

Zeitschrift: ASMZ : Sicherheit Schweiz : Allgemeine schweizerische Militärzeitschrift

Herausgeber: Schweizerische Offiziersgesellschaft

Band: 118 (1952)

Heft: 9

Artikel: Über die Geschütze des deutschen Heeres und ihre Munition

Autor: Junck, Wilhelm von

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-23769>

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: 19.01.2026

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

Achtzehn Panzer des Typs T 34 hat die Panzerjäger-Kompagnie und dreizehn weitere die Panzergruppe abgeschossen. Einunddreißig Panzerwracks bedecken also das Gefechtsfeld, und ein mit starken Kräften geführter sowjetischer Durchbruchsversuch ist vereitelt worden. Demgegenüber ist auf deutscher Seite kein einziger Panzer ausgefallen, kein Geschütz wurde beschädigt, und die blutigen Verluste sind außerordentlich gering. Ein Ergebnis, das in erster Linie der Panzerjäger-Kompagnie zu danken ist. Ihr Führer, ein Oberfähnrich, und einer der Geschützführer sind die beiden einzigen Soldaten der Kompagnie, die Verwundungen erlitten, und diese stammen von herumfliegenden Eisenteilen eines in unmittelbarer Nähe explodierten Panzers. Beide liegen auf Tragen vor ihrem Regiments-Kommandeur und haben Tränen in den Augen, weil sie ihre Kompagnie gerade an diesem Tage verlassen müssen.

Gegen Mittag hat sich das beiderseitige Artillerie-Gefecht beruhigt, und vorne scheint die Lage nicht mehr bedrohlich zu sein. Da trifft der Befehl ein, daß das Regiment, dessen beide Bataillone seit einiger Zeit am Westrand von Burtschak rasten, sofort abzumarschieren und ein neues Marschziel zu erreichen habe. Und als der Kommandeur den Ort seines letzten Wirkens verläßt, sind nur wenig mehr als zwölf Stunden verflossen, seit er ihn betreten hatte.

Über die Geschütze des deutschen Heeres und ihre Munition

Von Wilhelm v. Junck, Generalmajor a. D.

(Schluß)

Die *Fliegerabwehrkanonen* (die Flak) waren Geschütze sehr hoher Mündungsleistung. Sie waren durchwegs motorisiert, so weit sie nicht ortsfest waren. Ihr Wirken geschah an der Front und im Hinterlande sozusagen in voller Öffentlichkeit. Man denke an die schweren Bombenangriffe auf die deutschen Städte und mit welcher Spannung die Bevölkerung den Erfolg und Nichterfolg des Flakschießens beobachtete und kritisierte.

Aber es wurde wirklich jede Anstrengung gemacht, die Wirkung der Flak zu erhöhen. Daß dies ungenügend war, lag im Wesen des Problems.

Die Geschwindigkeit und die Flughöhe der feindlichen Flieger hatten immer mehr zugenommen und die Genauigkeit ihres Zielabwurfs wurde durch verbesserte Zielgeräte immer genauer und unabhängiger von der Flughöhe. Zudem ermöglichte die Technik der drahtlosen Strahlen den Zielflug auch bei Nacht und Nebel. Dem gegenüber konnte die Entwick-

lung der Flak trotz Leistungssteigerung der Geschütze und der hervorragenden Ausgestaltung aller Kommandogeräte nicht Schritt halten. Die Flugzeit der Geschosse blieb zu groß. Sie betrug gegen hoch fliegende Ziele mindestens 20 bis 30 Sekunden.

Für einen sicheren Abschuß war eine sehr hohe Schußpräzision notwendig. Von einer 8,8-cm-Flak mußte die Geschoßexplosion bis 5—6 Meter an den vitalen Teilen des beschossenen Flugzeuges liegen, sollte das Ziel herunter geholt werden. Zudem waren die vitalen Teile gegen Granatsplitter gepanzert.

Im ersten Weltkriege kamen zuerst zirka 10 000 Schuß auf ein abgeschossenes Flugzeug, später nur 4000. Zahlen aus dem zweiten Weltkriege stehen mir nicht zur Verfügung. Aber das Abschußergebnis war mit der steigenden Überflügelung der Flugzeugentwicklung gegenüber der Entwicklung der Flak bald wieder gesunken.

Gegen Tiefflieger-Angriffe waren überall bei den wichtigen Industrien und Objekten, wie Brücken, Viadukten meist die 2-cm-Vierlinge oder Zwillinge fest eingesetzt. Sie konnten vielfach den tief angesetzten Zielwurf verhindern. Die Schwierigkeit lag in der großen Winkelgeschwindigkeit des Feindfluges gegenüber dem Geschütz. Die 2 cm verschossen bei geübter Bedienung bis 180 Schuß in der Minute, und zwar Panzergranaten und Sprenggranaten, die sich nach zirka 2000 Meter Flug selbsttätig zerlegten, und Brandgranaten. Den besten Erfolg hatten diese Geschütze gegen direkt im Sturzflug anfliegende feindliche Flugzeuge.

Der sicherste Abschuß gelang, wenn der Benzinbehälter des Flugzeuges in Brand geschossen werden konnte. Jedoch waren die Treibstoffbehälter besonders technisch geschützt. Sie bestanden aus einer aus mehreren Schichten zusammengesetzten Gummihülle, die die Eigenschaft des Quellens besaß. Sie schlossen eine nicht zu große Einschußöffnung sofort wieder dicht ab. Benzin konnte nicht weiter ausfließen und durch geringe Mengen verursachte Brände wurden automatisch gelöscht. Man verwendete daher Brandgeschosse, die schon nach Durchschlag einer schützenden Blechwand einen Brandsatz zur Zündung brachten. Es handelte sich um einen Phosphorsatz, dessen entzündeten Gase hinter dem Geschoß herzogen und entstehende Benzingase und ausfließenden Treibstoff zur Zündung brachten. Beim Aufschlag auf die Gummihülle brachten die Geschosse einen Sprengsatz zur Funktion, der die Gummihülle stärker aufreißen sollte. Ein hydrostatischer Zünder, den die Luftwaffe entwickelt hatte, entsprach besonders aus der 5,5-cm-Bordkanone gut. Im Geschoßkopf waren Kanäle angebracht, die beim Eintauchen in den Treibstoff diese Flüssigkeit in das Innere des Geschosses leiteten, wo sie im Zusammentreffen mit einer bestimmten Masse

das Geschoß zur Explosion brachten. Bei dem verhältnismäßig großen Sprengstoffinhalt dieses Kalibers wurde die Gummihülle genügend weit aufgerissen und das Flugzeug in Brand gesteckt.

Ein vorzügliches Geschütz gegen Tiefflieger mit wesentlich größerer Reichweite und gegenüber dem 2 cm mit größerer Einzelschußwirkung war eine 4-cm-Fliegerabwehrkanone Konstruktion Bofors, wie sie in Österreich eingesetzt war.

Auch die schweren Flak waren im ganzen Hinterlande eingesetzt, in den besetzten Gebieten vielfach Beuteflak. Das eigentliche Rückgrat der Flakwirkung war die 8,8-cm-Flak 36. Wie alle Flak besaß sie Mittelpivot. Je vier Geschütze bildeten eine Batterie. Das zugehörige Kommandogerät war ein elektromechanischer Rechenautomat, der mit einem stereoskopischen Entfernungsmesser gekoppelt war. Die Ermittlung der zutreffenden Schußelemente dauert kaum 0,2 Sekunden. Die Übertragung auf die Geschütze erfolgte mittels eines elektrischen Kabels, u. zw. auf die Richtmaschinen und die Zünderstellmaschine. Der Verzug der Zeit war auf ein Minimum herab gedrückt.

Die mechanischen Uhrenzünder arbeiteten wohl sehr präzise, aber es genügte schon eine Abweichung von kaum ein Zehntel Sekunde, um die Explosion um so viel Meter zu verlegen, daß die Wirkung ausbleiben mußte. So ist es z. B. vorgekommen, daß das Geschoß ohne Schaden anzurichten durch die Tragfläche eines Flugzeuges hindurch ging, aber zu weit ab erst zur Explosion gelangte. Die Flakgeschosse besaßen wegen der erforderlichen Sicherheit beim Auftreffen auf den Boden im eigenen Bereich nach Versagen der Zeitzündung keine Aufschlagzündung. Man ging daher später zum Teil wieder zur Aufschlagzündung bei Uhrenzündern der Flak über, wie sie die Uhrenzünder der Feldartillerie besaßen. Es war der Schießtechnik leichter, die zutreffende Flugbahn zum Ziele einzuhalten, als die Flugzeit.

Eine vorzügliche Lösung der Zünderfrage ist mit der Schaffung des Annäherungszünders der USA-Artillerie gelungen. Es gab wohl auch in der deutschen Entwicklung Zünder, die optisch oder akustisch bei Annäherung zur Funktion kommen sollten, zur Einführung kamen sie nicht.

Eine Steigerung der Leistung wurde, abgesehen von der 10,5-cm-Flak, die im Hinterlande vielfach eingesetzt war, mit größeren Kalibern versucht. Man ging bis 15 und 21 cm. Sie wurden nicht weiter verfolgt, denn das Wesentliche, die Verkürzung der Flugzeit, wurde mit kleineren Kalibern leichter erreicht, allerdings auch ungenügend. Das größte Flak-Kaliber blieb 12,8 cm. Auf den größeren Flaktürmen waren 12,8 cm als Zwillingsgeschütze aufgestellt.

Zur Erreichung einer kürzeren Flugzeit wurden die Kaliber 8,8 cm und 12,8 cm in der Leistung ($V_0 = 1020$ m/s) in den Muster 43 gesteigert. Die *Panzerabwehrgeschütze*¹, die Pak, wie die deutsche Abkürzung (Panzerabwehrkanonen) lautete, können in zwei Gruppen geteilt werden, in solche mit hoher Mündungsleistung für den Gebrauch von Panzergranaten und in solche für den Schuß mit Hohlladungsgeschossen. Das Wesen der Hohlladung ist bei der Munition näher besprochen. Da ihre Wirkung unabhängig von der Auftreffgeschwindigkeit ist, konnten diese Geschütze leicht gehalten werden.

Die erste Ausstattung mit Pak bestand aus einer 3,7-cm-Kanone. Sie erwies sich bald als unzureichend. Auch die nach dem Polenfeldzuge eingestellte 5-cm-Pak 38 war bei Auftauchen der russischen Panzer T 34 nicht mehr entsprechend.

Erst die 7,5-cm-Pak 40 mit einer Mündungsgeschwindigkeit ihrer Panzergranaten von 1000 m/s brachte brauchbare Wirkung. Das Geschützgewicht war entsprechend der großen Leistung ein zu hohes und die Beweglichkeit bei den Rückzugsgefechten im Osten zu gering. Entsprechend ihrem Einsatz nahe am Gegner ging ein Großteil an den Feind verloren.

Eine große Hilfe gegen Panzer war die 8,8-cm-Flak, die hiefür mit Panzergranaten ausgerüstet war. Angelehnt an die Entwicklung der Flak wurde unter Verwendung des Rohres der 8,8-cm-Flak 43 mit der Mündungsgeschwindigkeit von 1020 m/s die sehr leistungsfähige 8,8-cm-Pak 43 geschaffen. Die für eine Pak notwendige Beweglichkeit war erst recht zu gering. Man hat daher nur sehr wenige dieser Geschütze zum Einsatz gebracht und auf die Weiterentwicklung zu einer 12,8-cm-Pak angeglichen an die 12,8-cm-Flak 43 verzichtet. Die 12,8-cm-43 wurde aber für die Bestückung der schweren Kampfwagen eingesetzt.

Wie schon beim konischen Rohre erwähnt, wurden diese versuchsweise mit Hartkerngeschossen für die Panzerabwehr verwendet. Der Mangel an Wolfram für den Hartkern und auch die schwierige Fertigung der Munition ließen es nicht zur Einführung für die Panzerabwehr kommen.

Für die Verwendung der Hohlladung konnten alle Geschütze unabhängig von ihrer Mündungsleistung verwendet werden. Hier kam es lediglich auf die Treffsicherheit an, nicht aber auf die Auftreffgeschwindigkeit. Die Hohlladung wirkt am besten in ruhiger Auflage, in drallstabilisierten Geschossen verliert sie an Wirkung.

Es konnten daher leichtere Geräte eingesetzt werden, am besten solche

¹ Im Aufsatze über Panzerabwehr im Heft 6/51 dieser Zeitschrift ist eingehend über die Waffen gegen Panzer die Rede. Es sind daher die Panzerabwehrgeschütze hier nur kürzer besprochen.

mit Flügelstabilisierung. Für den Schuß aus gezogenen Geschützen verwendete man später Klappflügel, die sich erst vor der Rohrmündung öffneten, wobei im Rohre die Geschosse nicht von der Führung und dem Drall erfaßt wurden. Diese Ausführung brachte zwar bei Versuchen gute Ergebnisse, aber Fehlfunktion der Flügel kam noch zu oft vor. Sie kam nicht mehr zur Einführung.

Man baute daher Geschütze mit glattem Rohre, u. zw. die Paw 800, ein 8-cm-Rohr, eingebaut in die Lafette der 3,7-cm-Pak, später noch die Paw 1000, ein 10-cm-Rohr ebenso in der leichten Lafette. Aber auch diese Geschütze entsprachen wenig. Die wegen der Überschallgeschwindigkeit der sehr leichten Geschosse (3 kg für Paw 800) notwendigen langen Flügel funktionierten oft nicht, die Geschosse gingen sehr kurz.

Es blieb daher in der Hauptsache bei Verwendung der Hohlladung in drallstabilisierten Rohren. Andere Geräte für die Panzerabwehr mit Hohlladung gehören nicht zu den Geschützen. Sie sind im Hefte 6/51 dieser Zeitschrift besprochen.

Die großen Schwierigkeiten, vor die sich im ersten Weltkriege alle kriegsführenden Staaten schon bald bei der Beschaffung der *Munition* für die Geschütze gestellt sahen, zeigten sich im zweiten Weltkriege nicht mehr in diesem Ausmaße. Man hatte sich von Anfang an anders als damals auf den großen Bedarf eingestellt, rohstoffmäßig und industriell. Gewisse Schwierigkeiten gab es freilich dennoch immer wieder zu überwinden, besonders als mit Wirksamwerden des Bombenkrieges durch Ausfall zerstörter Fertigungsstellen und durch die großen Verluste im Ostfeldzuge die Deckung des Bedarfes immer schwieriger wurde. Wesentlich war hier der immer stärkere Mangel an Rohstoffen.

Immerhin waren die Operationen bis Ende 1944 nie wirklich durch den Mangel an Munition oder durch ihre Beschaffenheit gestört, es sei denn durch den gestörten Zuschub. Einen viel größeren Einfluß hatte der Mangel an Treibstoff.

Es wurden außerordentlich vielerlei Modelle in Versuch genommen, vielleicht wurde zu viel herumexperimentiert, mehr als bei den Geschützen. Bei der großen Vielfalt der Munitionsgattungen und Modelle können nicht alle einzeln hier angeführt werden. Obwohl die Artillerie nicht mehr wie im ersten Weltkriege im Stellungskriege mit dieser Massenwirkung eingesetzt worden ist, war der Bedarf an Material und Fertigungskapazität für die Munitionserzeugung dennoch ein ungeheurer, er überragte alle anderen Fertigungszweige. Mit der Vielfalt des Geschützmaterials und der Vielfalt ihrer Aufgaben stieg auch die Vielfalt der Munition trotz anfänglichem Streben nach Vereinfachung.

Es stehen hier keine Zahlen zur Verfügung, aber es sei z. B. auf den ungeheuren Bedarf der Fliegerabwehrgeschütze verwiesen. Allein die Erzeugung der erforderlichen mechanischen Zeitzünder, lauter Präzisionsuhren, ging in die Millionen. Auch die Verbündeten mußten mit ihnen versorgt werden. Die Munitionsbeschaffung war sicher eine organisatorische Großtat. Sie lag in der Hand des Heereswaffenamtes.

Zu den organisatorischen Maßnahmen gehört die Heranbringung und Verteilung der Munition an die Truppe. Die Geschosse waren zum Teile in geflochtenen Weidenkörben verpackt, alles andere in Holz- und Blechverschlägen. Die Bezeichnung der Munition und der Gefäße ermöglichte die Trennung nach Muster und nach Gewichtsklassen der Geschosse. Bei verschiedenen Pulvern wäre aber die Trennung nach Erzeugungsserien der Treibpulver für ein geregeltes Schießen wichtiger, gar dann, wenn die Ladungsermittlung mit ungenügend abgelagertem Pulver durchgeführt worden ist.

Das Material und die Fertigung der Geschoßkerne hatte sich seit dem letzten Kriege wenig verändert. Alle Geschosse für größere Einzelschußwirkung waren Preßstahlgeschosse mit großem Raum für die Sprengfüllung. Die Verwendung von Gußstahl wechselte je nach der Materiallage. In der Ausrüstung waren vor allem Sprenggranaten, Panzergranaten und eine Reihe von Sondergeschossen. Das Schrapnell war verschwunden.

Die äußere Form der Geschosse war dem Geschoßfluge besser angepaßt. Man war auf dem Wege weitergeschritten, den man 1917 mit der sogenannten C-Granate für die Feldkanone beschritten hatte. Die Geschoßform näherte sich mehr dem seinerzeitigen französischen «balle D». Das Festhalten an einer für viele Kaliber einheitlichen Zünderform mußte die günstigste Anpassung an den Geschoßflug beeinträchtigen. Der Formwert ist nur bei einzelnen Geschossen dem möglichen Optimum für die Überwindung des Luftwiderstandes nahegekommen. Man hat später eine bessere Form nach Windkanalversuchen entwickelt, z. B. vor allem für die Peenemünder Pfeilgeschosse für Ferngeschütze.

Lediglich auf Festigkeit, mit ganz geringem Sprengstoffinhalt und ohne Rücksicht auf den Formwert waren die Panzergranaten gebaut. Ihre ogivale Spitze hatte nur ein bis eineinviertel Kaliber Abrundungsradius. Das ganze Geschoß war gedrungen. Die deutsche Stahlindustrie hat auch mit legierungsarmem Material hervorragende Geschosse geliefert. Es lag an der guten Wärmebehandlung. Zur Ersparung des edleren Materials wurde ein großer Teil der Granaten mit aufgeschweißtem Kopf hergestellt. Diese sogenannte Comboundgranaten entsprachen gut.

Zur Verbesserung der Wirkung erhielten die Panzergranaten von 7,5 cm

Kaliber aufwärts eine Panzerkappe und zur Verbesserung des Fluges eine Windhaube. Die Panzerkappe war aus festem Stahl hergestellt. Sie übertrug die große Beanspruchung beim Auftreffen auf die ganze intakte Geschoßspitze. Gleichzeitig wurde die gehärtete Oberfläche der Platte zerstört und der Geschoßspitze war das Eindringen erleichtert. Kappe und Windhaube verschwanden vor der Platte. Die Kappe hat also keine schmierende Wirkung, wie oft irrtümlich angenommen wird.

Zahlreich waren die Bemühungen zur Schaffung von Geschossen zur Steigerung der Einzelschußleistung und des Geschützertrages, endlich für Sonderaufgaben.

Für die Bekämpfung von Betonzielen waren die Betongranaten eingesetzt. Sie waren dickwandig, hatten aber normales Geschoßgewicht. Ihre Geschoßspitze war abgestumpft und für das bessere Anbeißen kantig geformt. Ihr Wert war problematisch.

Besser gegen Beton und Fels sollten die sogenannten Überlanggeschosse wirken. Schon Charbonnier entwickelte zirka 10 Kaliber lange Geschosse. Die Geschütze erhielten schärferen Drall. Nunmehr versuchte man 20 bis 25 Kaliber lange Geschosse mit Flügelstabilisierung. Solche 21 cm Granaten drangen mehrere Meter tief in gewachsenen Fels. Man wollte sie gegen Gibraltar einsetzen. Aber die Flugsicherheit war ungenügend. Die bei dieser Stabilisierung verwendeten Klappflügel, die sich erst vor der Rohrmündung öffneten, waren in ihrer Funktion unsicher. Auch die Laborierung der langen Sprengladung machte Schwierigkeiten. Es bestand die Gefahr des Setzens beim Abschuß.

Die Verwendung als Panzergranate gelang nicht. Die geringste Neigung verursachte das Zerschellen des Geschosses vor und an der Platte oder das Geschoß ringelte sich je nach Härtegrad zusammen. Gelang das richtige Auftreffen, so war die Wirkung sehr groß. Eine 3,7-cm-Granate nahm eine 100 mm starke Platte.

Besser entsprach das Prinzip der überlangen Geschosse mit Flügelstabilisierung bei dem Versuche, die Einzelschußwirkung eines Kalibers bis zum nächst größeren Kaliber zu steigern. Eine 10 Kaliber lange 10,5-cm-Haubitzgranate erreichte die Wirkung der 15-cm-Fhb., eine 15-cm-Haubitzgranate die des 21-cm-Mörsers. Da aber diese Geschütze eine Steigerung der Mündungsleistung nicht zuließen, mußte wegen des größeren Geschoßgewichtes die Mündungsgeschwindigkeit herabgesetzt werden. Die Schußweite sank um 30 bis 50 %.

Weitere Versuche sollten die Anwendung des Überlangprinzips zur Steigerung der Schußweite ermöglichen. Die Geschosse erhielten Unterkaliber und zur Führung im Rohre Treibspiegel von Rohrdurchmesser.

Die während des Durchganges durch das Rohr geringe Querschnittsbelastung ermöglichte eine große Mündungsgeschwindigkeit. Bei kleineren Kalibern konnte im Verhältnis zum Fertigungsaufwand keine bemerkenswerte Ertragssteigerung erzielt werden. Versprechender waren die Versuche mit einer 28-cm-Kanone. Hier wurde ein 15-cm-Geschoß, das als Peenemünder-Pfeilgeschoß bezeichnet war (nach den im Peenemünder Windkanal durchgeföhrten Versuchen) und das Gewicht von 120 kg hatte, mit einer Mündungsgeschwindigkeit von über 1000 m/s geschossen. Es wurde eine Schußweite von 140 km erreicht und damit sogar die Leistung der K 12 überboten. Das Geschütz K 12 war ein wesentlich schwereres Geschütz mit viel geringerer Lebensdauer.

Das Prinzip des Treibspiegels wurde in großem Ausmaße bei einer größeren Zahl von Geschützen entwickelt. Hier aber mit Drallstabilisierung. Das Geschoß erhielt Unterkaliber und vorne und rückwärts war je ein Stützring angebracht, der die Erteilung des Dralles während des Durchganges durch das Rohr übernahm und vor der Mündung abfiel. Auch hier ermöglichte die geringe Querschnittsbelastung im Rohre die Erreichung einer großen Mündungsgeschwindigkeit. Die nach Abwurf der Treibringe ganz glatten Geschosse hatten eine große Querschnittsbelastung und einen hohen Formwert. Man erzielte – freilich auf Kosten der Einzelschußwirkung – eine wesentliche Steigerung der Schußweite. Bei diesen Geschossen ist zu beachten, daß sie für den stabilen Flug erforderliche Umfangsgeschwindigkeit des Geschosses erhalten bleibt, daß also der Abfall durch die Verkleinerung des Kalibers durch die Steigerung der Geschoßgeschwindigkeit wett gemacht wird. Schwierig war die Erzielung des sicheren und rechtzeitigen Abwurfs der Treibringe. Auch die Fertigung war natürlich schwieriger geworden. Wirkliche Verwendung fanden die Treibspiegelgeschosse daher nicht. Es ist sehr viel Fertigungskapazität aufgewendet worden. Auch für Flak wurden Versuche durchgeföhr. Es war eine Flugzeitverkürzung von etwa 30 % zu erreichen.

Schwierigkeiten in der Fertigung der Geschoßkörper im allgemeinen drohten erst gegen Kriegsende durch den Manganmangel, als die reichen Lager der Ukraine verloren gegangen waren. Man war bemüht für die metallurgische Behandlung einen Ersatz im Titan zu finden. Inzwischen war der Krieg zu Ende. Im übrigen gingen die Erfahrungen bei der Fertigung der Geschoßhüllen nicht über die des ersten Weltkrieges hinaus.

Für die Geschoßabänderung, die Geschoßführung, mußte man sich wegen der bald eintretenden Verknappung des Kupfers um ein Ersatzmittel umsehen. Schon im ersten Weltkriege hatte man nach Ausweichlösungen gesucht. Kohlenstoffarmes, weiches Eisen, auch Elektrolyteisen

entsprachen der großen Rohrabbnutzung wegen nicht. Eine Zinkaluminiumlegierung konnte bei den kleinen Ladungen der Haubitzen gerade noch entsprechen, bei großen Ladungen und bei Kanonen aber verbrannte das Zink und die Geschosse verließen ohne oder mit ungenügender Führung das Rohr.

Im zweiten Weltkriege hat die Metallkeramik, die Pulvermetallurgie, einen entsprechenden Ersatz für Kupfer geboten. Sie umfaßt die Verwendung von pulverisierten Metallen, die durch Sintern zusammengeschweißt werden und in Verbindung mit anderen Metallen oder Stoffen einen inzwischen vielfach verwendeten Werkstoff ergeben.

Für die Geschoßführung wurde ein Sinterreisen (daher der Name «Fes», d. i. Eisensinter) verwendet. Zuerst ausschließlich und in der Folge noch hauptsächlich wurde hiefür ein Wirbelschlagpulver herangezogen. Zerstückelter Eisendraht wurde in Wirbelschlagmühlen zerkleinert. Es geschah dies durch rotierende Eisenschaufeln. Das so gewonnene Eisenpulver bestand aus unregelmäßigen kleinen dünnen Plättchen von verschiedener Größe, die durch ein automatisches Siebverfahren sortiert wurden. Dieses Pulver wurde dann des Sauerstoffgehaltes wegen in Reduktionsöfen reduziert. Sodann wurde es in Stahlmatrizen unter einem Druck von 2 bis 4 Tonnen pro cm^2 in die erforderliche Ringform gepreßt und hernach der Sinterung unterzogen. Die Ringe wurden sodann getränkt, fast ausschließlich in Paraffin. Nach kurzem Trocknen waren sie fertig zum Aufziehen auf das Geschoß. Das Aufpressen erfolgte ganz ähnlich dem Aufpressen der Kupferringe.

Unter Bedachtnahme auf die Empfindlichkeit dieser Führung gegen kantige Formen entsprach diese Führung gut.

Umfangreiche Versuche sollten den Einfluß der Fes-Führung auf die Lebensdauer der Rohre feststellen. Sie brachten interessante, zum Teil überraschende Ergebnisse. Bei der Kupferführung lag die Hauptursache des Unbrauchbarwerdens des Rohres in der allmählich immer größer werdenden «Einreichungstiefe», das heißt in der Verlängerung des Weges bis zur Anlage der Führung an den Übergangskonus im Rohre. Der anfängliche Verbrennungsraum vergrößert sich. Gasspannung und Mündungsgeschwindigkeit sanken.

Ganz anders verhält sich die Fes-Führung. Auch bei sehr hoch beanspruchten Rohren nahm diese Einreichungstiefe bis zur Höchstzahl der Schüsse des Rohres kaum einige Millimeter zu; jedoch nahm hier der Verschleiß im vorderen Teil des Rohres mehr zu, als bei Kupferführung. Die Lebensdauer wurde durch das Fortschreiten dieses Verschleißes bestimmt. Die Ursache lag in der bei Fes geringeren Verformungsarbeit beim Ein-

pressen in die Züge des Rohres. Das Kupfer widersteht der Verformung mehr, Fes ist hingegen elastischer, der Druck auf die Rohrwände während des Durchganges durch das Rohr ist stärker.

Der Einfluß der Fes-Führung im Vorderteil des Rohres war bei Hau-
bitzen außerordentlich gering. Die Lebensdauer dieser Geschütze stieg da-
her gegenüber der Kupferführung stark an.

Die Dauerversuche aus 8,8-cm-Flak 36 ($V_0 = 820 \text{ m/s}$) ergaben eine
Lebensdauer von zirka 3500 Schuß mit Fes-Führung, die 8,8-cm-Flak 43
($V_0 = 1020 \text{ m/s}$) erreichte noch 1500 Schuß. Die Feuergeschwindigkeit
war bei diesen Versuchen ein Extrem. Feldmäßig erzielten diese Geschütze
daher eine größere Schußzahl bis zum Unbrauchbarwerden.

Um zu untersuchen, ob die seit Einführung der Kupferführung kon-
struierte Inneneinrichtung der Rohre auch für Fes ein Optimum darstelle,
wurde ein Rohr mit um zirka 30 % geringerer Zugzahl beschossen. Die
Lebensdauer stieg beträchtlich.

Damit war der Anfang eines Weges gewiesen, auf dem diese Ersatz-
führung noch weiter ausgestaltet werden kann.

Wie bei den schwersten Ferngeschützen erwähnt, hat die Leistenführung
nur bei der K 12 entsprochen. Bei großer Kälte, die die Kerbzähigkeit des
Stahles herabsetzte, traten Rohrzerspringer auf. So blieb es bei diesen und
einigen wenigen Geschützen großer Leistung bei der Kupferführung, alle
übrigen Geschütze waren allmählich zur Fes-Führung übergegangen.
Allerdings mußten die Schußtafeln angepaßt werden.

Die *Beziänderung* der Geschosse hatte sich anfangs einfach gestaltet.
Wie in allen Artillerien war man auf den empfindlichen Momentanzünder
übergegangen, mit dem die Wirkung der Brisanzgranaten an der Ober-
fläche blieb und nicht von zu weichem Boden verschluckt wurde. Sie be-
saßen eine einschaltbare Verzögerung. Das Schrapnell war verschwunden.
Es war allerdings durch den in die Tiefe reichenden Streukegel vorzüglich
zur Bestreichung des Vorfeldes und zur flankierenden Verteidigung gut
geeignet.

Ein Teil der Granaten der Feldartillerie war mit empfindlichen Doppel-
zündern ausgerüstet, der Zeitzünder als Uhrenzünder. Den Zeitzünder als
Uhrenzünder hatten alle Flak-Granaten, sie besaßen keinen Aufschlag-
zünder. Erst gegen Kriegsende kehrte man teilweise auch für sie zu einem
empfindlichen Perkussionsapparat zurück, wie bei Besprechung der Flieger-
abwehrgeschütze erwähnt wurde. Die Feldartillerie machte sehr ungern
von der Zeitzündung Gebrauch. Sie erforderte eine gute Schießausbildung.
Zeitzündung mit Pulversatzscheiben wurden wohl versucht, aber nur
wenig eingesetzt, am meisten bei Beutegeschützen.

Die Geschosse gegen Panzer und feste Ziele, also die Bodenzündergranaten, besaßen einen einfachen Bodenzünder nach dem Prinzip der Beschleunigung der Massen. Kompliziertere Konstruktionen, die eine Funktion des Zünders erst nach Aufhören des negativen Beschleunigungsdruckes oder nach dem Sinken um ein bestimmtes Maß auslösen sollten, hatten angesichts der hohen Beanspruchung beim Panzerbeschuß wenig Wert. Eine erforderliche Verzögerung war durch Einbau eines Pulversatzes erzielt.

Während die hochentwickelte Uhrenindustrie ohne weiteres die mechanischen Zünder in genügender Zahl liefern konnte, ergab die Massenfertigung der empfindlichen Kopfzünder bald Schwierigkeiten.

Die Zünder waren durchwegs mit der Klappensicherung versehen. Es gab nach der Größe zwei Typen solcher Zünder. Die weitaus größte Zahl der Geschoßmodelle war mit der größeren Ausführung versehen. Zur Erleichterung der Massenfertigung waren die Ausmaße sehr vereinheitlicht und zwangen so zu einheitlicher Außenform der Geschoßbogivale der verschiedenen Geschosse. Das beeinträchtigte deren Formwert.

Die Zünderkörper waren zuerst aus Aluminium hergestellt. Als dies nicht mehr in genügender Menge zur Verfügung stand, schritt man zur Fertigung aus Preßstoff. Der Geschoßkörper wurde aus Eisenblech geprägt, die so geschaffenen Hohlräume wurden mit Preßstoff gefüllt. Damit konnte das Gewicht gehalten werden, die Fertigung war aber reichlich kompliziert geworden. Als auch der Preßstoff knapper wurde, kam es zu sehr gekünstelten Konstruktionen. Die sogenannten Einheitszünder bestanden aus einem Eisengerüst, in das die eigentlichen Zündereorgane eingebaut wurden. Der Großteil des Innenraumes blieb leer. Man hatte sich wegen der störenden Umstellung der Großfertigung nicht entschließen können, auf kleiner dimensionierte Zünder überzugehen. Man wollte die zeitweise Verringerung der Erzeugungsleistung nicht in Kauf nehmen.

Die Innenteile der Klappensicherungszünder waren aus Messing. Vier, bzw. fünf Klappen stützten den Schlagbolzen, den «Nagel», ab. Nach Atritt der Geschoßbewegung wird die Sperre der Klappen, die außerdem von einer Bandfeder umgeben sind, gelöst, die Entsicherung beginnt. Während der achsialen Beschleunigung im Rohre liegt der Nagel auf den entsprechend geformten Klappen auf, die gleichzeitig durch die Drehbeschleunigung in ihrer Lage gehalten werden. Mit wachsender Umdrehungszahl beginnt die Fliehkraft zu wirken. Überwiegt sie die sperrenden Kräfte, so öffnen sich die Klappen, und zwar eine nach der andern. Dann wird der Nagel nur noch durch eine leichte Feder in seiner Lage gehalten. Bei der geringsten Berührung mit einem Widerstande sticht er das Zünd-

hütchen an, schon beim Auftreffen auf einen schweren Regentropfen kann dies geschehen. Die Zeit für die völlige Entsicherung ist also von den innerballistischen Verhältnissen abhängig. Sie sollte so groß sein, daß nicht nur die Rohrsicherheit, sondern auch eine gewisse Maskensicherheit gewährleistet ist. Dies ließ sich für das betreffende Geschütz regulieren. Darauf war beim Übergang auf eine höhere Leistung des Geschützes zu achten.

Einfacher waren die Zünder für nicht drallstabilisierte Geschosse. Sie waren lediglich auf die Funktion des Beschleunigungsdruckes aufgebaut.

Sonderzünder waren bei der Flak, bei der Luftwaffe überhaupt in Anwendung, wie z. B. der hydrostatische Zünder usw., von denen schon die Rede war. Auch die Hohlladungsgeschosse besaßen Sonderzünder wie den allerdings nicht eingeführten elektrischen Zünder.

Bei allem Streben nach Vereinfachung und nach Vereinheitlichung ist es dennoch zu einer großen Zahl von Zündermodellen gekommen. Jedenfalls ist aus den Erfahrungen zu folgern, daß ganz einfache und klein dimensionierte Zünder vorzuziehen sind.

Die Zündvorrichtung, die den Detonator für die Initiierung der Sprengladung enthielt, war sehr einfach gebaut. Es gab wenig Typen. Sie waren unmittelbar hinter dem Zünder in die Sprengladung eingesetzt.

Trotz der ungeheuren Zahl der abgegebenen Schüsse war die Zahl der Rohrzerspringer gegenüber dem ersten Weltkriege wesentlich gesunken. Gewiß ein Zeichen solider und gewissenhafter Fertigung aber auch guter Konstruktionen.

Von großer Bedeutung für die Geschoßwirkung war natürlich die *Sprengladung*, ihre Beschaffenheit und ihre Einbringung. Im Frieden war es in Deutschland nicht üblich, fertig laborierte Munition in großen Mengen einzulagern. Die Bestandteile wurden gesondert verwahrt. Für ein rasches Fertiglaborieren wurden daher die Sprengladungen als Preßlinge in Papierhülsen bereit gehalten und dann bei Bedarf in die mit Magnesiakitt ausgeschmierten Geschoßhüllen eingeschoben. Diese hatten daher keine Verengung des Innenraumes, keinen Einzug an der Spitze.

Im Kriege ist man aber für mittlere Kaliber auf das Gießverfahren übergegangen.

Als gegen Ende des Krieges die Salpetererzeugung durch den Bombenkrieg fast auf Null gesunken war, entschloß man sich, den Sprengstoff durch Beimischung von 20 bis 30 % Steinsalz zu strecken. Da das Gemisch beim Schmelzpunkt des Tis unlöslich ist, kam es schon in den Gießpfannen zu schweren Entmischungen, so daß das Produkt ziemlich ungleichmäßig anfiel. Das Ergebnis war übrigens nicht einmal so schlecht, als man befürchtet

hatte. Jedenfalls scheint die Truppe nichts von dieser «Streckung» gemerkt zu haben. Eine unangenehme Begleiterscheinung war aber die durch die Entmischung verursachte Verlagerung des Geschoßschwerpunktes.

Die Nebelgranaten hatten eine Füllung von Chlorsulfatsäure. Für die Brandgranaten konnte später ein Ersatz für das knapp werdende Phosphor nicht gefunden werden.

Eine Sonderelaborierung hatten die Hohlladungsgeschosse. Die Hohlladung¹ besteht aus einem zentral durchbohrten Sprengkörper, der auf einer Seite axial in bestimmter Form und Tiefe ausgehöhl ist. Legt man auf die voll gebliebene Seite eine Sprengkapsel an, so wird bei der Zündung in der Höhlung in axialer Richtung ein besonders starker Gasstrahl erzeugt, ähnlich wie die Lichtstrahlen durch eine Glaslinse oder einen Hohlspiegel zusammengefaßt werden. Je nach der Größe der Sprengladung durchschlägt dieser Gasstrahl bis zu mehreren Dezimetern dicke Panzer. Verbesserungen in der Wirkung konnten durch die Änderung der Form der Höhlung und durch die Wahl anderer Werkstoffe für die Auskleidung der Ladung erzielt werden. Eine halbkugelförmige Form der Höhlung z. B. ist wohl unempfindlicher gegen die schädliche Wirkung des Dralles, senkt aber die Wirkung im allgemeinen. Am besten scheint eine flaschenförmige Aushöhlung zu entsprechen. Die Auskleidung bestand aus Eisenblech, am besten aus Zinkspritzguß oder noch besser aus Wolframkarbid. Die Breite der Hohlladung, das heißt ihre Masse, bestimmte die Tiefenwirkung. Es war also das Kaliber maßgebend. Die Sprengladung bestand aus je 50 % Hexogen und Trinitrotoluol.

Der Einfluß des Dralles äußerte sich bei großen Geschwindigkeiten durch ein Absinken der Leistung. Es wird offenbar der Gasstrahl aufgeweitet und dadurch die Wirkung herabgesetzt. Man ging daher bei vielen solchen Geräten zur Flügelstabilisierung über, mit der tatsächlich eine größere Wirkung erzielt wurde.

In der deutschen Wehrmacht standen an *Sprengstoffen* zur Verfügung: 1. Trinitrotoluol, 2. Ammonsalpeter (als Streckmittel), 3. Hexogen (Zyklo-methylentrinitroamin), 4. Nitropenta (Pentaerythrittetranitrat), 5. Dinitrobenzol, 6. Kalk- und Natronsalpeter, 7. Pikrinsäure, 8. Nipolit, 9. Trialen.

Trinitrotoluol war der vor dem Kriege fast ausschließlich zum Einsatz gebrachte Sprengstoff. Er blieb auch bis Kriegsende der wichtigste Rohstoff. Der ungeheure Bedarf an Geschoßfüllungen erforderte aber bald ein Strecken dieses idealen Sprengstoffes. Zunächst wurde Gemisch Tri-Am-

¹ Die Hohlladung ist im Aufsatze über Panzerabwehr in Heft 6/51 eingehend besprochen. Hier sei des Zusammenhangs wegen einiges wiederholt.

monsalpeter im Verhältnis 60/40 verwendet, das in seiner Sprengwirkung dem reinen Tri nicht nachsteht. Das Mischverhältnis mußte aber bald zugunsten des Ammonsalpeters verschoben werden. Eine homogene Mischung ist dabei nur möglich durch Herabsetzung des Erstarrungspunktes des Ammonnitrates, etwa durch Dicyandiamidin und andere Zusätze. Es sind dies die gießbaren Ammonite. Es kam bis zu dem Mischverhältnis 20/80. Um dies zu erreichen suchte man Methoden der Laborierung und griff zu dem in Italien entwickelten Verfahren von Mangioretti.

Der Anfall von Hexogen war verhältnismäßig gering. Dieser hochwertige Sprengstoff wurde daher nur in besonderen Fällen verwendet, z. B. für die Hohlladungen und bei den V-Waffen. Es fand Verwendung als Gemisch 50/50 mit Trinitrotoluol.

Nitropenta, ein selbständiger Sprengstoff, ist schon seit den Dreißiger Jahren auch für zivile Zwecke in Verwendung, z. B. für die detonierende Zündschnur. Da alle genannten Sprengstoffmischungen eine starke Initialzündung erfordern, wurde Nitropenta für Zündladungen verwendet. So weit es bei Geschossen Verwendung fand, wurde es immer mit etwa 10 % Paraffin phlegmatisiert. Als Sprengladung wurde Nitropenta bei den kleinsten Kalibern und bei der Fliegermunition verwendet, dann bei kleinkalibrigen Panzergranaten.

Auch von Dinitrobenzol waren nur kleine Mengen verfügbar. Ein Gemisch mit Trinitrotoluol wurde vereinzelt abgefüllt. Wegen seiner Gifigkeit erforderte es besondere Sicherheitsvorkehrungen in den Füllanstalten.

Kalk- und Natronsalpeter wurden erst in der letzten Kriegsphase als Notbehelf eingesetzt.

Pikrinsäure wurde in Deutschland nicht erzeugt. In den Beutebeständen tauchten nach dem Frankreichfeldzuge große Mengen davon auf; sie wurden in den in Frankreich vorhandenen Füllanstalten in Artilleriegeschosse elaboriert.

Eine besondere Bedeutung hat in der letzten Zeit des Krieges die Fertigung hochwertiger Sprengmittel aus Geschützpulver gewonnen. Solches Pulver fiel immer in größeren Mengen aus entlaborierten Kartuschen, aus Lieferungsresten, aus Kürzungsabfällen u. a. m. aus und harrte einer nützlichen Verwendung. Daraus wurde nun ein Sprengstoff «Nipolit» entwickelt. Es wurde Diglykolpulver der verschiedenen Abmessungen unter Zugabe von neuer Pulvermasse mit Nitropenta zu einer Pulverdecke ausgewalzt und hierauf in der üblichen Weise in die gewünschten Formen gepreßt. Die entstandenen Preßkörper eigneten sich vorzüglich für Pioniersprengmunition und Handgranaten.

Als sehr wirksamer Sprengstoff wurde für Sonderzwecke eine hoch-

brisante Mischung von Trinitrotoluol, Hexogen und Aluminiumpulver im Verhältnis 40/40/20 verwendet, das «Trialen». Unter anderem war die V² mit dieser Mischung elaboriert.

Sehr erfolgreiche Wege wurden bei der Schaffung der *Treibladungen* beschritten. Die Treibladungspulver zeichneten sich durch eine Steigerung der Rohrschonung aus und durch eine Anpassung an die Geschütze hoher Leistung, die dadurch eine volle Auswertung erhielten.

Noch besser als bei anderen Munitionsteilen ist es bei den Pulvern gelungen, Ersatzstoffe erfolgreich anzuwenden. Das Nitroglyzerin wurde durch Nitroglykol und Nitroguanidin ersetzt, womit eine ganz wesentliche Steigerung der Lebensdauer der Geschütze erzielt werden konnte. Die Pulver waren außerordentlich rohrschronend geworden. Es ist dies ein Beispiel dafür, daß manchesmal der Ersatzstoff besser entspricht, als der Mangelstoff.

Alle deutschen Geschützpulver waren ohne flüchtige Lösungsmittel erzeugte Sprengölzpulver, «POL-Pulver». Nitrozellulosepulver wurden im allgemeinen nicht gefertigt.

Der Grund hiefür war der Zellulosemangel und auch die nachteilige Eigenschaft der Nitrozellulosepulver, mit wachsender Luftfeuchtigkeit die ballistischen Eigenschaften zu verändern.

Als Sprengöl diente im überwiegenden Maße das Diglykoldinitrat, abgekürzt «Digl». Nitroglyzerinpulver wurde nur für Granat- und Nebelwerfer verwendet. Digl.-Pulver fordert nicht Fett als Rohstoff. Seine Explosionswärme kann viel niedriger gehalten werden, als bei allen anderen Pulvern. Kalorienarme Pulver bringen nur sehr kleine V-/Rückgänge bei steigender Schußbelastung der Rohre und mündungsfreies Schießen bei Kanonen. Eine bedeutende Steigerung der Rohr-Lebensdauer ist durch zahlreiche Dauerversuche erwiesen.

Nicht alle Digl.-Pulver werden als kalorienarme Pulver gefertigt. Die Möglichkeit der Kaloriensenkung konnte nur bei Röhrenpulver restlos ausgenutzt werden. Die Explosionswärme wurde dort auf 690 bis 700 Wärmeeinheiten heruntergedrückt.

Bei Haubitzpulvern (Schüttlpulvern) sind derartig niedrige Explosionswärmen wegen der bei diesen Geschützen schon an sich geringen Rohr-abnützung nicht nötig und wegen der resultierenden zu geringen Wandstärke dieser Pulver auch technisch nicht möglich und schließlich wegen der größeren Pulverladung unerwünscht. Digl.-Pulver für Haubitzten hat 1500⁰ Wärmeeinheiten (WE). Um auch mit Haubitzten mündungsfrei zu schießen, wurde das Nitroguanidinpulver mit 950 WE entwickelt: Guanidinpulver mit der Bezeichnung A.

Nitroguanidin ist eine synthetisch über Kalk und Kohle aufgebaute Verbindung. Sie wurde bei A-Pulvern in die Digl.-Masse bis zu 20-30 % eingearbeitet. Es war als Haubitzpulver Blättchen- und Ringpulver. Für Sonderzwecke wurde ein Röhrenpulver mit einer Nitroguanidinbeimengung von 20 % und 710 WE geschaffen. Es zeigte die Vorteile der Nachflammmfreiheit bei schnell geöffneten Verschlüssen, wodurch die Feuergeschwindigkeit bei Kampfwagenkanonen und Fliegerabwehrkanonen erhöht wurde. Bei Leichtgeschützen brachte es eine erhebliche Herabsetzung des starken Düsenfeuers. Auch A-Pulver wurde gelegentlich als Röhrenpulver gefertigt.

Nach der Formgebung unterschied man Schüttlpulver (Blättchenpulver für Haubitzen, Ringpulver für Haubitzen, Mörser und Granatwerfer, kurz geschnittenes Röhrenpulver für schwere und schwerste Minenwerfer), Röhrenpulver für Kanonen, Plättchenpulver und Nudelpulver aus Nz-Masse für Beiladungen und Nitrozellulose-Manövernudelpulver. Die Bezeichnung der Pulver enthielt auch die Abmessungen.

Für die Pulvermasse war also Nitroglycerin ausgeschieden. Bei der Wahl zwischen Diglykol- oder Nitrozellulosepulver hatte man sich in Deutschland fast eindeutig für Diglykolpulver entschieden. Das Nz-Pulver zeigt die schon erwähnte Abhängigkeit von der Luftfeuchtigkeit, es ist kein gleichbleibendes Ladungsgewicht möglich, so daß die Ladung für jede Pulverlieferung und jedes Geschütz durch Beschuß bestimmt werden muß. Schließlich war auch der Holzmangel und die Schwierigkeit bei Beschaffung des für die Fertigung notwendigen Alkohols und Äthers maßgebend. Allerdings ist im letzten Kriegsjahre das Nz-Pulver wieder teilweise herangezogen worden, weil es eine so weitgehende Vereinheitlichung der Pulvertypen ermöglicht, wie keine andere Pulvermasse. Man suchte zu dieser Zeit die Pulvertypen besser zu vereinheitlichen.

Die Hauptursache der großen Zahl von Röhrenpulverquerschnitten lag darin, daß der Geschützkonstrukteur auf vorhandene Pulverabmessungen keine Rücksicht zu nehmen hatte. Er baute die Inneneinrichtung der Rohre so, wie sie fertigungsmäßig für die verlangte Leistung am günstigsten war. Die deutsche Artillerie blieb daher in der Leistung gegen Panzer und bei Erreichung der größten Schußweite (z. B. K 12) unerreicht, auch die V_0 -Streuung war sehr gering. Rußland z. B. ist den anderen Weg gegangen. Es hatte von Haus aus nur wenig Pulver-Typen. Die ebenfalls nur wenigen Geschütztypen hatten allerdings ungenützte Leistungsreserven. So wurde die russische 7,62-cm-Feldkanone durch Aufbohren auf einen größeren Verbrennungsraum auf deutsche Pulver umgestellt und dadurch eine größere Mündungsgeschwindigkeit erzielt.

Die große Vereinheitlichung von Pulvern erzielte Rußland vorbildlich durch die Schaffung des den verschiedensten ballistischen Verhältnissen angepaßten Nitrozellulosepulvers Nz. 7 P., das Siebenlochpulver. Es war in Haubitzen ebenso verwendbar, wie in vielen Kanonen. Natürlich hat es die Nachteile des Nitrozellulosepulvers, hatte aber den Vorteil einer weitestgehenden Typenbeschränkung.

Eine neue Möglichkeit dieser Beschränkung hat Deutschland gegen Ende des Krieges in Angriff genommen. Sie ist bekannt unter dem Schlagwort «Pulverklavier». Darunter versteht man eine Stufenfolge von 32 Röhrenpulverquerschnitten, mit der die ballistischen Leistungen sämtlicher Kaliber vom kleinsten bis zum größten dargestellt werden kann. Die benachbarten Pulverteile unterscheiden sich von einander immer um die gleiche $\int p \, dt$ -Differenz und das Durchmesserverhältnis ist bei den Querschnitten 1:2:3. Diese Vereinfachung belastet den Geschützkonstrukteur zwar mit dem Zwange der gegebenen Pulverauswahl, sie ist jedoch immerhin ausreichend genug um die Vereinheitlichung der Pulver zu rechtfertigen. Als Pulvermasse war Diglykol-Röhrenpulver vorgesehen.

Zur Beseitigung des störenden Mündungsfeuers wurden insbesonders bei leichten und schweren Feldhaubitzen und beim 21-cm-Mörser Salzvorlagen verwendet. Bei Tag wurde in Deutschland auf die Dämpfung des Mündungsfeuers verzichtet. Kartuschvorlagen schieden bei Tage wegen der großen Rauchentwicklung aus. Deutsche Kanonen schossen dank der Verwendung von Digl. Röhrenpulver mit eingewalztem K_2SO_4 mündungsfeuerfrei ohne Kartuschvorlagen. Vor allem störte aber in manchen Fällen die wenn auch geringere Rauchentwicklung immer noch, vor allem bei den Panzerabwehrkanonen und den Kampfwagenkanonen, da sie die Feuergeschwindigkeit verminderte. Deshalb wurde später der das Mündungsfeuer dämpfende Zusatz bei diesen Geschützen wieder fortgelassen, da das Mündungsfeuer hier nach Ansicht der Truppe weniger störte, als auch nur geringere Rauchentwicklung. Die Blendwirkung des Mündungsfeuers wurde in Kauf genommen.

Die Arbeiten in der Richtung der Rauchverminderung erstreckten sich zunächst auf den Austausch von K_2SO_4 durch andere, vor allem organische Substanzen. Dabei spielten Harnstoffderivate eine besondere Rolle. Von organischen Stoffen hat sich Dicyanidiamidin günstig erwiesen. Sehr geringe Rauchbildung, kein Mündungsfeuer, aber in größerer Menge schwer zu beschaffen.

Die gefährlichen Nachflammer wurden durch Verwendung des Guanidinpulvers erfolgreich bekämpft, meist beseitigt.

Die Bestimmung des Optimums der Wandstärke des Pulvers gibt uns die Möglichkeit, den anfänglichen Verbrennungsraum des Geschützes hinsichtlich seines Inhaltes durch Beschuß zu überprüfen. Tritt mit Steigerung der Wandstärke in der Mündungsgeschwindigkeit kein Optimum auf, bzw. ist das betreffende Wandstärkenoptimum nicht erreichbar, so ist dies ein Zeichen dafür, daß für die verwendete Pulvermasse der Verbrennungsraum zu klein ist. Das Geschütz wird mit dieser Pulvermasse die volle Leistung nicht liefern. Tritt anderseits das V_0 -Maximum weit vor der Grenze der Ladefähigkeit auf, dann ist der Verbrennungsraum zu groß. Dies bedeutet Pulververschwendungen und schlechte Streuungen. Im ersten Falle hilft Ausbohren des Rohres oder unter Inkaufnahme aller Nachteile die Verwendung eines kalorienreichen Pulvers.

Die wissenschaftliche Pflege des schwierigen Problemes der Innerballistik gestaltete sich schwierig. Es wurde zweifellos mehr empirisch gearbeitet, ja es wurde z. B. zur Sicherheit lieber ein zu großer anfänglicher Verbrennungsraum für Rohrkonstruktionen gewählt, was, wie oben erläutert, zu einer Pulververschwendungen führen mußte. Wo es sich um das ungenügend verfügbare Guanidinpulver handelte, mußte das schädlich wirken.

Ein interessanter Weg zur besseren Auswertung durch Streckung der Gasspannungskurve im Rohre war die Konstruktion des Rohrinneren nach dem Prinzip: Hochdruck – Niederdruck. Es ist zu verschiedenen Ausführungen gekommen.

Hier findet die Verbrennung bei hohem Drucke in einem Verbrennungsraume statt, der mit dem übrigen Teil des Rohres nur durch einen engen Durchtritt verbunden ist. Dadurch wirkt in diesem Teile ein weitaus kleinerer und über den Geschoßweg ziemlich gleichmäßig verteilter Druck. Es ergeben sich eine Reihe von Folgerungen. Die Rohre werden leichter, die Geschosse können dünnwandiger gehalten werden mit größerem Sprengstoffinhalt. Der enge Trennungsquerschnitt wirkt als Verdämmung, die bei glatten Rohren hoher Leistung sonst nicht gut möglich wäre. Die Gase wirken der flachen Gasdruckkurve wegen lange nach. Daraus folgt zwar ein größerer Pulververbrauch, aber auch die Möglichkeit der Anwendung von Mündungsbremsen besonders großen Wirkungsgrades und damit geringere Waffengewichte.

Die erste Anwendung dieses Prinzips ist die Wurfgranate selbst, deren Schafthohlraum einen Hochdruckraum darstellt. Eine andere Anwendung ist der Panzerabwehrwerfer, der mit rasanter Flugbahn Hohlladungsgranaten verschießt.

Wie schon im ersten Weltkriege war man gezwungen das Messing für die Patronenhülsen durch Eisen zu ersetzen. Es war gelungen die Hülsen

auch in großen Längen einwandfrei zu ziehen, kürzere Hülsen wurden als Wickelhülsen mit getrenntem Boden und der Schaft aus einer Art Ofenrohrblech erzeugt, eine Ausführung, die noch für Feldkanonen mit Teilladung angewendet werden konnte. Es gab eine Reihe von Konstruktionen. Schwierigkeit machte für längere Lagerung der Rostschutz. Anfangs wurden die Eisenhülsen vermessingt. Die Marine blieb des Einflusses des Salzwassers wegen auch bis zuletzt dabei. Eigentlich haben alle Rostschutzmittel gleich entsprochen, wie eingehende Versuche erwiesen. Verwendung fand das Bonderin (Phosphatieren), Brünierung, Aluminiumüberzug usw. Ganz gut entsprach für längere Lagerung allerdings keines dieser Mittel, aber der rasche Verbrauch rechtfertigte diese Fertigung.

Die deutschen Hülsen besaßen für alle Typen und Größen einheitliche Zündschräuben. Für die verlässliche Zündung der Pulver erhielten sie eine Beiladung.

Die zutreffende Pulverladung wurde so erschossen, daß sie im Mittel bei 10 Grad Celsius Pulvertemperatur ($PT=10^0$), bei Tropenpulver bei 25^0 , die zutreffende Mündungsgeschwindigkeit bei einem Gebrauchsgasdruck von p für 10 Grad, für Tropenpulver für 25 Grad, liefert; bei Pulvertemperatur von 35 Grad (Tropenpulver 50 Grad) einen Gasdruck p_{35} , bzw. p_{50} , der den Ausnahmegasdruck nicht überschreiten darf. (Ausnahmegasdruck ist gleich dem Konstruktionsgasdruck minus 100).

Die V_0 wurde aus neuen Rohren um 3 % höher angesetzt, als die schußtafelmäßige. Derart ist der V_0 -Verlust für steigende Schußbelastung vorweggenommen. Die Veränderung der V_0 ist in Stufen geteilt, jede beträgt ein Drittel Prozent. Das neue Rohr hat somit die Grundstufe 10. Das sind 10 Abbruchstufen, während bis zum Unbrauchbarwerden des Rohres, also bis zu einem Verluste von 10 % noch 20 Stufen zur Verfügung stehen, für die die Erhöhung zu erhöhen ist.

Über den Mut

Unser Mut hängt immer ein wenig von demjenigen unseres Nachbarn ab. Unter Tapferen kühn zu sein, ist weniger verdienstlich, unter Feigherzigen hasenfüßig, weniger sträflich.