

C 5669

Vertraulich!

Veröffentlichung, auch im Auszuge, verboten!

Denkschrift

über die Kriegsersatzsprengstoffe

Ober- und Niederschlesiens.



Bücherei
des
Oberchl. Berg- u. Hüttenm. Vereins
Kattowitz.

N^o 9



4.
2011-06-22

BZ 58033
644060111

C-5669

Inhalts-Verzeichnis.

Vorwort	Seite: 1
-------------------	----------

Teil A: Chloratsprengstoffe.

I. Oberschlesien.

1. Statistisches	3
2. Die mit den einzelnen Chloratsprengstoffen gesammelten Erfahrungen	4
a) Allgemeines	4
b) Handhabungssicherheit	6
c) Kohlenstaubsicherheit	10
d) Wirkung, (Grobkohlenfall, Brisanz usw.)	11
e) Nachschwaden	12
f) Lagerbeständigkeit	12
3. Zündung	13
4. Wirtschaftlichkeit	15

II. Niederschlesien. 17

Zusammenfassung zu Teil A.	19
------------------------------------	----

Teil B: Sprengluft.

Entwicklung des Schießverfahrens mit Sprengluft	23
---	----

I. Oberschlesien:

1. Die Verfahren zur Herstellung von Sprengluft:	24
a) Linde-Verfahren	24
b) Orghydric (Industriegas)-Verfahren	26
c) Heylandt-Verfahren	27
d) Die mit den einzelnen Systemen gemachten Erfahrungen	28
2. Die Gefäße	29
3. Das eigentliche Schießverfahren:	34
a) Linde-Verfahren	34
b) Marsit-Verfahren	35
c) Wilhelmi-Verfahren	35
d) Verfahren auf Königin Luisegrube	36
e) Verfahren auf Laurahütte-Grube	36
f) Verwendung von Sägemehl	36
g) Balbus-Kowastch-Verfahren	37
4. Die mit den verschiedenen Sprengluftpatronen gemachten Erfahrungen:	
a) Allgemeines	38
b) Handhabungssicherheit	39
c) Kohlenstaubsicherheit	39
d) Bemerkenswerte Vorfälle und Unfälle	39
e) Lagerbeständigkeit	40
f) Wirkung (Grobkohlenfall, Brisanz usw.)	41
g) Nachschwaden	42
5. Zündung	43
6. Wirtschaftlichkeit	45

II. Niederschlesien.

Seite:

Schießversuche mit Sprengluft	46
1. Versuche mit der Wilhelmschen Drypelagit-Patrone	46
2. Versuche mit der Marsit-Sicherheitspatrone	47
Aussichten des Sprengluftschießens in Ober- und Nieder- schlesien	48
Zusammenfassung zu Teil B	48

Anlagen.

1. Betriebsregeln für die Verwendung von Chloratsprengstoffen	51
2. Zusammenstellung der in Oberschlesien im Betriebe befindlichen bezto. bestellten Sprengluftmaschinen nach dem Stande vom 1. März 1916	53
3. Explosion des Verflüssigers auf Neuhofgrube	55
4. Betriebsregeln für die Verwendung von Sprengluft	56
5. Sprengluftunfall auf Dheimgrube	58
6. Rentabilitätsberechnung einer oberschlesischen Kohlengrube und einer Erzgrube	60
7. Schießversuche in Niederschlesien	61

Vorwort.

Der Oberschlesische Berg- und Hüttenmännische Verein hat wiederholt die Prüfung besonders wichtiger, die Technik und die Sicherheit des Bergbaues betreffender Fragen Ausschüssen überlassen, welche aus den im Betriebe stehenden Fachleuten gewählt wurden.

Neuerdings übertrug der Verein auf Veranlassung des Herrn Ministers für Handel und Gewerbe die Prüfung der Frage über die Verwendbarkeit der flüssigen Luft im Bergwerksbetriebe einem Ausschusse, welcher als

„Sprengstoff-Ausschuss des Oberschlesischen
Berg- und Hüttenmännischen Vereins“

am 1. Juni 1915 in Kattowitz O.-S. erstmalig zusammentrat.

Der Ausschuss besteht aus folgenden Herren:

Bergwerksdirektor Riedel, Carlshof, als Vorsitzenden,
" Eberding, Hohenlohehütte, als stellv.
Vorsitzenden,
" Besser, Gieschewald,
Bergassessor Dr. Ebeling, Mittel-Lazisek,
" Eschenbruch, Ruda,
" Fischer, Kosdzin,
" Kralik, Hindenburg,
" Partsch, Hindenburg,
Bergwerksdirektor Pietsch, Laurahütte,
" Uach, Orzegow,
Bergassessor Dr. Geisenheimer, Geschäftsführer des Oberschl. Berg-
und Hüttenmännischen Vereins, zugleich als Geschäftsführer des
Sprengstoff-Ausschusses,
Diplom-Bergingenieur Kremser, als dessen Stellvertreter in der
letzten Beratungsperiode.

Auf Anregung des Kgl. Oberbergamts zu Breslau wurden noch zwei Vertreter des Niederschlesischen Bergbaus in den Ausschuss berufen:

Bergwerksdirektor Tittler, Hermsdorf,
Bergassessor Seege, Neuweißstein.

Als Vertreter des Kgl. Oberbergamts und beratendes Mitglied nahm an sämtlichen Sitzungen teil:

Kgl. Oberbergat Bunkel, Breslau.

Der Ausschuss beschloß in der ersten Sitzung, die ihm gestellte Aufgabe zu erweitern und die Kriegserfaßsprengstoffe im allgemeinen in den Kreis der Erörterungen einzubeziehen.

Da z. Bt. als Ersatz für salpeterhaltige Sprengstoffe in der Hauptsache nur Chloratsprengstoffe und Sprengluft in Frage kamen, so ergab sich ohne weiteres die Einteilung der Aufgabe:

- A. Chloratsprengstoffe,
- B. Sprengluft.

Eine weitere Zerteilung jeder der beiden Halberichte wurde durch die Verschiedenartigkeit des ober-schlesischen und nieder-schlesischen Bergbaues bedingt.

Der Ausschuß hielt es ferner für zweckmäßig, auch die wirtschaftliche Seite der Kriegserfabrikporenstoffe kurz zu erörtern.

Berichterstatter für den Abschnitt A über die Chloratporenstoffe war Herr Ebeling, während die Berichterstattung für den Abschnitt B über die Sprengluft die Herren Kralik und Partsch übernahmen.

Diese Berichte und das sehr umfangreiche Material an Zuschriften des Kgl. Oberbergamts, an ausgefüllten Fragebogen der Werksverwaltungen Oberschlesiens und Niederschlesiens, an sonstigem statistischen Material, an Einzelberichten der Mitglieder wurden in 9 Hauptsitzungen und einer Reihe von Sondersitzungen eingehend beraten.

Außerdem besuchte der gesamte Ausschuß zwei Gruben, auf welchen das Sprengverfahren mit flüssiger Luft eingeführt ist; er nahm ferner an einem in der Fürstlich Pleßischen Versuchsstrecke vorgenommenen Versuchsschießen mit Chloratporenstoffen teil. Einzelne Mitglieder wurden delegiert zur Teilnahme an Probesschießen und sonstigen Versuchen, welche auf Gruben Oberschlesiens und Niederschlesiens stattfanden.

Aufgabe der vorliegenden Denkschrift kann nicht sein, von dem neuen Gebiet des Schießens mit Chloratporenstoffen und mit flüssiger Luft schon jetzt ein abschließendes Bild zu geben. Die bis jetzt gesammelten Erfahrungen sind jedoch möglichst umfassend verwertet worden, sodaß die Denkschrift immerhin einige wertvolle Fingerzeige bieten wird.

Die erste Arbeit des Sprengstoffausschusses des Oberschlesischen Berg- und Hüttenmännischen Vereins ist mit der vorliegenden Denkschrift zum Abschluß gelangt. Der Sprengstoffausschuß wird seine Untersuchungen fortsetzen und weiterhin bestrebt sein, die Anschauungen und die Erfahrungen, welche sich beim Gebrauch der neuen Sprengstoffe ergeben, zu sammeln und zu klären, um dadurch die praktischen Ergebnisse zu steigern und die Gefahren der Sprengarbeit zu mindern.

Kattowitz, im März 1916.

Teil A: Chloratsprengstoffe.

I. Oberschlesien.

1. Statistisches.

Der oberschlesische Steinkohlebergbau hat bis zum Beginn des Krieges vorwiegend komprimiertes Schwarzpulver verwendet, der Erzbergbau Gelatine-Dynamit. Die Technik des Schwarzpulverschießens ist sehr alt und insolgedessen ebenso wie die Handhabung des Dynamits dem Bergarbeiter in Fleisch und Blut übergegangen. Aus diesem Grunde erschien es von vornherein nicht leicht, die wesentlich anders gearteten Chloratsprengstoffe anstelle des Schwarzpulvers und des Dynamits einzuführen. Trotzdem war man in Oberschlesien bei der Einführung der Chloratsprengstoffe insofern wesentlich günstiger daran als andernorts, als auf einzelnen Werken bereits seit etwa 4–5 Jahren Chloratsprengstoffe verwendet worden waren. So hatte die Sprengstofffabrik Kriewald seit Jahren den Chloratsprengstoff Silesia in verschiedenen Ausbildungsformen auf den Markt gebracht. Ebenso hatte die Fürstlich Pleßische Miedziantitfabrik für die Pleßischen Gruben schon seit längeren Jahren Miedziantit hergestellt und diesem auch bereits auf einigen anderen Gruben Eingang verschafft. Die vorausgegangenen Untersuchungen über die Verwendung und Handhabung von Chloratsprengstoffen haben ihrer allgemeinen Einführung ebenfalls recht wertvolle Dienste geleistet.

Die Chloratsprengstoffe waren also in Oberschlesien nicht so unbekannt wie in anderen deutschen Bergbaubezirken. Dies mag der Grund dafür sein, daß die Einführung dieser Sprengstoffe hier unerwartet schnell vor sich gegangen ist.

Die für den Monat Juli 1915 angestellten Erhebungen haben ergeben, daß Oberschlesien bei seiner gegenwärtigen Förderung, welche etwa 80% der Friedensförderung ausmacht, monatlich rund 600 000 kg Sprengstoffe verbraucht. Bei hoher Schätzung sind vor Beginn des Krieges kaum mehr als 60 000 kg Chloratsprengstoffe monatlich verbraucht worden. Der Rest des Verbrauches bestand im wesentlichen in Schwarzpulver neben den Ammonsalpetersprengstoffen Pniowit, Lignosit u. a. Bereits im Monat Mai 1915 betrug der Verbrauch an Chloratsprengstoffen rund 271 000 kg, etwa 45% des gesamten Sprengstoffverbrauches. Innerhalb zweier weiterer Monate war der Chloratsprengstoffverbrauch auf ungefähr 397 000 kg, rund 65%, gestiegen. Wenn in der Zeit von Monat Mai bis Juli die Steigerung des Verbrauches keine größere gewesen ist, so lag dies daran, daß der Mangel an Chlorat eine größere Steigerung nicht zuließ. Trotz der in den ersten Kriegsmonaten vorgenommenen Erweiterung der Kohstofffabriken war deren Produktion bald vergriffen. Eine weitere größere Steigerung des Chloratsprengstoffverbrauches konnte erst wieder einsetzen, als neue Fabriken für Kaliumchlorat in den Monaten August und September 1915 in Betrieb kamen.

Die im oberschlesischen Steinkohlen- und Erzbergbau verwendeten Chloratsprengstoffe entstammen vorwiegend den drei Sprengstofffabriken

Kriewald, Pleß und Pniowik. Von den einzelnen Sprengstoffen sind folgende Mengen verbraucht worden:

	Mai 1915:	Juli 1915:
Silesia 21	140 000 kg	195 600 kg
Miedziankit	30 700 "	65 700 "
Petrolit	26 100 "	42 700 "
Chloratzit	27 300 "	26 000 "
Wetter-Albit	15 300 "	18 000 "
Barbarit	26 200 "	16 700 "
Kohlen-Albit	180 "	7 900 "
Koronit einschl. Gesteins-Koronit . . .	800 "	12 000 "
Wilhelmit einschl. Wetter-Wilhelmit .	11 800 "	6 700 "

Der Verbrauch an den einzelnen Sprengstoffen hat sich demzufolge von Mai bis Juli 1915 verändert:

Silesia 21	+ 55 600 kg
Miedziankit	+ 35 000 "
Petrolit	+ 16 600 "
Chloratzit	— 700 "
Wetter-Albit	+ 2 700 "
Barbarit	— 9 500 "
Koronit	+ 11 200 "
Kohlen-Albit	+ 7 720 "
Wilhelmit	— 5 100 "

Bei ausschließlicher Verwendung von Chloratsprengstoffen unter Zugrundelegung der gegenwärtigen Förderung geben die Werke einen Verbrauch von rund 619 000 kg Chloratsprengstoffen an. Diese Zahl ist sicherlich zu hoch gegriffen, da allgemein bei Verwendung von Chloratsprengstoffen weniger verbraucht wird als bei Verwendung von Schwarzpulver. Man darf annehmen, daß bei ausschließlicher Verwendung von Chloratsprengstoffen der gesamte Sprengstoffbedarf je Monat sich nicht höher stellen wird als der tatsächlich ermittelte Sprengstoffverbrauch im Monat Juli 1915.

2. Die mit den einzelnen Chloratsprengstoffen gesammelten Erfahrungen.

a) Allgemeines.

Von den einzelnen Chloratsprengstoffen sind einige besonders bevorzugt worden. Der verbrauchten Menge nach steht an erster Stelle der von der Fabrik Kriewald und seit Kriegsbeginn auch von der Fabrik Pniowik hergestellte Sprengstoff „Silesia 21“. Von Silesia 21 sind im Monat Juli 1915 195 623 kg, fast die Hälfte der insgesamt verwendeten Chloratsprengstoffe verbraucht worden. Es folgt das Miedziankit der Pleßischen Sprengstofffabrik mit 65 700 kg. An dritter Stelle steht Petrolit mit 42 700 kg und an vierter Stelle Chloratzit mit 26 000 kg, die beide in der Sprengstofffabrik Pniowik hergestellt werden. Die anderen verwendeten Chloratsprengstoffe treten zurzeit im Gesamtverbrauch des oberschlesischen Steinkohlen- und Erzbergbaues zurück. Eine Steigerung hat von diesen der Verbrauch an Koronit und Gesteins-Koronit erfahren, ferner der Verbrauch an Wetter-Albit. Wesentlich zurückgegangen ist der Verbrauch an Barbarit und Wilhelmit, während die Verwendung von Kohlen-Albit im wesentlichen dieselbe geblieben ist.

Geben die Verbrauchszahlen der einzelnen Sprengstoffe auch an und für sich kein ganz zutreffendes Bild über deren Güte, so läßt sich doch aus der Steigerung des Verbrauches von Monat Mai bis Monat Juli 1915 ersehen, welchen Sprengstoffen der oberschlesische Steinkohlenbergbau den Vorzug gibt.

Tatsächlich entsprechen denn auch den Verbrauchszahlen im allgemeinen die Urteile, welche in zwei den Bergwerksverwaltungen zugegangenen Fragebogen niedergelegt sind.

Da es im allgemeinen schwer ist, ein zusammenfassendes, kurzes Urteil über einen Sprengstoff zu fällen, so waren in den Fragebogen Einzeläußerungen über Handhabungssicherheit, Wirkung, Brisanz und Lagerbeständigkeit erbeten worden. Hinsichtlich der Wirkung sollte besonders unterschieden werden, ob sich der Sprengstoff hauptsächlich für Kohle oder Gestein, für Erz oder Nebengestein eignet.

Die Angaben des zweiten Fragebogens sind weniger widersprechend als die des ersten. In der Zwischenzeit ist es den Bergwerksverwaltungen demnach gelungen, Beamte und Arbeiter mit den Chloratsprengstoffen vertrauter zu machen und diese Sprengmittel unter Austausch der Erfahrungen zweckmäßiger anzuwenden. Wenn trotzdem noch einige widersprechende Urteile verbleiben, so liegt dies nicht zuletzt daran, daß die Sprengstofffabriken nicht immer ein gleichmäßiges Rohmaterial erhalten haben. Da den Hauptbestandteil der Chloratsprengstoffe das Kaliumchlorat bildet, ist es selbstverständlich, daß ein guter Sprengstoff nur aus einem reinen Kaliumchlorat hergestellt werden kann. Bei der starken Vergrößerung der Produktionsstätten des Kaliumchlorats war es nicht ganz zu vermeiden, daß das den Sprengstofffabriken angelieferte Material nicht mehr denjenigen Anforderungen entsprach, die man an das Rohprodukt stellen muß. Es kommt bei jedem Chloratsprengstoff darauf an, daß die Zusammensetzung des Sprengstoffes eine vollständige Zersetzung des Kaliumchlorats in Chlorkalium und Sauerstoff ermöglicht. Dazu ist unter allen Umständen die Erreichung der Umsetzungstemperatur erforderlich. Um darin sicher zu gehen, verwendet der Bergbau zur Erreichung der erforderlichen Initialtemperatur die stärkste im Bergbau verwendete Sprengkapsel Nr. 8. Aber selbst bei diesem kräftigen Initialimpuls genügen geringe Verunreinigungen, insbesondere nur wenige Prozente Chlorkalium und Chlormagnesium, um den Sprengstoff in seiner Wirkung zu schwächen. Diese Verunreinigungen finden sich aber bei dem angestregten Betriebe der Chloratfabriken sehr leicht im Kaliumchlorat vor, wenn dieses nicht ausgiebig von der Mutterlauge befreit ist. Es ist aus der Konstruktion der Sicherheitsprengstoffe bekannt, welchen Einfluß die Chloridsalze auf die Explosionstemperatur haben. Größere Mengen Chlorkalium setzen die Explosionstemperatur wesentlich herunter. In noch größerem Umfange ist dies beim Chlormagnesium infolge seiner starken Neigung zur Wasseraufnahme der Fall. Finden sich nur geringe Prozentsätze im Sprengstoff vor, so nimmt dieser sehr bald die Grubenfeuchtigkeit auf und wird in den meisten Fällen unbrauchbar; der größte Teil der entwickelten Wärmeenergie muß zur Verdampfung der Feuchtigkeit verwendet werden, wodurch die Explosionstemperatur herabgesetzt wird. Größere Prozentsätze an Verunreinigungen zeigen sich namentlich da, wo neue Chloratfabriken in Betrieb genommen sind, und wo zunächst die ersten Betriebschwierigkeiten der neuen Anlage überwunden werden müssen.

Unter den Chloratsprengstoffen lassen sich zwei Gruppen unterscheiden:

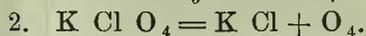
Zu der einen Gruppe gehören diejenigen, welche sich auf teilweiser oder ganz reiner Umsetzung zwischen dem Kohlenstoffträger und dem Sauerstoffträger aufbauen. Es sind dies in erster Linie *Miedziankit*, *Barbarit* und *Silesia*. Wesentlich anders verhalten sich die Sprengstoffe der zweiten Gruppe, welche fast sämtlich Nitrokörper meist in Form von selbständigen Explosiven enthalten.

Zum Verständnis der Beziehungen zwischen der Zusammensetzung und den Eigenschaften der einzelnen Sprengstoffe ist es erforderlich, hier einige Ausführungen über das chemische Verhalten der Chloratsprengstoffe voranzustellen. Das Kaliumchlorat gibt seinen Sauerstoff leicht und vollständig erst bei verhältnismäßig hohen Temperaturen ab. Zur Erzielung

dieser Temperaturen ist ein starker Initialimpuls unter allen Umständen erforderlich. Wird die Explosionstemperatur erreicht, so zerfällt das Kaliumchlorat vollständig in Chlorkalium und Sauerstoff nach folgender Explosionsgleichung:



Wird die Explosionstemperatur nicht erreicht, z. B. beim Erhitzen bis zu einer Temperatur von 350°, so entsteht vorwiegend Kaliumperchlorat, und nur ein geringer Teil des Kaliumchlorats zerfällt in Chlorkalium und Sauerstoff. Es wird dann nur ein Bruchteil des Sauerstoffgehaltes zur Oxydation des Kohlenstoffträgers frei. Die Reaktion vollzieht sich dann nach folgenden beiden Formeln:



Das bei diesen niedrigen Temperaturen entstehende Kaliumperchlorat ist aber wesentlich beständiger als Kaliumchlorat und zerfällt erst bei einer höheren Temperatur in Kaliumchlorid und Sauerstoff. Die Zersetzung geht dabei viel träger vor sich als bei Kaliumchlorat. Wird nun bei der Initialzündung aus irgend einem Grunde die erforderliche Initialtemperatur nicht erreicht, so wird in den meisten Fällen Kaliumchlorat nicht vollständig zersetzt, sondern zum größeren Teil in Kaliumperchlorat verwandelt. Der Sprengstoff setzt dann ab, oder kocht, wenn die Temperatur noch groß genug ist, aus.

Zur Verhütung der unvollkommenen Umsetzung haben bereits die Cheddipatente die Verwendung von selbständigen Explosiven vorgesehen, durch deren Detonation die hohen Temperaturen verbürgt werden sollen, welche für die vollständige Umsetzung des Kaliumchlorats erforderlich sind. Man verhütet also das Absetzen und das Auskochen der Sprengstoffe infolge unzureichender Initialzündung, wenn man größere Mengen explosiver Nitroverbindungen dem Sprengstoff zusetzt. Dieser Gedanke ist bei der Nitroverbindungen enthaltenden Gruppe der Chloratsprengstoffe zur Anwendung gelangt. Die Anwesenheit dieser explosiven Nitroverbindungen bedingt eine größere Brisanz. Sie ist gleichzeitig die Ursache geringeren Grobkohlenfalles. Die Nachschwaden sind bei diesen Sprengstoffen wesentlich unangenehmer als die der reinen Chloratsprengstoffe, bei deren Umsetzung sich im allgemeinen nur Kohlensäure und Wasserdampf entwickeln kann. Sie ähneln denjenigen der Dynamite oder der dynamitartigen Sprengstoffe. Bedeutungsvoll ist die Anwesenheit der explosiven Nitroverbindungen für die Handhabungssicherheit des Sprengstoffes. Es ist erwiesen, daß die Schlag- und Reibungsempfindlichkeit dieser Sprengstoffe eine bedeutend größere ist.

b) Handhabungssicherheit.

Die Handhabungssicherheit hat bei der Verwendung der Chloratsprengstoffe von jeher besondere Beachtung gefunden. Leider haben sie in dieser Beziehung vor dem Kriege eine sehr abfällige Kritik erfahren. Sie sollten in ganz besonders hohem Maße empfindlich gegen Stoß, Schlag und Reibung sein. Namhafte Sprengtechniker warnten aus diesem Grunde vor ihrer Verwendung. Diese Bedenken bezüglich der Schlag- und Reibungsempfindlichkeit fanden darin Ausdruck, daß die Chloratsprengstoffe nur in beschränktem Umfange zum Stückguttransport zugelassen waren, wodurch von vornherein der Verwendung sehr enge Grenzen gezogen waren.

Diese schweren Bedenken, die man der Handhabungssicherheit der Chloratsprengstoffe entgegengebracht hat, sind ohne Frage insofern nicht ganz begründet gewesen, als sie sich nicht auf Erfahrungen aus der praktischen Handhabung, sondern fast ausschließlich auf Laboratoriumsergebnisse älterer Zeit stützten. Selbst die schon vor dem Kriege mit einzelnen Chloratsprengstoffen — es sei hier an Silesia und Miedziankit erinnert — auch in der Handhabungssicherheit erzielten befriedigenden Ergebnisse haben das alte Vorurteil nicht beseitigen können.

Der Krieg hat darin Wandel geschaffen. Die Zwangslage, Chloratsprengstoffe zu verwenden, hat zu grundlegenden praktischen Erfahrungen auch bezüglich der Handhabungssicherheit geführt. Als das wichtigste Ergebnis darf vorausgeschickt werden, daß Handhabungsgefahr der Chloratsprengstoffe kein Grund sein kann, sie grundsätzlich in Zukunft nicht zu verwenden oder ihre Verwendung einzuschränken.

Es muß allerdings als feststehend erachtet werden, daß die Eigenschaften der meisten Chloratsprengstoffe eine vorsichtige Handhabung bedingen. Diese Tatsache wird bestätigt durch die von dem Königlichen Oberbergamt Breslau für seinen Verwaltungsbezirk veranlaßte Zusammenstellung über die in der Zeit vom 1. Januar bis 30. September 1915 bei der Verwendung von Chloratsprengstoffen eingetretenen Unfälle. Die Zusammenstellung zählt im ganzen 64 Unfälle, bei denen 68 Personen verletzt wurden. Die Unfallziffer erscheint hoch; ob sie größer oder kleiner ist als bei Schwarzpulver, läßt sich mangels einer Vergleichsgrundlage nicht ermitteln.

Wo als Unfallursache die Handhabungsgefahr der Chloratsprengstoffe eine Rolle gespielt hat, beruht sie im wesentlichen darauf, daß die Chloratsprengstoffe empfindlich sind gegen mechanische Einwirkungen, und daß sie zum Absetzen neigen, und dadurch neue Gefahrenquellen schaffen.

Nach ihren wichtigsten Ursachen gliedern sich diese Unfälle in folgende Hauptgruppen:

1. Empfindlichkeit gegen Schlag, Stoß und Reibung	11 Unfälle =	17 %
2. Neigung zum Absetzen	20 „ =	31 %
3. Sonstige Unfälle (eigene Unvorsichtigkeit, unäch- gemäße Behandlung usw.)	33 „ =	52 %
	<u>Ea. 64 Unfälle =</u>	<u>100 %</u>

Die Empfindlichkeit der Chloratsprengstoffe gegen Schlag, Stoß und Reibung ist größer als die des Schwarzpulvers und der Ammonsalpetersprengstoffe, dagegen geringer als die der Dynamite. Die Ursache dieser Empfindlichkeit gegen mechanische Einwirkungen besteht darin, daß das Kaliumchlorat seinen Sauerstoff mit größerer Geschwindigkeit abgibt, als der Salpeter, wodurch die Gasentwicklung und Drucksteigerung beschleunigt wird.

Es ist nun aber in der Praxis festgestellt, daß diese Empfindlichkeit bei den einzelnen Chloratsprengstoffen sehr verschieden ist. Außerdem sind einige Zusammensetzungen weniger empfindlich gegen Schlag und Stoß, während die Reibungsempfindlichkeit nur in geringeren Grenzen schwankt. Niedziankit ist z. B. verhältnismäßig wenig schlagempfindlich. Erst der gleitende Schlag, bei dem die Bahnen des Hammers den Amboß in flachem Winkel treffen, erzeugt Explosionen. Ähnlich verhält sich Silesia. In der Reibungsempfindlichkeit stehen indes beide den anderen Chloratsprengstoffen näher. Während aber bei freiliegendem Niedziankit nur der getroffene Teil explodiert, gelangt bei freiliegendem Silesia die ganze Patrone zur Explosion. Dasselbe ist der Fall bei Koronit, Petrolit und Chloratzit.

Dieses verschiedenartige Verhalten ist abhängig von der Zusammensetzung des Sprengstoffes und der Beschaffenheit seiner Bestandteile. Es ist schon darauf hingewiesen, daß die Anwesenheit von explosiven Nitroverbindungen die Empfindlichkeit an sich wesentlich erhöht. Die Ursache liegt in der Empfindlichkeit des Nitroglycerins. Die Empfindlichkeit scheint geringer zu werden, wenn im Sprengstoff infolge Durchtränkens mit einer öligen Flüssigkeit die Molekularreibung vermindert wird. Es ist beachtenswert, daß auch die Beschaffenheit des Chlorats dabei von großer Bedeutung ist. Chloratkrystalle wirken bei einer mechanischen Einwirkung wie Nadeln auf das Nitroglycerin. Diese Wirkung wird vermindert, wenn nicht die kristallinen Ausbildungsarten des Chlorats, sondern die mehr amorphen Formen, und zwar in der größten Feinheit, Verwendung finden. Ähnlich wie grobge-

mahlendes Chlorat verhalten sich die selbst bei feinsten Mahlung noch sehr scharfkantigen Rochsalzkristalle.

Die Empfindlichkeit wird des weiteren erhöht, wenn sich im Sprengstoff Bestandteile mit sehr niedrig liegender Entflammungstemperatur befinden.

Aus den vorstehenden Ausführungen ist zu ersehen, in welcher Weise die Zusammensetzung und die Art der Bestandteile die Empfindlichkeit der Chloratsprengstoffe verschieden beeinflusst. Für die Handhabungssicherheit wird es dabei von Wichtigkeit sein, ob die Sprengstoffe die Eigenschaft besitzen, freiliegend zu detonieren oder nicht. Findet nämlich auf einen Sprengstoff, der freiliegend nicht detoniert, eine mechanische Einwirkung statt, so kommt höchstens der getroffene Teil zur Explosion, während der Rest im ungünstigsten Falle abbrennt. Mithin ist die mechanische Empfindlichkeit in diesem Falle von geringer Bedeutung. Überträgt dagegen ein Sprengstoff auch freiliegend die Explosionswelle, so ist, wenn gleichzeitig eine höhere mechanische Empfindlichkeit vorliegt, die Handhabungsgefahr wesentlich größer.

Das geschilderte Verhalten ist daher von Bedeutung für die Handhabungssicherheit des Sprengstoffes bei dem Transport.

Dieser Unterschied kann indessen nicht mehr gemacht werden, sobald die Patrone im Bohrloche liegt, wo bei einer mechanischen Einwirkung auch eine freiliegend nicht vollständig detonierende Patrone vollständig explodieren kann.

Tatsächlich ist denn auch von den 11 durch Reibungsempfindlichkeit verursachten Unfällen die Mehrzahl auf vorzeitige Explosionen während des Besehens zurückzuführen. Die Sprengladungen detonierten in mehreren Fällen beim Einführen in das Bohrloch, namentlich dann, wenn zu enge oder unrunde Bohrlöcher der Einführung der Sprengladungen Widerstand bereiteten und den Arbeiter veranlaßten, Gewalt anzuwenden. Es mag in solchen Fällen nicht immer beim Ladestock geblieben sein, vielmehr wird auch — in einigen Fällen wird dies auch zugestanden — die Verwendung des Krähers oder gar der Bohrstange die Gefahr der Reibungsempfindlichkeit erhöht haben.

Eine weitere auf Reibungsempfindlichkeit beruhende Gefahrenquelle liegt in der Verschüttung von Sprengstoff im Bohrloch, insbesondere wenn dieses schlecht gesäubert ist. Einige Unfälle lassen sich nur dadurch erklären, daß verschüttete Sprengstoffreste beim Besehen durch Reibung sich entzündet und die Flamme auf die Sprengkapsel übertragen haben.

Daß die Sprengstoffe, die selbständige Explosive enthalten, reibungsempfindlich sind, bestätigt auch die Unfallstatistik.

Da die mittelbare Ursache zu den durch Reibungsempfindlichkeit verursachten Unfällen meist zu enge und unrunde Bohrlöcher sind, ist die beste Gegenmaßnahme die Herstellung reichlich weiter Bohrlöcher. Außerdem sind die Häuer zum sorgfältigen Auskrägen der Bohrlöcher anzuhalten. Das Verstreu von Sprengstoff im Bohrloch ist gleichfalls zu vermeiden. Deshalb müssen geteilte Patronen vor ihrer Einführung sorgfältig wieder eingehüllt werden.

Bei Beachtung dieser Gesichtspunkte werden die durch Reibungsempfindlichkeit verursachten Unfälle in der Unfallstatistik der Chloratsprengstoffe in den Hintergrund treten.

Auf die Neigung der Chloratsprengstoffe zum Absetzen sind 20 von den oben in Betracht gezogenen Unfällen zurückzuführen. Die Ursachen des Absetzens sind bereits erörtert. Setzt der Sprengstoff ab, ohne daß der Häuer es weiß, so besteht die Gefahr, daß er beim Räumen des Schusses mit der Keilhaue in den Patronenrest schlägt und eine Explosion verursacht. Es ist dies der ungünstigste Fall, weil der Häuer die Gefahr nicht kennt und sich ihr selbst bei Anwendung von Vorsicht nicht entziehen kann. Eine ähnliche

Gefahrenmöglichkeit wird geschaffen, wenn der Schuß infolge der Eigenschaften des Sprengstoffes versagt. Der Häuer muß dann entweder das Loch ausbohren, oder ein zweites daneben setzen. In beiden Fällen ist eine Reihe von Unfällen entstanden. Beim Ausbohren des Loches hat der Häuer entweder den eisernen Kräger oder den Bohrer verwendet. Oft war nicht mehr festzustellen, ob hierbei nicht etwa die noch unberührte Sprengkapsel zur Explosion gelangt ist. Der Versager würde in diesem Falle auch nicht auf die Eigenschaften der Chloratsprengstoffe zurückzuführen sein. Häufiger sind unerwarteter Weise die Fälle, in denen der Häuer neben einem Versager ein zweites Bohrloch angelegt hatte und mit dem alten durchschlägig geworden war. Durch Hineinbohren in die Sprengladung wurde der Sprengstoff zur Explosion gebracht. Das Bohren eines Parallelbohrloches ist bei einiger Vorsicht an sich durchaus ungefährlich. Das Hineinbohren in die Sprengladung eines Versagers kann bei jedem anderen Sprengstoff ebenfalls zu Unfällen führen. Von Bedeutung ist hingegen, ob das Austreten von Versagern bei den Chloratsprengstoffen eine besonders häufige Erscheinung ist und ob dadurch die Gefahr der Schießarbeit wesentlich erhöht wird.

Es ist nicht zu verkennen, daß die Chloratsprengstoffe bei der bisherigen Verwendung oft zu Versagern geführt haben, öfter, als man dies bei Dynamit, Ammonsalpeter und Schwarzpulver gewöhnt war, ferner daß auch häufig ein Absetzen der Sprengladung festgestellt worden ist. Dieses Absetzen ist durch Anwendung eines starken und guten Initialimpulses meist zu verhüten. Ebenso liegen die Verhältnisse bei Versagern. Wenn diese in der Unfallzusammenstellung der ersten 9 Monate des Jahres 1915 in verhältnismäßig großer Zahl als Unfallursachen auftreten, so liegen die Gründe zum Teil auch in den wechselnden Eigenschaften der Sprengstoffe, die durch Ungleichmäßigkeiten der Rohmaterialien bewirkt werden.

Man kann demnach auch bei dieser Gruppe von Unfällen mit einer wesentlichen Verminderung für die Zukunft rechnen. Das Absetzen und Versagen der Chloratsprengstoffe und die sich hieraus ergebenden Gefahren werden voraussichtlich bei längerer Handhabung nachlassen.

Die übrigen Unfälle — es sind 33, also mehr als die Hälfte — sind für die spezifische Handhabungssicherheit der Chloratsprengstoffe ohne Bedeutung. Es handelt sich hier um die zahlreichen auch sonst im Bergbau allzu häufig vorkommenden Ursachen: Irrtum in der Anzahl der losgegangenen Schüsse, Verwechseln der eignen Schüsse mit denen eines Nachbarortes, Ausbohren oder Ausfragen mit dem eisernen Kräger, insbesondere aber zu zeitiges Betreten des Arbeitsortes. Es ist auffallend, wie häufig die Unfälle durch zu frühzeitiges Betreten des Arbeitsortes sind. Die Häuer geben an, 5 Minuten und länger, sogar bis zu einer halben Stunde, gewartet zu haben. Bekanntlich sieht der Arbeiter selten nach der Uhr, wenn er den Schuß angebrannt hat. Er verfolgt erst die Zeit, wenn der Schuß zu lange ausbleibt und überschätzt dabei die Zeitdauer, die er bereits gewartet hat. Er betritt also in den meisten Fällen das Ort zu früh. Auch die unerwartete große Häufung der auf diesen Ursachen beruhenden Unfälle ist wohl darauf zurückzuführen, daß die Chloratsprengstoffe eine Zeit lang infolge mangelhafter Rohmaterialien öfter zu Versagern führten. Auf Grund dieser Erfahrungen werden die Häuer in der Annahme, daß wieder ein Versager vorliege, das Ort oft vorzeitig betreten haben. Ausgesprochene Spätschüsse könnten zwar auch zur Erklärung herangezogen werden, sind jedoch wenig wahrscheinlich. Insofern sie wirklich vorgelegen haben sollten, dürfte minderwertige Zündschnur die Ursache gewesen sein. Mit Rücksicht auf die gegenwärtig häufige Minderwertigkeit der Zündschnur empfiehlt es sich auch nicht, bei Verwendung mehrerer Patronen die Schlagpatrone zwischen die Patronen einzufügen, sondern stets nach vorn zu legen. Durchschlagen der Zündschnüre könnte

andernfalls den vorderen Teil der Ladung in Brand setzen und dadurch Doppelplosionen veranlassen.

Die Unfallursachen liegen aber ferner auch in unsachgemäßer Handhabung der Sprengladung: Herausziehen der Zündschnur mit der Zündkapsel aus der Schlagpatrone bei Einführung des Befazes, Verwendung mangelhaften und unzureichenden Befazes, zu starkes Anknäusen der Zündkapseln an die Zündschnur und Durchknäusen der Zündschnurseele durch ungeübte Hand, kurz Mängel der Handhabung, wie man sie stets bei der Einführung neuer Sprengstoffe im Bergbau feststellen kann.

Erschwerend kommt hinzu, daß diese neuen dem Bergbau zum größten Teil in der Handhabung und in ihrer Empfindlichkeit unbekanntem Sprengstoffe Arbeitern in die Hände gegeben werden mußten, die mit der Schießarbeit wenig oder gar nicht vertraut waren und durch zum Teil unverantwortliche Unvorsichtigkeit die Unfallziffer wesentlich erhöht haben. Man darf annehmen, daß dies auch bei der Weiterverwendung der bisherigen Sprengstoffe der Fall gewesen wäre.

Die Unfallziffer bei der Schießarbeit mit Chloratsprengstoffen wird wesentlich niedriger werden, wenn sich die Arbeiter mit der Handhabung der Chloratsprengstoffe vertraut gemacht haben, wenn die erfahrenen Bergarbeiter zu den Gruben zurückgekehrt sind und in ruhigeren Verhältnissen gleichmäßige Sprengstoffe, kräftige Sprengkapseln und gute Zündschnüre zur Verfügung stehen. Auch die in der Reibungsempfindlichkeit der Chloratsprengstoffe bestehende Gefahrenmöglichkeit wird verringert werden, wenn sie den Arbeitern ausreichend bekannt geworden ist, und wenn der Arbeiter gelernt hat, dieser Gefahrenquelle aus dem Wege zu gehen.

Ein Hilfsmittel hierzu sollen die im Anhang als Anlage I beigegebenen „Betriebsregeln“ sein, welche zum Gebrauch der Arbeiter und Aufsichtspersonen bestimmt sind.

c) Kohlenstaubsicherheit.

Auf einer Anzahl oberschlesischer Steinkohlengruben bedingt die Gefahr der Kohlenstaubentzündung ähnliche Vorsichtsmaßnahmen bei der Schießarbeit wie die Schlagwettergefahr. Auf Gruben mit leichtentzündlichem Kohlenstaub ist die Verwendung brisanter Sprengstoffe nur bei Einzelschüssen gestattet. Sollen Reihenschüsse vorgenommen werden, so müssen höhere Anforderungen an die Kohlenstaubsicherheit der Sprengstoffe gestellt werden.

Allgemein gilt die Tatsache, daß hinsichtlich der Kohlenstaubsicherheit jeder Chloratsprengstoff unbedenklich überall dort und unter den gleichen Bedingungen verwendet werden kann, wo man bisher Schwarzpulver verwendet hat. Demzufolge können durchweg, soweit nicht ganz besondere Verhältnisse vorliegen, alle Chloratsprengstoffe bei Anwendung von Einzelschüssen auch auf kohlenstaubgefährlichen Gruben verwendet werden. Von Bedeutung wird es sein, welche Initialzündung zur Anwendung gelangt. Kann der betreffende Sprengstoff mit Sprengkapsel Nr. 6 geschossen werden, so wird damit zugleich eine wesentlich größere Sicherheit gegen Kohlenstaubentzündung erreicht, als wenn mit Sprengkapsel Nr. 8 geschossen werden muß. Schließlich kommt es auch noch auf die Eigenschaften des betreffenden Kohlenstaubes an, ob man einen Chloratsprengstoff mit geringerer Kohlenstaubsicherheit auch bei Reihenschüssen verwenden kann.

Um aber gegen die Gefahr der Kohlenstaubentzündungen eine möglichst große Sicherheit zu schaffen, sind eine Anzahl Chloratsprengstoffe hergestellt, bei welchen Lademengen von mehr als 500 g in den Versuchsstrecken unter Verwendung der Sprengkapsel Nr. 8 nicht zu Entzündungen leicht entflammbarer Kohlenstaubarten geführt haben. Die in dieser Denkschrift interessierenden Sprengstoffe sind folgende:

Silesia 21	Höchstlademenge	500 g
Silesia N Erfaß 21	"	500 "
Wetternaphtalit A, B u. C	"	600 "
Naphtalit D 4	"	500 "
Miedziankit III u. IV	"	650 "
Wetterchloratzit	"	500 "
Wilhelmit I	"	700 "
Wilhelmit 3	"	550 "
Wetteralbit B	"	600 "
Kohlenalbit	"	500 "
Kohlenalbit A u. B	"	600 "
Kohlenkoronit	"	550 "

Es bleibt aber zu beachten, daß bei diesen kohlenstaubficheren Chloratsprengstoffen die Sicherheit nur durch Verringern der Explosionsgeschwindigkeit erzielt worden ist. Durch die geringe Explosionsgeschwindigkeit ergibt sich die Gefahr, daß die heißen Sprenggase zu lange mit der Kohle in Berührung bleiben und daß dadurch Grubenbrände verursacht werden können. Einige der vorgenannten Sicherheitsprengstoffe haben auch bereits zu solchen Erscheinungen geführt. Am besten hat sich in dieser Beziehung Silesia bewährt.

d) Wirkung (Grobkohlenfall, Brisanz usw.).

Höhere Brisanz bedingt höhere Sprengkraft und geringeren Grobkohlenfall. Diese allgemeine Regel gilt auch für die Chloratsprengstoffe. Ihre Brisanz ist an sich größer als die des Schwarzpulvers. Durch Beimengung von Nitroverbindungen wird sie, wie oben erwähnt, weiter gesteigert, während sie durch Zusatz von Kochsalz vermindert wird.

Im allgemeinen sind die brisanten Chloratsprengstoffe für feste Kohle nicht geeignet. Sie schütten zwar bei richtiger, ihrer Brisanz angepaßter Vorgabe und Lademenge in den meisten Fällen große Kohlenmengen; der Grobkohlenfall wird dann aber so gering, daß die Wirtschaftlichkeit des Grubenbetriebes, für welche in Oberschlesien der Grobkohlenfall von größter Bedeutung ist, unter Umständen eine beträchtliche Einbuße erleidet. Andererseits ist ein derart brisanter Sprengstoff für das Schießen im Gestein sehr geeignet, ebenso auch wegen der größeren Detonationsgeschwindigkeit für zerklüftete Kohle.

Bezüglich der Wirkung besteht beim Silesia 21 im allgemeinen die übereinstimmende Ansicht, daß der Sprengstoff sich gut zum Schießen in der Kohle eignet, und zwar mit dem Unterschiede, daß man dem Silesia 21 den Vorzug im Pfeiler gibt, während es sich scheinbar beim Streckenbetriebe bei sehr harter Kohle hier und da nicht als vollständig ausreichend erwiesen hat. Silesia 21 besitzt eine verhältnismäßig geringe Explosionsgeschwindigkeit. Demzufolge wird auch der Grobkohlenfall meist als einwandfrei bezeichnet. Wo andere Ansichten laut werden, mag dies häufig daran liegen, daß die Sprengladungen vielfach zu groß genommen werden. Bei den wirksameren Chloratsprengstoffen kann man die Sprengladung mit $\frac{2}{3}$ des Schwarzpulververbrauches bemessen. Es gehört dazu allerdings eine sorgfältige Bewertung der Vorgabe und eine sichere Kenntnis des Sprengstoffes. Diese ist freilich dem Bergmann häufig dadurch erschwert, daß der Sprengstoff infolge der oben erörterten wechselnden Beschaffenheit der Rohmaterialien auch in seinen Wirkungen wechselt. Um unter allen Umständen sicher zu gehen, pflegen die Häuer dann größere Lademengen als notwendig zu nehmen. Die Folge davon ist bei einwandfreier Zusammensetzung des Sprengstoffes, daß der Schuß überladen ist, und daß der Grobkohlenfall ganz wesentlich unter der Überladung leidet. Sehr häufig hat auch ein derart überladener Schuß eine geringere Wirkung als ein richtig besetzter. Es ist eine bei den Chloratsprengstoffen beobachtete

Erfahrung, daß die Wirkung von der richtigen Bemessung der Lademenge in besonderem Maße abhängig ist.

Auch Miedziankit hat fast allseitige Anerkennung gefunden. Es ist brisanter als Silesia und wird ihm bei Gesteinsarbeiten vorgezogen. Die größere Brisanz des Miedziankit bedingt eine noch vorsichtigeren Bemessung der Lademenge als bei der Verwendung des Silesia 21. Bei richtiger Bemessung der Lademenge entspricht der Grobkohlenfall bei Verwendung von Miedziankit ungefähr dem bei der Verwendung von Silesia erzielten. Bei Miedziankit ist die Hauptsache, daß der Initialimpuls der zu sprengenden Gebirgsart angepaßt wird. Sehr weiche Vorgaben erfordern einen kräftigen Initialimpuls, während Kohle und Gestein von einer normalen Festigkeit die Verwendung der Zündkapsel Nr. 6, unter Umständen auch Nr. 4, zulassen. Im Gegensatz zum Silesia kann Miedziankit nach Angabe einzelner Bergwerksverwaltungen auch zum Schießen in nassen Löchern verwendet werden, wenn der Sprengstoff nicht allzulange unter Wasser bleibt.

Dem Miedziankit in der Wirkung ähnlich, aber immerhin noch sprengkräftiger und brisanter, ist Petrolit. Die Wirkung des Petrolit wird allseitig gelobt, dafür wird aber von einigen Seiten der geringere Grobkohlenfall beanstandet. Infolge seiner höheren Brisanz eignet sich Petrolit ganz besonders für hartes Gestein, namentlich bevorzugen einige Erzgruben Petrolit. In klüftiger Kohle ist naturgemäß Petrolit dem Silesia und dem Miedziankit infolge seiner höheren Brisanz überlegen.

Ähnlich wie die Urteile über Petrolit lauten auch die Urteile über Chloratzit.

Befriedigend hinsichtlich der Wirkung und des Grobkohlenfalls sind auch Kohlen-Albit und Wetter-Albit, doch haben beide Sprengstoffe keine ausgedehnte Verwendung in Oberschlesien gefunden. Bei Gesteinsarbeiten und auf den Erzgruben hat man mit Koronit und Gesteins-Koronit gute Ergebnisse erzielt. Stellenweise erfährt Koronit eine sehr günstige Beurteilung. In der Kohle ist es wegen seiner zu hohen Brisanz nicht zu gebrauchen.

Silesia kann aus Mangel an Harz vorerst nicht weiter hergestellt werden. An seine Stelle ist neuerdings Naphthalit getreten, das sich günstig einzuführen scheint.

Weniger günstige Urteile erfahren die anderen sonst noch verwendeten Chloratsprengstoffe.

e) Nachschwaden.

Die Urteile über die Wirkung decken sich nicht mit den Urteilen über die Nachschwaden der Sprengstoffe. Im allgemeinen wird in dieser Hinsicht Miedziankit günstig beurteilt. Über Silesia gehen die Ansichten auseinander. Es überwiegen bei Silesia die günstigen, bei Petrolit und Chloratzit die ungünstigen Urteile. Jedenfalls zieht man bezüglich der Schwadenbildung Silesia und besonders Miedziankit diesen beiden Sprengstoffen vor. Übereinstimmend werden die Nachschwaden bei den anderen Chloratsprengstoffen, Wetter-Albit, Koronit und Gesteins-Koronit, vor allem Barbarit und Wilhelmit ungünstig beurteilt.

f) Lagerbeständigkeit.

Über die Lagerbeständigkeit der Chloratsprengstoffe liegen bei der Kürze der Zeit abschließende Urteile nicht vor. Bei dem länger in Gebrauch stehenden Miedziankit, Petrolit und Silesia hat man festgestellt, daß eine Lagerdauer von drei Monaten zweckmäßig nicht überschritten wird. Man wird auch bei den andern bisher verwendeten Chloratsprengstoffen das Richtige treffen, wenn man über eine Lagerdauer von drei Monaten unter keinen Umständen hinausgeht. Grundsätzlich wird bei allen Chloratsprengstoffen empfohlen, sie in

möglichst frischem Zustande zu verwenden, und zwar schon deshalb, weil sie infolge der hygroskopischen Eigenschaften des Kaliumchlorats im Laufe der Zeit erhärten und dann bei der Einführung der Sprengkapsel Schwierigkeiten bereiten.

Wird der Chloratsprengstoff in einer Verpackung aufbewahrt, welche jeden Luftzutritt ausschließt, so ist die Lagerbeständigkeit eine wesentlich größere, sofern der Sprengstoff keine Bestandteile enthält, welche auch ohne Luftzutritt zu einer Selbstzersehung neigen. Für die Lagerbeständigkeit ist ferner von großer Bedeutung, daß während der Lagerung infolge der Unterschiede der spezifischen Gewichte der Bestandteile keine Entmischung eintritt. Eine solche ist z. B. möglich, wenn der Sprengstoff Nitroglycerin enthält und wenn dieses unmittelbar dem Chlorat untermischt ist.

Wo der Verdacht besteht, daß Bestände von Chloratsprengstoffen nach längerem Lagern verdorben sind, empfiehlt es sich, die Lieferfirma zur Prüfung aufzufordern und den Rat derselben für die etwa erforderlich werdende Vernichtung der Sprengstoffe einzuholen.

3. Zündung.

Da vor dem Kriege überwiegend komprimiertes Schwarzpulver verwendet worden ist, das zur Einleitung der Explosion nur der Zündschnur bedarf, so war der Sprengkapselverbrauch vor dem Kriege verhältnismäßig gering. Bei der jetzigen Kupferknappheit und bei der in den letzten Jahren gesteigerten Verwendung von Toluol-Verbindungen als Zündsatz spielt die Frage der Sprengkapselbeschaffung für die Verbreitung der Chloratsprengstoffe eine nicht zu unterschätzende Rolle. Selbst wenn Toluol ausschließlich durch Fulminat ersetzt wird, verlangt doch der Sprengkapselverbrauch eines so großen Bergbaubezirkes bei ausschließlicher Verwendung von Chloratsprengstoffen Kupfermengen, die bei der gegenwärtigen Kupferknappheit im Interesse der Landesverteidigung ins Gewicht fallen. Aus diesem Grunde sind auch über den Sprengkapselverbrauch Erhebungen angestellt worden. Sie haben ergeben, daß der Verbrauch an Sprengkapseln aller Art im Monat Juli 1915 1,7 Millionen Stück betragen hat, und zwar zu einer Zeit, in der $\frac{2}{3}$ des gesamten Sprengstoffverbrauches durch Chloratsprengstoffe ersetzt waren. Man kann daraus folgern, daß bei ausschließlicher Verwendung von Chloratsprengstoffen der monatliche Sprengkapselverbrauch etwa 2,5 Millionen Stück betragen würde.

Das Gewicht einer leeren Kapsel Nr. 8 beträgt 2,13 Gramm. Für die Herstellung von 1,7 Millionen Sprengkapseln Nr. 8 sind daher 3,6 Tonnen Kupfer und von 2,5 Millionen Stück 5,3 Tonnen Kupfer erforderlich. Der Kupferbedarf ist jedoch in Wahrheit geringer, weil auch schwächere Sprengkapseln verwendet werden.

Der obereschlesische Bergbau hat vor dem Kriege nur 700 000 Stück Sprengkapseln verbraucht. Der Verbrauch ist im Juli um fast 150 % gestiegen und würde bei ausschließlicher Verwendung von Chloratsprengstoffen um 250 % steigen müssen.

Was die Stärke der einzelnen Sprengkapseln betrifft, so ist im Monat Juli 1915 die Sprengkapsel Nr. 3 nur noch in sehr geringem Umfange verwendet worden. Es wurden scheinbar noch einige Bestände Dynamit freigegeben und verbraucht. Den Hauptanteil am Verbrauch hat die Sprengkapsel Nr. 8, der gegenüber der Verbrauch an Sprengkapseln Nr. 6 und 7 zurücktritt. Die Sprengkapsel Nr. 7 wird im Bergbau selten verwendet. Die Sprengkapsel Nr. 8 wird fast ausschließlich bei Chloratsprengstoffen angewandt. Wenn die Sprengkapsel Nr. 7 ebenfalls verwendet worden ist, so scheint dies daran zu liegen, daß einige Verwaltungen, welche bisher Toluolkapsel Nr. 6 verwendet haben, einen Ersatz in der Fulminat-Sprengkapsel Nr. 7 gesucht haben, da diese nach längerem Lagern etwa der Toluolkapsel Nr. 6 entspricht. Die überwiegende

Verwendung der Sprengkapsel Nr. 8 scheint nach den vorliegenden Erfahrungen nicht unbedingt notwendig zu sein. Wenn man in so ausgedehntem Maße zu ihrer Verwendung gegriffen hat, so liegt dies wohl in der Hauptsache daran, daß die Chloratsprengstoffe mit wenigen Ausnahmen einen starken Initialimpuls verlangen. Es kann indes hier wesentlich gespart werden, sobald Beamte und Arbeiter sich in größerem Umfange mit Chloratsprengstoffen einge- arbeitet haben. Namentlich wird die Verwendung eines guten Besatzmaterials, sowie die Erziehung der Arbeiter zu einem kräftigen und langen Besatz in vielen Fällen den Gebrauch der Sprengkapsel Nr. 6 ermöglichen. Falls man auf Fulminatkapseln angewiesen ist, wird es ferner notwendig sein, der Einwirkung der Feuchtigkeit auf den Fulminatsatz ein ganz besonderes Augenmerk zu widmen. Der Fulminatsatz leidet sehr unter Grubenfeuchtigkeit. Nach längerer Lagerung büßt die Fulminatkapsel unter Umständen ihre Initialkraft vollständig ein. Deshalb hat man sich auch dort, wo Chloratsprengstoffe schon seit längerer Zeit verwendet werden, zur Toluolkapsel entschlossen. Es kann nicht genügend betont werden, daß bei den Chloratsprengstoffen zur Erzielung gleichmäßiger Wirkungen unter allen Umständen ein ausreichender Initialimpuls erforderlich ist. Wenn Toluolkapseln nicht oder nur in geringem Umfange zur Verfügung stehen, so wird man wenigstens dafür sorgen müssen, daß der Fulminatsatz vor dem Einfluß der Grubenfeuchtigkeit bewahrt bleibt. Man kann dies nach den bisherigen Erfahrungen in einwandfreier Weise dadurch erreichen, daß man die Sprengkapseln in eigens dazu eingerichteten eisernen Exsikkatoren aufbewahrt.

Bemerkt sei, daß die Sprengstofffabriken erklären, ohne einen Zusatz von Trinitrotoluöl bei Herstellung der starken Sprengkapseln Nr. 7 und 8 unter keinen Umständen auskommen zu können.

Immerhin bleibt der Sprengkapselverbrauch, welcher durch die gesteigerte Verwendung von Chloratsprengstoffen im oberschlesischen Bergbaubezirk verursacht wird, doch so groß, daß die Arbeiten zum Ersatz der Sprengkapselzündung, zum mindesten aber zum Ersatz der Kupferkapsel, fortgesetzt werden müssen. Es sind vier Wege bekannt, wie Kupfersprengkapseln ersetzt werden können:

a) Auf einer Grube wurden Versuche eingeleitet, die Chloratsprengstoffe mit der Zündschnur zu zünden. Dort hatte man festgestellt, daß einige Chloratsprengstoffe durch die Zündschnur zur Explosion gebracht werden können, wenn deren Feuerfarbe möglichst kräftig gestaltet wird, und zwar sollen sich Silesia und Chloratzit besonders zur Zündschnurzündung eignen, in geringem Umfange Petrolit. Auch Wilhelmit soll nach den Angaben seines Erfinders mit der Zündschnur gezündet werden können. Die meisten Chloratsprengstoffe reagieren sehr unregelmäßig auf die Feuerfarbe der Zündschnur. Eingehende Versuche haben ferner ergeben, daß überdies die Zündschnurzündung nur auf Kosten des Sprengstoffverbrauchs möglich ist. Der Sprengstoffverbrauch ist jedenfalls wesentlich höher, als bei Anwendung der Sprengkapselzündung. Weiter lehrt die Erfahrung, daß die Zündschnurzündung sich nur da eignet, wo es sich um das Abheben von langen, aber nicht schweren Vorgaben handelt. Für ein kräftiges Einbruchschießen ist die Zündschnurzündung auch bei denjenigen Sprengstoffen unzureichend, welche auf den Wärmeimpuls der Zündgarbe reagieren. Große Erfolge darf man sich demnach von der Zündschnurzündung nicht versprechen. Da durch die außerordentlich geringe Explosionsgeschwindigkeit eine deslagrierende Wirkung des Sprengstoffes herbeigeführt wird, so ist namentlich in Kohle, die leicht zur Entzündung neigt, ein derartiges Schießen bedenklich. Die hohe Verbrennungstemperatur der Chloratsprengstoffe wirkt bei der Zündschnurzündung sehr lange auf die Wandungen des Bohrloches, und es ist mit Sicherheit damit zu rechnen, daß leicht entflammbare Kohle ähnlich wie durch auskochende Schüsse zur Entzündung gebracht wird. Außerdem entstehen infolge der unvollständigen Umsetzung des Sprengstoffes unangenehme und schädliche Nachschwaden, insbesondere Kohlenoxydgase. Aus diesem Grunde muß vor der Verwendung der Zündschnurzündung ohne Sprengkapsel gewarnt werden.

b) Einen besseren Ersatz für die Zündkapselzündung bietet die Zündung mittels einer Sprengsalpeter- oder Schwarzpulverpatrone (ein Patronenstückchen von etwa 30 g). Die Versuche haben zwar ein einwandfreies Detonieren mittels eines solchen Salpeter- oder Pulverschlägers erwiesen. Jedoch hat sich bestätigt, daß ein gleich starker Initialimpuls und damit eine gleiche Brisanz der Ladung wie mit der Sprengkapsel nicht erzielt werden kann. In vielen Fällen bietet jedoch gerade die auf diese Weise erzielte verminderte Brisanz den Vorzug größeren Grobkohlenfalls. Es ist ferner festgestellt, daß ein derartiges kombiniertes Schießen für zerklüftete Kohle weniger geeignet ist als für feste. Bedenklich bleibt beim kombinierten Schießen das Zusammenbringen der Schwefel enthaltenden Schwarzpulver- oder Sprengsalpeterpatrone mit dem Chloratsprengstoffe. Versuche haben ergeben, daß Mischungen beider Sprengstoffe recht explosionsempfindlich sind. Wird z. B. im Fohrloch nur wenig von dem Chloratsprengstoffe verschüttet, und kommt die Schlagpatrone beim Einführen in eine reibende Berührung mit diesem verschütteten Chloratsprengstoffe, so besteht die Gefahr, daß die Schlagpatrone insolge der Reibung vorzeitig zur Explosion gelangt. Ein bekannt gewordener Unglücksfall beweist, daß ein derartiger Vorgang tatsächlich eintreten kann. Immerhin brauchen diese Bedenken nicht die Verwendung des Sprengsalpeters oder des Schwarzpulvers als Schlagpatrone für die Chloratsprengstoffe auszuschließen. Man kann der Gefahr begegnen, wenn man beide Sprengstoffe sorgfältig in Papier einhüllt, und wenn man außerdem durch genügend weite Bohrlöcher die Möglichkeit einer Reibung ausschließt.

c) Eine dritte Möglichkeit besteht in der Schaffung von Zündsägen aus leicht oxydierbarem Metallpulver, welche, ohne daß sie in eine Metallhülse gehüllt zu sein brauchen, entweder durch Explosion oder durch Entwicklung sehr hoher Temperaturen den zur Explosion des Chloratsprengstoffes erforderlichen Schlag- oder Temperaturimpuls bei ihrer Explosion oder Verbrennung abgeben.

d) Bereits seit geraumer Zeit versucht die Sprengkapseltechnik, anstelle des Kupfers Stahlblech zu verwenden. Die Versuche haben zu einem Teilerfolge geführt, befinden sich jedoch noch im Anfangsstadium.

Ermittlungen über den Zündschnurverbrauch anzustellen, hat sich erübrigt, zumal der Zündschnurverbrauch durch die Verwendung von Chloratsprengstoffen in Oberschlesien keine Steigerung erfahren hat.

4. Wirtschaftlichkeit.

Die Abhängigkeit Deutschlands von der chilenischen Salpeterimport und die Erfahrung, daß in einem Kriege mit England mit einer Unterbindung der Zufuhr zu rechnen ist, legt dem Bergbau schon heute die Frage nahe, ob es wirtschaftlich ist, die Chloratsprengstoffe auch nach dem Kriege beizubehalten.

Der oberschlesische Bergbau hat sich während der verflossenen Kriegsmomente von der praktischen Brauchbarkeit der Chloratsprengstoffe überzeugt. Von Bedeutung bleibt nun die Frage, ob die Chloratsprengstoffe in wirtschaftlicher Beziehung, insbesondere nach dem Kriege, mit dem seither verwendeten Schwarzpulver in Wettbewerb treten können.

Die Schwarzpulverpreise beruhten vor dem Kriege auf den außerordentlich niedrigen chilenischen Salpeterpreisen. Sie schwankten zwischen 56 und 60 M je 100 kg. Einwandfreie Beschaffenheit der Chloratsprengstoffe vorausgesetzt hat sich ergeben, daß ihre Wirkung um etwa 40 % größer ist als die des Schwarzpulvers. Wenn daher der Preis des Schwarzpulvers vor dem Kriege 58 M betragen hat, so würde der Preis der Chloratsprengstoffe unter Berücksichtigung der Sprengkapselkosten nicht mehr als etwa 72 M betragen dürfen. Bei Prüfung der Frage, ob es nach dem Kriege möglich sein wird, die Preise des Schwarzpulvers und des Chloratsprengstoffes in ein derartiges

Verhältnis zu bringen, wird einerseits damit zu rechnen sein, daß durch die große Erzeugung von Chloratsprengstoffen, die der Krieg in Deutschland notwendig gemacht hat, nach dem Kriege ein Überangebot auf dem Chloratmarkte eintreten wird, welches zu wesentlichen Preisermäßigungen führen muß. Andererseits ist zu erwarten, daß nach dem Kriege die Schwarzpulverpreise den alten niedrigen Stand nicht wieder erreichen werden. Die neu entstandene deutsche Stickstoffindustrie, welche im Interesse der Landesverteidigung wird lebensfähig erhalten werden müssen, arbeitet mit Unkosten, die eine erfolgreiche Konkurrenz mit dem natürlichen chilenischen Salpeter nur dann gestatten wird, wenn von Staatswegen, sei es in Form von Eingangszöllen, sei es in Form eines Monopols, die Preisfrage zu Gunsten der Stickstofffabriken geregelt wird. Außerdem wird die notwendige Ergänzung der Munitionsbestände, sowohl des eigenen Landes, wie der verbündeten Länder, die Salpeter- und Pulverfabriken noch auf Jahre hinaus in großem Umfange beschäftigen.

Hiernach erscheint es nicht ausgeschlossen, daß das oben ermittelte Preisverhältnis zwischen Pulver und Chlorat tatsächlich erreicht werden könnte.

Von Bedeutung für die Wirtschaftlichkeit der Verwendung der Chloratsprengstoffe nach dem Kriege ist die Frage des Rohstofftarifes und die Transportmöglichkeit. Zur Erleichterung der Verwendung der Chloratsprengstoffe war zu Beginn des Krieges der Tarif für Kaliumchlorat auf etwa die Hälfte des Normaltarifes herabgesetzt. Für Oberschlesien bedeutete diese Tarifiermäßigung bei dem Chloratbezug von den mitteldeutschen Chloratfabriken (Frachtbasis Bitterfeld) eine Ersparnis von über 2,00 M. je 100 kg. Wenn die Chloratsprengstoffe nach Beendigung des Krieges erfolgreich mit den vor dem Kriege verwendeten Sprengstoffen konkurrieren sollen, so ist es notwendig, daß dieser Ausnahmetarif auch nach dem Kriege weiter in Geltung bleibt.

Von ausschlaggebender Bedeutung für die Verwendung der Chloratsprengstoffe nach dem Kriege wird die Transportmöglichkeit sein. Sämtliche Chloratsprengstoffe sind durch das Reichs-Eisenbahnamt in die Gruppe 2 der Anlage C zur Eisenbahnverkehrsordnung eingereiht. Für diese Gruppe von Sprengstoffen ist aber unter normalen Verhältnissen nur ein Stückgutversand von 200 kg zugelassen. Im übrigen ist man auf Waggonverladung angewiesen, wobei fast dieselben strengen Vorschriften wie bei dem Versand des Dynamits bestehen. Für die Dauer des Krieges sind diese Bestimmungen aufgehoben und der Stückgutversand der Chloratsprengstoffe ist in unumschränktem Umfange zugelassen. Diese Ausnahmegewilligung war für die Einführung der Chloratsprengstoffe von sehr großer Bedeutung. Sie bleibt es auch für deren weitere Verwendung. Die Beschränkung im Stückgutversand würde die Verwendung der Chloratsprengstoffe nicht nur erschweren, sondern auch wesentlich verteuern.

Bei dieser Sachlage hat sowohl die Industrie der Sprengstoffherzeuger, wie die der Verbraucher ein berechtigtes Interesse zu fordern, daß die Versandmöglichkeit der Chloratsprengstoffe nach dem Kriege in demselben Umfange bestehen bleibt, wie gegenwärtig. Der Umstand, daß der Versand der Chloratsprengstoffe in der erleichterten Form ohne irgendwelche Nachteile für die öffentliche Sicherheit bisher stattgefunden hat, macht diesen Wunsch beider Industrien umso berechtigter, als gerade die Kriegsverhältnisse auch bei der Güterverfrachtung zahlreiche Schwierigkeiten und sonst nicht vorhandene Gefahrenmöglichkeiten mit sich gebracht haben.

II. Niederschlesien.

Lagen die Verhältnisse in Oberschlesien, soweit es sich um schlagwetterfreie Gruben handelt, für die Einführung von Chloratsprengstoffen außerordentlich günstig, so hat man in dieser Hinsicht in Niederschlesien mit großen Schwierigkeiten zu kämpfen gehabt. Diese bestehen darin, daß der Schlagwettergehalt der dortigen Gruben und die Neigung der Kohle zur Staubbildung die Verwendung von Sicherheitsprengstoffen erforderlich machen. Da es vor dem Kriege Chloratsicherheitsprengstoffe nicht oder nur in geringem Umfange gab und da die Schlagwetter- und Kohlenstaubsicherheit der wenigen vorhandenen nur recht begrenzt war, so ergab sich für die Chloratsprengstofffabriken erst mit Beginn des Krieges die Notwendigkeit, schleunigst schlagwetter- und kohlenstaubsichere Chloratsprengstoffe auszubilden. Die von vielen Seiten mit großer Tatkraft unternommenen Versuche schienen anfangs zu einem glücklichen Ergebnis zu führen. In den Versuchsstrecken wurde eine große Anzahl schlagwittersicherer Sprengstoffe mit Erfolg auf Schlagwetter- und Kohlenstaubsicherheit geschossen. Eine Reihe solcher schlagwittersicherer Chloratsprengstoffe wurden im ober-schlesischen Steinkohlenbergbau durch tage- und wochenlange Beobachtungen auf ihre mittelbare Zündungsgefahr hin geprüft, und es schien, daß diese Sprengstoffe auch schlagwittersicher seien. Der Erfolg dieser Versuche war indes nur ein scheinbarer. Sobald man mit denselben Sprengstoffen Versuche in der gasreichen Kohle Niederschlesiens anstellte, zeigten sie häufig starkes Nachflammen. Diese Eigenschaft, die schlagwittersichere Sprengstoffe nicht haben dürfen, ist fast allen Chloratsprengstoffen eigentümlich. Sie besteht darin, daß die Nachschwaden infolge der hohen Explosionstemperatur sich von selbst nach dem Schusse entzünden.

In Niederschlesien sind umfangreiche Versuche mit folgenden schlagwittersicheren Chloratsprengstoffen durchgeführt:

1. Miedzianit IV,
2. Wetter-Albit B,
3. Kohlen-Albit,
4. Kohlen-Koronit III,
5. Kohlen-Albit A,
6. Kohlen-Albit B,
7. Wetter-Naphthalit A.

Bei allen diesen Sprengstoffen wurden Flammerscheinungen und Nachflammen nach dem Schusse festgestellt. Die Versuche werden zurzeit fortgesetzt. Seither haben sich aus ihnen die nachstehenden allgemeinen Folgerungen ergeben:

a) Die Versuchsergebnisse in den Versuchsstrecken können nicht als maßgebend für die Beurteilung der Schlagwittersicherheit der Chloratsprengstoffe betrachtet werden. Außer dem Ergebnis der Versuchsstrecke ist der praktische Versuch erforderlich, ob der Sprengstoff in weicher und gasreicher Kohle ein Nachflammen aufweist oder nicht.

b) Die sämtlichen in Niederschlesien versuchten Chloratsicherheitsprengstoffe haben Flammerscheinungen nach dem Schuß gezeigt. Die dabei entstehenden hohen Temperaturen sind für eine Schlagwettergrube von großer Gefahr und geeignet, Schlagwetter- und Kohlenstaubexplosionen herbeizuführen.

c) Die Nachschwaden haben sich im allgemeinen nicht als besonders lästig für die Atmung gezeigt, sind vielmehr erträglich.

d) Die Schußwirkung ist geringer, als bei den bisher verwendeten Ammonsalpetersprengstoffen, kann aber noch als befriedigend bezeichnet werden.

Unter diesen Umständen haben sich bisher die niederschlesischen Bergwerksverwaltungen zur Einführung der Chloratsicherheitsprengstoffe nur für solche Flöze oder Flözteile entschließen können, in denen eine besondere Schlagwetter- und Kohlenstaubgefahr nicht besteht.

Um den vielen Unfällen, die an anderen Stellen mit Chloratsprengstoffen vorgekommen sind und die in Schlagwettergruben sehr empfindliche Folgen haben können, nach Möglichkeit vorzubeugen, haben die niederschlesischen Gruben Betriebsvorschriften für die Verwendung von Chloratsprengstoffen erlassen, in denen die bisherigen Erfahrungen verwertet sind. Der Sprengstoffauschuß kann auf Grund der in Niederschlesien gesammelten Erfahrungen noch besonders hervorheben, daß die gegenwärtigen Chloratsicherheitsprengstoffe für den Schlagwetterbergbau noch nicht allgemein geeignet sind. Es ist besonders zu berücksichtigen, daß in der gegenwärtigen Kriegszeit der Sprengstoff Arbeitern in die Hand gegeben werden muß, welche unerfahren und weniger gewissenhaft sind. Der Mangel an Beamtenpersonal macht sich in dieser Beziehung gerade im Schlagwetterbergbau ganz besonders fühlbar und macht es unmöglich, der Sprengarbeit dieselbe Sorgfalt und Aufmerksamkeit zuzuwenden, wie dies in Friedenszeiten der Fall ist. Gerade unter diesen Umständen erscheint es bedenklich, Sprengstoffe zu verwenden, von denen feststeht, daß sie nicht die gewünschte Sicherheit bieten, wie sie bei den Ammonsalpetersprengstoffen seit langen Jahren erprobt ist. Die Verwendung der bisher bekannt gewordenen Chloratsicherheitsprengstoffe bedeutet nicht nur eine Gefahr für das Leben und die Gesundheit des Arbeiters, sondern, was im Interesse der Landesverteidigung z. Bt. noch weit wichtiger ist, eine Gefahr für den Betrieb der Schlagwettergruben, welche ja überwiegend Koksrohle gewinnen und daher fast ausschließlich an der Benzol- und Ammoniakgewinnung beteiligt sind.

Dort, wo im niederschlesischen Bergbau die Verwendung schlagwetter-sicherer Sprengstoffe nicht unbedingt notwendig ist, hat man zum Ersatz der bisher verwendeten Sprengstoffe trotzdem auch Chlorate herangezogen.

In den wenigen Fällen, in denen auch in Oberschlesien Schlagwetter eine Rolle spielen, gilt bezüglich der Chloratsprengstoffe dasselbe wie in Niederschlesien.

Ob es möglich sein wird, tatsächlich zuverlässige Chloratsicherheitsprengstoffe herzustellen, kann heute noch nicht entschieden werden. Der Sprengstoffauschuß ist der Ansicht, daß bei der Herstellung der schlagwetter-sichereren Chloratsprengstoffe bisher von vornherein vielfach falsche Wege beschritten sind. Wenn das Ergebnis der Versuchsreihe von den praktischen Versuchen und ihren Ergebnissen bei manchen Sprengstoffen so stark abweicht, so liegt dies ohne Frage daran, daß man versucht hat, bei den Chloratsprengstoffen dieselben Wege zu gehen, wie bei den anderen bekannten Sicherheitsprengstoffen. Die Umsetzung der Chloratsprengstoffe erfolgt bei sehr hohen Temperaturen. Diese liegen bei den gewöhnlichen Chloratsprengstoffen so hoch, daß vorhandene Schlagwetter- oder Kohlenstaubansammlungen unter allen Umständen zur Explosion gebracht werden. Man hat die Aufgabe der Herstellung von schlagwetter-sichereren Chloratsprengstoffen dadurch zu lösen versucht, daß man in der üblichen Weise die Explosionstemperatur wesentlich herabzusetzen suchte. Man hat aber dabei vergessen, daß gleichzeitig mit der Herabsetzung der Explosionstemperatur auch eine Verminderung der Explosionsgeschwindigkeit geschaffen wurde. Die auf diese Weise hergestellten Chloratsicherheitsprengstoffe detonieren außerordentlich langsam. Die immer noch sehr heißen Gase bleiben daher mit den Wandungen des Bohrloches oder der Oberfläche der Kohle lange in Berührung. Diese längere Einwirkung auf die Kohle ist allem Anschein nach von viel größerer Bedeutung, als die kürzere Einwirkung eines brisanteren Sprengstoffes mit höherer Temperatur. Die längere Einwirkung ver-

ursacht teilweise Vergasung der Kohle. Es entstehen Gase, welche die Zusammensetzung der Nachschwaden sehr verändern. Eine Berechnung der Nachschwaden oder eine planmäßige Beeinflussung derselben zur Erreichung bestimmter Eigenschaften wird daher unmöglich. Das Ziel bei der Herstellung schlagwetter sicherer Chloratsprengstoffe muß demnach darin bestehen, unter Herabsetzung der Explosionstemperatur eine möglichst hohe Explosionsgeschwindigkeit zu erreichen.

Die Sprengkapselfrage ist für den niederschlesischen Bergbau keine neue, da auch die Ammonsalpetersprengstoffe mit Kapsel gezündet werden; hierbei genügt allerdings Kapsel Nr. 6, während bei den Chloratsicherheitsprengstoffen die Verwendung der stärkeren Kapsel Nr. 8 zweckmäßiger ist.

Wenn daher schlagwetter sichere Chloratsprengstoffe in Niederschlesien in noch größerem Umfange zur Einführung gelangen sollten, würde eine Erhöhung des Sprengkapselverbrauches der Menge nach nur insofern eintreten, als die schlagwetter sicheren Chloratsprengstoffe nicht das Gleiche leisten wie die bisher benützten Sicherheitsprengstoffe, und deswegen zur Erreichung gleicher Gesamtleistungen einer Grube eine größere Anzahl von Schüssen nötig sein wird.

Zusammenfassung.

1. Während des Krieges sind die Chloratsprengstoffe in technischer Hinsicht geeignet, die bisher im Bergbau verwendeten salpeter- und sprengöhlhaltigen Sprengstoffe zu ersetzen.
2. Nach dem Kriege bleibt die technische Verwendbarkeit der Chloratsstoffe bestehen. In wirtschaftlicher Hinsicht erscheint ein Wettbewerb der Chloratsprengstoffe mit den salpeter- und sprengöhlhaltigen Sprengstoffen bei entsprechender Gestaltung der Preisfrage möglich. Bezüglich der Beeinflussung des Grobthlenfalles sind die Ansichten noch geteilt. Die Auffassung, daß der Sortenfall verschlechtert wird, ist vorherrschend.
3. Für die Weiterverwendung der Chloratsprengstoffe nach dem Kriege ist ferner von großer Bedeutung, daß der jetzige Tarif für Kaliumchlorat beibehalten wird und daß die Stückgutversendung der Chloratsprengstoffe nicht wie vor dem Kriege beschränkt wird.
4. Von den zur Anwendung gelangten Chloratsprengstoffen haben sich Silesia, Niedzianfit, Petrolit und neuerdings Naphthalit als besonders geeignet erwiesen.
5. Die Chloratsprengstoffe erfordern gegenüber den salpeter- und sprengöhlhaltigen Sprengstoffen eine besondere Handhabung. Die folgenden Erfahrungssätze sollen hierfür zur Richtschnur dienen. Von großer Wichtigkeit ist eine gründliche Anleitung der Aufsichtsbeamten und Häuer. Für diesen Zweck sind die im Anhang angefügten gemeinverständlich gefaßten Betriebsregeln bestimmt (vgl. Anlage 1).
6. Die Chloratsprengstoffe sind empfindlich gegen Nässe und Luftfeuchtigkeit und deshalb in ihrer Lagerfähigkeit beschränkt. Eine längere Lagerdauer als 3 Monate vertragen die meisten Chloratsprengstoffe nicht. Sprengölfreie Chloratsprengstoffe sind nicht kälteempfindlich. Für die sprengöhlhaltigen sind jedoch die Bestimmungen der Allgemeinen Bergpolizei-Verordnung (§ 186) zu beachten.
7. In nassen Löchern müssen wasserdichte Hüllen verwendet werden.
8. Zur Erzielung einer guten Wirkung ist ein langer, kräftiger Lettenbesatz erforderlich.
9. Die Chloratsprengstoffe neigen zum Absetzen, d. i. zu Teilerplosionen. Hierdurch werden Gefahrenmöglichkeiten bedingt, die durch die Beachtung folgender Gesichtspunkte ausgeschaltet werden können:
 - a. Bei absetzenden Schüssen kann der nicht explodierte Rest der Ladung ausbrennen (ausstoßen). Das Ort darf dann erst 10 Minuten nach dem

Aufhören des Kochens betreten werden, da Verbrennungen, auch Explosionen oder Schwadenvergiftungen eintreten können.

- b. Ist die Ladung ganz oder zum Teil im Bohrloch verblieben, so darf sie keinesfalls ausgebohrt werden. Das zweite Loch ist in solchem Abstände anzusetzen, daß der Bohrer nicht in die erste Sprengladung eindringen kann. Es muß vielmehr soviel Gebirge zwischen den Bohrlöchern stehen bleiben, daß die erste Sprengladung von der zweiten nicht entzündet wird. Nach Abtun eines solchen Schusses muß 10 Minuten gewartet werden.
10. Zur Verhütung des Absetzens ist eine ausreichende Initialzündung erforderlich. Diese ist gewährleistet, wenn
 - a. die richtige Sprengkapselstärke verwendet wird,
 - b. die Sprengkapsel sich in einwandfreiem Zustande befindet, vor allen Dingen nicht unter Feuchtigkeit gelitten hat,
 - c. Sprengkapsel und Zündschnur gut miteinander verbunden sind,
 - d. die Sprengkapsel tief genug in die Schlagpatrone eingeführt wird und wenn durch Zubinden der Patronenhülse das unbeabsichtigte Herausziehen der Sprengkapsel und Zündschnur unmöglich gemacht wird. Zur Vermeidung von Doppelplosionen darf bei Zündschnurzündung und Verwendung mehrerer Patronen die Schlagpatrone nicht zwischen die Patronen gelegt werden, sondern muß stets vorn zu liegen kommen.
11. Brisanz und Wirkung der Chloratsprengstoffe ist im wesentlichen davon abhängig, ob die Sprengstoffe Nitroverbindungen enthalten. Zusätze von Nitroverbindungen erhöhen die Brisanz und machen den Sprengstoff für den Erzbergbau und Gesteinsarbeiten geeigneter, sie vermindern aber naturgemäß den Grobkohlenfall.

Auch in klüftiger Kohle empfiehlt sich die Anwendung der brisanteren Chloratsprengstoffe, weil schwächere Sprengstoffe hier leicht absetzen oder verpuffen.

Da, wo man früher mit Schwarzpulver geschossen hat, also in fester Kohle, ist die Anwendung der weniger brisanten Chloratsprengstoffe am Platze.

12. Die Nachschwaden sind bei den nitrosreien Chloratsprengstoffen gut, bei den nitrohaltigen dagegen meist unangenehm.
13. Für die Verbesserung der Schwaden ist ein ausreichender Initialimpuls wichtig. Bei unvollkommener Umsetzung infolge zu schwacher Initialzündung werden die Schwaden stets verschlechtert.
14. Die Nachschwaden der Chloratsprengstoffe können durch offenes Licht entzündet werden. Es ist daher Vorsicht beim Ableuchten des Ortes geboten. Die Nachschwaden von Chloratsprengstoffen mit großem Sauerstoffüberschuß sind selbstentzündlich.
15. Die Chloratsprengstoffe sind reibungsempfindlich, zum Teil in sehr hohem Maße. Es ist dies besonders bei denen der Fall, die selbständige Explosive enthalten.

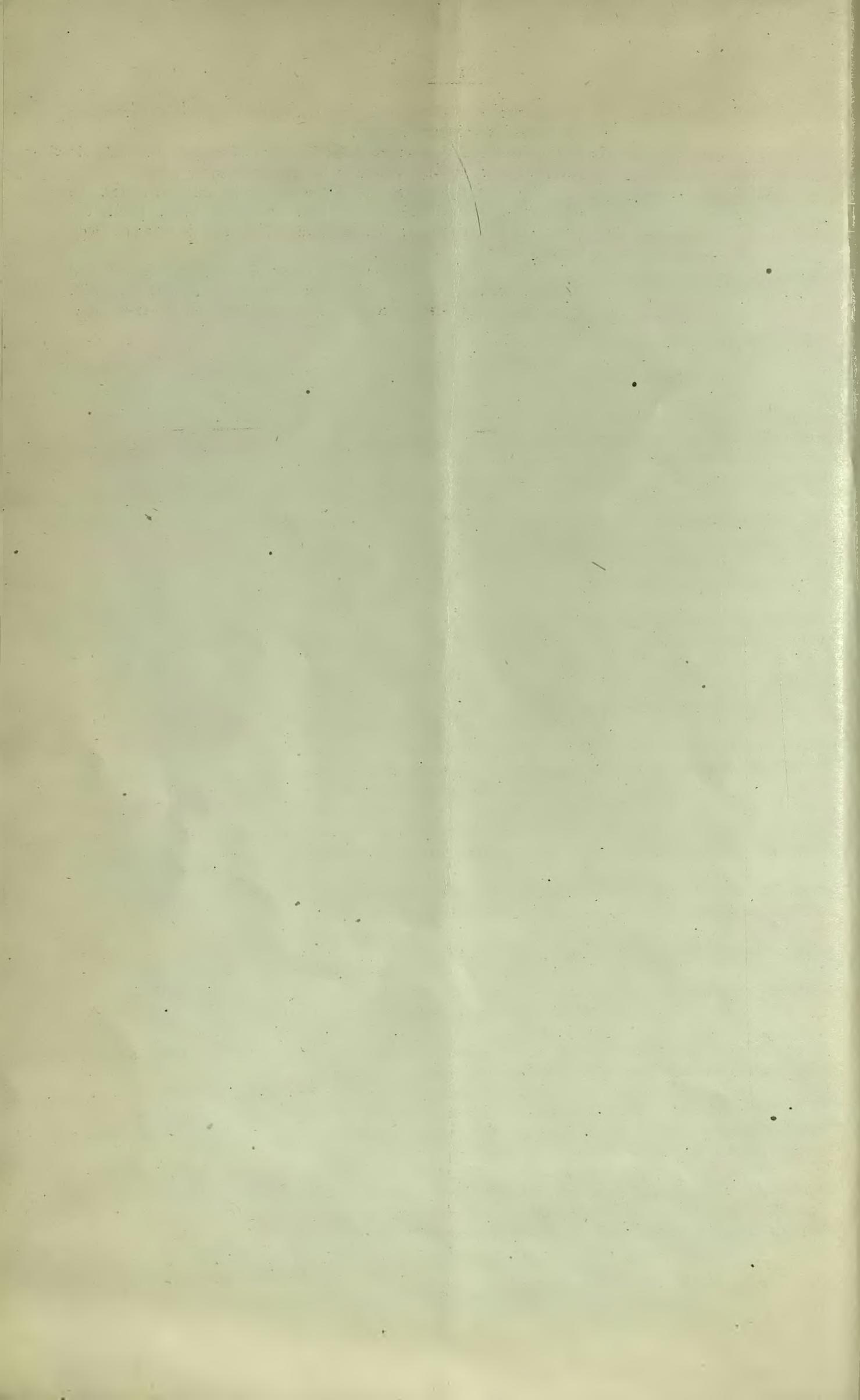
Diese Reibungsempfindlichkeit macht die grundsätzliche Beobachtung einer Reihe von Sicherheitsmaßnahmen erforderlich:

- a. Hart gewordene Patronen sind zur leichteren Einführung der Zündkapsel durch vorsichtiges Zerdrücken zu lockern.
- b. Die Bohrlöcher sind sorgfältig zu reinigen.
- c. Bei Chloratsprengstoffen ist auf besonders weite Bohrlöcher Gewicht zu legen. Bei trockenen oder unrunder Bohrlöchern darf die Patrone unter keinen Umständen mit Gewalt eingeführt werden.
- d. Die Patrone ist ganz lose einzuführen und leise anzudrücken. Gibt sie auf behutsames Drücken nicht nach, so ist sie in der Lage, in der sie stecken geblieben ist, durch Anbringen der Schlagpatrone und des Besages abzutun.
- e. Die ersten 15 cm Besag müssen sehr vorsichtig festgedrückt werden.
- f. Es ist sorgfältig zu vermeiden, daß loser Sprengstoff in das Bohrloch gelangt. Geteilte oder von ihrer Umhüllung teilweise befreite Patronen müssen daher vor der Einführung in das Bohrloch sorgfältigst eingehüllt werden.

16. Die Schlagwetter- und Kohlenstaubgefahr bedingt die ausschließliche Verwendung von Sicherheits-Chloratsprengstoffen.
17. Eine große Anzahl sogenannter Sicherheits-Chloratsprengstoffe kann nicht als schlagwetter sicher bezeichnet werden, da sie zum Nachflammen neigen.

Es dürfen daher nur solche Chloratsprengstoffe verwendet werden, die nicht nur in der Versuchsstrecke als sicher sich erwiesen haben, sondern von denen auch durch eingehende Beobachtungen feststeht, daß sie nicht zum Nachflammen neigen.

Selbst wenn das Nachflammen bei einem solchen Sprengstoffe noch nicht beobachtet worden ist, ist doch erhöhte Aufmerksamkeit und Vorsicht erforderlich, da die Erfahrungen über Sicherheits-Chloratsprengstoffe noch keineswegs abgeschlossen sind.



Teil B: Sprengluft.

Entwicklung des Schießverfahrens mit Sprengluft.

Sinde war es im Jahre 1895 gelungen, flüssige Luft für gewerbliche Zwecke herzustellen und im Jahre 1897 den ersten Sprengstoff durch Vermischen von gepulverter Holzkohle mit flüssiger Luft zu fertigen. Bereits im Jahre 1897 wurden die ersten Sprengungen in Penzberg in Ober-Bayern ausgeführt. Aus Holzkohle und flüssiger Luft wurde ein Brei hergestellt der unmittelbar ohne Schutzhülse in die Bohrlöcher eingeführt wurde.

Um das rasche Vergasen der flüssigen Luft, das die Sprengwirkung beeinträchtigte, zu verzögern, füllte man später den Brei in wärmeisolierende Papierhüllen, besetzte die Bohrlöcher und initiierte den Sprengstoff mit Kapsel oder Zündschnur. Da hierbei bedenkliche Vorzündungen der Zündschnur beobachtet wurden, benützte man imprägnierte unverbrennbare Zündschnur.

Im Jahre 1898 wurde dieser Sprengstoff, dem von dem Erfinder der Name „Dyhlquit“ beigelegt wurde, durch D. R. P. Nr. 100 146 vom 14. August 1896 geschützt.

Sehr bald ging man dazu über, statt des in der Handhabung unsicheren Breies Aufsaugstoffe zu verwenden und diese Aufsaugstoffe entweder durch Filtrierpapierröhrchen, die bis auf den Boden der Patrone reichten, oder durch Untertauchen in flüssige Luft mit dieser zu tränken. Gleichzeitig versuchte man, den Patronen durch Übereinanderziehen mehrerer Hüllen eine längere Lebensdauer zu geben.

Gleichmäßige Wirkungen wurden jedoch durch diese Maßnahmen nicht erzielt, offenbar weil zu dieser Zeit die Herstellung von hochprozentiger flüssiger Luft noch nicht möglich war; auch fielen die Holzkohlenmischungen ungleichmäßig aus und die Initiierung der Sprengstoffe, die mit flüssiger Luft mit nur geringem Sauerstoffgehalt hergestellt wurden, war nicht zuverlässig.

Es bedeutete daher einen wesentlichen Fortschritt, als man von der Verwendung reiner Kohlenstoffträger (Ruß, Holzkohle usw.) zur Verwendung von Kohlenwasserstoffen überging.

Um einen Überfluß an flüssiger Luft im Sprengstoff zu erhalten, setzte man ferner den Mischungen Kieselguhr und andere Stoffe von hoher Aufsaugfähigkeit zu.

Durch die Verwendung von Kieselguhr und Petroleum gelang es schließlich, einen Sprengstoff herzustellen, der frei übertragend war. Als besonders günstig wurde das Mischungsverhältnis von 40 % Petroleum und 60% Kieselguhr erprobt. Um die Sprengstoffwirkung noch wesentlich zu steigern, ersetzte man schließlich das Kieselguhr durch einen oxydablen Stoff von hoher Aufsaugfähigkeit, nämlich durch Korkkohle.

Bei diesen Sprengstoffen erwies sich die Handhabung wegen der leichten Entzündlichkeit und hohen Schlagempfindlichkeit als nicht ungefährlich. Man versuchte daher, durch Mischung der verschiedensten Stoffe einen möglichst handhabungssicheren Sprengstoff herzustellen. Diese Versuche wurden zum Teil von der Carbonit-Altkiengesellschaft in Schleich ausgeführt.

Nach Dr. Sieder wurden zu jener Zeit Mischungen von Kieselguhr mit Ölsäure, Leinöl, Paraffinöl, Teeröl, Solaröl, Gudron, Petroleumäther, Benzin, Benzol, Alkohol, Rohpetroleum, Petroleumrückständen, Naphthalin und Paraffin beschossen. Bei diesen Versuchen wurde der in der Sprengstofftechnik allgemein anerkannte Grundsatz bestätigt gefunden, daß die Brisanz des Sprengstoffes umso größer wird, je höher die Verbrennungswärme der einzelnen Körper ist.

Praktisch angewendet wurden die neuen Sprengstoffmischungen im Jahre 1899 bei Sprengungen an der Prinzregentenbrücke in München (teilweise unter Wasser) und beim Bau des Simplon-Tunnels.

Im Laufe der Zeit sind unter dem Namen „Dryliquit“ vor allem folgende Mischungen verwendet worden:

Kieselguhr — Petroleum	3 : 2
Paraffin — Kieselguhr	1 : 1
Paraffin — Korckohle	1 : 1
Petroleum — Kieselguhr	1 : 1
Petroleum — Korckohle	1 : 1

Die Dryliquitmischungen haben sich trotz der starken Wirkung nach Dr. Sieder in größerem Umfange zunächst nicht eingeführt. Der Grund dafür lag zum Teil darin, daß Ingenieur Brandt, welcher für die Ausbildung des Verfahrens seine ganze Arbeitskraft eingesetzt hatte, starb, bevor die für die weitere Entwicklung des Sprengstoffverfahrens wichtigste Erfindung, die Herstellung flüssiger Luft von beliebig hohem Sauerstoffgehalt, gemacht wurde.

I. Oberschlesien.

1. Die Verfahren zur Herstellung von Sprengluft.

Die Arbeitsweise aller Luftverflüssigungseinrichtungen beruht auf dem Temperaturabfall, den die Luft und alle Gase beim Expandieren von einem höheren auf einen niedrigeren Druck innerhalb gewisser Grenzen (Luft bis zu etwa 300 Atm.) infolge der mit der Volumenvergrößerung verbundenen Leistung von innerer Arbeit erleiden.

In Oberschlesien sind drei Luftverflüssigungs-Verfahren in Anwendung:

- a. Linde-Verfahren,
- b. Orthydric (Industriegas)-Verfahren,
- c. Gehlandt-Verfahren.

Die beigelegte Zusammenstellung (Anlage 2) gibt Aufschluß über die auf den einzelnen Gruben Oberschlesiens im Betriebe befindlichen Sprengluftmaschinen der drei Systeme.

a) Linde-Verfahren.

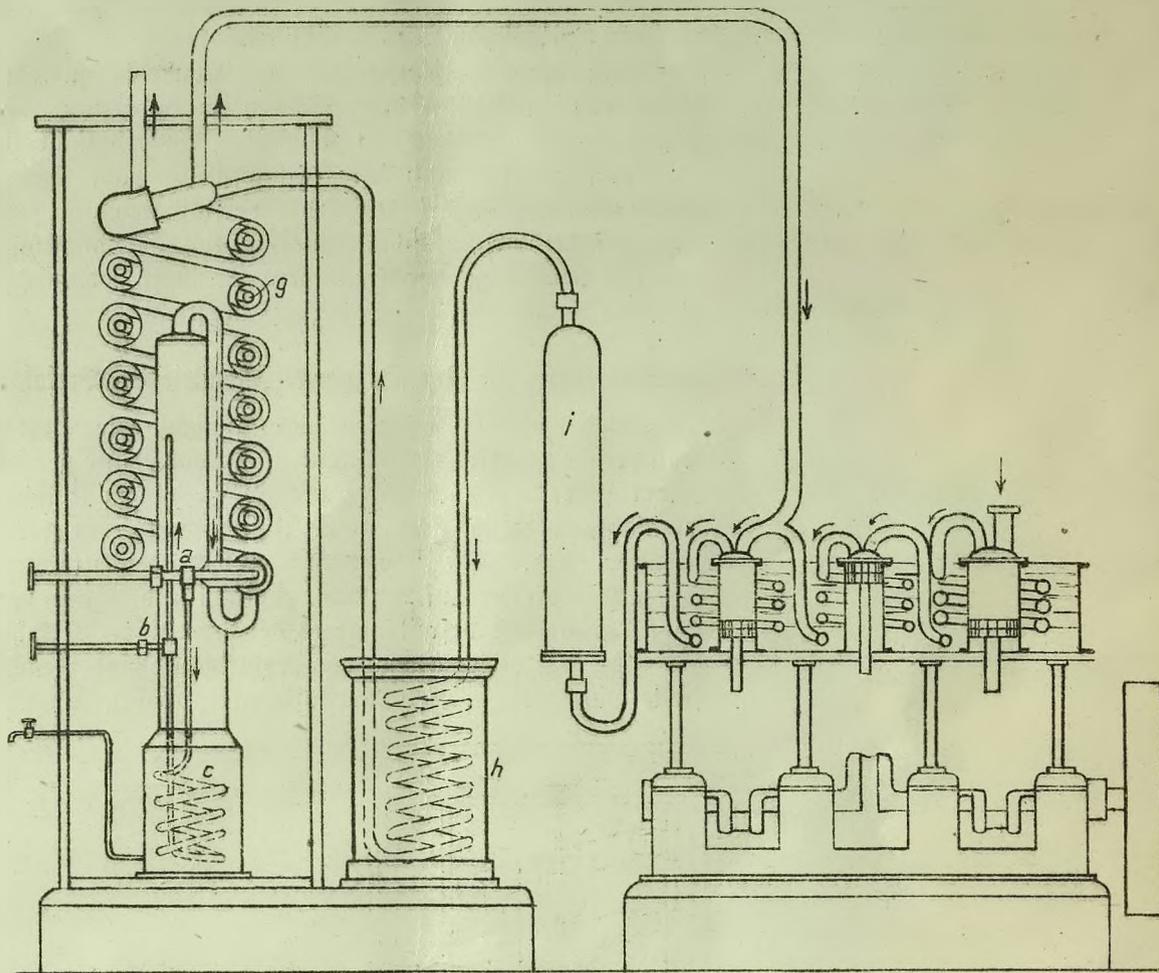
Die Linde-Anlage besteht aus einem Hochdruckkompressor, einem Gegenstromapparat und den Einrichtungen zum Trocknen und Vorkühlen der komprimierten Luft.

Die atmosphärische Luft wird durch einen Luftkompressor angesaugt. Auf ihrem Wege zum Kompressor geht sie zunächst durch einen Staubfilter. Zwischen den beiden unteren Druckstufen des Hochdruckkompressors ist die Einrichtung zur chemischen Entfernung der Kohlensäure mittels Ägnatronlösung eingeschaltet. In meist 5 stufigen Kompressoren wird die Luft auf 200 Atm. verdichtet. Zwischen jeder Kompressionsstufe findet eine Kühlung statt, um die durch die Kompression erwärmte Luft vor dem Eintritt in die nächste Stufe möglichst bis auf die Anfangstemperatur zurückzukühlen.

Die aus dem Kompressor austretende komprimierte Luft wird durch eine Slabscheidenvorrichtung geleitet und hier von Wasser und Öl befreit.

Nach dem Austritt aus der Slabscheidenvorrichtung wird die Luft von den letzten Spuren von Kohlenäure und Feuchtigkeit in einer Trockenbatterie *i* gesäubert. Diese besteht aus einer Reihe nahtlos gezogener Hochdruckzylinder, welche mit Chlorcalcium gefüllt sind. Die Trockenzylinder enthalten die Chemikalien in Einsätzen, sodaß deren Entfernung und Wiederfüllung in leichter Weise erfolgen kann.

Die komprimierte Luft tritt mit unveränderter Spannung in den Gegenstromapparat ein, dessen Aufbau die beigegefügte Skizze veranschaulicht. Im Gegenstromapparat *g* wird die hoch verdichtete Luft dem innersten Rohre der Rohrschlange zugeführt, durchläuft diese in der Richtung von oben nach unten und wird durch das Regulierventil *a* auf einen Druck von 50 Atm. entspannt. Hierdurch tiefgekühlt, strömt die Luft mit dem angegebenen



Luftverflüssigungs-Apparat
System Lindé.

Druck erstmalig im Gegenstrom um das innere Rohr zum Kompressor zurück, um den Kreislauf von neuem zu beginnen. Der Teil der Luftmenge, der verflüssigt werden soll, wird durch den Niederdruckzylinder aus der Atmosphäre angesaugt, hierbei auf 5 und in den folgenden Stufen gemeinsam mit der aus dem Gegenstromapparat kommenden tiefgekühlten Luft auf 200 Atm. Druck verdichtet und dem innersten Rohre der Rohrschlange im Gegenstromapparat zugeführt. Das Entspannungsventil *b* läßt im Beharrungszustand die gleiche Menge austreten, welche der Niederdruckzylinder ansaugt. Da Ventil *b* hinter Ventil *a* geschaltet ist, tritt ein Spannungsabfall von 50 Atm. auf 1 Atm. ein, und diese wiederholte Expansion und der damit verbundene Temperaturabfall bewirkt, daß ein Teil der aus dem Ventil *b* austretenden Luft in flüssige Form übergeführt und vom Sammelbehälter *c*

aufgenommen wird. Der nicht verflüssigte Teil strömt im Raume zwischen dem 2. und 3. Rohre unter Abgabe seiner tiefen Temperatur an das 2. Rohr ins Freie. Durch Vorkühlung der Arbeitsluft wird die Entspannungsabkühlung, welche umgekehrt proportional dem Quadrate der Anfangstemperatur ist, wesentlich gesteigert und mithin die spezifische Kälteleistung je PS-Kraftverbrauch vergrößert. Meist findet hierbei eine Ammoniakältemaschine Anwendung (*h* in der Skizze).

Die Anwendung der Vorkühlung empfiehlt sich in allen Fällen, in denen nicht beliebige Kraft zur Verfügung steht. Wo aber die Kraftkosten niedrige sind, bedarf es einer gründlichen Prüfung, ob nicht der Gewinn an Arbeit bei der Vorkühlung durch höhere Unterhaltungskosten aufgewogen wird, da auch noch die Ammoniakältemaschine mit einem kleinen Hochdruckkompressor, dem empfindlichsten Teil jeder Luftverflüssigungsanlage, ausgerüstet werden muß.

Linde arbeitet zur Erzeugung möglichst sauerstoffreicher Luft mit Rektifikation. Das Verfahren ist der Firma durch Patent vom 27. Februar 1902 Nr. 173 620 geschützt und beruht darauf,

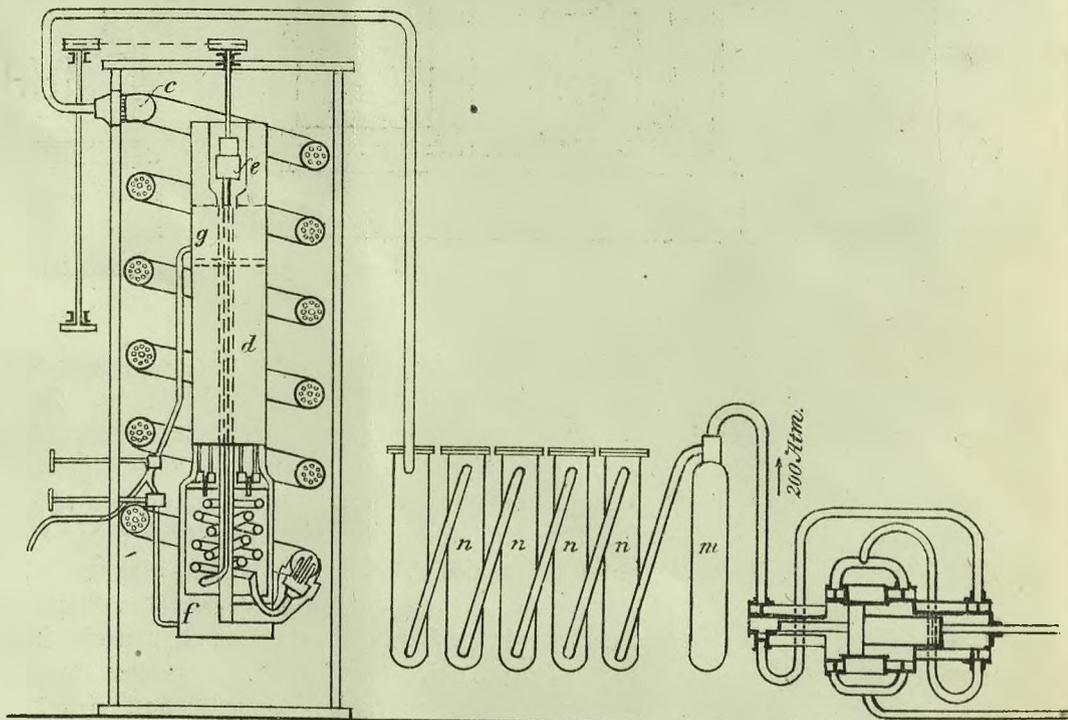
daß die komprimierte Luft ihre Kondensationswärme bei ihrer Kondensation nicht an flüssige Luft, sondern im Beharrungszustande an flüssigen und hierdurch zur Verdampfung gebrachten Sauerstoff abgibt und

daß der so entwickelte Dampfstrom vom Sauerstoff in einer Rektifikationskolonne einem Strom der verflüssigten und entspannten Luft so entgegengesührt wird, daß der Sauerstoff sich an dem Flüssigkeitsstrom kondensiert und aus demselben der flüchtigere Stickstoff abdampft, sodaß also aus der Kolonne technisch reiner Sauerstoff ausfließt.

b) Orhydric-(Industriegas-)Verfahren.

Bei diesem Verfahren wird zunächst die Luft vor Eintritt in den Kompressor gleichfalls von Staub und Kohlenäure gereinigt. Diese Reinigung findet nach dem Gegenstromprinzip in einem Kolbsturm statt, in welchem Ätzalkalilösung durch eine kleine Umlaufpumpe in fortwährendem Kreislauf gehalten wird. Die von Staub und Kohlenäure gereinigte Luft wird in einem Kompressor auf 200 Atm. gebracht und sodann von Öl (*m*) und Feuchtigkeit (*n*) gründlichst befreit, wie es bei dem Linde-Verfahren angedeutet wurde.

Die auf diese Weise von Kohlenäure und Feuchtigkeit vollständig befreite Luft tritt in den Verflüssigungsapparat, System Grotewold. Dieser



Luftverflüssigungs-Apparat System Orhydric-Gesellschaft.

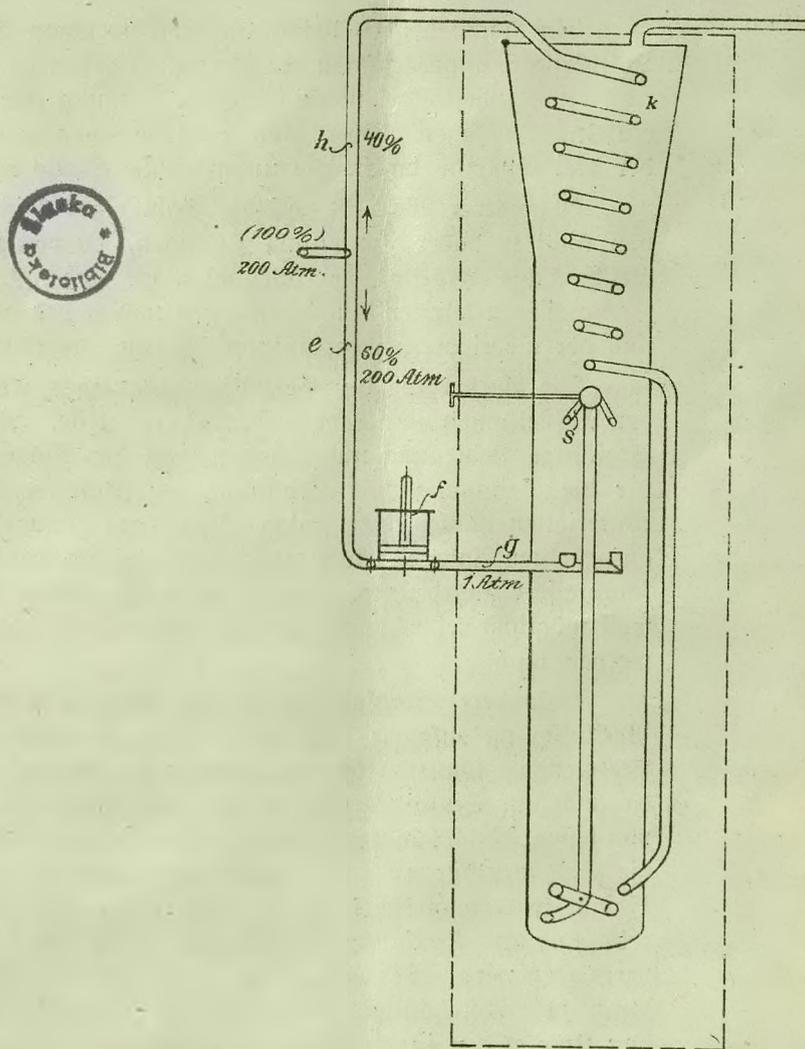
besteht aus einem großen Behälter, in welchem, gegen Kälteverlust stark isoliert, der eigentliche Luftverflüssigungs- und Trennungsgesamtheit eingebaut ist. Er wird in der Hauptsache aus einer Gegenstromschlange *c* und einer Trennungskolonnen *d* gebildet. Die gereinigte und komprimierte Luft tritt mit Raumtemperatur in die Gegenstromschlange, in welcher sie durch die aus dem Kolonnenapparate aufsteigenden kalten Gase tief abgekühlt wird. Sie wird dann durch eine Rohrschlange geleitet, welche im Sammelbehälter der verflüssigten Luft liegt, wird hierbei nahezu auf deren Temperatur gekühlt und dann dem im oberen Teil des Verflüssigungsapparates eingebauten Entspannungsventil *e* zugeführt und durch dieses von 200 Atm. auf 0,25—0,5 Atm. entspannt. Die Druckverminderung von 200 auf 0,5 Atm. hat den entsprechenden Temperatursturz zur Folge; die Verflüssigungstemperatur tritt ein und damit auch die Aggregatzustandsänderung. Die so verflüssigte Luft gelangt in einen Sammelraum, von welchem sie durch einen Kolonnenapparat in dem unteren Teil *f* des Verflüssigungsapparates in einen Sammelbehälter geleitet wird. Beim Gange durch die Kolonne wird auch hier von der Linde-Rektifikation Gebrauch gemacht bei abgeänderter Konstruktion der Rektifikationsfäule.

Die Destillationsprodukte, im wesentlichen aus Stickstoffgasen bestehend, werden der am Anfange erwähnten Gegenstromschlange zugeführt und zur Vorkühlung der verdichteten Luft benutzt.

Flüssige Luft von niedrigem Sauerstoffgehalt (von ca. 40 %) kann aus dem Sammelraum *g* abgezogen werden. Hochprozentige Luft wird dagegen aus dem Sammelbehälter *f* entnommen.

In neuerer Zeit werden auch Anlagen mit Vorkühlung gebaut.

c) Heylandt-Verfahren.



Luftverflüssigungs-Apparat System Heylandt.

Auch bei diesem Verfahren erfolgt eine Reinigung und Trocknung der Luft. Die Luft wird auf 200—220 Atm. komprimiert. Von dieser vorgereinigten komprimierten Luft werden durch ein Rohr *e* 60% in die Expansionsmaschine *f* geleitet. Diese besteht aus einem einfach wirkenden Luftzylinder mit Ventilsteuerung. In der Expansionsmaschine findet eine Expansion der auf etwa 200 Atm. komprimierten Luft auf gewöhnlichen Druck statt, wobei ein Teil der vom Kompressor erforderten Energie zurückgewonnen wird. Dabei kühlt sich die in dem Expansionsmotor arbeitende Luft auf etwa -150°C ab und wird in diesem Zustande durch das Rohr *g* in den Verflüssigungs-Apparat geleitet. Diese stark abgekühlte Luft ist imstande, den größten Teil der übrigbleibenden, durch die Rohrleitung *h* dem Wärmeaustauscher *k* zuströmenden Luft (40%) zu verflüssigen und anzureichern. Insofern eine Anreicherung der flüssigen Luft nicht schon durch diesen auf -150°C abgekühlten Luftstrom erfolgt, wird sie nach dem Lindschen Rektifikationsprinzip weiter angereichert. Die aus dem Sammelbehälter aufsteigende stickstoffreiche Luft verläßt mit -5°C den Verflüssigungs-Apparat und wird zur Vorkühlung der Luft in den Trocknern verwendet.

Der erzielte Sauerstoffgehalt beträgt bei den neueren Anlagen 85—90%.

Eine Besonderheit dieses Verfahrens liegt mithin darin, daß die zur Kälteerzeugung erforderliche Expansion nicht lediglich durch Reduzierventile (*s*), sondern zum größeren Teil in der erwähnten Expansionsmaschine (*f*) erfolgt.

d) Die mit den einzelnen Systemen gemachten Erfahrungen.

Ein abschließendes Urteil darüber, welchem System der beschriebenen Luftverflüssigungsverfahren der Vorzug zu geben ist, läßt sich noch nicht fällen, weil eine einheitliche Untersuchung der Leistung und des Wirkungsgrades der einzelnen Anlagen bisher nicht vorgenommen worden ist. Eine Prüfung der drei Systeme durch eine unparteiische Stelle wird beabsichtigt.

Besonderer Wert ist auf die Wahl eines leistungsfähigen Kompressors von nicht zu hoher Tourenzahl zu legen, da von ihm in erster Linie das gleichmäßige Arbeiten der Gesamtanlage abhängt. Vier- und fünfstufige Kompressoren dürften den dreistufigen wegen des geringeren Kraftverbrauchs und der niedrigeren Temperaturen in den Druckstufen vorzuziehen sein.

Die Aufstellung der Verflüssigungsanlagen über Tage hat gegenüber der Aufstellung unter Tage wesentliche Vorteile. Nur jene gewährleistet eine sorgfältige Bedienung und Überwachung der Anlagen. Der Verbrauch der für die Reinigung und Trocknung der Luft benötigten Chemikalien und Materialien ist bei einer Anlage über Tage geringer, als bei der unter Tage aufgestellten Anlage. Auch die Beschaffung des Kühlwassers für die Hochdruckkompressoren wird unter Tage in den meisten Fällen Schwierigkeiten begegnen, weil möglichst reines, nicht zur Kesselsteinbildung neigendes Wasser verwendet werden muß.

Besondere Sorgfalt ist bei der Wahl des Aufstellungsortes für die Verflüssigungsanlagen auch über Tage zu verwenden. Kohlereigase und Acetylgase können leicht den Bestand der Verflüssigungsanlagen gefährden, da auch nur Spuren derartiger Gase im angesaugten Luftstrom zur Bildung von festen, jedoch leicht zerfallenden Körpern in den Verflüssigerschlangen führen, die Selbsterplosionen der Verflüssigungsapparate verursachen können. Die Gefahr wird vergrößert, wenn nicht durch eine möglichst sorgfältige Luftreinigung und Trocknung die Bildung von Eis im Verflüssiger nach Möglichkeit vermieden wird. Der beste Schutz gegen derartige Vorfälle wird nach L i n d e durch möglichst häufiges Ausblasen der Verflüssigungsapparate und Einbau von Indikatoren in die Ansaugleitung, die auch einen geringen Gehalt derartiger Gase anzeigen, gewährleistet.

2. Die Gefäße.

An Gefäßen für das Sprengluftverfahren sind Transportflaschen, in denen die flüssige Luft bis vor die Verbrauchsstellen geschafft wird, und Tauchgefäße, in denen die Patronen getränkt werden, erforderlich. In manchen Fällen besteht außerdem ein Bedürfnis an Aufbewahrungsgefäßen von größerem Fassungsvermögen, welche mit einem Inhalt von etwa 150 l als Standgefäße in den Maschinenräumen und entfernt gelegenen, von einer Zentralverflüssigung versorgten Schachtanlagen oder mit einem Inhalt von 25 l zur Ausgabe der flüssigen Luft unter Tage Verwendung finden.

Da der Siedepunkt der flüssigen Luft außerordentlich tief (bei ungefähr -191°C) liegt, müssen die Gefäße, in denen flüssige Luft aufbewahrt wird, vorzüglich gegen Wärme geschützt werden, damit ein zu rasches Vergasen der flüssigen Luft verhindert wird. Der beste und soweit bekannt praktisch einzig brauchbare Wärmeschutz ist der luftleere Raum.

Selbstverständlich dürfen flüssige Luft enthaltende Gefäße nicht dicht verschlossen werden, weil durch die fortschreitende Vergasung rasch sehr große, zu Explosionen führende Drücke erzeugt werden.

Die Gefäße werden hergestellt aus Glas, Porzellan und Metall.

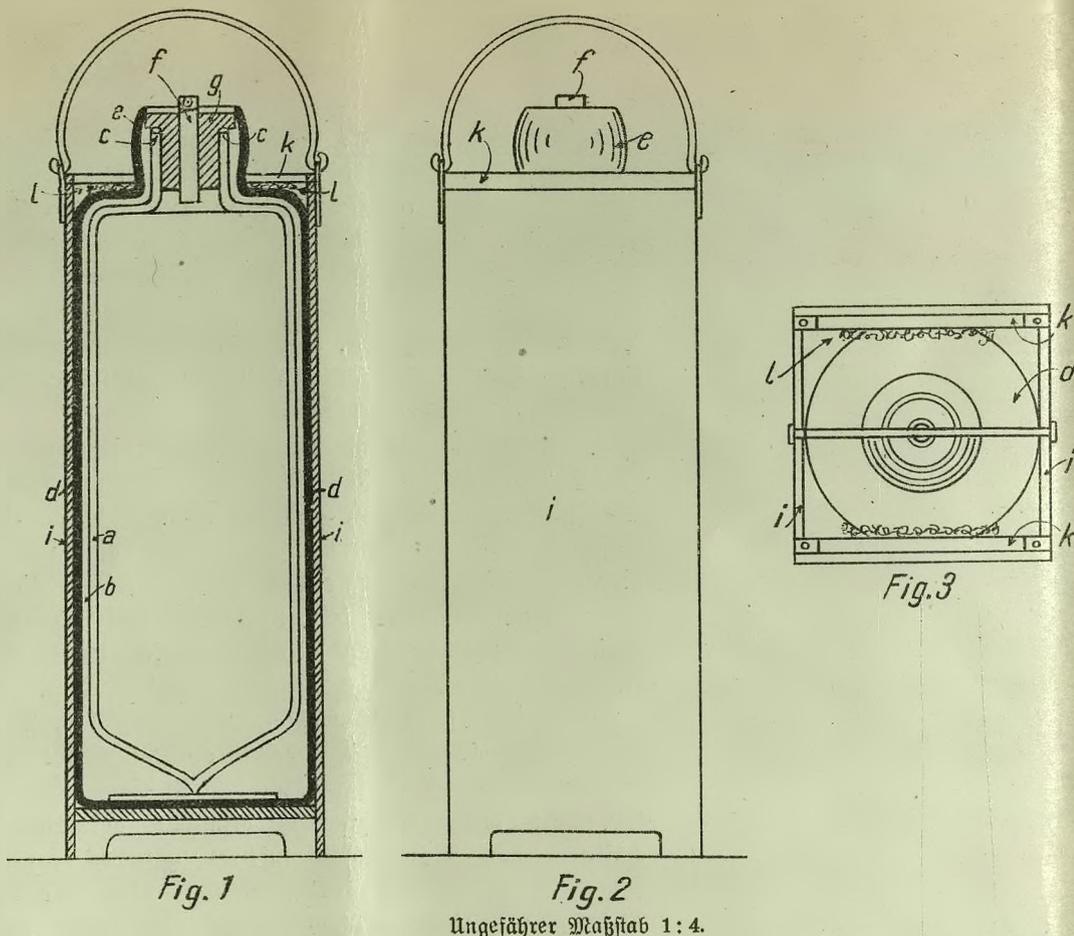
Schon seit Anfang der 80er Jahre des vergangenen Jahrhunderts werden für die Aufbewahrung von flüssiger Luft nach der Erfindung von Weinhold doppelwandige Glasflaschen verwendet, bei denen der Raum zwischen den Wandungen luftleer gemacht worden ist. Dewar vervollkommnete die Gefäße noch dadurch, daß er die äußere Wand des inneren Gefäßes mit einem Spiegel versah, um durch Reflektion der auffallenden Wärmestrahlen die Wärmezufuhr durch Strahlung zu verringern. Die Spiegelung kann auf einfache Weise durch Einbringen eines Tropfens Quecksilber in den luftleer gemachten Raum erfolgen. Die entstehenden Quecksilberdämpfe schlagen sich dann an der kalten Wandung des inneren, mit flüssiger Luft gefüllten Gefäßes nieder und bewirken die Verspiegelung. Auch andere Metalle, vor allem Silber, können zur Verspiegelung verwendet werden. Zur weiteren Verminderung der Wärmeverluste wird meist auch das äußere Gefäß verspiegelt.

Die Entfernung der Luft aus dem Mantelraume geschieht in der Regel durch Absaugung mit einer Luftpumpe, wobei diese an ein Kapillarröhrchen angeschlossen wird, das am äußeren Gefäße angebracht ist. Nach Erzielung der Luftleere wird das Kapillarröhrchen abgeschmolzen.

Nach dem Patent Stock wird zur Herstellung der Luftleere der Mantelraum des doppelwandigen Gefäßes mit einem leicht kondensierbaren Gase, z. B. Schwefeldioxyd, gefüllt. Sobald flüssige Luft in das Gefäß eingebracht wird, kondensiert sich das in dem Mantelraum befindliche Gas, wodurch das wärmeisolierende Vakuum erzeugt wird.

Von den zahlreichen Firmen, die Glasgefäße für flüssige Luft liefern, seien folgende genannt: Deutsche Dewarflaschen-Gesellschaft, Thermos-Gesellschaft, Gesellschaft „Iscla“, Tigges und Walther und die Gleiwitzer Maschinen-Vertriebs-Kompagnie (Flaschen nach Patent Stock). Die weiteste Verbreitung haben in Oberschlesien die von der Oxhydric-Aktiengesellschaft vertriebenen Flaschen der Dewarflaschen-Gesellschaft gefunden.

Die gläsernen Transportgefäße werden meist mit einem Fassungsvermögen von $4\frac{1}{2}$ l hergestellt. Das durch Gebrauchsmuster geschützte Transportgefäß der Dewarflaschen-Gesellschaft ist in der beigefügten Zeichnung dargestellt. Es besteht aus dem gläsernen Innenkolben *a* und dem aus der gleichen Glasmasse gebildeten Außenkolben *b*, die durch die Schmelznaht *c* mit einander verbunden sind. Das Doppelwandgefäß ist von einer metallischen Schutzhülle *d* umgeben. Der Halsteil *e* dieser Hülle ragt über den Doppelrand des Gefäßes etwas hervor. In dem Gefäß-



hals ist ein Rohr *f* eingesetzt, welches durch einen aus isolierendem Stoff gebildeten Gußkörper *g* dicht schließend gehalten wird. Das Rohr besitzt einen Flansch, der die Herstellung des Gußkörpers erleichtert. Zum weiteren Schutze wird das Gefäß in ein aus Holz hergestelltes Gehäuse *i* eingebaut, das mit zwei das Gefäß festhaltenden Leisten *k* versehen ist. Zwischen diesen Leisten und der metallischen Schutzhülle *d* sind aus Filz oder anderen Wärmeschutzstoffen gebildete Zwischenlagen *l* angeordnet.

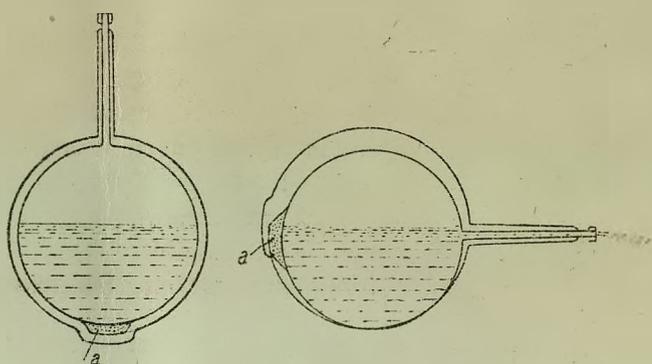
Glas-Transportflaschen sind außerdem mit einem Fassungsvermögen von $1\frac{3}{4}$ l Inhalt im Gebrauch. Sie werden zu je 4 Flaschen in einem Eisenbandgestell vereinigt.

Die gläsernen Tauchgefäße werden zylindrisch mit einem Inhalt von $1\frac{1}{2}$, 3, $3\frac{1}{2}$ und $4\frac{3}{4}$ l Inhalt hergestellt. Am zweckmäßigsten haben sich die 3 l-Gefäße von 450 mm lichter Höhe und 90—95 mm innerem Durchmesser erwiesen. Die Tauchgefäße werden zum Schutz gegen Beschädigungen in Blechhüllen oder Holzkästen eingebaut. Die Zwischenräume werden mit Wärmeschutzmassen ausgestopft, die gleichzeitig eine elastische Lagerung der Glasgefäße bewirken. Um ein Umfallen der Glasgefäße auf unebener Sohle zu verhüten, gibt man den Schutzhüllen zweckmäßig eine kegelförmige Form mit breiter Grundfläche, oder versieht sie mit einem Dreifuß.

Die Firma Tigges und Walther verwendet zur Herstellung der Gefäße ein hochwertiges Patentglas. Auch die Dyhydric-Aktiengesellschaft vertreibt Glasgefäße, die aus einem „Spezialglas“ hergestellt sind.

Von den Metallgefäßen für flüssige Luft haben bisher die Ahrendt'schen Gefäße der Marsit-Gesellschaft die größte Verbreitung gefunden. Bei der Herstellung dieser Gefäße wird der Erfindungsgedanke des Dewar-Patentes Nr. 169 514 benützt, über das die Marsit-Gesellschaft verfügt.

Bekanntlich ist Metall im Gegensatz zu Glas luftdurchlässig und daher für die Verarbeitung zu doppelwandigen evakuierten Gefäßen nicht ohne weiteres geeignet. Dewar ging nun von der Entdeckung aus, daß die Adsorptionsfähigkeit von Holzkohle für Gase oder Dämpfe um ein Vielfaches



Ungefährer Maßstab 1:10.

gesteigert wird, wenn die Kohle etwa auf den Siedepunkt des zu absorbierenden Gases oder Dampfes abgekühlt wird. Unter Holzkohle wird hierbei jede mehr oder weniger reine Kohle verstanden die durch Trockendestillation oder unvollständige Verbrennung von organischen Stoffen erhalten wird oder durch die Einwirkung eines Agens, wie starke Schwefelsäure, auf Zucker oder dergl. entsteht. Das Dewar'sche Doppelwandgefäß ist nun an dem unteren Teile seiner inneren Wandung mit einer Ausbuchtung versehen, die mit kurz zuvor erhitzter Holzkohle (vgl. *a* in der Skizze) gefüllt ist. Der Raum zwischen den Wandungen kann vor dem Zuschmelzen mittels einer Luftpumpe ausgepumpt werden, um die Mengen der zur Erzielung des Vakuums nötigen Holzkohle zu verringern. Wenn flüssige Luft in das Gefäß eingegossen wird, absorbiert die Holzkohle die in dem Raum zwischen den Wandungen befindliche Luft, sodaß dieser Raum ein hohes Vakuum annimmt und in diesem Zustande solange verbleibt, als noch genügend Luft in dem Gefäß ist, um die Ausbuchtung zu bedecken.

Die bisher gebräuchlichen Marsitgefäße werden aus Kupfer oder Messing hergestellt.

Die Transportflaschen der Marsitgesellschaft erhalten Ei- oder Kugelform, um das Verhältnis zwischen der verdampfenden Oberfläche und dem Inhalte möglichst klein zu gestalten. Für ihre Herstellung verwendet die Marsit-Gesellschaft außerdem den Erfindungsgedanken des Heylandt-Patentes Nr. 250 263, über das sie ebenfalls verfügt. Nach Heylandt wird der Hals des inneren Gefäßes zur Verringerung des Wärmeüberganges sehr dünnwandig (Manganstahl) und leicht nachgiebig angeordnet, sodaß sich das innere Gefäß schon bei geringer Neigung gegen die äußere Gefäßwandung legt. Da die Wärmeleitfähigkeit proportional dem Querschnitt des Leiters ist, wird durch diese Anordnung der Wärmeausgleich erschwert. Bei Berührung der Gefäßwandungen tritt ferner eine Vergasung der flüssigen Luft ein, die das Entleeren der Flasche erleichtert. Infolgedessen kann der Gefäßhals verhältnismäßig lang mit engem Querschnitt hergestellt werden, wodurch die Wärmeleitungsverluste ebenfalls verringert werden.

Die metallenen Transportgefäße der Marsit-Gesellschaft haben 5 l Inhalt. Sie werden auch mit einem Fassungsvermögen von 25 l als Ausgabegefäße und von 100–150 l als Staudgefäße angefertigt.

Neuerdings sind von der Firma Ahrendt (Marsit-Gesellschaft) Transportgefäße für flüssige Luft aus Stahlblech hergestellt worden.

Die Tauchgefäße der Firma Ahrendt haben cylindrische Form und ein Fassungsvermögen von etwa 3 Litern.

Dr. Sieder in München liefert „Dryliquid“-Tauchgefäße aus nicht beschlagnahmten Metallen. Sie bestehen aus mehreren, mit besonderen Wärmeschutzstoffen isolierten Zylindern und sind mit einem Einsatz versehen, in dem die Patronen getaucht und wieder herausgehoben werden. Durch diese Anordnung soll vermieden werden, daß die Arbeiter beim Einsetzen und Herausnehmen der Patronen mit flüssiger Luft in Berührung kommen.

Seit einigen Monaten liefert Dr. Sieder außerdem auch Metall-Vakuumgefäße. Ihre nähere Einrichtung ist nicht bekannt.

Das Gleiche gilt von den seit kurzem von der Deutschen Oxhydric-Gesellschaft in den Handel gebrachten Transportflaschen und Tauchgefäßen aus Metall. Die Transportgefäße werden von der Oxhydric-Aktien-Gesellschaft mit einem Fassungsvermögen von 25 und 5 l, die Tauchgefäße mit einem Inhalt von 2 bis 8 l hergestellt.

Versuche mit Porzellan-Vakuumgefäßen für flüssige Luft werden z. Bt. von der königlichen Porzellan-Manufaktur in Berlin gemeinsam mit der königlichen Bergwerksdirektion in Hindenburg vorgenommen.

Der beste Wärmeschutz wird zweifellos bei Verwendung von doppelwandigen Vakuumgefäßen aus Glas erzielt. Der Grund liegt in der schlechten Wärmeleitungsfähigkeit und der geringen Luftdurchlässigkeit von Glas. Nach der „Hütte“ ist die Wärmeleitfähigkeit von Glas 0,8, von Eisen 40 bis 50, von Kupfer 320. Die geringe Luftdurchlässigkeit des Glases wird durch die Tatsache bewiesen, daß in Laboratorien Glas-Vakuumgefäße viele Jahre verwendet worden sind, ohne an Isolationsfähigkeit erheblich zu verlieren. Glas kann demnach praktisch als luftundurchlässig angesehen werden.

Trotzdem sind wenigstens für die Transportgefäße der Firma Ahrendt die Verdampfungsverluste eher etwas geringer als die der Glasgefäße. Sie betragen 0,5 bis 0,6 % in der Stunde gegenüber 0,7 bis 1 % bei Glasgefäßen. Bei der Marsit-Transportflasche werden die Nachteile des hinsichtlich des Wärmeschutzes schlechteren Materials anscheinend durch die Kugelform der Flasche und den langen, dünnwandigen Hals (Patent Heylandt) aufgehoben. Für die Tauchgefäße trifft dies nicht zu. Während dagegen die Glas-Tauchgefäße von 3 l Inhalt einen stündlichen Verdampfungsverlust von nur etwa 1,5 % aufweisen, betragen die Verdampfungsverluste bei den Marsit-Tauchgefäßen gleicher Größe nicht weniger als 4,5 bis 5 % in der Stunde.

Nach den bisherigen Erfahrungen erleiden die Metallgefäße der Marsit-Gesellschaft selbst bei monatelanger Benutzung nur eine verhältnismäßig geringe Einbuße an ihrer Isolationsfähigkeit.

Die nicht evakuierten Oxhliquit-Tauchgefäße von Dr. Sieder verlieren in der Stunde gegen 500 g flüssige Luft. Sie sind daher für den Bergbau schwerlich verwendbar.

Bewährt haben sich dagegen hinsichtlich der Verdampfung die von Dr. Sieder hergestellten Metall-Vakuumgefäße. Versuche z. B., die mit einer Transportflasche von 5 l Inhalt angestellt wurden, ergaben einen Verdampfungsverlust von etwa 1,7 % in der Stunde. Eine Verschlechterung des Vakuums wurde während einer Versuchsdauer von mehreren Monaten nicht beobachtet.

Auch die Gefäße der Oxhydric-Gesellschaft, die erst in neuester Zeit auf den Markt gebracht worden sind, scheinen durchaus brauchbar zu sein. Ein auf Königin-Luise-Grube versuchtes Probetransportgefäß hatte einen stündlichen Verdampfungsverlust von 1,34 %.

Die mit Porzellan-Vakuumgefäßen angestellten Versuche sind dem Abschluß nahe und lassen ein günstiges Ergebnis erhoffen.

Mit der Wärmeleitungsfähigkeit des Materials hängen die Verdampfungsverluste beim Füllen der Gefäße zusammen. In dieser Hinsicht sind die Glasgefäße den Metallgefäßen überlegen. Die Verdampfungsverluste beim Füllen eines 3 l fassenden Glas-Tauchgefäßes betragen etwa 8 %. Mindestens die doppelte Menge an flüssiger Luft geht beim Füllen der gleich großen Tauchgefäße der Marsitgesellschaft verloren. Die Verdampfungsverluste bei Füllung eines 5 l-Transportgefäßes der Marsitgesellschaft aus einer 25 l-Flasche werden sogar auf etwa 27 % angegeben. Genaue Vergleichszahlen lassen sich nicht ermitteln, weil die Verluste zu sehr von Zufälligkeiten abhängen.

Die praktische Verwendbarkeit der Glasgefäße wird dadurch stark beeinträchtigt, daß sie leicht zerbrechen oder infolge der auftretenden Spannungen zerspringen. Ein großer Teil der Bruchverluste ist jedoch auf unsach-

gemäß und unvorsichtige Behandlung der Gefäße zurückzuführen. Die Erfahrungen der fiskalischen Gruben, die augenblicklich fast ausschließlich Glasgefäße verwenden, haben gelehrt, daß die Arbeiter sich allmählich an eine vorsichtigeren Behandlung der Gefäße gewöhnen, und daß daher die Bruchverluste ständig abnehmen. Dieses Ergebnis ist auch technischen Verbesserungen in der Herstellung der Glasgefäße zu verdanken.

Auch durch die Verwendung der kleinen Glas-Transportflaschen von nur $1\frac{3}{4}$ l Inhalt wird die Bruchgefahr herabgesetzt.

Die Firma Tigges und Walther und die Dyhydric-Aktiengesellschaft übernehmen für die Haltbarkeit der von ihnen gelieferten Behälter aus „Patentglas“ bzw. „Spezialglas“ in beschränktem Umfange Garantie. Über die Brauchbarkeit dieser Gefäße, die erheblich teurer als die gewöhnlichen Glasflaschen sind, liegen ausreichende Erfahrungen noch nicht vor.

Die Metallgefäße der Marsitgesellschaft sind hinsichtlich der Lebensdauer den Glasgefäßen weit überlegen, obwohl sie immerhin ziemlich häufig Reparaturen erfordern. In mehreren Fällen ist beobachtet worden, daß das innere Gefäß von Marsitflaschen z. T. explosionsartig ausgebeult wurde. Die Erklärung für diese Zerstörung der Gefäße ist darin zu suchen, daß durch eine Undichtigkeit der Innenwand flüssige Luft in das Vakuum angesaugt und durch ihre Verdampfung ein hoher Überdruck erzeugt wurde.

Die 25 l-Flaschen der Marsitgesellschaft haben sich für Transportgefäße als nicht haltbar erwiesen, weil anscheinend das Gewicht des inneren gefüllten Gefäßes bei den vielen Erschütterungen für die Heylandt'sche Aufhängung zu groß ist und daher häufig Brüche des dünnwandigen Halses hervorruft. Schon mit Rücksicht auf die vorher erörterten großen Umfüllverluste wird man daher zweckmäßig vorläufig den Gebrauch von 25 l-Gefäßen für die Ausgabe der flüssigen Luft unter Tage nur auf die notwendigsten Fälle beschränken und sich nach Möglichkeit ausschließlich mit 5 l-Transportgefäßen zu behelfen suchen.

Die Metall-Vakuumgefäße von Dr. Sieder scheinen recht haltbar zu sein. Über die Lebensdauer der von der Dyhydric-Aktiengesellschaft hergestellten Metallgefäße liegen bisher ausreichende Erfahrungen noch nicht vor.

Nach den vorstehenden Darlegungen ist das Sprengluftverfahren sowohl mit Metallgefäßen, als auch mit Glasbehältern ausführbar.

Für die Bedürfnisse des Betriebes sind die Metallgefäße wegen ihrer größeren Haltbarkeit zweifellos geeigneter. Da jedoch auch die Glasgefäße sich als brauchbar erwiesen haben, ist es eine reine Preisfrage, ob die Beschaffung von Metallgefäßen oder von Glasbehältern für das Sprengluftverfahren vorzuziehen ist.

Die große Mehrzahl der bisher gebrauchten Metallgefäße stammt von der Firma Ahrendt. Sie werden nur an diejenigen Unternehmer ausgegeben, die mit der Marsit-Gesellschaft abgeschlossen haben. Diese Gesellschaft macht einen Patentanspruch für die Schießarbeit mit flüssiger Luft für sich geltend und erhebt für die Abgabe der Ahrendt-Gefäße und die Ausübung ihres angeblich geschützten Verfahrens eine bedeutende Lizenzgebühr. Da nun kein Zweifel mehr bestehen dürfte, daß jetzt nach Ablauf des Linde-Patentes Nr. 100 146 (vgl. Seite 23) jeder ohne weiteres mit flüssiger Luft schießen darf, lastet die Lizenzgebühr der Marsit-Gesellschaft in der Hauptsache nur auf den von ihr gelieferten Gefäßen, ein Umstand, der bei der Frage der Wirtschaftlichkeit der Marsitgefäße zu beachten ist. Das Demar (Kohle)-Patent Nr. 169 514 läuft am 17. April 1920 ab, das Heylandt-Patent Nr. 250 263 (Aufhängung der inneren Flasche) am 6. November 1925.

Vergleicht man nun unter Berücksichtigung dieser Umstände die Wirtschaftlichkeit der Metallgefäße der Marsit-Gesellschaft mit derjenigen der Glasgefäße, so dürfte der Vergleich schwerlich zu Gunsten der Marsit-Gesellschaft ausfallen.

Nachdem es Dr. Sieder und der Drydric-Gesellschaft anscheinend gelungen ist, annähernd gleich brauchbare Metall-Vakuum-Gefäße herzustellen und ferner auch die Versuche mit Porzellangefäßen zu günstigen Ergebnissen zu führen scheinen, läßt sich zurzeit noch nicht übersehen, welche Entwicklung die Gefäßfrage in der nächsten Zeit nehmen wird.

3. Das eigentliche Schießverfahren.

Sämtliche zur Zeit im Gebrauch stehenden Schießverfahren mit flüssiger Luft lehnen sich eng an das alte Lindeverfahren an. Die Patronen werden durch Tränken mit flüssiger Luft, oder richtiger mit flüssigem Sauerstoff, hergestellt und dann wie die bisher üblichen Sprengstoffe zur Zündung gebracht. Eine grundlegende Änderung zeigt nur das Verfahren Komastch-Baldus, bei dem die Patronen erst im Bohrloch sprengfertig gemacht werden. Im übrigen unterscheiden sich die einzelnen Verfahren im wesentlichen nur durch die Verwendung verschiedener Kohlenstoffträger, die aber sämtlich bereits von Linde angegeben worden sind und unter das abgelaufene Patent Nr. 100 146 fallen. Im Grunde genommen wird daher zur Zeit überall, wo flüssige Luft zu Sprengzwecken benutzt wird, nach Linde geschossen. Patentrechtlich geschützt ist nur die von Komastch-Baldus angegebene Abweichung der Fertigstellung der Patronen im Bohrloch.

Wenn in den folgenden Ausführungen das Schießverfahren mit flüssiger Luft in Oberschlesien in mehrere Untergruppen getrennt behandelt wird, so bezweckt diese Einteilung lediglich, ein übersichtliches Bild über die augenblicklich angewendeten Ausführungsarten des Sprengens mit flüssiger Luft zu geben, ohne daß grundsätzliche Verschiedenheiten der einzelnen Verfahren behauptet werden sollen.

a) Linde-Verfahren.

Dr. Sieder, der als Vertreter von Linde die weitere Ausgestaltung des Dryliquitverfahrens sich angelegen sein ließ, verwendet als Kohlenstoffträger für brisante Patronen eine Mischung von 60 % Kieselguhr und 40 % Petroleum. Da diese Zusammensetzung als Kohlen Sprengstoff zu bisant ist und eine zu starke Zertrümmerung der Kohle bewirkt, wird für Sprengungen in der Kohle 70 % Kieselguhr mit 30 % Petroleum verwendet. In neuester Zeit ist man dazu übergegangen, durch Beigabe von Kochsalz die Brisanz noch weiter zu mildern und gleichzeitig die Flammentemperatur herabzustimmen.

Die Mischungen werden in eine Papierhülle eingestampft, über die mehrere andere Papierhüllen wechselseitig übergezogen werden. Die Patronen von 150 oder 200 mm Länge und 32—34 mm Durchmesser werden mindestens $\frac{1}{2}$ Stunde lang in einem Tauchgefäße getränkt. Die Zündung erfolgt mit feuersicher imprägnierter Patentzündschnur oder mit Zündhütchen Nr. 3.

Das Befestigen der Bohrlöcher geschieht in der Weise, daß der Häuer vor Ort dem Tauchgefäße die Patronen entnimmt, sie in das Loch einführt und auf die Ladung 2—3 Besagnudeln setzt. Darauf wird die Mündung des Bohrloches mit Lehm verklebt, um zu verhindern, daß beim Anzünden der ausströmende Sauerstoff mit der offenen Flamme in Berührung kommt.

Die übrigen Dryliquitmischungen, wie Paraffin-Kieselguhr, Paraffin-Korzkohle und Petroleum-Korzkohle im Mischungsverhältnis 1 : 1 sind offenbar insofern schwieriger Beschaffung der Rohstoffe bisher nicht verwendet worden. Es sei jedoch ausdrücklich auf diese Mischungen hingewiesen.

Als ein Vorzug des Dryliquits wurde es seinerzeit angesehen, daß er bei Ausschaltung des Petroleums durch Zündung mit offener Flamme nicht explodiere, sondern nur hastig und schnell verbrenne. Eingehende vergleichende

Untersuchungen der Zentralstelle in Neu-Babelsberg haben jedoch ergeben, daß die Möglichkeit einer Detonation bei freier Zündung bei keinem Oxylquit ausgeschlossen ist. Gleichzeitig wurde festgestellt, daß ein mit Kieselguhr hergestellter Oxylquit in jedem Falle gefährlicher ist, als ein mit Korffohle hergestellter. Z. B. neigt Paraffin-Kieselguhr mehr zur Detonation als Petroleum-Korffohle. Wesentlich ungefährlicher als alle anderen Oxylquitmischungen und deshalb am handhabungssichersten ist Paraffin-Korffohle.

b) Marsit-Verfahren.

Bei dem Marsitverfahren wurde ursprünglich eine brisante Mischung aus 80 % Ruß und 20 % Naphthalin verwendet. Später ging man zu anderen Zusammensetzungen über und verwendet zur Zeit eine brisante und eine Kohlenmischung, deren Zusammensetzungen geheim gehalten werden.

Diese Mischungen werden in Leinwandfächchen von 20—30 cm Länge und in letzter Zeit auch in Papierhüllen gefüllt.

Vor dem Tauchen kühlt man früher die Patronen in einem besonderen Abkühlungsgefäße, um den Verbrauch an flüssiger Luft herabzumindern. Die Vorkühlung hat sich in der Praxis jedoch nicht eingeführt und ist von den meisten Bergwerken, auch soweit sie nach dem Marsit-Verfahren schießen, vorläufig wieder verlassen worden. Die Patronen werden, nachdem sie mit Zündschnur oder elektrischem Zünder versehen worden sind, in das Tauchgefäß gebracht und schwimmen bis zu ihrer Sättigung mit flüssiger Luft in der Flüssigkeit. Sinkt die Patrone unter, so ist die Tränkung beendet. Die Tauchzeit dauert 3—5 Minuten.

Als Transport- und Tauchgefäße dienen Metallgefäße, welche bereits im Abschnitt 2 behandelt worden sind.

Das Befetzen der Schüsse erfolgt in gleicher Weise, wie bei den sonst üblichen Sprengstoffen. In flüchtiger Kohle wurde, wie bei anderen Verfahren auch, die Patrone zur Verhinderung des Versagens in eine Papp- röhre eingeführt, deren beide Enden durch Holzpfropfen verschlossen sind und nur Raum für die Zünddrähte bieten. Neuerdings werden mit der gleichen Wirkung unter Weglassung der Papphülle stärkere Zünder benutzt.

Der Marsitzünder hat sich aus dem Siriuszünder entwickelt. Er ist durch D. R. P. 121 345 geschützt. Als Schlagwetter- und kohlenstaubsicher waren die Patronen der Marsitgesellschaft bisher nicht anzusehen. In neuester Zeit ist eine Patronenmischung hergestellt worden, welche sich auf der Versuchsstrecke als sicher erwiesen hat. Ihre praktische Verwendbarkeit im Bergwerksbetriebe wird später behandelt werden.

c) Wilhelmi-Verfahren.

Die hohen Explosionstemperaturen beim Schießen mit flüssiger Luft sind bei Anwesenheit von Schlagwettern und Kohlenstaub nicht ungefährlich. Da die Gefahr der Zündung von Schlagwettern und Kohlenstaub besonders bei einem Überschuß hochwertigen Sauerstoffs groß ist, ging Wilhelmi von dem Gedanken aus, die Patronen nur soweit auffaugefähig für flüssige Luft zu gestalten, daß der Gehalt an flüssiger Luft zur vollkommenen Verbrennung der Kohlenstoffträger ausreicht.

Die Zusammensetzungen seiner Patronen hält Wilhelmi geheim.

Die Mischungen werden in perforierte Papierhüllen gebracht, mit Zünd- kappe 6—8 versehen und vor Ort getaucht. Nach der Sättigung mit flüssiger Luft sinken die Patronen, die anfänglich in der flüssigen Luft schwimmen, unter, werden dann ins Bohrloch eingeführt und in gewöhnlicher Weise be- setzt; die Tauchzeit beträgt 3—5 Minuten.

Da beim Befetzen der Bohrlöcher mit mehreren Patronen selbst- entzündliche Nachschwaden beobachtet wurden, schreibt Wilhelmi in An- lehnung an bekannte Verfahren vor, bei gleichzeitiger Verwendung mehrerer

Patronen die Schlagkapsel stets derart einzuführen, daß sie inmitten der Patronen zu liegen kommt. Außerdem empfiehlt Wilhelmi, um die Mitwirkung der Bohrlochswandung bei der Umsezung der Patronen auszuschalten, die Bohrlöcher mit feuchter Tonmischung auszusmieren.

d) Verfahren auf Königin Luisegrube.

Die Beobachtung, daß bei Verwendung von Kohlenstoffen, wie Holzkohle, Kienruß usw., oft kohlenoxydhaltige Nachschwaden auftreten und daß derartige Kohlenstoffe sich verhältnismäßig träge umsetzen, hat auf Königin Luisegrube dazu geführt, Mischungen von Torfmullkohle und Naphthalin herzustellen und die Explosionstemperatur nach Möglichkeit durch Beigabe kühlender Salze herabzusetzen. In Verwendung stehen zwei Mischungen:

- a) 38,0 % Torfmullkohle,
12,0 % Naphthalin,
50,0 % Salz,
(Sprengkraft im Gewichtsverhältnis zu Pulver 1 : 4),
- b) 22,5 % Torfmullkohle,
7,5 % Naphthalin,
70,0 % Salz,
(Sprengkraft im Gewichtsverhältnis zu Pulver 1 : 3).

Die Mischungen werden in perforierte Hülsen gefüllt und entweder mit Pulverzünder oder Brückenglühzünder mit anmontierter Kapsel gezündet.

e) Verfahren auf Laurahüttegrube.

Bei dem auf Laurahüttegrube ausgebildeten Verfahren werden Patronen verwandt, bei welchen das Tränken mit flüssiger Luft nicht durch Tauchen, sondern unmittelbar vor der Einführung ins Bohrloch durch Einfüllen der Sprengluft in die Patrone bewirkt wird. Die Patronen haben eine feste Papphülse von 1—2 mm Wandstärke und 35 mm l. W. Sie werden in Längen von 10—30 cm angefertigt. Die Füllung der Patronen besteht aus Holzkohle und Naphthalin. In der Mitte der Patrone befindet sich ein bis zum Ende der Hülse reichendes perforiertes Pappröhrchen von 5 mm Durchmesser. In dem Zwischenraum zwischen letzterem und der Patronenhülse wird der Zünder für die elektrische Zündung sowie der Kohlenstoffträger eingebracht, welcher gleichzeitig zum Aufsaugen der flüssigen Luft dient. Beim Einfüllen der flüssigen Luft wird die Patrone in einen hölzernen Untersatz gestellt, alsdann ein verzinnter Blechtrichter mit Ablaufröhrchen in die Papprohre der Patrone eingeführt und die flüssige Luft in den Trichter gegossen.

Das Ablaufröhrchen des Trichters hat 1—2 mm Durchmesser, ist etwas länger als die Patrone und bis zu $\frac{2}{3}$ seiner Länge perforiert.

Die flüssige Luft tränkt infolgedessen rasch den Kohlenstoffträger vom unteren Ende der Patrone an aufsteigend, wobei die vergasende Luft in dem Zwischenraum zwischen Pappröhrchen und Ablaufröhrchen entweichen kann.

Die Sättigung der Patrone erfolgt in 2—4 Minuten.

f) Verwendung von Sägemehl.

Nach mehrmonatlichem Schießen mit flüssiger Luft unter Anwendung von Marsitpatronen aus der Sprengstoffabrik Pniowiz wurden auf Brandenburggrube eingehende Versuche mit verschiedenen anderen Aufsaugstoffen angestellt und hierbei gefunden, daß die Verwendung von Sägemehl einen billigen Ersatz für die Marsitpatronenfüllung liefert.

Die Patrone besteht aus einer einfachen, gewickelten und ungelochten Hülse aus gewöhnlichem Papier von 32 mm Durchmesser.

Vor dem Einfüllen in die Patronenhülse wird das Sägemehl getrocknet und gesiebt, um es von Holzspänen usw. zu befreien. Dieses so vorbereitete

Sägemehl wird ohne jeden Zusatz in die Papierhülse eingefüllt. Die Sägemehlpatronen werden in derselben Länge hergestellt wie die bisher verwendeten Marsitpatronen, und zwar in Längen von 20 und 25 cm. Das Gewicht einer 20 cm langen Sägemehlpatrone beträgt 45 g, dasjenige einer gleich langen Marsitpatrone 60 g.

Nachdem die Sägemehlpatrone mit einem Bindfaden zugebunden und die Umhüllung mittels eines Taschenmessers reihenweise beliebig durchlocht worden ist, wird die Patrone in die mit flüssiger Luft gefüllten Tauchgefäße eingetaucht. Die Tauchzeit ist bei den Sägemehlpatronen und Marsitpatronen dieselbe. Das Gewicht der getränkten 20 cm langen Sägemehlpatrone beträgt 145 g gegen 220 g der getränkten, gleich langen Marsitpatrone. Die 20 cm lange Sägemehlpatrone hat somit 100 g flüssige Luft gegen 160 g der gleich langen Marsitpatrone aufgenommen. Es kommen daher auf 10 cm Sägemehlpatronen 50 g flüssige Luft gegen 80 g auf 10 cm Länge der Marsitpatronen.

g) Balduz-Kowastch-Verfahren.

Das Balduz-Kowastch-Verfahren verwendet Sicherheitspatronen für das Schießen in der Kohle und brisante Patronen für das Schießen im Nebengestein.

Die Mischung der Sicherheitspatronen besteht aus 55 % Rochsalz, 27 % Korfkohle und 18 % Petroleum und hat sich in der Versuchsstrecke zu Verne als sicher gegen Schlagwetter und Kohlenstaub erwiesen, ergab jedoch beim Schießen in der Kohle selbstentzündliche Nachschwaden.

Die Mischung der brisanten Patronen besteht aus 60 % Korfkohle und 40 % Petroleum.

Noch brisantere Mischungen werden erzielt durch Verwendung von $33\frac{1}{3}$ % Baumwolle und $66\frac{2}{3}$ % Petroleum.

Die Patronen haben entsprechend dem Bohrlochdurchmesser von 40 mm einen Durchmesser von 35 mm und je nach Erfordernis verschiedene Längen von 0,40 m bis zu 1,50 m. Sie bestehen aus einer Papphülse, die an beiden Enden mit Korken verschlossen ist. Durch den oberen Korken führen zwei Pappröhrchen in das Innere der mit dem Kohlenstoffträger gefüllten Patrone. Das eine Pappröhrchen ist nahe an das Ende durch die ganze Patrone durchgeführt und dient zum Tränken der Patrone mit flüssiger Luft. Bis zur gleichen Tiefe ist ein elektrischer Glühzünder in die Patrone eingeführt, dessen Drähte durch den oberen Korken eingebracht sind und aus der Patrone herausragen. Das zweite Pappröhrchen durchbohrt nur den oberen Patronenverschluß und dient dazu, die vergasende Luft nach außen zu führen. Bei der Füllung der Patrone mit flüssiger Luft zeigt der Austritt von Luft in flüssiger Form aus diesem Röhrchen die Beendigung der Durchtränkung des Patroneninhalts an. Um Verstopfungen der in der Patrone befindlichen Öffnungen der Pappröhrchen durch den Kohlenstoffträger zu verhüten, sind diese Öffnungen der Röhrchen mit Gaze umwickelt.

Die so vorbereiteten Patronen werden in die Bohrlöcher geschoben, wobei Pappröhrchen von solcher Länge gewählt werden, daß sie aus dem Bohrloch herausragen. Alsdann wird mit Letten besetzt. Damit hierbei die Pappröhrchen nicht zusammengedrückt werden, wird in diese je eine Räumnadel eingeführt und vor dem Füllen mit flüssiger Luft entfernt.

Das Füllen der Patrone mit flüssiger Luft erfolgt erst im Bohrloch, nachdem die Schüsse fertig besetzt sind. Zum Füllen der Patronen dienen Ladefannen, die 0,8—2,10 l flüssige Luft enthalten und als doppelwandige Metallflaschen ausgebildet sind; sie reichen zum Füllen von 1—2 Patronen aus. Das Einfüllen der flüssigen Luft aus den Transportflaschen in die Ladefaschen erfolgt unter Verwendung eines Trichters unmittelbar vor dem Tränken der Patronen. An den Ladefannen ist ein loser Kupferstab angehängt, der, sobald das Füllen der Patrone beginnen soll, in die flüssige

Luft der Flasche eingetaucht wird. Das obere Ende des Kupferstabes ist so eingerichtet, daß die Öffnung an dem Halse der Flasche alsdann fest verschlossen wird. Durch das Eintauchen des wärmeleitenden Kupferstabes erfolgt sofort eine heftige Verdampfung der flüssigen Luft im Innern der Flasche.

Durch den entstehenden Überdruck wird die flüssige Luft in einen Metallschlauch gedrückt, der mit seinem spitz zulaufenden Ende alsdann in das Zuführungs-Pappröhrchen der Patrone eingeführt wird. Befördert wird das Austreten der flüssigen Luft aus der Flasche noch dadurch, daß man sie umdreht. Der Metallschlauch der Flasche ist zur Isolierung mit Asbest umwickelt.

Bevor der Metallschlauch in das Zuführungsrohr der Patrone eingeführt wird, werden die beiden aus der Patrone herausragenden Zünddrähte an das Zündkabel angeschlossen. Geschossen wird nur elektrisch, und zwar lediglich unter Verwendung eines Spaltglühzünders ohne Sprengkapsel.

Das Tränken einer 1 m langen Patrone dauert im Durchschnitt 1,5 Min. Das Abschießen erfordert nach beendetem Tränken bis zur Explosion eine normale Zeitdauer von 1,2—1,5 Min.

4. Die mit den verschiedenen Sprengluftpatronen gemachten Erfahrungen.

a) Allgemeines.

Auf den Bergwerken, welche bisher flüssige Luft beim Sprengen verwendet haben, sind die Ergebnisse im allgemeinen recht befriedigend gewesen.

Die von Dr. Sieder angewandten Mischungen von Petroleum und Kieselguhr waren zunächst zu brixant, sind aber durch Abstimmen mittels Salzzufuges jetzt für den Steinkohlenbergbau brauchbar geworden. Die Sieder'schen Hülsen empfehlen sich dort, wo die schießende Belegschaft nach dem Besetzen der Schüsse einen zeitraubenden Weg zurückzulegen hat, oder wo es sich um nasse Bohrlöcher handelt, weil durch die Anwendung von vier Überhüllen der entweichenden Luft ein sehr langer Weg vorgeschrieben wird, und weil durch die Luftschichten zwischen den einzelnen Hülsen eine besonders gute Isolation bewirkt wird. Ähnliches wird von Anderen durch die Anwendung von Papphüllen angestrebt.

Die Marsitpatronen haben sich vor trockenen Orten gut bewährt. Allerdings bleibt die Marsitpatrone selbst in getauchtem Zustande unstarr. Ihre Einführung in das Bohrloch macht daher namentlich in klüftiger Kohle zeitweilig Schwierigkeiten. Dieser Umstand mag mit dazu geführt haben, in solchen Fällen Papphüllen zu verwenden.

Die Wilhelmischen Patronen sind in größerem Umfange auf fiskalischen Gruben erprobt worden. Sie ergaben sowohl auf Pfeiler wie auf Strecke gute Wirkung. Nur in klüftiger Kohle ist die Wirkung mäßig.

Die auf Königin Luisegrube angewandten Naphthalin-Torfmull-Mischungen haben sich im allgemeinen gut bewährt. In klüftiger Kohle ergibt die brixantere Mischung noch dort gute Wirkung, wo Orypelagit und Chloratsprengstoffe nicht ausreichen, sofern man ein Gewichtsverhältnis zu Schwarzpulver von 1 : 2 gegenüber dem normalen Verhältnis von 1 : 4 anwendet.

Auch bei dem Schießverfahren auf Laurahüttegrube erfolgt die Explosion reiflos, ohne analytisch nachweisbares Dryd zu hinterlassen. Doch ist die Anwesenheit von Spuren von Dryd wahrscheinlich, weil die Häuer in einigen Fällen über Kopfschmerzen geklagt haben, wenn sie unmittelbar nach dem Schuß das Ort betraten.

Die Versuche mit Sägemehl haben zu befriedigenden Ergebnissen geführt.

Nicht bewährt hat sich in Oberschlesien das Balbus-Kowastch-Verfahren. Die Tränkung im Bohrloch ist für die ober-schlesischen Verhältnisse nicht geeignet und setzt wohl auch besonders eingeübte Belegschaft voraus.

Vergleichende Versuche mit den einzelnen Sauerstoffpatronen haben ergeben, daß die Gleichartigkeit der Mischungen aus trockenen Substanzen größer ist als der Mischungen, welche unter Verwendung von flüssigen Kohlenwasserstoffen hergestellt werden. Eine Sonderstellung nehmen die Wilhelmischen Patronen ein, bei denen durch ein besonderes Imprägnierungsverfahren eine völlige Gleichartigkeit gewährleistet sein soll.

b) Handhabungssicherheit.

Über die Handhabungssicherheit liegen ausreichende Erfahrungen noch nicht vor. Man wird sie im allgemeinen wohl als befriedigend bezeichnen können.

Versuche mit Marsitpatronen, Orypelagitpatronen, sowie den auf Königin Luisegrube hergestellten Patronen sind, soweit man derartigen Versuchen überhaupt praktischen Wert beimessen kann, gut verlaufen und haben eine geringe Reibungsempfindlichkeit ergeben. Nach neueren Untersuchungen der Zentralstelle in Neubabelsberg zeigen aber die Marsitpatronen und wohl alle mit Naphthalin oder anderen Kohlenwasserstoffen hergestellten Patronen Schlagempfindlichkeit, die es ratsam erscheinen läßt, die Sprengluftpatronen ähnlich wie Chloratsprengstoffe vorsichtig in die Bohrlöcher einzuführen und auch beim Aufbringen des Besazes mit der nötigen Vorsicht zu verfahren. Auch die Wilhelmischen Sprengluftpatronen sind in gleicher Weise zu behandeln.

c) Kohlenstaubsicherheit.

Versuche auf der Versuchsstrecke in Beuthen haben ergeben, daß die Sprengluftpatronen nicht unbedenklich in Anbetracht der Kohlenstaubgefahr sind. Sägespänepatronen, Kienrußpatronen und selbst die auf Königin Luisegrube verwandte brisante Mischung zündeten bei verhältnismäßig kleinen Lademengen den in der Strecke ausgestreuten und aufgewirbelten Kohlenstaub.

Die Wilhelmischen Patronen und die Königin Luise-Kohlenmischung haben sich nach den bisherigen, noch nicht abgeschlossenen Versuchen auf der Versuchsstrecke zu Beuthen als kohlenstaubsicher erwiesen.

Außer der auf der Versuchsstrecke feststellbaren direkten Kohlenstaubgefahr der Patronen, d. h. der Gefahr der Zündung aufgewirbelten Kohlenstaubes, ist bei Sprengluftpatronen noch eine indirekte Kohlenstaubgefahr in Betracht zu ziehen, die lediglich in der Eigenart der Sprengluftpatronen begründet liegt. Wie ein Vorfall auf Königin Luisegrube bei einem Schuß mit Sägemehlpatronen gezeigt hat und wie ein zweiter Vorfall beim ersten Schusse von drei Gruppenschüssen auf der cons. Gleiwitzer Steinkohlengrube bestätigte, nehmen offenbar einige Kohlenforten unter gewissen Umständen flüssige Luft aus der Sprengluftpatrone auf und neigen dann zur unmittelbaren Mitwirkung auch bei Einzelschüssen. Es treten in diesen Fällen Erscheinungen auf, welche an Kohlenstaubexplosionen erinnern. Zur Vermeidung derartiger Vorfälle wird es sich empfehlen, nur Stoffe von hoher Aufsaugfähigkeit bei den Patronenmischungen zu verwenden, aber doch durch entsprechende Zusammensetzung der Patrone einen zu großen Sauerstoffüberschuß zu vermeiden.

d) Bemerkenswerte Vorfälle und Unfälle.

Das Königl. Oberbergamt zu Breslau hat dem Sprengstoffausschuß das gesamte Material über die bei der Verwendung von Sprengluftpatronen seit Einführung des Verfahrens (Anfang 1915) bis zum 1. Januar 1916 bekannt gewordenen Vorfälle zugänglich gemacht. Diese Zusammenstellung zählt im ganzen 37 Unfälle, bei denen 33 Personen verletzt wurden.

Die Unfälle gliedern sich in folgende Gruppen:

- | | |
|---|-------------|
| 1. Spätzündungen von Sprengschüssen | 14 = 37,8 % |
| 2. Explosionen von Tauchgefäßen mit Sprengluftpatronen. | 6 = 16,2 % |
| 3. Kohlenstaubschüsse und Kohlenstaubzündungen. | 4 = 10,9 % |

4. Nachschwadenunfälle	3 = 8,1 %
5. Unfälle beim Befehlen insolge herausgeschleuderten Befehles . .	2 = 5,4 %
6. angebliche Selbstentzündung der Patronen	2 = 5,4 %
7. sonstige Vorfälle (Unfall beim Befehlen eines Hochpfeifers, Verbrennung durch unvorsichtiges Santieren, Unvorsichtigkeit bei Schießversuchen, Entzündung von Bohrmehl bei unvorsichtigem Umgehen mit den Tauchgefäßen, Explosion eines Verflüssigers [vergl. Anlage 3])	6 = 16,2 %

Für die Spätzündungen der Sprengschüsse konnte zunächst keine einwandfreie Erklärung gefunden werden, bis es durch systematische Untersuchungen gelang, den Nachweis zu führen, daß die Spätzündungen lediglich auf unvollkommenes Tränken der Patronen zurückzuführen seien. Bei diesen Versuchen gelang es noch nach mehr als $\frac{1}{2}$ Stunde, nur halbgetränkte Patronen zur Detonation zu bringen. Diese Spätzündungen wurden nicht beobachtet, wenn die Zünder außer der Flammenwirkung noch mechanische Wirkung ausübten, wie Brückenglühzünder mit Sprengkapseln oder Vulkanzünder. Man kann annehmen, daß diese Art Vorfälle sich vermeiden läßt, wenn nur mit schlagkräftigen Zündern geschossen wird, dem Tauchen der Patronen besondere Aufmerksamkeit geschenkt wird und die Zünder bis in die Mitte der Patrone eingeführt werden, sofern eine gleichzeitige Tränkung der Patrone und des Zünders stattfindet.

Auch die verhältnismäßig häufig vorkommenden Explosionen von Tauchgefäßen, in denen sich Patronen zum Tauchen befinden, lassen sich bei sorgfältigem Arbeiten einschränken. Vor allem sind die Tauchgefäße mit einem losen Deckel verschlossen zu halten; die Lampen müssen möglichst im abziehenden Wetterstrom und jedenfalls seitlich der Tauchgefäße aufgehängt werden.

Gefährlicher und schwerer zu verhindern als die genannten Vorfälle, sind die beobachteten Kohlenstaubschüsse. Nur in einem der beobachteten Fälle handelt es sich um eine regelrechte Kohlenstaubzündung beim gleichzeitigen Abtun von mehr als einem Schuß. In den anderen Fällen liegt vermutlich eine Mitwirkung der Kohle des Bohrlochs vor. Anscheinend saugen gewisse Kohlenarten begierig flüssige Luft aus den Sprengluftpatronen auf und nehmen dann, selbst zum Sprengstoff geworden, an der Umsetzung der Patronen teil. Derartige Vorfälle können nicht nur Verbrennungen durch die verlängerte Schußflamme zur Folge haben, sondern auch Vergiftung durch die entstehenden Nachschwaden, wenn nicht gar regelrechte Kohlenstaubexplosionen. Ein abschließendes Urteil über diese Art Vorfälle ist zurzeit noch nicht möglich. Versuche, auch derartigen Gefahren vorzubeugen, sind noch im Gange.

Von den übrigen Vorfällen sind die angeblichen Selbstentzündungen der Patronen hervorzuheben. Wohl ist es, wie bereits ausgeführt wurde, nicht ausgeschlossen, daß Sprengluftpatronen durch Schlag zur Detonation gebracht werden können. Wahrscheinlich handelte es sich bei diesen Unfällen jedoch um Entzündung der Patronen in einem bereits vorher abgetanenen Bohrloch. Funken oder glühende Teilchen, welche nach dem ersten Schuß zurückgeblieben waren, haben wahrscheinlich die Sprengluftpatronen beim zweiten Befehlen zur Entzündung gebracht.

Auf Grund der bisherigen Erfahrungen hat der Sprengstoffauschuß die in der Anlage 4 niedergelegten Betriebsregeln aufgestellt.

Während der Drucklegung der Denkschrift ereigneten sich auf zwei Gruben zwei gleichartige, seither noch völlig unaufgeklärte Unfälle. Der vorläufige Bericht über den Hergang des einen Unfalls wird des hohen Interesses wegen im Anhang beigelegt (Anlage 5).

e) Lagerbeständigkeit.

Der Lagerbeständigkeit der Sprengluftpatronen wird im allgemeinen nicht diejenige Bedeutung zugesprochen werden können, welche sie bei anderen Sprengstoffen besitzt. Die Patronen für das Schießen mit flüssiger Luft wird

man zweckmäßig über Tage in möglichst trockenen Räumen lagern müssen, da sie in ungetränktem Zustande keine Sprengstoffe sind. Unter diesen Umständen ist die Lagerbeständigkeit mit Ausnahme der Patronen, welche mit Petroleum oder anderen flüchtigen Bestandteilen zusammengesetzt sind, unbegrenzt. Unter Tage verändern sich alle Sauerstoffpatronen in verhältnismäßig kurzer Zeit, da sie im wesentlichen aus Aufsaugstoffen, welche begierig Feuchtigkeit aufnehmen, zusammengesetzt sind und zur Milderung der Brisanz und der Explosionstemperatur Salze enthalten, die mehr oder minder hygroskopisch sind.

Patronen, welche längere Zeit unter Tage gelagert haben, saugen weniger flüssige Luft an und neigen zum Ausbrennen.

f) Wirkung (Grobkohlenfall, Brisanz usw.).

Die Wirkung sämtlicher Patronen für flüssige Luft ist in fester Kohle sehr gut und wesentlich besser als die des Sprengpulvers. Ganz allgemein sind die Höher dort, wo mit flüssiger Luft geschossen wird, dazu übergegangen, die Vorgaben der Schüsse viel größer zu wählen als früher bei der Verwendung des Schwarzpulvers. Die Anzahl der Schüsse ist auf allen Arbeitspunkten wesentlich zurückgegangen; sie beträgt auf Pfeilern etwa 60 %, auf Strecken etwa 70 % der Schüsse, welche bei Verwendung von Schwarzpulver erforderlich waren.

Auch im Gestein ist die Wirkung der Sprengluftpatronen gut, so daß auch erheblich größere Vorgaben gewählt werden, als man sie selbst bei Verwendung von Dynamit gegeben hat.

Dort, wo die Kohle klüftig und mürbe ist, sind die Erfahrungen nicht so günstig, so daß man auf einzelnen Werken in solchen Fällen von der Verwendung flüssiger Luft absteht. Die schlechte Wirkung der Sprengluftpatronen in klüftiger Kohle wird vielfach lediglich darauf zurückgeführt, daß durch die Klüfte der Kohle ein großer Teil der flüssigen Luft entweicht. Ein gutes Vorbeugungsmittel ist es, die Patronen in Papphüllen oder Siedersche Hüllen zu stecken. Die Wirkung wird dadurch zweifellos besser.

Vor allem jedoch empfiehlt es sich in solchen Fällen, statt der unvollkommenen Initialzündung eines Marfit- oder Pulverzünders, Vulkanzünder oder Sprengkapselzündung zu wählen. Geschieht dies, so wird bei den meisten Kohlenstoffträgern die Wirkung auch in klüftiger Kohle gut sein.

Im allgemeinen wird man behaupten dürfen, daß die Wirkung der Sprengluftpatronen diejenige aller anderen im Bergbau verwendeten Sprengstoffe übertrifft.

Für den obererschlesischen Bergbau ist jedoch nicht allein die Menge der hereingewonnenen Kohle von Bedeutung, sondern auch das Ausbringen an groben Sorten. Auch in dieser Beziehung befriedigen die Sprengluftpatronen durchaus, da der Grobkohlenfall trotz der hohen Brisanz günstig ist. Sämtlich haben sie eine mehr schiebende als zertrümmernde Wirkung. Außerdem wird auch durch die Vergrößerung der Vorgaben die Zertrümmerung der Kohle eingeschränkt.

Bei der Größe der Vorgaben spielt übrigens das Abschätzen der Lademengen nicht die Rolle, wie bei anderen Sprengstoffen, insbesondere wie bei den Chloraten. Allerdings wird durch ein Überladen der Schüsse der Grobkohlenfall ungünstig beeinflusst.

In fester Kohle wird man mit Sprengluft, ebenso wie bei anderen Sprengstoffen, mit verhältnismäßig geringen Lademengen auskommen können und auch mit nicht zu kräftigen Mischungen von hohem Gehalt an Salzen und indifferenten Stoffen gute Wirkungen erzielen. In klüftiger und weicher Kohle muß naturgemäß die Lademenge und die Brisanz der Patronen größer sein. Das Verhältnis der für feste und klüftige Kohle erforderlichen Lademengen wird zudem dadurch ungünstig beeinflusst, daß durch die Klüfte die Vergasung verstärkt wird.

g) Nachschwaden.

Die Urteile über die Güte der Nachschwaden sind sehr verschieden. Ganz allgemein darf wohl gesagt werden, daß die Nachschwaden der Sprengluftpatronen erträglich sind. Die Bildung von Kohlenoxyd wird vermieden, wenn die Lademenge annähernd richtig bemessen ist und nach vollständiger Tränkung der Patronen nicht allzu lange Zeit bis zum Abtun des Schusses gewartet wird. Von ausschlaggebender Bedeutung ist außerdem der Sauerstoffgehalt der verwendeten flüssigen Luft. Je reicher die flüssige Luft an Sauerstoff ist, umso vollkommener ist die Umsetzung der Sprengpatronen. Außerdem ist die Initialzündung auch von großem Einfluß auf die Zusammenfügung der Schwaden. Dort, wo mit möglichst starker Initialzündung (Sprengkapsel oder Vulkanzünder) gearbeitet wird, erzielt man bessere Schwaden als dort, wo man lediglich mit Pulverzünder, Marsitzzünder oder Zündschnur zündet.

Diejenigen Sauerstoffpatronen, welche ausschließlich eine Kohlenforte (Holzkohle, Kienruß oder dergl.) mit einer Beimischung von Salz enthalten, neigen mehr zur Schwadenbildung als Stoffe, denen eine geringe Menge Naphthalin oder andere Kohlenwasserstoffe zugesetzt sind. Allerdings ist es fehlerhaft, den Gehalt an Kohlenwasserstoff allzu hoch zu wählen, weil dadurch gerade der Kohlenoxydgehalt der Schwaden gesteigert wird.

Die Patronen, welche aus indifferenten Aufsaugestoffen und reinen Kohlenwasserstoffen bestehen, haben stellenweise schlechte Nachschwaden ergeben. Gerade in diesen Fällen mag jedoch mangelhafte Initiierung und nicht ein zu hoher Gehalt an Kohlenwasserstoff die Schuld hieran getragen haben. Auf einer Grube, welche aus solchen Aufsaugestoffen und reinen Kohlenwasserstoffen bestehende Patronen verwendet, hat man die Anordnung getroffen, daß Orte, vor denen geschossen worden ist, erst 15 Minuten nach dem Abtun der Schüsse betreten werden dürfen.

Einen Nachteil haben sämtliche Sprengluftpatronen, und zwar das Auftreten von selbstentzündlichen Nachschwaden. Diese Schwaden hatte man früher zunächst für Kohlenoxyd, das infolge mangelhafter Verbrennung der Sprengpatronen entstanden wäre, angesehen. Die Schießversuche, welche der Sprengstoffauschuß auf Giesche-Grube mit Drypelagit veranstaltete, haben jedoch unzweifelhaft ergeben, daß sich auch Kohlenwasserstoffe in den Nachschwaden beim Schießen mit flüssiger Luft vorfinden. Die Analyseergebnisse der unmittelbar nach dem Schusse gewonnenen Wetterproben waren folgende:

Probe	O	C O ₂	C H ₄	CO	H
1.	20,20	0,68	0,06	0,30	0,18
2.	20,10	0,64	0,02	0,18	0,12
3.	19,92	0,80	0,08	0,22	0,09
4.	20,14	0,52	0,04	0,10	0,13
5.	19,92	0,72	0,18	0,30	0,13
6.	20,08	0,68	0,09	0,32	—

Vergleichende Versuche mit der brixanten Mischung Königin Luise zeigten folgende Ergebnisse:

Probe	vor dem Schuß:					
	O	C O ₂	CO	C H ₄	H	
1.	20,22	0,42	0,00	0,00	nicht bestimmt	
2.	20,51	0,37	0,00	0,00	"	
Probe	nach den einzelnen Schüssen:					
	O	C O ₂	CO	C H ₄	"	
	3.	21,42	0,43	0,00	0,12	"
	4.	20,38	0,43	0,05	0,20	"
	5.	20,37	0,43	0,126	0,20	"
	6.	20,22	0,50	0,05	0,08	"
	7.	20,86	0,45	0,17	0,14	"
8.	20,49	0,58	0,00	0,46	"	
9.	20,16	0,85	0,00	0,84	"	

Einen weiteren Beweis dafür, daß die Brennbarkeit der Nachschwaden in der Hauptsache durch Kohlenwasserstoffe bewirkt wird, ergaben die Beobachtungen der brennenden Nachschwaden bei den Schießversuchen im Waldenburger Revier mit den Wilhelmischen Dypelagitpatronen und schlagwetterficheren Marsitpatronen. Sobald sich brennende Nachschwaden zeigten, brannten sie nie auf der Sohle oder auf allen Seiten des Hauswerkes, sondern meist bei Schramorten, entweder bis zum Schram aufsteigend im Schram, oder aber an der Streckenfirste. Kohlenoxyd hat bei seinem spezifischen Gewicht nicht das Bestreben, sich an der Firste zu sammeln oder auch nur derart geschlossene Gaskörper zu bilden, wie leichte Kohlenwasserstoffe.

Das Auftreten von Kohlenwasserstoffen in den Nachschwaden dürfte auf folgende Weise zu erklären sein:

Die Explosionstemperaturen sämtlicher Patronen für Sprengluft sind sehr hoch. Durch die hohe Temperatur entsteht im Bohrloch eine Umsezung der Kohle, welche eine Destillation der Kohle und somit das Entstehen von Kohlenwasserstoffen zur Folge hat. Bei dem Sauerstoffüberschuß der meisten Sprengluftpatronen brennen die Kohlenwasserstoffe ab, sobald sie durch eine allmähliche Znitierung oder durch eine verzögerte Explosionsflamme oder durch ein nicht gleichzeitiges Losgehen sämtlicher Patronen des Bohrlochs entflammt werden.

Brennbare und selbstentzündliche Nachschwaden treten meist dann auf, wenn das betreffende Bohrloch mit mehreren Patronen besetzt wird und die Znitierung nicht ausreicht, weil entweder die Sprengstofffäule zu lang ist, die Kapsel infolge der Unterkühlung versagt, oder die Kapsel zu schwach ist.

Immerhin besteht die Hoffnung, daß es gelingen wird, Kohlenstoffträger zu finden, die brennbare Nachschwaden nicht ergeben. Durch Zusatz von Nitroverbindungen wird man einmal eine möglichste Steigerung der Explosionsgeschwindigkeit erreichen und gleichzeitig die Bildung von Stickoxyden erzielen, welche den Sauerstoffüberschuß in den Schwaden unschädlich machen.

Keinesfalls werden brennbare Nachschwaden ganz zu vermeiden sein, wenn lediglich mit schwacher Znitierung geschossen wird. Nur durch eine möglichste Steigerung der Detonationsgeschwindigkeit, die durch eine möglichst starke Znitierung hervorgerufen wird, dürfte es gelingen, selbstentzündliche Nachschwaden zu vermeiden.

5. Zündung.

Bei den ersten Schießversuchen mit flüssiger Luft wandte man teils gewöhnliche Zündschnurzündung, teils elektrische Zündung mit Sirius-Zünder an, um die Sprengluftpatronen zur Explosion zu bringen.

Durch planmäßige Untersuchungen wurde festgestellt, daß freiliegende Sprengluftpatronen durch Zündschnurzündungen meist nur zu einem verhältnismäßig langsamen Abbrennen gebracht wurden, jedoch öfter auch wider alles Erwarten detonierten. Schon diese Verschiedenartigkeit des Verlaufes der Reaktion mahnte zur Vorsicht. Die Versuche wurden im unbefetzten Mörser fortgesetzt, und auch hierbei wurden Unregelmäßigkeiten beim Verlauf der Zündungen festgestellt. Die gleichen Patronenmischungen gaben im offenen Mörser bald eine Deslagration, bald eine vollkommene Detonation. Im besetzten Mörser erfolgte fast immer eine Detonation der Sprengstoffe.

Aus weiteren Versuchen ergab sich, daß die Beschaffenheit der Bohrlochswandung und die Güte des Befazes von Bedeutung für den Verlauf des Sprengvorganges sind. Schüsse, welche in klüftiger Kohle angezündet wurden, bestätigten diese Erfahrung, denn sie ergaben meist keine Wirkung der Patronen; vielmehr erfolgte leicht ein Ausbrennen des Sprengstoffes unter Heraus schleudern des Befazes. Die Zündschnur brannte in diesen Fällen in der Regel, angezündet durch den aus der Patrone entgasenden Sauerstoff, mit hellleuchtender Flamme

gewaltsam ab. Dabei trat an der Bohrlochsmündung zunächst eine Flammerscheinung ein; auf diese folgte eine Vordetonation und erst im Anschluß hieran die eigentliche Detonation.

Die Versuche wurden darauf unter Verwendung von Zündschnur mit Sprengkapsel fortgesetzt. Bei Verwendung von Sprengkapseln detonierten die meisten Sprengluftpatronen auch freiliegend. Im offenen Mörser erfolgte bei Verwendung von Sprengkapseln immer eine regelrechte Detonation, desgleichen im besetzten Mörser.

Diese Versuche lehren, daß eine regelrechte Umsetzung der Patronen bei Verwendung flüssiger Luft nur erfolgt, wenn man eine genügend kräftige Initialzündung wählt.

Aber auch bei Verwendung von Zündschnur mit Sprengkapsel erwies sich die Zündung mit Zündschnur als nicht unbedenklich. In vielen Fällen erfolgten Vorzündungen der Zündschnur, die derart heftig verliefen, daß Zündschnur und Kapsel aus dem besetzten Mörser herausgeschleudert wurden. Die Sprengkapsel explodierte dann außerhalb des Mörsers, während die Sprengpatronen auffallend späte Nachdetonationen ergaben.

Nach den vorstehend geschilderten Beobachtungen empfiehlt es sich, von der Verwendung von Zündschnur Abstand zu nehmen und elektrisch zu zünden, umso mehr, als die unter der Einwirkung des aus dem Bohrloch entströmenden Sauerstoffs besonders heiße Zündflamme eine Entzündung von Kohlenstaub nicht ausgeschlossen erscheinen läßt. Als elektrische Zünder stehen Spaltglühzünder und Brückenglühzünder zur Verfügung. Bei letzteren ergaben sich auffallend viele Versager, die auf die starke Unterkühlung der Zünder zurückgeführt werden. Von einer Seite ist zwar behauptet worden, daß infolge der starken Unterkühlung die Platindrähte der Brückenglühzünder reißen. Diese Erklärung ist jedoch nicht stichhaltig, weil die Zünder nach dem Auftauen meist ihre Sprengkraft wieder gewinnen.

Von Spaltglühzündern werden die bisher üblichen Siriuszünder und die bereits erwähnten Marsitzünder benutzt. Auch bei diesen Zündern kommen Versager vor, jedoch sind sie wohl meist auf Mängel der Zündmaschinen zurückzuführen. Auffallend ist, daß in klüftiger Kohle die Wirkung bei Verwendung dieser Zündungsart nicht ausreicht. Dagegen haben die neuerdings in Handel gebrachten Brückenglühzünder „Vulkan“ mit Papphülsen und Spezialfüllung ohne Sprengkapsel auch in zerklüfteter Kohle volle Sprengwirkung gezeitigt.

Beim Gebrauch von Brückenglühzündern (Pulverzünder) kann man darauf verzichten, die Zünder selbst zu tauchen. Man führt vielmehr zunächst den Zünder ein und setzt auf ihn die Patronen auf. Auf diese Weise werden in der Tat Versager vermieden.

Das Bestreben nach einer möglichst kräftigen Initialzündung führte zur Verwendung von Sprengkapseln und von Brückenglühzündern mit anmontierter Sprengkapsel. Bei dem Gebrauch von Sprengkapseln stellte es sich heraus, daß sich nur mit trinitrotoluolfreien Kapseln eine einwandfreie Initialzündung erzielen läßt. Trinitrotoluolhaltige Kapseln zeigen auffallend viele Versager oder unvollkommene Initialzündungen, weil offenbar das Trinitrotoluol durch die starke Unterkühlung bei Verwendung flüssiger Luft in der Wirkung beeinflusst wird. Bei diesen Kapseln geht häufig wohl das Knallquecksilber der Kapsel los, ohne daß die Trinitrotoluolfüllung an der Umsetzung teilnimmt. Nach neueren Feststellungen der wissenschaftlichen Zentralstelle in Neu-Babelsberg wird dagegen die Brisanz von Knallquecksilberkapseln durch Unterkühlung nicht geschwächt und durch Mischung mit flüssiger Luft sogar verstärkt. Daher muß man sich trotz der Erkenntnis, daß je stärker die Initialzündung, desto besser die Umsetzung der Sprengluftpatronen ist, damit begnügen, trinitrotoluolfreie Kapseln zu verwenden, sofern man nicht mit Rücksicht auf die Ersparnis an Kupfer während des Krieges trotz aller Mißstände von der Verwendung von Sprengkapseln überhaupt absieht.

6. Wirtschaftlichkeit.

Nach den bisher bei der Verwendung von flüssiger Luft zu Sprengarbeiten erzielten Ergebnissen steht die Wirtschaftlichkeit des Verfahrens außer Frage. Eine genaue Kostenberechnung läßt sich zur Zeit allerdings noch nicht aufstellen, weil zu viele Umstände die Wirtschaftlichkeit des Schießens mit flüssiger Luft beeinflussen und die Ausführung der Sprengarbeit bei der Neuheit des Verfahrens noch vielfachen Änderungen unterworfen ist.

Von besonderer Bedeutung ist die Wahl eines geeigneten Kohlenstoffträgers, der Billigkeit mit hoher Sprengwirkung verbindet und gleichzeitig möglichst wenig flüssigen Sauerstoff verbraucht. Nimmt man an, daß je Tonne Kohle 0,7 Patronen der gebräuchlichen Länge von 20 cm erforderlich sind, so sind z. B. auf Brandenburggrube die Sprengstoffkosten je Tonne insolge des Erfages der Marsitpatronen (7 Pf.) durch Sägemehlpatronen (etwa 2 Pf.) um $4,9 - 1,4 = 3,5$ Pf. — die behauptete gleiche Wirkung der Patronen vorausgesetzt — heruntergegangen. Die Bedeutung des Verbrauchs an flüssiger Luft für die Wirtschaftlichkeit des Verfahrens geht aus der Beobachtung hervor, daß je Tonne Kohle z. B. beim Marsitverfahren im Durchschnitt etwa 0,17—0,23 l flüssige Luft ab Maschine erforderlich sind, also 3,5—4,5 Pf. je Tonne, wenn die Kosten eines Liters flüssiger Luft mit 20 Pf. angenommen werden. Die Unterschiede in der Aufsaugfähigkeit der einzelnen Patronensorten sind außerordentlich groß. Es spielt daher für die Wirtschaftlichkeit des Verfahrens eine große Rolle, ob unter der selbstverständlichen Voraussetzung gleicher Sprengwirkung die eine Patronensorte wesentlich mehr Luft aufsaugt als eine andere.

Ebenfalls von Bedeutung für die Wirtschaftlichkeit der Sprengarbeit mit flüssiger Luft ist die Wahl geeigneter Transport- und Tauchgefäße. Nähere Angaben über die Kosten der Gefäße je Tonne zu machen, ist zur Zeit noch nicht möglich.

Verhältnismäßig von geringem Einflusse auf die Wirtschaftlichkeit dürfte nach den bisherigen Unterlagen die Wahl eines bestimmten Systems der Luftverflüssigungsanlagen sein. Auf ein Liter flüssige Luft berechnet werden sich bei gleichmäßiger Ausnützung und gleicher Leistung der Luftmaschinen verschiedenen Systems voraussichtlich nur geringe Abweichungen ergeben, die je Tonne Förderung kaum den Betrag eines Pfennigs ausmachen werden.

Die Sprengstoffkosten des oberschlesischen Steinkohlen-Bergbaues können im Jahre 1913 im Durchschnitt auf 13—14 Pf. je Tonne (ausschließlich Zündmittel) unter Zugrundelegung der Friedenspreise angenommen werden.

Die Kosten für das Schießverfahren mit flüssiger Luft errechnen sich bei vorsichtiger Schätzung je Tonne auf etwa

Patronen	5 Pf.
Flüssige Luft	5 "
Gefäße	3 "

Summe 13 Pf.

erreichen also jedenfalls kaum die bisherigen Sprengstoffkosten selbst unter Zugrundelegung der Friedenspreise.

Berücksichtigt ist hierbei nicht, daß bei dem Schießverfahren mit flüssiger Luft eine weit geringere Anzahl von Bohrlöchern als bei Verwendung der bisherigen Sprengstoffe erforderlich ist, und daß daher die allgemeinen Kosten sinken.

Die seitens einer oberschlesischen Kohlengrube sowie einer Erzgrube aufgestellten Rentabilitätsberechnungen geben ein ungefähres Bild der Wirtschaftlichkeit (Anlage 6).

II. Niederschlesien.

Schießversuche mit Sprengluft.

Das niederschlesische Steinkohlenrevier verfügt bisher noch über keine eigene Luftverflüssigungsanlage. Der Sprengstoffauschuß hat jedoch mit von auswärts bezogener flüssiger Luft in Niederschlesien Versuche angestellt, die sich hauptsächlich auf die Feststellung des Verhaltens der Sprengluftpatronen gegen Kohlenstaub und Schlagwetter erstreckten.

1. Versuche mit der Wilhelmischen Orypelagit-Patrone.

Versuche mit der Wilhelmischen Orypelagit-Patrone wurden in Niederschlesien auf dem Juliuschachte der cons. Fuchsgrube zu Weißstein und auf dem Mayrau-Schachte der Schlesischen Kohlen- und Kokswerke zu Gottesberg vorgenommen. Auf der Fuchsgrube wurde ein Flöz mit mittelfester Kohle gewählt, das nur in geringem Maße zur Staubbildung neigt und zu den gasreicheren Flözen gehört, ohne daß bisher an der fraglichen Stelle Schlagwetter beobachtet worden wären.

Das zu den Versuchen auf den Schlesischen Kohlen- und Kokswerken gewählte Flöz neigt bei etwa gleichem Gasgehalte etwas zur Staubbildung und führt in geringem Maße Schlagwetter.

Wie aus der Anlage 7 ersichtlich ist, sind die Schüsse unter den verschiedenartigsten Bedingungen abgetan worden. Die Anordnung der Bohrlöcher war in den meisten Fällen so getroffen, daß die Vorgabe des Bohrlochs gegen den Schram nach hinten zu geringer wurde. Es wurde sowohl mit zwei Patronen geschossen, wobei die Schlagpatrone entweder vorn oder hinten im Bohrloch saß, als auch nur mit einer Patrone.

Um eine Umbildung des in den Bohrlöchern vorhandenen Kohlenstaubes mit dem Sauerstoff der flüssigen Luft zu Kohlenoxyd zu verhindern, wurden bei einer Reihe von den in der Anlage 7 unter B angegebenen Schüssen auf Wunsch des Herrn Wilhelmi die Bohrlöcher mit einem Putz gefäubert und die Bohrlochswände mit einem Überzug aus im Wasser aufgelöstem Ton versehen.

Von den abgetanen Schüssen interessieren für die Frage der Schlagwetter- und Kohlenstaubsicherheit die nachfolgenden ganz besonders:

Schuß A. 10 der Anlage 7.

Es wurde unter Verwendung von zwei Patronen geschossen, wobei die Schlagpatrone als letzte in das Bohrloch eingeführt wurde, sodaß die Zündkapsel vorn in der Sprengladung saß. Bei der Explosion selbst wurde keine Flamme beobachtet. Ungefähr 4—5 Minuten nach der Explosion erfolgte plötzlich über die ganze Schramfläche ein kräftiges Verpuffen unter gleichzeitigem starken Auftreten eines Nachflommens der Nachschwaden mit hellem bläulichem Lichte.

Schuß B. 7 der Anlage 7.

Das Bohrloch war mit einem Putz sauber ausgeputzt und dann mit einer Tonlösung an den Bohrlochswänden verstrichen worden. geraume Zeit nach der Explosion der aus einer Patrone von 50 g trockener Substanz bestehende Ladung wurde eine Nachflamme mit weißbläulichem Lichte bemerkt.

Bei den beiden vorgenannten Schüssen kann kein Zweifel darüber bestehen, daß es sich bei den Lichterscheinungen nicht um Explosionsflammen, sondern um ein Nachflammen von Nachschwaden handelt. Wenngleich die Bedingungen, unter denen die Schüsse abgetan wurden, nicht gerade als leicht

zu bezeichnen sind, so ist doch die Möglichkeit ihres Vorkommens in der Praxis nicht ausgeschlossen; es muß daher mit dem Auftreten des Nachflommens der Nachschwaden in jedem Falle gerechnet werden.

Es steht also fest,

- a. daß ein Schießen mit mehreren Patronen und vornliegender Schlagpatrone bei Anwendung der Wilhelmischen Mischung für Schlagwetter- und Kohlenstaubgruben nicht angängig ist,
- b. auch das Schießen mit einer Patrone ist geeignet, Schlagwetter- und Kohlenstaubexplosionen hervorzurufen,
- c. ein Nachflammen beim Schießen mit mehreren Patronen und mit hintenliegender Schlagpatrone wurde mangels geeigneter Beobachtungspunkte nicht bemerkt, muß jedoch nach den Erfahrungen zu a und b in den Bereich der Möglichkeit gezogen werden,
- d. ein sauberes Auspußen des Bohrloches sowie das Hineinbringen eines Tonüberzuges auf die Bohrlochswände zum Schutze der Kohle gegen die heißen Explosionsgase vermag die Gefahren nicht herabzumindern.

Nach alledem sind die Wilhelmischen Orypelagitpatronen in ihrer jetzigen Zusammensetzung für Schlagwetter- und Kohlenstaubgruben noch nicht als verwendbar anzusehen.

2. Versuche mit der Marfit-Sicherheitspatrone.

Versuche mit einer von der Marfitgesellschaft als schlagwetter- und kohlenstaubsicher bezeichneten Patrone „Rhein Ia“ wurden von dem Sprengstoffauschuß auf dem Juliuschacht der cons. Fuchsrube vorgenommen. Das gewählte Flöz hat mittelfeste Kohle, neigt nur in geringem Maße zur Staubbildung und gehört zu den gasreicheren Flözen. Schlagwetter sind bisher an der fraglichen Stelle nicht beobachtet worden.

Die Zündung geschah bei den Schüssen 1—6 unter C der Anlage 7 durch einen Marfitzünder, der von dem Vertreter der Gesellschaft als Spaltglühzünder bezeichnet wurde, bei dem Schusse 7 mit Kapsel Nr. 8. Zu bemerken ist noch, daß die Marfitgesellschaft nur mit einer Einheitspatrone von 300 g zu schießen beabsichtigt.

Als Ergebnis der Versuche kann Nachstehendes festgestellt werden:

- a. Die Marfitpatrone „Rhein Ia“ ist in Verbindung mit dem benützten Glühzünder im Steinkohlenbergbau nicht verwendbar, da eine Wirkung so gut wie garnicht eintritt.
- b. Für Schlagwetter- und Kohlenstaubgruben ist zudem die Verwendung der Mischung mit Rücksicht auf das Auftreten von brennbaren Nachschwaden ausgeschlossen. Die Schüsse 5 und 6, bei welchen keine Nachflammen beobachtet wurden, zeigten nach dem Abtun erhebliche Mengen von Kohlenoxyd, die unbedingt als gefahrbringend angesehen werden müssen.
- c. Selbst für den Fall, daß durch die Verwendung einer kräftigeren Initialzündung eine Wirkung der Mischung „Rhein Ia“ erzielt werden sollte, ist die Verwendung von nur einer normalen Patrone im Steinkohlenbergbau wegen der Verschiedenartigkeit der Schüsse so gut wie ausgeschlossen.

Hervorzuheben ist noch die auffällig lange Zeit, die zum Tränken der Patronen nötig war.

Aussichten des Sprengluftschießens in Ober- und Niederschlesien.

Auf Grund der eingehenden Untersuchungen und der bisherigen Betriebsergebnisse kann der Überzeugung Ausdruck gegeben werden, daß dem Schießen mit flüssiger Luft eine große Bedeutung für die weitere Entwicklung des ober-schlesischen Steinkohlenbergbaues zukommt, und daß seiner schnellen Einbürgerung in den schlagwetterfreien Betriebsabteilungen Oberschlesiens nennenswerte Schwierigkeiten nicht mehr entgegenstehen. Auch die Belegschaft, die der Einführung von Neuerungen sonst im allgemeinen Mißtrauen entgegenbringt, schießt gern mit flüssiger Luft und zieht jetzt schon das neue Schießmittel vielfach den bisher verwendeten Sprengstoffen vor.

Die Einführung während der Kriegszeit wird allerdings verzögert durch die Schwierigkeit der Beschaffung der für Maschinen und Gefäße erforderlichen Metallmengen und den Mangel an Arbeitskräften, welcher zur Folge hat, daß die Maschinenfabriken meist sehr lange Lieferfristen für Maschinen und Gefäße verlangen. Trotzdem kann damit gerechnet werden, daß in den nächsten Monaten das Schießen mit Sprengluft in Oberschlesien sich viel schneller verbreitet, als in den vergangenen Monaten der ersten Versuche, und daß insolgedessen der Verbrauch an den bisher verwendeten Sprengstoffen eine weitere wesentliche Einschränkung erfahren wird.

Anders liegen die Verhältnisse in Niederschlesien. In diesem Bezirke ist die Einbürgerung des Schießverfahrens mit Sprengluft davon abhängig, daß eine kohlenstaub- und schlagwetterichere Patrone gefunden wird. Die Lösung dieser Aufgabe wird von vielen Seiten eifrig angestrebt und ist in absehbarer Zeit zu erhoffen. Bis dahin kommt das Schießen mit flüssiger Luft in Niederschlesien nur für Gesteinsarbeiten und schlagwetterfreie Flöße, daher nur in beschränktem Umfange, in Frage.

Zusammenfassung.

1. Während des Krieges ist das Sprengluftverfahren in technischer Hinsicht geeignet, in den schlagwetterfreien Betriebsabteilungen Ober- und Niederschlesiens die bisher verwendeten Sprengstoffe zu ersetzen, soweit trotz des Mangels an Arbeitskräften und Metallen die erforderlichen Luftverflüssigungsanlagen und Gefäße rechtzeitig geliefert werden können.

In schlagwetterführenden Betriebsabteilungen ist die Anwendung des Sprengluftverfahrens technisch noch nicht möglich, weil eine kohlenstaub- und schlagwetterichere Patronenmischung bisher noch nicht gefunden worden ist. Die Lösung dieser Aufgabe ist jedoch in absehbarer Zeit zu erhoffen.

2. Nach dem Kriege bleibt das Sprengluftverfahren mit der vorläufigen Einschränkung für Schlagwetterabteilungen in technischer Hinsicht anwendbar.

Die Wirtschaftlichkeit des Sprengluftverfahrens steht für die Kriegs- und Friedenszeit außer Frage. Der Grobkohlenfall wird günstig beeinflusst.

3. Flüssige Luft wird in Oberschlesien nach dem Linde-, dem Dyhydric- (Industriegas-) und dem Heylandt-Verfahren erzeugt. Welchem der drei Systeme der Vorzug zu geben ist, steht noch nicht fest, soll jedoch durch Untersuchung einer unparteiischen Stelle ermittelt werden. Die Wirtschaftlichkeit des Sprengluftverfahrens wird jedenfalls durch das gewählte System der Luftverflüssigungsanlage nur verhältnismäßig gering beeinflusst.

Wichtig ist ein leistungsfähiger, am besten 4- oder 5-stufiger Kompressor.

Es empfiehlt sich ferner, die Luftverflüssigungsanlagen nicht unter, sondern über Tage aufzustellen und hierbei für eine von Kohlerei- und Acetylen gasen freie Ansaugluft zu sorgen.

4. Das Sprengluftverfahren ist mit Vakuumgefäßen aus Metall und aus Glas ausführbar.

Die Metallgefäße haben höhere Verdampfungsverluste, sind aber wegen ihrer größeren Haltbarkeit für die Bedürfnisse des Betriebes geeigneter.

Die Metallgefäße der Firma Ahrendt (Marzitzgesellschaft) sind durch eine hohe Lizenzgebühr belastet. Seit einiger Zeit werden jedoch anscheinend annähernd gleich brauchbare und lizenzfreie Metall-Vakuum-Gefäße von Dr. Sieder und der Dghydric-Altiengesellschaft geliefert.

Versuche mit Gefäßen aus Porzellan und Eisenblech lassen günstige Ergebnisse erhoffen.

5. Sämtliche zur Zeit in Anwendung stehende Schießverfahren mit Sprengluft stimmen im Grundgedanken mit dem ursprünglichen Dryliquid-Verfahren von Linde überein. Sie unterscheiden sich im wesentlichen nur durch die Verwendung verschiedener Kohlenstoffträger und sind lizenzfrei. Patentrechtlich geschützt ist nur die von Kowatsch-Baldus angegebene, in Ober- und Niederschlesien nicht angewendete Abweichung der Fertigstellung der Patronen im Bohrloch.
6. Die Handhabungssicherheit der Sprengluftpatronen ist nach den bisher vorliegenden Erfahrungen befriedigend. Jedoch ist besonders bei den Naphthalin enthaltenden Mischungen mit Schlagempfindlichkeit zu rechnen.

Daher müssen die getauchten Patronen und der Besatz vorsichtig ohne Anwendung von Gewalt in die Bohrlöcher eingeführt werden. Die Häuer stehen beim Besetzen zweckmäßig seitlich der Bohrlöcher.

7. Außer der direkten Kohlenstaubgefahr ist bei den Sprengluftpatronen noch eine indirekte Kohlenstaubgefahr zu beachten. Sie besteht darin, daß die getauchten Patronen unter Umständen anscheinend flüssige Luft an die Kohle des Bohrlochs abgeben und diese dadurch an der Umsetzung beteiligen. Es können in solchen Fällen Erscheinungen auftreten, die Kohlenstaubexplosionen ähneln.

Dieser Gefahr wird vorgebeugt, wenn nur Stoffe von hoher Aufnahmefähigkeit für die Patronenmischungen verwendet werden, gleichzeitig aber ein zu großer Sauerstoffüberschuß durch entsprechende Zusammensetzung der Patronen vermieden wird.

8. Die häufig beobachteten Spätzündungen der Sprengluftpatronen können durch sorgfältige Tränkung und Verwendung eines kräftigen Initialimpulses verhindert werden. Es empfiehlt sich ferner, falls die Zünder in die Patronen eingeführt und mit diesen zusammen getaucht werden sollen, die Patronen mit dem Zünder nach unten zu tränken oder wenigstens die Zünder bis in die Patronenmitte einzuführen.

Wegen der Gefahr einer Spätzündung darf ein Arbeitspunkt, vor dem ein Schuß versagt hat, erst nach längerer Zeit — etwa 20 Minuten nach dem Abtun des Schusses — betreten werden.

9. Die verhältnismäßig häufig vorgekommenen Explosionen von Tauchbehältern lassen sich dadurch einschränken, daß die Gefäße mit einem losen Deckel verschlossen gehalten und die Lampen möglichst im abziehenden Wetterstrom und jedenfalls seitlich der Tauchgefäße aufgehängt werden.
10. Die Lagerbeständigkeit der für das Sprengluftverfahren bestimmten Patronen ist in trockenen Räumen unbegrenzt, sofern in den Mischungen flüchtige Bestandteile, wie z. B. Petroleum, nicht enthalten sind.
11. Hinsichtlich der Wirkung übertreffen die Sprengluftpatronen alle im Bergbau bisher verwendeten Sprengstoffe.

In klüftiger und mürber Kohle, in der ein großer Teil der flüssigen Luft entweichen kann, ist es jedoch erforderlich, die Patronen durch Papphülsen oder Siedersche Hülsen abzudichten und einen kräftigen Initialimpuls (Vulkanzünder oder Sprengkapsel) anzuwenden.

In fester Kohle genügt eine verhältnismäßig geringe Lademenge und eine nicht zu kräftige Mischung mit hohem Gehalt an Salzen und indifferenten Stoffen. Im Erzbergbau, im Gestein und in klüftiger oder weicher Kohle ist eine größere Lademenge und eine brisantere Patronenmischung erforderlich.

12. Die Nachschwaden der Sprengluftpatronen sind bei annähernd richtiger Bemessung der Lademenge und vollständiger Tränkung befriedigend, wenn nicht zu lange mit dem Abtun der Schüsse gewartet wird. Die Nachschwaden werden durch einen möglichst hohen Sauerstoffgehalt der Sprengluft, einen kräftigen Initialimpuls und die Beimengung nicht zu großer Mengen von Naphthalin oder anderen Kohlenwasserstoffen in die Patronen günstig beeinflusst.

Ausschließlich aus indifferenten Aufsaugestoffen und reinen Kohlenwasserstoffen zusammengesetzte Patronenmischungen haben stellenweise schlechte Nachschwaden ergeben.

13. Bei allen bisher bekannten Sprengluftpatronen treten unter Umständen selbstentzündliche Nachschwaden auf, die nicht nur Kohlenoxyd, sondern auch Kohlenwasserstoffe enthalten.

Das beste Vorbeugungsmittel ist ein ausreichender Initialimpuls. In jedem Falle muß das Ableuchten des Hauswerks unmittelbar nach dem Schusse und die Annäherung offenen Lichtes an stehengebliebene Bohrlochspfeifen und an Versager vermieden werden.

14. Nur durch ausreichende Initialzündung kann eine regelrechte Umsetzung der Sprengluftpatronen erzielt werden. Trinitrotoluolhaltige Kapseln zeigen auffallend viele Versager, während Knallquecksilberkapseln durch Unterkühlung nicht geschwächt und durch Mischung mit flüssiger Luft in ihrer Wirkung sogar verstärkt werden. Auch die neuerdings in den Handel gebrachten Brückenglühzünder „Vulkan“ mit Papphülsen und Spezialfüllung ohne Sprengkapsel haben sich gut bewährt.

Die durch das Eintauchen der Zünder in die Sprengluft bedingte Beeinträchtigung der Zündsäße wird vermieden, wenn man die Zünder zuerst für sich allein in das Bohrloch einführt.

Die Verwendung von Zündschnur ist bedenklich. Daher empfiehlt es sich, elektrisch zu zünden.

15. Eine gründliche Anleitung der Aufsichtsbeamten und Häuer ist zur Vermeidung von Unfällen im Sicherheitsinteresse von großer Wichtigkeit. Für diesen Zweck sind die im Anhange beigelegten gemeinverständlich gefaßten Betriebsregeln bestimmt (Anlage 4).

Betriebsregeln für die Verwendung von Chloratsprengstoffen.

Vorbemerkung: Die bergpolizeilichen Vorschriften über die Schießarbeit bleiben neben den nachstehenden Bestimmungen unverändert bestehen.

I. Lagerung.

1. Chloratsprengstoffe sind gegen Stoß, Schlag, Fall und besonders gegen Reibung empfindlich und deshalb vorsichtig zu handhaben.
2. Feucht gewordene Patronen und solche, bei denen sich außen auf den Hülsen weiße Kristalle zeigen, dürfen nicht verwendet werden.
3. Eine lange Lagerung der Chloratsprengstoffe ist zu vermeiden. Die meisten Chloratsprengstoffe vertragen höchstens eine Lagerdauer von 3 Monaten.
4. Sprengöhlhaltige Chloratsprengstoffe sind kälteempfindlich und in dieser Hinsicht gemäß den Bestimmungen der Allgemeinen Bergpolizei-Verordnung (§ 186) zu behandeln.

II. Zündmittel.

5. Am sichersten wird mit Kapsel Nr. 8 geschossen; insbesondere gilt das für klüftige Kohle. Eine geringere Kapsel als Nr. 6 darf nicht verwendet werden.
6. Anstatt durch Sprengkapsel kann der Schuß auch durch Aufsetzen einer Schlagpatrone aus komprimiertem Pulver gezündet werden. In diesem Falle ist besondere Sorgfalt darauf zu verwenden, daß die Umhüllung der Schlagpatrone unverletzt bleibt.

Ein Chlorat-Sicherheitsprengstoff verliert durch das Aufbringen der Schlagpatrone die Eigenschaft des Sicherheitsprengstoffes.

7. Bei Zündschnurzündung und Verwendung mehrerer Patronen darf die Schlagpatrone nicht zwischen die Patronen eingeführt werden, sondern muß stets nach vorn zu liegen kommen.

III. Zündpatronen.

8. Als Zündpatronen sind nur ganze Patronen zu verwenden.
9. Durch Lagerung hart gewordene Patronen sind zwecks Einbringung der Zündkapsel vorsichtig zwischen den Händen zu rollen, bis sie wieder locker geworden sind. Jedes andere Erwärmen der Patronen ist gefährlich.

IV. Befegen.

10. Die Bohrlöcher sind sorgfältig zu reinigen.
11. Rasse Bohrlöcher sind möglichst auszutrocknen. Ist dies nicht möglich, so sind die Patronen mit wasserdichten Hülsen zu versehen.
12. Bei Chloratsprengstoffen ist auf besonders weite Bohrlöcher Gewicht zu legen. Bei krummen oder unrunder Bohrlöchern darf die Patrone unter keinen Umständen mit Gewalt eingeführt werden.
13. Die Patrone ist ganz behutsam einzuführen und leise anzudrücken. Gibt sie auf behutsamen Druck nicht nach, so ist sie in der Lage, in der sie stecken geblieben ist, durch Anbringen der Schlagpatrone und des Befages abzutun.
14. Die ersten 15 Zentimeter (6 Zoll) Befag sind vorsichtig festzudrücken.
15. Es ist sorgfältig zu vermeiden, daß loser Sprengstoff in das Bohrloch gelangt. Geteilte oder von ihrer Umhüllung teilweise befreite Patronen müssen daher vor der Einführung in das Bohrloch sorgfältigst eingehüllt werden.

V. Verhalten vor dem Wegtun.

16. Chloratsprengstoffe neigen zu Flammerscheinungen bei der Explosion; auch die Nachschwaden flammen oder brennen bisweilen nach. Es muß daher vor dem Schuß Kohlenstaub besonders sorgfältig entfernt werden.

VI. Verhalten nach dem Wegtun.

17. Der Ortsälteste darf das Betreten des Arbeitsortes erst gestatten, nachdem die Schwaden abgezogen sind, zumal auch die Gefahr besteht, daß die Schwaden sich an der offenen Lampe entzünden.

18. Ist ein Versager vorgekommen, so ist darauf zu achten, daß neue Bohrlöcher nicht zu nahe an dem Versager angelegt werden.

19. Bei Lochpfeifern oder Ausbläsern ist größte Vorsicht am Platze. Insbesondere ist darauf zu achten, daß die in dem Versager steckengebliebene Patrone oder in der Pfeife etwa vorhandene Patronenreste nicht mit der Reilhaue angeschlagen werden.

20. Das Ausbohren ist unter allen Umständen verboten.

Feb 19/6. 16 = 13 Aufnahmen

Zusammenstellung
der in Oberschlesien im Betriebe befindlichen bzw. bestellten Sprengluftmaschinen
nach dem Stande vom 1. März 1916.

Besitzer	Aufstellungsort	Anzahl der Maschinen			Inbetriebnahme	Leistungsfähigkeit je Stunde Liter
		System Vinde	System Dehydric (Industriegas)	System Heylandt		
Oberschlesische Eisen- und Kohlenwerke A.-G. Donnersmarchütte	Conf. Concordia-Grube	1	—	—	April 1916	30
		1	—	—	Mai 1916	30
	Conf. Donnersmarchütte-Grube	1	—	—	Juli 1915	30
		—	1	—	Juli 1915	20
Fürstlich v. Donnersmarch'sche Bergwerks- und Hütten-Direktion	Deutschland-Grube	—	1	—	Juli 1915	20
		—	—	1	Mai 1916	50
A. Borjig, Berg- und Hütten-Verwaltung	Ludwigschuck-Grube	1	—	—	Januar 1916	50
Gräfllich von Ballestrem'sche Güterdirektion	Castellengo-Grube	—	—	1	Januar 1916	50
	Conf. Brandenburg-Grube	—	1	—	Juli 1915	35
	Conf. Wolfgang-Grube	—	1	—	März 1916	50
	Eminenz-Grube	—	—	1	Juli 1916	30
Bergwerks-Gesellschaft Georg v. Giesches Erben	Conf. Cleophas-Grube	1	—	—	November 1915	20
	Conf. Giesche-Grube	—	1	—	August 1915	20
		—	1	—	April 1916	40
		—	1	—	Juli 1916	40
Königl. Preussischer Berg-Fiskus	Marie-Schacht (Königs-Grube)	—	1	—	November 1915	10
	Westfeld Königin-Luisegrube	—	1	—	Juli 1915	20
Seitenbetrag:		5	9	3		

Besitzer	Aufstellungsort	Anzahl der Maschinen			Inbetriebnahme	Leistungsfähigkeit je Stunde Liter
		System Binde	System Dyhydric (Industriegas)	System Heylandt		
	Übertrag:	5	9	3		
Gräflich Schaffgotsch'sche Werke G. m. b. H.	Godulloschacht	—	—	1	März 1916	20
	Gräfin Johanna-Schacht	—	—	1	März 1916	20
	Hohenzollern- Grube	—	—	1	Mai 1916	50
		—	—	1	Mai 1916	50
Gräflich Hencel von Donnerstern'sche Verwaltung	Nischenbornschacht (Gottessegengrube)	—	—	1	September 1915	30
		—	—	1	September 1915	30
	Menzelschacht (Hugozhang- Grube)	—	—	1	März 1916	50
		—	—	1	März 1916	50
	Radziuntau- Grube	—	—	1	Februar 1916	20
		—	—	1	Februar 1916	50
		—	—	1	Oktober 1916	50
Neuhof- Zinker-Grube	—	—	1	Mai 1915	15	
Conf. Gleiwitzer Steinkohlengrube	Gleiwitzer Steinkohlengrube	—	—	1	August 1915	20
Oberschlesische Eisenbahn-Bedarfs- Aktiengesellschaft	Friedensgrube	—	1	—	Januar 1916	35
Rybnitzer Steinkohlen- Gewerkschaft	Römergrube	—	—	1	Februar 1915	15
		—	—	1	April 1916	30
Hohenloherwerke A.-G.	Dheimgrube	1	—	—	Februar 1916	22
	Öhringengrube	1	—	—	Mai 1916	10
	Summa:	7	10	18		

Explosion des Verflüssigers auf Neuhofgrube.

Beschreibung des Unfalls.

Am 7. Oktober 1915 vormittags gegen 7 Uhr bemerkte der Maschinenwärter der Sprengluftanlage auf Neuhofgrube, daß der Verflüssiger in Unordnung geraten war. Der Monteur der Firma Ahrendt & Co. öffnete den Verflüssiger im Beisein des Maschinenbetriebsführers. Beim Herausziehen des inneren Einsatzes stellte sich heraus, daß der Boden desselben fehlte. Bei den Versuchen, den Boden herauszuholen, wurde festgestellt, daß der doppelwandige Mantel des Verflüssigers ebenfalls beschädigt war, denn es wurde mit dem Boden Korkmehl herausgezogen, welches als Isolation in den doppelwandigen Mantel eingestampft war.

Von 8 Uhr bis 12 Uhr mittags war der Verflüssiger geöffnet, um der flüssigen Luft Zeit zum Verdunsten zu geben. Um 12 Uhr mittags wollte der Betriebsleiter im Beisein des Maschinenwärters die Beschädigung des Mantels feststellen und ließ zu diesem Zweck eine brennende elektrische Glühlampe vorsichtig hinunter. Ehe die Lampe unten angelangt war, platzte sie. Es entstand eine Stichtlamme; die beiden Beobachter sprangen zurück, und 4—5 Sekunden später erfolgte die Explosion, die nur Sachschaden anrichtete.

Erklärung des Unfalls.

Die flüssige Luft war in den 4 Stunden noch nicht völlig verdunstet. Wie außerdem nachgewiesen ist, befand sich Korkmehl im Innern des Verflüssigers. Korkmehl ist aber ein Kohlenstoffträger, der ganz naturgemäß in diesem Falle mit Sprengluft gesättigt sein mußte. Die Vorbedingungen für die Explosion waren hiernach gegeben.

Beide Zeugen bekunden übereinstimmend, daß die Glühlampe nirgends angestoßen ist; sie kann hiernach nur infolge der im Verflüssiger herrschenden Kälte gesprungen sein.

Es ist nicht ausgeschlossen, daß die im Verflüssiger etwa vorhandenen Spuren von Öl mit zur Explosion beigetragen haben.

Betriebsregeln für die Verwendung von Sprengluft.

I. Anlage und Betrieb von Verflüssigungsanlagen.

§ 1.

Die Anlage und der Betrieb von Verflüssigungsanlagen in unmittelbarer Nachbarschaft von Kofereien, Benzolfabriken, Karbid-Lagern und Ausgaberräumen ist zu vermeiden.

§ 2.

Die künstliche Beleuchtung von Verflüssigungsanlagen darf nur mittels elektrischen Lichtes geschehen. Jede andere künstliche Beleuchtung ist unzulässig.

Reparaturarbeiten am Verflüssiger dürfen nur in Gegenwart des Maschinenbetriebsführers und möglichst nur bei Tageslicht vorgenommen werden.

Beim Betreten des Verflüssigungsraumes ist das Tabakrauchen sowie das Mitführen von Lampen, gleichgültig ob sie brennen oder nicht, und von Karbidbehältern untersagt.

§ 3.

Brennbare Gegenstände, insbesondere Pußwolle, dürfen in der Nähe der Maschinenanlage und der Gefäße nicht aufbewahrt werden.

II. Anlage von Vorratsräumen für Sprengluft unter Tage.

§ 4.

Lagerräume für flüssige Luft unter Tage sind, soweit sie nicht in Mauerung stehen, durch Kalk- oder Zementbewurf derart zu sichern, daß ein Eindringen etwa vergossener Sprengluft in die Kohlenstöße ausgeschlossen ist.

§ 5.

Die Beleuchtung von Vorratsräumen soll elektrisch oder durch gut gesicherte Lampen erfolgen. Ausgelöschte Karbidlampen, sowie Karbidbehälter dürfen in die Vorratsräume nicht mitgenommen werden.

§ 6.

Die Aufbewahrung von Sprengluftpatronen sowie sonstiger brennbarer Gegenstände in den Lagerräumen für flüssige Luft ist zu vermeiden.

III. Transport der Sprengluft.

§ 7.

Gefäße für Sprengluft sollen in Schächten und Gefenken tunlichst ohne Begleitung und ohne Licht ein- und ausgehangen werden.

§ 8.

Transportwagen für Sprengluft dürfen brennbare Auffaugstoffe, z. B. Filz, Holzwolle usw. nicht enthalten.

§ 9.

Gefäße für Sprengluft sollen mit der Grubenlampe nicht in einer Hand getragen werden.

IV. Verwendung von Sprengluft.

§ 10.

Die Grubenlampen sollen möglichst im abziehenden Wetterströme und niemals über den Gefäßen aufgehängt werden.

§ 11.

Beim Tauchen sind die Patronen stets langsam in das Tauchgefäß einzuführen. Das Tauchen der Patronen ist in der Regel beendet, wenn sie untergesunken sind, so daß sie vollständig von flüssiger Luft bedeckt werden. Patronen, welche aus der Sprengluft herausragen, dürfen nicht abgeschossen werden.

§ 12.

Die elektrischen Zünder können für sich allein zuunterst in das Bohrloch eingeführt werden. Sofern die Zünder und die Patronen eingeführt und mit diesen zusammen getaucht werden sollen, sind die Patronen mit demjenigen Ende, in dem der Zünder eingebunden ist, zuunterst in das Tauchgefäß einzustecken.

Will man das umgekehrte Tauchen der mit Zünder versehenen Patronen vermeiden, so muß der Zünder wenigstens bis in die Patronenmitte eingeführt werden.

§ 13.

Die getauchten Sprengluftpatronen sind vorsichtig unter Verwendung eines hölzernen Ladestockes einzuführen; keinesfalls darf beim Einführen der Patronen Gewalt angewendet werden.

Das Einbringen des Besazes hat vorsichtig unter Vermeidung von kräftigen Stößen zu erfolgen.

Beim Besetzen der Bohrlöcher muß der Häuer stets seitlich des Bohrloches stehen.

V. Elektrische Zündung.

§ 14.

Bei elektrischer Zündung sind die Drähte erst unmittelbar vor der Zündung an die Maschine anzuhängen und nach der Zündung sofort wieder abzunehmen.

Der Ortsälteste ist dafür verantwortlich, daß die Zündmaschine nicht unbefugt betätigt wird. Er hat den Schlüssel der Zündmaschine stets bei sich zu tragen.

§ 15.

Zündleitungen dürfen mit Kabeln oder anderen elektrischen Leitungen nicht an demselben Stöße verlegt werden.

VI. Verhalten nach dem Schuß.

§ 16.

Das Betreten des Betriebspunktes, vor welchem geschossen wurde, ist erst 5 Minuten nach Losgehen des Schusses gestattet.

Ein Betriebspunkt, vor welchem ein Schuß versagt hat, darf erst nach Ablauf von 20 Minuten nach dem Anzünden (mit der Uhr festzustellen!) und zunächst nur von dem Ortsältesten betreten werden.

§ 17.

Das Ableuchten des Hauswerks unmittelbar nach dem Schuß, sowie die Annäherung offenen Lichtes an stehengebliebene Bohrlochspfeifen und an Versager ist zu vermeiden.

Stehengebliebene Bohrlöcher und Bohrlochspfeifen sollen nicht von neuem besetzt werden.

Sprengluftunfall auf der Dheimgrube.

Am 22. Februar d. J. kam auf der Dheimgrube die Sprengluftladung eines Bohrloches vorzeitig zur Explosion. Von den beiden mit der Einbringung des Lettenbesages beschäftigten Personen wurde die eine sofort getötet, die andere verletzt. Der Getötete war der zum Anlernen der Leute bestimmte, durchaus gewissenhafte und zuverlässige Oberhauer, der Verletzte war der Ortshauer. Dieser war bei der amtlichen Untersuchung vollkommen vernehmungsfähig. Die Untersuchung ergab folgende Tatsachen:

Das Unglück geschah vor Ort einer Abbaustrecke in einem 1,40 m mächtigen Flöz, dessen Kohle besonders fest und dicht ist. Vor dem Unglücksfall waren hier bereits 2 Einbruchlöcher mit Schwarzpulver und Zündschnur abgeschossen worden. Der Abstand dieser Löcher vom Unglücksbohrloch betrug überall mindestens 1 m. Der dann folgende Schuß, bei dem das Unglück eintrat, war der erste, der an dem betreffenden Tage überhaupt mit Sprengluft abgegeben werden sollte.

Das Bohrloch stand am Streckenstoß. Es hatte 1,50 m Tiefe und ca. 1,2 m Vorgabe. Das Loch war neu gebohrt und nicht etwa bereits besetzt gewesen. Der Bohrlochdurchmesser war so reichlich, daß die Ladung leicht einzuschieben war. Geschossen wurde mit Patronen, die nach dem Vorbild der Königin Luisegrube von der Sprengstoff-Fabrik Pniowitz hergestellt sind. Sie bestehen aus 38 % Kohlenstoff, 12 % Naphthalin und 50 % Kochsalz. Die Zündung sollte elektrisch mittels Vulkanzünder erfolgen.

Zuerst wurde der in eine durchbohrte Lettennudel eingesteckte Vulkanzünder in das Bohrloch eingeführt. Darauf folgten 3 frischgetauchte Patronen von je 20 cm Länge und hierauf ein Papierstropfen. Sodann wurden mit dem hölzernen Stampfer 4—5 Lettennudeln aufgebracht und endlich mit dem eisernen Stampfer und mit größerer Energie noch 3—4 Lettennudeln. Die Drähte des Zünders hielt der verunglückte Oberhauer während des Besetzens in der Hand. Sie waren also beide an die Schießleitung nicht angeschlossen. Das Besetzen war noch nicht völlig beendet, als die beiden Verunglückten ein knatterndes Geräusch im Bohrloch hörten. Sie waren, weil ihnen das unheimlich wurde, im Begriff das Besetzen abzubrechen und sich zur Flucht zu wenden, als der Schuß lösging. Die Explosion erfolgte unter Feuererscheinung. Die ganze Vorgabe wurde hereingeworfen. Nach der Wirkung war der Schuß etwas, jedoch nicht allzusehr, überladen gewesen. Die durchbohrte Lettennudel mit dem abgebrannten Vulkanzünder wurde nach dem Unglück gefunden. Der hölzerne und der eiserne Stampfer lagen noch vor Ort.

Nach vorstehendem, durch die verschiedenen Zeugenaussagen, insbesondere durch die Aussage des verunglückten Ortshauers, sichergestellten Befund scheiden folgende Ursachen aus:

unbefugte elektrische Zündung, weil beide Drähte des Zünders nicht angeschlossen waren;

Druckwirkung der im Bohrloch eingeschlossenen Sprengluft, weil die Explosion unter Feuererscheinung erfolgt ist und der gesunde Vulkanzünder abgebrannt ist;

Reibungsempfindlichkeit, weil bei Eintritt der Explosion bereits etwa 8 Lettennudeln aufgebracht waren, davon die ersten vorsichtig mit dem hölzernen Stampfer;

Übertragung der Zündung durch glimmende Reste aus einem benachbarten abgeschossenen Loch, weil der Abstand der vorher abgeschossenen beiden Löcher vom Unglücksbohrloch mindestens 1 m betrug und die Kohle absolut fest ist.

Mangels jeder anderen Erklärung bleibt nichts übrig, als an Selbstentzündung zu glauben. In Verdacht könnte man hier entweder den Vulkanzünder oder die Patronenfüllung nehmen. In letzterer könnte insbesondere der Naphhtalingehalt eine aktive Rolle gespielt haben.

Die Selbstentzündung des Vulkanzünders oder der mit Sprengluft getränkten Patrone könnte entweder durch bloße Wirkung der Kälte, oder durch die Wirkung des Überdruckes und die dadurch bedingte Erwärmung der eingeschlossenen Sprengluft, oder endlich durch mehrere dieser Ursachen zugleich bedingt worden sein.

Der Umstand, daß die Explosion sich durch ein knatterndes Geräusch vorher angekündigt hat, deutet vielleicht darauf hin, daß der Ausgangspunkt nicht im Vulkanzünder zu suchen ist, weil in diesem Falle eine momentane Auslösung des Schusses zu erwarten gewesen wäre. Überdies ist der Vulkanzünder nicht mitgetaucht worden und mithin einer starken und lange dauernden Kälteeinwirkung, wie sie ihm sonst zugemutet wird, nicht ausgesetzt gewesen.

Andererseits fehlt auch für die Annahme, daß die durchtränkte Patronenfüllung, insbesondere deren Naphhtalingehalt, durch Kälte, Druckwirkung oder Erwärmung zur Explosion gebracht worden sei, vorläufig jede ausreichende Erklärung. Die Patrone steht auf der Königl. Königin Luise-Grube seit mehreren Monaten in ständigem Gebrauch, ohne daß jemals verdächtige Erscheinungen beobachtet worden sind.

Auf der Dheimgrube waren die Patrone seit 2 Wochen in Benutzung.

Das von dem Verunglückten verwendete Tauchgefäß enthielt noch mehrere durchtränkte Patrone der gleichen Art. Diese, sowie auch einige Vulkanzünder sind an die Zentralstelle für wissenschaftlich-technische Untersuchungen in Neubabelsberg zur Prüfung übersandt worden. Es bleibt abzuwarten, ob hierdurch die Lösung des Rätsels gefunden wird. Man darf wohl behaupten, daß in der Sprenglufttechnik feither noch kein Vorfall eingetreten ist, dessen Ursachen so undurchsichtig und der Klärung bedürftig sind, wie es hier der Fall ist.

Rentabilitätsberechnung einer oberschlesischen Kohlengrube und einer Erzgrube.

1. Kohlengrube.

A. Sprengstoffkosten nach dem neuen Schießverfahren:

18 705,3 Liter flüssige Luft je 0,2006 M *)	= 3 752,25 M
25 657 Patronen je 0,078 M	= 2 001,25 „
19 520 elektrische Zünder je 0,06 M	= 1 171,20 „
Abschreibung und Verzinsung für Gefäße (33 1/3 + 5%)	= 752,46 „
	7 677,16 M

Förderung im Dezember 1915: 82 993,10 t

mithin Sprengstoffkosten je t = $\frac{7\,677,16}{82\,993,10}$ = 9,2 Pf.

B. Sprengstoffkosten nach dem alten Schießverfahren:

I. Sprengstoffkosten im Friedensjahre 1913 je t:	= 14,05 Pf.**
Ersparnis (B _I - A) je t	= 4,85 „
mithin für Monat Dezember 1913	= 4 025,16 M
II. Sprengstoffkosten im Kriegsjahre 1915 je t:	= 20,00 Pf.
Ersparnis (B _{II} - A) je t	= 10,8 „
mithin für Monat Dezember 1915	= 8 963,25 M

Hierzu kommt noch eine beträchtliche Mehreinnahme durch Verbesserung des Grob-
kohlenfalls.

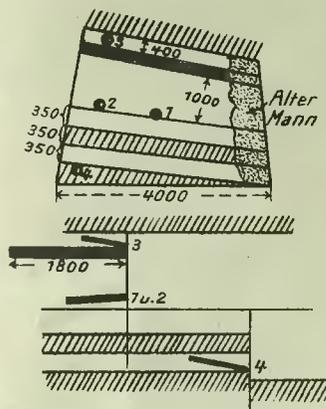
2. Erzgrube.

Auf einer oberschlesischen Erzgrube sind die Sprengstoffkosten je t Hauswerk
seit Einführung des Schießverfahrens mit Sprengluft um etwa die Hälfte gegen die
gleichen Kosten des Jahres 1913 zurückgegangen.

*) einschließlich Amortisation 10 %, Verzinsung 5 % des Restkapitals für die Doppel-
maschinenanlage.

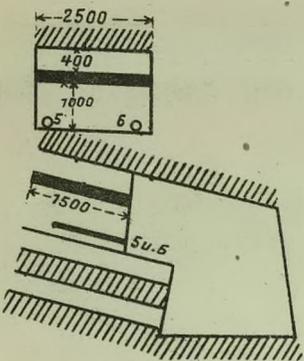
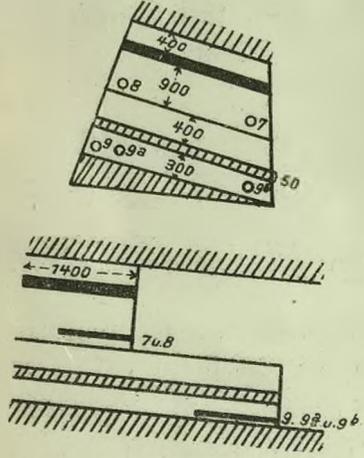
**) Kosten für den Transport und die Herausgabe wurden weder bei dem neuen
noch bei dem alten Schießverfahren in Anrechnung gebracht.

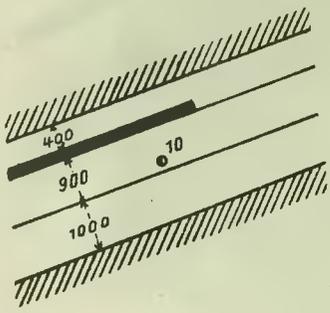
Schießversuche in Niederschlesien.

Laufende Schußnummer	Versuchsort und Bohrloch	Erforderliche Menge Ammonsalpetersprengstoff g	Benutzete Menge Drypelagitt trocken g	Kapsel Nr.	Ergebnis								
1	 <p>Bohrlochtiefe 1,80 m</p>	200	100	8	Der Schuß versagte, da anscheinend der Zünddraht beim Besetzen zerrissen wurde.								
2	siehe obige Skizze Bohrlochtiefe 1,30 m	250	100	8	<p>Die Wirkung war gut. Nachflammen wurde nicht beobachtet.</p> <p>Die Nachschwaden waren leidlich. Eine unmittelbar nach Abtun des Schusses vor Ort genommene Wetterprobe zeigte:</p> <table border="1" data-bbox="838 1288 1343 1408"> <thead> <tr> <th>% CO₂</th> <th>% CH₄</th> <th>% CO</th> <th>% O</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0,18</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>20,6</td> </tr> </tbody> </table>	% CO ₂	% CH ₄	% CO	% O	0,18	—	—	20,6
% CO ₂	% CH ₄	% CO	% O										
0,18	—	—	20,6										
3	siehe obige Skizze Bohrlochtiefe 1,30 m	150	100	8	<p>Die Wirkung war gut. Nachflammen wurde nicht beobachtet.</p> <p>Die Nachschwaden waren leidlich. Eine unmittelbar nach Abtun des Schusses vor Ort genommene Wetterprobe zeigte:</p> <table border="1" data-bbox="838 1601 1343 1721"> <thead> <tr> <th>% CO₂</th> <th>% CH₄</th> <th>% CO</th> <th>% O</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0,34</td> <td>0,06</td> <td>0,02</td> <td>20,4</td> </tr> </tbody> </table>	% CO ₂	% CH ₄	% CO	% O	0,34	0,06	0,02	20,4
% CO ₂	% CH ₄	% CO	% O										
0,34	0,06	0,02	20,4										
4	siehe obige Skizze Bohrlochtiefe 1,80 m	500	2 Patronen zu je 125 g. Schlagpatrone zu unteilst. Durchm. der Patronen 35 mm	8	Die Wirkung war nicht befriedigend, da die Lademenge für die große Vorgabe zu schwach war. Nachflammen wurde nicht beobachtet. Die Nachschwaden waren nicht gut.								

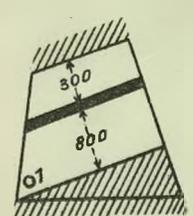
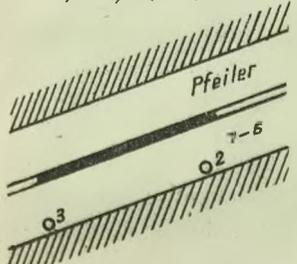
Erklärung: Kohle Bergmittel Schram Bohrloch

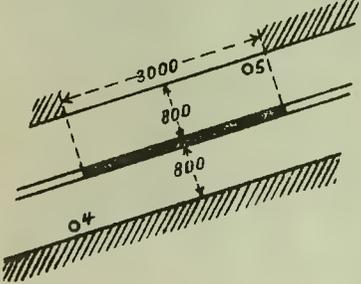
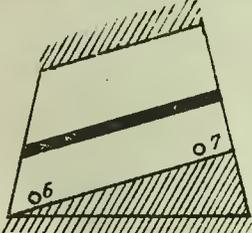


Laufende Schußnummer	Versuchsort und Bohrloch	Erforderliche Menge Ammoniumsalpeter- Sprengstoff g	Benutzete Menge Dynamit trocken g	Kapsel Nr.	Ergebnis							
5	 <p>Bohrlochtiefe 1,50 m</p>	250	2 Patronen zu je 75 g. Schlagpatrone zu unterst. Durchm. der Patronen 30 mm	8	Die Wirkung war gut. Nachflammen wurde nicht beobachtet. Die Schwaden waren leidlich.							
6	siehe Skizze zu 5. Bohrlochtiefe 1,50 m	200	1 Patrone zu 125 g von 35 mm Durchm.	8	Die Wirkung war gut. Ein Nachflammen wurde nicht beobachtet. Die Nachschwaden waren leidlich. Eine unmittelbar nach Abtun des Schusses genommene Wetterprobe zeigte:							
<table border="1" data-bbox="897 1054 1394 1158"> <thead> <tr> <th>% CO₂</th> <th>% CH₄</th> <th>% CO</th> <th>% O</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0,14</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>20,6</td> </tr> </tbody> </table>					% CO ₂	% CH ₄	% CO	% O	0,14	—	—	20,6
% CO ₂	% CH ₄	% CO	% O									
0,14	—	—	20,6									
7	 <p>Bohrlochtiefe 1,50 m</p>	250	2 Patronen zu je 95 g von 30 mm Durchm. Schlagpatrone vorn im Bohrloch.	8	Die Wirkung war gut. Ganz kurz nach dem Explosionsschlag wurde deutlich ein zweimaliges starkes Aufflammen beobachtet. Das zweite Aufflammen war stärker als das erste.							
8	siehe Skizze zu 7 Bohrlochtiefe 1,50 m	200	2 Patronen zu je 50 g von 35 mm Durchm. Schlagpatrone vorn im Bohrloch.	8	Die Wirkung war gut. Von einem Beobachter wurde bei der Explosion ein schwacher Lichtschein beobachtet. Die Nachschwaden waren leidlich. Eine Probe der Wetter nach dem Schusse zeigte:							
<table border="1" data-bbox="897 1849 1394 1952"> <thead> <tr> <th>% CO₂</th> <th>% CH₄</th> <th>% CO</th> <th>% O</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0,50</td> <td>0,39</td> <td>Der CO-Gehalt ist nicht genau ermittelt worden</td> <td>20,0</td> </tr> </tbody> </table>					% CO ₂	% CH ₄	% CO	% O	0,50	0,39	Der CO-Gehalt ist nicht genau ermittelt worden	20,0
% CO ₂	% CH ₄	% CO	% O									
0,50	0,39	Der CO-Gehalt ist nicht genau ermittelt worden	20,0									
9	siehe Skizze zu 7 Bohrlochtiefe 1,70 m	250	1 Patrone zu 100 g u. 1 Patrone zu 50 g. Die Schlagpatrone (100 g) saß hinten im Bohrloch.	8	Es wurde keine Zündung erzielt, da entweder ein Versagen des Zünders oder der Kapsel vorlag, oder auch die Zündmaschine nicht mehr einwandfrei arbeitete.							

Laufende Schußnummer	Versuchsort und Bohrloch	Erforderliche Menge Ammonsalpetersprengstoff g	Benutzete Menge Dypelaggit trocken g	Kapitel Nr.	Ergebnis								
9a	siehe Skizze zu 7 Bohrlochtiefe 1,70 m	300	2 Patronen zu je 100 g. Schlagpatrone hinten im Bohrloch	8	Es wurde keine Zündung erzielt.								
9b	siehe Skizze zu 7 Bohrlochtiefe 1,70 m	350	2 Patronen zu je 100 g. Schlagpatrone hinten im Bohrloch	8	Die Wirkung war gut. Bei der Explosion wurde eine helle Flamme beobachtet. Die Nachschwaden waren leiblich. Eine Probe der Wetter nach dem Schusse zeigte:								
					<table border="1"> <thead> <tr> <th>% CO₂</th> <th>% CH₄</th> <th>% CO</th> <th>% O</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0,18</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>20,6</td> </tr> </tbody> </table>	% CO ₂	% CH ₄	% CO	% O	0,18	—	—	20,6
% CO ₂	% CH ₄	% CO	% O										
0,18	—	—	20,6										
10		250	1 Patrone zu 50 g u. 1 Patrone zu 75 g von 30 mm Durchm. Die Schlagpatrone (50 g) saß vorne im Bohrloch	8	Die Wirkung war gut. Bei der Explosion wurde keine Flamme beobachtet. Ungefähr 4–5 Minuten nach der Explosion erfolgte plötzlich über die ganze Schrammfläche ein kräftiges Verpuffen unter gleichzeitigem starken Auftreten eines Nachflammens der Nachschwaden mit hellem bläulichen Lichte. Bei den Schüssen 1–6 war die Lage der Orte derart, daß ein unmittelbares Beobachten des Schusses selbst nicht möglich war. Es konnten daher Flammerscheinungen, die sich vielleicht bei der Explosion oder unmittelbar nachher zeigten, nicht beobachtet werden.								

B. Versuche im 5. Flöz bei Querschlag 8 der III. Tiefbauzohle, Mahranschacht der Schlesiſchen Kohlen- und Kofawerke zu Gottesberg, 19. Oktober 1915.

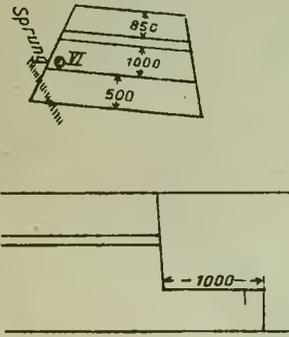
1		400 g Carbonit	1 Patrone zu 100 g	8	Die Wirkung war gut. Keine Explosionsflamme, kein Nachflammen. Die Nachschwaden waren gut. Eine Wetterprobe nach Abtun des Schusses ergab:										
	Schrammtiefe 1,50 m Bohrlochtiefe 1,50 m				<table border="1"> <thead> <tr> <th>% CO₂</th> <th>% CH₄</th> <th>% CO</th> <th>% O</th> <th>% N</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0,28</td> <td>0,28</td> <td>—</td> <td>20,9</td> <td>78,54</td> </tr> </tbody> </table>	% CO ₂	% CH ₄	% CO	% O	% N	0,28	0,28	—	20,9	78,54
% CO ₂	% CH ₄	% CO	% O	% N											
0,28	0,28	—	20,9	78,54											
2		300 g Carbonit	2 Patronen zu je 50 g. Schlagpatrone zu unterst im Bohrloch	8	Die Wirkung war gut. Keine Explosionsflamme, kein Nachflammen. Die Nachschwaden waren gut. Eine Wetterprobe nach Abtun des Schusses ergab:										
	Schrammtiefe 1,50 m Bohrlochtiefe 1,35 m				<table border="1"> <thead> <tr> <th>% CO₂</th> <th>% CH₄</th> <th>% CO</th> <th>% O</th> <th>% N</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0,46</td> <td>0,40</td> <td>—</td> <td>20,60</td> <td>78,54</td> </tr> </tbody> </table>	% CO ₂	% CH ₄	% CO	% O	% N	0,46	0,40	—	20,60	78,54
% CO ₂	% CH ₄	% CO	% O	% N											
0,46	0,40	—	20,60	78,54											

Laufende Schußnummer	Versuchsort und Bohrloch	Erforderliche Menge Ammoniumsalpeter- Sprengstoff g	Benverwendete Menge Dynamit trocken g	Kapitel Nr.	Ergebnis										
3	siehe vorstehende Skizze Bohrlochtiefe 1,50 m	100 g Carbonit	1 Patrone zu 50 g.	8	Die Wirkung war gut. Keine Explosionsflamme, kein Nachflammen. Die Nachschwaden waren gut. Eine Wetterprobe nach Abtun des Schusses ergab: <table border="1" data-bbox="838 556 1440 652"> <thead> <tr> <th>% CO₂</th> <th>% CH₄</th> <th>% CO</th> <th>% O</th> <th>% N</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0,70</td> <td>0,48</td> <td>—</td> <td>20,20</td> <td>78,62</td> </tr> </tbody> </table>	% CO ₂	% CH ₄	% CO	% O	% N	0,70	0,48	—	20,20	78,62
% CO ₂	% CH ₄	% CO	% O	% N											
0,70	0,48	—	20,20	78,62											
4	<p data-bbox="264 676 412 712">Bohrer 1—6</p>  <p data-bbox="213 1013 457 1078">Schrammtiefe 2,30 m Bohrlochtiefe 1,50 m</p>	300 g Carbonit	1 Patrone zu 50 g u. 1 Patrone zu 75 g. Schlagpatrone (50) vorn im Bohrloch	8	Lochpfeifer. Es zeigte sich eine etwa 2 m lange ungefähr 5 Sekunden anhaltende gelbrote Flamme; während der letzten Beobachtungsdauer war ein funkenartiges Ausblitzen bemerkbar.										
5	 <p data-bbox="213 1415 457 1480">Schrammtiefe 2,00 m Bohrlochtiefe 1,80 m</p> <p data-bbox="139 1495 531 1767">Das Bohrloch wurde vorher sauber ausgeputzt und hinten mit 20 cm Lettenbesatz ausgefüllt, sodann mit Ton verstrichen. Die Lettenausfüllung war nötig, da der zum Verstreichen mit Ton verwendete Pinsel nicht bis zum Bohrlochende reichte.</p>	300 g Carbonit	2 Patronen zu je 100 g. Schlagpatronen	8	Die Wirkung war gut. Keine Explosionsflamme und kein Nachflammen. Die Nachschwaden waren mäßig.										
6	siehe Skizze zu 4 Bohrlochtiefe 1,50 m Loch ausgeputzt und mit Ton verstrichen.	150 g Carbonit	75	8	Die Wirkung war schlecht. Sichtbare Explosionsflamme. Nach kurzer Zeit rötliches, dann in bläuliches Licht übergehendes Nachflammen.										
7	siehe Skizze zu 5 Bohrlochtiefe 1,30 m Loch ausgeputzt und mit Ton verstrichen.	150	50	8	Die Wirkung war mäßig. Geringe Zeit nach der Explosion Nachflammen mit weißbläulichem Lichte. Eine Wetterprobe nach dem Schusse zeigte: <table border="1" data-bbox="838 2090 1440 2186"> <thead> <tr> <th>% CO₂</th> <th>% CH₄</th> <th>% CO</th> <th>% O</th> <th>% N</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0,36</td> <td>0,12</td> <td>—</td> <td>20,88</td> <td>78,64</td> </tr> </tbody> </table>	% CO ₂	% CH ₄	% CO	% O	% N	0,36	0,12	—	20,88	78,64
% CO ₂	% CH ₄	% CO	% O	% N											
0,36	0,12	—	20,88	78,64											

Laufende © Nummer	Versuchsort und Bohrloch	Erforderliche Menge Schwefelsäure g	Verwendete Menge "Rhein 1 a" trocken g	Ladedauer Min.	Ergebnis
----------------------	--------------------------	--	---	-------------------	----------

**C. Schieß-Versuche nach dem Marjit-Verfahren
am 9. November 1915 auf dem Julius-Schacht der conf. Fuchsgrube.**

1.	Bohrlochtiefe 1,15 m Vorgabe 0,90 m Schramtiefe 1,52 m	300	150 1 Patrone	4 1/2	Die Wirkung war schlecht. Flammerscheinungen wurden nicht beobachtet. Die Nachschwaden waren mäßig.
2.	siehe Skizze zu I Bohrlochtiefe 1,20 m Vorgabe 0,90 m Schramtiefe 1,50 m	450	2 Patronen zu je 125 g. Die Schlagpatrone saß oben im Bohrloch	3 1/2	Bei der Explosion wurde nur ein dumpfes Puffen gehört. Eine Wirkung war überhaupt nicht zu beobachten. Flammerscheinungen traten nicht auf. Die Nachschwaden waren mäßig.
3.	Bohrlochtiefe 1,10 m Vorgabe 0,60 m Schramtiefe 1,20 m	350	300 1 Patrone	3	Bei der Explosion wurde nur ein dumpfer Knall gehört. Die Wirkung war schlecht. Flammerscheinungen traten nicht auf. Die Nachschwaden waren mäßig.
4.	siehe Skizze zu III. Bohrlochtiefe 1,15 m Vorgabe 0,60 m Schramtiefe 1,20 m	350	1 Patrone zu 150 g und 1 Patrone zu 350 g. Die Schlagpatrone (350 g) saß oben im Bohrloch.	3 1/2	Bei der Explosion erfolgte ein kurzer dumpfer Knall, eine Sekunde später eine starke rötlich-gelbe ziehende Flamme mit einzelnen Funken, die das ganze Ort hell beleuchtete, darauf etwa 1 1/2 Minuten langes Nachbrennen. Die Wirkung war sehr schlecht; nur hinten am Schram war etwas Kohle hochgebrochen. Noch 1/2 Stunde später konnte man in der Nähe des Bohrloches sehr überriechende Nachschwaden feststellen.
Erklärung (siehe Vorlage).					

Laufende Schußnummer	Versuchsort und Bohrloch	Erforderliche Menge Westfalit g	Verwendete Menge „Rhein 1 a“ trocken g	Ladedauer Min.	Ergebnis										
5.	siehe Skizze zu I. Bohrlochtiefe 1,60 m Vorgabe 1,00 m	450-500	1 Patrone zu 300 g als Schlag- patrone unten im Bohrloch und 1 Pa- trone zu 150 g	2 1/2	Es wurde nur ein dumpfer Ruck bei der Explosion ge- hört. Flammenercheinungen wurden nicht be- obachtet. Die Wirkung war sehr schlecht. Die Nachschwaden waren unangenehm. Die nach Ab- tun des Schusses genommene Wetterprobe zeigte: <table border="1" data-bbox="890 614 1365 722"> <thead> <tr> <th>% CO₂</th> <th>% CH₄</th> <th>% CO</th> <th>% O</th> <th>% N</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0,30</td> <td>0,08</td> <td>0,36</td> <td>20,40</td> <td>78,86</td> </tr> </tbody> </table>	% CO ₂	% CH ₄	% CO	% O	% N	0,30	0,08	0,36	20,40	78,86
% CO ₂	% CH ₄	% CO	% O	% N											
0,30	0,08	0,36	20,40	78,86											
6.	 <p>Bohrlochtiefe 1,40 m Vorgabe 1,00 m Schramtiefe 1,80 m</p>	450	2 Patronen zu je 300 g. Die Schlag- patrone saß unten im Bohrloch	4	Bei der Explosion erfolgte nur ein dumpfer Ruck. Flammenercheinungen wurden nicht beobachtet. Die Wirkung war sehr gering. Die Nachschwaden rochen stark nach Schwefelwasserstoff. Die Wetter- probe zeigte: <table border="1" data-bbox="890 927 1365 1035"> <thead> <tr> <th>% CO₂</th> <th>% CH₄</th> <th>% CO</th> <th>% O</th> <th>% N</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0,18</td> <td>0,22</td> <td>0,42</td> <td>20,22</td> <td>78,96</td> </tr> </tbody> </table>	% CO ₂	% CH ₄	% CO	% O	% N	0,18	0,22	0,42	20,22	78,96
% CO ₂	% CH ₄	% CO	% O	% N											
0,18	0,22	0,42	20,22	78,96											
7.	siehe zu Skizze I Bohrlochtiefe 1,25 m Vorgabe 0,85 m Schramtiefe 1,35 m	400	2 Patronen zu je 125 g. Die Schlag- patrone saß unten im Bohrloch	3	Die Wirkung war gut, obwohl dieses Bohrloch im Vergleich zu den übrigen Bohrlöchern nur mit einer sehr schwachen Sprengladung versehen war. Flammenercheinungen wurden nicht beobachtet. Die Nachschwaden waren gut. Die Zündung erfolgte vermittelst der Kapsel Nr. 8.										

