Hydrodynamische Wirkung der Infanteriegeschosse.

Von M. Reuter, Bezirkstierarzt a. D. in Nürnberg.

Nach dem sprachlichen Inhalt des Wortes „Hydrodynamik“ kann eine solche Wirkung bei den Geschossen nur dann in Frage kommen, wenn diese durch ein flüssiges Agens hervorgerufen wird. Nach der chemischen Zusammensetzung des für die Handfeuerwaffen zur Verwendung kommenden Schießpulvers und nach dem chemisch-physikalischen Vorgang der Entladung ist unter gewöhnlichen Verhältnissen eine hydrodynamische Wirkung ausgeschlossen. Diese tritt aber sekundär dann in die Erscheinung und gibt damit auch der Schußleistung sofort einen anderen Charakter, wenn das Geschöß in seiner Laufbahn mit dem flüssigen Element in irgendeiner Weise in Kontakt kommt. Schießt man z. B. in ein mit Wasser gefülltes Blechgefäß, so wird das ganze Gefäß zertrümmert, Ein- und Ausschuß sind überhaupt nicht erkennbar. Das Geschöß überträgt seine (physikalische wie chemische) Energie auf die Wassermoleküle. Da Wasser aber so gut wie garnicht elastisch ist, so tritt Sprengwirkung nach allen Seiten auf, und das Gefäß wird zertrümmert. Das Wasser erhöht somit die Explosiv- oder Sprengwirkung. Daher auch die Gefährlichkeit in der Verwendung von feuchtem oder nassem Pulver und die zerstörende Wirkung der sogenannten Wasserschüsse, also der mit Wasser geladenen Feuerwaffen.

Die hydrodynamische Geschößwirkung macht sich dementsprechend auch geltend bei Gewehrscüssen in Organe, welche zum Teil oder vollständig mit Flüssigkeiten ausgefüllt sind. Die Wirkung würde hier noch weit in- und extensiver sein, als sie in der Regel angetroffen wird, wenn das Geschöß nicht schon vor seinem Eintreffen in das betreffende Organ in seiner Flugbahn einmal durch die unterschiedliche Entfernung, dann aber ganz besonders durch das Auftreffen auf die Körperhaut, Muskeln und Knochen Widerstand gefunden und daher in seiner primären Stoß- und Schlagkraft abgeschwächt worden wäre. Im Magen- und Darmkanal wie in der Urinblase einschlagende Geschosse entfalten die stärkste hydrodynamische Wirkung; allein auch blutreiche Organe, wie Milz, Leber, Nieren können in dem Maße betroffen werden, daß die Organe durch die Flüssigkeit auseinander gesprengt werden. Hydrodynamische Schüsse nehmen somit einen anderen Charakter an, und zwar sowohl primär bei der Entladung des Schusses, als auch sekundär, wenn die hydrodynamische Eigenschaft des Schusses im Verlaufe der Flugbahn oder im Ziel, also am Ende des Laufes, entstanden ist. So kann ein Infanteriegeschöß, welches in seiner Flugbahn mit einem Regen-, Taupfen, mit einer Schneeflocke u. dgl. kollidiert, von dem Moment des Kontakts an sofort eine ganz andere Richtung annehmen. Selbst andere unscheinbare Gegenstände, Aehren, Strohhalme u. dgl., können eine solche Anomalie in der Geschößlaufbahn zur Folge haben. Querschläger, Schiefquerschläger, Ueberschlagen des Geschosses können auf diese Weise zustandekommen. Streift so ein Gewehrgeschöß in seiner Flugbahn eine Wasserfläche, so kann diese unter Umständen derart influirt werden, daß das Geschöß eine geradezu rückläufige Bahn einschlägt oder überhaupt eine Richtung annimmt, welche außer dem Bereiche jeder Berechnung steht. Allein auch das in dieser Hinsicht chemisch-physikalisch modifizierte Geschöß äußert von diesem Moment an eine andere Wirkung; es ist in gewissem Sinne zu einem Sprenggeschöß geworden. Im Gegensatz zum Dum-Dumgeschöß, bei welchem die Sprengwirkung durch die Konstruktion des Geschosses zu erreichen gesucht wird, und zum eigentlichen Explosivgeschöß, bei welchem durch die Störung des chemischen Gleichgewichts Explosion entsteht und damit die aufs höchste gesteigerte Spannkraft ihre Wirkung äußert, tritt hier die Sprengwirkung durch einen unvorhergesehenen physikalischen Vorgang, nämlich durch das Zusammentreffen von Flüssigkeit mit dem Geschöß während seines Laufes, in die Erscheinung.

Dementsprechend weisen die infolge hydrodynamischer Geschößwirkung entstandenen Wunden auch an den festen Teilen, den Knochen, wie den Muskeln und Blutgefäßwandungen weitgehende Zerstörungen, Zerreißen oder Splitterungen auf. Aus diesem Grunde kann man bei einem mit glattem Ein- und Ausschuß verlaufenden Schuß ebenso wenig wie bei einem Loch- oder Rupturschuß, bei welchem die Wirkung sich erst in der Tiefe äußert, von einer hydrodynamischen Wirkung sprechen. Diese würde immer Komplikationen im Gefolge haben.

Die „D. Zschr. f. Chir.“ berichtet in Bd. 132 H. 5 u. 6 S. 394 von einem tödlichen Signalpistolenschuß, und zwar einen Schädelschuß, bei welchem äußerlich keine Verletzung, also an der Haut, eingetreten, dagegen ein „Lochbruch“ im Schädel erfolgt war, welcher den Tod des Getroffenen zur Folge hatte. Das Geschöß hatte nicht einmal eine Perforation der Haut zur Folge. Die Autoren führen diese Eigenart auf einen „hydrodynamischen Druck“ zurück und sind der Anschauung, daß sich dieser Fall der Theorie von Coler und Schjer-ning anschließe. Eine dynamische Tiefenwirkung kommt hier offenbar zur Geltung. Wie es überhaupt nicht zur Seltenheit gehört, daß bei Traumen, so z. B. durch Schlag mit einem stumpfen Gegenstand auf den Brustkorb, den Bauch und selbst die Gliedmaßen, äußerlich

oft keine Verletzungen in die Erscheinung treten, wohl aber in der Tiefe in Form von Blutgefäßzerreißen, Muskel- und Sehnenberstungen. Auch wäre die dynamische Tiefenwirkung auf den Schädelknochen damit zu erklären, daß der Gefäßknochen vielleicht eine sehr derbe und elastische, daher sehr widerstandsfähige Kopfhaut, hingegen ein relativ dünnes Schädeldach hatte. Mechanisch und ohne Bezug auf eine „hydro“-dynamische Einwirkung ist der Fall daher immerhin möglich. Bei der hydrodynamischen Wirkung, bei welcher neben der mechanischen Stoßkraft des Geschosses noch die Sprengwirkung hätte zum Ausdruck kommen müssen, wäre jedenfalls die Haut nicht nur perforiert, sondern auch wie der darunterliegende Schädelknochen zerrissen bzw. zersplittert worden. Bei einem einfachen, symmetrisch abgegrenzten Lochbruch wäre es hier nicht geblieben, da die Signalpistolen ohnehin nur im Nahverkehr auf 30–40 m Entfernung und besonders in solcher Höhe zum Abschießen von Leuchtkegeln verwendet werden. Nach dem Berichte der Verfasser soll die Schußwirkung dieser Pistole teils in der Form einer vorwiegenden Brand- und teils in der einer vorwiegenden Druckwirkung bestehen. Demnach müßte eine dynamische Wirkung bei der Signalpistole nach zweierlei Richtungen möglich sein. Es ist dieser Dualismus von hydro-pyrodynamischer Wirkung, unter welchen Umständen die eine, wann die andere Eventualität zur Geltung kommt, oder wann beide gleichzeitig in Aktion treten, kaum verständlich. Jedenfalls käme es bei der Brandwirkung immer auf die mehr oder weniger leichte Entzündbarkeit der getroffenen Teile an. Von einer effektiven hydrodynamischen Wirkung kann, wie bei jedem anderen Geschoß auch, so in gleicher Weise bei der Patrone der Signalpistole nur dann die Rede sein, wenn diese in ihrem Laufe oder bei ihrer Abfeuerung mit einer Flüssigkeit in Berührung kommt. Sonst bleibt sie ausgeschlossen.

Wird eine hydrodynamische Wirkung bei einem Schusse geltend gemacht, ohne daß hierbei eine Flüssigkeit mit in Aktion war, so könnte solche nur an der Verwendung des Pulvers nachgeprüft werden. Und hier besteht in der Tat zwischen dem früher gebräuchlichen Schwarzpulver und dem nunmehrigen Blättchenpulver nach der chemischen Zusammensetzung und dem Explosionsprozeß ein sehr wesentlicher Unterschied. Beim Schuß, also unter Druck und praktisch unter Luftabschluß, verbrennt das Schwarzpulver theoretisch nach der Gleichung:

Das rauchschwache Pulver — absolut rauchloses Pulver gibt es nicht — verbrennt unter denselben Bedingungen etwa nach folgendem Schema:

Beim Schwarzpulver kann somit von einer hydrodynamischen Wirkung bei der Schußentladung überhaupt keine Rede sein. Das rauchschwache oder Blättchenpulver entwickelt hingegen sowohl nativen Wasserstoff als Wasser. Damit ist jedenfalls auch seine stärkere Sprengwirkung gegenüber dem Schwarzpulver und im gewissen Sinne auch seine hydrodynamische Wirkung, wenn man von einer solchen überhaupt sprechen kann, zu erklären. So ist bekannt, daß beim rauchschwachen Pulver auch die Verwundungen eine schlimmere Beschaffenheit aufweisen als beim Schwarzpulver. In der Tiefe, wie auch bisweilen an der Oberfläche vermögen die vom Schwarzpulver getriebenen Bleigeschosse den Blutgefäßen bis zu einem gewissen Grade anzuweichen. Bei dem rauchschwachen Pulver ist dies nicht mehr der Fall; in diesem Kriege sind daher die Schlagader- und Blutgefäßverletzungen viel häufiger. In gleicher Weise verhält es sich mit den Splitterungen bei Knochenschüssen, an den Röhrenknochen und im Schädeldache. Nach den übereinstimmenden Berichten vom Felde und aus den Lazaretten bilden deshalb bei den Schädelschüssen die Tangential- bzw. Segmentalschüsse mit Splitterung das überwiegende Kontingent gegenüber den Diametral- und Steckschüssen, nachdem ohnedies bei der heutigen Kriegführung, bei der der Soldat im Schützengraben liegt und nur den Kopf als Ziel bietet, Kopfschüsse weit mehr in die Erscheinung treten gegenüber den Verletzungen von Hals, Rumpf und den Gliedmaßen. Wegen seiner intensiveren Wirkung verdrängt das Blättchenpulver auch im Jagdbetrieb das Schwarzpulver immer mehr. Nur konservative Nimrode halten daran noch fest.

Mag man nun die auffallende Erscheinung in dem Unterschiede der Schußwirkung — Entfernung, Geschoßart, Ort des Eintreffens und Individualität des Verletzten müssen ja auch in Betracht gezogen werden — je nachdem Schwarzpulver oder rauchschwaches Pulver in Betracht kommt, auf chemischem Wege oder durch eine besondere dynamische Wirkung zu erklären suchen, in keinem Falle ist diese identisch mit derjenigen hydrodynamischen Wirkung, welche durch die faktische Einwirkung von Flüssigkeiten auf das Geschoß, sei es mittelbar oder sei es unmittelbar, hervorgerufen wird. Auch das von rauchschwachem Pulver getriebene Geschoß muß unter solchen Voraussetzungen diese noch sekundär äußern. Eine primäre Wirkung hydrodynamischer Natur würde z. B. bei den Sprenggeschossen, welche durch eine Flüssigkeit, wie eine flüssige Säure aus der Benzol- oder Nitrolgruppe oder durch flüssige Luft, Oxyliquit u. dgl. in Aktion

treten, in Frage kommen. Nur bei Sprenggeschossen kann von einer hydrodynamischen Wirkung im Moment der Entladung die Rede sein. Hier ist diese *κατ' ἐξοχήν*, wenn Flüssigkeit die Explosion erzeugt. Bei den Geschossen der Handfeuerwaffen ist die hydrodynamische Wirkung dagegen a priori ausgeschlossen. Diese würde sich wie der Luftdruck der Gewehrgeschosse zu jenem der Sprenggeschosse verhalten. Hier besteht dieser lediglich in einer intensiven Luftströmung,¹⁾ dort ist er eine Erschütterung und äußert sich als dynamische Wirkung, welche je nach der Stärke und Nähe der Detonation unter anderm zu Nervenschock infolge mikroorganischer Veränderungen im Zellgewebe (reiner Shock), wie auch zu traumatischen Erscheinungen, Berstungen im Zentralnervensystem (traumatischer Shock), ohne daß das Geschoß selbst verletzt hat, führen kann, während der Luftdruck beim Infanteriegeschosch die Wirkung eines Traumas nicht haben kann und einfach ohne Folgen vorübergeht. Bei der Detonation steht somit die dynamische Wirkung fest.

Die hydrodynamische Wirkung der Gewehrgeschosse kommt besonders prägnant beim Schießen nach lebenden Zielen in der Tiefe des Wassers zum Ausdruck. Hier fehlt jede Berechnung für den Treffpunkt. Manche Schützen rühmen sich, gewisse Kunstfertigkeiten im Schießen nach Fischen zu besitzen. Allein solche können nur verwertet werden, wenn der Fisch ein größeres Zielobjekt darbietet und hart an der Oberfläche sich befindet. In solchen Fällen wird, weil die hydrodynamische Sprengwirkung sich mehr in die Höhe als in die Tiefe geltend macht, beim Zielen unterhalb der Körperfläche des Fisches die Trefflage oftmals erreicht, aber keineswegs immer, und zwar nur durch die Streuung der polygenen Munition. Ein Kugelschuß wäre auch hier meist erfolglos. Bei Schüssen in die Tiefe des Wassers macht sich in gleicher Weise wie bei einem verschlossenen, mit Flüssigkeit gefüllten Gefäß die Kraftübertragung der einzelnen Munitionsbestandteile auf die Wassermoleküle nach den verschiedensten Richtungen geltend, diese Disseminierung verliert aber zugleich an Wirkung infolge der in Betracht kommenden bedeutenden Flüssigkeitsmenge gegenüber dem abgegrenzten Volumen eines geschlossenen Behälters, wie auch einer Körperhöhle beim Eintreffen des Geschosses in diese, besonders bei praller, gespannter Füllung. Es ist daher je nach dem Grade der Tiefe, in welcher nach einem Fisch oder einem anderen wenig umfangreichen Zielobjekt geschossen wird, die Trefflage lediglich vom Zufall abhängig. Hier kommt die dynamische Wirkung hauptsächlich nach ihrer Extensität zum Ausdruck.

Von der hydrodynamischen Geschoßwirkung ist zu unterscheiden jene des hydraulischen Druckes. Der Flüssigkeitsdruck wird auf dem Wege der Kompression und Stauung (auch Spannung) in hermetisch abgeschlossenen Behältern, Umhüllungen, daher auch unter Umständen im lebenden Organismus bei in den Geweben und den Parenchyminen abgekapselten Flüssigkeitsansammlungen, namentlich infolge von Krampfzuständen durch pralle Füllung zustandegebracht. Die hydraulische Wirkung ist eine rein mechanische, während die hydrodynamische die Äußerung einer lebendigen Kraft ist, durch feste Elemente eingeleitet und im Zusammenwirken derselben mit flüssigen zustandegebracht wird. Die hydraulische Wirkung ist, wie schon der Name sagt, lediglich die einer Flüssigkeit ohne jedes weitere Aggregens. Der hydraulischen Wirkung ist von Haus aus der Spreng- und Disseminationscharakter nicht eigen. Allein, wenn die Bedingungen dazu gegeben sind, kann der hydraulische Druck sich auch der spezifisch hydrodynamischen Wirkung, wie bei den Geschossen so auch überall da hinzugesellen, wo die in den Hydranten oder selbst im Innern des Körpers angestaute und unter Druck gehaltene Flüssigkeitsmenge auf irgendeine Weise zur Explosion gebracht und der bestehende und auf physikalischem Wege erreichte Gleichgewichtszustand der Spannung unter Einwirkung äußerer Potenzen chemischer oder thermischer Natur gestört und aufgehoben wird. Man ist daher unter Umständen bei der hydrodynamischen Wirkung der Gewehrgeschosse — noch mehr würde diese Voraussetzung zutreffen für die Schwergeschosse — berechtigt, auch von einer hydraulischen Spezialwirkung zu sprechen. Beide Modalitäten können sich vereinigen und in der Schußleistung zum Ausdruck kommen. Auf diese Weise wäre dann auch eine hydraulisch-dynamische Wirkung durch Geschosse möglich.

An eine hydrodynamische Wirkung, und zwar in der Ferne, könnte auch noch gedacht werden beim Fernschießen oder unterirdischen Donner in den Meerestiefen. Der Donner ist hier geotektonischer Herkunft, auf explosive Vorgänge in den Meerestiefen, Ausströmen von explosibler Kraft mit sekundärer Entladung — man dachte sogar schon an zur Explosion gekommene Granaten — im Erdinnern (Fernbeben) zurückzuführen. Man hat diese hydrodynamische Erscheinung, welche sich auf dafür empfängliche Individuen, sogar bei Tieren, durch rein psychische Affektionen — ein Trauma erscheint hier ausgeschlossen — geltend machen kann, auch als Meeresschießen, Wasserschüsse oder als abrupten Knall bezeichnet. Von anderer Seite wurde dieses mysteriöse

¹⁾ cf. D. m. W. Nr. 37 vom Jahre 1915 meine Abhandlung über „Luftdruck bei Infanteriegeschossen“.

Phänomen der Geophysik auf gewisse Luftkonstitutionen zurückgeführt, wie intensive Luftströmung, starke Nebelbildung, daher die Bezeichnungen „Nebelrölpe“, „Luftpuffer“. Wenn es also wirklich eine hydrodynamische Fernwirkung durch Geschosse geben sollte, bei welcher das Wasser und dessen Ausdünstungen, vielleicht auch der Feuchtigkeitsgehalt in der Atmosphäre, der Faktor für die Fernleitung wäre oder Flüssigkeit schon bei der primären Explosion auf eine bis jetzt nicht eruierte Weise in Betracht kommen sollte, so könnte man jedenfalls noch mit weit mehr Berechtigung auch von einer *aërodynamischen Fernwirkung* sprechen. Es liegen aus diesem Kriege, wie auch schon aus früheren, so beispielsweise aus dem Siebenjährigen Kriege in der Schlacht von Liegnitz im Jahre 1760 am 15. August — Friedrich der Große verdankte dieser Erscheinung seinen Sieg; die gegnerische Armee befand sich eben in der Zone des Schweigens und konnte den Donner der Geschütze nicht hören — Beobachtungen vor, daß der Kanonendonner in einer bestimmten Entfernung vom Ursprungsort verstummen kann, um in einer größeren Entfernung in Form von Boden- oder Luftschallwellen wiederzukehren. Stereotyp ist diese Erscheinung nicht. Die Windrichtung, in welcher die Geschosse und die Schallwellen getragen werden, spielt hier eine ebensolche Rolle wie die Luftströmung, und zwar in den verschiedenen Schichten der Atmosphäre nach Qualität der Luft, ob trocken, feucht, leicht oder schwer. Hierdurch können die Schallwellen, welche das Bestreben haben, vom Entstehungsorte aus in die Höhe sich zu verbreiten, sowohl nach In- als Extensität beeinflusst werden, um entweder in der Höhe sich gänzlich aufzulösen oder in der Ferne, und zwar dann in den tieferen Luftschichten, wiederzukehren. Man hat daher eine sogenannte „Schweigzone“ für den Kanonendonner konstruiert und diese auf ungefähr 60 km berechnet, während darüber hinaus der Donner nach Beobachtungen der meteorologischen Zentralstation in Zürich über die Kämpfe um Mülhausen bis zu 160 km in den südlichen und östlichen Lagen und bis zu 120 und 140 km in den westlichen und nördlichen Lagen vom Entstehungsorte wieder hörbar werden kann. Nach anderen Beobachtungen soll sogar auf die Schweigzone, innerhalb welcher vom Entstehungsort des Kanonendonners aus dieser nicht gehört wird, noch eine Hörbarkeitszone von 230 km folgen können. Bei der Beschießung von Antwerpen soll die absolute Schallwelle, also die dazwischen liegende Schweigzone inbegriffen, sogar über 300 km bei den 42 cm-Geschossen betragen haben. Jedenfalls spielt bei diesen Berechnungen auch die Phantasie oder ein für die „aërodynamische“ Wirkung empfängliches Medium eine Rolle.

Herr A. Preuss, Leiter der waffentechnischen Versuchsanstalt zu Neumannswalde bei Neudamm, war so liebenswürdig, aus dem reichen Schatze seiner Erfahrungen mich mit sehr wertvollen Informationen für diese Arbeit zu versehen. Ich bin daher demselben zu Dank verpflichtet.