

Wesen und Wirkungsweise der modernen Explosivstoffe¹.

Von C. Häussermann.

Im Hinblick auf das lebhafteste Interesse, welches den modernen Explosivstoffen von vielen Seiten entgegengebracht wird, erscheint eine für weitere Kreise bestimmte Darstellung des Wesens und der Wirkungsweise der heutigen Schiess- und Sprengmittel nicht überflüssig.

Im nachstehenden soll versucht werden, dieser Aufgabe vom Standpunkt des chemischen Technologen aus gerecht zu werden und unter Verzicht auf alle Einzelheiten einen gedrängten Überblick über das umfangreiche Material zu bieten.

Dabei empfiehlt es sich, von einer Besprechung der älteren Bestrebungen, das Schwarzpulver durch kräftiger wirkende Stoffe zu ersetzen, gänzlich abzusehen, und von der die neue Ära einleitenden Erfindung der Nitrocellulose und des Nitroglycerins auszugehen.

Diese sofort nach ihrer Entdeckung mit grosser Begeisterung begrüßten Produkte rechtfertigten bekanntlich die auf sie gesetzten Hoffnungen zunächst in keiner Weise; sie verschwanden schon nach kurzer Zeit beinahe vollständig vom Schauplatz, um erst einige Jahrzehnte später wieder zu erscheinen.

Zwar besass sowohl die Nitrocellulose wie das Nitroglycerin die Fähigkeit, plötzlich und unter Wärmeentwicklung in gas- und dampfförmige Produkte überzugehen; allein die Nitrocellulose zeigte beim längeren Lagern Neigung zur Selbstzersetzung, während das Nitroglycerin nur mit grosser Gefahr transportiert und wegen seiner flüssigen Beschaffenheit nicht bequem gehandhabt werden konnte.

Zwar wusste man schon von früher her, dass nicht jeder explosible Stoff auch technisch als solcher verwendbar ist. Aus den

¹ Vortrag gehalten in Stuttgart am 12. März 1903 am „wissenschaftlichen Abend“ des Vereins für vaterländische Naturkunde in Württemberg.

mit der Nitrocellulose und dem Nitroglycerin gemachten Erfahrungen ging aber des weiteren hervor, dass explosible Stoffe überhaupt nur dann als Explosivstoffe brauchbar sind, wenn sie zugleich einen hohen Grad von Beständigkeit beim Lagern unter wechselnden Temperaturverhältnissen, eine gewisse Unempfindlichkeit gegen unvermeidliche Erschütterungen und ausserdem eine handliche Form besitzen; endlich dürfen auch die Explosionsprodukte im allgemeinen keinen grösseren Gehalt an schädlichen Bestandteilen aufweisen.

Nach zahlreichen, mit ungewöhnlicher Ausdauer durchgeführten Versuchen gelang es dann ALFRED NOBEL im Jahre 1867, wenigstens das Nitroglycerin in ein gewerblich verwertbares Produkt, in das sogen. Dynamit, umzuwandeln; die Zeit für den Siegeszug der Nitrocellulose war dagegen noch nicht gekommen. In der That ist das durch Aufsaugen des flüssigen Nitroglycerins durch die poröse Kieselgur gewonnene plastische Gurdynamit der erste Repräsentant der modernen Explosivstoffe.

Wer aber geglaubt hatte, dass dem alten Schwarzpulver in dem Dynamit ein in jeder Hinsicht überlegener Konkurrent erstanden sei, der sah sich bald enttäuscht: das Schwarzpulver behauptete nach wie vor seine Stellung als Geschosstreibmittel, während es allerdings dem Dynamit wegen seiner 3—4 mal grösseren Wirkung den Platz räumen musste, wenn nur die Sprengkraft ohne sonstige Rücksichten in Frage kam. Zum Schleudern von Geschossen erwies sich aber das Dynamit ebensowenig geeignet, wie das Nitroglycerin selbst oder wie die unpräparierte Nitrocellulose.

Die Erklärung dieser Thatsache, die bei ihrem Bekanntwerden allgemeines Befremden erregte, ist heute leicht. Wenn der den Erscheinungen der Explosion zu Grunde liegende chemische Vorgang eingeleitet wird, so zerfallen explosible Stoffe von einheitlicher Zusammensetzung in ihre Elemente oder in einfache Atomkomplexe, wogegen sich die einzelnen Bestandteile explosibler Gemenge stets zu Produkten weitgehender Oxydation bezw. Reduktion umsetzen. Die bei den betreffenden Vorgängen freiwerdende Wärme wird im einen wie im anderen Fall mehr oder weniger vollständig von den Explosionsprodukten aufgenommen, deren Volumen bezw. deren Expansionsvermögen dadurch eine entsprechende Vergrösserung erfährt.

Je nach der physikalischen Beschaffenheit des explosiblen Materials schreitet der Zerfall bezw. die Umsetzung mehr oder weniger schnell in der Masse voran, und demgemäss ist auch die Wirkungs-

weise verschiedenartiger Materialien selbst bei gleicher chemischer Zusammensetzung eine verschiedene.

In dem flüssigen wie auch in dem durch poröse Stoffe aufgesaugten Nitroglycerin pflanzt sich der einmal eingeleitete Zerfall in Kohlensäure, Wasser, Stickstoff- und Sauerstoffgas mit sehr grosser Geschwindigkeit fort; selbst Mengen von 1 cbdm vergasen innerhalb weniger 10 000stel Sekunden und der Druck, welchen die Gase in einem gleich grossen Raum ausüben, ist so gross — über 15 000 Atmosphären —, dass die Rohrwände der Schusswaffen zertrümmert werden, bevor das Geschoss aus der Mündung ausgetreten ist.

Explosivstoffe von der Wirkungsweise des Nitroglycerins nennt man brisante. Alle derartigen Produkte können zunächst nur im Sinn von Sprengmitteln benützt werden, und ist für ihre etwaige Verwendung als Schiessmittel eine vorhergehende Änderung ihrer molekular-physikalischen Beschaffenheit Voraussetzung.

Zu den brisantesten Sprengstoffen gehört nächst dem Nitroglycerin die seit einigen Jahren zum Füllen von Granaten und als Sprengmunition für Pioniere dienende, in Österreich Ekrasit, in Frankreich Melinit und in England Lyddit genannte Pikrinsäure; ausserdem ist an dieser Stelle auch das Trinitrotoluol sowie die komprimierte Schiessbaumwolle zu erwähnen, welche letztere vor Einführung der Pikrinsäure zu den gleichen Zwecken wie diese verwendet wurde, heute aber nur noch als Torpedomunition eine gewisse Rolle spielt.

An Stelle von Gurdynamit benützt man neuerdings vielfach andere nitroglycerinreiche Sprengpräparate, so insbesondere Sprengelatine, Sprenggummi, Gelignite und Gelatinedynamite.

Diese Präparate, welche im Gegensatz zum Gurdynamit auch bei längerem Liegen unter Wasser kein Nitroglycerin austreten lassen und auch bei strenger Kälte nicht gefrieren, werden beinahe ausschliesslich zu Sprengarbeiten in felsigem Gestein verwendet und in besonders grossen Mengen in Südafrika verbraucht. Für Steinbrucharbeiten aller Art, für Tunnelbauten und für ähnliche Zwecke zieht man dagegen in Deutschland wie in England den Dynamiten neuerdings nitroglycerinärmere Sprengstoffe vor, unter welchen sich namentlich der Donarit und die Karbonite wegen ihrer relativen Ungefährlichkeit grosser Beliebtheit erfreuen.

Das grösste Absatzgebiet für Sprengstoffe, den Kohlenbergbau, hat sich aber keines der angeführten Präparate erobern können. Dies ist bis zu einem gewissen Grade schon durch die Art ihrer Wirkung bedingt: die brisanten Sprengstoffe zertrümmern infolge des

fast momentan auftretenden Gasdrucks das den Herd der Explosion umgebende Material und liefern deshalb überwiegend geringwertiges Kohlenklein anstatt der wertvolleren grossen Stücke.

Hier würde das Schwarzpulver — in der Abart des Sprengpulvers — eher am Platze sein, weil es langsamer vergast und dementsprechend mehr spaltend oder zerklüftend wirkt. Allein die Explosionstemperatur des Schwarzpulvers ist wie die der bereits besprochenen Produkte noch so hoch — über 1800° —, dass durch den Sprengschuss auch die Entzündung von etwa in der Grube vorhandenen Schlagwettern und von feinem, in der Luft aufgewirbeltem Kohlenstaub veranlasst werden kann.

Mit Rücksicht hierauf dürfen in den Kohlengruben nur noch solche Sprengstoffe benützt werden, welche durch ihre relativ niedrige Explosionstemperatur eine gewisse, wenn auch nicht unbedingte Sicherheit gegen die Schlagwettergefahr bieten und welche in diesem Sinn als Wetterdynamite oder Sicherheitssprengstoffe bezeichnet werden.

Zu dieser wichtigen Gruppe gehören ausser den Ammonkarboniten und den Grisoutinen die dem FAVIER'schen Typus entsprechenden Gemenge von Ammoniaksalpeter mit kohlenstoffhaltigen Substanzen der verschiedensten Art.

Leitet man die Explosion eines derartigen Gemenges durch geeignete Massnahmen ein, so wird der organische Sprengstoffkomponent durch den Nitratsauerstoff verbrannt und es entsteht neben Kohlensäure und Stickstoff eine verhältnismässig grosse Menge von Wasser, zu dessen Verdampfung ein beträchtlicher Teil der bei der Reaktion frei werdenden Wärme auf Kosten der Temperatur der Explosionsprodukte verbraucht bezw. unschädlich gemacht wird.

Die Sicherheitssprengstoffe besitzen, wenn man von ihrer etwas geringeren Wirkung absieht, den nitroglycerinreichen Präparaten gegenüber mancherlei Vorzüge: sie sind erheblich billiger und sie brennen, wenn sie mit einer Flamme oder mit einem glühenden Gegenstand in Berührung kommen, gefahrlos ab. Da sie, selbst in Kisten verpackt, nur schwer zur Explosion zu bringen sind, so dürfen sie ohne besondere Vorsichtsmassregeln als Fracht- und selbst als Eilgut versandt werden. Dagegen müssen sie wegen ihres hohen Gehaltes an Ammoniaksalpeter und der dadurch bedingten Hygroskopicität sorgfältig vor Feuchtigkeit geschützt werden und bedürfen die daraus hergestellten Sprengpatronen einer wasserdichten Enveloppe.

Eine noch grössere Garantie gegen unbeabsichtigte Explosionen

würde das aus einer Mischung von Kohlenpulver oder Paraffin mit flüssiger Luft bestehende Oxyliquid bieten, welches beim Bau des Simplontunnels versuchsweise benützt, jedoch wegen der ihm noch anhaftenden Mängel — wenigstens vorläufig — wieder aufgegeben worden ist.

Den Anforderungen, welche man an ein Geschosstreibmittel stellt, werden aber auch die Sicherheitssprengstoffe bei weitem nicht gerecht, ganz abgesehen davon, dass sie nicht genügend leicht entzündlich sind. Sie würden zwar, weil sie nur gas- und dampfförmige, und nicht wie das Schwarzpulver auch feste Umsetzungsprodukte liefern, keinen Rauch entwickeln; allein die Rauchlosigkeit kommt, so unerlässlich sie nachgerade auch geworden ist, doch erst in zweiter Linie in Betracht.

Das wichtigste Erfordernis eines Schiessmittels ist vielmehr eine unter allen Umständen gleich bleibende Treffsicherheit, die nur durch einen sehr viel höheren Grad von Lagerbeständigkeit, als ihn die Sicherheitssprengstoffe aufweisen, verbürgt wird. Dazu kommt, dass auch der Gasdruck unterhalb der für alle Schusswaffen zulässigen Höchstgrenze von ca. 3000 Atmosphären bleiben muss, solange nicht ein widerstandsfähigeres Konstruktionsmaterial zur Verfügung steht.

Die beiden zuletzt genannten Bedingungen erfüllt zwar das Schwarzpulver; aber die zunächst von artilleristischer Seite immer wieder verlangte Erhöhung der Anfangsgeschwindigkeit des Geschosses war mit Hilfe von Schwarzpulver ohne gleichzeitige stärkere Inanspruchnahme der Waffe nicht zu erreichen.

Nachdem sich eine Reihe von Erfindern über ein volles Jahrhundert hindurch mit dem Problem der Beschaffung eines treibkräftigeren Pulvers befasst hatte, ohne mehr als vorübergehende Erfolge zu erzielen, gelang es dann gegen das Ende des Jahres 1884 E. VIEILLE, sowohl die höheren wie die niedrigeren Nitrierungsstufen der Cellulose, welche man jetzt durch die Bezeichnung Schiesswolle und Kollodiumwolle unterscheidet, der Pulverfabrikation dienstbar zu machen. Zwar existierten schon vorher nitrocellulosehaltende Jagdpulver, welche bis zu einem gewissen Grade als Vorläufer des „neuen“ Pulvers angesehen werden können; allein es bleibt das unbestreitbare Verdienst VIEILLE's, zuerst in zielbewusster Weise die Brisanz der Nitrocellulosen durch Überführung derselben aus dem faserigen in den kolloidalen Zustand herabgesetzt und Frankreich mit einem für alle Kaliber geeigneten Kriegspulver beschenkt zu haben.

Das Wesen der VIEILLE'schen Erfindung besteht darin, dass die

Nitrocellulosen durch Behandeln mit flüssigen Lösungsmitteln, auch wenn deren Menge zur völligen Lösung nicht ausreicht, ihre organisierte Struktur vollkommen verlieren; sie quellen auf und die so entstandenen Gelatinen hinterlassen nach der Entfernung des Lösungsmittels eine amorphe Masse, welche zwar chemisch ebenso zusammengesetzt ist, wie das Ausgangsmaterial, sich aber von diesem sehr wesentlich durch ihre dichtere Beschaffenheit bzw. durch ihr viel geringeres Fortpflanzungsvermögen für die Explosionswelle unterscheidet.

Das auf dem angedeuteten Weg erzeugte und in zweckentsprechende Form gebrachte Nitrocellulosepulver erteilt dem Geschoss eine um 25—50 % höhere Anfangsgeschwindigkeit als das Schwarzpulver bei beträchtlich reduziertem Ladegewicht; die Vergasung ist eine vollständige und der Druck bleibt erheblich unterhalb der zulässigen Grenze.

Nitrocellulosepulver dieser Art sind von den Armeeverwaltungen fast aller Staaten eingeführt worden. Sie werden in Gestalt von losen Blättchen als Gewehr- und in Gestalt von Bändern oder von dünnen, zu Bündel vereinigten Röhren als Geschützpulver verwendet.

Nur in der englischen und in der italienischen Armee sowie in der Kriegsmarine einzelner Länder sind Pulver im Gebrauch, welche neben Nitrocellulose noch Nitroglycerin als wesentlichen Bestandteil enthalten. Zu ihrer Herstellung werden nach dem Vorgang NOBEL's etwa gleiche Gewichtsteile Nitrocellulose und Nitroglycerin durch Erwärmen und Kneten zu einem „physikalischen Gemenge“ vereinigt, worauf man aus der Masse, solange sie sich noch im plastischen Zustand befindet, Würfel, Röhren etc. formt.

In diesen Produkten befindet sich die Nitrocellulose und das Nitroglycerin im Zustand einer starren Lösung, und die hornartige Beschaffenheit des Materials hat zur Folge, dass sie, entzündet, nur verhältnismässig langsam vergast.

Die Nitroglycerinpulver, unter welchen der ABEL und DEWAR'sche Cordit das bekannteste ist, stehen den reinen Nitrocellulosepulvern an ballistischer Leistung keineswegs nach; sie gefährden jedoch den Bestand der Waffen in etwas höherem Mass und werden deshalb trotz ihres billigeren Preises die nitroglycerinfreien Schiessmittel nicht verdrängen.

Neuerdings ist auch vorgeschlagen worden, die Pulvermassen, welchen vor der Formgebung in der Regel noch kleine Mengen von Kampfer, Vaseline oder ähnliche Substanzen inkorporiert werden,

zu komplizierten Gebilden wie quer gelochten Stangen, Zungen, Kämme etc. zu verarbeiten, in der Annahme, dass die Vergasung einer aus derartigen Elementen zusammengesetzten Ladung mit gegen das Ende fortschreitender Geschwindigkeit erfolge.

Ob derartige „Progressivpulver“ in der Zukunft eine grössere Bedeutung erlangen werden, muss vorläufig dahingestellt bleiben; dagegen unterliegt es keinem Zweifel, dass das alte Schwarzpulver auch neben den künftigen Schiessmitteln ebensogut eine Rolle spielen wird, wie die Stearinkerze neben den modernen Beleuchtungsmitteln.

Selbst wenn man davon absieht, dass das Schwarzpulver vorläufig immer noch in ansehnlichen Quantitäten als Jagd- und Scheibenpulver konsumiert wird, so erscheint seine Existenzberechtigung wegen seiner Anpassungsfähigkeit für bestimmte Zwecke, wie Zündungen, Shrapnellfüllungen etc. noch auf lange Jahre hinaus gesichert, und die Erfindung des „Pulvers“ bleibt nach wie vor eine der grössten Errungenschaften der Kultur Menschheit.

Im Gegensatz zu dem Schwarzpulver explodieren die modernen Schiess- und Sprengmittel durch die blosser Berührung mit einer Flamme etc. nicht ohne weiteres; sie bedürfen vielmehr zur vollen Entfaltung der in ihnen schlummernden Kräfte einer sogen. Initialzündung. Sie sind in Wirklichkeit erst dann zum Gebrauch fertig, wenn sie in zuverlässiger Weise mit der Initialzündung verbunden sind.

Den wichtigsten Bestandteil der Initialzündungen bildet das seit mehr als hundert Jahren bekannte Knallquecksilber, welches auf verschiedene Weise, so durch blosses Erhitzen, durch Stoss oder Schlag, durch Reibung und auch durch den elektrischen Funken zur Detonation gebracht werden kann.

Der beim Zerfall dieses Körpers in Quecksilber, Kohlenoxyd und Stickstoff auftretende Druck beträgt gegen 30 000 Atmosphären, und die von dem detonierenden Knallquecksilber ausgehende Molekularerschütterung hat die Auslösung der Energie, welche in den explosiblen Stoffen aufgespeichert ist, mit Sicherheit zur Folge.

Im Anschluss hieran ist noch kurz der volkswirtschaftlichen Seite der Explosivstoffindustrie zu gedenken.

Zwar sind die grundlegenden Entdeckungen und Erfindungen nicht in Deutschland gemacht worden; aber der Boden, den die neue Industrie bei uns vorfand, war ein günstigerer als in den meisten übrigen Ländern. Einerseits sind die für die Fabrikation der Nitrocellulose, des Nitroglycerins, der Pikrinsäure etc. erforderlichen Chemikalien, wie Salpetersäure, Schwefelsäure etc., von jeher gerade in

Deutschland zu billigen Preisen erhältlich, und andererseits war der private Unternehmungsgeist nicht durch Staatsmonopole, wie in Österreich und in Frankreich, gehemmt. Dementsprechend hat die Fabrikation von Explosivstoffen aller Art im Deutschen Reich einen bedeutenden Umfang angenommen; zahlreiche Etablissements decken nicht nur den einheimischen Bedarf vollständig, sondern es findet auch ein ansehnlicher Export statt. Zur Zeit ist der Stand der Explosivstoffindustrie ein blühender, wenn ihr auch schwere Konkurrenzkämpfe nicht erspart bleiben.

Auch unser engeres Vaterland ist an der neueren Entwicklung dieses Industriezweigs beteiligt, und darf in dieser Hinsicht zunächst daran erinnert werden, dass das weitaus wichtigste Material für die Herstellung der rauchlosen Pulver, die Nitrocellulose von SCHÖNBEIN, welcher bekanntlich in Metzingen geboren ist, erfunden wurde.

Weiterhin soll nicht unerwähnt bleiben, dass die Pulverfabrik Rottweil frühzeitig in der Lage war, der deutschen Heeresverwaltung ein rauchloses Pulver anzubieten, welches, wenn es auch noch vieles zu wünschen übrig liess, doch dem in die französische Armee eingeführten wenigstens einigermaßen nahe kam.

Im Anschluss hieran mag noch bemerkt werden, dass die Fabrikation von zu Granatfüllung bestimmter Pikrinsäure von der Firma J. HAUFF & Co. in Feuerbach als einer der ersten in Deutschland aufgenommen worden ist, und dass die Mahlholländer der Firma J. M. VOITH in Heidenheim, sowie die Knet- und Mischmaschinen der Firma WERNER & PFLEIDERER in Cannstatt dem raschen Aufschwung der Fabrikation rauchloser Pulver erheblich Vorschub geleistet haben.
