

Zeitschrift: Protar
Herausgeber: Schweizerische Luftschutz-Offiziersgesellschaft; Schweizerische Gesellschaft der Offiziere des Territorialdienstes
Band: 8 (1941-1942)
Heft: 5

Artikel: Kriegssprengstoffe
Autor: Stettbacher, A.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-362852>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 07.02.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

erfolgen. Die *Ausbildung* muss eine äusserst gründliche und umfassende sein. Es soll sich um Einheitsfeuerwehrsoldaten handeln, welche auch körperlich in der Lage sind, Ueberdurchschnittliches zu leisten. Die Mannschaft muss sich eine Ehre und Freude daraus machen, bei irgendeinem Einsatz, auch im Uebungsdienst, ihr Letztes einzusetzen. Andere Leute kommen zur Dienstleistung bei dieser Mannschaft nicht in Frage.

Die langen Einsatzzeiten, welche bei den Uebungen immer wieder zu Bedenken und Bemerkungen Anlass geben, können bei Verwendung dieser Schnellöschtrupps herabgesetzt werden. Sie bedeuten zudem für vorhandene automobile Geräte ein Ersatzmittel, wenn ihr Einsatz aus diesem oder jenem Grunde nicht möglich sein sollte.

Die Aufstellung der Schnellöschtrupps ist finanziell auch den kleinen Organisationen möglich und dient zudem der Ortschaft nicht nur zu Kriegs-, sondern auch zu Friedenszeiten.

Schnellöschtrupps könnten innerhalb bestimmter Strassen und Häuserblocks auch als erste Verstärkung der üblichen Hausfeuerwehren bereitgestellt werden. Sie würden eine Art Blockfeuerwehr bedeuten und ein Bindeglied zwischen Luftschutz-



Schnellöschtrupp der LO Basel (Material auf 4 Leute verteilt)

feuerwehr und Hausfeuerwehr darstellen. Die Aufstellung der notwendigen Bedienungsmannschaft wird auf Schwierigkeiten stossen.

Die vorstehenden Zeilen haben zum Zwecke, der Aufstellung und Organisation der Schnellöschtrupps zu dienen. Ich halte es für notwendig, dass bei den Luftschutzorganisationen dieser Gedanke überall Eingang findet.

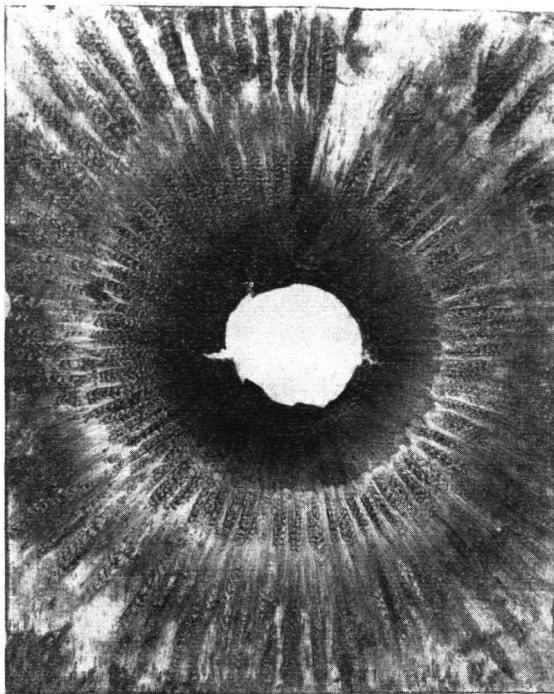
Kriegssprengstoffe¹⁾ Von Dr. A. Stettbacher

Alfred Nobel, der Dynamitkönig und Friedenspreisstifter, soll in seinen jüngern Jahren von höllischen Uebersprengstoffen geträumt haben, deren Katastrophengewalt den Krieg zum voraus unmöglich machen müsste. Vermutlich aber war dieser Gedanke mehr für den Feierabend und die Bertha von Suttner, als zum praktischen Handeln bestimmt, hinderte er doch den erforderlichen «Gunpowder Poet» — wie Nobel von den Engländern genannt wurde — bekanntlich nicht, seine neuen Treib- und Sprengmittel mit geradezu idealistischem Schwung in die zahlende Wirklichkeit abzusetzen. Und heute, da wir mitten im zweiten Weltkriege stehen und zusehen müssen, wie die Sprengstoffe mehr zum Geschäft als zum beschleunigten Ende beitragen, steht der Glaube an die entscheidende Macht der Explosivstoffe vor einer Krise, deren Ausgang wohl weniger durch die zunehmende Lautstärke des Pulvers als vielmehr durch den wachsenden Schrei nach Butter bestimmt wird. Nichtsdestoweniger sind es nach wie vor die Leistungen der Brisanz und Rasanz, die das Schlachtfeld beherrschen; was die Sprengstoffe im jetzigen und vermutlich auch noch im nächsten Kriege bedeuten (sofern man sich dann nicht lautlos mit Strahlen umbringt), das zu zeigen, sei der Zweck meiner Ausführungen.

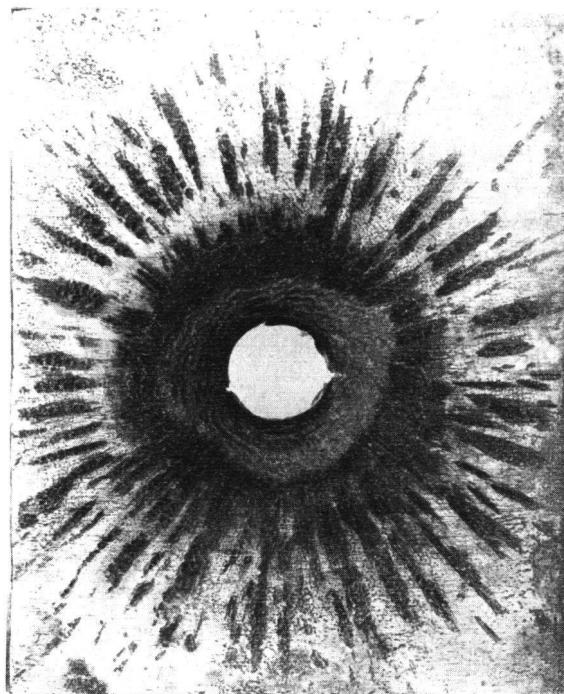
¹⁾ Vortrag, gehalten am 11. Februar 1942, vor dem Ingenieur- und Architektenverein in Basel.

Vorerst müssen wir uns mit dem Wesen der Explosion oder *Detonation*, dem mechanischen Zerstörungsvermögen, sowie den wichtigsten Eigenschaften der gangbarsten Kriegssprengstoffe vertraut machen.

Die *Zerstörungsgewalt eines Explosivstoffes*, einseitig auch als «Brisanz» bezeichnet, wird zur Hauptsache von den drei Faktoren Dichte, Energie und Detonationsgeschwindigkeit bestimmt. Die *Dichte* gibt das Gewicht an, das im Raum eines Liters Platz hat. Je grösser also die Dichte, das spezifische Gewicht eines Sprengstoffs, desto mehr kann in einen bestimmten Füllraum geladen werden, desto konzentrierter wird der Geschossinhalt. So liefern die kräftigsten aller technischen Zusammensetzungen die *Sprengluftgemenge* je Kilogramm bis zu 2200 Kilo-Kalorien, die Sprenggelatine als das kräftigste *Dynamit* nur deren 1600; bezieht man aber die beiden Zahlen auf die entsprechenden Dichten, d. h. auf das Ladevolumen eines Liters, erhalten wir für die Sprengluft kaum 2000, für das Dynamit aber über 2500-Kilo-Kalorien! Die *Energie* ist das *wichtigste Merkmal* eines Sprengstoffs, die in Form von Wärme bei der Detonation plötzlich frei wird und eine Ausdehnung der entstehenden Gase auf das rund 10'000-fache Ladevolumen bewirkt. Die Energie wird in *Kalorien* (Wärmeeinheiten) gemessen, welche Zahl als das Mass der eigentlich zerstörenden



Tetranitromethan - Benzol. Flüssiges Gemenge 100:15,94, $d = 1,46$
(Zusammensetzung absoluter, höchster Zerstörungsgewalt)



Nitroglycerin. Flüssig $d = 1,59$
(Maximale Wirkung)

Abb. 1 und 2.

Je 127,5 g Ladung in verlängerten Eisentiegeln, detoniert mit 10 g Pentinit über 10-mm-Eisenplatten 200×250 mm.

Kraft zu gelten hat; die Werte schwanken zwischen 950- und 1800-Kilo-Kalorien, sind also verhältnismässig klein im Vergleich zu den Brennstoffen, worunter Anthrazitkohle 8500, Motorenbenzin 11'000 kcal/kg liefert. Die *Detonationsgeschwindigkeit* endlich ist das augenfälligste, sinnlich eindringlichste Merkmal eines Explosivkörpers; sie wird in Metern pro Sekunde gemessen und entspricht der Schnelligkeit, mit der sich die an einer Stelle eingeleitete Zersetzung je Sekunde fortpflanzt. Denken wir uns ein 6800 m langes Gas- oder Wasserleitungsrohr lückenlos mit geschmolzenem Trinitrotoluol gefüllt und am einen Ende explosiv gezündet, dann trifft die Detonationswelle genau nach einer Sekunde am andern Ende ein, wobei ein 21 oder 19 Sekunden lang andauernder, gleichmässig abnehmender Knall gehört wird, je nachdem man an der Zündstelle oder am Fortpflanzungsende steht.

Je grösser die Detonationsgeschwindigkeit, desto mächtiger die zermalmende Wirkung, die Brisanz, auf die nächste Umgebung: die Vergasung und Druckentwicklung erfolgt hier so schnell, dass der Sprengstoff schon bei freier Auflage das Hindernis zerschmettert, weil die umgebende Luft nicht rasch genug zurückweichen kann und wie ein fester Wall entgegenwirkt. In der blitzschnell fortschreitenden *Detonationswelle* herrschen (dynamische) *Drucke bis zu 100'000 Atmosphären*; von derselben Grössenordnung wäre der (statische) Druck, den die expandierenden Explosionsgase auf die Wände eines entsprechend stark gedachten Einschlusses ausübt! Kein Wunder, wenn vor diesen Gewalten die stärksten Granitwände bersten

und, im Fall eines Rohrkrepierers, die schwersten Kanonenrohre zersprengt werden! Die Detonationsgeschwindigkeit der bevorzugten Militärsprengstoffe wechselt zwischen 6500 und 8000 m/sec, während die häufig erwähnte *Hoch-* oder *Ultra-Brisanz* bei 7500 m/sec beginnt. Die höchste Geschwindigkeit wurde am *Tetranitromethan-Toluol*-Gemenge gemessen, der brisantesten, zerstörungsgewaltigsten Zusammensetzung, die bis heute herzustellen möglich war (Abb. 1 und 2).

Das Geheimnis der Sprengleistung liegt allein in der Geschwindigkeit, in jenen Augenblickswirkungen, die kein anderer Stoff, keine andere Energieentladung hervorbringt, auch der Blitz nicht, der zwar schneller und viel heisser, aber unvergleichlich druckschwächer ist. Die mechanisch-zerstörende Wirkung von Sprengladungen lässt sich anhand der Energiezahlen leicht berechnen und — unter Berücksichtigung des Nutzeffektes — mit andern, geläufigen Arbeitsleistungen verglichen. Nehmen wir als Beispiel eine der neuesten, städteverwüstenden *Panklastit-Bomben* von 1200—1500 kg Gewicht. Die Sprengladung betrage 500 kg (oder 370 l bei 1,35 Dichte) zu 1700 kcal/kg. Das ergibt, mit dem mechanischen Wärmeäquivalent multipliziert, eine Bewegungswucht von theoretisch $500 \cdot 1700 \cdot 427 = 363$ Millionen mkg. Nehmen wir an, dass von dieser Explosionsenergie nur 15 % mechanisch zur Wirkung kommen, so könnte damit die schwerste Gotthardlokomotive von 130 t ($\frac{363\,000\,000 \cdot 0,15}{130\,000} = 420$) 420 m hoch gehoben werden. Mit andern Worten: Wenn wir eine 130-t-Lokomotive aus 420 m Höhe

auf ein Monumentalgebäude sausen lassen, dann werden Eisenbetonmauern, Decken, Böden mit derselben Kraft zusammengeschlagen, wie sie die Bombenexplosion im Keller in entgegengesetzter Richtung hervorbringt. Noch eindringlicher wird der Vergleich, wenn wir aus der Formel $\frac{m \cdot v^2}{2g}$ die Geschwindigkeit zweier Gotthardlokomotiven berechnen, für welche beim Zusammenstoss gerade die Explosionswucht unserer Mammutbombe herauskommt. Diese Geschwindigkeit beträgt für zwei entgegengesetzt aufeinanderprallende 130-t-Lokomotiven $595 \text{ km/h} \left(\frac{2 \cdot 130}{2} \cdot v^2 = 363'000 \text{ mt} \right)$,

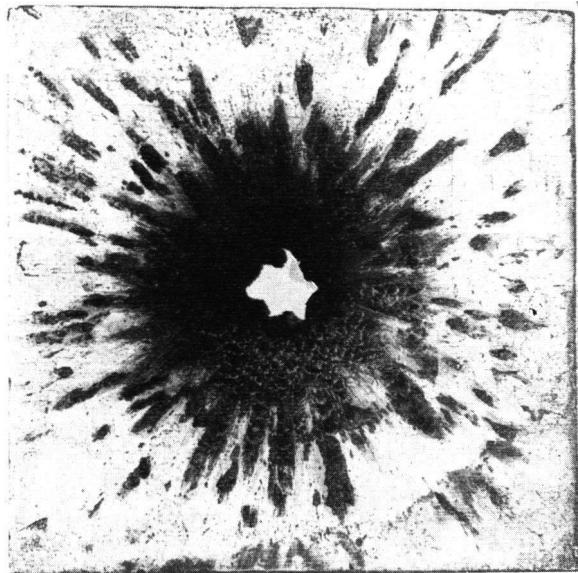
$$v = \sqrt{\frac{363'000 \cdot 2g}{2 \cdot 130}} = 165,4 \text{ m/sec oder } 165,4 \cdot 60 \cdot 60 = 595 \text{ km/h}$$

und selbst für zehn, also fünf auf fünf zusammenstossende Lokomotiven nicht weniger als 74 m/sec oder 266 km/h. Diese Zahlen beziehen sich auf eine kinetisch hundertprozentig ausgenützte Sprengstoffenergie. Aber auch bei Annahme von bloss 15 % Zerstörungseffekt (wobei der Rest zum grössten Teil als Wärme mit den heissen Explosionsgasen verloren geht) entspricht die Explosionswucht unserer Panklastitbombe immer noch einer Zusammenstossgeschwindigkeit von 231 km je Stunde für zwei, und von 103 km/h für zusammen zehn Lokomotiven, ein Vergleich, der durchaus praktisch zu nehmen ist.

Ganz ungeheuer gross jedoch erscheint das Potential der Panklastitbombe in der kurzen Detonationszeit von schätzungsweise rund einer Dreitausendstelssekunde. In derselben Zeit von einer Dreitausendstelssekunde bringen die gesamten schweizerischen Elektrizitätswerke mit jährlich 7,5 Milliarden Kilowattstunden ($= 6450 \cdot 10^9 \text{ kcal}$) nur 68 kcal ($\frac{6450 \cdot 10^9}{365 \cdot 24 \cdot 3600 \cdot 3000} = 68$) hervor; die Leistung der Bombe in der Detonationszeit ist also $\frac{850'000}{68} = 12'500$ mal grösser! Selbst dem Goldauer Bergsturz mit seinen $200 \cdot 10^9 \text{ kcal}$ in etwa

120 (Absturz-) Sekunden zeigt sich die Bombenleistung noch überlegen, und zwar um das 1,5-fache, bezogen auf eine Dreitausendstelssekunde.

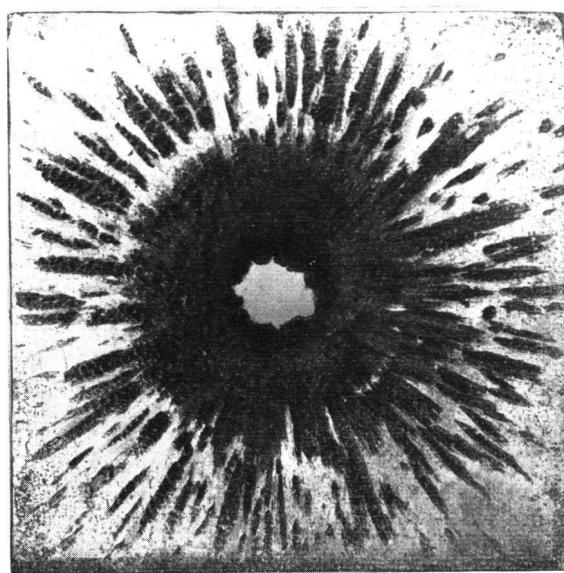
Die Zahl der militärisch anwendbaren — feldtückigen — Sprengstoffe ist notwendigerweise stets klein, weil die kriegsmässig geforderte Handhabungssicherheit zum voraus verschiedene Eigenschaften ausschliesst, die für die zivile Benutzung meist nebensächlich sind. Neben absoluter Lager- und Formbeständigkeit unter jedem Klima wird vor allem eine grosse Sicherheit gegen Schlag verlangt, eine molekulare Widerstandsfähigkeit, die den Sprengstoff weder in der Granate beim Abschuss, noch beim Aufschlag auf Panzer vorzeitig zur Explosion bringt. Eine militärische Sprengladung soll ferner beschussicher sein, d. h. durch auftreffende Infanteriegeschosse nicht losgehen. All diesen Forderungen entspricht das Trinitrotoluol in hohem Masse, und da es gleichzeitig noch den einzigartigen Vorzug besitzt, schon bei 80 bis 81° schmelz- und giessbar zu sein, darf es als militärischer Universalsprengstoff gelten. Erfahrungsgemäss aber entspricht einer grösseren Unempfindlichkeit stets auch eine kleinere Explosivwirkung, weshalb die Brisanz des hervorragend schlagsicheren Trotyls den Forderungen der modernen Panzer- und Bunkerbekämpfung nicht immer genügt. Der Wunsch nach einem leistungsfähigeren Militärsprengstoff war daher schon im letzten Weltkrieg lebendig; allein erst das vergangene Jahrzehnt brachte es fertig, eine gangbare Lösung des immer dringender gewordenen Problems zu finden und die beiden inzwischen synthetisch hergestellten Hochbrisanz-«Pulver» Penterythrittetranitrat (Pentrit) und Trimethylentrinitramin (Hexogen, italienisch T₄) durch Verarbeitung mit 50—30 % Trinitrotoluol soweit zu zähmen, zu «phlegmatisieren», dass sie zu Geschoss- und Bombenladungen brauchbar wurden (vgl. Abb. 16 und 17). Das Verfahren besteht ganz



Reinste Pikrinsäure, geschmolzen
(Stärkster Granatsprengstoff) d 1,55

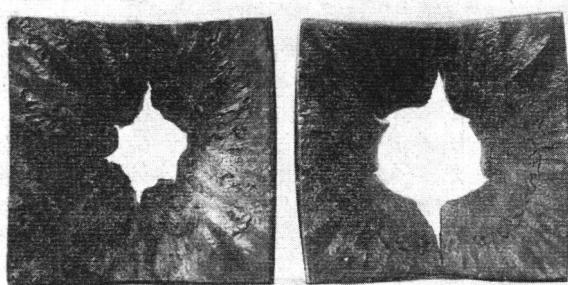
Je 108,5 g Ladung in verlängerten Eisen-Messing-Tiegeln, detoniert mit 10 g Pentritinit über 12-mm-Eisenplatten 20×20 cm.

Abb. 3 und 4.



Pentrit-Trinitrotoluol 70/30
(Übersprengstoff Pentolit, Pentryl) d 1,6

einfach darin, dass die beiden Komponenten entweder aus demselben Lösungsmittel in feinster Durchdringung abgeschieden und nach dem Trocknen komprimiert werden, oder dass man die Mischungen durch Erwärmung über den Schmelzpunkt des Trinitrooluols verflüssigt und, bei blossem Sintergemengen, unter leichtem Druck in die Hohlform bringt. Nach dem Erkalten hinterbleiben kompakte, steinharte, wasserunlösliche Massen, deren Schlagempfindlichkeit je nach dem Mischungsverhältnis bald näher der Trotyl-, bald näher der Hochbrisanzkomponente liegt. Solche Gemenge, die kürzlich in Amerika als «revolutionierende Uebersprengstoffe» entdeckt wurden, sind in Europa seit über zehn Jahren unter verschiedenen Namen (Bonit, Pentryl) bekannt. Einer allgemeineren Verbreitung stehen jedoch die wesentlich höhern Gestehungskosten entgegen, so dass die Anwendung der *kombinierten Hochbrisanz* meist auf besonders wichtige, entscheidende Geschosse, wie Torpedos, Hafenstreuminen sowie Fliegerbomben gegen wertvolle Schiffsziele, beschränkt bleibt.



Pikrinsäure, geschmolzen

Sprenggelatine (100prozent. Dynamit)

Abb. 5.

Die Wirkung des stärksten einheitlichen Militärsprengstoffs und des stärksten Zivilsprengstoffs: Je 100 g über 10-mm-Eisenplatten mit Pentinit-detonator auf maximale Brisanz gezündet.

Einen eigenen, völlig abseits stehenden Rang nimmt das energiegewaltige *Panklastit*, bestehend aus flüssigem Stickstofftetroxyd (der letzten Stufe zur Salpetersäuregewinnung) und einem mischbaren Kohlenwasserstoff, seit 1918 als Fliegerbombenfüllmittel ein. Beide Flüssigkeiten werden getrennt mitgeführt und erst nach dem Abwurf durch ein sich drehendes Windrad zum verheerenden Sprengstoff gemischt. Das fertige Gemenge ist jedoch aufschlagempfindlich und explodiert schon beim ersten Hindernis; es wirkt also mehr durch den Luftdruck, mehr strassenverwüstend als eigentlich militärisch zerstörend wie die zwar schwächeren, aber alles durchschlagenden Trotylbomben.

Dem Gewicht wie dem Volumen nach ist das *Panklastit* der kräftigste Militärsprengstoff. Es dürfte allgemein interessieren, dass noch weit energiereichere «Kriegs»-Gemenge bestehen, aller-

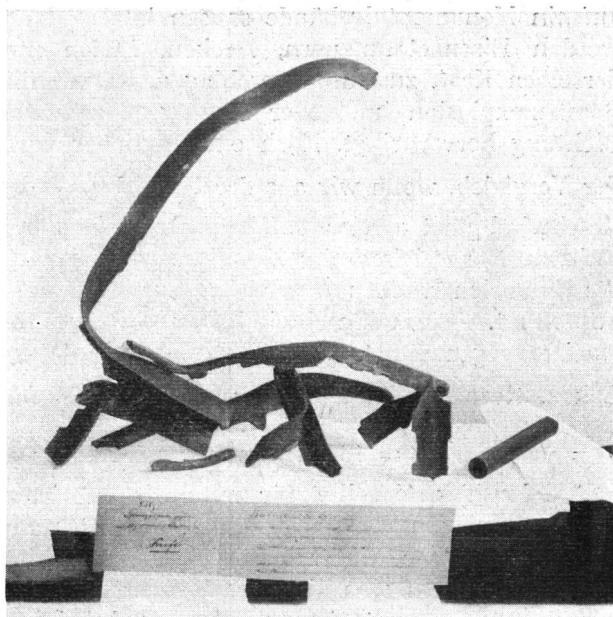


Abb. 6. Wirkung in der Luft

dings nicht für Brisanzzwecke, sondern als hochwertige Brand- oder Schmelzmittel zum Versengen von Schiffsräumen, Tanks und Bunkern. Derartige Feuermassen wären englischerseits zur Panzerbe-

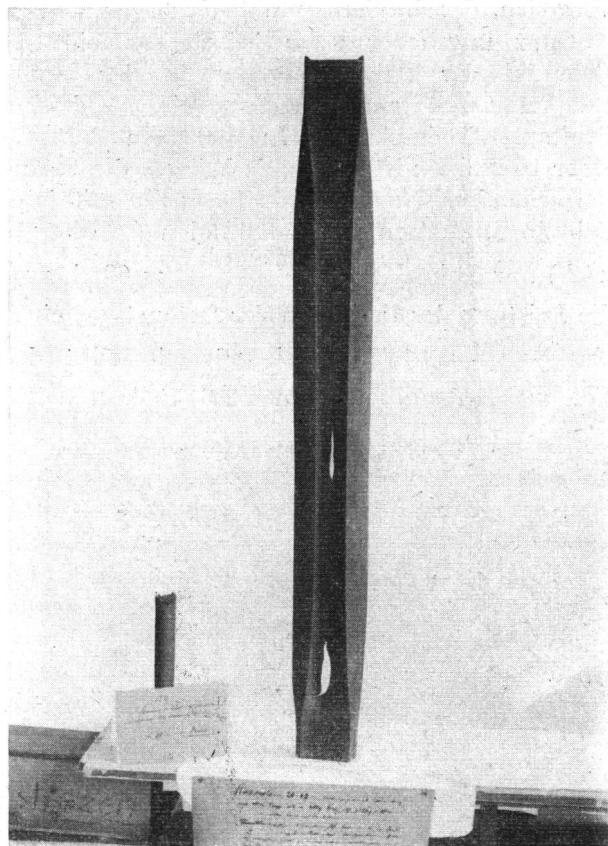


Abb. 7. Wirkung 60—70 cm unter dem Wasser

Abb. 6 und 7.

Wirkung von je 600 g stärkstem Dynamit, geladen in Stahlröhren von 20×42 mm Durchmesser auf 110 cm Länge, detoniert über 8 mm dicken U-Eisen von 140 cm Länge und 11 cm Breite. Die Explosionsgewalt in Luft ist unvergleichlich viel grösser als im allseitig umgebenden Wasser. (In beiden Abbildungen ist der — den Besatz enthaltende — restliche Röhrenstumpf zu sehen.)

kämpfung in Libyen *) eingesetzt worden. Es ist auffällig, dass dieser neueste Kriegszweig bis jetzt ganz im Verborgenen geblüht hat. In der Uebersichtstabelle wird das wirksamste *Natriumperchlorat-Aluminium*-Gemisch angeführt, das fast die dreifache Hitze des Brandbomben-Thermits ausstrahlt und von dessen versengender Glut in geschlossenen Räumen man sich einen ungefährnen Begriff machen kann.

Vielfach begegnet man der Meinung, dass die erstaunlichen Sprengwirkungen der *Seeminen* und *Torpedos* nur durch besonders kräftige Ladungen hervorgebracht werden könnten. Dies ist ein Irrtum gleich der hartnäckig vertretenen Ansicht, eine Explosion unter Wasser müsse um ein Vielfaches stärker als in der Luft sein. Ebenso falsch ist die unausrottbare Behauptung, die Sprengstoffe, voran die Dynamite, wirkten zumeist nach unten, wo doch schon der erste einfache Versuch schlagend auch das Gegenteil, d. h. denselben Effekt nach jeder Richtung zeigt.

Bei der *Explosion unter Wasser* sind vor allem zwei Fälle zu unterscheiden:

1. Die Sprengladung und das zu zerstörende Objekt sind allseitig von Wasser umgeben;
2. die unter Wasser befindliche Sprengladung ist gegen ein schwimmendes, luftfülltes Objekt gerichtet, so wie dies bei der anstossenden Seemine oder dem auftreffenden Torpedokopf an der Schiffswand der Fall ist («Torpedo»-Wirkung).

Im ersten Falle (Abb. 6 und 7) ist die Wirkung sehr viel geringer als bei derselben Anordnung in Luft, im zweiten Falle aber (Abb. 9—15) ungleich viel grösser, sofern die Explosion von der Wasserseite durch die Panzerwand nach dem luftfüllten Schiffinneren stossen konnte. Noch ein dritter — umgekehrter — Fall ist denkbar: die Explosion einer Ladung im Schiff nach der Wasserseite zu, wo der Widerstand der Wandung durch das umspülende Wasser verstärkt wird. Denn das Wasser ist 773 mal schwerer als die Luft und setzt der Explosion von der Luftseite her einen entsprechend grossen Widerstand entgegen, so dass die Sprengkraft hier am wenigsten ausrichtet und grösstenteils ohne sichtbare Wirkung verpufft.

Als vierter und interessanter Fall endlich wäre die Zerdrückungs- oder Einbeulungs-, Einknickungsgewalt detonierender *Wasser-* oder *Tiefenbombe* (depth charge) gegen getauchte Unterseeboote zu nennen. Diese entweder vom Flugzeug oder vom Schiffsdeck geschleuderten Bomben explodieren höchst selten am Bootskörper; gewöhnlich rechnet man mit Entfernungen von 5—20 und mehr Metern vom Fahrzeug. Ein Volltreffer ist auch gar nicht nötig, denn ein schwimmender Luftbehälter unter Wasser ist ganz anders verletzlich als ein Ueberwasserschiff; zufolge seiner

*) The Sphere vom 6. Dez. 1941, S. 312, mit 6 Abb. (Anti-Tank Weapon in Lybia). Die explodierende Ladung «sends forth a flame of intense heat».

schmalen, gedrängten Bauart, seiner überladenen, äusserst komplizierten Inneneinrichtung sowie seiner labilen Gleichgewichtslage kann ein Unterseeboot schon auf 20 m Entfernung durch eine 150-kg-Brisanzladung fast tödlich getroffen werden.

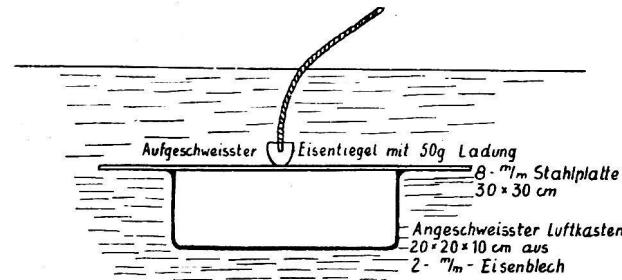
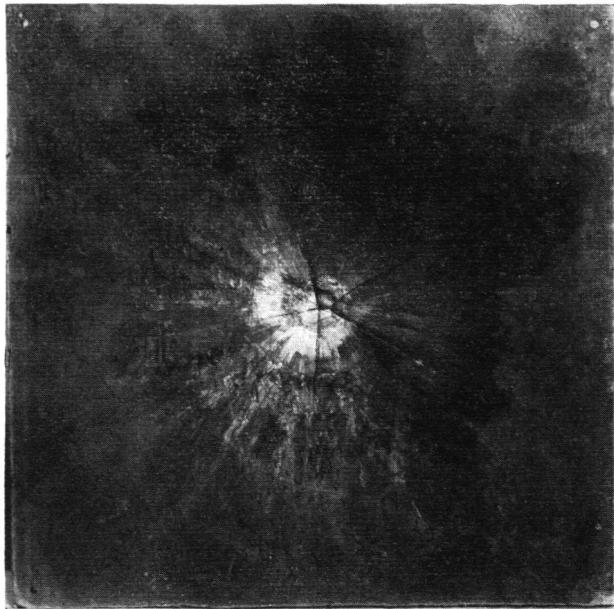


Abb. 8.

Anordnung des Torpedoschusses unter Wasser.

Die Vorgänge bei einer submarinen Explosion sind infolge der starren Unnachgiebigkeit des Wassers grundverschieden von den Ausbreitungserscheinungen in der elastischen Luft. Eine *zylindrische Tiefenbombe* mit 150 kg Trinitrotoluol-ladung (von etwa 40 cm Durchmesser und 75 cm Länge) detoniere in der für den Höchsteffekt geforderten Mindesttiefe von 14 m. Die Zündung erfolge in der Mitte, und die Detonationswelle durchschreite die zylindrische Ladung nach beiden Seiten in einer $(\frac{6800}{0,75/2})$ Achtzehntausendstelsekunde. Innerhalb dieser Augenblickszeit, wo die Explosionsgase noch keine Zeit zur Ausdehnung gefunden haben und das ursprüngliche Sprengladungsvolumen einnehmen, erfahren die umgebenden Wassermassen den plötzlich auftretenden ungeheuren *Detonations-(Brisanz-)Druck*. Dieser gegen 100'000 Atmosphären reichende Druck erzeugt im Wasser eine *Stosswelle*, die sich, noch bevor die Wassermassen in Bewegung geraten, mit der Wasserschallgeschwindigkeit von 1440 m/sec kugelförmig ausbreitet und die Oberfläche zum Erzittern bringt. Diese *primäre Wasserdruck-Stosswelle* ist allein auf den plötzlich an der Sprengstoffoberfläche auftretenden Ueberdruck zurückzuführen; sie äussert sich in einer starken Pressung und Erschütterung auf alle im Wasser befindlichen Körper; sie ist es, die beim «Dynamit»-Fischen die Fische betäubt und von der ins Wasser gehaltenen Hand als elektrischer Schlag empfunden wird, sie erzeugt auch den betäubenden «gusseisernen» Hammerschlag für den Unterseebootsinsassen.

Unmittelbar darauf beginnt der zweite, zeitlich viel *hundertmal länger* dauernde Vorgang: die *Ausdehnung der Explosionsgase* gegen das einschliessende Wasser. Ueber der «zitternden» Wasseroberfläche erscheint nun eine breite Wölbung, die in dem Masse an Höhe gewinnt, als ihre Grundfläche kleiner wird. Dann brechen die Explosionsgase hervor, zuletzt eine Wassergarbe — den Minendom — hochwerfend. Die von der Gas-



Oberseite (= Aussenseite der Schiffswand unter Wasser)

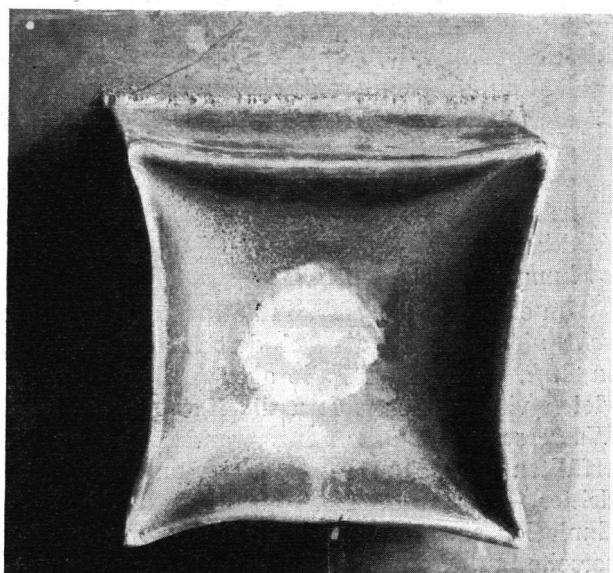
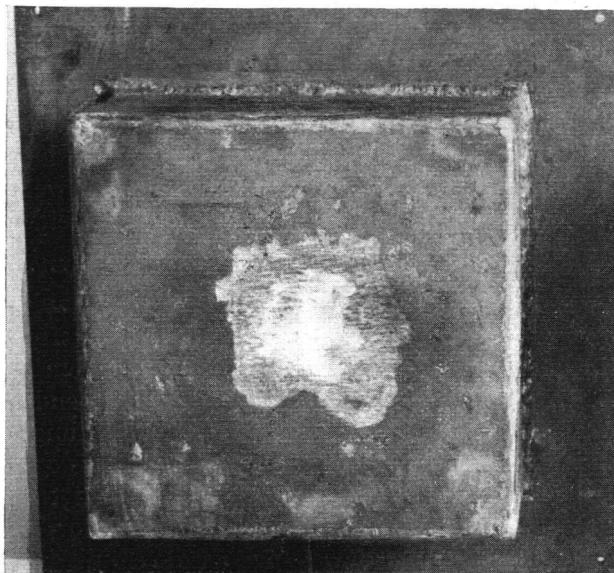


Abb. 9 und 10. In Luft.

Unterseite (= luftgefülltes Schiffinnere)
Abb. 11 und 12. Unter Wasser.
Torpedowirkung (mit Einbeulung).

Abb. 9—12.

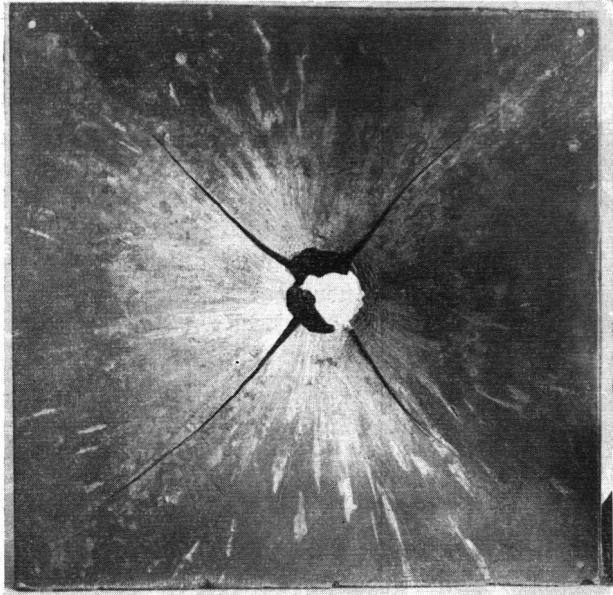
Je 50 g Trinitrotoluol, detoniert (nach Abb. 8) in Luft und 70 cm unter Wasser, die ganze Vorrichtung jeweilen an vier Drähten aufgehängt. — Die (negativ kissenförmig) eingebaulte Luftkammer verrät gleichzeitig die Einknickgewalt der Wasser- oder Tiefenbomben gegen U-Boote.

expansion beschleunigten Wassermassen können zufolge ihrer aufgenommenen kinetischen Energie beträchtliche Wirkungen hervorbringen: sie umstrudeln, umtoben das in allen Fugen ächzende, vielleicht schon eingeknickte Unterseeboot, bringen es aus dem Gleichgewicht unter Herausschaukeln der Akkumulatorenäsure oder führen gar zum Glasgefäßbruch.

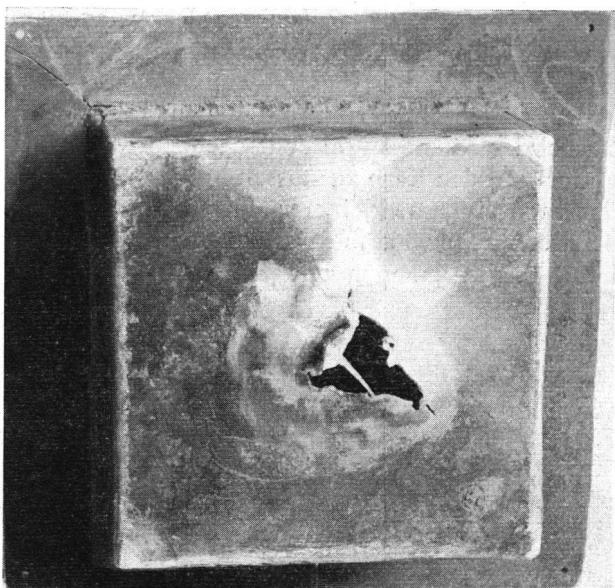
Die beiden Vorgänge: statischer Ueberdruck durch die primäre Detonationswelle und nachfolgender dynamischer Expansionsdruck durch die Gase sind also streng auseinanderzuhalten. Der erste Stossdruck ist zweifellos der stärkere, kata-

strophale: er führt zur Torpedowirkung, er schlägt als erster Streich die Schiffswand durch oder reisst sie entzwei; er ist es auch, der das getauchte Unterseeboot bei Tiefbombeangriff einbeult, einknickt, ja zusammendrückt (Abb. 12 und 15), seinen Untergang mit den obenauf schwimmenden Oelflecken herbeiführt.

Bei den Seeminen ist zwischen den althergebrachten, schwimmend an Kabeln befestigten Kontaktminen und den erstmals in diesem Kriege angewandten, auf seichtem Meeresgrunde liegenden magnetischen und akustischen Minen zu unterscheiden. Die akustische Mine wurde als «new



Oberseite



Unterseite

Abb. 13 und 14. In Luft.

Elektromagnete, zwischen deren Polen eine Magnetenadel zu vibrieren beginnt. Sobald nun bei genügender Schiffsannäherung die richtige Propellerfrequenz erreicht wird, schliesst die immer stärker ausschlagende Nadel einen Kurzschlusskontakt, und die Mine geht hoch. Sowohl die magnetische als auch die akustische Lauermine explodiert stets in kurzer Distanz unter dem darüber fahrenden Schiff; die zwischen Kiel und Mine befindliche Wasserschicht kann wenige bis viele Meter betragen. Der Effekt entspricht demnach weder einer reinen Torpedowirkung, noch dem Einknickdruck der Wasserbomben auf Tauchboote, weil das hinwegfahrende Schiff gleichzeitig von Wasser und Luft umgeben ist. Hier dürfte wohl, unterstützt durch den festen, reflektierenden Meeresgrund, der sekundäre Vorgang mit den aufschiesenden Wassermassen gegenüber dem ersten mehr zur Geltung kommen. Die Ladungen dieser Minen sind vermutlich wenigstens doppelt so gross als die eines Torpedokopfs, und da es sich meist um nichtgepanzerte, ein- oder ausfahrende Handelsschiffe han-

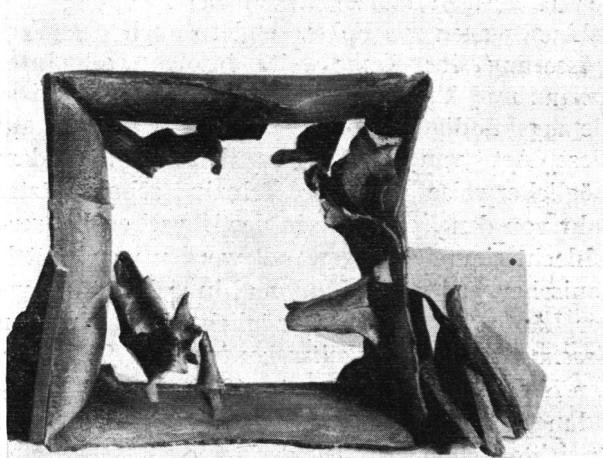


Abb. 15.

Torpedowirkung unter Wasser. (Die Stahlplatte ist in viele Stücke zerschlagen, daher Ober- und Unterseite zu einem einzigen Bild vereinigt.)

Abb. 13—15.

Je 50 g phlegmatisiertes Pentrinit (Militär-Pentrinit), detoniert (nach Abb. 8) in Luft und unter Wasser. Hier, wo jedesmal Durchschlag — Verbindung mit dem luftfüllten Schiffsinnern! — erfolgte, ist die Wirkung unter Wasser sehr viel grösser als in Luft.

under-sea terror» dem Londoner Parlament am 9. September letzten Jahres vorgestellt und bald darauf in englischen Zeitschriften²⁾ ausführlich beschrieben. Merkwürdigerweise fand dieser «dernier cri» von Unterseewaffe in unserer Presse nirgends ein Echo: Die Neuerung besteht in einem *Schallempfänger* (Hydrophon), der die von der Schiffsschraube ausgehenden *Unterwasserton-Schwingungen* aufnimmt und in elektrische Impulse umwandelt. Diese Stromstöße erregen zwei

²⁾ The illustrated London News, Nr. 5344 vom 20. September 1941, S. 361: The acoustic, or listening, Mine: a new terror of the under-sea war.

delt, müssen die Zerstörungen beträchtlich und umso ernster sein, je näher die magnetische oder die akustische Mine dem Schiffskiel zu explodiert. Wie man sieht, wird auch der Seekrieg zunehmend abwechslungsreicher, und Unterseebootkommandanten wie Schiffskapitäne werden uns von diesem Explosionsvariété einmal viel zu erzählen haben.

Die vorstehenden Ausführungen vermitteln ein flüchtiges Bild der wichtigsten Kriegssprengstoffe und deren Wirkungen zu Land und zu Wasser. Wir haben gesehen, dass kein einziger dieser Explosivkörper neu ist und dass sie alle, gleich dem rauchlosen Pulver, schon vor fünfzig und mehr

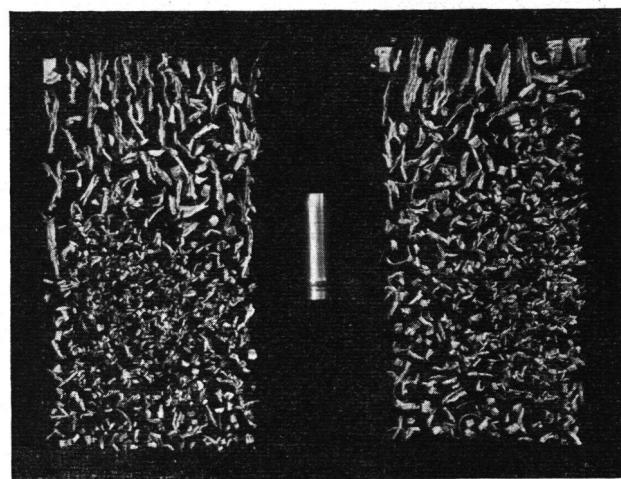
Jahren bekannt waren. Die Sprengstoffchemie konnte nichts mehr Neues, Originelles erfinden aus dem einfachen Grunde, weil bereits alle Möglichkeiten erschöpft waren. Dafür gelang es, durch Vereinfachung und Verbilligung der Herstellungsverfahren, durch geeignete Kombination der bestehenden Explosivstoffe neue Anwendungsformen zu finden und diese den raffiniertesten Kriegszwecken dienstbar zu machen.

Angesichts dieser Entwicklung, mitten im dämonischen Waffengetümmel des grössten aller Kriege fragen wir uns, welchen Weg die Schiess- und Sprengtechnik weiterhin nehmen wird. Zwei Möglichkeiten oder auch Vermutungen, wie man will, scheinen sich bis jetzt abzuzeichnen: Die Erzeugung grosser Geschossgeschwindigkeiten mittels *konischer Läufe*, nach R. Kern, und die Konstruktion *automobiler Raketenbomben*, deren Abwurfgeschwindigkeit (nach einem Vorschlag von J. Ackeret) während der kurzen Fallzeit durch Gasauspuff bis auf wenigstens 600 m/sec beschleunigt wird, so dass die stärksten Schiffsdeckpanzer durchschlagen werden. Die Realisierung des ersten Falles hätte nicht nur eine sofortige Umgestaltung der bisherigen Panzerstärken bei Flugzeug und Schlachtwagen zur Folge, sondern auch eine Vergrösserung der Kampfweite infolge vermehrter Rasanz und Treffsicherheit. Man nimmt an, dass die angekündigte *geheime russische Waffe* sich auf diese Art von Geschützen bezieht, nachdem möglicherweise dasselbe Prinzip schon letztes Jahr von den Deutschen in der libyschen Panzertschlacht siegreich angewandt worden war. Mittels konischer, gegen die Mündung hin sich verjüngender Läufe ist es ferner möglich, den bisherigen *Geschossgeschwindigkeitsrekord* von 2790 m/sec, den H. Langweiler 1938 unter 12'600 kg/cm² Treibladungsdruck im deutschen 8-mm-Gasdruckmesser erreichte, schon mit weit geringeren Gasspannungen zu halten. Im zweiten Falle würden die *Schlachtschiffe* von Fliegerbomben mit Schiffsgrenat-Durchschlagsgewalt bedroht und müssten als schwerfällige, zielanlockende Ungeheuer — schwimmende Stahlpanzerkröten! — gleichsam als die letzte Fata Morgana pensionsnaher Admirale vom Meere verschwinden. (Der Verfasser war kürzlich Zeuge eines eindrucksvollen Raketenversuchs, bei dem ein Stahlrohr unter gewaltiger Beschleunigung «abpfeilte» und mehrere Kilometer emporstieg. Geschossleergewicht und Brand- satz standen im Verhältnis 100 : 30.)

Zuletzt noch ein Wort über die neuesten *Atom- oder Weltuntergangsbomben*, jene Explosionsungeheuer, die in Gestalt künstlich ausgelöster Energielawinen immer wieder auf den Zeitungleser abgelassen werden. Es handelt sich um die bekannten Atomzerfalls-, besser *Atom-Umbildungsprozesse*, die mit *millionenfach* grösseren Wärmeausstrahlungen einhergehen, als dies bei der Explosion unserer stärksten Sprengstoffe der Fall ist.

Der Atomzerfall wurde zuerst beobachtet am Element *Radium*, das von sich aus in 1590 Jahren zur Hälfte zerfällt und im ganzen je Gramm die Energie der 2,3millionenfachen Dynamitmenge ausstrahlt. Ein zweites radioaktives Element, das *Uran*, zerfällt noch viel langsamer, denn seine Halbwertzeit erreicht fünf Milliarden Jahre. Bei dieser *Kernspaltung* wird rund ein Tausendstel der Uranmasse vernichtet und in die ungeheure Energie von über 20 Millionen kcal (entsprechend 12,5 t Sprenggelatine) umgesetzt, bezogen auf 1 g Uran.

Bei keiner dieser natürlichen Zerfallsreaktionen ist es bis jetzt gelungen, den «unaufhaltsamen» Ablauf durch irgendwelchen künstlichen Eingriff zu ändern, d. h. zu verkürzen und etwa gar auf Explosionsgeschwindigkeit zu beschleunigen. Dagegen wurde 1939 im *Kaiser-Wilhelm-Institut Berlin* die kaum glaubliche Entdeckung gemacht, dass ein anderes Uran, das Isotope mit dem Atomgewicht 235, explosionsartig zerplatzt, wenn sein Kern von Neutronen getroffen wird. Das *Neutron* wurde vor zehn Jahren als zweiter Baustein der Atomkerne (neben Protonen) entdeckt; es kann durch Hochspannung auf ungeheure Geschwindigkeit beschleunigt werden und vermag dann zufolge seiner elektrischen Neutralität den Elektronenmantel der Atome zu durchdringen, um als «Volltreffer» auf den Kern zu stossen und dessen Explosion in zwei Kerne kleinerer Masse zu veranlassen. Bei dieser Explosion schiessen aus jedem Urankern



11,5 g Pentaerythritytranitrat : 11,2 g Trimethylentrinitramin :
854 Splitter 647 Splitter

Abb. 16 und 17.

Splitterwirkung eines 2-cm-Geschosses aus Qualitätsstahl mit Zünder von zusammen 114,5 g Leergewicht.

	Penitrit	Hexogen
Splitter bis 0,5 g	814 Stück	606 Stück
» 0,5—1 g	29 "	30 "
» 1—5 g	11 "	11 "
» über 5 g	—	—
Schwerster Splitter	1,7 g	2,3 g
»	3,1 g	3,7 g (Messingzünder)

Diese Splitterzahlen zeigen nicht nur die erschreckende Verwundungsfähigkeit der modernen Kleinkalibergeschosse, sondern auch das schwierige Problem der Chirurgie, jedes dieser scharfzackigen Stahlstückchen aus den Wundstellen zu entfernen. (Womöglich noch schlimmer erscheinen die Verwundungen der meist tief im Fleisch zerplatzenden Infanterie-Explosivgeschosse!)

Kennzahlen der wichtigsten Militärsprengstoffe im Vergleich zu andern typischen Explosivstoffen.

	Höchst-Dichte (Kristall-Dichte)	1 kg liefert an Sprenggasen (Normal-Volumen, V ₀)	Detonations-(Explosions-) Wärme Q _v (Wasser dampfförmig)	Detonationsgeschwindigkeit (maximal)	Detonations-(Explosions-) Temperatur ¹⁾ (berechnet) t	Schlagempfindlichkeit mit dem 2-kg-Fallhammer Explosion bei
Trinitrotoluol (Trotyl) (fabriziert seit 1900)	1,67	L 690	kcal 950	m/sec 6800	° 2900	cm 90
Pikrinsäure (Mélinite) (Turpin 1885)	1,76	675	1000	7200	3200	60
Hochbrisante synthetische Sprengstoffe (seit 1930):						
Pentaerythrittetranitrat (Pentrit) (1891 entdeckt)	1,77	780	1485	8100	4540	28
Trimethylentrinitramin (Hexogen, T ₄) (1898 entdeckt)	1,82	908	1302	8300	4110	30
Hochbrisante Kombinations-Ladungen:						
Pentrit-Trotyl (Pentolit, Pentryl) 50 50 ²⁾	1,68		1220	7500		55
70 30	1,7		1320	7700		45
Hexogen-Trotyl (Bonit, RDX) 50 50	1,08		1130	7600		60
70 30	1,72		1200	7800		50
Panklastite (Turpin 1881): (Verheerendes Füllmittel für Fliegerbomben)						
Stickstofftetraoxyd-Toluol (flüssig) 81,8 18,2	1,35	686	1842	8000	5670	8
Stickstofftetraoxyd-Nitrobenzol (flüssig) 70,0 30,0 (gefrierbar)	1,38	662	1777	8000	5660	7
Gewerbliche Sprengmittel:						
Schwarzpulver	1,6	280	710	400	2380	70
Sprenggelatine ³⁾ (seit 1876)	1,63	711	1629	7800	4890	15
Pentrinit ⁴⁾ (seit 1930)	1,68	738	1569	8000	4900	18
Gemenge höchster Zerstörungsgewalt:						
Tetranitromethan-Toluol (flüssig) 86,46 13,54	1,46	659	1759	9300	5640	6
Sauerstoff (flüssig) — Azetylen (fest) 75,45 24,55	unter 1	634	2760	6000	7280	5
Zündsprengstoffe:						
Knallquecksilber	4,42	315 ⁵⁾	429	5400	4450	3 ⁶⁾
Bleiazid	4,71	308	367	5400	3450	5
Brandgemenge:						
Thermit						
Eisenoxyd (Fe ₂ O ₃) + Aluminium 74,75% 25,25%			928		2400	
Natriumperchlorat + Aluminium 63,00 37,00			2693			

¹⁾ Die errechneten Detonationstemperaturen werden in Wirklichkeit nie erreicht, und zwar umso weniger, je höher die Zahl steht.

²⁾ Die Mischungsangaben beziehen sich stets auf Gewichtsteile.

³⁾ Stärkstes, 100prozentiges Dynamit, bestehend aus 92—93% Nitroglycerin, gelatinisiert mit 8—7% Kolloidumwolle.

⁴⁾ Zusammensetzung: 44% Pentrit, 52% Nitroglycerin und 4% Kolloidumwolle. Brisantes Sprengmittel der Technik.

⁵⁾ Die Metallkomponente jeweils als verdampft angenommen.

⁶⁾ Da die weit auseinander liegenden Schlagempfindlichkeiten nicht mit einem einzigen Hammergewicht ermittelt werden können, stellen einige Zahlen Interpolationswerte dar. Die ganze Rubrik der Fallhöhen ist überhaupt nicht absolut, sondern mehr ordnungszahlenmäßig zu betrachten.

gleichzeitig wieder zwei Neutronen weg, die, wenn sie gleichermassen von benachbarten Uranatomen aufgefangen werden, dieselbe Spaltung und Neutronenemission veranlassen sollten, so dass zuletzt in einer unaufhaltsamen, *lawinenartig* anschwellenden *Kettenreaktion* die ganze Uranmasse mit Katastrophengewalt zerstöbe.

Diese Hoffnung hat sich, obschon die Voraussetzungen dazu scheinbar gegeben sind, bis jetzt nicht erfüllt. Wohl ist das Wunder des künstlichen Atomzerfalls gelungen, aber nur in unwägbar kleinen Mengen, ohne jede greifbare Energie- oder Explosionsausbeute. Um das unzerstörbare Gerüst unserer Materie durch Neutronenbombarde-

ment zum Zerfall zu bringen, sind ungeheuer viel grössere Energiemengen erforderlich, als sie mit unsrern Mitteln — etwa im Cyclotron — konzentrierbar sind. Denn die den Atomverband zusammenhaltenden Kräfte sind unvorstellbar gross: So würde nach der Berechnung der innere «atomare» Kohäsionswert von 1 g Wasserstoff 1,4 Billionen Tonnen erreichen, d. h. um diese kleine Atommasse vollständig auseinander zu reissen, wäre eine Kraft vom Gewicht des zehnfachen Glärmischmassivs nötig! Andererseits wäre dieselbe Auflösung (Desintegrierung) nur durch eine Temperatur von drei Billionen Grad Celsius erzwingbar.*.) Vermutlich verlangt der Atomzerfall gleich dem Sprengstoffzerfall eine bestimmte Aktiviermindestenergie, ohne die sich die Explosion nicht aus sich selbst erhalten und weiter fortpflanzen kann, vergleichbar etwa dem gepressten Knallquecksilber, das erst nach Erwärmen — auf dem Energieniveau 120 bis 130° — detonierbar wird. Vielleicht, dass tief im

Erdinnern, bei einer Hitze bis 10'000° und Drucken von 100'000—1'000'000 kg/cm², die Kernspaltung unterrätselhaften Umständen in Fluss kommt und so unerwartet zum Anstoss jener vulkanischen Beben und Ausbrüche wird, deren Plötzlichkeit wir uns nicht erklären können. Auf der Erdoberfläche aber, wo der Mensch herrscht und Geschichte nach seiner Art macht, möge uns vorläufig das Schicksal vor diesen Kräften bewahren. Vorläufig: denn die Atomzerfallswärme bildet unsere letzte Hoffnung, für die rasch schwindenden Kohlenlager und den Mangel an Wasserkräften einen Ersatz zu finden; sollte es der Wissenschaft nicht zeitig genug gelingen, den riesig wachsenden Energiehunger der Welt vorweg zu stillen, käme es zur grössten geschichtlichen Katastrophe im biologischen Entwicklungsgange der Menschheit, — zu einer einzigen Erdballenschlacht, gegen die der jetzige Aufreibungskampf um mehr Lebensraum samt und sonders verblasste.

Chronique militaire Par le Cap. Ernest Naef

Une arme nouvelle: l'infanterie de l'air au feu.

De 1914 à 1918, la guerre européenne nous avait livré des inventions nouvelles, imprévues, au nombre desquelles l'aviation, les chars et les gaz de combat firent sensation. La première de ces armes, l'aéronautique, n'était cependant qu'à ses débuts. Même aux derniers mois de 1918, elle ne parvint pas à mettre entièrement en valeur les découvertes techniques de l'époque. Mais ce fut en 1918, néanmoins, que fut monté un plan d'état-major, — initiative d'origine américaine —, qui consistait à établir une fusion étroite, une collaboration directe sur la champ de bataille, entre l'infanterie d'une part, et l'aviation d'autre part. En raison de ses moyens de feu développés, de l'amélioration de la tactique aussi, l'infanterie s'était imposée nettement comme arme offensive active. Aux appuis que lui assurait l'artillerie, il lui avait été accordé également l'aide de la force aérienne. Non seulement sous la forme de l'observation, de la reconnaissance, d'une valeur incontestable, mais encore sous celle de l'action directe dans les secteurs de combat. C'est ainsi qu'entrèrent en jeu les avions d'infanterie, les fameux *Fokker*, puis les *Zeppelin* (à ne pas confondre avec les dirigeables du même nom) dans les troupes allemandes, et les célèbres *Breguet* — dont une escadrille atterrit à l'aérodrome de la Blécherette en avril 1919 — dans l'armée française.

La mission de ces appareils était de participer directement aux opérations terrestres, à très basse altitude, et d'agir en force dans tel ou tel compartiment

*) Die im Weltall vorkommenden Höchsttemperaturen sollen bei den plötzlich aufleuchtenden Sternen, den *Supernovae*, an die 100 Millionen Grad reichen.

ment de terrain, par la bombe de petit calibre et par la mitrailleuse.

Ce fut là la première manifestation pratique de cette «idée d'encerclement vertical» dont faisaient état les chroniqueurs militaires, il y a plus de vingt ans déjà. Il s'agissait alors de chercher à briser les fronts de la guerre de position. Au même titre que la marine de guerre avait donné naissance aux «fusiliers marins», que la guerre en montagne avait suscité la constitution de «chasseurs alpins», l'aviation devait provoquer aussi la création de détachements «d'infanterie de l'air». A première vue, l'idée parut excellente, mais d'une réalisation pratique fort ardue. En effet, la technique du parachute n'était elle aussi qu'à ses débuts. Les aviateurs en combat ne disposaient pas tous de cette «bouée de sauvetage». Le coefficient de sécurité et d'ouverture du parachute de 1918 était imprécis. Le fait est si vrai qu'en 1930 encore le parachute constituait une «attraction» dans les fêtes d'aviation. Enfin, on ne disposait pas encore d'avions gros porteurs assez puissants pour assurer le transport aérien de détachements de troupes munis des armes et des munitions obligatoires. Le plan hâtivement conçu resta, en octobre 1918, à l'état de projet.

Les parachutistes militaires.

De 1920 à 1930, les gros efforts de la technique aéronautique ayant permis de sortir de fabriques des multimoteurs de haute qualité, qui firent quotidiennement leurs preuves, jour et nuit, sur toutes les lignes aériennes du continent, et la construction du parachute ayant elle aussi accompli des progrès marqués, l'idée de la constitution organique de «fusiliers de l'air» fut reprise, étudiée et réalisée.