

Aus dem ballistischen Institut der Luftkriegs-Akademie Berlin-Gatow.

Dum-Dum-Wirkung.

Von Prof. Dr. Ing. H. SCHARDIN

unter Mitarbeit von Dipl.-Ing. W. STRUTH und Dipl.-Ing. W. WOHL.

(Mit 8 Abbildungen).

Für den Ablauf der mechanischen Vorgänge des täglichen Lebens hat sich der Mensch durch die Erfahrung ein Gefühl erworben, das ihn in den Stand setzt, auch ohne Zuhilfenahme der Physik und Mathematik einigermaßen richtige Voraussagen und Erklärungen der alltäglichen Erscheinungen zu geben.

Diese Fähigkeit versagt jedoch meist, wenn es sich um Vorgänge handelt, die aus dem üblichen Erfahrungsbereich herausfallen; denn — im Gegensatz zu den Grundgesetzen der Physik — ist eine Extrapolation hier nicht möglich. Daher sind wir oft über die Art des Ablaufes von Vorgängen erstaunt, die sich in ungewohnten Maßstäben vollziehen.

Insbesondere könnte man eine Reihe von Beispielen aus der Ballistik dafür anführen; denn hier handelt es sich um sehr große Geschwindigkeiten, hohe Drücke, kurze Zeiten, wie sie normalerweise nicht vorkommen.

Der Film ist ein geeignetes Hilfsmittel, unseren Erfahrungsbereich für derartige Vorgänge zu erweitern.

In dem vorliegenden Hochschulfilm C 229 soll versucht werden, die eigentümlichen Vorgänge, die beim Eindringen von Geschossen in flüssige und halbflüssige Körper auftreten, dem Verständnis näher zu bringen.

Schießt man in trockenen Sand oder in Holz, so bohrt sich das Geschos einen Weg, wobei es mehr oder weniger beschädigt wird. Der Schußkanal ist kaum größer als der Geschosdurchmesser und die seitlich davon liegenden Materialteile werden weder zerstört noch merkbar deformiert.

Anders dagegen bei einem Schuß in einen flüssigen oder halbflüssigen Körper. Die Wirkung kann hier ähnlich verlaufen wie bei einer im Innern des Körpers hervorgerufenen Detonation einer Sprengladung. Sie hängt sehr wesentlich von der Form des Geschosses ab und wird als „Dum-Dum“-Wirkung bezeichnet.

Zur Demonstration der Erscheinung sind im Film zunächst einige Aufnahmen wiedergegeben, die mit der mechanischen Zeitlupe von Zeiß-Ikon hergestellt worden sind (Bildfrequenz 1500/s). Es handelt sich um den Einschub eines s.S.-Geschosses in einen Block aus feuchtem Ton.

Das normal fliegende Geschoß erzeugt in dem Tonblock (Abmessungen $60 \times 60 \times 60$ cm) eine Einschußöffnung von 11 cm Durchmesser mit aufgestülpten Rändern. Nach dem Innern hin tritt zunächst eine starke Ausbauchung auf, die mit zunehmender Bremsung des Geschosses wieder trichterförmig zusammengeht.

Wird das Geschoß mit dem Boden voraus verschossen, so erzeugt es eine etwa halbkugelige Mulde von 35 cm Durchmesser und 20 cm Tiefe, wobei das Geschoß vollkommen zerstört wird, also eine Wirkung, die einer Sprengung gleichkommt.

Schießt man mit dem normalen s.S.-Geschoß durch eine Wand aus feuchtem Ton (Abmessungen $20 \times 20 \times 10$ cm), so entsteht ein etwa 10 cm großes Loch. Ein- und Ausschußöffnung sehen fast gleich aus. (Abb. 1.) Verschießt man jedoch das gleiche Geschoß mit dem Boden voraus, so fliegt der ganze Tonblock mitsamt seinem Holzrahmen auseinander.

Diese Tatsachen demonstrieren recht anschaulich die Dum-Dum-Wirkung. Sie gewähren allerdings keinen Einblick in den primären Vorgang, der sich beim Eindringen des Geschosses selbst abspielt, sondern zeigen vielmehr nur die dadurch ausgelösten Wirkungen. Die Bildfrequenz von 1500/s ist eben nicht ausreichend, den eigentlichen Durchschußvorgang zeitlich aufzulösen. In der Zeit zwischen zwei aufeinanderfolgenden Teilbildern ist das Geschoß beim Einschub in den Tonblock schon vollständig abgebremst, bzw. hat die im Film gezeigte 10 cm dicke Tonwand längst durchschlagen.

Zur Analysierung des eigentlichen Vorganges wurden Aufnahmen mit einer Bildfrequenz von 70 000/s nach der Methode CRANZ-SCHARDIN gemacht, die im Begleittext zum Hochschul-film C 142 näher beschrieben worden ist.

Als Aufnahmeobjekt wurde zunächst eine 3 cm starke Wasserschicht gewählt, da diese den Vorzug hat, daß man durch sie hindurchsehen und die Vorgänge im Innern beobachten kann. Das Wasser wurde zu beiden Seiten durch eine Zelluloidfolie gehalten, während es in der Längsrichtung durch zwei Glasplatten abgeschlossen war.

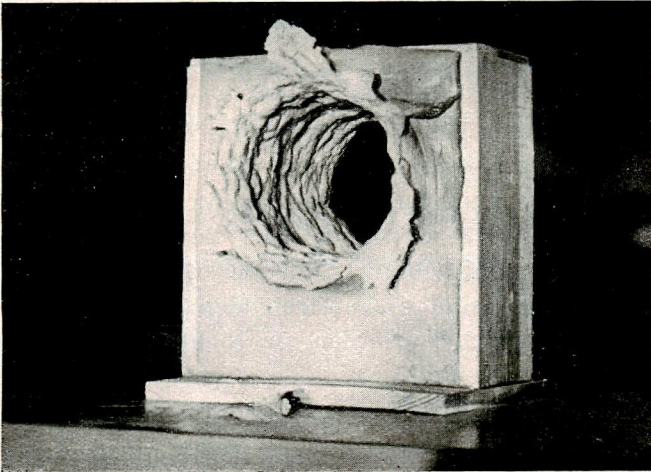


Abb. 1. 10 cm starke Wand aus feuchtem Ton, von einem s.S.-Geschoß durchschossen.

Zunächst wurde die Wasserwand mit einem normalen s.S.-Geschoß beschossen. In Abb. 2 sind 4 Teilbilder des Vorganges wiedergegeben.

Von der Auftreffstelle geht zunächst eine Kugelwelle aus, die dem Geschoß vorausläuft, da die Schallgeschwindigkeit im Wasser 1450 m/s beträgt, während das Geschoß sich mit 785 m/s bewegt. Die Front dieser Welle trennt die Gebiete im Wasser, die bereits vom Einschuß gestört worden sind, von denen, die noch vollkommen unbeeinflusst sind.

Hinter der Welle muß der Druck beträchtlich erhöht sein; denn obgleich schon eine bestimmte Wassermenge durch das Geschoß verdrängt worden ist, macht sich zunächst noch keine merkbare Ausbauchung der Außenfläche bemerkbar. Nur unmittelbar von der Oberfläche des Geschosses aus wird trichterförmig ein wenig Wasser nach rückwärts geschleudert. Der größte Teil des vom Geschoß verdrängten Volumens entspricht einer entsprechend starken Kompression des Wassers. Die vor dem Geschoß herlaufende Welle wird mehrmals an den Seitenflächen der Wasserwand hin- und herreflektiert.

Daß auch nach mehreren Reflexionen noch keine Ausbeulung der Seitenflächen wahrzunehmen ist, dürfte durch die Massenträgheit zu erklären sein. Wie auch aus dem Hochschulfilm C 142 sehr instruktiv zu entnehmen war, spielt die Massenträgheit bei ballistischen Vorgängen eine viel größere Rolle als man es sonst gewöhnt ist. Trotz der vorhandenen Kräfte reichen im allgemeinen die Zeiten in der soeben betrachteten Größenordnung nicht aus, sichtbare Bewegungen hervorzurufen. Nur in unmittelbarer Nähe der Geschoßoberfläche ist es der Fall. Hier sind die auftretenden Drücke am größten und die Wasserteilchen werden in Richtung des geringsten Widerstandes beschleunigt.

Beim Schuß des spitzen s.S.-Geschosses durch die Wasserwand wird der Schußkanal im wesentlichen dadurch gebildet, daß die Wasserteilchen in Richtung senkrecht zur Geschoßbahn verschoben werden; die hierbei auftretenden Kompressions- und Beschleunigungskräfte sind kleiner als sie erforderlich wären, das Wasser in Richtung der Geschoßbahn zu beschleunigen.

Nachdem nun das Geschoß die Wasserwand durchdrungen hat, und auch die Kompressionswelle zwischen den Seitenflächen mehrmals hin- und hergelaufen ist, ist der Ausgangszustand für die Wirkung des Durchschusses ein fast symmetrischer sowohl in bezug auf die Achse der Flugbahn als auch in bezug auf die Mittelebene der Wasserwand.

Die nun einsetzenden Bewegungen sind eine Folge der den Wasserteilchen erteilten Impulse und der Druckverteilung.

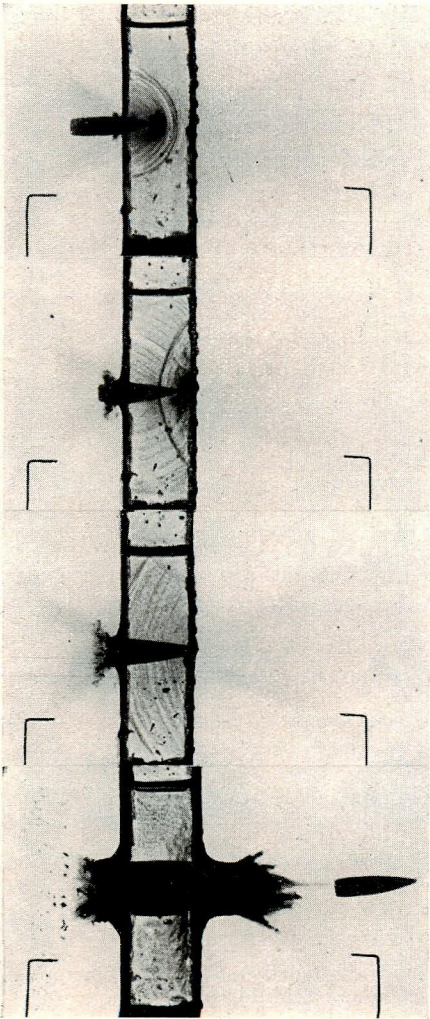


Abb. 2.

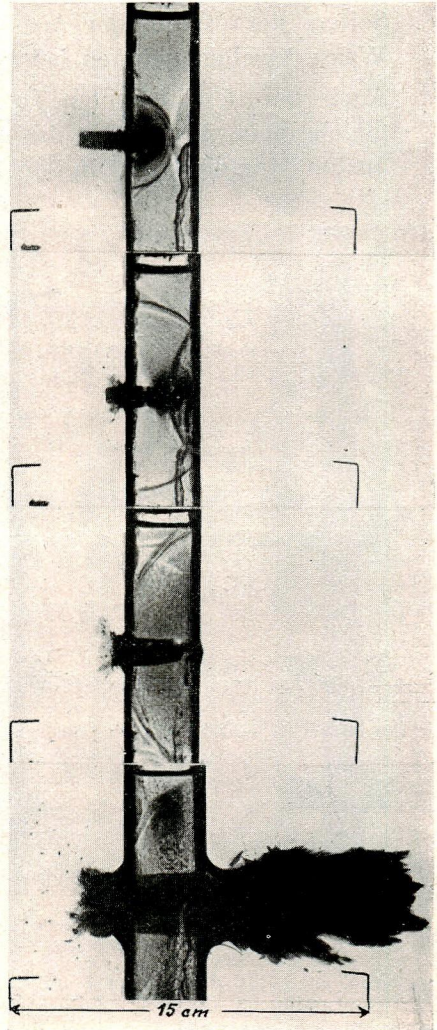


Abb. 3.

Abb. 2. Schuß durch eine 3 cm starke Wasserschicht mit einem normalen s.S.-Geschoß. Zeitabstand zwischen dem 1. und 2. sowie dem 2. und 3. Teilbild $1,4 \cdot 10^{-5}$ s, dem 3. und 4. Teilbild $8 \cdot 10^{-5}$ s.

Abb. 3. Schuß durch eine 3 cm starke Wasserschicht mit einem an der Spitze abgefeilten s.S.-Geschoß. Zeitabstände wie in Abb. 2.

Der Schußkanal wird breiter, das Wasser schießt an beiden Seiten heraus, an der Ausschußseite ein wenig stärker. Die Wasserteilchen nehmen beträchtliche Geschwindigkeiten an.

Auch bei dem feuchten Ton dürfte der Vorgang genau der gleiche sein, wie durch die Abb. 4 bewiesen wird. Der Endzustand für diesen ist in der Abb. 1 wiedergegeben.

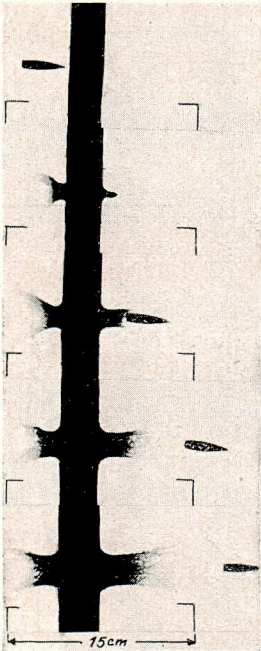


Abb. 4.

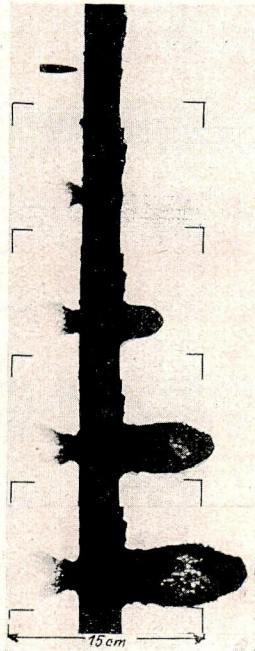


Abb. 5.

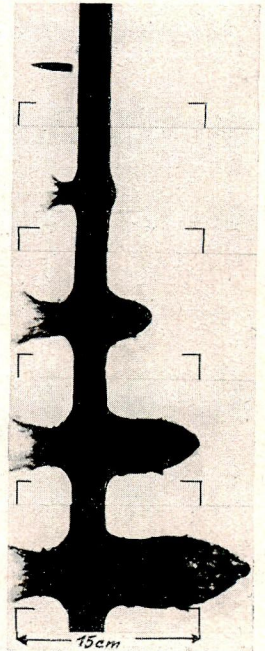


Abb. 6.

Abb. 4. Schuß durch eine 3 cm starke Wand aus feuchtem Ton mit einem normalen s.S.-Geschoß. Zeitabstand zwischen den Teilbildern $5,6 \cdot 10^{-5}$ s.

Abb. 5. Schuß durch eine 3 cm starke Wand aus feuchtem Ton mit einem an der Spitze abgefeilten s.S.-Geschoß. Zeitabstand zwischen den Teilbildern $5,6 \cdot 10^{-5}$ s.

Abb. 6. Schuß durch eine 3 cm starke Wand aus feuchtem Ton mit einem mit dem Boden voraus fliegenden s.S.-Geschoß. Zeitabstand zwischen den Teilbildern $5,6 \cdot 10^{-5}$ s.

Wesentlich anders liegen die Verhältnisse jedoch, wenn das Geschoß nicht spitz ist. Feilt man beim s.S.-Geschoß die Spitze

ein wenig ab, so werden die vor der planen Fläche befindlichen Ton- bzw. Wasserteilchen auf die Geschößgeschwindigkeit beschleunigt. Das bedingt

1. Drücke wesentlich höherer Größenordnung als beim spitzen Geschoß,
2. eine starke Impulsübertragung auf die durchgeschossene Materie in der Schußrichtung, so daß von annähernder Symmetrie der Ein- und Ausschußseite nicht mehr gesprochen werden kann.
3. eine Stauchung der Geschoßspitze, die noch zu einer Steigerung der ersten beiden Wirkungen beiträgt.

Eine Gegenüberstellung entsprechender Teilbilder beim Schuß mit einem spitzen und einem abgefeilten s.S.-Geschoß durch eine Wasserwand geben die Abb. 2 und 3, desgleichen für eine Wand aus feuchtem Ton Abb. 4 und 5.

In Abb. 6 fliegt das Geschoß mit dem Boden voraus. Alles was über das angefeilte Geschoß gesagt wurde, gilt hier in erhöhtem Maße, aber wie man sieht, unterscheiden sich, bis auf den etwas stärkeren Einschußkegel, die Abb. 5 und 6 gar nicht wesentlich. Zur Erzielung einer starken Dum-Dum-Wirkung genügt also bereits ein geringes Anfeilen der Geschoßspitze.

Zur Analysierung der Vorgänge beim Einschuß in einen größeren flüssigen bzw. halbflüssigen Körper wurden auf gleiche Weise Aufnahmen mit der Bildfrequenz 70 000/s vom Einschuß in einen Wasserbehälter mit den Abmessungen $35 \times 20 \times 12$ cm gemacht, der auch vorne und hinten mit Glasplatten abgeschlossen war. In Abb. 7 (Einschuß mit normalem s.S.-Geschoß) erkennt man wieder die dem Geschoß vorauslaufende, von der Einschlagstelle ausgehende Wasserknallwelle und ihre Reflexion an Wasseroberfläche und Gefäßboden. Man erkennt auch die Vergrößerung des Schußkanals, der sich wie ein Hohlschlauch hinter dem Geschoß herzieht (Kavitation). Daß der Druck im Wasser durch das eindringende Geschoß wesentlich erhöht wird, erkennt man aus der Schwärzung vor dem Geschoß, die auf die Lichtbrechung infolge der Dichteänderung zurückzuführen ist.

Daß enorme Drücke im Wasser auftreten müssen, ergibt sich ferner aus dem erheblichen Volumen verdrängten Wassers, welches — da zunächst keine Aufbauchung der Wasseroberfläche zu bemerken ist — durch die Kompression des Wassers aufgenommen werden muß. (Vgl. das letzte der Teilbilder Abb. 7.) Erst nach verhältnismäßig langer Zeit beginnt die Bewegung der Wasseroberfläche. Das Wasser wird dann aber mit großer Gewalt auseinandergeschleudert, vor allem nach oben. Die Seitenwände des Behälters aus 20 mm starkem Panzerglas, die einen Schuß aus einer Armeepistole abhalten, zersplittern.

Wesentlich stärker noch ist die Wirkung des Geschosses mit abgefeilter Spitze. (Vgl. Abb. 8.) Der Kavitationsraum ist hier durch losgerissene Geschößsplitter stark ausgefranst. Auf dem 3. Teilbild der Abb. 8 ist bereits die eine Glasplatte gesprungen. Die Ausbreitung der Glassprünge ist kreisförmig begrenzt, woraus eine konstante Bruchgeschwindigkeit derselben folgt. Auf dem 4. Teilbild schon beginnt die Deformation der Wasseroberfläche, auf dem 5. Teilbild ist sie stark ausgebaucht. Das Geschöß wird vollkommen zerstört.

Erwähnenswert ist noch folgende, der Abb. 7 zu entnehmende Tatsache:

Die Spitze des eindringenden Geschosses ist etwas nach unten gerichtet. Der Kavitationsraum ist nach unten gekrümmt. Der Grund hierfür dürfte ein Drehmoment sein, das auf das in der Nähe der Wasseroberfläche eindringende Geschöß einwirkt und durch die Druckverteilung am Geschößmantel bedingt ist. Das hintere Ende des s.S.-Geschosses ist etwas verjüngt. Das Wasser wird hier nicht mehr anliegen. Sobald aber das Ge-

Unterschriften zu Abb. 7 und 8:

Abb. 7. Schuß mit einem normalen s.S.-Geschöß in einem Wasserbehälter.
Zeitabstand zwischen den ersten vier Teilbildern je $1,5 \cdot 10^{-5}$ s,
zwischen dem 4. und 5. Teilbild 10^{-4} s.

Abb. 8. Schuß mit einem an der Spitze abgefeilten s.S.-Geschöß in
einem Wasserbehälter.

1. Teilbild	14	$\cdot 10^{-5}$ s	nach dem Geschößeinschlag		
2. „	18,2	$\cdot 10^{-5}$ s	„	„	„
3. „	22,4	$\cdot 10^{-5}$ s	„	„	„
4. „	26,6	$\cdot 10^{-5}$ s	„	„	„
5. „	30	$\cdot 10^{-5}$ s	„	„	„

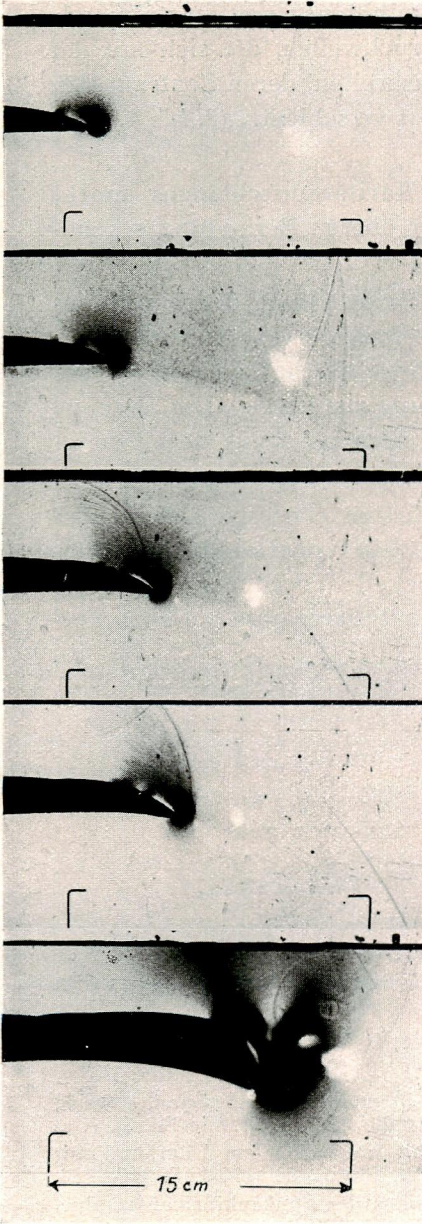


Abb. 7.

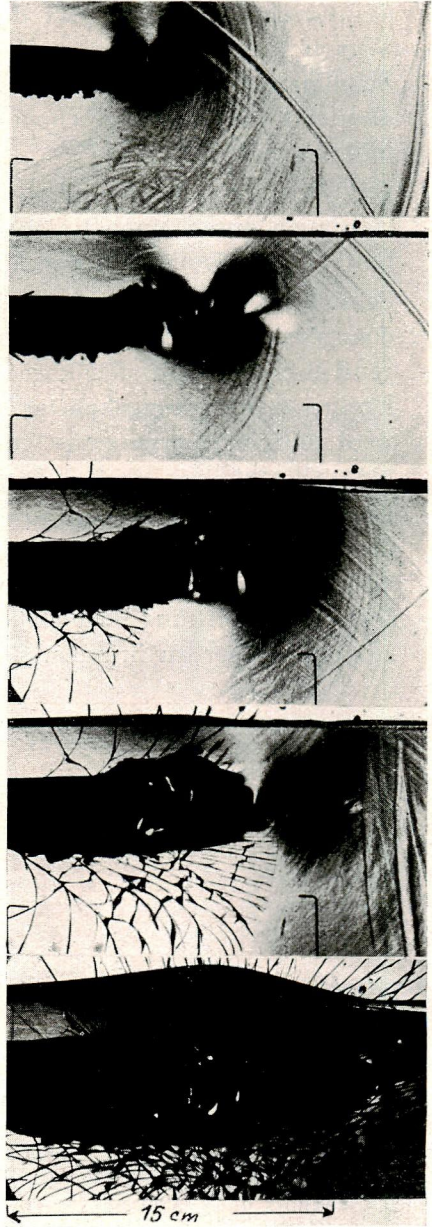


Abb. 8.

schoß etwas weiter schrägestellt wird, kommt die obere Kante des Geschoßbodens in das den Kavitationsraum umströmende Wasser hinein und erzeugt hier Druckwellen, die sich mit der Schallgeschwindigkeit im Wasser ausbreiten, deren Zentrum sich aber mit der Geschoßgeschwindigkeit verschiebt. (2. bis 4. Teilbild der Abb. 7.)

Das Berühren der Wandung des Kavitationsschlauchs macht sich auch durch einen Knick in der oberen Berandung erkennbar. (3. bis 5. Teilbild der Abb. 7.)

Schließlich wird aber infolge der Schrägstellung des Geschosses das Wasser sich auf der Unterseite immer mehr ablösen, während es auf der Oberfläche ganz anliegt; das hat ein sehr starkes Drehmoment in umgekehrter Richtung zur Folge. Das Geschoß wird plötzlich herumgeworfen und nach oben aus dem Wasser herausfliegen.

Die vorstehenden Ausführungen dürften erwiesen haben, daß die Hochfrequenzkinematographie ein unersetzliches Hilfsmittel ist, schnellverlaufende, verwickelte Vorgänge, wie sie die Dum-Dum-Wirkung darbietet, zu analysieren und sie dem Verständnis näher zu bringen.

Schrifttum:

- C. CRANZ: Lehrbuch der Ballistik, Bd. 1—3 und Ergänzungsband. Verlag Springer, Berlin (hieraus insbesondere die §§ 77 und 78 in Bd. 3).
C. CRANZ u. H. SCHARDIN: Kinematographie auf ruhendem Film und mit extrem hoher Bildfrequenz. Ztschr. f. Physik 56 (1929), S. 147—183.
H. SCHARDIN u. W. STRUTH: Neuere Ergebnisse der Funkenkinematographie. Ztschr. f. Techn. Physik 18 (1937), S. 474—477.
H. SCHARDIN: Veröffentlichung der RfdU. zu dem Hochschulfilm Nr. C 142.

