Zeitschrift: ASMZ : Sicherheit Schweiz : Allgemeine schweizerische Militärzeitschrift

Herausgeber: Schweizerische Offiziersgesellschaft

Band: 118 (1952)

Heft: 10

Artikel: Die Durchschlagsleistung von Panzerabwehrgeschützen

Autor: Nüscheler, Rolf

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-23776

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: 14.07.2025

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

Die Durchschlagsleistung von Panzerabwehrgeschützen

Von Hptm. Rolf Nüscheler

Die Frage nach einer Panzerabwehrwaffe für mittlere und große Schußweiten ist bei uns noch nicht abschließend gelöst. Wohl haben G. 13 und AMX-13 Kanonen mit vorzüglicher Leistung; jedoch ist die Zahl dieser Waffen noch ungenügend. Für mittlere Schußweiten dagegen besitzt unsere Truppe überhaupt noch keine Waffe mit brauchbarer Leistung, wenn man von den Geschützen der Artillerie und Fliegerabwehr absieht, deren Hauptaufgabe nie die Panzerabwehr sein kann.

Diese Situation ist in allen Kreisen, die sich um die Ausrüstung und Bewaffnung unserer Armee interessieren, bekannt. Im vergangenen Jahre hat sich auch, im Zusammenhang mit der Kreditgewährung durch die eidgenössischen Räte, die Tagespresse intensiv mit dieser Frage befaßt. Leider wurde dabei oft der Boden der realen technischen Gegebenheiten verlassen und von durch Fachkenntnisse unbelasteten Berichterstattern das Blaue vom Himmel herunter geschrieben. So wurde als Panzerersatz eine leicht bewegliche 9-cm-Pak. vorgeschlagen, die eine Anfangsgeschwindigkeit von etwa 900 m/s erzielen sollte. Berechnet man das Gewicht des Geschützes, so kommt man auf ungefähr 3½ Tonnen, ein Gewicht, bei dem die Beweglichkeit im Gelände zur Illusion wird! Eine andere Presse triumphierte nach den Versuchsschießen mit dem AMX-13, daß eine solch vorzügliche Durchschlagsleistung sicher nur mit einem Unterkalibergeschoß erzielbar sei, auch wenn es die «Herren der KTA» nicht wahr haben wollten! Unter welchen Bedingungen ein Unterkalibergeschoß einem Normalgeschoß überlegen sein kann, soll im nachfolgenden untersucht werden; es darf aber angenommen werden, daß die in die Presse durchgesickerte Leistung der Kanone des AMX-13 von einem Normalgeschoß erzielt wurde!

Der Zweck dieser Arbeit soll sein, einen Überblick über die technischen Möglichkeiten der Durchschlagsleistung von klassischen Panzerabwehrgeschützen mit Voll- oder Sprenggeschossen zu geben. An Hand der angeführten Angaben ist es möglich, die Leistung von Geschützen abzuschätzen, wenn man einige Daten kennt. Genaue Resultate dürfen nicht erwartet werden, da einerseits die Durchschlagsleistung von Panzerabwehr-

geschützen geheim gehalten wird, andrerseits kleine Fabrikations- und Materialunterschiede Abweichungen der Leistung ergeben, die von Waffe zu Waffe verschieden sind. Dagegen werden die Verhältnisse qualitativ untersucht und Regeln angegeben, mit denen überschlagsmäßig zu erwartende Resultate abgeschätzt werden können.

Für mittlere und große Schußweiten, das heißt für Entfernungen von über 500 m bis zu 2 km, kommt heute nur das klassische Geschütz in Frage, das bei kleinen Kalibern bis zu etwa 4 cm ein Vollgeschoß, bei größern Kalibern ein Sprenggeschoß mit großer Anfangsgeschwindigkeit verschießt. Gegenüber dem Raketengeschoß oder dem aus einem rückstoßfreien Geschütz verschossenen Geschoß hat die klassische Panzergranate folgende Vorteile:

1. Große Geschwindigkeit, somit kleine Flugzeit und kleinen Vorhalt bei beweglichen Zielen.
2. Gestreckte Flugbahn, folglich großen Visierbereich, so daß sich Fehler in der Distanzenschätzung nicht stark auswirken.
3. Geringe Streuung, was eine gute Trefferwartung liefert.

Wohl ist die Wirkung einer Hohlgranate einer gleich schweren Sprenggranate überlegen; dies gilt aber nur, wenn das Geschoß mit nicht zu großer Geschwindigkeit auftrifft und ohne Drall verschossen wird, was nur auf kurze und eventuell mittlere Distanzen möglich ist. Da heute die Frage nach einer Waffe für größere Schußweiten akut ist, sollen nur Geschütze untersucht werden, die klassische Geschosse mit großer Anfangsgeschwindigkeit verfeuern.

Zwischen Vollgeschossen und Sprenggeschossen besteht hinsichtlich des Panzerdurchschlages kein großer Unterschied, da die Sprengladung des letztern erst nach dem Durchschlagen des Panzers wirken soll; sie ruft dagegen im Innern größere Zerstörungen hervor als das Vollgeschoß.

Die Panzerformel von de Marre für senkrechten Einfall

Es soll vorerst immer angenommen werden, daß das Geschoß senkrecht auf die Panzerplatte trifft. Der Panzerdurchschlag kann dabei mechanisch als ein Durchstanzen aufgefaßt werden, bei dem das Geschoß ein kalibergroßes Stück aus der Platte herausstanzt. Die Eindringtiefe wird von der kinetischen Energie abhängen. Da mit zunehmender Auftreffenergie ein immer größerer Anteil der Energie zur Zerstörung des Geschosses und zur Deformation des ausgestanzten Plattenstückes verbraucht wird, besteht nicht Proportionalität zwischen Energie und Eindringtiefe, sondern letztere wird etwas schwächer zunehmen. Die Stanzarbeit ist proportional zum

Umfang des Loches, also auch proportional zum Kaliber; folglich wird die Durchschlagsleistung ungefähr umgekehrt proportional zum Kaliber sein.

Auf Grund von Experimenten und Dimensionsbetrachtungen wird man auf folgenden Ansatz geführt, der von *de Marre* schon vor über 50 Jahren für den Beschuß von Schiffspanzern aufgestellt wurde:

$$1. \qquad V = k \frac{a^{0,75} \cdot d^{0,7}}{G^{0,5}} \quad (1$$

a Kaliber in dm
d Panzerstärke in dm
G Geschoßgeschwindigkeit in kg
V Auftreffgeschwindigkeit in m/s
k Materialkonstante (Dimension von k^2 ist $\frac{kg\ m^2\ s^{-2}}{dm^3}$ also ein Druck)

In dieser Form gibt die Formel dem Konstrukteur an, welche Geschwindigkeit ein gegebenes Geschoß haben muß, um eine vorgeschriebene Durchschlagsleistung zu erzielen.

Gelegentlich trifft man bei d auch den Exponenten 0,65 an Stelle von 0,7. Zur Vereinfachung der weitern Umformungen kann man dagegen den Exponenten von d gleich demjenigen von a setzen. Dies verursacht Fehler bei Panzerstärken von 5 resp. 20 cm von knapp 5 %, was bei unsern Rechnungen vernachlässigt werden darf; insbesondere verschwindet der Fehler bei Panzerstärken von 10 cm. Übrigens legen gerade Dimensionsbetrachtungen nahe, auch den Exponenten von d zu 0,75 anzunehmen. Voraussichtlich liegt der Unterschied überhaupt an der Grenze der Meßgenauigkeit.

Für gewöhnlichen Stahl beträgt die Materialkonstante $k = 1530$. Für gehärteten Stahl gibt de Marre einen Wert von zirka 2100 an; jedoch hängt die Konstante nicht nur vom Material der Panzerplatte ab, sondern auch von der Beschaffenheit des Geschosses. Nach Hänert[2] darf man im allgemeinen mit Werten von 2000 bis 2500 rechnen. Im allgemeinen wird man bei modernen Sprenggeschoßen vom Kaliber 5 cm und mehr mit $k = 2200$ und bei Vollgeschoßen von kleinerm Kaliber mit $k = 2400$ angenähert die richtigen Werte erhalten. Die Materialkonstante kann a priori für ein Geschoß und ein Panzermaterial nicht angegeben werden; vielmehr muß sie für bestimmte Verhältnisse erschossen werden. Nachher kann man die Leistung für andere Verhältnisse an Hand der berechneten Konstanten ableiten.

---

[1] $a^{0,75} = a^{3/4}$ bedeutet $\sqrt[4]{a^3}$, analog $G^{0,5} = {}^1/_2 = \sqrt{G}$ usw.

[2] Siehe Literaturverzeichnis.

Man stellt sich meist die Frage nach der Durchschlagsleistung eines Geschützes, wenn Kaliber, Geschoßgewicht und Auftreffgeschwindigkeit bekannt sind. Nach der Panzerstärke aufgelöst, erhält man aus dem Ansatz 1), wenn für den Exponenten bei d 0,75 gesetzt wird:

$$2.\qquad d = \frac{G^{2/3} \cdot v^{4/3}}{k^{4/3} \cdot a} = \frac{1}{\sqrt[3]{k^4}} \cdot \frac{\sqrt[3]{G \cdot V^2}}{a}$$

Diese Formel besagt:

1. Bei gegebenem Geschoß nimmt die Durchschlagsleistung etwas stärker zu als eine vorgenommene Erhöhung der Auftreffgeschwindigkeit. Eine Vergrößerung der Auftreffgeschwindigkeit um 10% verbessert die Durchschlagsleistung um 14%, bei einer Verdopplung der Geschwindigkeit erhält man eine 2½-mal so große Durchschlagsleistung. – Dieses Resultat erklärt, warum man bestrebt ist, Panzergeschosse mit möglichst großer Geschwindigkeit zu verschießen.
2. Bei festem Kaliber und gegebener Auftreffgeschwindigkeit nimmt die Durchschlagsleistung zu, wenn das Geschoßgewicht vergrößert wird, allerdings prozentual etwas schwächer. Eine Gewichtsvergrößerung um 10% liefert eine Erhöhung der Durchschlagsleistung um nur 6½%, eine Gewichtsverdoppelung eine Verbesserung auf das 1,6-fache. – Diese Überlegung legt nahe, möglichst schwere Geschoße, also Vollgeschoße oder dann solche mit wenig Sprengstoffinhalt zu benützen.
3. Betrachtet man Geschwindigkeit und Geschoßgewicht zusammen, so erkennt man, daß die Durchschlagsleistung vom Produkt $G.V^2$, also von der kinetischen Energie abhängt, da $E_{kin.} = \frac{G \cdot V^2}{2g}$ ist. Man kann deshalb 2) auch ansetzen als

$$3.\qquad d = k' \cdot \frac{E_{kin}^{2/3}}{a} \qquad k' = \frac{(2g)^{2/3}}{k^{4/3}} \qquad g = 9{,}81\ \text{m s}^{-2}$$

Es spielt also keine Rolle, ob man einem leichten Geschoß eine große Geschwindigkeit gibt oder ob man bei gleichbleibender kinetischer Energie ein schweres Geschoß mit entsprechend kleinerer Geschwindigkeit verschießt.

4. Bei gegebener Auftreffenergie ist die Durchschlagsleistung umgekehrt proportional dem Kaliber. Eine Verkleinerung des Kalibers um 10% bringt eine Erhöhung der Leistung um 11%, eine Halbierung des Kalibers eine Verdopplung der durchschlagenen Panzerdicke. Diese Über-

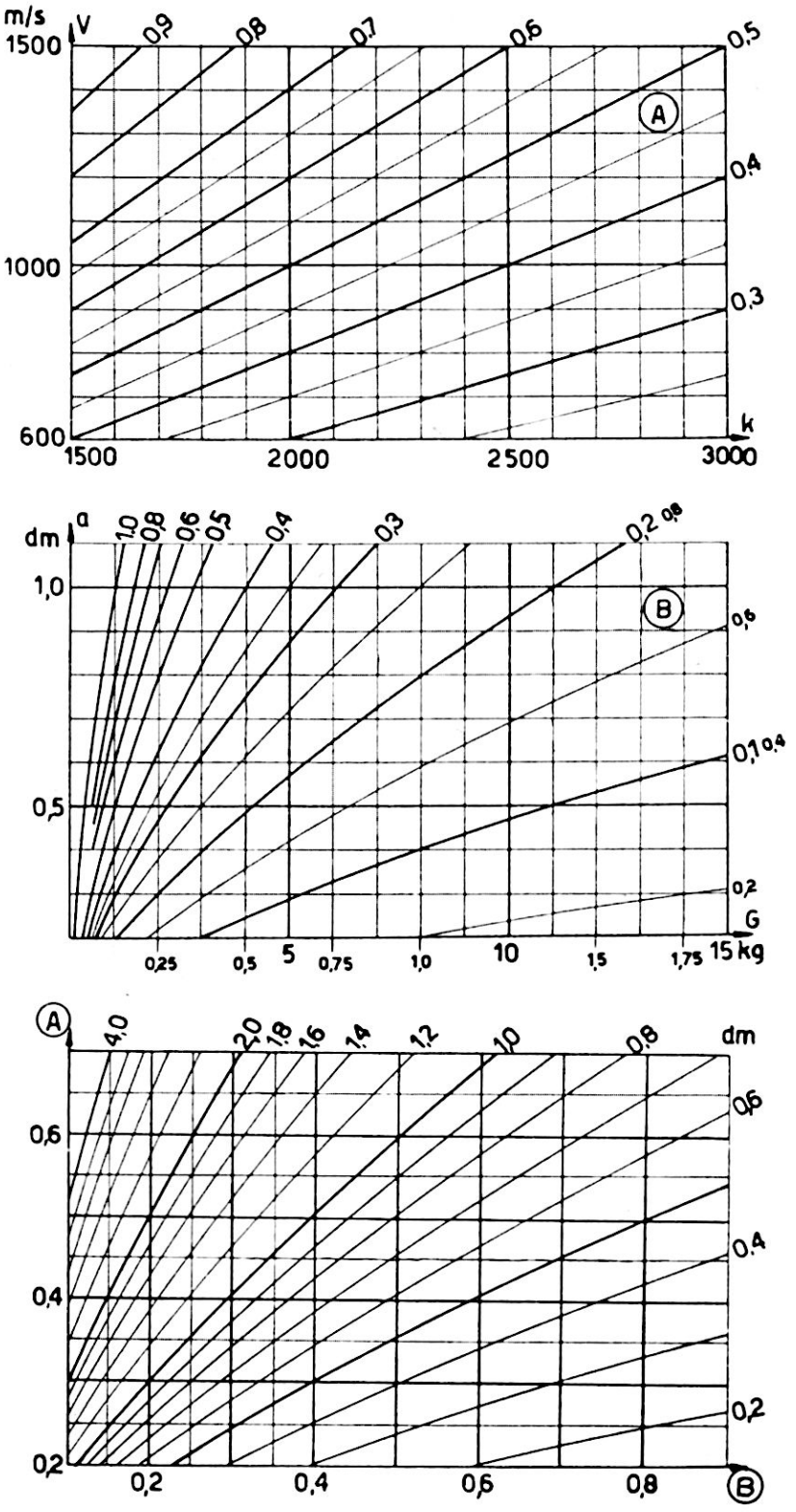

Fig. 1: Diagramme zur Bestimmung der Durchschlagsleistung. Aus Geschwindigkeit V und Materialkonstante k die Größe A, aus Gewicht G und Kaliber a die Größe B ablesen; hierauf erhält man aus A und B die Durchschlagsleistung d.

Beispiel: V = 1000 m/s, k = 2200 liefert A = 0,45. G = 10 kg und a = 0,9 dm liefert B = 0,19. Aus A = 0,45 und B = 0,19 findet man *d = 1,8 dm*. Im Diagramm B gelten für kleine Gewichte (kleine Zahlen) die klein geschriebenen Werte von B. (Beispiel: a = 0,47 dm, G = 1,75 kg, B = 0,32).

legung zeigt, daß man sein Heil nicht unbedingt in der Erhöhung des Geschoßgewichtes und somit des Kalibers findet, sondern daß man letzteres vorteilhafterweise nicht zu groß werden läßt.

An Hand der drei Diagramme von Fig. 1 kann man aus Auftreffgeschwindigkeit und Materialkonstante einerseits, Kaliber und Geschoßgewicht andrerseits die Durchschlagsleistung für senkrechten Einfall bestimmen. Diese Diagramme wurden ebenfalls für $d^{0,75}$ berechnet.

Der Einfluß des Auftreffwinkels

Trifft ein Geschoß einen Panzer unter einem Winkel α gegenüber der Flächennormalen, so wird die Durchschlagsleistung augenscheinlich geringer. Einmal ist der zu durchstoßende Weg länger und dann ist der Um-

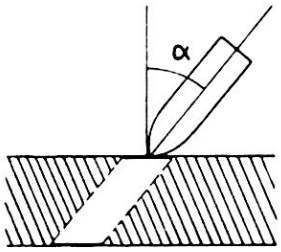

Fig. 2: Schräger Einfall eines Geschosses.

fang des Loches, also die aufzuwendende Stanzarbeit größer. Unter den verschiedenen, meist experimentell gewonnen Ansätzen seien folgende genannt:

De Marre gibt an, daß man die Durchschlagsleistung bei schrägem Einfall aus derjenigen bei senkrechtem Auftreffen findet nach

4. $$d\alpha = d_o \cdot \cos {}^3/_2 \alpha,$$

während man oft auch den Ansatz findet

5. $$d\alpha = d_o \cdot \cos^2 \alpha$$

d_o Panzerdicke bei senkrechtem Auftreffen;
$d\alpha$ Panzerdicke bei schiefem Auftreffen;
α Winkel gegenüber Flächennormalen

In gewissen Publikationen trifft man auch eine einfache Abhängigkeit von $\cos\alpha$, was aber wahrscheinlich bei schiefem Einfall auf zu gute Werte führt. Nach der Formel 4) würde bei Abweichungen von über 60^0 kein Durchschlag mehr möglich sein, was mit der Wirklichkeit wohl übereinstimmen wird, da bei solch schrägem Auftreffen voraussichtlich immer Abpraller entstehen.

In verschiedenen Veröffentlichungen wird die Panzerleistung einer Waffe nicht für senkrechten Einfall angegeben, sondern für eine Abweichung von 30^0. Dadurch erhält man Werte, die mit den feldmäßig zu er-

wartenden eher übereinstimmen, da man wegen der schrägen Konstruktion der Panzerplatten selten mit senkrechtem Auftreffen rechnen kann.

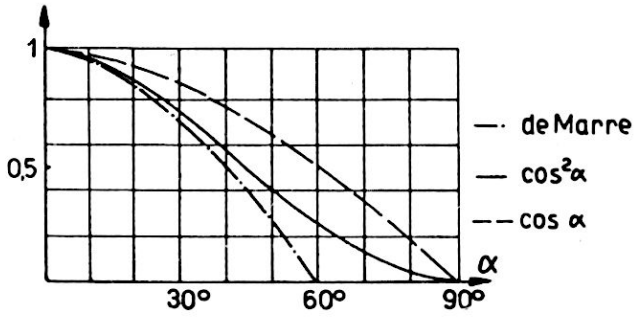

Fig. 3: Reduktion der Durchschlagsleistung bei schrägem Einfall.

Fig. 3 zeigt die Abnahme der Durchschlagsleistung mit zunehmender Abweichung von der Flächennormalen für die beiden Gesetze 4) und 5) und für die gelegentlich angewandte einfache Cosinusbeziehung.

Die Querdichte

Die Geschoße sind in ihrer äußern Form und im innern Aufbau mehr oder weniger geometrisch ähnlich konstruiert. Man kann deshalb zwischen Geschoßgewicht und Kaliber die Beziehung

6. $$G = c \cdot a^3$$

G Geschoßgewicht in kg;
a Kaliber in dm;
c Querdichte in kg/dm³

aufstellen, worin c die Querdichte, ein Maß für das spezifische Gewicht, darstellt. Die Querdichte nimmt folgende Mittelwerte an:

Kleinkalibriges Vollgeschoß (bis zirka 4 cm)	$c \approx 18$
Mittelkalibriges Sprenggeschoß (zirka 4 bis 9 cm)	$c \approx 15$
Großkalibriges Sprenggeschoß (über 9 cm)	$c \approx 12$

Abweichungen um einige Einheiten müssen immer erwartet werden. (Das Gewicht von 15 cm Geschoßen variert z. B. zwischen 36 und 50 kg, was Querdichten von 10,7 bis 14,8 entspricht). Insbesondere haben Panzergranaten im allgemeinen etwas kleinere Querdichten als Stahlgranaten.

Führt man 6) in 2) ein, so findet man für senkrechten Einfall die Durchschlagstiefe

7. $$d = \frac{1}{K} \cdot a \cdot V^{4/3} \qquad K = \frac{k^{4/3}}{c^{2/3}}$$

Für eine gegebene Geschoßform ist also die Durchschlagsleistung proportional zum Kaliber; sie nimmt außerdem etwas stärker zu als eine Vergrößerung der Auftreffgeschwindigkeit. Da aber das Erreichen von Geschwindigkeiten

über 1000 m/s Mühe bereitet, zeigt Formel 7), daß man eine Erhöhung der Leistung nur durch eine Vergrößerung des Kalibers erreichen kann. Diese Entwicklung hat man in den letzten 12 Jahren verfolgen können, wo sukzessive das Kaliber 3,7 cm durch 5 cm, 7,5 cm und 9 cm ersetzt wurde, wobei allerdings auch die Mündungsgeschwindigkeiten – jedoch in viel geringerem Maße – von ungefähr 700 auf etwa 1000 m/s erhöht wurden.

Die Konstante K nimmt folgende Werte an, wenn man bei Vollgeschoßen für k = 2400 und bei Sprenggeschoßen k = 2200 einsetzt:

Kleinkalibriges Vollgeschoß .... Mittelkalibriges Sprenggeschoß .	$K \approx 4700$
Großkalibriges Sprenggeschoß ..	$K \approx 5500$

An Hand dieser Werte kann man die Auftreffgeschwindigkeiten berechnen, die benötigt werden, um eine kaliberstarke und eine doppelt so dicke Platte zu durchschlagen.

	d = a	d = 2a
Kleinkalibriges Vollgeschoß ..... Mittelkalibriges Sprenggeschoß ..	$V \approx 570$ m/s	$V \approx 960$ m/s
Großkalibriges Sprenggeschoß ...	$V \approx 640$ m/s	$V \approx 1080$ m/s

Als *Faustregel* gilt, daß man bei 600 m/s eine kaliberstarke, bei 1000 m/s eine doppelt so dicke Panzerplatte durchschlagen kann.[1] Für d = 3a erhält man entsprechend V = 1350 m/s, und für d = 4a wird V = 1700 m/s, ein Wert, der heute praktisch noch nicht realisierbar ist.

Mündungsenergie und Geschützgewicht

Es ist eine jedermann bekannte Erfahrungstatsache, daß mit zunehmendem Kaliber, also Geschoßgewicht oder bei Vergrößerung der Anfangsgeschwindigkeit das Geschützgewicht größer wird. Rein empirisch stellt man fest, daß das Verhältnis zwischen Mündungsenergie des Geschosses und dem Geschützgewicht bei den üblichen Geschütztypen vom Kaliber 5 cm bis über 30 cm ungefähr gleich groß ist. Es gilt

8. $$E_{M.} = \frac{G \cdot V^2}{2g} = z \cdot W$$

G Geschoßgewicht in kg;
V Anfangsgeschwindigkeit in m/s;
g 9,81 m s^{-2};
W Waffengewicht in kg;
E_M Mündungsenergie in m/kg

[1] Däniker gibt die Werte 600 resp. 900 m/s an, was im zweiten Fall sicher zu günstig beurteilt ist.

Die Konstante nimmt für die üblichen Geschütztypen Werte von 100–125 m an.[1] Man kann z als eine Art Wirkungsgrad des Geschützes bezeichnen.

In 3) wurde gezeigt, daß die Durchschlagsleistung von der Energie des Geschoßes abhängt. Wird nun das Geschützgewicht vorgeschrieben, so ist damit die Mündungsenergie bestimmt und folglich auf kurze Schußweiten, wo die Geschwindigkeit noch kaum abgenommen hat, auch die Durchschlagsleistung gegeben. Man kann nun allerdings diese Durchschlagsleistung verbessern, wenn man das Kaliber verkleinert, da Durchschlagsleistung und Kaliber umgekehrt proportional zueinander sind, sofern die Auftreffenergie gleich bleibt. Auf große Schußweiten, und um diese interessieren wir uns ja in erster Linie, hat das kleine Kaliber aber den Nachteil, daß seine Geschwindigkeit und folglich die Auftreffenergie durch den Luftwiderstand rascher aufgezehrt wird. Es ist also bei kurzen Schußweiten das kleinkalibrige, leichte Geschoß, welches mit größter Geschwindigkeit verschossen wird, besser, während auf große Schußweiten das großkalibrige, schwere Geschoß, das mit entsprechend kleinerer Geschwindigkeit aus einem gleich schweren (oder demselben) Geschütz verfeuert wird, überlegen sein wird. Um die Leistungen beider Geschoße auf größere Distanzen abschätzen zu können, muß vorerst der Geschwindigkeitsabfall untersucht werden.

Die Verzögerung durch den Luftwiderstand

Das Luftwiderstandsgesetz kann in der bekannten Form

$$9. \qquad q = \text{const. } i \cdot \frac{Q}{G} \cdot f(v) = \text{const.} \frac{i}{a} \cdot f(v)$$

q Verzögerung;
i Spitzenkoeffizient;
Q Geschoßquerschnitt;
G Geschoßgewicht;
a Kaliber

dargestellt werden. (Der Einfluß des Luftgewichtes soll nicht berücksichtigt werden.) Die Luftwiderstandsfunktion f(v) kann nach Mayevski-Sabudski und O. v. Eberhard in gewissen Geschwindigkeitsbereichen durch ein Potenzgesetz dargestellt werden

$$\begin{aligned} f(v) &= \text{const. } V^{1,7} && \text{für V von 550— 800 m/s} \\ &= \text{const. } V^{1,55} && \text{für V von 800—1000 m/s} \\ &= \text{const. } V^{1,3} && \text{für V über 1000 m/s} \end{aligned}$$

[1] Man findet gelegentlich auch, daß die Beziehung $G^{1,1} \cdot V^{1,8} = \text{const.} \cdot W$ sein soll. Es stellt sich aber heraus, daß diese Konstante viel stärkern Schwankungen unterworfen ist, als die Größe z; insbesondere nimmt sie mit dem Kaliber leicht zu, was bei z nicht der Fall ist.

Der Spitzenkoeffizient i ist bei Panzergranaten im allgemeinen etwas größer als bei Stahlgranaten, da bei letztern darauf geachtet wurde, daß sie einen möglichst kleinen Luftwiderstand erzeugen, während die Geschoßspitze bei Panzergranaten im Hinblick auf den Panzerdurchschlag konstruiert wird. Genaue Werte für i kann man erst beim Vorliegen einer Geschoßform angeben, weshalb hier bei Abschätzungen Fehlerquellen von etwa 20% auftreten können. In Fig. 4 ist der Geschwindigkeitsverlauf für einige Kaliber bis zu 2 km Entfernung angegeben. Er wurde berechnet unter Annahme ähnlicher Geschoßformen wie bei der 47-mm-Pak, 75-mm-F.Kan. und Flab.Kan.-Panzergranate und dürfte, wenn auch nicht exakt, doch im Prinzip den Geschwindigkeitsabfall für ein durchschnittliches Panzergeschoß darstellen. Man erkennt, daß bei großen Geschwindigkeiten und insbesondere bei kleinen Kalibern der Geschwindigkeitsabfall sehr groß ist.

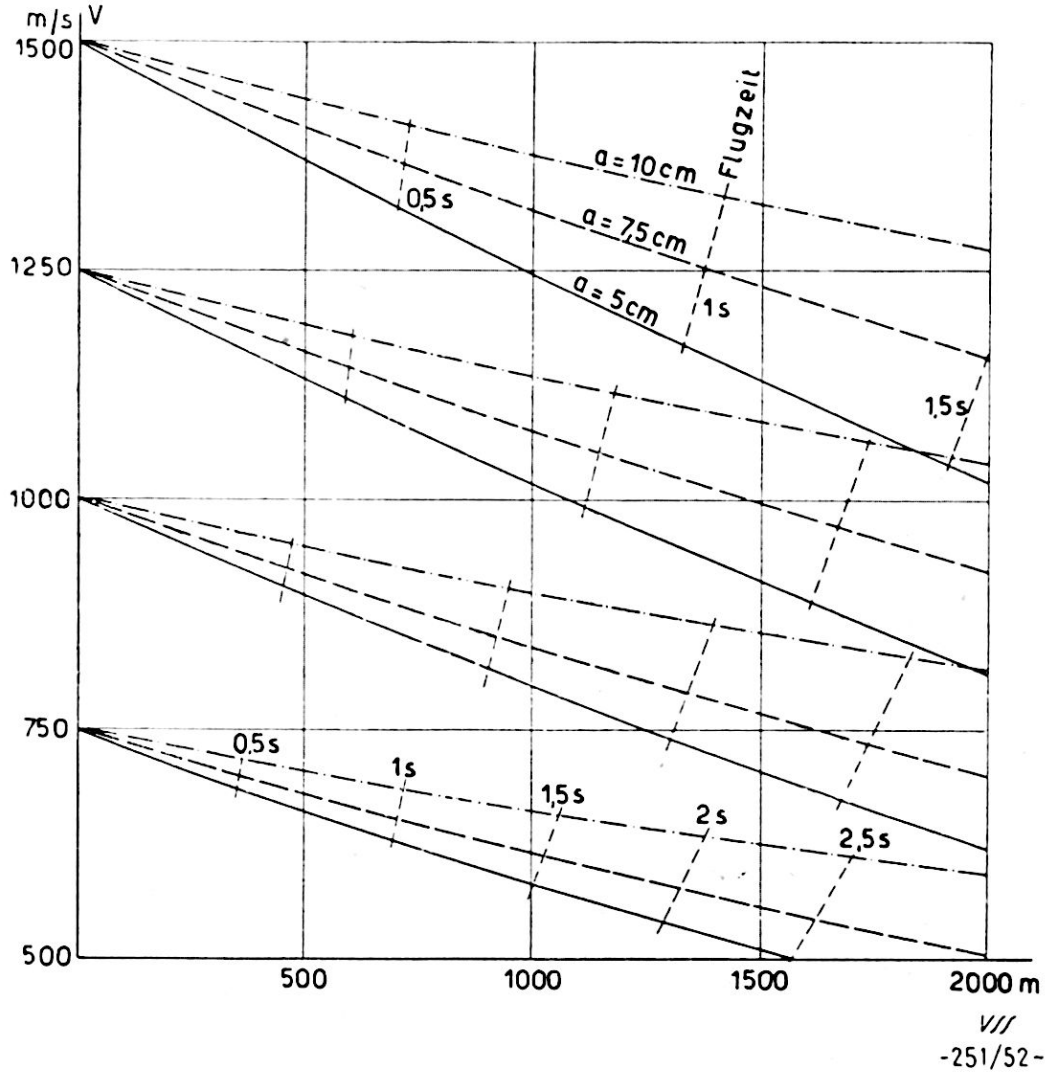

Fig. 4: Geschwindigkeitsverlauf für die Kaliber 10 cm, 7,5 cm und 5 cm bei Anfangsgeschwindigkeiten von 1500, 1250, 1000 und 750 m/s.

Will man ein Geschoß mit einer sehr hohen Geschwindigkeit verschiessen, so kann man dies auf verschiedene Arten erreichen. Die Mündungsgeschwindigkeit ergibt sich aus der Kraft, die am Geschoßboden ansetzt, und dem Weg, auf dem sie wirken kann. Mit einem sehr langen Rohr und nicht zu explosivem Pulver, welches lange einen hohen Druck erzeugt, könnte man sehr große Geschwindigkeiten erzielen. Die Länge eines Geschützrohres ist aber aus Festigkeitsgründen und wegen der sonst entstehenden Schwerfälligkeit des Geschützes auf etwa 50 bis höchstens 70 Kaliber

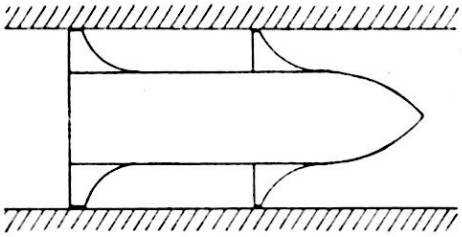

Fig. 5: Unterkalibergeschoß.

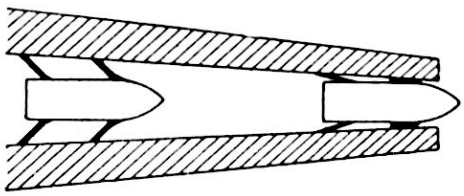

Fig. 6: Konisches Rohr.

beschränkt. Die auf den Geschoßboden wirkende Kraft könnte man auf zwei Arten vergrößern, einmal durch Erhöhen des Druckes, zum andern durch Vergrößern der Fläche, an welcher der Druck angreift. Der Gasdruck kann aus Gründen der Festigkeit des Rohmaterials nicht viel über 4000 Atmosphären erhöht werden. Eine Vergrößerung der Angriffsfläche erzielt man, wenn das Geschoß in einem Rohr von größerm Kaliber verfeuert wird; dabei wird das Geschoß durch Scheiben im Rohr geführt. An der hintern Scheibe vom Rohrkaliber greift der Gasdruck an. Dies ist das Prinzip des Unterkalibergeschoßes Fig. 5. (Das konische Rohr Fig. 6 verengert bis zur Mündung auf das Geschoßkaliber, wobei die Führungsscheiben an das Geschoß angepreßt werden. Das Bohren eines konischen Rohres bietet jedoch Schwierigkeiten; auch ist die Abnützung aus verständlichen Gründen sehr groß, so daß in dieser Richtung keine erfolgsversprechende Entwicklung zu suchen sein wird.)

Verschießt man aus einem Rohr ein Normalgeschoß und ein Unterkalibergeschoß, so kann man annehmen, daß beide ungefähr dieselbe Mündungsenergie besitzen werden. Beim Unterkalibergeschoß wird sie allerdings etwas kleiner sein, da zur eigentlichen Mündungsenergie nicht nur die Energie des Geschosses, sondern auch diejenige der ausströmenden Pulvergase zu rechnen ist. Je höher die Mündungsgeschwindigkeit, desto größer ist aber der Anteil der Pulvergase an der Mündungsenergie. Man wird nicht stark fehlgehen, wenn man bei einem halb so schweren Unter-

kalibergeschoß die Geschwindigkeit um 5% kleiner ansetzt, als sich aus dem Verhältnis der Geschoßgewichte ergeben würde.

Ein Nachteil des Unterkalibergeschoßes liegt außenballistisch in seiner ungünstigen Form, welche einen sehr starken Geschwindigkeitsabfall verursacht. Wohl versucht man die Führungsbänder nach Verlassen der Mündung abfallen zu lassen, aber diese Frage bietet technische Schwierigkeiten, die nicht unbedingt zufriedenstellend gelöst sind. Auf jeden Fall liegt hier ein Grund zu größerer Streuung. Aber auch wenn die Führungsbänder abgelöst werden, so ist der prozentuale Geschwindigkeitsabfall größer als beim Normalgeschoß, da das Unterkalibergeschoß eine kleinere Querschnittsbelastung und eine größere Geschwindigkeit hat.

Vorteilhaft ist dagegen beim Unterkalibergeschoß, daß es ein kleines Kaliber hat und somit, verglichen mit einem Normalgeschoß von gleicher Energie, eine bessere Durchschlagsleistung aufweist.

Es muß aber doch noch auf einen Nachteil aller kleinkalibrigen Geschoße hingewiesen werden. Bei der Panzerbekämpfung geht es nicht nur darum, den Panzer zu durchschlagen, sondern das Geschoß soll im Innern solche Zerstörungen anstellen, daß der Panzer zum mindesten ausfällt, wennmöglich ganz vernichtet wird. Ein Treffer eines kleinen Vollgeschoßes wird aber oft nicht lebenswichtige Teile beschädigen oder nur einen Teil der Besatzung außer Gefecht setzen, so daß sich der Panzer, wenn auch momentan kampfunfähig, zurückziehen, oder dann von nachkommenden Reparaturformationen wieder hergestellt werden kann. Bei einem Volltreffer eines großkalibrigen Geschoßes darf man dagegen doch annehmen, daß das Geschoß durch den Explosionsdruck die gesamte Besatzung außer Kampf setzt und zugleich das brennende Pulver die überall auftretenden Spritzer von Öl und Brennstoff entzündet, so daß der Panzer ausbrennt und endgültig vernichtet ist.

Geringer erscheint der Nachteil der mit höchster Geschwindigkeit verschossenen Projektile, daß sie das Rohr stark abnützen, so daß man mit Lebensdauern von nur 100—200 Schuß rechnen kann. Ein Panzerabwehrgeschütz oder ein Panzer wird wohl im Kriege selten Gelegenheit haben, eine höhere Zahl von Panzergranaten zu verschießen; die Wahrscheinlichkeit, selber einmal getroffen zu werden, ist allzu groß.

Vergleich zwischen Normalgeschoß und Unterkalibergeschoß

In einem Beispiel soll der prinzipielle Unterschied zwischen einem Normal- und einem Unterkalibergeschoß dargestellt werden. Es handelt sich um eine fiktive Annahme, insbesondere sei aufmerksam gemacht, daß

es sich nicht um die Kanone des AMX-13 oder eines ausländischen Panzers handelt, da diese Angaben vorläufig nicht veröffentlicht werden dürfen.

Es soll ausgegangen werden von einem Geschütz mit dem Kaliber 9 cm, welches ein Normalgeschoß von 10 kg Gewicht mit einer Anfangsgeschwindigkeit von 1000 m/s verschießt. Für dieses Geschoß erhält man folgende Auftreffgeschwindigkeiten und Durchschlagsleistungen:

Entfernung	0	500	1000	1500	2000 m
Geschwindigkeit	1000	945	890	835	785 m/s
Durchschlagsleistung	18	16½	15½	14	13 cm

Die Flugzeit für 2000 m würde etwa 2,3 s betragen.

Ein Unterkalibergeschoß könnte ungefähr folgende Daten besitzen:

Gewicht des ganzen Geschosses	5 kg
Gewicht des Kerngeschosses	3 kg
Kaliber des Kerngeschosses	5 cm

Unter Annahme gleicher Mündungsenergie bekäme man eine Anfangsgeschwindigkeit von 1415 m/s. Berücksichtigt man den größern Anteil der Pulvergasenergie, so wird man mit einer Anfangsgeschwindigkeit von V = 1340 m/s rechnen können.

Nimmt man an, daß die Führungsbänder am Geschoß verbleiben, so erhält man folgenden Geschwindigkeits- und Durchschlagsverlauf, der allerdings wegen der Unkenntnis des Spitzenkoeffizienten eines solchen Geschosses mit etwelcher Ungenauigkeit behaftet ist.

Entfernung	0	500	1000	1500	2000 m
Geschwindigkeit	1340	1165	995	835	685 m/s
Durchschlagsleistung	21½	18	14½	11½	9 cm

Die Flugzeit für die Schußweite 2000 m beträgt 2 s. Bemerkenswert ist, daß von 1500 m an die Geschwindigkeit kleiner ist als beim Normalgeschoß, obschon das Unterkalibergeschoß eine um einen Drittel größere Anfangsgeschwindigkeit besitzt. Die Durchschlagsleistung ist dagegen schon etwa ab 800 m schlechter als beim Normalgeschoß.

Etwas günstiger werden die Verhältnisse, wenn die Führungsbänder vom Geschoß abgelöst werden.

Entfernung	0	500	1000	1500	2000 m
Geschwindigkeit	1340	1230	1105	995	890 m/s
Durchschlagsleistung	21½	19	16½	14½	12½ cm

Die Flugzeit für 2000 m beträgt 1,8 s. Die Geschwindigkeit ist immer höher als diejenige des Normalgeschosses, jedoch wird die Durchschlagsleistung

von etwa 1700 m an ungünstiger. Es muß aber darauf hingewiesen werden, daß dieses Beispiel eher zu günstig berechnet wurde, indem das Kerngeschoß wahrscheinlich etwas weniger als 3 kg betragen müßte. Bei einem

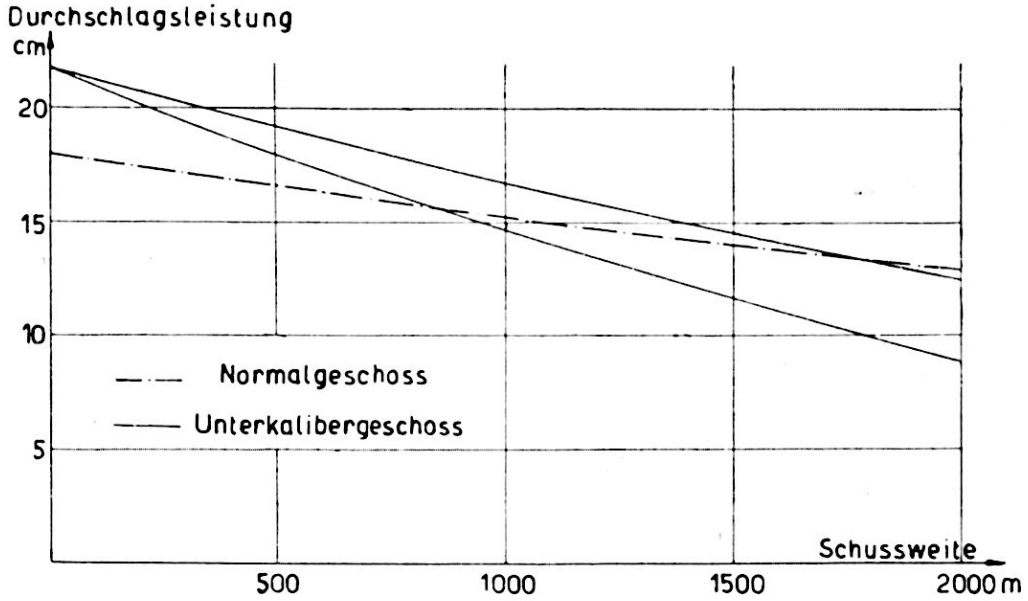

Fig. 7: Durchschlagsleistung von Normal- und Unterkalibergeschossen, die aus demselben Geschütz verschossen wurden.

Gewicht von 2½ kg wäre die Geschwindigkeit bei 2000 m noch etwa 825 m/s und die Durchschlagsleistung würde nur noch ungefähr 9½ cm betragen. Dieses Geschoß wäre bis etwa 500 m dem Normalgeschoß überlegen. Würde man berücksichtigen, daß für ein Geschoß vom Kaliber 5 cm, insbesondere wenn es ein Vollgeschoß wäre, an Stelle der Konstanten $k = 2200$ der Wert 2400 eingesetzt werden sollte, so müßte man bei beiden Unterkalibergeschossen die Leistung auf alle Schußweiten noch um etwa $^1/_8$ verkleinern.

Man kommt deshalb zum Schluß, daß das Unterkalibergeschoß dem Normalgeschoß auf kurze Schußweiten überlegen sein kann, daß aber schon auf Entfernungen von etwa ¾ Kilometer das Normalgeschoß dem Unterkalibergeschoß hinsichtlich Durchschlagsleistung überlegen ist. Von der größern zerstörenden Wirkung im Panzerinnern und der geringern Streuung sei dabei gar nicht gesprochen. Für große Schußweiten, und für diese sollen ja solche Geschütze eingesetzt werden, wird man deshalb das Normalgeschoß benützen. Ob man der Munitionsausrüstung einer Panzerabwehrwaffe auch noch einige Unterkalibergeschosse für mittlere Schußweiten zuteilen will, ist eine Frage, die damit zusammenhängt, ob es sich lohnt, solch komplizierte Geschosse gesondert herzustellen. Wenn man sie

besitzt, wird man sie auch benützen, hat man dagegen keine, so wird man auch leicht auf sie verzichten können.

Zusammenfassung

1. Die Durchschlagsleistung klassischer Panzergeschosse hängt von der Auftreffenergie des Geschosses ab und ist umgekehrt proportional zum Kaliber.
2. Da bei gegebenem Geschützgewicht die Mündungsenergie bestimmt ist, kann eine erhöhte Durchschlagsleistung nur durch Reduktion des Kalibers erzielt werden.
3. Kleine Kaliber und große Anfangsgeschwindigkeiten haben aber zur Folge, daß mit zunehmender Schußweite die Energie stärker aufgebraucht wird, folglich die Durchschlagsleistung rascher abnimmt.
4. Kleine Kaliber haben überdies den Nachteil geringerer Zerstörungswirkung nach einem Panzerdurchschlag.
5. Auf mittlere Schußweiten kann das Unterkalibergeschoß dem Normalgeschoß überlegen sein; auf große Distanzen ist es ihm aber unterlegen.

Literatur

Cranz: Lehrbuch der Ballistik, erster Band.
Hänert: Geschütz und Schuß.
Vahlen: Ballistik.
Däniker: Schießlehre der Infanterie in Grundzügen.
Artilleri Tidskrift (Schweden) 4/1947.

Über den Mut

Überraschung ist furchtbar; sie steigert die Angst zum Irrsinn. Man kann mit dem Sporn des Befehls und der Peitsche der Drohungen wohl einen zitternden Soldaten vorwärts treiben; niemals aber einen überrumpelten.