

Flüssiger Sauerstoff

und seine Verwendung als
Sprengstoff im Bergbau

Von

RICHARD PABST

Oberingenieur

Mit 47 Abbildungen und 3 Tafeln



München und Berlin 1917
Druck und Verlag von R. Oldenbourg

Herrn Geheimrat
Professor Dr. phil. Dr. ing. Carl von Linde
zu seinem 75. Geburtstage
in hochachtungsvoller Verehrung
gewidmet

Inhaltsverzeichnis.

| | Seite |
|---|-------|
| Einleitung | I |
| I. Die Bedeutung der Sprengarbeit im Bergbau | 3 |
| II. Sprengstoffe mit chemisch gebundenem Sauerstoff | 5 |
| III. Sprengstoffe mit flüssigem Sauerstoff | 8 |
| a) Geschichtliches | 8 |
| b) Patronen für flüssigen Sauerstoff | 16 |
| c) Zünder und Zündverfahren | 27 |
| d) Sicherheits-Sprengluftstoffe | 36 |
| e) Die Explosivkraft des Sprengstoffs mit flüssigem Sauerstoff | 42 |
| IV. Flaschen und Gefäße für flüssigen Sauerstoff | 47 |
| V. Maschinen zur Gewinnung von flüssigem Sauerstoff | 59 |
| VI. Anwendung des neuen Sprengverfahrens | 80 |
| a) Verbreitung | 80 |
| b) Wirtschaftlichkeit und Schießversuche | 87 |
| VII. Verwendung des flüssigen Sauerstoffs für Rettungsapparate im Bergbau | 98 |
| VIII. Schlußwort | 100 |

Einleitung.

Eine lange Reihe von Jahren ist vergangen, bevor die von Linde der Öffentlichkeit bekanntgegebene Erfindung auf ein »flüssigen Sauerstoff enthaltendes Sprengmittel« die ihr zukommende Verbreitung und Anwendung gefunden hat. Die ersten Versuche von Linde und die eingehende wissenschaftliche Bearbeitung, welche der neue Sprengstoff, damals »Oxyliquit« genannt, erfahren hatte, zeigten schon, daß er in seiner Wirkung den Sprengstoffen mit chemisch gebundenem Sauerstoff gleichkam. Die bequemere Verwendung der letzteren Sprengstoffe aber und auch wohl der Umstand, daß zur Zeit der ersten Versuche mit Oxyliquit geeignete und haltbare Gefäße für die Handhabung mit flüssigem Sauerstoff nicht in gleicher Vollkommenheit wie heute zur Verfügung standen, verhinderte dessen Einführung in den praktischen Betrieb. Durch seine bekannten, überaus erfolgreichen weiteren Arbeiten war Linde außerdem so stark in Anspruch genommen, daß er sich selbst mit dem weiteren Ausbau der Anwendung des neuen Sprengstoffes nicht beschäftigte. Obwohl dies von anderer Seite geschehen ist, wurde doch erst durch die während der Kriegszeit eingetretenen Verhältnisse in der Sprengstoffversorgung des Bergbaues das Interesse für den Sprengstoff mit flüssigem Sauerstoff ein allgemeines, und die nun in der praktischen Anwendung gemachten Erfahrungen bestätigen vollkommen die Erwartungen, welche schon Linde an den neuen Sprengstoff gestellt hatte.

Durch die Anpassung an die Anforderungen des praktischen Betriebes entstand ein vollständig neues Sprengverfahren für den Bergbau, welches nunmehr mit Patronen, Zündern, Flaschen und Gefäßen sowie Maschinen angeboten wurde und sehr schnell eine große Verbreitung fand.

Eingehende Versuche und ihre wissenschaftliche Bearbeitung, sowie die Erfahrungen der Praxis selbst haben dazu beigetragen, daß die einzelnen Zubehörteile zu dem neuen Sprengverfahren weiter ausgebaut worden sind. Die bis heute erreichte Entwicklung dürfte nicht nur für den Fachmann, sondern auch für die Allgemeinheit von Interesse sein.

Mit der vorliegenden Arbeit, ursprünglich als Vortragsthema gedacht, habe ich nun versucht, eine zusammenfassende Übersicht über den heutigen Stand der Verwendung des flüssigen Sauerstoffs zu Sprengzwecken zu geben. Wenn die Arbeit zunächst nicht umfangreicher erschienen ist, so liegt dies an der starken Inanspruchnahme, welche die Kriegszeit an alle hierbei in Betracht kommenden Kräfte stellt. Allen denen aber, welche mich trotzdem durch Überlassung von Material unterstützt haben, sage ich auch an dieser Stelle verbindlichsten Dank; gern gedenke ich hierbei der lebenswürdigen Förderung, welche meine Arbeit durch Herrn Privatdozent Dr. ing. Friedrich Martin zuteil geworden ist. Auch der Verlagsbuchhandlung R. Oldenbourg möchte ich für die gute Ausstattung des Buches danken, welche sie demselben bereitwilligst — besonders im Hinblick darauf, daß die Arbeit zum 75. Geburtstage des Herrn Geheimrat Prof. Dr. Carl von Linde erscheinen sollte — hat angedeihen lassen.

Wenn die vorliegenden Ausführungen dazu beitragen sollten, auch unseren s. Zt. aus dem Felde heimkehrenden und in den in Betracht kommenden Gebieten tätigen Fachgenossen die Orientierung über inzwischen erzielte Fortschritte zu erleichtern, so wird damit ein wesentlicher Zweck dieser Arbeit erfüllt sein.

Köln a. Rhein, im Juni 1917.

Richard Pabst.

I. Die Bedeutung der Sprengarbeit im Bergbau.

Bevor die Anwendung von Schießpulver für das Sprengen von Felsen und Gestein im Bergbau zur Einführung kam, war das Zertrümmern von festen Materialien eine außerordentlich mühsame Arbeit. In den Bergwerken wurde das Gestein mit Brechstangen oder mit Schlägel und Eisen abgesprengt, nachdem es vorher zum Teil erst mit Hilfe von Feuer (Feuersetzung) gelockert worden war.

Auch die Kraft der Kapillarität wurde ausgenutzt, indem man in bereits im Gestein vorhandene Spalten feste und trockene Holzkeile trieb, den Zwischenraum mit trockenem Moos ausstampfte und dann Keil und Moos mit heißem Wasser begoß. Die aufquellenden Keile trieben dann das Gestein auseinander. Besonders festes Gestein aber wurde in den Bergwerken nach Möglichkeit umgangen.

Es mutet für unsere heutigen Verhältnisse eigenartig an, daß die Anwendung des Schießpulvers für die Sprengarbeit im Bergbau erst im 17. Jahrhundert Einführung fand, obwohl es bereits im 14. Jahrhundert (Berthold Schwarz 1330) bekannt war. Nach einer Lesart ist das Schießpulver im Jahre 1613 in Freiberg, nach einer anderen am 8. Februar 1627 im Oberbiberstollen bei Schemnitz in Ungarn zuerst im Bergbau angewendet worden.

Jedenfalls aber darf die Einführung der Sprengarbeit unter Benutzung eines im Bohrloch eingeschlossenen Sprengstoffes als ein entscheidender Wendepunkt in der weiteren Entwicklung des Bergbaues und damit auch wohl als ein solcher für die gesamte Kultur bezeichnet werden.

Die Bedeutung der Sprengarbeit im Bergbau wird wohl am besten beleuchtet durch die nachstehenden, aus dem Statistischen Jahrbuch für das Deutsche Reich entnommenen Zahlen, welche die mit ihrer Hilfe bisher erreichte Leistungsfähigkeit unseres Bergbaues angeben.

Im Jahre 1913 betrug allein im Deutschen Reiche, ohne den Bergbau im Großherzogtum Luxemburg, die

| | Förderung in 1000 Tonnen | im Werte von |
|---|-----------------------------|------------------|
| an Steinkohlen | 190 109,4 to | 2 135 978 000 M. |
| » Braunkohlen | 87 233,1 » | 191 920 000 » |
| » Eisenerzen | 25 411,3 » | 90 028 000 » |
| » Blei | 34,2 » | 484 000 » |
| » Zink | 1,4 » | 125 000 » |
| » Galmei | 2,8 » | 59 000 » |
| » Kupfer | 886,0 » | 31 888 000 » |
| » Schwefelkies | 268,6 » | 2 173 000 » |
| » Wolframerzen | 15,8 » | 181 000 » |
| » Zinn-, Kobalt-, Nickel- und Wismut-Erzen } | 34,3 » | 568 000 » |
| » Kalisalzen | 13 306,3 » | 135 825 000 » |
| » Asphaltgestein | 105,5 » | 792 000 » |

Es wurden demnach zum großen Teil mit Hilfe der Sprengarbeit im Jahre 1913 an Bergwerkserzeugnissen 317,5 Mill. to im Gesamtwerte von rund 2,6 Milliarden M. zutage gefördert.

Aus der Statistik der oberschlesischen Berg- und Hüttenwerke ist der Sprengstoffverbrauch für den oberschlesischen Steinkohlenbergbau für das Jahr 1913 mit 7909000 kg für eine Förderung von 43000000 to Kohle zu entnehmen. Die Kosten für diese Sprengstoffmenge betragen M. 5695000.

Nach den sonst noch erhaltenen Angaben über den Sprengstoffverbrauch in einzelnen Bergwerksbezirken und einzelnen Gruben errechnet sich hieraus die jährlich insgesamt benötigte Sprengstoffmenge mit etwa 40—45 Mill. kg, wobei der Verbrauch für das Abteufen von Schächten und für reine Gesteinsarbeiten einbegriffen sein dürfte. Die Kosten für diese jährlich gebrauchten Sprengstoffmengen müssen geschätzt werden und dürften nach den Preisen des letzten Friedensjahres 1913 unter Berücksichtigung des höheren Preises für die sogen. Sicherheits-Sprengstoffe etwa 40 bis 50 Mill. M. betragen.

Nichts könnte wohl ein besseres Bild über die große Bedeutung der Sprengarbeit im Bergbau geben, als es sich durch die Betrachtung der verschiedenen Zahlen über die Förderung und die dabei benötigten Sprengstoffmengen von selbst ergibt.

II. Sprengstoffe mit chemisch gebundenem Sauerstoff.

Wie bereits erwähnt, kam im Bergbau als erster Sprengstoff das Schießpulver zur Anwendung und blieb dort zwei Jahrhunderte hindurch konkurrenzlos. Obwohl bereits im 14. Jahrhundert als Erfindung des deutschen Mönches Berthold Schwarz bekannt¹⁾ und im 17. Jahrhundert für die Sprengarbeit im Bergbau eingeführt, blieb seine Zusammensetzung bis zur Mitte des 19. Jahrhunderts in dieser langen Zeit ohne wesentliche Änderungen. Es wurde mechanisch aus seinen 3 Bestandteilen Schwefel, Kohle und Salpeter gemischt, und Verbesserungen, die das Schießpulver im Laufe der Zeit erfahren hat, beruhten lediglich in Änderungen in den Mischungsverhältnissen und der mechanischen Bearbeitung der Sprengstoffmischung. Die Explosion wurde durch Berührung mit einer Flamme oder durch einen Funken ausgelöst, was bereits genügte, um die Oxydation, die Sauerstoffverbindung des Schwefels und der Kohle durch den Salpeter herbeizuführen und dadurch die plötzliche Wärme- und Gasentwicklung zu erzielen.

Die Fortschritte der organischen Chemie brachten die Anwendung der schon sehr früh, vielleicht schon den alten Ägyptern bekannten Salpetersäure. Durch indirekte Einwirkung derselben auf organische Substanzen erzielte man Sprengstoffe, welche den Sauerstoff in innigerer und vollkommenerer Form an die oxydable Substanz des Moleküls gebunden enthielten, als dies durch die mechanische Beimischung von Salpeter beim Schießpulver möglich war. Vor allem konnte aber die für die explosive Verbrennung hinderliche Wirkung des Alkalis im Salpeter umgangen werden.

Den ersten großen Fortschritt brachte im Jahre 1845 die von den deutschen Chemikern Schönbein in Basel und 1846 von Böttcher in Frankfurt a. Main zuerst praktisch angewandte Explosivkraft der Schießbaumwolle. Diese entsteht, wenn Baumwolle der Einwirkung starker Salpetersäure ausgesetzt wird. Ebenfalls noch im Jahre 1846 zeitigte die Erfindung des Nitroglyzerins — Einwirkung

¹⁾ Weitergehende Forschungen weisen darauf hin, daß in einem Buche aus dem 9. Jahrhundert von Marcus Graecus, welches sich in der Bibliothek zu Oxford befindet, die Zusammensetzung des Schießpulvers angegeben ist. Auch das im Jahre 668 n. Chr. von dem Griechen Kallinikos erfundene »Griechische Feuer« scheint schon ein dem Schießpulver ähnlicher Stoff gewesen zu sein, ebenso wie die in China schon vor der christlichen Zeitrechnung benutzten Gemenge für Feuerwerkskörper.

von Salpetersäure auf Glycerin — durch den Italiener Sobrero einen weiteren Fortschritt. Obwohl beide neue Sprengstoffe stark explosiver Natur waren und infolge der innigeren Bindung des Sauerstoffes mit der oxydablen Substanz sich dem Schießpulver an Sprengkraft weit überlegen zeigten, waren noch viele Verbesserungen notwendig, um diese Sprengstoffe gefahrlos und sicher benutzen zu können.

Den eingehenden Arbeiten und Versuchen des schwedischen Ingenieurs Alfred Nobel gelang es, alle Schwierigkeiten zu überwinden, und dank seiner Arbeiten sollte das Nitroglycerin später zum wichtigsten aller Sprengstoffe werden.

Die schwierigste Aufgabe bildete aber die Auffindung eines Mittels, die Sprengkraft des neuen Sprengstoffes auszulösen. Dieses wurde von Nobel i. J. 1864 in der KnallquecksilberSprengkapsel gefunden, und mit dieser Erfindung einer brauchbaren Initialzündung hat Nobel den größten Fortschritt seit der Erfindung des Schießpulvers auf dem Gebiete der Sprengtechnik erzielt. Erst von dieser Zeit an, zuerst im Jahre 1865, kamen im Bergbau neben dem Schießpulver auch die stärker wirkenden Sprengstoffe zur Anwendung, und zwar zunächst als Öl unter dem Namen Sprengöl. Schon 1866 wurde das Sprengöl durch Aufsaugen desselben in Kieselerde in eine besser zu handhabende Form gebracht, welche als Gurdynamit sehr schnell in größeren Mengen hergestellt und auch verwendet wurde. Durch Lösen von Kollodiumwolle in Nitroglycerin erfand Nobel 1878 die Sprenggelatine, und durch Zumischung von Natronsalpeter und Holzmehl zu dem gelatinisierten Nitroglycerin wurden Gelatinedynamite hergestellt, welche den Nitroglycerin-Sprengstoffen eine führende Bedeutung gaben. Die erste umfangreichere Anwendung fanden diese bei den Sprengarbeiten zur Herstellung des St. Gotthard-Tunnels.

Das Verlangen nach noch brisanteren Explosivstoffen wurde durch die plötzliche Entdeckung der Detonationsfähigkeit der selbst schon seit einem Jahrhundert bekannten Pikrinsäure durch Turpin 1885 erfüllt. Die verschiedenen Pikrinsäure-Zusammenstellungen mit Nitronaphthalin, Kampfer, Dinitrotoluol usw. kamen unter den Namen Melinit, Liddit, Perlit, Schimose, Pikrinit, Ekrasit usw. in Gebrauch. Da diese in ihrer Handhabung aber weit gefährlicher waren als die Dynamite, suchte und fand man auf Grund eingehender Versuche, welche von 1902 bis 1904 in Schlebusch von der Karbonit-Fabrik durchgeführt wurden, einen gleichwertigen Ersatz der Pikrinsäure in dem ihrer Konstitution sehr ähnlichen Trinitrotoluol.

Diese Explosivstoffe werden unter den Namen Trotyl, Trinol, Trilit, Trolit und auch, wenn es sich um gelatiniertes, plastisch gemachtes Trinitrotoluol handelt, als Triplastit und Plastrotyl hergestellt.

Infolge ihrer völligen Indifferenz und der hervorragenden Unempfindlichkeit gegen mechanische Einwirkung eignen sich die Trinitrotoluol-Sprengstoffe wie keine anderen zur Anwendung für militärische Zwecke.

Für den Bergbau sind von größerer Wichtigkeit die im Jahre 1884 zuerst zur Verwendung gekommenen sogen. Sicherheitssprengstoffe, welche seit etwa 1888 ständig auf dem Markt erschienen. Je größer die Tiefe wurde, aus welcher der Bergbau die Steinkohlen zu Tage förderte, desto mehr hatte man mit Schlagwetter- und Kohlenstaubgefahr zu rechnen, und umso größere Bedeutung gewannen die Sicherheitssprengstoffe mit ihrer großen relativen Wettersicherheit und ihrer geringeren Empfindlichkeit gegen Stoß, Schlag und Entzündung. Im Jahre 1909 betrug die Erzeugung der Ammonsalpetersprengstoffe allein in Deutschland 10 Mill. und zwei Jahre später bereits 15 Mill. kg. Die dem Ammonsalpeter zugesetzten Bestandteile sind entweder nur einfach brennbar, wie Naphthalin, Harz, Öl, Fette, Mehl usw., oder sie sind selbst Sprengstoffe, wie Nitroglyzerin, Dinitroglyzerin, Schießbaumwolle, Trinitrotoluol u. a. Von den ersteren Beimischungen genügen schon kleine Mengen, um den im Ammonsalpeter enthaltenen Sauerstoff zu binden. Werden Sprengstoffe hinzugemischt, die ihren eigenen Sauerstoffgehalt haben, kann die Menge beliebig gewählt werden. Außer den Ammonsalpetersprengstoffen hat man auch Karbonite und Gelatinedynamite durch Zusatz von Mehl und Kali- oder Natronsalpeter, bei den letzteren zum Teil auch von Ammonsalpeter, zu Sicherheitssprengstoffen gemacht.

Den vorstehend genannten Sprengstoffen wird der vor allem nötige Sauerstoff durch die zur Verwendung kommenden Salpeterarten oder durch Verwendung von Salpetersäure zugeführt, wozu große Mengen Salpeter benötigt werden. Mit Ausbruch des Krieges mußte in erster Linie der Sprengstoffbedarf der Heeresverwaltung sichergestellt werden; infolgedessen wurden Salpeter und Salpetersäure für den Heeresbedarf beschlagnahmt. Für den Sprengstoffbedarf des Bergbaues galt es nun, Ersatz zu schaffen. Als solche Mittel kamen in erster Linie die Kaliumchlorat- und Kaliumperchloratsprengstoffe in Betracht, weil sie bereits längere Zeit, wenn auch in geringerem Umfange, im Gebrauch waren. Sie sind unter den Namen Silesia und Miedziankit, Alkazit, Permonit, Perilit, Per-