

Aus dem Institut für gerichtliche und soziale Medizin der Universität Frankfurt a. M.
(Direktor: Prof. Dr. med. FERDINAND WIETHOLD)

Über den Nachweis und die Fixierung der Geschosswirkung von Handfeuerwaffen mittels Alginaten

Von

KARL LUFF und ALEXANDER E. RONNETT

Mit 6 Textabbildungen

(Eingegangen am 3. März 1958)

Bei Versuchen, die Vorgänge beim Durchschuß von Knochen und Weichteilen mit Hilfe von den in der Zahnheilkunde seit mehreren Jahren gebräuchlichen Alginat-Abdruckmassen darzustellen und zu fixieren, konnten wir die überraschende Beobachtung machen, daß innerhalb des Schußkanals, offenbar infolge eines Ausgleichs von Druckdifferenzen, eine der Geschosrichtung entgegengesetzte Sogwirkung vorhanden ist (LUFF). Beim Schießen durch Knochensubstanz und Alginatmasse fanden sich an Stelle des zu erwartenden Schußkanals

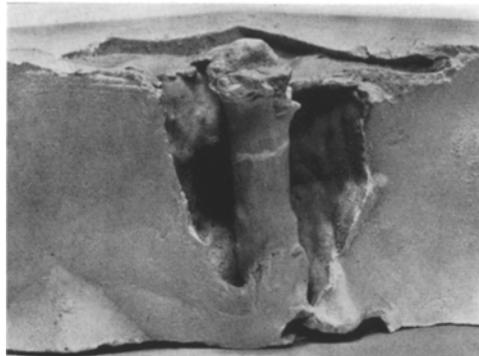


Abb. 1. Gipsmodell eines Schießversuches durch Verex. An Stelle des Schußkanals findet sich ein Pilz innerhalb des Hohlraumes

pilzähnliche Gebilde innerhalb eines kleineren oder größeren Hohlraumes. Voraussetzung war, daß das mit Wasser angerührte Alginatpulver (wir verwendeten das englische Präparat Verex) im Augenblick des Schusses eine Salben- bis pastenähnliche Konsistenz aufwies und sich kurz vor der Umwandlung in ein gummiähnliches, elastisches Gel befand. Wurde zu früh geschossen, so sank die weiche, nichtelastische Masse in sich zusammen, wurde zu spät geschossen, so fand sich in dem abgebundenen, gelierten Alginatpräparat ähnlich wie in menschlichem oder tierischem Gewebe nur ein schmaler Schußkanal.

Das Ergebnis eines zur richtigen Zeit durchgeführten Schießversuches läßt die Abb. 1 erkennen: Sie zeigt das Gipsmodell der Verexmasse nach dem Durchschuß mit einem zentralen Pilz.

Wir haben versucht, dieses Phänomen zu klären, fanden jedoch hierfür keine eindeutige Entstehungsursache. Auch Physiker konnten uns für die Tatsache, daß eine Sogwirkung entgegen der Geschoßrichtung im Schußkanal vorhanden ist, keine einleuchtende und schlüssige Begründung geben.

In Ergänzung dieser Schießversuche haben wir uns nun die Aufgabe gestellt, experimentell nachzuweisen:

1. Ob unter denselben Bedingungen mit Regelmäßigkeit die Bildung eines Pilzes im Schußkanal beim Durchschießen von Alginatpräparaten auftritt.

2. Ob diese Erscheinung nicht zufällig durch die Eigenschaften der benutzten Masse bedingt ist.

3. Ob die Fremdkörperteile, die sich nach gerichtsarztlichen Erfahrungen manchmal im Endteil des Schußkanals befinden, als Zufallsbefunde zu werten sind, oder ob sie als Folge des Druckdifferenzausgleichs in den Schußkanal eingesaugt werden.

Bei unseren Schießversuchen benutzten wir zunächst die Alginat-Verex und COE-Alginat, später nur noch das letztere Präparat, weil eine genaue Angabe über die Abbindezeit bei bestimmten Wassertemperaturen durch die Herstellerfirma vorlag.

Es handelt sich bei den Alginaten um Substanzen, deren Grundstoff die Alginsäure ist. Diese wird aus dem Seetang-Kolloid Algin, das in den Braunalgen vorhanden ist, durch komplizierte Verfahren gewonnen und ist dem Aufbau nach eine aus Mannuronsäureestern zusammengesetzte Polyuronsäure. Die Herstellung der gebrauchsfertigen Alginatmasse wird wie folgt durchgeführt:

1. Die nötige Menge Wasser wird in einen Gummitopf gebracht.
2. Zu dem Wasser wird die entsprechende Menge Pulver gegeben.
3. Die beiden Teile werden mit einem Spatel mittels Rotationsbewegungen verrührt, bis die Alginatmasse einen gleichmäßigen, viskösen, homogenen Brei ergibt.

Das geeignete Mischungsverhältnis Pulver:Wasser wird von der Herstellerfirma angegeben. In 3—5 min bindet die Masse ab, d. h. sie ändert ihren Aggregatzustand vom Sol zum Gel. Im Gelzustand ist die Alginatmasse elastisch, gummiartig, trotz Manipulationen die angenommene Form beibehaltend. Die Zeitspanne, berechnet vom Augenblick der Vermischung von Alginatpulver mit Wasser bis zu der Aggregatzustandsänderung läßt sich leicht kontrollieren. Die Abbindezeit ist abhängig von dem Verhältnis Pulver—Wasser, von der Temperatur der Umgebung und von der Geschwindigkeit des Verrührens. In der Mundhöhle bei Körpertemperatur beträgt die Abbindezeit 3—4 min. Durch Änderung der Wassertemperatur kann diese Zeit nach Wunsch verlängert werden.

Um den Bindezeitpunkt in der dritten Minute zu erhalten, sind, wie in Vorversuchen ermittelt wurde, die Temperaturen von Raum und Wasser nach folgender Tabelle einzuhalten:

<i>Raumtemperatur</i>	<i>Wassertemperatur</i>
19,5 ⁰	25,0 ⁰
22,0 ⁰	22,0 ⁰
25,0 ⁰	19,5 ⁰
27,5 ⁰	16,5 ⁰

(Die Werte gelten nur für das Präparat COE-Alginat).

Weiterhin ließ sich nachweisen, daß eine Erhöhung der Wassertemperatur um 1⁰ C die Abbindezeit um 7 sec verkürzt. Damit besteht die Möglichkeit, den Zeitpunkt der Aggregatzustandsänderung exakt zu ermitteln.

Bei unseren Versuchen benutzten wir Handfeuerwaffen vom Kaliber 7,65 mm mit einer Geschwindigkeit des Projektils von 280 m/sec. Die Entfernung vom Laufende bis zu der Alginatschicht betrug 60 cm. Die Versuchsanordnung entsprach etwa der von uns früher angewandten (LUFF), nur daß an Stelle der zum Separieren benutzten Fallschirmseide Nylongewebe von Damenstrümpfen Verwendung fand. In 30 Vorversuchen wurde der günstigste Augenblick für das Abfeuern des Schusses während der Abbindezeit ermittelt, ferner die Dauer des Anrührens, um genügend Zeit zum Einfüllen der Alginatmasse in die Versuchsanordnung zur Verfügung zu haben. Als zweckmäßig erwiesen sich sowohl eine Raumtemperatur wie eine Wassertemperatur von 22⁰ C.

Als Ergebnis der Vorversuche konnte folgendes festgestellt werden:

- a) Die Verrührung der Masse soll 1 min lang dauern, damit 1½ min Zeit für die Manipulation der Masse in der Versuchsanordnung zur Verfügung steht.
- b) Das Abfeuern der Handwaffe muß bei 2 min 54 sec stattfinden.
- c) Nach dem Abfeuern der Waffe darf die Versuchsanordnung nicht vor Ablauf von 4—5 min berührt werden. Dann erst wird die Alginatmasse so hart, daß keine Zerreißen bei der Trennung der verschiedenen Schichten vorkommen.

Um den beim Abfeuern der Pistole freiwerdenden Explosionsdruck nicht unmittelbar auf die Alginatmasse einwirken zu lassen, wurden als oberste Schicht der Versuchsanordnung Gewebsteile von Leichen (Knochen, Muskulatur, Gehirngewebe) durchschossen. Die Schießversuche führten zunächst zu einer Bestätigung der früher von uns bereits gewonnenen Erkenntnisse: So entstanden regelmäßig innerhalb einer kleineren oder größeren Höhle an Stelle des Schußkanals Alginatpilze, die teilweise sogar aus der Einschußöffnung der darüberliegenden Gewebsschicht herausragten. Auffällig waren mehr oder weniger tiefe kraterförmige Einziehungen in den basalen Abschnitten der „Pilze“ im Bereich des Ausschusses. Einen derartigen typischen Krater an der

Unterseite der durchschossenen Alginatmasse zeigt das in Abb. 2 dargestellte Gipsmodell eines Schießversuches.



Abb. 2. Gipsmodell eines Alginatpilzes mit tiefer, kraterförmiger Einziehung am Ausschuß



Abb. 3. Schnitt durch eine doppelschichtige Alginatmasse nach einem Schießversuch. Der Pilz besteht aus der mit Methylenblau angefärbten unteren Alginatschicht



Abb. 4. Kurzgeschnittene Besenhaare an der Unterseite der Alginatschicht

Um zu beweisen, daß die Alginatmasse des Pilzes aus dem Bereich des Ausschusses stammt, wurden in einen unten und seitlich durch Nylongewebe begrenzten doppelten Drahring von etwa 10 cm Durchmesser und 5 cm Tiefe zwei verschiedene Alginatschichten eingefüllt: Die untere Schicht war mit Methylenblau ungefärbt, die obere Schicht war angefärbt. Nach dem zum richtigen Zeitpunkt erfolgten Durchschuß durch Knochen und Muskelgewebe und die darunterliegende doppelte Alginatschicht zeigte sich, daß der entstehende Pilz blau gefärbt war, d. h. von der unteren Schicht stammte. Die Abb. 3 zeigt einen Schnitt durch die abgebundene Alginatmasse mit dem angefärbten Pilz im Zentrum einer Höhle, deren Dach teilweise eingesunken ist.

Um die rückläufige Sogwirkung am Ausschuß und innerhalb des Schußkanals anschaulich zu demonstrieren, haben wir die Versuchsanordnung wie folgt abgeändert:

Eine 2 cm dicke Gehirnschicht wurde ohne das Nylongewebe als separierendes Medium direkt auf die Alginatmasse gelegt. Auf die untere Fläche des noch nicht abge bundenen Alginates wurde eine Schicht von kurzgeschnittenen schwarzen Besenhaaren aufgetragen (Abb. 4).

Die wenige Minuten nach dem Schießversuch gemachte Aufnahme (Abb. 5) zeigt in der Alginatmasse innerhalb einer Höhle einen ziemlich

breiten Pilz, der einen zentralen, schmalen, mit Besenhaaren ausgefüllten Kanal aufweist. Selbst an der Wandung des Durchschußkanals der darüberliegenden Gehirnschicht sind Besenhaare zu erkennen. (Durch Zusammensinken der weichen Hirnmasse war es leider nicht möglich, die ursprünglichen Dimensionen des Schußkanals darzustellen.)

Gerade dieser letzte Versuch zeigt sehr instruktiv, daß Substanzteile aus dem Bereich des Ausschusses bis tief in den Schußkanal, unter Umständen sogar bis zur Einschußöffnung, hineingesaugt werden können. Diese Feststellung scheint uns von großer praktischer Bedeutung zu sein, beweist sie doch, daß z. B. Textilfasern und Gewebstrümmern nicht nur mechanisch von dem Projektil in der Richtung des Schusses in den Wundkanal mitgerissen werden können, sondern daß auch eine Verschleppung von Fremdkörpern in entgegengesetzter Richtung durch den Ausgleich entstehender Druckdifferenzen erfolgen kann. Dies ist aber für die gerichtsärztliche und kriminalistische Beurteilung von Schußwunden außerordentlich wichtig. Auch für den Kliniker sollten diese Beobachtungen von Interesse sein, da der innerhalb

des Schußkanals stattfindende Druckausgleich neben der direkten Anprall- und Schleuderwirkung des Projektils (LORENZ) für das Ausmaß der Gewebszerstörungen mitverantwortlich sein dürfte. Auch muß man an die Möglichkeit denken, daß auf diese Weise Infektionserreger vom Ausschuß her in die Wunde gelangen können.

Durch Ultrablitz-Photographie und Filmaufnahmen (PIÉDELIÈVRE) gelang es erstmalig, sich eine nähere Vorstellung über die Vorgänge zu machen, welche im Augenblick der Penetration eines Geschosses durch verschiedene Massen stattfinden (Abb. 6). Der Vorteil unserer Experimente liegt aber darin, daß die vom Geschöß ausgehenden Kräfte durch die besondere Eigenart der durchschossenen Masse plastisch dargestellt und fixiert werden können, auch an Stellen, die photographischen Aufnahmen nicht zugänglich sind.

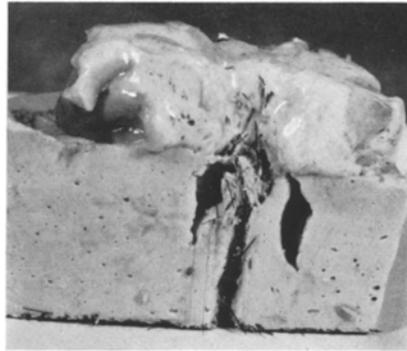


Abb. 5. Alginatpilz innerhalb einer schmalen Höhle mit einem zentralen Kanal, der mit Besenhaaren ausgefüllt ist. Über der Alginatmasse das durchschossene Gehirngewebe

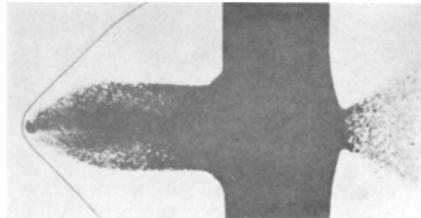


Abb. 6. Photographische Aufnahme vom Augenblick eines Durchschusses durch eine harte Paraffinplatte

Nach FITE wurden in den USA vor wenigen Jahren Untersuchungen über den Schußkanal nach Durchschüssen mit verschiedenen Geschoßgeschwindigkeiten durchgeführt. Dabei sollen in weicher, grüner Seife Einziehungen beobachtet worden sein, ähnlich, wie wir sie bei unseren Versuchen in der Alginatmasse gesehen haben.

Die von uns nachgewiesenen Geschoßwirkungen sind keine Zufallsbefunde. Sie lassen sich durch exakte Einhaltung der geschilderten Versuchsbedingungen jederzeit reproduzieren und gehen auf physikalische Gesetze zurück, die im einzelnen noch einer Erklärung bedürfen.

Zusammenfassung

In experimentellen Untersuchungen über die Wirkung von Handfeuerwaffen konnte durch Fixieren der vom Geschoß ausgehenden Kräfte in zahnärztlichen Abdruckmassen (COE-Alginat) der Nachweis erbracht werden, daß neben der unmittelbaren Anprall- und Schleudervirkung Druckdifferenzen entstehen, die sich in Form eines der Richtung des Projektils entgegengesetzten Soges auswirken. Durch besondere Versuchsanordnungen konnte gezeigt werden, daß Gewebsteile, Substanztrümmer und Fremdkörper aus dem Bereich des Ausschusses in den Schußkanal gesaugt werden. Dieses Phänomen, für das eine exakte physikalische Begründung noch nicht gefunden werden konnte, dürfte für die gerichtsmedizinische Beweisführung in bestimmten Fällen ebenso wie für die ärztliche Versorgung und Behandlung von Schußverletzungen von nicht geringer Bedeutung sein.

Literatur

FITE, R.: Col. U.S.A.: Persönliche Mitteilung. — LORENZ, R.: Der Schußkanal im Röntgenbild. Dtsch. Z. ges. gerichtl. Med. **39**, 435 (1949). — LUFF, K.: Beobachtungen über die Druck- und Sogwirkung von Geschossen nach Knochen- und Weichteildurchschüssen. Dtsch. Z. ges. gerichtl. Med. **45**, 414 (1956). — PIÉDELIEVRE, R.: Actes du deuxième congrès international de photographie et cinématographie ultrarapide, 1954, p. 390.

Priv.-Doz. Dr. med. KARL LUFF, Frankfurt a. M., Forsthausstr. 104

Dr. med., Dr. med. dent. ALEXANDER E. RONNETT,
6328 W Belmont, Chicago 34, Illinois/USA