

Die Verteilung textiler Fasern im Schußkanal

K. Teige¹, R. Jahnke¹, D. Gerlach¹, B. Kempers² und M. Fischer²

¹Institut für Rechtsmedizin der Universität Münster, von-Esmarch-Str. 86, D-4400 Münster, Bundesrepublik Deutschland

²Abteilung für Nuklearmedizin der Medizinischen Universitätsklinik, Universität Münster, Albert-Schweitzer-Str. 33, D-4400 Münster, Bundesrepublik Deutschland

Distribution of Textile Fibers in the Path of a Bullet

Summary. Twenty-one blocks consisting of 20% gelatin were fired at using firearms of the long rifle caliber .22 and .357 Magnum. The frontal area of these blocks was prepared with textile coverings marked with technetium 99m. Two gunshot series of each type were fired at summer, interseasonal, and winter clothing, using different ammunition. The radioactivity of the bombarded blocks was measured by single photon emission computed tomography (SPECT). The results of these gun shot series were presented graphically and compared. Initially (at 2 cm depth), high radioactivity is always detected, which among other things is caused by the defilement of the bullet's surface when shot through the textile covering marked by technetium. The higher radioactivity in the middle and deeper block areas is the result of fiber infiltration. Accordingly, there are greater fiber accumulations in the middle and deeper areas of the path of the bullet. This is the case mainly in thinner clothing (summer). Heavier clothing (autumn, winter) presents a greater obstacle for bullets with greater impact as well. Here, only projectiles having a lesser tendency to deform, as well as a high impact, transport a considerable proportion of textile fibers into the deeper parts of the blocks.

Key words: Gunshot – Path of a bullet, fiber infiltration and distribution of textile fibers

Zusammenfassung. 21 Blöcke aus 20%iger Gelatine, an deren Stirnfläche eine mit Technetium-99m markierte Textilvorlage angebracht war, wurden mit Faustfeuerwaffen der Kaliber .22 long rifle und .357 Magnum beschossen. Es wurden jeweils 2 Schußserien mit verschiedener Munition auf Sommer-, Übergangs- und Winterbekleidung abgegeben. Die Radioaktivität der beschossenen Blöcke wurde mit einem Photonenemissions-

Computertomographen gemessen. Die Ergebnisse der jeweiligen Schußserien wurden graphisch dargestellt und miteinander verglichen. Initial (bei 2 cm Tiefe) findet sich immer eine hohe Radioaktivität, die u. a. durch die zwangsläufige Verunreinigung der Geschoßoberfläche beim Schuß durch die technetiummarkierte Textilvorlage bedingt ist (Abstreifvorgang). Höhere Radioaktivität in den mittleren und tiefen Blockbereichen ist allein auf Fasereinschleppung zurückzuführen. Demnach finden sich größere Faseransammlungen in den mittleren und tieferen Bereichen des Schußkanals hauptsächlich bei dünner Bekleidung (Sommer). Dicke Bekleidung (Herbst und Winter) stellt auch für Geschosse größerer Auftreffenergie ein erhebliches Hindernis dar. Hierbei schleppen lediglich Projektile mit geringer Deformationsneigung und hoher Auftreffenergie einen wesentlichen Anteil textiler Fasern bis in tiefere Abschnitte des Blocks ein.

Schlüsselwörter: Schuß – Schußkanal – Einschleppung und Verteilung von Textilfasern

Bei Schußverletzungen bekleideter Körperpartien können Stoffteilchen in den Schußkanal gelangen. Bereits Liman (1889) beschrieb den mikroskopischen Nachweis von Bekleidungsfasern im Bereich der Einschußöffnung. Auf dieser Beobachtung beruhten die Versuche Strassmanns (1919), mit Hilfe histologischer Untersuchungen Einschuß und Ausschuß voneinander zu unterscheiden. Beim Beschießen der Oberschenkel von Leichen, die er auf der Einschußseite mit einem Wolltuch abgedeckt hatte, fand er bei jeder Schußentfernung Tuchfasern im Einschuß, während seine Suche im Ausschußbereich erfolglos war, wenn die Waffe mehr als 5 cm vom Ziel entfernt wurde. Er verwendete eine Pistole des Kalibers 7,65 Browning, die im Hinblick auf ihre zielballistische Wirksamkeit aus heutiger Sicht am unteren Ende der Skala rangiert (Bock und Weigel 1962; Sellier 1982). Spätere Autoren griffen immer wieder Strassmanns (1919) Beobachtungen auf (Hofmann 1927; Neureiter et al. 1940; Arbab-Zadeh 1977; Sellier 1982; Forster und Ropohl 1983), vereinzelt wird die Einschleppung von Textilfasern in Schußverletzungen auch konkret beschrieben (Schmidtmann 1907; Strassmann 1911, 1919; Ehrenmann 1939; Forster und Ropohl 1983) und an die erhebliche Infektionsgefahr erinnert, die von eingeschleppten Fremdkörperpartikeln ausgeht. Durch sie wird die ärztliche Versorgung der beträchtlichen Gewebszerstörungen, die moderne Schußwaffen verursachen (Böhm et al. 1977; Albrecht et al. 1979), noch weiter kompliziert (Mason 1978; Eiseman 1979; Fischer 1981; Sellier 1982; Tian et al. 1982; Tikka 1982 und Dahlgren et al. 1982). Wir haben versucht, mit Hilfe der Emissions-Computertomographie am Beispiel eines homogenen Zielmediums die Faserverteilung im Verlauf des gesamten Schußkanals darzustellen.

Methodik

Auf einem Schießgestell, das mit höhenverstellbaren Auflagen für Waffe und Zielmedium versehen war, wurde aus einer Entfernung von 1 m mit zwei Faustfeuerwaffen sehr unterschiedlicher Leistung auf Textilvorlagen wechselnder Zusammensetzung geschossen. Das

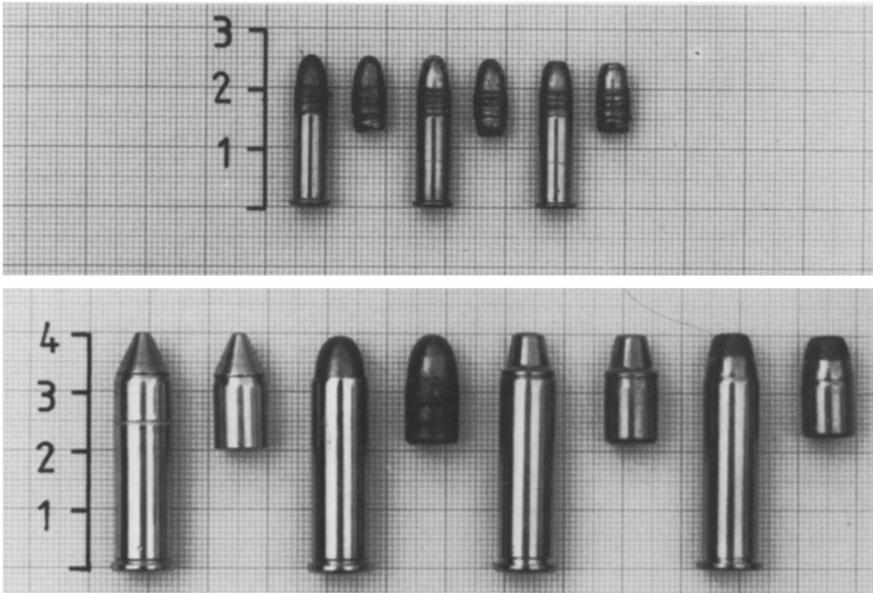


Abb. 1. Benutzte Munition. *Obere Bildhälfte:* Kaliber .22 long rifle. Von links nach rechts: Blei-Rundkopf Standard, Blei Rundkopf High Velocity, Blei-Hohlspitz High Velocity. *Untere Bildhälfte:* Kaliber .357 Magnum. Von links nach rechts: Vollmantel-Kegelspitz, Blei/runde Kupferkappe, Vollmantel-Semiwadcutter (Kegelstumpf), Teilmantel-Hohlspitz

Gestell war – mit Ausnahme der Gewindestangen zur Höhenjustierung – ausschließlich aus Holz gefertigt, um im Falle von Fehlschüssen die Gefahr rikochettierender Geschosse möglichst gering zu halten. Die benutzten Waffen waren eine Sportpistole des Fabrikats Browning, Modell „International“, Kaliber .22 long rifle, die in Lizenzfertigung von der Firma Fabrique Nationale in Herstal/Belgien hergestellt wurde, und ein schwerer Gebrauchswaffenrevolver des Fabrikats Smith & Wesson, Modell 27-2, aus dem wahlweise Munition des Kalibers .357 Magnum oder .38 Smith & Wesson Special verschossen wird (Jinks 1979). Die im Versuch benutzte Pistolen- und Revolvermunition ist auf Abb. 1 dargestellt.

Dazu ist folgendes zu bemerken: Gemäß § 8 Nr. 21 der 1. Verordnung zum Waffengesetz vom 24. Mai 1976 ist es verboten, Hohlspitzgeschosse herzustellen, einzuführen, zu erwerben oder die tatsächliche Gewalt darüber auszuüben. Da derartige Munition jedoch wiederholt bei Straftaten terroristischer Kreise Verwendung fand (Boger 1984), schien es sinnvoll, auch sie in die Versuchsreihe einzubeziehen (Ausnahmegenehmigung zur Herstellung der Hohlspitzmunition: Bundeskriminalamt Aktenzeichen ZV 33–5166.00 vom 24. 04. 1985).

Als Zielmedium wurden Blöcke aus Standardgelatine benutzt. Diese hatten folgende Eigenschaften: Gewichtsanteil des Gelatinepulvers 20%, Wassergehalt 80%, relative Dichte 1058, Abmessung des Blocks $10 \times 10 \times 20 \text{ cm}^3$. Verwendet wurde Gelatinepulver in Arzneibuchqualität, das nur einer HerstellungschARGE entstammte. Die Blöcke wurden in handelsüblichen Gefrierdosen aus Kunststoff gegossen und verblieben bis zu ihrer Verwendung in den luftdicht schließenden Behältern. Die Lagerung erfolgte für mindestens 5 Tage im Kühlschrank bei $+4^\circ\text{C}$, wobei die Kerntemperatur der Blöcke ständig überwacht wurde. Mindestens 2 Tage vor dem Beschuss wurden die verpackten Blöcke in den Versuchsraum gebracht. Zum Beschuss wurden sie erst verwendet, wenn sich ihre Innentemperatur der Raumtemperatur (20°C) angeglichen hatte. Unmittelbar vor dem Beschuss wurden die Blöcke in $25 \mu\text{m}$ starke Kunststoffolie eingeschlagen, da sich während der Vorversuche gezeigt hatte, daß sich die Textilvorlage aufgrund des Geschossthroughtritts großflächig an die Stirnseite des Gelatineblocks angelegt und somit eine starke Kontamination stattfindet. Vor der Auswertung wurde

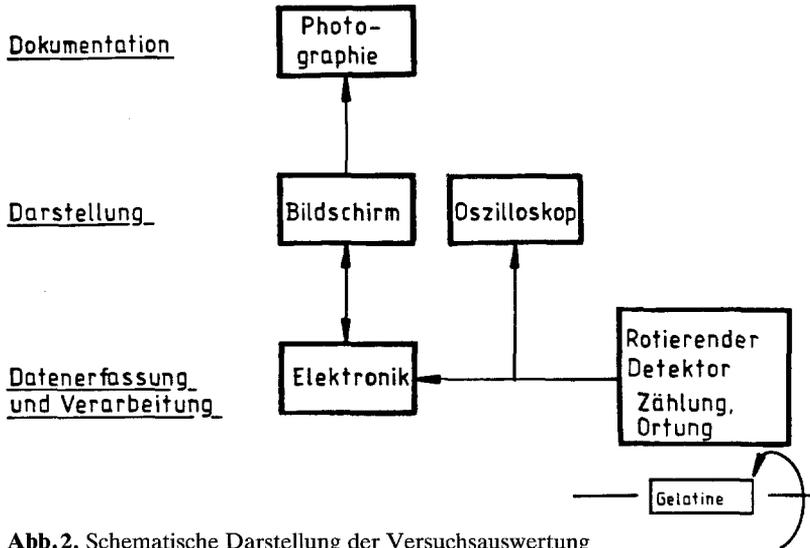


Abb.2. Schematische Darstellung der Versuchsauswertung

die Folie wieder entfernt. Während des Schusses ruhten die Blöcke auf einer quer zur Schußrichtung gespannten, 0,5mm starken Gummimembran. So konnten sie sich während des Geschosßdurchtritts ungehindert ausdehnen und für die Dauer einiger Millisekunden entsprechend der temporären Hohlraumbildung eine ovale Form annehmen, die an einen Rugby-Ball erinnert (Luff 1968).

Als Textilvorlagen wurden standardisierte Bekleidungstypen des zu den verschiedenen Jahreszeiten üblichen mitteleuropäischen Gebrauchs zusammengestellt und gewogen. Alle Stoffe wurden vor der Markierung durch die radioaktive Substanz gewaschen, um eventuell vorhandene Reste von Appretur oder Imprägnierungsmitteln zu beseitigen. Die markierten Stoffe wurden zu Stücken von $10 \times 10 \text{ cm}^2$ zurechtgeschnitten und zu Lagen verschiedener Dicke und Flächenmasse verbunden. Diese Lagen wurden an einem Querträger der Auflage des Schießgestells so befestigt, daß sich die Textilien schließlich in einem Abstand von 0,5 cm vor der Stirnseite des Gelatineblocks befanden.

Die Stoffe wurden vor dem Beschuß mit trägerfreiem Technetium-99m, sog. Pertechnetat, markiert. Bei dieser trägerfreien Radionuklidpräparation ist die spezifische Aktivität besonders hoch. Sie zerfällt unter Aussendung einer weitgehend monoenergetischen Gamma-Strahlung, die sehr gut zu erfassen ist, und hat eine sehr kurze physikalische Halbwertszeit von 6 Std, was im Hinblick auf Maßnahmen des Strahlenschutzes günstig ist. Das Pertechnetat wurde mit Hilfe einer Einmalspritze mittig auf die Textilvorlage aufgebracht, wobei jeweils eine Aktivität von 300 Mega-Becquerel Verwendung fand. Das Volumen der aufgetragenen Flüssigkeit betrug zwischen 0,3 und 0,5 ml; die Textilien wurden daher nicht durchnäßt, sondern nur leicht angefeuchtet. Um die Verteilung der Flüssigkeit zu optimieren, wurden zusätzlich je nach Dicke der Stofflagen 1–3 Tropfen eines Spülmittels aufgebracht.

Zur Auswertung wurden die Blöcke unter den Detektor eines Emissions-Computertomographen gebracht, um so die radioaktiven Zerfallsprozesse im Schußkanal zu zählen und mit Hilfe eines Rechners ihre Verteilung darzustellen (Abb.2). Die Auswertung erfolgte wegen der kurzen Halbwertszeit sofort nach dem Beschuß und um dem Eindiffundieren des Pertechnetats in die Wände des Schußkanals zuvorzukommen. Beim Entfernen der Folie war darauf zu achten, daß die Außenflächen nicht nachträglich kontaminiert wurden.

Bei einem Photonen-Emissions-Computertomographen handelt es sich im Prinzip um eine hochempfindliche Gammakamera, die während der Aufnahme einen Vollkreis um die Längsachse des zu untersuchenden Objektes beschreibt. Entsprechend einem vorgegebenen Schnittwinkel verharrt dieses rotierende Detektorsystem für 45s auf einem Kreisbogen

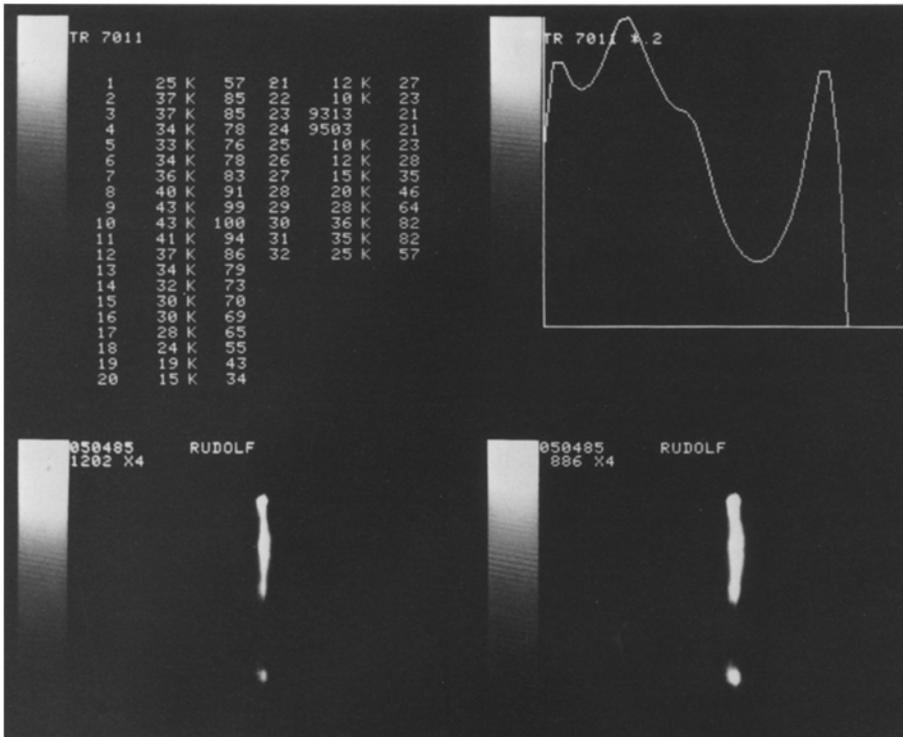


Abb.3. Absolute Häufigkeit der Zerfallsimpulse, Szintigramm des Blocks, graphische Darstellung von 34 Querschnitten. (Sommerbekleidung: .357 Magnum, Vollmantel-Spitzgeschoß)

($5,625^\circ$) und erfaßt dabei die senkrecht auftreffenden Gammaquanten aus diesem Sektor. Schräg auftreffende Anteile werden abgeschwächt. Das verwendete Gerät hat ein Auflösungsvermögen von 1–1,5 cm. Gegenüber einer herkömmlichen Gammakamera verfügt der Emissions-Computertomograph zudem über die Möglichkeit einer elektronischen Tiefenkorrektur, die eine genauere Auswertung der Blöcke mit ihren teilweise stark abgewinkelten Schußkanälen ermöglicht. Das Detektorsystem ist zwar nicht in der Lage, einzelne Textilfasern im Schußkanal zu lokalisieren, doch werden größere Ansammlungen der markierten Fasern als Bereiche einer erhöhten Photonenemission erfaßt.

Mit der zirkularen Bewegung des Kamerakopfes um das Meßobjekt werden 64 planare Aufnahmen bei einem Rotationswinkel von 360° erstellt. Bei der vorgegebenen Matrixgröße von 64×64 wird hierbei ein Volumen abgetastet, das in maximal 64 Schnitte der Dicke 6,25 mm aufgeteilt werden kann. Aus diesen Transversalschnitten ist die Berechnung beliebiger Schnittführungen möglich (Haerten und Hernandez 1984). Die Anzahl der Counts („Ereignisse“ aufgrund des radioaktiven Zerfalls) pro Transversalschnitt wurde als Funktion der Blocklänge (Schußkanal, Eindringtiefe) als eine Häufigkeitsverteilung dargestellt (Abb.3, obere Bildhälfte). Um eine vergleichende Interpretation der verschiedenen Versuche untereinander zu ermöglichen, wurde die relative Häufigkeit bezogen auf das jeweilige Maximum berechnet. Eine direkte Auftragung der absoluten Häufigkeiten erschien wenig zweckmäßig, da die einzelnen Zeiträume zwischen der Entnahme des Technetium-99m aus dem Radionuklidgenerator, der Markierung der Textilvorlagen und der Auswertung der Blöcke aus organisatorischen Gründen nicht konstant zu halten waren.

Ergebnisse

Vorversuch

Zu Beginn wurde mit beiden Waffen auf weiße Papierbögen geschossen, um den Mindestabstand zwischen Waffe und Ziel zu bestimmen, der nötig sein würde, um die Textilvorlage nicht in den unmittelbaren Bereich des Mündungsgasdrucks zu bringen. Bei einer Entfernung von etwa 30 cm waren noch geringfügig Auflagen von Pulverschmauch und bei einem Abstand von 70 cm hin und wieder eingesprengte Pulverteilchen zu sehen. Daraufhin wurde die Mündungsentfernung auf einheitlich 1 m festgelegt.

Nun war zu klären, wie hoch der Betrag an Markersubstanz einzuschätzen ist, der nicht durch die mitgeschleppten Textilfasern, sondern durch das Geschöß selbst in den Gelatineblock gelangt. Zuerst wurde auf die Stirnfläche eines in dünne Kunststoffolie eingehüllten Blocks eine Aktivität von 300 Megabecquerel der Markersubstanz Technetium-99m direkt aufgetragen. Der Schuß mit einer Patrone .22 High Velocity auf den nackten Block ergab bei der Auswertung einen schmalbasigen, steilen Peak in 1–2 cm Tiefe (Abb. 4), der sich auch bei allen anderen Kurven zeigen sollte. Danach wurde auf einen zweiten Block ohne Textilvorlage mit einem Teilmantel-Hohlspitzgeschöß, Kaliber .357 Magnum, geschossen. Die Markersubstanz befand sich zwischen 2 Lagen Kunststoffolie in 10 cm Entfernung von der Stirnseite des Blocks. Bei der Aus-

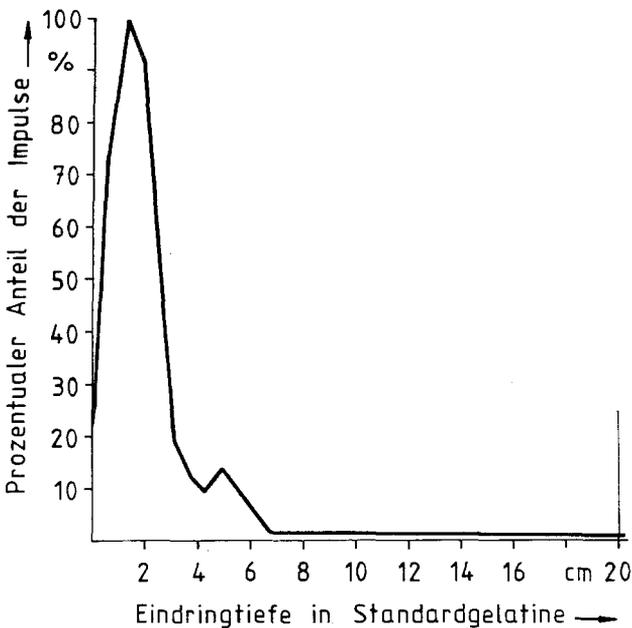


Abb. 4. Leerwert (ohne Textilvorlage) .22 long rifle, High Velocity, Blei-Rundkopfgeschöß; Auftreffgeschwindigkeit V_a : 333 m/s; Auftreffenergie E_a : 144 Joule. Markierung des Blocks mit 300 Megabecquerel Technetium-99m an der Stirnfläche

wertung mußte nach der Region-of-Interest-Technik die Umgebungsstrahlung des Meßraums ausgeblendet werden, um überhaupt verwertbare Ergebnisse zu erhalten. Der Maximalwert der ausgetretenen Radioaktivität betrug lediglich das Zehnfache der Umgebungsstrahlung. Damit ist auch bei Geschossen mit hoher Auftreffenergie der Betrag an Radioaktivität, der durch das Geschöß selbst in den Schußkanal gelangt, ab 5 cm Tiefe zu vernachlässigen.

Beschuß von Sommerbekleidung

Mit der Pistole, Kaliber .22 long rifle, wurde das in Abb. 5 dargestellte Ergebnis erzielt.

Beim Beschuß mit Rundkopfmunition findet sich eine hohe Radioaktivität im Anfangsbereich des Schußkanals (initialer Peak). Er rührt von Technetium-Partikeln her, die das Projektil dort abgestreift hat. Weitere Peaks, die für eingeschleppte Bekleidungsfasern sprechen, finden sich bei der Standardpatrone in 4, 15 und 18 cm Tiefe. Das High Velocity-Rundkopfgeschöß hingegen schleppte textile Fasern über den gesamten Schußkanal mit. Obwohl das Geschöß sich lediglich durch eine etwas höhere Geschößgeschwindigkeit von der Normalpatrone unterscheidet, zeigt sich hier ein ganz anderes Verteilungs-

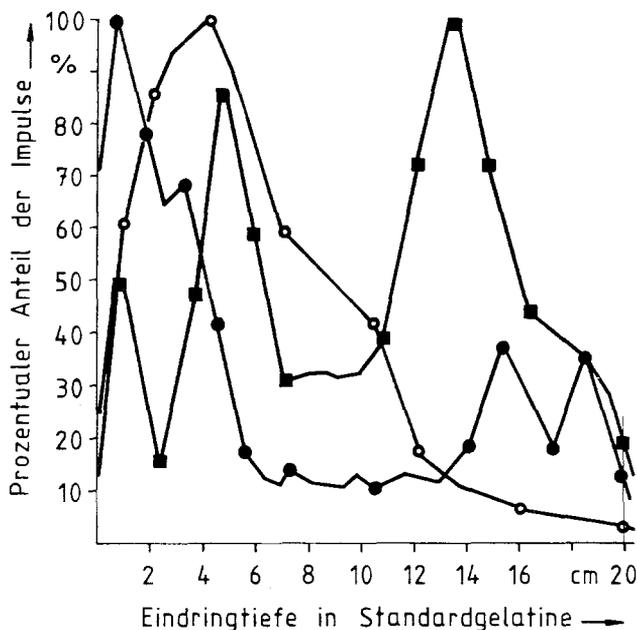


Abb. 5. Sommerbekleidung, Flächenmasse 508 g/m². ● .22 long rifle, Standard Velocity, Rundkopfgeschöß. V_a : 317 m/s; E_a : 130 Joule. Bekleidungsfasern in 4 cm, 15 cm und 18 cm Tiefe; kaum Radioaktivität im Ausschußbereich; ■ .22 long rifle, High Velocity, Rundkopfgeschöß. V_a : 333 m/s; E_a : 144 Joule. Textilfasern bis zum Ausschuß nachweisbar, größere Ansammlungen in 5–8 und 10–18 cm Tiefe; ○ .22 long rifle, High Velocity, Hohlsplitzgeschöß, V_a : 365 m/s; E_a : 155 Joule. Kontinuierliche Abgabe von Fasern bis in 14–15 cm Tiefe, keine Fasern im Ausschußbereich

muster. Das Gros der Fasern liegt in tieferen Abschnitten des Schußkanals, während sich im vorderen Drittel lediglich eine kleinere Ansammlung befindet. Ein völlig anderes Bild liefert dagegen das Hohlspitzgeschöß. Eine nach 4 cm Tiefe erreichte hohe Radioaktivität nimmt bis zum Ende des Schußkanals kontinuierlich ab. Als Ursache kommt die Geschößkonstruktion und damit ein anderes zielballistisches Verhalten in Betracht: Während Rundkopfgeschosse sich beim Eintritt in das Zielmedium kaum verformen, pilzt das Hohlspitzgeschöß, seinem Zweck als Deformationsgeschöß entsprechend, schon im Anfangsbereich des Schußkanals auf mehr als das 1,5fache des Kaliberdurchmessers auf (Böhm et al. 1977; Sellier 1982). Dadurch werden die Bekleidungsfasern offensichtlich kontinuierlich bis in eine Tiefe von 14–15 cm abgegeben.

Mit dem Revolver, Kaliber .357 Magnum, wurde das in Abb.6 dargestellte Ergebnis erzielt.

Bei der Verwendung des Vollmantel-Kegelspitzgeschosses finden sich, trotz der Geschößform, zahlreiche Bekleidungsfasern im gesamten Schußkanal. Der überwiegende Anteil befindet sich in dem Abschnitt bis 12 cm, jedoch auch im

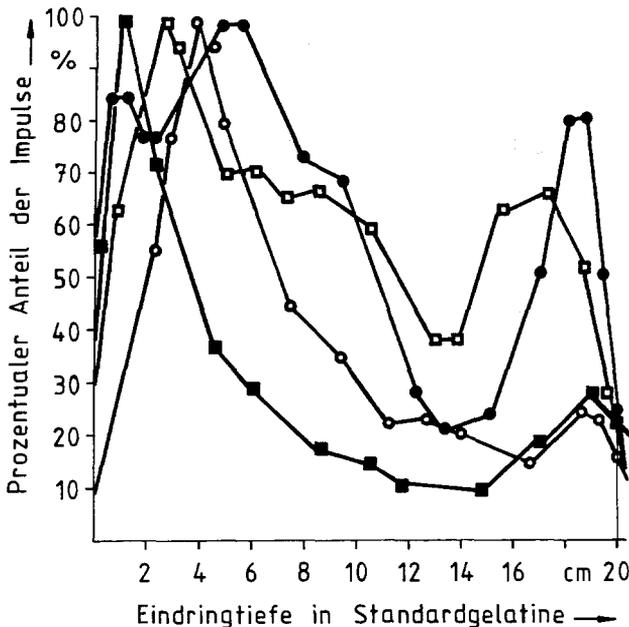


Abb. 6. Sommerbekleidung, Flächenmasse 508 g/m². ● .357 Magnum, Vollmantel-Spitzgeschöß. V_a : 366 m/s; E_a : 682 Joule. Bekleidungsfasern im gesamten Schußkanal bis zum Ausschubbereich, größere Ansammlungen in 4–12 und 16–19 cm Tiefe; ■ .357 Magnum, Bleigeschöß mit Kupferkappe. V_a : 379 m/s; E_a : 734 Joule. Fasern bis im Ausschubbereich mit kleineren Ansammlungen in den vorderen und hinteren Abschnitten des Schußkanals; □ .357 Magnum, Vollmantel-Kegelstumpfgeschöß. V_a : 384 m/s; E_a : 753 Joule. Textilfasern bis zum Ausschubereich, größere Ansammlungen in 3–12 und 15–19 cm Tiefe; ○ .357 Magnum, Teilmantel-Hohlspitzgeschöß. V_a : 396 m/s; E_a : 800 Joule. Kontinuierliche Abgabe von Fasern im Schußkanal bis zum Ausschubereich; Zerlegung der Geschößspitze, jedoch keine Bekleidungsfasern an den Splittern

Bereich vor dem Ausschub wurde eine größere Ansammlung von Partikeln registriert. Auch das Bleigeschoß mit Kupferkappe hat die Fasern bis in den Ausschubereich mitgeschleppt; kleinere Kumulationen finden sich jedoch nur in den vorderen und hinteren Abschnitten des Schußkanals. Ursache hierfür könnte die abgerundete Form des Geschosses sein, das im Zielmedium einen höheren Widerstand als das Spitzgeschöß erfährt und somit schneller an Geschwindigkeit verliert. Dieser Verlust dürfte teilweise erheblich sein, da die Projektile sich nach dem Durchdringen einer sogenannten „kritischen Schichtdicke“ querzustellen pflegen und der Widerstand dadurch bedeutend erhöht wird (Sellier 1982). Durch das Vollmantel-Kegelstumpfgeschöß wird ebenfalls eine erhebliche Anzahl von Bekleidungsfasern bis zum Ausschub mitgeschleppt. Derartige Projektile werden hauptsächlich zum Sportschießen verwendet, da sie recht scharf auf die Kalibergröße begrenzte Schußlöcher in die Zielscheibe stanzen. Das Teilmantel-Hohlspitgeschöß hatte sich in etwa 4 cm Tiefe im Bereich des Geschößkopfes zerlegt, wie Bleipartikel im Gelatineblock zeigten, und danach kontinuierlich Bekleidungsfasern im gesamten Schußkanal abgegeben. Eine kleinere Kumulation findet sich im Bereich kurz vor dem Ausschub. Obwohl dieses Geschöß die höchste Mündungsenergie aufwies und – bedingt durch den Zerlegungsvorgang im Bereich der Geschößspitze – eine

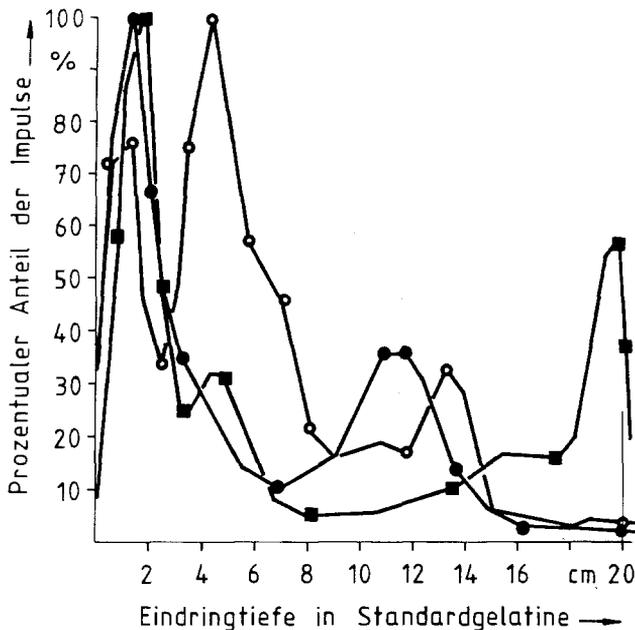


Abb. 7. Übergangsbekleidung (Frühjahr, Herbst); Flächenmasse 715 g/m^2 . ● .22 long rifle, Standard Velocity, Rundkopfgeschöß. V_a : 317 m/s; E_a : 130 Joule. Bekleidungsfasern bis in etwa 15 cm Tiefe, größere Ansammlungen in 10–14 cm, Ausschubbereich ohne Radioaktivität (faserfrei); ■ .22 long rifle, High Velocity, Rundkopfgeschöß. V_a : 333 m/s; E_a : 144 Joule. Textilfasern im gesamten Schußkanal mit Anhäufungen im vorderen und hinteren Drittel; ○ .22 long rifle, High Velocity, Hohlspitgeschöß. V_a : 365 m/s; E_a : 155 Joule. Bekleidungsfasern bis in 15 cm Tiefe, hauptsächlich in der 1. Hälfte des Blocks und deutlich geringer bei 13 cm

raue und gezackte Oberfläche erhalten hatte, brachte es weit weniger Fasern in die tiefen Bereiche des Schußkanals ein als die anderen Projektile. Die Ursache hierfür ist darin zu sehen, daß ein Hohlspitzgeschloß mit dieser Auftreffgeschwindigkeit nicht mehr nur als Deformationsgeschloß, sondern schon als Zerlegungsgeschloß wirksam werden kann (Sellier 1982).

Beschuß von Übergangsbekleidung

Mit der Pistole, Kaliber .22 long rifle, wurden die in Abb.7 dargestellten Ergebnisse erzielt.

Bis in eine Eindringtiefe von etwa 3 cm unterscheiden sich die graphischen Darstellungen kaum voneinander. Offenbar haben die Geschosse dort hauptsächlich Technetium-Partikel abgestreift. Das Rundkopfgeschloß der Standardpatrone schleppte Bekleidungsfasern bis in etwa 15 cm Tiefe mit; eine größere Ansammlung findet sich bei etwa 12 cm, während der Ausschloß offenbar von Fasern frei war. Das Rundkopfgeschloß der High-Velocity-Patrone, die eine etwas größere Leistung aufweist, verteilte die Textilfasern im gesamten Schußkanal, wobei sich Häufungen vor allem im vorderen und hinteren Drittel finden. Durch das Hohlspitzgeschloß wurden Fasern lediglich bis in etwa 15 cm Tiefe eingeschleppt, das Gros befindet sich in der ersten Hälfte des Blocks, ein kleiner Peak ist bei etwa 13 cm zu sehen. Dieses Geschloß hatte beim Durchdringen der Textilvorlage und des Blocks durch die hohe Energieabgabe (Sellier 1982) eine sehr hohe Verzögerung erfahren. Als mattes Geschloß verließ es mit letzter Kraft den Block, erreichte aber den Kugelfang nicht mehr. Daraus läßt sich ersehen, welchen Widerstand feste Kleidung einem Projektil zu bieten vermag.

Mit dem Revolver, Kaliber .357 Magnum, wurden die in Abb.8 dargestellten Ergebnisse erzielt.

Die graphischen Darstellungen sind bis in eine Tiefe von 2 cm weitgehend identisch, entsprechend dem initialen Peak des Vorversuches. Das Vollmantel-Spitzgeschloß hat lediglich bis zu etwa 8 cm Bekleidungsfasern eingeschleppt, bei etwa 5 cm befindet sich eine kleinere Ansammlung. Durch das Bleigeschloß mit Kupferkappe wurden Fasern bis in den Bereich des Ausschusses mitgeschleppt, Kumulationen finden sich bei etwa 11 cm und unmittelbar im Bereich der Ausschloßöffnung. Von dem Vollmantel-Kegelstumpfgeschloß wurden Bekleidungsfasern ebenfalls bis zum Ausschloß in den Schußkanal eingebracht. Das Gros findet sich in der vorderen Hälfte, eine geringere Anzahl im Bereich unmittelbar vor der Ausschloßöffnung. Durch das Teilmantel-Hohlspitzgeschloß wurden Textilfasern nur bis in etwa 16 cm Tiefe eingeschleppt, wobei sich der Hauptanteil im ersten Drittel des Schußkanals und nur sehr wenige Fasern im zweiten Drittel befinden. Insgesamt stellt sich heraus, daß im Bereich der Ausschloßöffnung nur dann wesentliche Textilanteile zu finden sind, wenn ein schwer verformbares Geschloß verwendet wird.

Beschuß von Winterbekleidung

Mit der Pistole, Kaliber .22 long rifle, wurden die in Abb.9 dargestellten Ergebnisse erzielt.

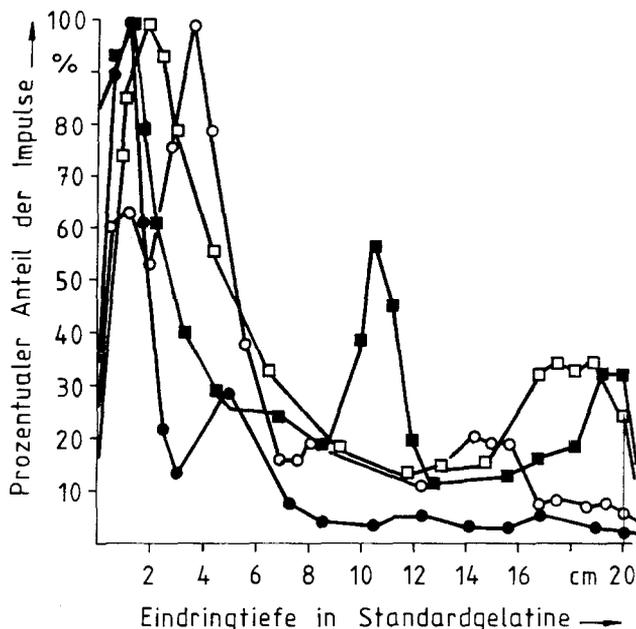


Abb. 8. Übergangsbekleidung (Frühjahr, Herbst); Flächenmasse 715 g/m^2 . ● .357 Magnum, Vollmantel-Spitzgeschoss. V_a : 366 m/s; E_a : 682 Joule. Bekleidungsfasern bis in etwa 8 cm Tiefe, danach nur geringe Radioaktivität (Querschnitte offenbar außerhalb der Aktivitätsmaxima); ■ .357 Magnum, Bleigeschoß mit Kupferkappe. V_a : 379 m/s; E_a : 734 Joule. Fasern bis im Ausschubbereich, Aktivitätsspitzen bei 10–12 cm und 18–20 cm Tiefe; □ .357 Magnum, Vollmantel-Kegelstumpfgeschoss. V_a : 384 m/s; E_a : 753 Joule. Bekleidungsfasern bis im Ausschubbereich, überwiegend in der vorderen Hälfte, weitere Ansammlungen in 15–19 cm Tiefe; ○ .357 Magnum, Teilmantel-Hohlspitzgeschoss. V_a : 396 m/s; E_a : 800 Joule. Textilfasern bis in etwa 17 cm Tiefe, maximale Aktivität im 1. Drittel des Schußkanals, weitere Aktivität in 14–16 cm Tiefe; Zerlegung der Geschößspitze ohne Nachweis von Faseraktivität an den Geschößsplintern

Das Geschöß der Standardpatrone brachte Fasern bis in etwa 16 cm Tiefe ein, eine größere Ansammlung befindet sich bei etwa 12 cm. Das Projektil der High-Velocity-Patrone schleifte bei gleichem Geschößaufbau Bekleidungsfasern bis in etwa 18 cm Tiefe. Ein gehäuftes Vorkommen von Textilfasern findet sich im Bereich zwischen 11 und 15 cm. Das Deformationsgeschöß der High-Velocity-Patrone zeigt, bedingt durch sein abweichendes zielballistisches Verhalten (Sellier 1982), auch in diesem Fall die besonderen Charakteristika der Faserverteilung, wie sie sich schon bei Verwendung dünnerer Textilvorlagen angedeutet hatten: Eine weitgehend kontinuierliche Abgabe von Bekleidungsfasern im Bereich der ersten Hälfte des Schußkanals, nachdem die Verformung im Bereich der Geschößspitze abgeschlossen ist. Diesem Geschöß hat die Textilvorlage einen erheblichen Widerstand geboten. Trotz der hohen Auftreffenergie büßte es soviel Energie ein, daß es nach 19 cm im Gelatineblock steckenblieb. 5 cm hinter dem steckengebliebenen Geschöß läßt sich eine nennenswerte Radioaktivität als Zeichen eingeschleppter Stoffpartikel nicht mehr nachweisen.

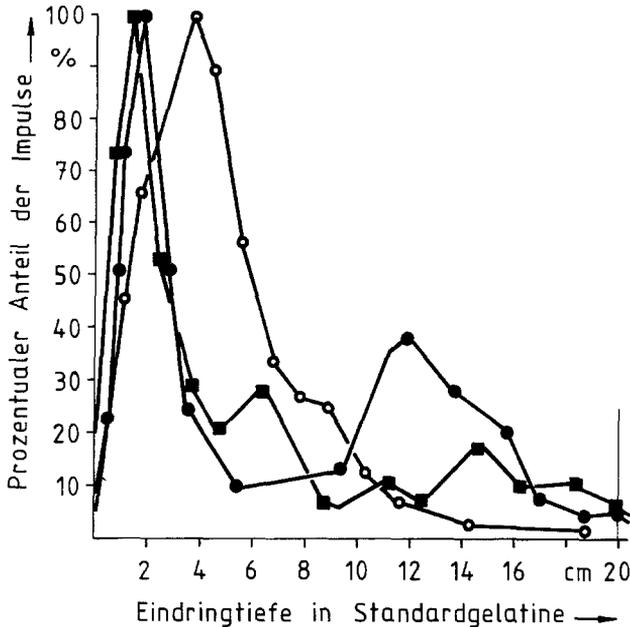


Abb.9. Winterbekleidung; Flächenmasse 1445 g/m^2 . ● .22 long rifle, Standard Velocity, Rundkopfgeschöß. V_a : 317 m/s; E_a : 130 Joule. Textilfasern bis in 16 cm Tiefe, größere Ansammlungen in 10–15 cm Tiefe; ■ .22 long rifle, High Velocity, Rundkopfgeschöß. V_a : 333 m/s; E_a : 144 Joule. Fasern bis in ca. 18 cm Tiefe mit einer Häufung bei 4–8 und 13–16 cm; ○ .22 long rifle, High Velocity, Hohlspitzengeschoss. V_a : 365 m/s; E_a : 155 Joule. Kontinuierliche Abgabe von Fasern bis in etwa 12 cm Tiefe. Das Projektil blieb in 19 cm Tiefe stecken. Keine Radioaktivität an oder vor dem Geschöß

Mit dem Revolver, Kaliber .357 Magnum, wurden die in Abb. 10 dargestellten Ergebnisse erzielt.

Bei Verwendung des Vollmantel-Spitzengeschosses findet man das Gros der eingeschleppten Fasern im ersten Drittel des Schußkanals, weiterhin liegt eine kleinere Ansammlung im Bereich des Ausschusses. Der Bereich zwischen 14 und 16 cm ist faserfrei. Das Bleigeschöß mit Kupferkappe zeigt eine ähnliche Verteilung wie das Vollmantel-Kegelstumpfgeschöß. Beide Projektilen verteilen Fasern im gesamten Schußkanal, wobei sich die größte Kumulation im Bereich des ersten Drittels des Blocks befindet. Eine kleinere Anhäufung findet sich kurz vor dem Ausschuß. Das Teilmantel-Hohlspitzengeschoss zeigt auch in diesem Fall die charakteristische kontinuierliche Faserverteilung: fast alle Fasern werden in der ersten Hälfte des Blocks abgegeben, im Bereich vor dem Ausschuß finden sich nur noch geringfügige Reste. Beim Durchtritt durch das Zielmedium zersplitterte das Projektil im Bereich der Geschößspitze, dabei verblieben mehr als 15% der ursprünglichen Geschößmasse im Block. Bei der Nachschau konnten an den scharfkantigen Metallsplintern keinerlei Textilfasern festgestellt werden.

Diskussion

Die Versuche zeigten, daß Bekleidungspartikel offensichtlich in Abhängigkeit von der Art der Bekleidung und vom Bau der Geschöße im Schußkanal verteilt

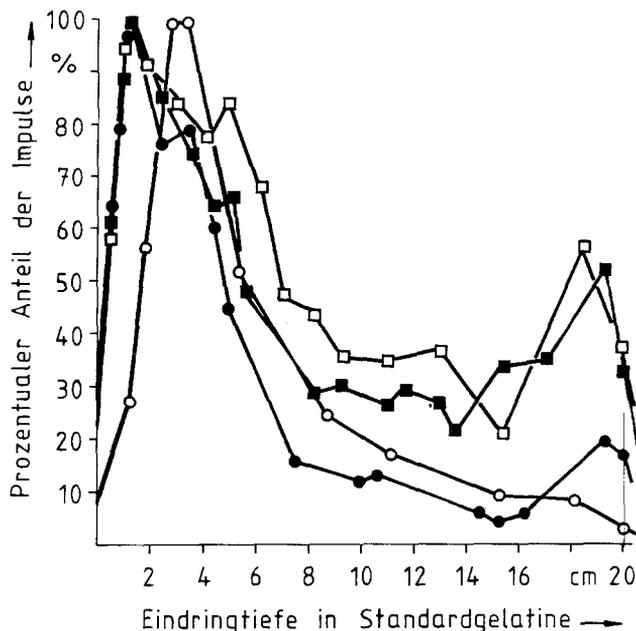


Abb. 10. Winterbekleidung; Flächenmasse 1445 g/m². ● .357 Magnum, Vollmantel-Spitzgeschöß. V_a : 366 m/s; E_a : 682 Joule. Textilfasern bis im Ausschubbereich, Hauptaktivität im 1. Drittel des Schußkanals, weitere Aktivität in 17–20 cm Tiefe; ■ .357 Magnum, Bleigeschöß mit Kupferkappe. V_a : 379 m/s; E_a : 734 Joule. Fasern im gesamten Schußkanal, Kumulationen in 3–8 cm und 15–20 cm Tiefe; □ .357 Magnum, Vollmantel-Kegelspitzgeschöß. V_a : 384 m/s; E_a : 753 Joule. Fasern im gesamten Schußkanal, größere Anhäufungen in 2–10 und 16–20 cm Tiefe; ○ .357 Magnum, Teilmantel-Hohlspitzgeschöß. V_a : 396 m/s; E_a : 800 Joule. Kontinuierliche Abgabe von Bekleidungsfasern, die jedoch später einsetzt und lediglich bis 18 cm Tiefe reicht; Zerlegung der Geschößspitze ohne Nachweis von Radioaktivität an den Geschößsplittern

werden. Es wurde festgestellt, daß erhebliche Anteile textiler Fasern hauptsächlich dann in mittlere und tiefere Abschnitte des Schußkanals eingeschleppt werden, wenn 1. das Geschöß eine möglichst große Geschwindigkeit aufweist, 2. die Textilvorlage dem Projektil nur einen geringfügigen Widerstand entgegengesetzt und 3. das Geschöß wenig Deformations- oder Zerlegungsneigung besitzt.

Die beschossenen Gelatineblöcke wurden zur Prüfung auf Fasereinschleppung nicht nur mit dem Photonen-Emissions-Computertomographen geschichtet, sondern nach einer Abklingzeit von 4–5 Tagen auch noch in Längsrichtung gefenstert und mit der Lupe durchgemustert. Dabei bestätigte sich, daß an den Stellen, an denen eine erhöhte Radioaktivität – entsprechend den Peaks in den Graphiken – gemessen wurde, nicht selten etwa stecknadelkopfgroße Stoffteilchen zu sehen waren.

Entscheidend ist nicht allein die Auftreffgeschwindigkeit, mit der das Projektil die Textilvorlage erreicht. Von weit größerer Bedeutung ist die verbliebene Geschwindigkeit, die es noch besitzt, nachdem die Textilvorlage durchschlagen wurde. Diese Restgeschwindigkeit ist also der für das Einschleppen

von Bekleidungsfasern in tiefere Abschnitte wichtigste Faktor. Während der Versuche zeigte sich eine umgekehrte Proportionalität zwischen der Flächenmasse der Textilverlage und der Größe der Faseransammlungen in den mittleren und tieferen Abschnitten des Schußkanals. Auch hier ist auf die entscheidende Rolle der Geschößrestgeschwindigkeit hinzuweisen. Die Resultate widerlegen die Behauptung von Mueller (1953), daß bei dicker Kleidung Textilfasern in einer größeren Tiefe zu finden sind. Bedingt durch ihren Geschößaufbau erfahren Blei-Rundkopfgeschosse, Bleigeschosse mit Kupferkappe und Vollmantelgeschosse bei den in den Versuchen erreichten Auftreffgeschwindigkeiten in Gelatine noch keine wesentliche Verformung. Daher ist ihre Geschwindigkeit im Zielmedium höher anzusetzen. Bekleidungsfasern werden dementsprechend über den gesamten Schußkanal verteilt und sind noch am Ausschuß zu finden. Zerlegungsgeschosse hingegen, wie die im Versuch angewendeten Teilmantel-Hohlspitzen (Sellier 1982), verlieren beim Durchtritt durch den Gelatineblock zu viel an Geschwindigkeit, um Textilfasern bis zum Ausschuß mitzuschleppen. Die Ursache hierfür ist in der verringerten Querschnittsbelastung zu sehen. Dicke Kleidung, bzw. viele Kleidungsschichten, verstärkt diesen Effekt.

Es bleibt die Frage, ob sich Verteilungsmuster von Textilfasern, wie sie hier an einem Modell erarbeitet wurden, auf reale Verhältnisse übertragen lassen. Zur Klärung wären weitere Versuchsreihen sinnvoll, bei denen tierisches Gewebe oder menschliche Amputationspräparate als Zielmedium verwendet werden. Sollte sich eine ähnliche Faserverteilung ergeben, könnten die Ergebnisse im Bereich der forensischen Medizin eventuell zur Differenzierung von Ausschuß und Einschuß in unklaren Fällen behilflich sein.

Literatur

- Albrecht M, Sécapanović D, Ceramilać A, Miliojević W, Berger S, Tasić G, Tatić V, Popović D, Nanusević N (1979) Experimental soft tissue wounds by standard military rifles. *Acta Chir Scand [Suppl]* 489: 185–198
- Arbab-Zadeh A, Prokop O, Reimann W (1977) *Rechtsmedizin für Ärzte, Studierende und Kriminalisten*. Fischer, Stuttgart New York
- Bock G, Weigel W (1962) *Handbuch der Faustfeuerwaffen*. Neumann-Neudamm, Melsungen
- Böhm W, Knappworst J, Sellier K, Walter R (1977) Die Wirkung von Geschossen verschiedener Bauart auf den menschlichen Körper. *Arch Kriminol* 160: 163–175
- Boger J (1984) Von Terroristen und ihren Waffen. *Deutsches Waffen Journal* 19: 1140–1142
- Dahlgren B, Almskog B, Berlin R, Nordström G, Rybeck B, Schantz B, Seemann T (1982) Local effects of antibacterial therapy (benzyl-penicillin) on missile wound infection rate and tissue devitalization when debridement is delayed for twelve hours. *Acta Chir Scand [Suppl]* 508: 271–279
- Ehrenmann R (1939) Über die Mitschleppung von Kleiderstoffteilchen bis in die Harnblase bei einem Flobert-Rundkugelsteckschuß der Bauchhöhle. *Arch Kriminol* 105: 129–132
- Eiseman B (1979) Surgical management of civilian gunshot wounds. *Acta Chir Scand [Suppl]* 489: 199–204
- Fischer H (1981) Review: Schußwaffen und ihre Wirkungen. *Zentralbl Ges Rechtsmed* 22: 1–12
- Forster B, Ropohl D (1983) *Medizinische Kriminalistik am Tatort*. Enke, Stuttgart
- Haerten RL, Hernandez T (1984) Einzelphotonen-Emissionscomputertomographie (SPECT). *Grundlagen, Technik und klinische Anwendung*. *Electromedica* 52: 66–80

- Hofmann ER von (1927) Lehrbuch der gerichtlichen Medizin mit gleichmäßiger Berücksichtigung der deutschen und österreichischen Gesetzgebung (11. Auflage). Urban & Schwarzenberg, Berlin Wien
- Jinks RG (1979) Smith & Wesson. Ein Unternehmen mit Geschichte. Stocker-Schmidt, Dietikon Zürich
- Liman C (1889) Johann Ludwig Caspers Handbuch der Gerichtlichen Medizin, Bd 2 (8. Auflage). Hirschwald, Berlin
- Luff K (1968) Untersuchungen zur Frage des Druckdifferenzenausgleichs im Schußkanal. Beitr gerichtl Med 57:108–113
- Mason JK (1978) The pathology of violent injury. Arnold, London
- Mueller B (1953) Gerichtliche Medizin (1. Auflage). Springer, Berlin Göttingen Heidelberg
- Neureiter F von, Pietrusky F, Schütt E (1940) Handwörterbuch der gerichtlichen Medizin und naturwissenschaftlichen Kriminalistik. Springer, Berlin
- Schmidtman A (1907) Handbuch der Gerichtlichen Medizin, Bd 2 (9. Auflage des Casper-Liman'schen Handbuches). Hirschwald, Berlin
- Sellier K (1982) Schußwaffen und Schußwirkungen. I. Ballistik, Medizin und Kriminalistik (2. Auflage). Schmidt-Röhmhild, Lübeck
- Strassmann F (1911) Medizin und Strafrecht. Langenscheidt, Berlin
- Strassmann G (1919) Versuche zur Unterscheidung von Ein- und Ausschuß. Arch Kriminol 71:308–319
- Tian HM, Huang MJ, Liu YQ, Wang ZG (1982) Primary bacterial contamination of wound track. Acta Chir Scand [Suppl] 508:265–269
- Tikka S (1982) The contamination of missile wounds with special reference to early antimicrobial therapy. Acta Chir Scand [Suppl] 508:281–287

Eingegangen am 17. Februar 1986