

Sprengstoffe und Explosionen.

Von

Rudolf Benedikt.

Vortrag, gehalten den 25. November 1891.

(Mit Experimenten.)

Mit 3 Abbildungen im Texte.

Meine Herren und Damen!

Lepsius hat in einem Vortrage über „das alte und neue Schießpulver“,¹⁾ welchen er auf der letzten Naturforscherversammlung in Halle a. S. hielt, zunächst die Frage aufgeworfen: „Wer hat das Pulver erfunden?“ und dieselbe mit der für seine gelehrten Zuhörer gewiss sehr schmeichelhaften Gegenfrage beantwortet: „Wer hat das Pulver nicht erfunden?“

Obwohl ich nun in keiner Weise daran zweifle, dass jeder der hier Anwesenden in der Lage wäre, das Pulver zu erfinden, wenn ihm nicht schon andere zugekommen wären, so sei es mir heute doch gestattet, Sie für die kurze Zeit, in der ich Sie um freundliches Gehör bitte, von dieser und ähnlichen zugleich so nützlichen und schrecklichen Erfindungen zu unterhalten.

Man könnte einem Vortrage über Sprengstoffe leicht eine politische Einleitung geben und alle die Ideen, welche man über Krieg und Frieden hat, dabei zum

¹⁾ Sonderabdruck aus den Verhandlungen der Gesellschaft deutscher Naturforscher und Ärzte, Leipzig, F. C. W. Vogel.

Besten geben. Hoffentlich wird dies der Vortragende in künftigen Jahrhunderten auch so machen müssen, weil man dann die Kriege nur mehr vom Hörensagen kennen wird. Wir sind über diesen Punkt aber leider noch so genau informiert, dass ich mir wohl erlauben darf, direct zur Sache selbst überzugehen.

Auch die Geschichte des Schießpulvers will ich nur kurz berühren. Doch kann ich es nicht unterlassen, meinen Kummer darüber auszusprechen, dass mir Lepsius, und vor ihm schon andere, meinen guten Glauben an die Existenz des Franziskanermönches Berthold des Schwarzen genommen und diese höchst poetische Figur in das Reich der Fabel verwiesen hat. Ihm sind es die Chinesen — und er ist gewiss besser unterrichtet als ich, dem der Sinn für historische Quellenforschung ganz abgeht —, welche unzweifelhaft zuerst Zündsätze gemacht haben. Vom 4. Jahrhundert bis spät in das Mittelalter hinein bedienten sich die Byzantiner des Pulvers, welches damals „griechisches Feuer“ genannt wurde, zur Vertheidigung von Constantinopel, indem sie es brennend auf den Feind warfen, aber erst um die Mitte des 13. Jahrhunderts entdeckte man seine treibende Kraft, d. h. man lernte damit schießen. In der ersten Hälfte des 14. Jahrhunderts werden Mörser und Kanonen schon allgemein benützt, zuerst im Festungskrieg und 1346 auch in der Schlacht von Crécy.

„Seither,“ sagt Lepsius, „hat das alte Pulver in fast unveränderter Gestalt seine Weltherrschaft

behauptet; wenn es heute vom Kriegsschauplatze verschwindet, um einem neuen zu weichen, so bedeutet dies einen Wendepunkt, welcher das höchste Interesse nicht nur des Soldaten, sondern ebenso sehr des Naturforschers, ja eines jeden gebildeten Zeitgenossen in Anspruch nimmt.“

Unser Interesse wird dem Wesen unseres Vereines nach mehr mit dem des Naturforschers als dem des Soldaten zusammenfallen. Unsere Aufgabe wird zunächst sein, zu untersuchen, was denn das alte und das neue Schießpulver ist, und wie wir uns deren Fähigkeit, zu explodieren, erklären können. Oder noch besser, wir wollen noch ein Stück weiter zurückgehen und uns vorerst mit dem Wesen der Explosion näher vertraut machen.

Ich habe hier zwei gleich große leere Kautschuksäckchen, welche dazu bestimmt waren, mit Wasserstoff gefüllt und zugebunden, das beliebte Kinderspielzeug, die kleinen Luftballons zu geben. Ich fülle den einen mit Wasser, binde ihn an das Rohr einer kleinen Pumpe an und presse durch fortgesetztes Pumpen Wasser ein. Schon hat der Ballon einen Riss bekommen, das Wasser fließt aus, ohne dass wir ein Geräusch, geschweige denn einen Knall gehört hätten.

In den zweiten Ballon pumpe ich in gleicher Weise Luft ein. Nach kurzer Zeit zerspringt er mit lautem Knall. Es hat eine Explosion stattgefunden.

Der Unterschied in der Art des Platzens ist darauf zurückzuführen, dass die Gase und somit auch die

Luft comprimierbar sind, während dem Wasser diese Eigenschaft nahezu vollständig abgeht. Der mit Luft gefüllte Ballon enthält das Gas in stark zusammengedrücktem Zustande. Im Augenblick des Zerplatzens dehnt es sich plötzlich zu seinem früheren Volum aus und wirkt mit heftigem Stoß auf die umgebende Luft, welche zuerst fortgeschleudert wird, dann wieder zurückströmt und so in heftige Schwingungen geräth, welche sich als Wellen durch die Luft fortpflanzen und in unserem Ohr die Empfindung des Knalles hervorrufen. Da das Wasser in der anderen Blase nicht zusammengedrückt ist, so kann es sich auch beim Springen der Blase nicht ausdehnen, und es wird ebensowenig eine Explosion stattfinden, als wenn ein zu enger Handschuh, den wir mit Gewalt anziehen wollen, reißt.

Von diesem Verhalten macht man bei der Prüfung der Dampfkessel Gebrauch. Man füllt sie ganz mit Wasser und pumpt so lange Wasser ein, bis ein Manometer den Druck anzeigt, für welchen der Kessel geprüft werden soll. Würde er die Probe nicht aushalten, so bekäme er einfach einen Riss, eine Explosion könnte nicht stattfinden. Steht dagegen der Dampfkessel im Betriebe, dann können fürchterliche Explosionen eintreten, indem sich in dem Augenblicke, als die Kesselwand reißt, plötzlich sehr große Mengen Dampf aus dem beträchtlich über 100 Grad erhitzten Wasser entwickeln. Das Volumen des Kesselinhalts vermehrfacht sich in außerordentlicher Weise und mit solcher Schnelligkeit und Kraft, dass die Kesselwände

weit umhergeschleudert werden und wie schwere Geschosse großen Schaden anrichten können.

Eine Explosion ist also nichts anderes als eine plötzliche, sehr bedeutende Volumvergrößerung.

Wie wir an dem Versuche mit dem Kautschukballon gesehen haben, kann eine Explosion auch ohne Verbrennung zustande kommen. Weil aber die in der Technik verwendeten Sprengmittel die Explosion durch Entzündung hervorrufen, ist es nothwendig, dass wir uns einige bekannte Sätze aus der Theorie der Flammen ins Gedächtnis zurückrufen.

Wo ein Gas in einem anderen verbrennt, findet die Vereinigung dieser beiden Gase, d. i. eben die Verbrennung, nur in einem verhältnismäßig dünnen Mantel statt, welcher sich von der Fläche, in welcher sich die Gase berühren, nur wenig in das Innere der Flamme erstreckt. Wenn Sie eine Kerzen- oder Gasflamme genau betrachten, so sehen Sie dieselbe von einem nicht leuchtenden Saum umgeben, in welchem die Verbrennung ihren Hauptsitz hat. Im mittleren leuchtenden Theil der Flamme verbrennt nur der kleinste Theil des Gases. In ihm schweben die festen Rußtheilchen, welche wir mit einem hineingehaltenen kalten Gegenstand leicht herausholen können. Sie sind es, die, zur hellen Glut erhitzt, das Leuchten der Flamme bewirken. Kommen sie dann in ihrer vom Centrum nach außen fortschreitenden Bewegung in den äußeren Saum, so finden sie genug Luft oder richtiger genug Sauerstoff, um zu Kohlensäure zu verbrennen.

Wenn es richtig ist, dass die Flamme sich an der Grenzfläche des brennbaren und des die Verbrennung unterhaltenden Gases, z. B. von Leuchtgas und von Luft entzünden lässt, dann müssten wir auch, wenn dieser Saal mit Leuchtgas gefüllt wäre, darin Luftflammen brennen lassen können, indem wir aus diesen Brenneröffnungen Luft ausströmen ließen. Dass dies in der That möglich wäre, will ich Ihnen im kleinsten Maßstabe zeigen.

Ein Lampencylinder (Fig. 1) ist mit einer Messingkappe versehen, welche ein verschiebbares Plättchen trägt, mit dem die etwa 3 *cm* weite Öffnung der Kappe verschlossen werden kann. Das untere Ende des Cylinders ist mit einem Korke verschlossen, durch dessen Mitte ein beiderseits offenes, etwa 1 *cm* weites Rohr (*b*) hindurchgeht, während ein seitlich angebrachtes Rohr (*a*) die Zuführung des Leuchtgases gestattet. Ich lasse nun durch den Cylinder bei geschlossener Klappe Leuchtgas hindurchtreten und entzünde dasselbe bei *b*. Öffne ich nun die Klappe, so rückt die Flamme an die obere Öffnung von *b* und nun brennt gleichsam die Luft im Leuchtgas. Dass der Cylinder mit Leuchtgas gefüllt ist, erkennen wir daran, dass wir nun das Gas bei *c* entzünden können. Füllen wir einen Glascylinder mit Boden, während wir seine Öffnung nach unten halten, mit Leuchtgas und führen wir nun eine brennende Kerze ein, so sehen wir, dass sich das Gas an der Berührungsstelle mit der Luft entzündet, die Kerze im Innern des Gases aber verlöscht.

Dass die Flammen einen inneren, verhältnismäßig sehr kühlen Theil besitzen, lässt sich auch in folgender Weise leicht zeigen. Ich lege auf den oberen Rand des Cylinders dieser Gaslampe ein Stück durchlöchernten Cartons, wie ihn die Damen zu Stickerarbeiten benützen,

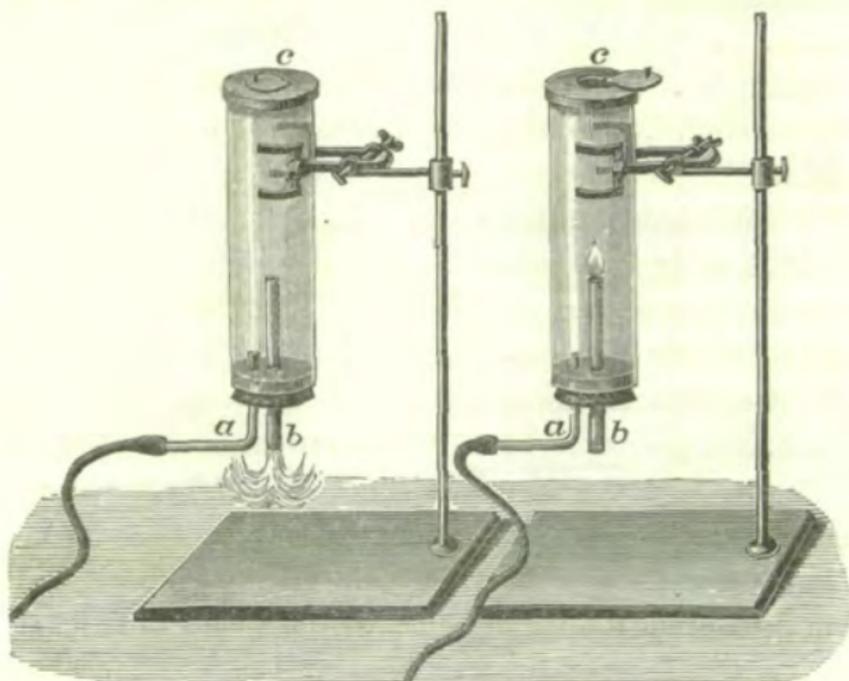


Fig. 1.

und in dessen Mitte eine Priesse Schießpulver. Ich lasse nun Gas ausströmen und kann oberhalb des Cartons eine schwach leuchtende Flamme entzünden, welche das Pulver umgibt. Erst wenn ich die Flamme ganz klein mache, so dass das Schießpulver in deren Saum geräth, findet Verpuffung statt.

Aber auch der Versuch der Verbrennung fester, keine brennbaren Gase liefernder Körper, wie z. B. des Magnesiums oder Zinks in der Luft lässt sich umkehren. Ich schmelze in einem Eisenlöffel ein wenig chlórsaures Kali und halte es in eine Leuchtgasatmosphäre, die ich mir in ähnlicher Weise wie früher hergestellt habe (Fig. 2). Sie sehen, dass sofort lebhaftes Verbrennen stattfindet. Das Leuchtgas verbrennt auf Kosten des Sauerstoffes, welchen das chlórsaure Kali abgeben kann.

Wir haben nun Leuchtgas in Luft und umgekehrt auch Luft in Leuchtgas ruhig brennen sehen, indem die Verbrennung nur in jener Fläche vor sich geht, in welcher sich die beiden Gase berühren, oder richtiger in dem dünnen Mantel, in welchem sie mit einander in einem gewissen Verhältnis gemischt sind. Mischen wir die beiden Gase unmittelbar vor der Verbrennung und entzünden wir das Gemenge sodann, so wird das Volumen der Flamme stark verkleinert und dadurch, weil in kleinerem Raume dieselbe Wärmemenge entwickelt wird, die Temperatur der Flamme bedeutend erhöht. Während ich in dieser Gasflamme Glas nicht erweichen kann, schmilzt dasselbe leicht, wenn ich mittels eines Gebläses Luft in die Flamme einführe.

Noch heißer ist das kleine, fast lineare Flämmchen, welches ich nun entwickle, und zwar dadurch, dass ich Sauerstoff in eine Wasserstofflamme eintreten lasse. In der Flamme dieses sogenannten Knallgasgebläses wollen wir z. B. eine gewöhnliche Stricknadel erhitzen

und werden dieselbe unter lebhaftem Funkensprühen zu Oxyd verbrennen sehen.

Wir würden uns hingegen der größten Gefahr aussetzen, wenn wir die beiden Gase nicht erst in der Flamme, sondern vorher in größeren Behältern

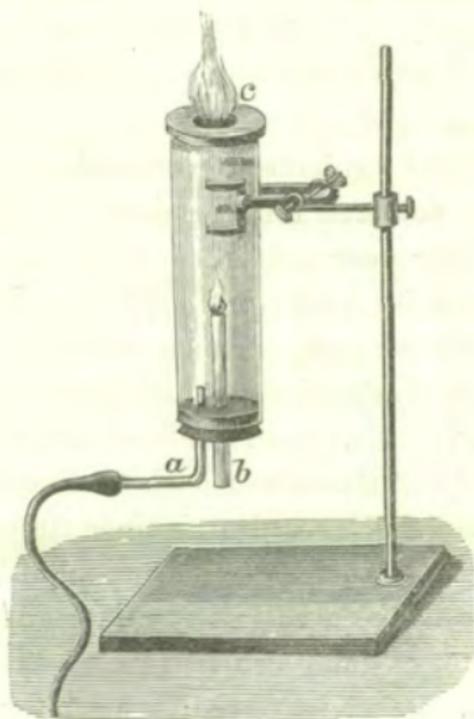


Fig. 2.

mischen würden, weil wir dann explosive Gemenge erhielten.

Die Entzündung würde sich dann von einer Stelle momentan oder doch in einer Zeit, die nur nach ganz kleinen Bruchtheilen von Secunden zählt, durch den

ganzen Raum fortpflanzen und die plötzliche Ausdehnung durch die bedeutende Wärmeentwicklung eine so gewaltige sein, dass die Reservoirs unfehlbar zertrümmert würden.

Zum Zustandekommen einer Leuchtgasexplosion ist es also unbedingt nothwendig, dass Luft- und Leuchtgas in einem Verhältnis gemischt sind, welches, ohne Hinzutritt der äußeren Luft, schon in sich selbst entzündlich ist.

Leuchtgas explodiert, wenn es mit dem vier- bis zehnfachen Volumen Luft gemischt ist. Ist die Luftmenge kleiner oder größer, so findet keine Explosion statt. Daher ist auch die Explosionsgefahr in Wohnungen nicht so groß, als man meist annimmt. Man habe z. B. in einem Zimmer mittlerer Größe, sagen wir von 130 m^3 Inhalt, einen Gashahn offen gelassen und betrete dieses Zimmer erst nach 10 Stunden, und zwar mit brennender Kerze. Durch einen Brenner größeren Calibers strömen in der Stunde circa 200 l, in 10 Stunden 2 m^3 aus, das Verhältnis von Gas und Luft ist somit erst 1 zu 65, es kann also lange noch keine Explosion stattfinden. Dabei ist überdies noch der Luftwechsel durch den Kamin etc. nicht berücksichtigt. Wir wollen in der von Heumann angegebenen Weise eine Leuchtgasexplosion herbeiführen. Wir füllen die in Fig. 3 gezeichnete, mit drei Öffnungen versehene Flasche zunächst durch das in die eine Öffnung eingesetzte Rohr mit Leuchtglas und entzünden dasselbe am Ende eines zweiten, beiderseits offenen Rohres, während wir die

dritte Öffnung verschlossen halten. Sperren wir nun den Gaszufluss ab und entfernen den in die dritte Öffnung eingesetzten Pfropf, so tritt Luft in die Flasche ein und mischt sich dem Gase bei, wodurch die Flamme immer mehr entleuchtet wird. Ist endlich der Luftgehalt des Gases groß genug geworden, dann steigt das

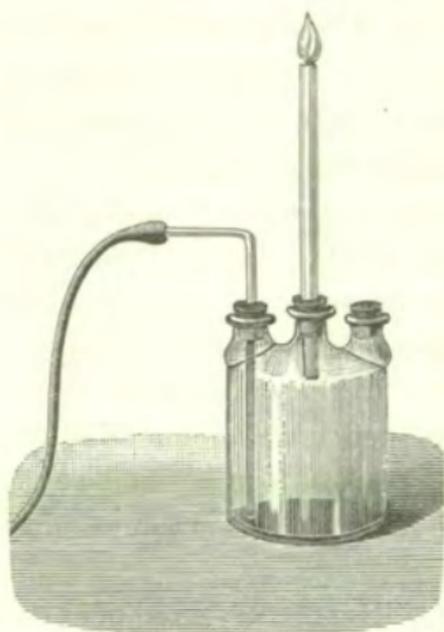


Fig. 3.

Flämmchen in dem Rohre nach abwärts und entzündet endlich den ganzen Flascheninhalt auf einmal, worauf eine heftige Detonation erfolgt.

In diesem Kautschuksack habe ich Knallgas, eine Mischung von 1 Volumen Sauerstoff und 2 Volumen Wasserstoff. Ich fülle eine Seifenblase damit und ent-

zünde sie, worauf ebenfalls eine starke Detonation erfolgt.

Wir haben nunmehr genug Erfahrungen gesammelt, um uns über die Eigenschaften klar zu werden, welche feste Sprengstoffe haben müssen, und auch darüber, wie wir sie zusammensetzen müssen.

Ein fester Körper kann nur dann explosiv sein, wenn er fähig ist, sich plötzlich durch seine ganze Masse zu zersetzen und dabei sein Volumen sehr stark zu vergrößern, was nur unter der Bedingung möglich ist, dass er dabei reichlich Gase gibt.

Unsere Sprengstoffe sind sämmtlich entzündlich, aber sie haben nicht etwa die Luft zur Verbrennung nothwendig, denn sonst könnten sie sich nicht durch ihre ganze Masse auf einmal entzünden, sondern müssten von der Oberfläche her ruhig abbrennen. Wir müssen also solche Körper oder solche Mischungen suchen, welche den wirksamen Bestandtheil der Luft, nämlich Sauerstoff, schon im gleichsam comprimierten Zustande enthalten.

Betrachten wir z. B. die Zusammensetzung unseres Schwarzpulvers. Sie sehen hier Holzkohle, Schwefel und Salpeter. Jeden dieser Bestandtheile können wir für sich erhitzen, ohne dass er explodiert. Kohle und Schwefel verbrennen, der Salpeter schmilzt und entwickelt ein Gas.

Der Salpeter ist nun aber die Substanz, welche den Sauerstoff gleichsam in comprimierter Form enthält, d. h. im Stande ist, denselben bei höherer Temperatur

an brennbare Körper abzugeben. Eine zweite solche Substanz haben wir im chloresäuren Kali kennen gelernt, welches wir in einer Leuchtgasatmosphäre verbrennen konnten.

Mische ich nun Kohle, Schwefel und Salpeter im richtigen Verhältnis miteinander und berühre die Mischung mit einer Flamme, so findet sofort Verbrennung durch die ganze Masse unter schwacher Verpuffung statt. Sie haben vielleicht einen starken Knall erwartet, aber wie Sie an Proben fertigen Schießpulvers sehen, verpufft auch dieses nur ganz schwach.

Dies rührt daher, dass die Verbrennung des in dieser Art entzündeten Pulvers, obwohl scheinbar momentan, doch noch zu langsam erfolgt.

Weit intensiver ist die Explosion, wenn sie im geschlossenen Raume, z. B. im Geschütz vor sich geht, und wenn die Zündung durch die Explosion eines mit einem anderen sehr stark explodierenden Körper, dem Knallquecksilber gefüllten Zündhütchens hervorgerufen wird, wie dies bei unseren Gewehren thatsächlich geschieht.

Ein Kilogramm Schwarzpulver gibt bei der Explosion im Durchschnitt 270 l Gas von gewöhnlicher Temperatur, welches Volum sich aber bei der sehr hohen Explosionstemperatur noch mindestens verzehnfacht. Die mechanische Arbeit, welche durch die Explosion von 1 *k* Pulver geleistet werden kann, beträgt 300.000 *mk*, was so viel bedeutet, als dass ein

Gewicht von 3000 *k* dadurch 100 *m* hoch geschleudert werden kann.

Erst vor wenigen Jahrzehnten hat man begonnen, das alte Schwarzpulver zu verbessern. Seine Zusammensetzung aus 74—75 Theilen Salpeter, 15—16 Theilen Kohle und 10 Theilen Schwefel ist zwar fast noch immer dieselbe wie die des griechischen Feuers geblieben, man hat ihm aber namentlich durch innigere Mischung und Formen in Kugeln oder Prismen gleichmäßigeres Gefüge und gleichmäßigere Wirkung gegeben.

Die Fortschritte in der Gewehrtechnik haben aber endlich das Bedürfnis nach einem neuen Schießpulver immer dringender gemacht. Für die Schnellfeuerwaffen musste ein kleineres Kaliber gewählt werden, um dem einzelnen Schützen eine größere Anzahl der nun weit leichteren Patronen mitgeben zu können. Um dem leichteren Geschoss aber die genügende Treffsicherheit und lebendige Kraft zu geben, musste nun auch das neue Pulver eine größere treibende Kraft als das Schwarzpulver besitzen.

Das Schwarzpulver zeigt überdies den beim Schnellfeuer sehr gesteigerten Übelstand, dass es sehr viel Rauch gibt. Es bildet bei der Verbrennung nämlich nicht ausschließlich gasförmige Producte, sondern auch feste Körper, indem nämlich das im Salpeter enthaltene Kali sich mit einem Theil der Gase zu kohlensaurem und schwefelsaurem Kali und zu Kaliumsulfid vereinigt. Diese festen Körper bleiben mit

etwas Kohle gemischt in feinsten Vertheilung in der Luft schweben und machen den undurchsichtigen Rauch aus.

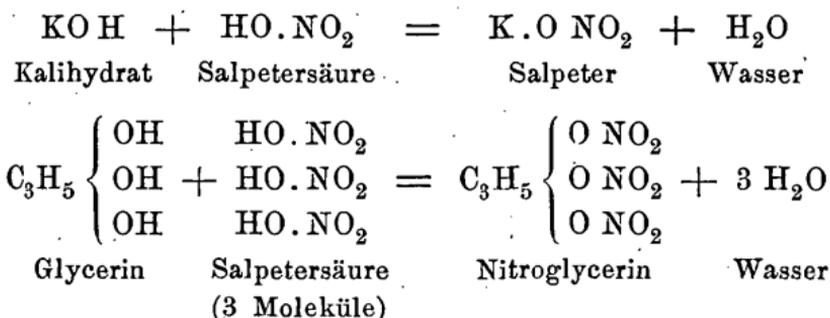
Das neue Pulver sollte nun zunächst eine größere treibende Kraft besitzen und rauchlos sein.

Die letztere Bedingung würde erfüllt, wenn es uns gelänge, das Kalium aus der Zusammensetzung des Schießpulvers zu eliminieren. Betrachten wir den Salpeter, welchem wir die Formel KNO_3 geben, als eine Verbindung von Kali K_2O mit Salpetersäureanhydrid N_2O_5 , so ist im Schießpulver nur der letztere Bestandtheil der wirksame, weil er allein im Stande ist, Sauerstoff abzugeben. Könnten wir demnach dieses Anhydrid oder den in der Salpeterformel enthaltenen Rest NO_3 direct, also ohne Intervention des Kalis, an die verbrennlichen Bestandtheile des Pulvers, nämlich an Kohlenstoff und Schwefel binden, so hätten wir ein rauchloses Pulver.

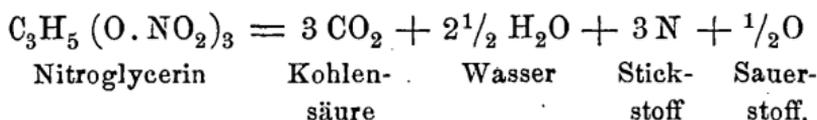
Dies ist zwar nicht möglich, wir können aber Verbindungen von NO_3 mit kohlenstoffhaltigen Resten organischer Verbindungen, sogenannten Radicalen herstellen, welche unseren Zwecken entsprechen. Von diesen nun schon vor mehreren Jahrzehnten bekannten Verbindungen sind das Nitroglycerin und die Schießbaumwolle die bekanntesten.

Nitroglycerin wird erhalten, wenn man Glycerin in eine Mischung von stärkster Salpetersäure und Schwefelsäure einfließen lässt. Gerade so wie sich Kalihydrat mit Salpetersäure zu Salpeter, so ver-

einigt sich Glycerin mit Salpetersäure zu Nitroglycerin, welches somit nichts anderes als ein salpetersaures Glycerin ist.



Das Nitroglycerin ist ein schweres, meist etwas gelblich gefärbtes Öl, welches durch Schlag oder Stoß oder durch Entzündung mittels Knallquecksilbers zu außerordentlich heftiger Explosion gebracht wird. Dabei verbrennt der in ihm enthaltene Kohlenstoff und Wasserstoff auf Kosten seines Sauerstoffgehaltes:



Die Producte sind sämmtlich gasförmig, da auch das Wasser in Wasserdampf aufgelöst ist. Nitroglycerin wird seiner großen Gefährlichkeit halber nicht untermischt verwendet. Es wird aber weit leichter und gefahrloser zu handhaben, wenn man es von festen Körpern aufsaugen lässt. Das gewöhnliche Dynamit ist eine Mischung von Kieselguhr und Nitroglycerin.

Dasselbe ist schon wegen seines Gehaltes an unverbrennlicher Kieselguhr an Stelle des Schießpulvers nicht verwendbar, außerdem ist seine Wirkung eine zu plötzliche.

Da es den zur Verbrennung nöthigen Sauerstoff im selben Molecül enthält wie den Kohlenstoff und Wasserstoff, also in denkbar innigster Berührung mit seinen verbrennlichen Antheilen, pflanzt sich die Explosion in ihm bedeutend rascher fort als im Schwarzpulver, welches, weil seine Bestandtheile nur mechanisch gemischt sind, daneben immer als ein sehr unvollkommenes Gemenge zu betrachten ist. Die Explosionsdauer von 1 *k* Schwarzpulver ist $\frac{1}{100}$ Secunde, diejenige von 1 *k* Dynamit nur $\frac{1}{50000}$ Secunde. Somit entwickeln sich die Gase des Schwarzpulvers mehr successiv und das Geschoss hat unterdessen Zeit, im Lauf vorwärts zu eilen. Bei Ladung mit Dynamit findet die Explosion aber so plötzlich statt, dass der Lauf zertrümmert wird, bevor die Kugel in Bewegung geräth.

Gerade die Eigenschaft, welche das Dynamit zu Gesteinssprengungen vorzüglich geeignet macht, ist die Ursache seiner Unbrauchbarkeit als Schießpulver. Es ist, wie die Sprengtechniker sagen, zu brisant, es explodiert zu rasch.

Es ist aber nicht ausgeschlossen, dass auch das Nitroglycerin die Grundlage eines guten Schießpulvers wird, wenn man es von einem leicht verbrennlichen festen Körper aufsaugen lässt und seine Brisanz in

ähnlicher Weise mildert, wie ich später von der Schießbaumwolle zeigen werde.

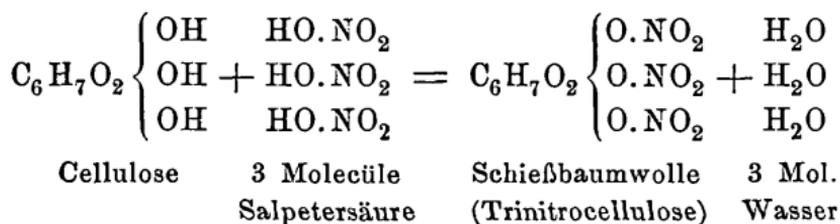
In kleinen Mengen entzündet, brennt auch das Dynamit ruhig ab; dass es durch die Detonation eines mit Knallquecksilber gefüllten Zündhütchens zur Explosion gebracht wird, habe ich schon früher erwähnt. Es ist aber beim Dynamit, sowie bei fast allen Sprengmitteln überhaupt eine Zündung nicht nothwendig. Eine starke Erschütterung durch Stoß, Schlag, Reibung bewirkt, dass alle Molecüle zugleich zerfallen und die Explosion eintritt.

Es ist dies eine Erscheinung, welche Ihnen von den Knallbonbons, Knallerbsen etc. genügend bekannt ist. Schlage ich auf ein hirsegroßes Korn, welches ich aus einer Mischung von Schwefel, Phosphor und chloresaurem Kali hergestellt habe, mit dem Hammer, so erfolgt eine heftige Detonation.

Das Schießpulver, welches wir für unsere modernen Feuerwaffen suchen, soll in seinen Eigenschaften in der Mitte zwischen dem alten Schwarzpulver und dem Dynamit liegen. Es soll nicht momentan verbrennen, sondern allmählich, so dass die Verbrennung erst in dem Augenblicke beendet ist, in dem die Kugel den Lauf verlässt.

Diese Bedingung erfüllt, wie es scheint, am besten die Schießbaumwolle, deren sich in der That auch fast alle Staaten zur Herstellung des rauchlosen Pulvers bedienen. Nur das französische *Poudre B.*, auf welches wir heute nicht eingehen wollen, besteht aus Pikrinsäure.

Die Erzeugung der Schießbaumwolle ist der des Nitroglycerins ganz analog. Ich tauche hier etwas reine Baumwolle in eine Mischung aus 1 Theil starker Salpetersäure und 2 Theilen Schwefelsäure und will sie einige Minuten darin belassen. Die Salpetersäure vereinigt sich unter Wasseraustritt mit der Baumwolle, oder richtiger mit der Cellulose, aus welcher gereinigte Baumwolle fast ausschließlich besteht:



Die Umwandlung ist schon vollzogen, ich hebe das Product mit einem Glasstäbchen heraus, wasche es gut aus, presse es zwischen Fließpapier stark aus und lege es auf diese durch siedendes Wasser auf 100° erhitzte Schale, so dass es nach wenigen Minuten ganz trocken sein wird.

Die Baumwolle hat sich ihrem Aussehen nach nicht verändert. Entzünden wir aber nun gewöhnliche Baumwolle neben Schießbaumwolle, so sehen Sie, dass die erstere langsam verbrennt, die letztere aufflammt und sofort verzehrt ist.

Man hat früher, wenn es sich darum handelte, in einem großen Saale hunderte von Kerzen mit einem Male zu entzünden, einen Faden von Schießbaumwolle

von Docht zu Docht geleitet und an einem Ende entzündet. Mit Blitzesschnelle läuft dann die Flamme den Faden entlang und entzündet jedes einzelne Licht. Ich will den Versuch mit nur wenigen von einem Armleuchter getragenen Kerzen zeigen.

Schon zu Ende der vierziger Jahre versuchte man ein rauchloses Pulver aus Schießbaumwolle darzustellen. Man erhielt aber ein wenig haltbares Product, welches nach einiger Zeit von selbst explodierte und eine Reihe furchtbarer Unglücksfälle verschuldete.

Das erste brauchbare rauchlose Pulver rührt von dem österreichischen Artilleriegeneral von Lenk her, welcher zeigte, dass vollständig gereinigte, namentlich nicht mehr säurehaltige Schießbaumwolle vollkommen haltbar sei. Aber auch hier hat eine zufällige Explosion eines großen Magazins bei Wien weiteren Versuchen ein Ende gesetzt.

Heute scheinen nun alle Schwierigkeiten überwunden zu sein, und zwar namentlich dadurch, dass man nicht mehr wie früher comprimierete Schießbaumwolle verwendet, sondern eine hornartige Masse, in welche man die Schießbaumwolle zuerst verwandelt. Übergießt man nämlich Schießbaumwolle mit gewissen Flüssigkeiten, wie Essigäther, Aceton, so quillt sie auf und geht in eine gallertartige Masse über. Entfernt man das Lösungsmittel durch Verdunsten oder Ausschleudern, so hinterbleibt eine plastische Gelatine, welche man in dünne Platten auswalzt und zerschneidet oder für Kanonenpulver in würfelförmige Stücke presst. Ver-

dunstet dann der Rest des Lösungsmittels, so hinterbleibt eine hornartige Masse.

1 *k* Schwarzpulver liefert 270, 1 *k* Schießbaumwolle 859 *l* Gase von gewöhnlicher Temperatur, 1 *k* Pulver verbrennt in $\frac{1}{100}$ Secunde, 1 *k* Schießbaumwolle oder Dynamit in $\frac{1}{50000}$ Secunde. Die große Brisanz der Schießbaumwolle kann man beliebig herabsetzen, indem man ihr unwirksame Stoffe, namentlich Kampfer, welcher die Schießbaumwolle im geschmolzenen Zustande auflöst, zusetzt.

Details über die Fabrication des rauchlosen Pulvers sind nicht bekannt, dieselben werden auf das sorgfältigste geheim gehalten. Da aber alle Anstalten zur Fabrication im Großen getroffen und bedeutende Summen für dieselben bewilligt sind, dürfen wir wohl annehmen, dass alle Schwierigkeiten überwunden sind und die Vorversuche befriedigende Resultate gegeben haben.

Befriedigende Resultate? Gewiss im militärischen Sinne. Aber auch vom Standpunkte des Mannes der Wissenschaft, der naturgemäß auch ein Mann des Friedens sein muss? Werden die Kriege durch die Vervollkommnung der Feuerwaffen immer mörderischer werden, oder werden die gewaltigen Defensivmittel, welcher jeder Staat besitzen muss, dem Nachbarn den Muth benehmen, in Feindesland einzubrechen?

Die Antwort auf diese Frage muss ich Ihnen wohl schuldig bleiben. Nur wenige werden sich angesichts der Greuel des Krieges mit dem alten Trost

beruhigen lassen, mit welchem auch Lepsius seinen interessanten Vortrag schließt: Für den Frieden ist ein gerüstetes Heer die beste Gewähr: Si vis pacem, para bellum. Wir aber wollen hoffen, dass uns die fortschreitende Civilisation endlich auch noch den immerdauernden allgemeinen Völkerfrieden bringen wird.
