflusst. Man kann sie im gepreßten oder geschmolzenen Zustand mit Dreh- und Schneidewerkzeug behandeln. Sicher kann dieser Sprengstoff durch die Knallquecksilberkapsel initiiert werden. Er detoniert dann mit größter Geschwindigkeit und stellt überhaupt einen der kräftigsten Sprengstoffe dar, der auch eine große Lagerbeständigkeit zeigt. Pikrinsäure kann durch Komprimierung oder Schmelzung eine große Ladedichte verliehen werden. Dient zur Füllung von Granaten.

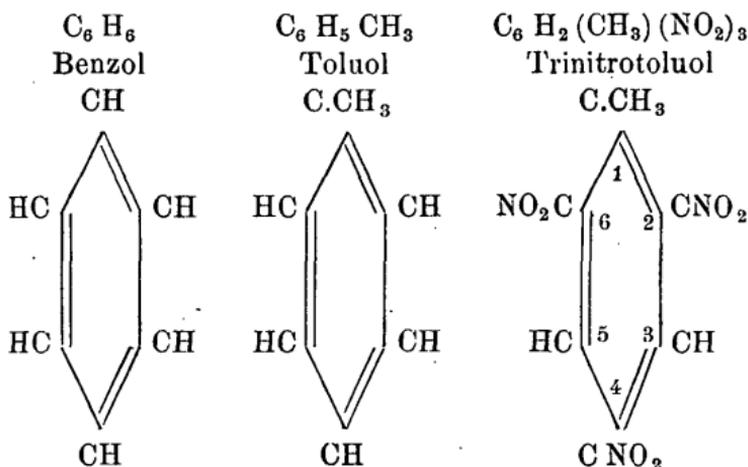
Pikrinsäure-Präparate sind: Ekrasit, Melinit, Lyddit, Shimosepulver.

Versuch: Erhitzung von Pikrinsäure und Pikraten auf einem Eisenteller.

B. Trinitrotoluol.

Dieser moderne Sprengstoff wird durch Einwirkung des Nitrierungsgemisches auf Toluol gewonnen. Trinitrotoluol stellt eine hellgelb gefärbte Substanz dar, die völlig neutral ist, Metalle nicht angreift und deshalb mit Geschossmänteln und Kugelmaterial in Berührung kommen darf.

Die Formel der Ausgangsmaterialien sowie des Trinitrotoluol selbst sind aus Nachstehendem zu ersehen:

Trinitrotoluol.

Trinitrotoluol ist gegen Stoß und Schlag viel weniger empfindlich als Pikrinsäure. Es kann als Geschosfüllung auch bei den größten Kalibern als genügend schußsicher angesehen werden. Auch hat dieser Sprengstoff es möglich gemacht, die Granate und das Schrapnell in einem Einheitsgeschos zu vereinen.¹⁾

Trinitrotoluol, das im Wasser unlöslich ist, wird auch für Unterwassersprengungen sowie zum Füllen von Minen und Torpedos verwendet.

Versuch: Auf einer Eisentasse wird Trinitrotoluol verpufft.

Zündmittel.

Die dem Schwarzpulver innewohnende Energie läßt sich in einfachster Weise z. B. durch einen Funkenstrahl (Brandel, Stoppine) auslösen. Bei den soge-

¹⁾ Krumhaar (Prometheus), l. c., S. 85.

nannten detonierenden Sprengstoffen, wie Schießwolle, Dynamit, genügt diese Art der Initiierung nicht, um die Gesamtenergie des Sprengstoffes zur vollen Kraftentfaltung zu bringen.

Es ist das Verdienst des großen Gelehrten und Ingenieurs A. Nobel,¹⁾ zuerst das Prinzip angegeben zu haben, derartige detonierende Explosivstoffe mit Sicherheit zu initiieren.

1867 hat er die schon damals bekannte Knallquecksilberkapsel zur Initiierung des Nitroglyzerins eingeführt und gezeigt, daß man mit derselben nicht durch einfache Zündung zur Detonation kommende Sprengstoffe leicht und sicher zur Entwicklung ihrer Energie zwingen kann.

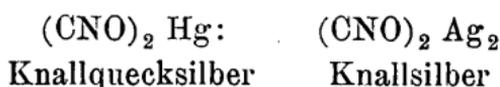
Diese Erkenntnis ist als einer der größten Fortschritte auf dem Gebiete der Sprengtechnik seit Erfindung des Schießpulvers anzusehen. Dieser eigenartige Initialimpuls kann auch zur Erkennung der Sprengstoffnatur verschiedener Stoffe herangezogen werden.

¹⁾ In dem Vorwort des früher zitierten Werkes von R. Hennig findet sich nachfolgende Bemerkung: „Gerade über die großen Ingenieure unserer Zeit pflegt außerhalb der Fachkreise meist erschreckend wenig bekannt zu sein. Man kennt wohl allenfalls ihre bedeutendsten Leistungen, man kennt, wenn's hoch kommt, auch ihre Namen; aber damit pflegt in der Regel das Interesse für den Mann und seine Leistungen, sein Wollen und sein Streben auch erschöpft zu sein: Seine Person wird dem Bewußtsein des Volkes nicht nahegelegt, wird nicht populär.“

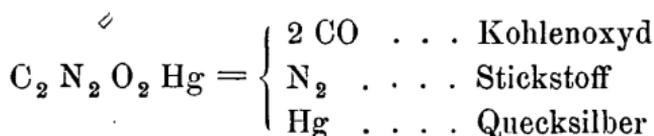
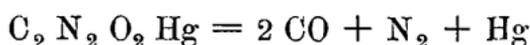
Knallquecksilber.

Ein sehr altes Zündmittel ist das Knallquecksilber, welches im Jahre 1799 von Howard entdeckt wurde.¹⁾ Dasselbe kann durch Einwirkung von Salpetersäure auf Quecksilber und Alkohol hergestellt werden.

Formel und Explosionsgleichung sind aus nachstehender Zusammenstellung zu ersehen:



Explosionsgleichung.



Das Knallquecksilber kristallisiert in weißen Nadeln, welche gegen Stoß außerordentlich empfindlich sind. Zur Füllung der Zündhütchen wird ein Satz genommen, der vorwiegend aus Knallquecksilber besteht, weiters werden Schwefelantimon, Glaspulver, Kaliumchlorat, Nitrate, Chromate und Superoxyde zugesetzt.

¹⁾ Liebig hat sich schon in seinen jungen Jahren eingehend mit dem Knallquecksilber beschäftigt. Sehr interessante Daten darüber finden sich in einem Vortrag, den A. Bauer zur 100. Geburtstagsfeier Liebigs in der Fest-Generalversammlung des Niederösterreichischen Gewerbevereines am 8. Mai 1903 hielt.

Die Zündhütchen für Gewehrpatronen (Schwarzpulver) enthalten ca. 15 mg Knallquecksilber, die für rauchschwaches Pulver ca. 40—45 mg.

Die Sprengkapseln zur Zündung der Sprengkörper enthalten ca. 0·3—2 g.

Vom österreichischen Artillerie-General-Ingenieur Ph. Heß ist eine mit Knallquecksilber gefüllte Zündschnur angegeben, die mit einer Geschwindigkeit von 5000 m in der Sekunde explodiert (detonierende Zündschnur). Man kann diese Schnur mit phlegmatisiertem¹⁾ Knallquecksilber füllen und sie dadurch unempfindlicher gegen mechanische Einwirkungen machen.

Versuch: Es wird eine phlegmatisierte Knallquecksilberzündschnur abgebrannt und diverse Kapseln²⁾ vorgezeigt.

In neuester Zeit werden auch Salze der Stickstoff-Wasserstoffsäure (N_3H), sogenannte Azide, als Ersatz für Knallquecksilber verwendet. Vorwiegend wird das Blei-Azid $Pb(N_3)_2$ benützt.

Die kolossale Verwendung der Sprengstoffe in der Ingenieurbankunst soll hier nur gestreift werden.

Nach Zschokke³⁾ sollen beim Bau des Simplon-

¹⁾ Durch Zusatz von Vaseline wird das Knallquecksilber weniger sensibel. Man nennt diese Operation Phlegmatisieren.

²⁾ Die Firma Alder hatte die Güte, diverse Kapseln zur Verfügung zu stellen.

³⁾ B. Zschokke, Sprengmittel und Sprengarbeit beim Bau des Simplontunnels, Zürich 1905, S. 44, Verlag E. Speidel.

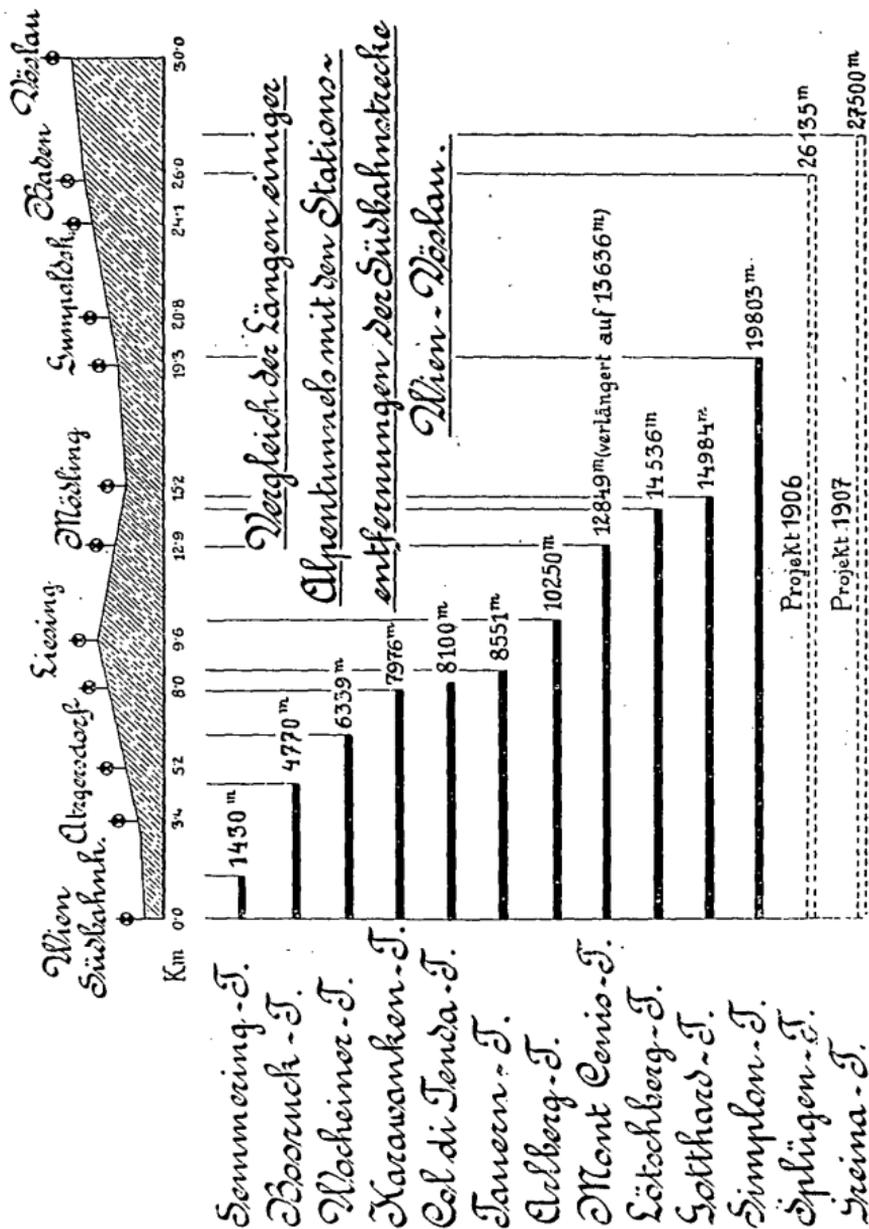
tunnels ca. 1·4 Millionen kg Dynamit verbraucht worden sein. Die in demselben befindliche Quantität Sprengöl beträgt ca. 0·9 Millionen kg entsprechend 590000 l Nitroglyzerin. Diese Quantität Nitroglyzerin (ca. 590 m³) würde ein Zimmer von den Dimensionen 8·5 × 8·5 × 8 m füllen.

Professor v. Reckenschuß hatte die besondere Güte zwei höchst interessante Zusammenstellungen, welche auf Seite 377 bis 379 verzeichnet sind, zur Verfügung zu stellen.

Die bedeutende Erhöhung der Leistungen beim Tunnelbau ist nicht nur den fortwährend verbesserten Bohrmaschinen und Sprengmitteln zu danken, sondern auch der heutigen Organisation der Arbeit, die ein bewundernswertes Ineinandergreifen der einzelnen Teile des Betriebes verbürgt.

Ich habe mir nun erlaubt, Ihnen in größter Kürze einiges über Explosivstoffe zu erzählen. Wollen Sie das Lückenhafte der Darstellung gütigst entschuldigen. Halten wir uns noch vor Augen, welche wichtiges Element der kulturgeschichtlichen Entwicklung und politischen Macht diese so labilen Verbindungen sind.

Hoffen wir, daß unsere Schieß- und Sprengmittel mithelfen, uns in Bälde einen ehrenvollen Frieden zu geben, auf daß der zerstörenden Phase wieder eine aufbauende folgen kann und daß diese Riesenkräfte, welche der Mensch durch seinen Geist zu bändigen versteht, wieder in den Dienst friedlicher Arbeit gestellt werden



Fortschritte des voreilenden Stollens bei den fünf längsten Tunnels der Erde.

(Die Baufortschritte des Tunnel-Vollausbruches und die zur Herstellung des betriebsfähigen Tunnels erforderliche Zeit gäben kein Bild von den Leistungen der Bohrmaschinen und Sprengmittel.)

Tunnel	Zeit der Erbauung	Tunnellänge in Metern	Größter Monatsfortschritt in einem Stollen	Gebirge in der Strecke der größten Stollenfortschritte	Anmerkung
Mont Cenis	1857—71	12.849 (später verlängert auf 13.636)	91 m (Nordstollen Mai 1865)	Kalkschiefer	—
Gotthard	1872—82	14.984	172 m (Südstollen August 1878)	Gneis	—

Arlberg	1880—84	10.250	195 m (Weststollen Juli 1883)	Glimmer- und Graphitschiefer	—
Simplon	1898—1906	19.803	238 m (Südstollen Juni 1902)	Glimmerschiefer	Größter Tagesfortschritt (ge- rechnet aus der Wochenleistung) 9 m (Südseite Juni 1902).
Lötschberg	1906—13	14.536	309 m (Nordstollen Juli 1909)	Hochgebirgskalk	Größter Tagesfortschritt 13.2 m (Nordstollen 13. April 1909).

In den ersten Jahren des Stollenvortriebes beim Mont Cenis-Tunnel (Handbohrung, Schwarzpulver) betrug der durchschnittliche Tagesfortschritt an einer Angriffsstelle **0.5 m**.

Heute (Maschinenbohrung, Dynamit, Sprengelatine) kann dieser je nach der Gebirgsart im Mittel mit **4.5 m bis 5.5 m** angenommen werden; in Ausnahmefällen wurden schon Tagesfortschritte von **10 bis 13 m** erreicht.

Der Querschnitt eines Stollens mißt **6 bis 7 Quadratmeter**.

können, daß Bahnen, Tunnels, überhaupt Verkehrswege neu geschaffen werden, welche die Völker einander wieder näher bringen.

Das zeitweilige Ringen der Völker scheint eine Naturnotwendigkeit zu sein, überall in der Natur sehen wir den Kampf, Niveauunterschiede zwischen den Völkern werden immer vorhanden sein.

Die Wissenschaft ist es, welche die Völker einander wieder näher bringen muß, und ich verweise auf den Ausspruch Pasteurs: „Es ist der Mangel an Kenntnis, welcher die Menschen trennt, und die Wissenschaft, welche sie vereint.“

Doch, um auf unsere Explosivstoffe zurückzukommen, was nützten uns diese und die ausgezeichneten Gewehre und Geschütze, wenn wir nicht ein geeintes Reich wären, wenn nicht jeder Einzelne flammende Begeisterung für Kaiser und Vaterland empfindete. Österreich und Deutschland verfügen über unvergleichlich tapfere Heere, die in diesem Kriege so unermesslich viel geleistet haben und noch leisten werden. Die Begeisterung, die Mutter großer Taten, ist zu jedem großen Werke nötig und ohne diese wäre die Kriegswissenschaft und Kriegstechnik nicht imstande, zum Siege zu führen.

Fichte sagt in seinen Reden an die deutsche Nation: „Wo das Ewige begeistert, siegt immer und notwendig diese Begeisterung über den, der nicht begeistert ist. Nicht die Gewalt der Arme noch die Tüchtigkeit der Waffen, sondern die Kraft des Gemütes ist es, welches die Siege erkämpft.“

Wenn auch der Friede, den wir alle sehnlichst herbeiwünschen, vielleicht noch manchen Monat auf sich warten lassen wird, Frieden muß und wird kommen, ein ehrenvoller Friede, dessen Segnungen wir erst durch die bitteren Erfahrungen des Krieges erfassen und schätzen werden. Es gibt viel gutzumachen, denn nicht nur Materielles ist zerstört worden, die Liebe und das Vertrauen der Völker zueinander ist ins Wanken gekommen. Doch mag in dem ständigen Kreislauf des Lebens auch hier das Gute sich durchdringen, einer neuen Wiedergeburt des Daseins entgegenstrebend. Das walte Gott!

Am Schlusse des Vortrages wurden zahlreiche Lichtbilder vorgezeigt, darunter auch die Bilder von Schönbein, Nobel und Sobrero.

Der Vortragende spricht den Herren Assistenten Ingenieur Josef Nußbaum und Ingenieur Herbert Freiherrn von Klimburg den Dank für die gütige Unterstützung bei der Vorbereitung und Demonstration der Experimente aus.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Schriften des Vereins zur Verbreitung naturwissenschaftlicher Kenntnisse Wien](#)

Jahr/Year: 1915

Band/Volume: [55](#)

Autor(en)/Author(s): Bamberger Max

Artikel/Article: [Explosionen, Schießmittel und Sprengstoffe. 341-381](#)