

Zur Geschichte der Hohlraumwirkung bei Sprengladungen

Von Heinz Freiwald

Es ist die Aufgabe der vorliegenden Arbeit, einen Einblick in die vorhandene Literatur über den sogenannten Hohlraumeffekt zu geben. Unter Hohlraumeffekt soll hier die Wirkung eines Sprengstoffkörpers auf seine Unterlage verstanden werden, welcher auf der der Unterlage zugekehrten Seite mit einer Aushöhlung versehen ist.

Es wird vorausgeschickt, daß die Arbeit nicht den Anspruch auf Vollständigkeit erhebt und sich nur auf solche Mitteilungen in der deutschen und ausländischen Literatur bis zum Jahre 1937 beschränkt, die allgemein zugänglich sind.

Erstaunlicherweise findet sich schon 1883 eine Arbeit, in der Versuche mit hohlen Patronen beschrieben werden und Vorschläge für eine technische und militärische Verwendung der Hohlraumwirkung gemacht werden, so daß es berechtigt ist, von einer fast 60jährigen Geschichte des Hohlraumeffektes zu sprechen. Diese Versuche, die der deutsche Ingenieur und Premierleutnant a. D. M. v. Förster als Leiter der Schießbaumwollfabrik Wolff & Co. in Walsrode ausgeführt und unter dem Titel »Versuche mit comprimierter Schießbaumwolle« im Jahre 1883 mitgeteilt hat, sind wohl die ersten, die sich mit der Hohlraumwirkung beschäftigen [1]¹⁾.

Um die Wirkung einer Patrone aus gepreßter Schießbaumwolle zu erhöhen, versucht M. v. Förster »den Gasen der detonierten Schießbaumwolle eine bestimmte, dem Ziele zustrebende Richtung zu geben«. Er stellt zu diesem Zweck Versuche an, indem er die Patronen über massiven Bleisylindern von 47 mm Durchmesser und 102 mm Höhe, die auf einer Eisenplatte stehen, sprengt (Abbildung 1). Als Maß für die Wirkung der Patrone nimmt er die Stauchung der Bleisylinder. Diese Anordnung entspricht also ungefähr der heutigen technologischen Brisanz-

1) S. Schrifttumverzeichnis am Ende des Heftes.

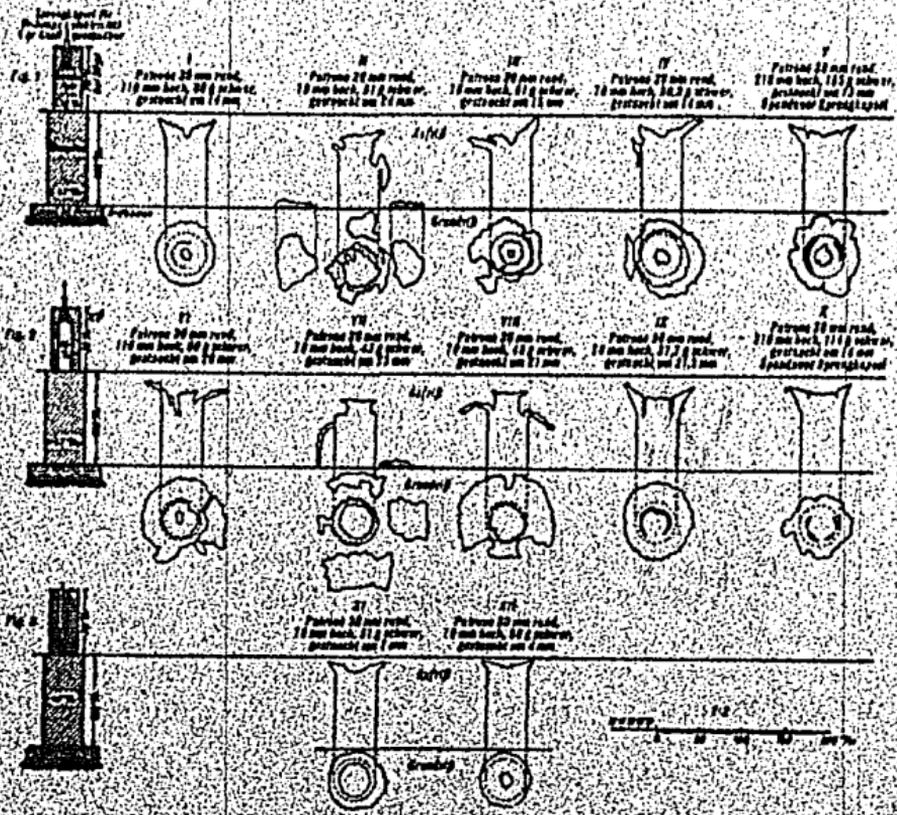


Abb. 1

M. v. Förster, Stauchversuche mit ausgehöhlten Patronen. 1883

probe mit dem Stauchapparat nach Heß. Als erstes Ergebnis erhält er: »Die Sprengkapsel muß stets an der dem zu zerstörenden Objekt entgegengesetzten Seite der Ladung liegen.

Anßerdem versieht er die Patronen mit einer Aushöhlung, die sich an der der Sprengkapsel gegenüberliegenden und dem zu zerstörenden Objekt anliegenden Seite befindet. Mit dieser Anordnung führt er eine Reihe von Versuchen durch (Abbildung 1) und stellt fest, daß die Stauchwirkung der ausgehöhlten Patronen (Schüsse VI bis X) stärker ist als die der vollen (Schüsse I bis V), obwohl letztere etwas schwerer sind als die ausgehöhlten. Aber die Zündung der Patrone muß oben, d. h. auf der

dem Bleizylinder gegenüberliegenden Seite liegen. In einer anderen Versuchsanordnung wurden die Patronen auf schmiedeeisernen Platten von 15 mm Stärke (wie Abbildung 2 zeigt) gesprengt.

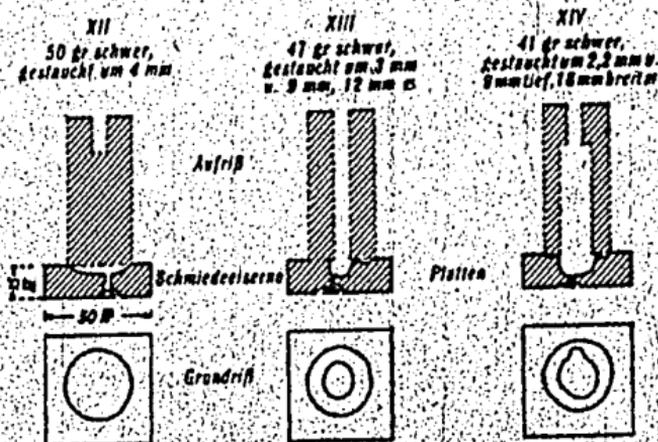


Abb. 2

M. v. Förster, Wirkung von vollen und hohlen Patronen auf Eisenplatten. 1883

Schuß XIII und XIV zeigen eine starke Aushöhlung der Platte von der Größe des Querschnitts des Hohlraums der Patrone. Diese Aushöhlung der Platte ist doppelt so tief, als der Eindruck, den die volle Patrone (Schuß XII) bewirkt hat.

M. v. Förster zieht daraus die Schlußfolgerung:

„Im ganzen gerechnet erscheint die Wirkung der hohlen Patrone bei derselben Größe und weniger Gewicht größer als die der vollen mit mehr Gewicht. Bei Sprengungen, bei denen der Raum, in welchem sich die Sprengladung befindet, ein völlig gegebener ist, wie bei den Sprengladungen der Granaten, bei welchen man also der Sprengladung und dem Ziel nicht mehr oder weniger Berührungsfläche mit einander geben kann als vorhanden, wird es sich empfehlen, die beiden beschriebenen Mittel, also Aushöhlung der Ladung und Anbringung der Sprengkapsel am Boden der Granate, anzuwenden, um eine erhöhte Wirkung nach der Spitze der Granate, nach welcher zu fast immer auch das zu zerstörende Objekt liegen wird, zu erzielen.“

Man kann also feststellen, daß M. v. Förster bereits 1883 das Sprengen von »Hohlkörpern« gegen Eisenplatten beschrieben sowie den Einbau von Hohlladungen am Kopf von Granaten vorgeschlagen hat.

Im Jahre 1888, also 5 Jahre nach M. v. Förster, veröffentlichte der Amerikaner Charles E. Munroe Versuche mit Hohlkörpern. Er berichtet in einer Arbeit »Durch die Detonation von Schießbaumwolle hervorgerufene wellenähnliche Wirkungen« [2] über die Wirkung der Detonation einer Scheibe nasser Schießbaumwolle B, die sich in einer Blechkanne A befand und mit Wasser E bedeckt war (Abbildung 3).

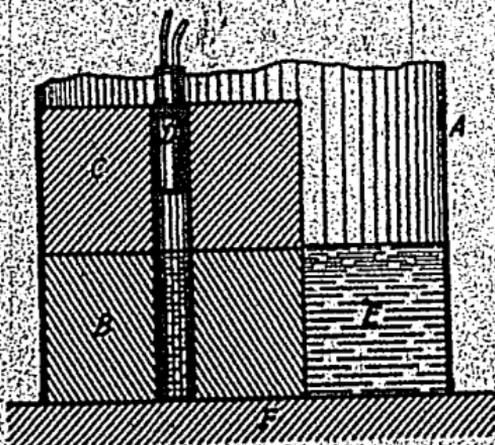


Abb. 3

Munroe, Anordnung zur Untersuchung der Wirkung von Schießbaumwolle unter Wasser, 1888

Die Scheibe nasser Schießbaumwolle wurde durch eine solche aus trockener C und diese durch eine starke Sprengkapsel D geründet. Die runde Scheibe Schießbaumwolle von rd. 90 mm Durchmesser befand sich exzentrisch in der ebenfalls runden Blechkanne von rd. 140 mm Durchmesser, so daß sich Scheibe und Blechkanne an einer Stelle ihrer zylindrischen Wandungen berührten. Die Blechkanne stand auf einer schmiedeeisernen Platte F (Abbildung 3).

Nach der Sprengung zeigte sich auf der vorher glatten Oberfläche der Eisenplatte ein System von kreisförmigen Vertiefungen und Erhöhungen (Abbildung 4), die um die Scheibe aus Schießbaumwolle exzentrisch angeordnet sind und am Rande der Kanne enden (Abbildung 5).



Abb. 4

Munroe, Ergebnis des Versuches gemäß Abbildung 3

Eine Erklärung dieser Erscheinung, die er bei mehrmaliger Wiederholung des Versuches immer beobachten konnte, gibt Munroe nicht. Außer der Tatsache, daß die Schießbaumwollscheiben durchbohrt sind und diese Bohrung der unteren Scheibe mit Wasser gefüllt ist, ist von

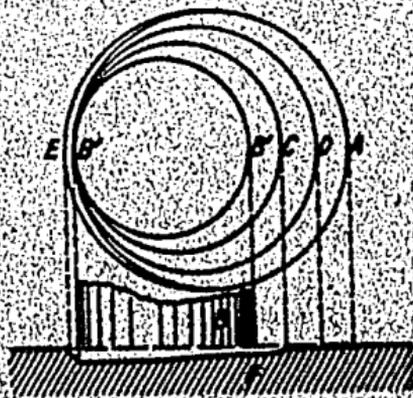


Abb. 5

Munroe, Skizze der Versuchsanordnung und des Ergebnisses gemäß Abbildung 3 und 4

einem Hohlraum nichts zu bemerken. Munroe weist auf diese Durchbohrung nicht einmal hin und erwähnt nicht das Wort »Hohlraum« oder »Hohlladung«. Die wellenförmige Erscheinung auf der Eisenplatte hat mit dem eigentlichen Hohlraumeffekt offensichtlich nichts zu tun.

Trotzdem wird von vielen Autoren gerade diese und meist nur diese Literaturstelle als Hinweis auf den Hohlraum bzw. den sogenannten »Munroe-Effekt« herangezogen.

Die eigentlichen Hohlraumversuche veröffentlichte Munroe im Jahre 1888 als Mitglied des Sprengstofflaboratoriums der amerikanischen Marine unter dem Titel »Neue Sprengstoffe« [3] in einem Aufsatz, in dem er über neue Schießmittel und Sprengstoffe sowie über Quecksilberfulminat-sprengkapseln und Unterwassersprengungen berichtet. Bei einer eingehenden Schilderung der Eigenschaften und Verwendungsmöglichkeiten der Schießbaumwolle erwähnt er einen überraschenden Effekt. Wenn er eine Scheibe der gepreßten Schießbaumwolle, die auf einer glatten Eisenplatte gleichmäßig auflag, sprengte, so wurden die Buchstaben und

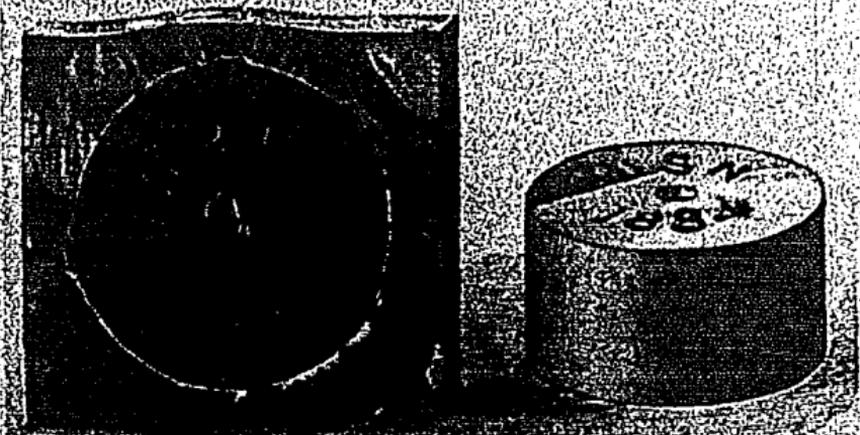


Abb. 6

Munroe, Die in die Scheibe aus Schießbaumwolle (rechts) eingepreßten Buchstaben sind in die Eisenplatte (links) eingestanz, auf der die Schießbaumwolle zur Detonation gebracht wurde. 1888

Zeichen, die in die Oberfläche der Schießbaumwolle eingepreßt waren, spiegelbildlich in die Eisenplatte eingestanz (Abbildung 6, rechts Scheibe aus Schießbaumwolle, links beschossene Eisenplatte). Das Loch in der Mitte der Schießbaumwollscheibe ist durchgehend und dient zur Aufnahme der Sprengkapsel. Legte er zwischen die Eisenplatte und die

glatte Unterseite einer Scheibe Schießbaumwolle ein Stück Gaze oder ein Blatt eines Baumes, so wurde das Muster bzw. das Gerippe des Blattes als Abbildung in die Eisenplatte gestanzt (Abbildung 7).



Abb. 7

Munroe, Eindruck auf der Eisenplatte, wenn zwischen diese und die Schießbaumwollscheibe ein Blatt eines Apfelbaumes gelegt war. 1888

Munroe stellte nun die folgende Theorie auf, um diesen Effekt zu erklären: Dort wo sich die Zwischenräume zwischen der Schießbaumwolle und der Eisenplatte befinden (die eingepreßten Buchstaben bzw. das zwischengelegte Blatt), stürzen Teile der noch nicht detonierten Schießbaumwolle oder die Explosionsprodukte mit großer Geschwindigkeit in den freien Raum und bewirken so die Vertiefung auf der Eisenplatte. Um diese Theorie zu beweisen, unternahm er eine Reihe von Versuchen, indem er Löcher in die Scheibe aus Schießbaumwolle bohrte (Abbildung 8, 9 und 10).

Die verwendeten Schießbaumwollscheiben hatten einen Durchmesser von rd. 89 mm und eine Höhe von rd. 51 mm. Die Abbildung 8 zeigt eine Eisenplatte, auf der eine Schießbaumwollscheibe gesprengt wurde, in die folgende Löcher gebohrt waren: 3 mm \varnothing und 3 mm Tiefe, 6 mm \varnothing und 6 mm Tiefe, 12,5 mm \varnothing und 12,5 mm Tiefe, und schließlich 19 mm \varnothing und 19 mm Tiefe. Die Reihenfolge der Löcher beginnt auf dem Bilde der Eisenplatte rechts unten und läuft im Uhrzeigersinn. Man erkennt, daß die Wirkung mit steigendem Lochdurchmesser und Lochtiefe wächst. Um bei gleichem Lochdurchmesser den Einfluß der Lochtiefe festzustellen, unternahm Munroe zwei Versuche, die die Abbildungen 9 und

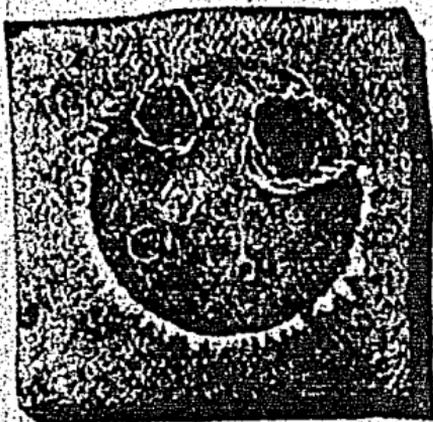


Abb. 8

Munroe, Wirkung einer Schießbaumwollscheibe mit vier Löchern, deren Durchmesser und Tiefen von 3 bis 19 mm anliegen, auf eine Eisenplatte. 1888

10 zeigen. Die Abbildung 9 zeigt die Wirkung einer Schießbaumwollscheibe, in die ein konisches Loch von 50 mm \varnothing an der Grundfläche und 25 mm Tiefe gebohrt war. Das Ergebnis ist ein Durchschlag durch die Eisenplatte von rd. 10 mm \varnothing . Die Stärke der Eisenplatte kann aus dem Bilde auf ungefähr 5 mm geschätzt werden, Munroe macht hierüber keine Angaben. Die Abbildung 10 zeigt die Wirkung einer Scheibe aus Schießbaumwolle, die mit einem durchgehenden zylindrischen Loch von 50 mm \varnothing versehen ist. Als Ergebnis erkennt man einen Durch-



Abb. 9

Munroe, Wirkung einer Scheibe mit einem konischen Loch von 50 mm Durchmesser an der Grundfläche und 25 mm Tiefe auf eine Eisenplatte. 1888

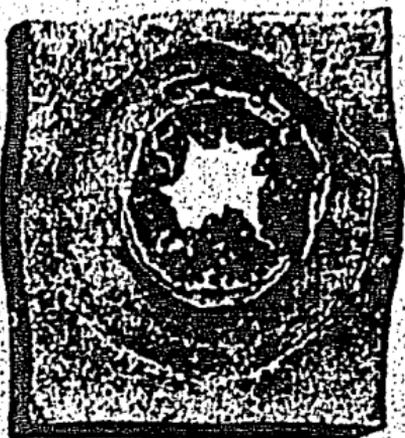


Abb. 10

Munroe, Wirkung einer Scheibe mit einem zylindrischen Loch von 50 mm Durchmesser und 50 mm Tiefe auf eine Eisenplatte. 1888

schlag der Platte mit einem Durchmesser von ungefähr 20 mm. Munroe hebt hervor, daß, je größer die Tiefe des Loches, also die Höhe des Hohlraumes sei, desto größer sei die Tiefe des Eindrucks auf der Eisenplatte; wenn er die Schießbaumwollscheibe ganz durchbohrte, dann sei auch die Eisenplatte durchbohrt worden.

Munroe schließt seine Mitteilung über diesen überraschenden Effekt mit dem Hinweis, daß man mit seiner Hilfe »einige hübsche Wirkungen hervorrufen kann, indem man Blätter, Stücke Drahtgaze u. a. zwischen die Schießbaumwollscheibe und die Eisenplatte legt: Nach der Detonation findet man einen dauerhaften Eindruck des Gegenstandes, der die genauen Einzelheiten seiner Struktur zeigt, in die Eisenplatte eingepreßt, während der Gegenstand selbst vollständig verschwunden ist.«

Aus der Mitteilung von Munroe gewinnt man nicht den Eindruck, daß er beabsichtigt, den Effekt für militärische Zwecke zu verwenden, wie das klar und deutlich von M. v. Foerster [1] 5 Jahre vorher, 1883, vorgeschlagen wurde.

Im Jahre 1894 berichtet Munroe [4] ausführlich über eine größere Anzahl von Versuchen, die er zusammen mit S. Rodman durchgeführt hat, um verschiedene Bausysteme von Geldschränken hinsichtlich ihrer Widerstandskraft gegen brisante Sprengstoffe zu prüfen.

Neben verschiedenen anderen Methoden beschreibt er eine Ladung, die aus 19 Dynamitpatronen so zusammengesetzt war, daß sich in der Mitte ein Hohlraum befand (Abbildung 11).

Um eine dünne Blechkanne, deren Oberteil abgeschritten war und die mit dem Boden nach oben aufgestellt wurde, legte er 12 Dynamitpatronen. Der Durchmesser der Kanne betrug rd. 80 mm, ihre Höhe rd. 70 mm (Abbildung 11, linke Seite). Sieben weitere Patronen wurden gebündelt und auf den Boden der Kanne gestellt und das Ganze schließlich so fest wie möglich mit Draht umwickelt. Munroe hatte so — wahr-

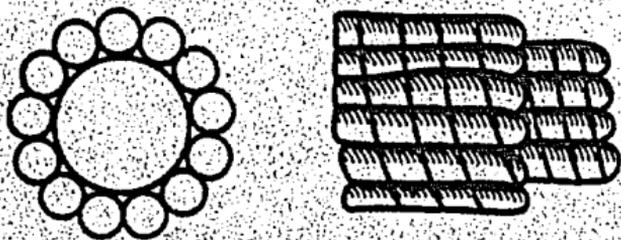


Abb. 11

Munroe, Anordnung einzelner Sprengpatronen um eine Blechbüchse zur Hohlraumladung. 1894

scheinlich ohne sich dessen deutlich bewußt zu werden — einen Hohlkörper mit Futter (»Einlage«) hergestellt. Diese Ladung hatte ein Gewicht von rd. 4,3 kg. Sie wurde durch eine Sprengkapsel gezündet, die sich in der Patrone in der Mitte der sieben gebündelten befand. Die Ladung wurde auf einem Geldschrank gesprengt, dessen Wand lamellenartig aus schmiedeeisernen Platten zusammengesetzt war und eine Gesamtstärke von 120 mm hatte. Durch diese Wand wurde infolge der Wirkung der 4,3 kg schweren Ladung ein Loch von 75 mm \varnothing geschlagen. Nachdem die Platte des Schrankes abgekühlt war, wurde genau auf das 75-mm-Loch eine weitere ähnlich zusammengesetzte Sprengladung von 5,7 kg gesetzt und gesprengt. Der untere Ring dieser Ladung bestand aus 16 Dynamitpatronen, das obere Bündel aus neun weiteren. Munroe erhielt mit der zweiten Ladung ein Loch von rd. 140 mm \varnothing in der obersten Platte und in den darunter liegenden ein solches von 100 mm bis zum Innern des Schrankes. Die Wirkung dieser doppelten Sprengung zeigen die Abbildungen 12 und 13. Eine massive Ladung üblicher Anordnung von dem gleichen Gewicht hatte nur eine Ausbeulung hervorgerufen, aber keinen Durchschlag.

Da die unter [5] angeführte Literaturstelle a. Zt. in Deutschland und in den von Deutschland besetzten Gebieten nicht erreichbar und ihre

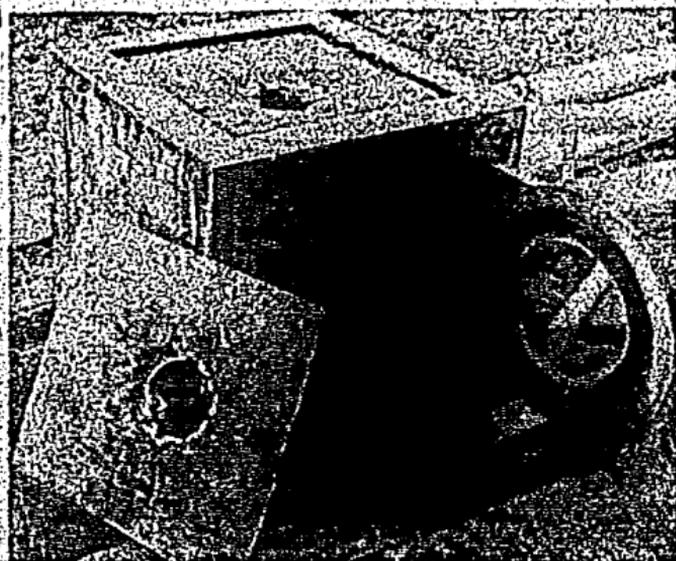
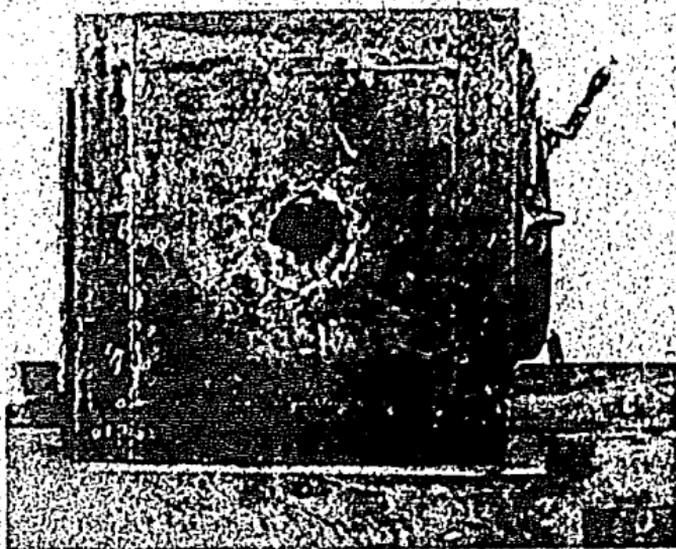


Abb. 12 und 13

Monroe, Ergebnis der Sprengung mit der Ladung gemäß Abbildung 11

Herbeischaffung aus Amerika oder England z. Zt. nicht durchführbar ist, kann nur nach einem Referat von Marshall [14] über diese Versuche von Munroe berichtet werden.

Munroe führte eine Anzahl von Versuchen mit Hohlradungen auf Eisenplatten aus und fand, daß, je mehr er die Patrone ausbohrte, um so stärker die Vertiefung auf der Eisenplatte war. War die Patrone vollständig durchbohrt, so wurde die Eisenplatte ebenfalls durchbohrt. Wenn Munroe zwischen die Hohlradung und die Eisenplatte ein Stück Spitzengewebe, ein Blatt eines Baumes oder eine Münze legte, erhielt er einen genaueren Eindruck des zwischengelegten Gegenstandes auf der Eisenplatte¹⁾. Die erhöhten Teile des Gegenstandes verursachten dabei einen erhöhten Eindruck. Stellt man die Patrone im geringen Abstand über der Oberfläche der Eisen- oder Stahlplatte auf, so erhält man dieselbe Wirkung. Ebenso sind die Ergebnisse unter Wasser dieselben wie in Luft.

Am 14. 12. 1910, also 27 bzw. 22 Jahre nach den Veröffentlichungen von M. v. Förster und Ch. E. Munroe, meldete die Westfälisch-Anhaltische Sprengstoff AG. (WASAG) ein »Verfahren zur Herstellung von Sprengkörpern« zum Patent an [6]. In dieser Patentanmeldung heißt es: »Das Verfahren ist dadurch gekennzeichnet, daß der Sprengkörper an der dem zu zerstörenden Gegenstand zugekehrten Fläche eine Aushöhlung erhält zu dem Zweck, die Sprengwirkung zu erhöhen, nachdem Versuche ergeben hatten, daß der Sprengkörper nicht dann die größte Sprengwirkung ausübt, wenn er mit einer vollen Fläche den Gegenstand berührt. Die Aushöhlung erhält vorwiegend konische Gestalt, kann aber auch prismatisch, kugel- oder kappenförmig sein. Der Sprengkörper übt alsdann (also bei geringerem Gesamtgewicht) eine größere Wirkung aus als ein Vollkörper desselben Umfanges. Die Aushöhlungen können mit einem Futter aus Blech oder anderen geeigneten Stoffen versehen sowie mit Korkmehl, Baumwolle usw. ausgefüllt sein. Die Erfindung ist für Minen, Torpedos, Granaten, Pioniersprengungen usw. benutzbar.«

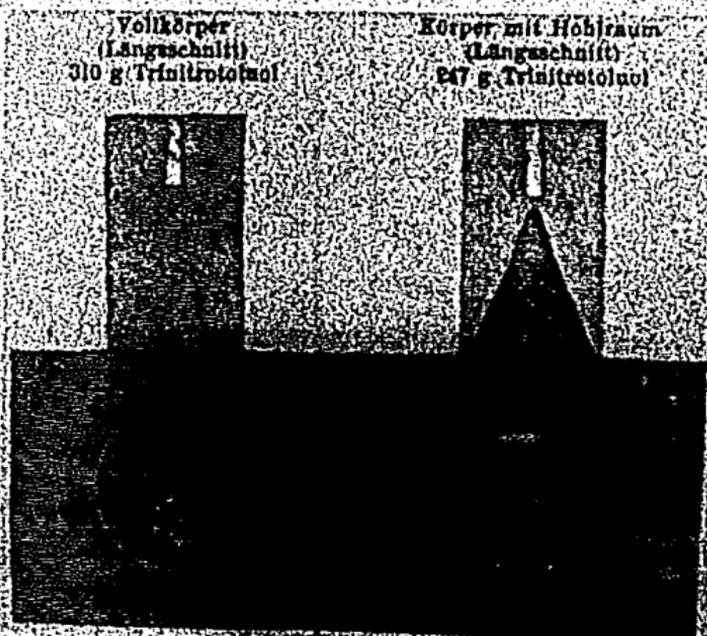
Dies Verfahren wurde der WASAG erstaunlicherweise trotz der erwähnten Veröffentlichungen von M. v. Förster und Ch. E. Munroe unter DRP 249 630 vom 15. 12. 1910 patentiert und das Patent [7] am 22. 7. 1912 ausgegeben.

¹⁾ Das Referat von Marshall bezieht sich auf die Literaturstellen [3] und [5], so daß ein Teil der Ergebnisse wiederholt wird. Es kann allerdings auch der Inhalt von [5] mit dem von [3] identisch sein.

Im November 1911 erwähnt M. Neumann im Rahmen eines Aufsatzes über brisante Sprengstoffe [8] die Hohlraumwirkung mit folgenden Worten: »Auf eine recht interessante Erscheinung möchte ich bei dieser Gelegenheit noch aufmerksam machen, die erst vor wenigen Monaten auf dem hiesigen Werke¹⁾ gefunden worden ist. Zum Sprengen von eisernen Trägern, Schienen usw. werden von den Pionieren achteckige oder runde Körper aus gepreßter Pikrinsäure benutzt, die etwa 200 g wiegen. Man sollte nun meinen und war auch bisher dieser Meinung, daß diese Körper eine um so stärkere Wirkung ausüben, je inniger die Berührung einer Fläche dieses Körpers mit dem zu durchschlagenden Gegenstand ist. Dem ist aber nicht so. Wir haben erst vor wenigen Monaten gefunden, daß ein Hohlraum im Sprengkörper, und zwar in der dem zu sprengenden Gegenstand zugekehrten Seite, die Wirkung etwa verdreifacht bis verfünffacht.«

Als Erläuterung zeigt M. Neumann die Abbildung 14, aus deren Beschriftung alle notwendigen Angaben zu entnehmen sind.

Abb. 14



M. Neumann,
Vergleich der
Sprengwirkung
eines Hohl- und
eines Vollkörpers
auf eine 25 mm
starke Eisen-
platte. 1911

¹⁾ Gemeint ist die Westfälisch-Anhaltische Sprengstoff AG. in Reinsdorf b. Wittenberg.

Auf Grund der deutschen Priorität vom 14.12.1910 meldete die WASAG am 13.12.1911 eine Verbesserung bei Sprengladungen oder Sprengkörpern in England zum Patent [9] an, das am 10.10.1911 unter Nr. 28 030 (1911) für Großbritannien erteilt wurde (s. die obige deutsche Patentanmeldung).

Das englische Patent deckt sich inhaltlich mit dem deutschen, wendet sich aber besonders der Verwendung der Hohlraumwirkung bei Geschossen, Torpedos u. ä. zu.

Es werden zuerst die Vorteile der Sprengkörper und der Geschosse mit einer Aushöhlung und dann ausführlich die Konstruktion derartiger Geschosse beschrieben. In der Abbildung 15 stellen die Fig. 1 bis 3 teils

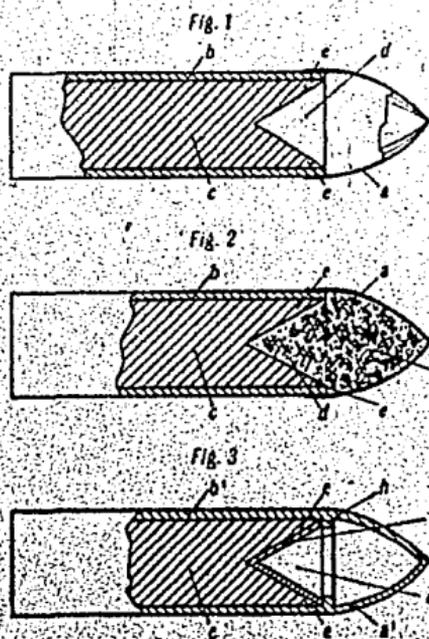


Abb. 15

WASAG, Geschosse mit Hohlraum. (Man beachte die Auskleidung des Hohlraums in Fig. 3.) 1911

axiale Schnitte, teils Seitenansichten der Geschosse dar, die eine Kappe aus dünnem Blech haben oder deren Kappe mit der Geschosshülse aus einem Stück gebildet ist. Bei Fig. 2 ist der Hohlraum mit einer Füllung (Kork oder Baumwolle) versehen; bei Fig. 3 ist die Sprengstoffoberfläche mit einem Kegel aus Stahlblech belegt, der durch einen vorspringenden Ring oder einen inneren Flansch festgehalten wird. Bei Minenladungen

oder Sprengkörpern genügt eine Verkleidung des Hohlraumes zum Schutz gegen Feuchtigkeit, z. B. ein Überzug aus paraffiniertem Papier oder Leinen.

»Bei Geschossen müßte ein widerstandsfähigeres Material als Hohlraumauskleidung verwendet werden; seine Stärke hängt von der Geschwindigkeit des Geschosses ab. Je größer die Geschwindigkeit, desto stärker muß die Hohlraumauskleidung sein, um eine zufällige Detonation des Geschosses beim Abschluß zu vermeiden.

Bei Torpedos würde eine Auskleidung aus dünnem Stahl oder Messing genügen. Diese Auskleidung müßte im zylindrischen Teil des Torpedomantels irgendwie befestigt werden, z. B. durch Nieten oder Schrauben. Bei Sprenggeschossen müßte die Auskleidung aus stärkerem Stahlblech hergestellt und starr im Geschoßmantel befestigt werden.«

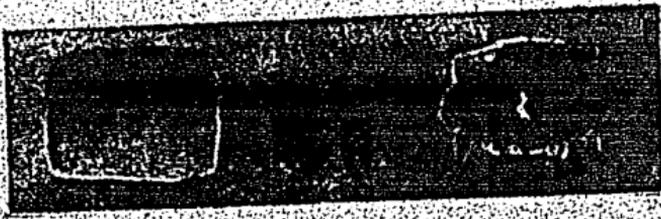
Aus der Tatsache, daß die Eiseneinlage von der WASAG nur als Schutz der Sprengladung gegen Zertrümmerung verwendet worden ist, muß man schließen, daß der WASAG die besondere Bedeutung der Stahlauskleidung nicht bekannt gewesen ist, im Gegensatz zu Wood [26], der ausdrücklich die Bedeutung der Hohlraumauskleidung hervorhebt.

Im Jahre 1911 wurden von H. Kast [10] Versuche zur Feststellung der Wirkungsweise der im Patent der WASAG beschriebenen Körper in der Chemisch-Technischen Reichsanstalt zu Berlin durchgeführt. Über diese Versuche berichtet Kast erst 1924 im Rahmen von Untersuchungen über Sprengkapselprüfmethoden [20]. Er fand bei diesen Versuchen, daß die Körper mit einer Aushöhlung eine größere Tiefenwirkung zeigten, selbst wenn ihr Sprengstoffgewicht 20% kleiner als das des Vollkörpers ist. Stauchversuche mit gleich schweren Voll- und Hohlkörpern aus Trinitrotoluol ergaben zwischen beiden Sorten keinen wesentlichen Unterschied. Das gleiche Ergebnis erhielt er bei Sprengungen im Trauzschen Bleiszylinder, wie er zur Messung der Brisanz von Sprengstoffen benutzt wird.

Abbildung 16 zeigt die Wirkung eines Voll- und eines Hohlkörpers von der äußeren Form der 200 g. schweren Pioniersprengkörper.

Man sieht auf der Oberseite der 26 mm starken Stahlplatte eine scheinbar stärkere Wirkung des Hohlkörpers, dagegen erkennt man auf der Unterseite, daß die Stoßwirkung des Vollkörpers auf die Flächeneinheit größer war als die des Hohlkörpers. Bei diesem tritt infolge der von allen Seiten in den Hohlraum einstürzenden Detonationsgase in der Richtung der Achse eine »erhöhte örtliche Bohrwirkung« auf. Kast sagt treffend: »Man kann also diese ausgehöhlten Körper in solchen Fällen, wo

Oberfläche der Stahlplatte



Unterseits der Stahlplatte



Abb. 16

Kaut. Vergleich der Sprengwirkung eines Hohl- und eines Vollkörpers auf eine Eisenplatte. 1911

es sich darum handelt, an einer bestimmten Stelle, z. B. auf Unterlagen von widerstandsfähigem Material, eine große Durchschlagswirkung zu erzielen, mit Vorteil verwenden. Wenn der Sprengstoff nach allen Seiten gleichmäßig wirken soll, z. B. im Bergbau zum Fortbewegen von Erd- oder Gesteinsmassen u. a., bietet der Hohlkörper keinen Vorteil, denn die Gesamtenergie wird ja durch die Aushöhlung vermindert.

Über die Versuche, die dem oben erwähnten Patent der WASAG zugrunde liegen, berichtet im Jahre 1914 der Ingenieur Egon Neumann [11] unter dem Titel „Neuartige Hohlkörper aus Brisanzstoffen“. Er behauptet, daß die WASAG als erste seinen ganz neuen Weg gefunden habe, um die Wirkung eines brisanten Sprengstoffes auf die Unterlage

ganz bedeutend dadurch zu vergrößern, daß man die dem zu zerstörenden Körper zugewandte Fläche des Brisanzsprengkörpers aushöhlt.

In Abbildung 17 stellt Figur 1 eine für Pionierzwecke allgemein übliche zylindrische massive Bohrpatrone dar, die aus Trinitrotoluol (Füll-

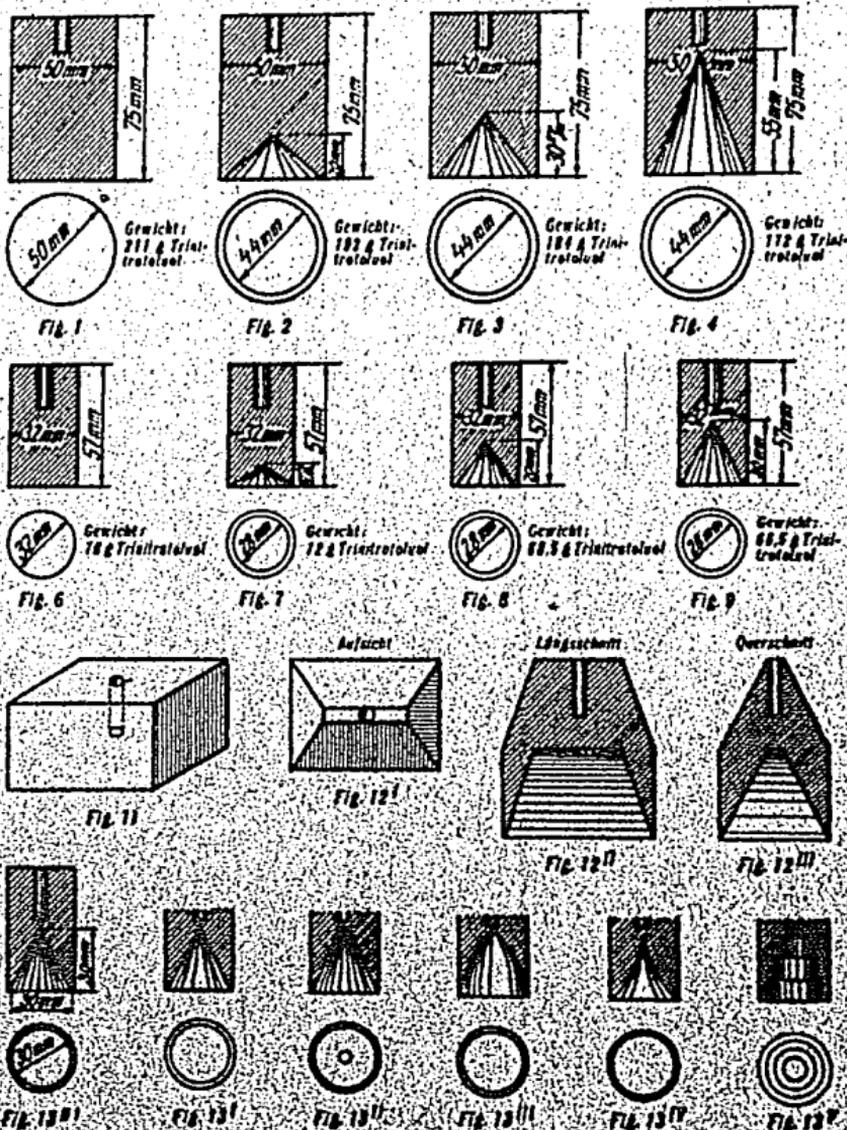


Abb. 17

E. Neumann, Skizzen verschiedener unterrichteter Hohlraumsprengkörper, 1914

pulver 02) gepreßt wurde. In den Figuren 2 bis 4 sind Bohrpatronen dargestellt, die auf der Unterseite mehr oder weniger stark kegelförmig ausgehöhlt sind. Die aus Trinitrotoluol gepreßten Körper haben folgende Gewichte:

| | |
|---|-------|
| Bohrpatrone Nr. 1, normaler, massiver Boden | 211 g |
| Bohrpatrone Nr. 2, 20 mm hohe kegelförmige Bohrung von 44 mm \varnothing | 192 g |
| Bohrpatrone Nr. 3, 30 mm hohe kegelförmige Bohrung von 44 mm \varnothing | 184 g |
| Bohrpatrone Nr. 4, 55 mm hohe kegelförmige Bohrung von 44 mm \varnothing | 172 g |

Sprengt man diese Patronen auf einer 30 mm starken Stahlplatte, so erhält man das Ergebnis, das in Abbildung 18 dargestellt ist.

Die Wirkung steigt mit zunehmender Bohrung und ist beim Körper mit der größten Bohrung (55 mm Kegelhöhe) und dem kleinsten Gewicht (172 g) am größten; in derselben Weise steigt das Durchschlags-

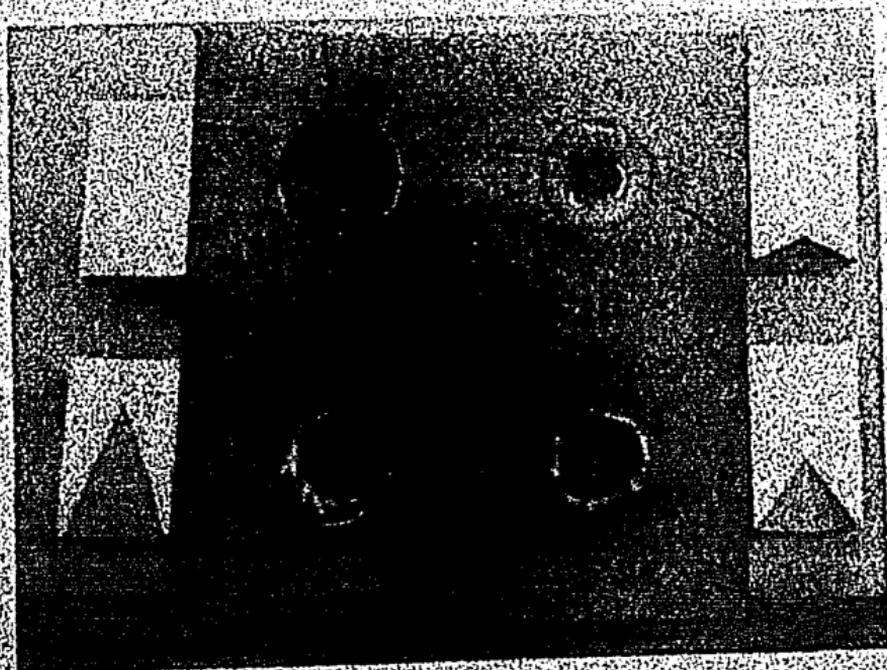


Abb. 18

E. Neumann, Einfluß der Höhe des kegelförmigen Hohlraumes auf die Sprengwirkung.

vermögen der Patronen. Um die Frage des Einflusses der Hohlraumform auf die Sprengwirkung zu klären, wurden Körper mit runden, prismatischen oder treppenförmigen Aushöhlungen gesprengt (Abbildung 17, Figur 13 I bis 13 V). Als Ergebnis hebt E. Neumann hervor, daß es ganz gleichgültig ist, welche Form die Ausbohrung des Sprengkörpers hat. Hier befindet sich auch die Abbildung 14 aus dem Aufsatz von M. Neumann mit dem Unterschiede, daß die schmiedeeiserne Platte hier als Bleiplatte ohne Angabe der Stärke bezeichnet wird.

Es werden noch weitere Versuche beschrieben: Sprengungen im Abstand von einigen Zentimetern über einer Bleiplatte (Abbildung 19,

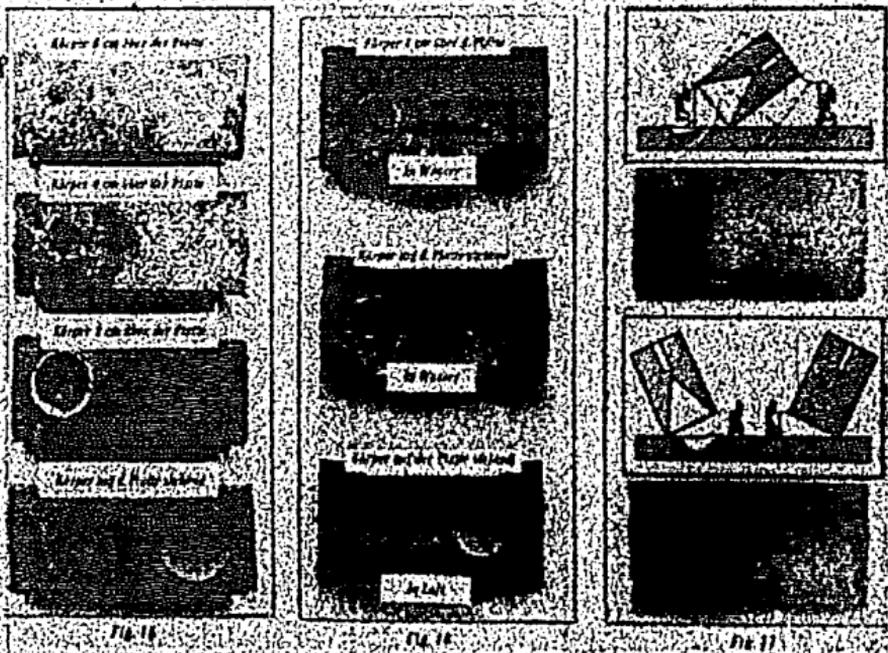


Abb. 19

E. Neumann, Verschiedenartige Anordnung von Hohlraumsprengkörpern auf Eisenplatten: im Abstand, unter Wasser und schräg. 1914

Figur 15), Sprengungen im Wasser über einer Bleiplatte (Abbildung 19, Figur 16) und Sprengungen, bei denen die Patrone schräg auf der Unterlage stand (Abbildung 19, Figur 17). Der Aufsatz schließt: »Besondere Bedeutung dürfte den Brisanzhohlkörpern vor allem auf dem Gebiet der

militärischen Sprengtechnik heizumessen sein, da sie bei geringerem Gewicht — und damit auch geringeren Kosten — eine größere Wirkung liefern, ohne irgendwelche Änderung in unseren bisherigen bewährten Sprengverfahren zu bedingen.«

Trotz ihrer bewiesenen Vorzüge sind derartige Körper im Weltkriege nicht verwendet worden.

In seinem in erster Auflage 1915 erschienenen Buche »Sprengstoffe« [12] berichtet A. Marshall über das von Neumann entdeckte Verfahren, die Wirkung eines Sprengkörpers durch Aushöhlen am Boden zu erhöhen und zitiert M. Neumann [8] und E. Neumann [11]. Die im Buch von Marshall befindliche Abbildung (Abbildung 14) stammt aus dem Aufsatz von M. Neumann [8].

Ebenfalls im Jahre 1914 erwähnt A. Stettbacher in einem Aufsatz über »Verfahren und Vorschläge zum Detonieren von Sprengladungen« [13] neben der Kumulationszündung nach Brunswig die Hohlraumwirkung nach den Versuchen von E. Neumann. Er versucht ausführlich zu erklären, warum der Hohlkörper im Vergleich zum Vollkörper eine soviel stärkere örtliche Wirkung zeigt. Nach seinen Überlegungen müßte ein Körper, dessen Hohlraum durch eine Eisenmasse ausgefüllt ist, die gleiche, wenn nicht eine größere Durchschlagswirkung aufweisen, als wenn der Hohlraum mit Luft gefüllt ist. Er berichtet allerdings nicht über durchgeführte Versuche hierzu.

In seinem 1915 erschienenen Buch »Nitrosprengstoffe« in der Reihe »Die Explosivstoffe« berichtet R. Escalas [14] über die »durchaus neuartigen Brisanzsprengkörper, besonders geeignet für die Ploniararbeit«, die der WASAG patentiert worden sind. An Hand einiger Skizzen und Bilder teilt er die Versuchsergebnisse von E. Neumann [11] mit. Auch er hebt gemäß Neumann hervor, daß der Hohlraumeffekt weder an bestimmte Abmessungen oder Größenverhältnisse der Sprengkörper noch an eine besondere Form des Hohlraumes gebunden sei. »Ob die Anbohrung kegel- oder treppenförmig, rund oder prismatisch sei, ist gleichgültig; immer hängt die Wirkung von der Größe der Aushöhlung ab.«

Es sei schließlich noch erwähnt, daß in dem 1917 erschienenen Buch »Initialexplosivstoffe« in der Reihe »Die Explosivstoffe« die Verfasser R. Escalas u. A. Stettbacher [15] im Zusammenhang mit der Kumulationszündung nach H. Brunswig auf die »überraschende Erscheinung« auf-

merksam machen, die einer Erfindung der WASAG zugrunde liegt. Sie berichten kurz über die Hohlraumwirkung unter Hinweis auf die ausführliche Darstellung von E. Neumann [11].

Im Jahre 1920 berichtet Marshall nochmals über das Hohlkörperproblem [16]. In seinem Buch »Sprengstoffe« [12] hatte er 1915 die Entdeckung der Hohlraumwirkung M. Neumann¹⁾ und seinen Mitarbeitern zugeschrieben, wie dieser dies in seiner Mitteilung [8] 1911 klar und deutlich beansprucht. Dasselbe fordert die WASAG in ihrem Patent [7] sowie E. Neumann in seinem Bericht über das Hohlkörperproblem [11], in dem er die beschriebene Anordnung »einen ganz neuen Weg«²⁾ nennt.

Marshall hat jedoch von Ch. E. Munroe erfahren, daß dieser die Entdeckung viele Jahre vorher gemacht und in Amerika mehrfach veröffentlicht hatte. Deshalb will er seinen Fehler berichtigen und demjenigen die Ehre (der Entdeckung) geben, dem sie gebührt. Er berichtet kurz über die Versuche von Munroe und ihr Ergebnis unter Angabe der betreffenden Literaturstellen (s. [2], [3], [4] und [5]). Neben dieser Richtigstellung versucht er eine Erklärung der Hohlraumwirkung zu geben, ohne über eigene Versuche zu berichten.

In seinem 1921 erschienenen Buch »Spreng- und Zündstoffe« erwähnt H. Kast [17] kurz das Patent der WASAG [7] zur Herstellung von Sprengkörpern mit ausgespartem Hohlraum am Boden. In einer Fußnote sagt er nach der Nennung der Nummer des Patentes: »Vgl. jedoch vorher v. Förster, Versuche mit comprimierter Schießbaumwolle, Berlin 1883«. Zu den Hohlkörpern sagt Kast, daß man mit ihnen »in manchen Fällen eine starke, örtliche Wirkung erreicht, weil die in der Mitte des Hohlraumes sich zusammendrängenden Detonationsgase und die daraus resultierende Stichflamme eine bohrende Wirkung auf die Unterlage ausüben. Die Gesamtwirkung auf die Unterlage wird aber durch den Hohlraum vermindert.« Kast teilt hier also kurz das Ergebnis seiner 1911 durchgeführten [9] und 1924 ausführlich veröffentlichten [20] Versuche mit.

In dieser Zusammenstellung von Angaben über Wirkungen von Hohlkörpern sind diejenigen zu berücksichtigen, die sich mit der Wirkung von Sprengkapseln befassen, die an ihrem Ende eine Vertiefung oder Ausbuchtung tragen, z. B. die sogenannte Schulze-Sprengkapsel.

Bevor auf diese eingegangen wird, soll ein deutsches Patent von L. Waydelin [18] aus dem Jahre 1880 erwähnt werden, das sich mit »Neue-

¹⁾ Von Marshall hier mit E. Neumann verwechselt.

²⁾ Von Marshall im englischen Original in deutscher Sprache hervorgehoben.

rungen an Spreng-Zündhütchen« (das sind die heutigen Sprengkapseln) beschäftigt. Es heißt in diesem Patent: »Die Erfahrung hat gelehrt, daß die Wirkung des Sprengzündhütchens wesentlich erhöht wird, wenn es gelingt, die Hauptwirkung der Explosion in die Richtung der Längsachse des Sprengzündhütchens zu lenken«. Zur Erreichung dieses Zieles wird neben verschiedenen anderen der Vorschlag gemacht, den Boden der Sprengkapsel zu durchbohren und auf den Rand des Loches in die Sprengkapselhülse eine Bodenplatte zu legen, die »plan-plan, plan-konvex oder plan-konisch sein kann«. Im zweiten Fall wird so ein halbkugelförmiger, im dritten ein konischer Hohlraum in der Sprengladung der Sprengkapsel ausgespart. Daß dem Patentanmelder die Bedeutung dieses so geschaffenen Hohlraumes bewußt geworden wäre, ist unwahrscheinlich; denn in der Patentschrift befindet sich nicht das Wort Hohlraum oder Aussparung.

Im Jahre 1921 beschreibt der Patentanwalt B. Bomborn »Die neue deutsche Sprengkapsel von Schulze« [19], deren Patentfähigkeit vom deutschen und von ausländischen Patentämtern anerkannt worden war.

In Abbildung 20 zeigt Figur 1 die übliche Sprengkapsel mit Aufladung und Innenhütchen. Die übrigen Kapseln (Figur 2 bis Figur 5) stellen Vor-

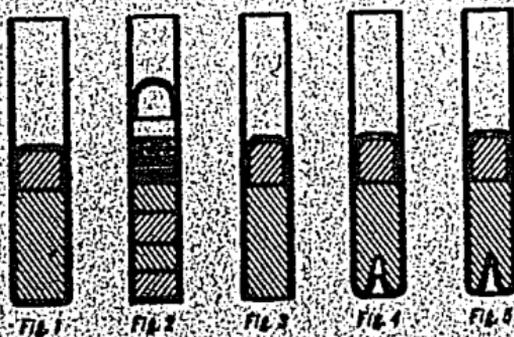


Abb. 20

Bomborn. Verschiedenartige Sprengkapseln; Figur 4 und 5 sind Kapseln mit Hohlraum nach Schulze. 1921

schläge dar, die den Nachteil der üblichen Sprengkapseln vermeiden sollen, der in folgendem besteht: Die Pressung des Sicherheitsprengstoffes, z. B. Tetryl, d. h. der Hauptladung der Sprengkapsel, ist dort am größten, wo der Preßstempel einwirkt, während die Pressung in der Nähe des Bodens der Kapsel am schwächsten ist, denn normalerweise werden

die Sprengkapseln von oben gepreßt. Es ist aber bekannt, daß das Initiierungsvermögen und die Brisanz einer Kapsel dann am größten ist, wenn die höchste Pressung des Tetryls am Bodenteil der Kapsel vorliegt. Daher wurde, wie Figur 2 zeigt, der Sprengstoff in kleineren Dosen eingefüllt und jede Dosis für sich gepreßt. Durch geeignete Wahl des Preßdruckes wurde erreicht, daß der Preßdruck in der Schicht am Boden der Kapsel am größten war. Dies Verfahren wird heute in Deutschland meistens angewendet, obwohl es etwas umständlich ist und höhere Herstellungskosten der Sprengkapseln bedingt. Zur Erreichung des Zieles wurde von schwedischen Erfindern die Boforserkapsel (Abbildung 20, Figur 3) vorgeschlagen, die keinen Boden hat und sozusagen von unten gepreßt wird. Diese hat den Nachteil, daß der Sprengstoff frei liegt, und außerdem treten bei ihrer Herstellung Schwierigkeiten auf, auf die hier nicht eingegangen werden soll. Bei der Schulze-Sprengkapsel (Abbildung 20, Figur 4 und 5) ist durch einen Dorn erreicht, daß der Preßdruck am Boden der Kapsel erheblich erhöht wird. Dabei kann man entweder mit dem Dorn gemäß Figur 4 den Kapselboden durchlöchern, so daß der Sicherheitsprengstoff an seinem unteren Rande vollkommen von einem ringförmigen Metallkrans umschlossen ist, oder den Boden gemäß Figur 5 nur nach oben konisch eindrücken. Es wird von Bomborn hervorgehoben, daß »die Schulze-Sprengkapsel Nr. 4 mindestens der deutschen Sprengkapsel Nr. 8 in der Wirkung entspricht«.

In Abbildung 21 stellen die mit *A* bezeichneten Aufnahmen die Vorderseiten und die mit *B* bezeichneten Aufnahmen die Rückseiten von 2 Bleiplättchen von 7 mm Stärke dar. Das linke Bleiplättchen wurde mit einer normalen Kapsel Nr. 8 mit der damals üblichen Ladung, nämlich 0,9 g Tetryl und 0,6 g Knallquecksilber, beschossen. Das rechte Plätt-

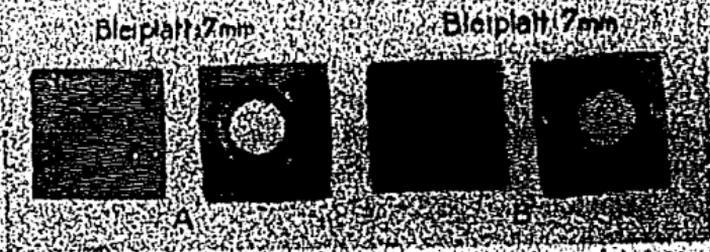


Abb. 21

Bomborn, Wirkung einer normalen Sprengkapsel Nr. 8 (links) und einer schwächeren Schulze-Hohlraumsprengkapsel (rechts) auf Bleiplatten von 7 mm; A = Vorderseite, B = Rückseite. 1921

chen wurde mit einer Schulze-Sprengkapsel beschossen, wobei in eine Kapselhülse der Größe Nr. 8 eine Ladung von nur 0,4 g Tetryl und 0,3 g Knallquecksilber nach dem Schulze-Verfahren gepreßt war. Im ersten Fall (links, Sprengkapsel Nr. 8) ist die Bleiplatte praktisch nicht durchschlagen, sondern nur auf der Rückseite (Abbildung 21, B, links) kräftig aufgeblättert bzw. abgeplatzt. Im anderen Fall (rechts, Schulze-Sprengkapsel) ist die Bleiplatte glatt mit einem großen Loch durchschlagen, dessen Seitenränder eine glatte Fläche bilden. Aus dieser höheren Durchschlagskraft und anderen stärkeren Wirkungen im Vergleich mit der normalen Sprengkapsel Nr. 8 wird auf die höhere Brisanz der Schulze-Sprengkapsel geschlossen. Daß die oben gezeigte starke Wirkung der Schulze-Kapseln gegen die Bleiplatte, auf der sie stand, auf den Hohlraum am Boden der Kapsel zurückzuführen und eine in Richtung der Längsachse der Kapsel gerichtete Wirkung ist, wird von Bomborn nicht erwähnt und scheint ihm nicht bekannt gewesen zu sein. Die mit einem Dorn gepreßte Schulze-Sprengkapsel (Abbildung 20, Figur 5) ist als ein kleiner zylindrischer Sprengkörper aufzufassen, der am Boden, d. h. hier also auf der dem zu zerstörenden Objekt zuliegenden Seite, mit einem Hohlraum versehen ist. Dieser Hohlraum ist mit einem Futter versehen, nämlich mit dem hineingedrückten Boden der Sprengkapselhülse. Ein solcher mit einem Futter versehener Hohlraum ist zwar schon im Patent der WASAG [6] und [7] beschrieben, aber es wurden keine Versuche hierüber mitgeteilt, so daß die Schulze-Sprengkapseln die erste technische Verwendung des mit einem Futter oder einer »Einlage« belegten Hohlraumes darstellt. (Über die Wirkungen derartiger Sprengkapseln s. auch Kast und Haid [20] und besonders Wood [27].)

Über weitere Versuche mit der Schulze-Sprengkapsel berichten Kast und Haid 1924 in einer Mitteilung über »Untersuchungen über die Brauchbarkeit der Methoden zur praktischen Prüfung von Sprengkapseln« [20]. Diese Versuche waren ebenfalls bereits im Jahre 1911 durchgeführt und beschäftigten sich mit 3 Sorten von Trinitrotoluol-Knallquecksilber-Sprengkapseln (Abbildung 22):

Sorte 1: Normale Sprengkapsel,

Sorte 2: Vor Einpressen der Ladung wurde in die Hülse ein leeres Kupferhütchen hineingestellt,

Sorte 3: Der Hohlraum wird beim Pressen durch einen Stempel ausgespart, ohne Futter.

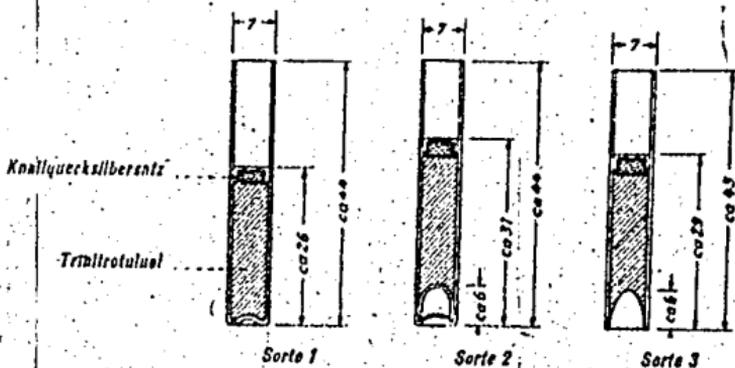


Abb. 22

Kast u. Haid, Sprengkapseln ohne und mit Hohlraum, mit und ohne »Einlage«. 1924

Die Sorte 3 stellt einen Hohlkörper im kleinen dar, der eine fast halbkugelförmige Aussparung mit nahezu zylindrischem Ansatz trägt und der oberhalb des Hohlraumes eine verlängerte Ladung besitzt. In der Sorte 2 erkennt man einen Hohlkörper mit halbkugelförmiger Aussparung, die mit Kupferblech ausgekleidet ist. Der Sprengstoffkörper steht hier nicht direkt auf der zu zerstörenden Unterlage auf, sondern hat von ihr einen Abstand etwa von der Größe des Durchmessers des Hohlraumes; man kann von einem hochgestellten Sprengkörper mit halbkugelförmigem Hohlraum und ebensolcher Einlage sprechen.

Kast und Haid führten mit diesen 3 Sprengkapselsorten einige Versuche über Brisanz-, Spreng- und Zündwirkung durch. Die Ergebnisse der charakteristischen Brisanzprüfung, die auf 12 mm starken Bleiplatten vorgenommen wurde, sind in Abbildung 23 wiedergegeben. Bei der Sorte 1, die mit ihrem Boden flach auf der Bleiplatte aufstand, trat auf der Rückseite ein »Abplatzeffekte« auf. Die Sorte 3 verursachte eine tiefe Ausgrabung in der Bleiplatte mit aufgeworfenen Rändern. Die Sorte 2 unterschied sich von den beiden anderen grundsätzlich und zeigte ein ganz anderes Bild. Kast und Haid schildern dies treffend mit den Worten: »Die Bleiplatte ist hier schußartig durchbohrt worden; dabei war das in die Sprengkapselhülse eingesetzte Kupferhütchen in die Platte hineingeschossen und sogar in einem Fall durch diese hindurchgeschossen worden. Der entstandene Hohlraum besitzt daher nicht, wie bei den beiden anderen Sorten, eine halbkugelförmige, sondern eine mehr zylindrische Form, die im Innern der Platte etwas erweitert ist« (Abbildung 23).

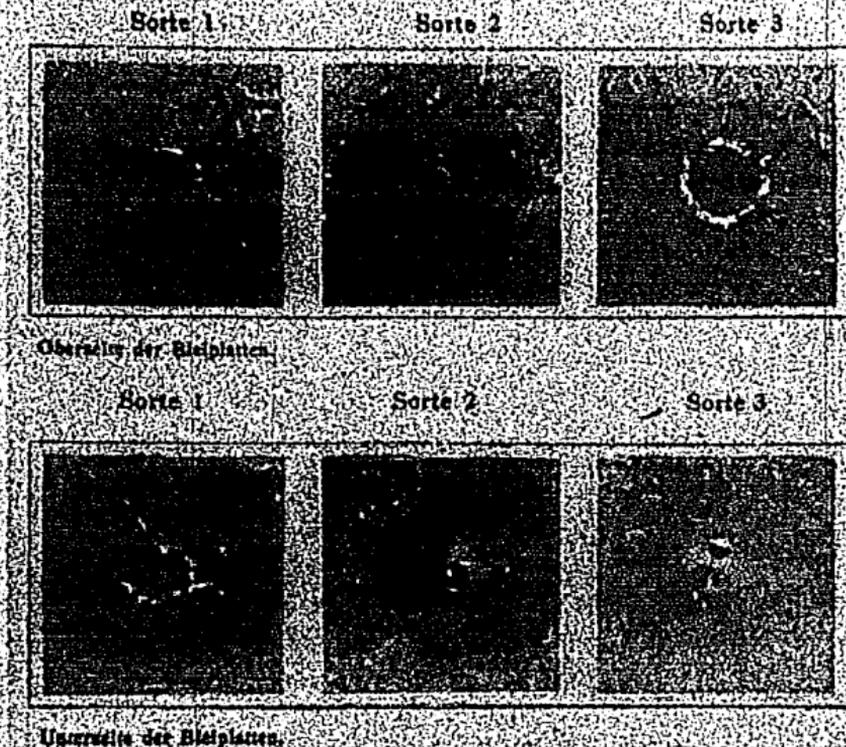


Abb. 23

Kast n. Hald, Wirkung der in Abbildung 23 gezeigten Sprengkörper auf Bleiplatten von 12 mm Stärke: 1924

Diese charakteristische Wirkung der sogenannten hochgestellten (d. h. nicht direkt auf der Unterlage aufstehenden) Sprengkörper mit etwa halbkugelförmiger Aushöhlung und metallischer »Einlage« (Futter) wird noch später an Hand einer neueren englischen Veröffentlichung [27] ausführlich besprochen.

Im Jahre 1925 behandelt M. Sucharowsky [21] in der russischen Zeitschrift »Technik und Versorgung der roten Armee« die Möglichkeit der Brisanzsteigerung von Sprengstoffen durch die Anwendung der Kumulationswelle. Nachdem er die Erscheinung der kumulativen Detonation und ihrer Verwendung zur Zündung von Sprengstoffen sowohl von der wissenschaftlichen als auch von der technischen Seite eingehend beschrieben hat, wendet er sich dem Hohlraumeffekt zu, den er durch die Wirkung der Kumulationswelle zu erklären versucht. An Hand der Ver-

öffentlichungen von M. [8] und E. Neumann [11] sowie des WASAG-Patentes [7] berichtet er über die bisherigen Versuche mit Hohlkörpern und ihre Ergebnisse. Dann teilt er eigene Versuche mit, die er mit Sprengkapseln Nr. 8 ausführte. In diese Kapseln (gefüllt mit 0,6 g Knallquecksilber und 1 g Tetryl oder Trinitrotoluol) von 45 mm Länge und 6 mm Durchmesser wurden auf der Bodenseite Löcher von 1, 1,5, 2, 3 und 4 mm Durchmesser und 5, 10, 15, 20 mm Tiefe gebohrt (Abbildung 25 Figur 9). Diese Kapseln wurden auf 7 mm dicken Bleiplatten gesprengt, ebenso wie bei der Untersuchung von Sprengkapseln verfahren wird. Die Abbildung 24 zeigt einige dieser Versuche: Nr. 1 stellt die Wirkung einer normalen Tetrylkapsel dar, Nr. 2 die einer solchen mit einem Hohlraum von 4 mm Durchmesser und 8 mm Höhe. Nr. 3 zeigt den Eindruck einer Kapsel in einem Hohlraum von 4 mm Durchmesser und einer Höhe von 10 mm, Nr. 4 den einer Kapsel mit einem Hohlraum von 3 mm Durchmesser und einer Höhe von 10 mm. Die übrigen Platten 5 bis 8 zeigen ähnliche Ergebnisse. Als Ergebnis dieser Versuche, bei denen über 200 Kapseln gesprengt wurden, faßt Sucharewsky zusammen, daß sich die Sprengkraft¹⁾ solcher Hohlraumkapseln bedeutend mit Vergrößerung des Hohlraumdurchmessers erhöht. Er konnte eine Vergrößerung des in die Platte gebohrten Loches um fast das Doppelte feststellen. Wird der Hohlraum zu tief, so läßt die Wirkung nach. Sucharewsky erwähnt hier kurz die deutsche Schulze-Sprengkapsel.

Sucharewsky berichtet ferner über Versuche mit Hohlpatronen aus Trinitrotoluol, die auf Eisenplatten gesprengt wurden. Eine Reihe von Versuchen ist auf Abbildung 24 unter Nr. 10 gezeigt²⁾.

Als Ergebnis dieser Sprengungen erhält man, daß eine Vergrößerung der Brisanzwirkung durch Vergrößerung des Hohlraumes bis zu gewissen Grenzen zu erreichen ist. Sucharewsky erwähnt, daß bei Patronen mit halbkugelförmigem Hohlraum eine etwas größere Durchschlagwirkung als bei anders geformtem Hohlraum beobachtet wurde. »Auf diese Weise zeigt sich anschaulich die ungeheure praktische Bedeutung der Anwendung von Hohlraumpatronen, deren Wirkung für die Ziele der militärischen Sprengtechnik bei Verringerung des Gewichts der Patronen auf die Hälfte des normalen Gewichts, bei Vergrößerung der Brisanzwirkung auf das 3- bis 5fache äußerst ideal und vollkommen erscheint.«

¹⁾ Sprengkraft gegen die Bleiplatte.

²⁾ Die Einzelheiten sind infolge des schlechten Papiers und Druckes auch im Original nicht zu erkennen.

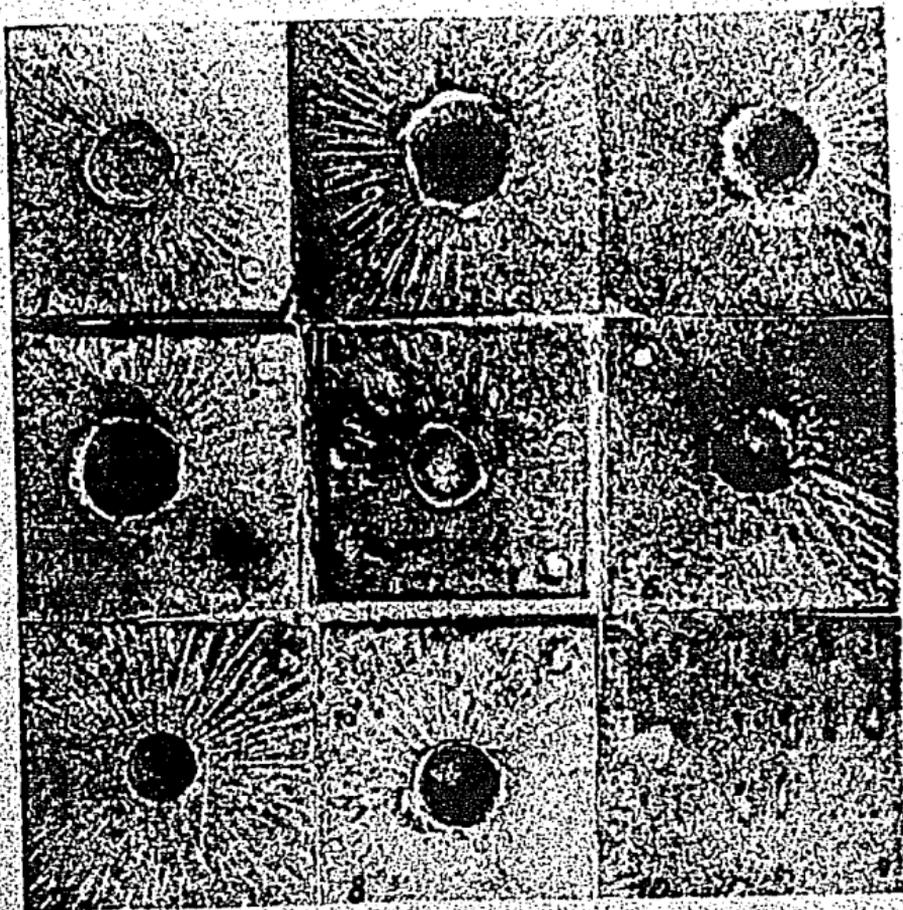


Abb. 24

Sucharewsky, Wirkung von Sprengspitzen ohne und mit zylindrischem Hohlraum verschiedener Höhe. 1925

Sucharewsky stellt dann die Erklärungsversuche verschiedener Autoren nebeneinander und versucht seinerseits, den Effekt durch die Wirkung von Kumulationswellen nach Brunswig zu erklären. Zur Bestätigung dieser Theorie führt er einen Versuch durch, den Hohlraumeffekt auf einer Platte, d. h. zweidimensional, zu demonstrieren, wie Figur 11 auf Abbildung 25 zeigt.

Hierzu legte er detonierende Zündschnur bei *b* und in dem Bogen *aa* auf eine Holstafel. Außer der Vertiefung unter der Zündschnur bei *b* und *aa* erhielt er auch eine Vertiefung längs der Linie *cd*, wo keine

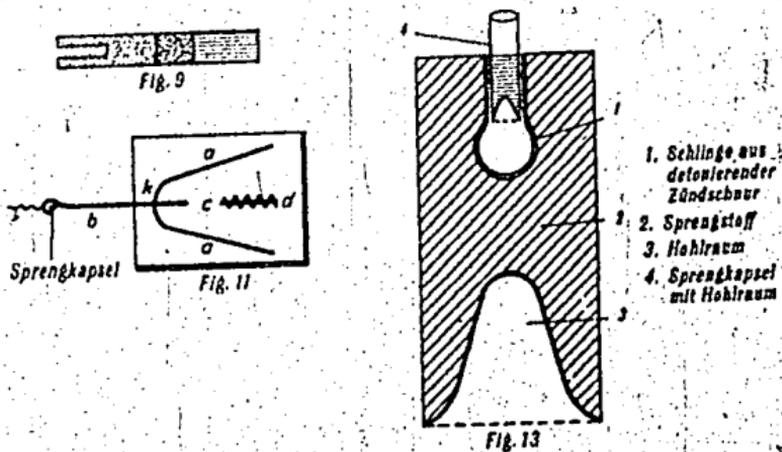


Abb. 25

Sucharewsky, Figur 9 zeigt eine Sprengkapsel mit Hohlraum, Figur 11 die zweidimensionale Demonstration der Hohlraumwirkung (Holzbrett mit aufgenagelter Zündschnur *aa*, *b*), Figur 13. Hohlraumpatrone mit Kumulationszündung. 1925

Schnur gelegen hatte. Diese Vertiefung befindet sich in einem gewissen Abstände von der Zündschnurkreuzung *k* und erscheint als Folge des Zusammentreffens der Gaswellen, die von der Sprengung der Zündschnur *aa* und der Schnur *b* herrühren.

Auf Grund seiner Versuche und Überlegungen kommt Sucharewsky zu dem Schluß: »Die gleichzeitige Vereinigung des Prinzips der Kumulationswellen, sowohl für die Detonatoren (Brunswig-Schlinge, Stange, Hohlraumkapsel) als auch für die Sprengladung selbst (Hohlraumform der Patrone) gibt die praktische Möglichkeit der Erreichung maximaler örtlicher Brisanzwirkung zur Anwendung in der militärischen Sprengtechnik bei gleichzeitiger bedeutender Verminderung des Gewichts der Ladung.«

Als Folge dieser Überlegung macht er schließlich einen Vorschlag für die Fabrikation von Pionierpatronen oder zur Verwendung in Minen oder Fliegerbomben, der eine Sprengkapsel mit Hohlraum, eine Zündschnurschlinge nach Brunswig und einen Hohlraum in der eigentlichen Sprengladung vorsieht, wie dies Figur 13 in Abbildung 25 zeigt.

Ein Vorschlag zu einer technischen Verwendung des Hohlkörperproblems wurde 1925 von M. Lupus [22] im Rahmen eines Aufsatzes über »Sprengkapseln und Initiatoren« gemacht. Lupus schlägt vor, den Initiator (Übertragungskörper) einer Sprengpatrone konisch anzubilden.

wie Abbildung 26 zeigt. Mit Hilfe dieses Initiators, der aus einer Sekundärladung von 15 g Trinitrotoluol bestand, war es möglich, zwei Ammoniumsalpeter-Patronen, wie sie im Bergbau im Bohrloche benutzt werden, zu Detonation zu bringen. Lupus sagt: »Die stark konische Bodeneinhöhlung gibt bekannterweise der Durchschlagkraft eine außerordentlich

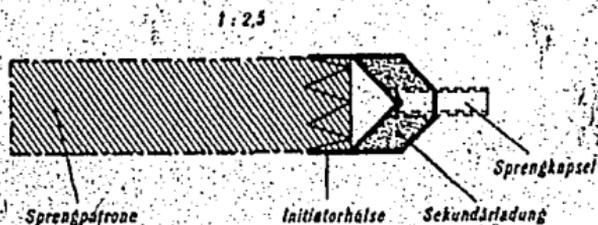


Abb. 26

Lupus, Sprengpatrone mit einem mit Hohlraum versehenen Initiator. 1925

Verstärkung, die schon jahrelang bei Sprengkapseln und Sprengkörper bekannt ist, hier aber mit gleichem Durchmesser wie die Sprengpatrone besser als bisher zur Initiierung der Sprengladung herangezogen wird.

Lupus sah vor, daß die Initiatorhülse, die die konusförmige Ladung auch innen bedeckt, aus Weißblech hergestellt wurde. Es liegt hier also der Fall vor, daß der Hohlraum mit einem Futter, einer sogenannten Einlage, versehen ist. Die Bedeutung dieser Tatsache wird allerdings vom Autor nicht hervorgehoben und war ihm wohl nicht bekannt.

Im Jahre 1926 berichtet wiederum Sucharewsky [23] in der russischen Zeitschrift »Der Krieg und die Technik« über Sprengungen von Hohlchargen, die er 1924/25 auf einem Ingenieurversuchsplatz und in der Tulaschen Gewehrfabrik durchgeführt hat. Bevor er seine Versuchsergebnisse mitteilt, nimmt er zu den bisher erschienenen Veröffentlichungen Stellung. Er stellt die Ausführungen von M. und E. Neumann [] und [11] zusammen mit dem WASAG-Patent [7] der zuerst erschienenen Arbeit von M. v. Förster [1] gegenüber und stellt fest, daß »M. Neumann nach der Abhandlung Försters nichts Neues und Originelles hinzugesetzt hat«. Nach einem Zitat der Schlußfolgerungen Försters schließt er: »Förster hat also schon lange vordem (vor 28 Jahren) Grundidee in Ausführung des der Westfälisch-Anhaltischen Fabrik patentierten Verfahrens gekannt.« Sucharewsky erwähnt weiter die Arbeit von Munro [2] und das Referat von Marshall [16] über Munroes Versuche und hebt hervor, daß »Munroes Versuche keine Hinweise auf die Frage ein

weitgehenden praktischen Verwendung von Hohlkörpern gaben und, was am unverständlichsten ist, das Prinzip der Hohlkörper weder in die Kriegssprengtechnik noch in den sonstigen praktischen Gebrauch einführte. Charakteristisch ist es, daß die Versuche Försters und Munroes (in den Jahren 1883 und 1888), also auch die von E. Neumann im Jahre 1914, nur auf einzelne Sprengungen hinausliefen, die keine verallgemeinernden Schlüsse und die Feststellung einer Reihe von Momenten möglich machten, deren Gesetzmäßigkeit vom Verfasser¹⁾ vorliegender Abhandlungen beobachtet wurde.

Er erwähnt weiter die Mitteilung von Kast [10] über dessen 1911 ausgeführte Versuche und stellt fest, daß seine (Sucharowskys) von Kast unabhängig aufgestellte Erklärung der Hohlraumwirkung mit derjenigen von Kast übereinstimmt. Aber die »Versuchsarbeiten Kasts (ausgeführt im Jahre 1911 und veröffentlicht im Jahre 1924) geben keine praktischen Hinweise über die Verwendung der Durchschlagwirkung von Hohlkörpern in der Sprengtechnik. Die negative Seite der von E. Neumann als auch von Kast ausgeführten Versuche ist die, daß sie nur eine kleine Anzahl von Sprengungen und diese außerdem mit Ladungen von geringem Gewicht vorgenommen haben, was zu übereilten Schlußfolgerungen Anlaß gab, die sich von den Resultaten, zu denen ich auf Grund meiner Versuche gelangte, unterscheiden. Tatsächlich haben Neumann und Kast in ihren Versuchen nur Ladungen mit einem Maximalgewicht des Vollkörpers von 211 g verwandt.

Sucharowsky berichtet dann über seine eigenen Arbeiten. Zuerst versuchte er zu klären, ob die Form des Hohlraumes, wie E. Neumann behauptete, gleichgültig sei. Er sprengte daher Körper mit kegelförmigem, verschiedenem rechteckigem und halbkugelförmigem Hohlraum über Eisenplatten ab (Abbildung 27, Figur 3 bis 6 und Figur 10 bis 12).

Man erkennt: »1. Der kegelförmige Hohlraum erzeugt die geringste Durchschlagwirkung. 2. Eine Ausparung rechtwinkliger Form erzeugt im Verhältnis zu einer solchen mit kegelförmiger Form eine größere Wirkung. 3. Ein Hohlraum von halbrunder Form ergibt die größte Wirkung. Dasselbe läßt sich auch bei Ladungen von verlängerter Form feststellen, wo die Vorsüge einer halbrunden Ausparung im Vergleich zu einer kegelförmigen deutlich sichtbar sind.« Die Figuren 10 bis 12 zeigen deutlich die Vorsüge eines halbkugelförmigen Hohlraumes im

¹⁾ Sucharowsky.

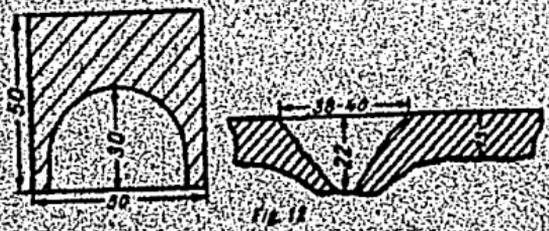
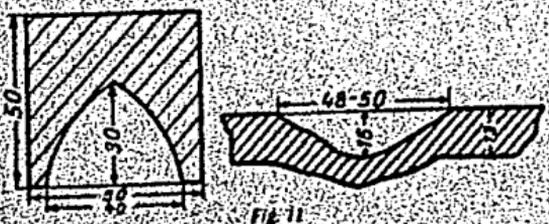
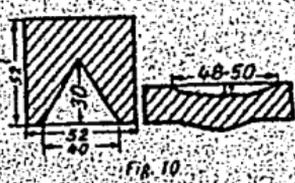
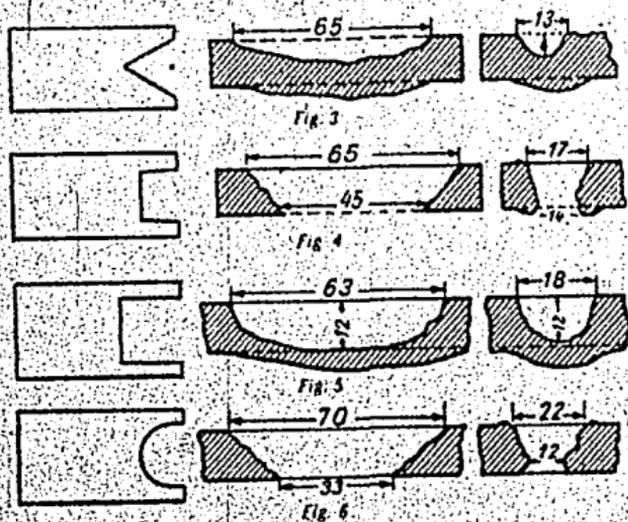


Abb. 27

Scharewsky, Skizzen von Sprengkörpern mit verschiedenartigem Hohlraum zur Feststellung der günstigsten Hohlraumform und ihre Wirkung auf Eisenplatten. 1926

Vergleich zu einem kegelförmigen; ebenso zeigt dies die Photographie (Abbildung 28), auf der oben die Abdrücke voller Körper und dann entsprechend die von Körpern mit konischem und schließlich die von Kör-

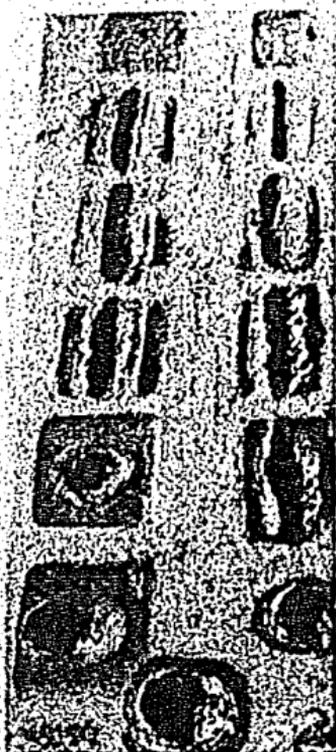


Abb. 28

Sucharewsky, Wirkung von massiven und Hohlraumkörpern auf eine Eisenplatte. 1926

pern mit halbrundem Hohlraum abgebildet sind¹⁾). Sucharewsky führte weitere Versuche mit massiven und ausgehöhlten Ladungen verschiedener Form durch, wie Abbildung 29, Figur 14 bis 16 und Figur 20 bis 22

¹⁾ Die ungenau Beschreibung der einzelnen Figuren auf Abbildung 28 stellt die wörtliche Übersetzung des russischen Originaltextes dar. Auf die Wiedergabe weiterer Photographien aus der Arbeit mußte verzichtet werden, da sie infolge des schlechten Druckes sehr undeutlich sind und teilweise im Text ungenügend beschrieben werden. Ebenso sind die Skizzen, von denen hier die wichtigsten wiedergegeben werden, wohl wegen Platzmangel unübersichtlich eng zusammengedrückt, der Maßstab wird öfter geändert, ferner treten im Text Unklarheiten auf. Die Skizzen sind deutsch beschriftet (Figur) unter Beibehaltung der Nummer des Originals.

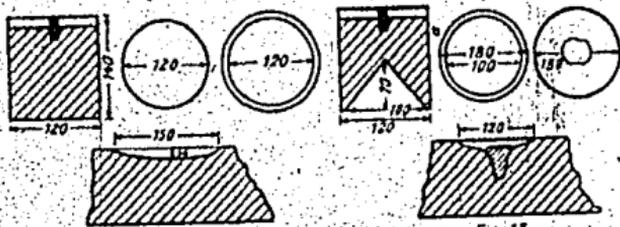


Fig. 14

Fig. 15

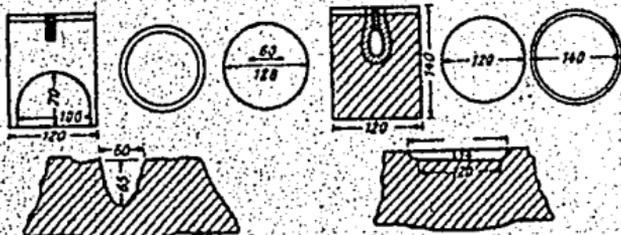


Fig. 16

Fig. 17

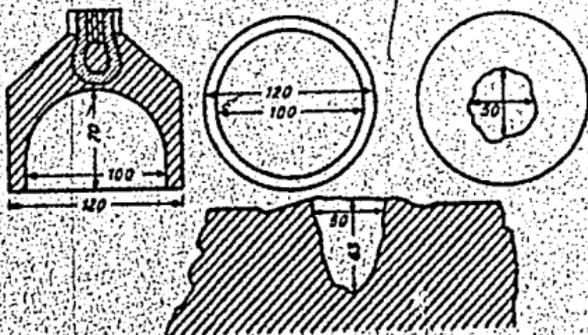


Fig. 18

Fig. 19

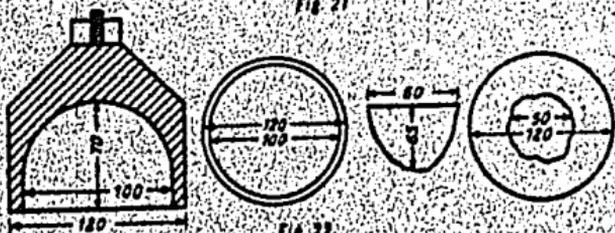


Fig. 21

Fig. 22

Abb. 29

Sacharewsky, Hohlraumsprengkörper, s. T. mit kumulativer Zündung (Figur 20, Figur 21) (Beachtenswert die Form Figur 22). 1926

zeigt¹⁾. Neben der üblichen Zündung wird die Schlinge nach Brunswick aus detonierender Trinitrotoluol-Züandschnur zur Zündung verwendet, wie die Figuren 20 und 21 zeigen. Sucharewsky behauptet zwar in seiner früheren Arbeit [20], daß durch Verbindung der Prinzipien der Hohlkörper und der Kumulationschlinge nach Brunswick eine größere Durchschlagwirkung erzielt wird; aber aus seinen eigenen Angaben in den Skizzen der Versuchsergebnisse kann man ersehen, daß die Zündung der Hohlkörper mit der Züandschnurschlinge gegenüber der gewöhnlichen Zündung keine Vorteile bietet.

Von den mitgeteilten weiteren Versuchen mit länglichen (d. h. im Grundriß rechteckigen) Ladungen sollen hier nur als Beispiel in Abbildung 30, Figur 25 und Figur 26, Körper mit einem Gewicht von 4 bis 5 kg angeführt werden. (Wie aus der Skizze zu ersehen ist, wurden die Ladungen auf einer gewölbten Unterlage gesprengt, wie sie z. B. durch eine Panzerkuppel dargestellt wird.)

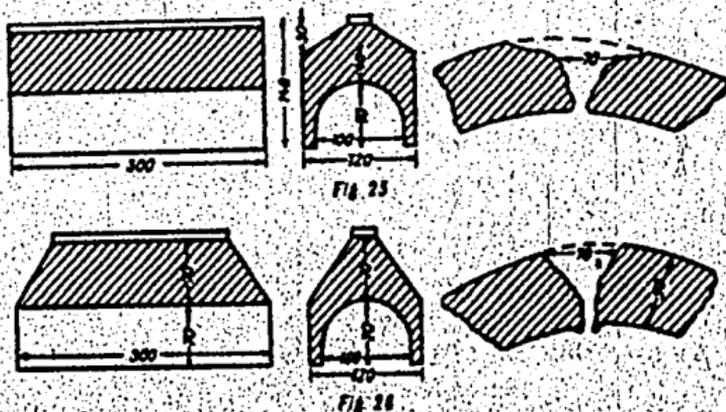


Abb. 30

Sucharewsky, Sprengkörper mit »Hohlraum«. 1926.

Aus allen diesen Versuchen kommt Sucharewsky zu dem Schluß, daß ein Hohlraum von halbrunder Form unvergleichlich mehr Vorzüge und eine beinahe doppelt so große Durchschlagwirkung hervorruft als Hohlräume von konischer oder rechteckiger Form.

¹⁾ Es wird auf die gut entwickelte und konische Form, z. B. in Figur 22, hingewiesen.