

Aus dem Institut für Rechtsmedizin
Der Universität München
Vorstand: Prof. Dr. med. Eisenmenger

Wundballistische Untersuchungen über die Wirkung und Wirksamkeit von Geschossen
nach Durchdringen einer PKW – Seitenscheibe aus Verbundglas unter verschiedenen
Schusswinkeln

Dissertation
zum Erwerb des Doktorgrades der Medizin
an der Medizinischen Fakultät der
Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von
Sebastian Niko Kunz

aus
Gräfelfing

Jahr
2007

Mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität München

Berichterstatter: Prof. Dr. med M. Graw

Mitberichterstatter: Prof. Dr. A. Nerlich

Mitbetreuung durch den
promovierten Mitarbeiter: Dr. med. O. Peschel

Dekan: Prof. Dr. med. D. Reinhardt

Tag der mündlichen Prüfung: 20.12.2007

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungen	S. 1
1. Einleitung	S. 2
2. Problemstellung	S. 5
3. Allgemeines	S. 6
3.1. Munition und Geschosse	S. 6
3.2. Ballistik	S. 9
3.3. Mannstoppwirkung	S. 15
3.4. Glas	S. 23
3.5. Glas als Intermediärmedium	S. 23
3.6. Polyurethan	S. 24
3.7. Simulantien	S. 24
3.7.1. Gelatine	S. 25
3.7.2. Seife	S. 26
3.8. k – analyzer	S. 26
4. Versuche mit Tierkadavern	S. 27
5. Material und Methoden	S. 29
5.1. Waffen	S. 29
5.2. Munition	S. 30
5.3. Glas	S. 36
5.4. Gelatine	S. 37
5.5. Seife	S. 38
5.6. Polyurethan	S. 39
5.7. Organische Materialien	S. 40
5.8. Textilien	S. 40
5.9. Allgemeine Versuchsaufbauten	S. 41
5.10. Vorversuch	S. 42
5.11. Versuch I	S. 43
5.12. Versuch II	S. 44
5.13. Versuch III	S. 46
6. Ergebnisse	S. 48
6.1. Ergebnisse Vorversuch	S. 48
6.2. Ergebnisse Versuch I	S. 55
6.3. Ergebnisse Versuch II	S. 58
6.4. Ergebnisse Versuch III	S. 76
7. Diskussion	S. 86
7.1. Einfluss des Schusswinkels auf die Wirksamkeit der Geschosse	S. 86
7.2. Verhalten der Deformationsmunition	S. 87
7.2.1. Einfluss des Masseverlustes der Geschosse auf ihre Wirksamkeit	S. 88
7.2.2. Einfluss der Geschossgeschwindigkeit auf die Wirksamkeit der Geschosse	S. 89

7.2.3.	Analyse der Energieabgabe der Geschosse im Zwischen- und Zielmedium	S. 90
7.2.4.	Einfluss des Geschossmaterials und der Geschosskonstruktion auf die Wirksamkeit der Geschosse	S. 91
7.2.5.	Wirkung der Geschosse bei Beschuss der Kunstschädel	S. 92
7.2.6.	Ablenkung der Geschosse bei Penetration des Intermediärmediums	S. 93
7.2.7.	Morphologie des Einschusses nach Durchdringen eines Intermediärmediums	S. 95
7.3.	Verhalten der Nicht – Deformationsmunition	S. 96
7.3.1.	Einfluss der Geschossmasse und des Geschossmaterials auf die Wirksamkeit der Geschosse	S. 95
7.3.2.	Analyse der Energieabgabe der Geschosse im Zwischen- und Zielmedium	S. 98
7.3.3.	Ablenkung der Geschosse bei Penetration des Intermediärmediums	S. 98
7.4.	Vergleich Deformationsmunition und Nicht – Deformationsmunition	S. 99
7.4.1.	Geschosswirkung in organische Zielmedien	S. 99
7.4.2.	Wirksamkeit der Geschosse	S. 101
8.	Zusammenfassung	S.103
9.	Literaturverzeichnis	S.105
	Lebenslauf	S.113
	Danksagung	S.112
	Erklärung an Eides statt	S.114

Abkürzungen

A	Fläche
A1	Action 1
A4	Action 4
A5	Action 5
ACP	Automatic Colt Pistol
BLKA	Bayerisches Landeskriminalamt
DM	Deutsches in der Bundeswehr eingeführtes Modell
E_{kin}	Kinetische Energie
GS	Golden Saber
GSb	Golden Saber bonded
HP	Hollow Point
IRMM	Institute for Reference Materials and Measurements
k	Kaliber
m	Masse
MEN	Metallwerk Elisenhütte GmbH Nassau
MsVG	Messing Vollgeschoss
p	Impuls
P.E.P.	Polizei – Einsatz – Patrone
PT	Plastik Trainingspatrone
PTP	Polizei – Trainings – Patrone
PTP/s	Sonderform der Polizei – Trainings – Patrone
RSP	Relative Stopping Power
S	Querschnittsbelastung
s	Materialkoeffizient von Hatcher
SeCa	Security Cartridge, Safe Environment Controlled Action
SEK	Spezialeinsatzkommando der Polizei
ST	Silver Tip
SX2	Sintox Version 2 = verzinnertes Vollmantelgeschoss
v	Geschwindigkeit
v_0	Anfangsgeschwindigkeit
VM	Vollmantelgeschoss
VMR	Vollmantel Rundkopfgeschoss

1. Einleitung

In ihrer Wirkung kann jede Schusswaffe nur im Zusammenhang mit der jeweils verwendeten Munition betrachtet werden. Der Begriff Wirkung beschreibt hier die effektiven Reaktionen, welche eine spezielle Waffen – Munitionskombination im Zielmedium hervorruft [66, S.288]. Sie tritt nach Schussabgabe im Ziel auf, ist an ein einzelnes Ereignis gebunden und somit von den momentanen Begleitumständen beeinflussbar [35].

Die Entwicklungen von Munition und Handfeuerwaffen sind untrennbar miteinander verbunden und vom Fortschritt der Technik abhängig. So zog die Erfindung des rauchlosen Pulvers im 19. Jahrhundert eine zum Teil rasante Entwicklung auf dem Waffen – und Munitionssektor nach sich. Die dadurch erzielbare, merkliche Leistungssteigerung führte auf dem Munitionssektor für kleinkalibrige Handfeuerwaffen zu einer weltweiten Umrüstung, weg von der Verwendung reiner Bleigeschosse hin zu Geschossen mit stabilen Geschossmänteln. Es kam so zur Etablierung der modernen Standard – Militärpatrone mit metallener Patronenhülse [44, S.12].

Die Ausstattung von Geschossen für kleinkalibrige Handfeuerwaffen mit einem Mantel hat eine Vielfalt neuer Geschosskonstruktionen mit einer breiten Wirksamkeitspalette ermöglicht. Im militärischen Bereich etablierten sich überwiegend Vollmantelgeschosse mit inertem Kern oder zielwirksamen Sätzen aller Art bis hin zur Explosionswirkung. Dagegen fanden im zivilen Bereich neben den Vollmantelgeschossen immer mehr Teilmantelgeschosse mit Deformations – oder Splitterwirkung ihre Anwendung. Insbesondere für die Jagd waren diese Geschosse von Interesse, wobei in einigen Fällen auch Messing –, Tombak – oder Kupfer – Vollgeschosse diesen Einsatzbereich abzudecken vermochten. Lediglich auf dem Gebiet des sportlichen Schiessens, bei dem die zielballistische Wirkung unbedeutend ist, haben sich nach wie vor Blei – Vollgeschosse gehalten.

Die Waffen – und Munitionsbestände der Polizei waren zumindest in Europa noch bis in die 60er Jahre des letzten Jahrhunderts stark von den militärisch verfügbaren Beständen an Handfeuerwaffen abhängig. Erst mit Beginn der 70er Jahre setzten vermehrt Entwicklungen ein, die eine bessere Anpassung an die

Erfordernisse der polizeilichen Einsatzpraxis zum Ziel hatten. So wurde auf dem Munitionssektor für Polizeipistolen die militärische Vollmantelmunition gegen spezielle Polizeimunition ersetzt, die ein zielangepasstes Deformationsverhalten aufweist. Nach den bisherigen Erfahrungen sind diese Geschosse für viele Einsatzsituationen wesentlich besser geeignet als die Vollmantelmunition [18], da sie eine größere Energieabgaberate und damit gegebenenfalls verbesserte Wirksamkeit bei geringerer Hintergrundgefährdung ohne gravierend höheres Verletzungspotential aufweisen.

Die bereits erwähnte Leistungssteigerung bei Handfeuerwaffen militärischer und ziviler Provenienz geht einher mit der Tendenz, Waffen – Munitionskombinationen zu entwickeln, die zu einer möglichst hohen Energieabgabe im Ziel führen. In diesem Zusammenhang treten veränderte Verletzungsmuster auf, welche immer wieder eine Herausforderung an die medizinische Versorgung stellen [74]. Um die durch moderne Munitionsarten hervorgerufene Gewebeerstörung besser behandeln und somit deren Wirkung lindern zu können, wurde die wundmedizinische und therapeutische Behandlung von Schusswunden vorangetrieben. Zusätzlich wurden die Zusammenhänge zwischen ballistischen Eigenschaften von Geschossen und ihrer Wirksamkeit auf den menschlichen Organismus für medizinische und forensische Zwecke intensiver erforscht. Unter dem Begriff Wirksamkeit versteht man die Wirkungsfähigkeit beziehungsweise das Wirkungspotential eines Geschosses, das heißt das Ausmaß des entstandenen Gewebes Schadens. Diese Wirksamkeit ist eine geschossspezifische Größe, die von mehreren Variablen abhängig ist und aus physikalischer Sicht am sinnvollsten auf der Basis der Geschossenergie analysiert wird [34, S.192 ff].

Auch für den Bereich der Polizei wurden über Jahre hinweg Erfahrungen zum Wirkungspotential beziehungsweise zur Wirksamkeit polizeilicher Einsatzmunition gesammelt und ausgewertet. Die Wirksamkeit einer Waffen – Munitionskombination beschreibt deren theoretische maximale Energieabgabe im Zielmedium. Diese Resultate trugen dazu bei, Kriterien für wundballistische Wirksamkeit im Rahmen einer technischen Richtlinie für polizeiliche Einsatzmunition Kaliber 9 mm Luger aufzustellen [61, S.104/105]. Danach konnten geeignete Munitionstypen für den polizeilichen Einsatz wie die Patrone

MEN P.E.P. oder RUAG Action 4 entwickelt werden, die für Standardsituationen des polizeilichen Schusswaffengebrauchs ein Optimum auch an wundballistischer Wirksamkeit bieten [15].

2. Problemstellung

Gerade bei Sondereinsätzen der Polizei kann es unter Umständen zu einem Gebrauch der Dienstwaffe unter außergewöhnlichen Bedingungen kommen. Zum Beispiel kann bei einem Zugriff im Rahmen einer Geiselnahme die Schussabgabe auf eine im Auto sitzende Person unvermeidbar sein. In solchen speziellen Einsatzsituationen können Munitionstypen, die sich in Standardsituationen durchaus bewährt haben, an ihre Wirksamkeitsgrenze stoßen. In diesem Zusammenhang werden in der vorliegenden Arbeit folgende Fragestellungen erörtert:

- Welche wundballistischen Wirkungen haben Geschosse, wenn sie vor einem Personentreffer eine PKW – Seitenscheibe aus Verbundglas lotrecht oder zunehmend schräg durchschlagen?
- Ist es in dieser Situation möglich, eine sofortige Handlungsunfähigkeit einer getroffenen Person zu erreichen?

Abgesehen von dem Anspruch, eine möglichst schnelle Handlungsunfähigkeit hervorzurufen, wird die Effizienz einer Munition anhand folgender Kriterien beurteilt, welche auch Bestandteil der technischen Richtlinie für Polizeimunition sind [61, S.104/105]: hohe Treffergenauigkeit, hohe Durchschlagkraft bezüglich eines Zwischenmediums, keine Begleitschäden, geringe Abprallgefahr und keine Neigung zur Fragmentierung. Unter dem militärischen Fachbegriff „Begleitschaden“ ist eine nicht im Ziel entstandene, ungewollte Schädigung von Personen oder Gegenständen zu verstehen [81]. Diese Forderungen sind zum Teil physikalisch nicht miteinander vereinbar, so dass die in Frage kommenden Kurzwaffengeschosse immer einen Kompromiss zwischen hoher Mündungs – beziehungsweise Auftreffenergie und geringer Restenergie bei eventuellem Verlassen des Zieles darstellen. Ziel dieser Arbeit ist der Wirksamkeitsvergleich mehrerer Geschosskonstruktionen beim Durchschuss von PKW – Verglasungen unter verschiedenen Winkeln mit der Fragestellung einer möglichen Verwendbarkeit für spezielle polizeiliche Einsätze.

3. Allgemeines

3.1. Munition und Geschosse

Geschosse werden grundsätzlich unterschieden in Vollgeschosse ohne Mantel und Mantelgeschosse, deren Kern von einem widerstandsfähigeren, härteren Mantel umgeben ist. Mantelgeschosse werden wiederum eingeteilt in Vollmantelgeschosse und Teilmantelgeschosse. Ein Vollmantelgeschoss ist ein Projektil, das komplett ummantelt ist oder zumindest eine Mantelüberdeckung des Führungsteils und der Geschößspitze aufweist. Teilmantelgeschosse bestehen aus einem Kern und einem Mantel, der den Geschossboden und den Führungsteil bedeckt, aber die Spitze freilässt. Wird zudem die Spitze ausgehöhlt, handelt es sich um ein Hohlspitzgeschoss [66, S.85]. Wenn dieses Geschoss auf einen Widerstand trifft, begünstigt die Hohlspitze das Aufstauchen des freiliegenden weichen Kerns zusätzlich.

Vollgeschosse und Kerne von Mantelgeschossen bestehen meistens aus Blei, der Mantel normalerweise aus Flusseisen, Kupfer oder der hoch kupferhaltigen Messinglegierung Tombak mit einem Kupferanteil von 81 – 92% und einem entsprechend niedrigeren Zinkanteil, der zwischen 8 und 19% liegt [24]. Der geringere Kupferanteil von Messinggeschossen liegt bei ca. 67% [23]. Höhere Zinkanteile bedingen eine höhere Festigkeit des Materials, aber zugleich wird dadurch die Legierung etwas spröde.

Sind Geschosse aus einem einheitlichen Material aufgebaut (abgesehen von ballistischen Hauben oder Hohlspitzenabdeckungen, die keinen Einfluss auf die Zielwirkung haben), so spricht man von Monolithgeschossen. Beispiele für Monolithgeschosse sind P.E.P., MsVG oder SeCa.

Das Golden Saber (GS) und das Golden Saber bonded (GSb) sind zwei nahezu identische Geschosse, die ein anschauliches Beispiel für die Bedeutsamkeit geringfügiger Änderungen in der Geschosskonstruktion sind [59, 60]. Vor allem der beim GSb elektrolytisch mit dem Kern fixierte Messingmantel ermöglicht die Herstellung eines schwereren Geschosses bei Beibehaltung ballistischer Eigenschaften. Zugleich verhindert diese Konstruktionsänderung eine

Überexpansion und Splitterbildung des Geschosses beim Eindringen in ein Medium.

Geschosse werden demnach nicht nur nach ihrer Konstruktion klassifiziert, sondern auch nach ihrem Verhalten beim Eindringen in Zielmedien. Es gibt formstabile Geschosse, die nur geringe Formveränderungen erfahren und so kaum einen Verlust an Masse aufweisen. Geschosse dieser Art, wie beispielsweise die meisten Vollmantelgeschosse, besitzen eine hohe Durchschlagskraft.

Die spezielle Konstruktion deformierender Geschosse führt dazu, dass sie beim Auftreffen auf einen Widerstand zumeist aufpilzen, so ihren Querschnitt deutlich vergrößern und damit schnellere, beziehungsweise höhere Energieabgaben im Ziel aufweisen.

Velex – beziehungsweise Velet – Explosivgeschosse und Glaser „Safety Slug“ – Geschosse haben eine hohe Neigung zur Splitterbildung. Eine solche Geschosszerlegung führt im Ziel vorwiegend zu einer auf die äußeren Gewebeschichten begrenzte Energieabgabe ohne Tiefenwirkung.

Die Geschossformen werden eingeteilt in Rundkopf –, Flachkopf –, Spitz –, Zylinder – und Kegelstumpfausführungen. [47, S.134]

Je nach Waffenart und Verwendungszweck werden konstruktionsbedingt Munitionen unterschiedlichen Kalibers und verschiedenen Aufbaus verwendet. Daher gibt es deutliche Unterschiede zwischen Patronen von Kurzwaffen und Langwaffen.

Die polizeilichen Spezialeinheiten Südbayern benützen bei ihren Einsätzen als kleine Zweitwaffe das Pistolenmodell Glock 26, Kaliber 9 mm Luger. Die Patrone 9 mm Luger kann als die am häufigsten verwendete Pistolenpatrone der westlichen Welt bezeichnet werden. Nahezu jede westeuropäische Polizeieinheit und Armee besitzt Waffen – Munitionskombinationen dieses Kalibers.

Nachdem die Wirksamkeit von Vollmantelgeschossen im polizeilichen Einsatz zunehmend kritisch betrachtet wurde, ersetzte man diese Geschosse durch speziell entwickelte Polizeimunition, welche aufgrund ihrer genau definierten, einheitlichen Aufpilzung höhere Energieabgaberraten im Zielmedium aufweisen.

Polizeigeschosse werden in Zielmedien wesentlich stärker abgebremst als Vollmantelgeschosse und haben deswegen auch eine geringere Restenergie nach Penetration eines Körpers und damit eine geringere Hintergrundgefährdung [15]. Ausschlaggebend für die Einführung dieser neuen Deformationsmunition war unter anderem ein tragischer Polizeieinsatz in München am 28. November 1998 [12]. Ein von einer Polizeibeamtin in einer Notsituation abgefeuerter Schuss traf den Angreifer im Oberkörper, führte jedoch nicht zur erhofften sofortigen Handlungsunfähigkeit. Erst ein Kopfschuss beendete den Angriff. Das Geschoss, ein Vollmantelprojektil, trat aus dem Kopf wieder aus, traf eine sich ebenfalls im Raum befindende, unbeteiligte Person und verletzte diese tödlich [73, S.1]. Dieser Vorfall ist einer von vielen Schusswaffeneinsätzen der Polizei [46, 79], der einerseits die zum Teil mangelhafte wundballistische Wirkung bei getroffenen Personen demonstriert und andererseits zeigt, dass die Restenergie einiger Munitionstypen auch noch nach Durchdringen eines Mediums hoch sein kann. Aus diesem Grund ist die richtige Munitionswahl von entscheidender Bedeutung.

Die bayerische Polizei wurde im Herbst 2001 flächendeckend mit Polizeigeschossen ausgestattet [15]. Auch in England und Österreich sind einige Polizeieinheiten mit solchen Deformationsgeschossen ausgerüstet [12]. Schweden führte im November 2003 die Munition „Speer Gold Dot“ als Standardmunition ein [82] und folgte damit der Empfehlung eines Untersuchungsberichtes der finnischen Polizei vom Januar 2000 [31]. Als Beispiele für weitere weltweit in Diskussion stehenden Munitionen mit ähnlichen Eigenschaften seien hier nur kurz die Beispiele der EMB – A – Munition für Sky Marshals [8] oder die aufpilzende Seca – Munition, wie sie in der Schweiz eingeführt werden soll, erwähnt [2].

3.2. Ballistik

Die Ballistik ist die Lehre vom Schuss und setzt sich mit allen Vorgängen auseinander, die im Zusammenhang mit der Bewegung und Wirkung eines Geschosses stehen. Unterschieden wird hierbei zwischen der Innenballistik, das heißt den Abläufen in der Waffe, der Außenballistik, die das Geschossverhalten nach Verlassen des Laufes beschreibt und der Zielballistik, welche die Wechselwirkungen zwischen Geschoss und Zielobjekt zum Thema hat.

Callender und French beschäftigten sich bereits 1935 mit der Geschosswirkung in organischem Gewebe und verwendeten in diesem Zusammenhang erstmals den Begriff der Wundballistik [6]. Nachdem aus rechtsmedizinischer Sicht besonders die verletzende Wirkung von Geschossen von Bedeutung ist, wird im Folgenden vor allem dieser Gesichtspunkt berücksichtigt.

Das Ausmaß einer Schussverletzung, das heißt, der Umfang der Gewebeerletzung beim Eindringen eines Geschosses, ist von mehreren Faktoren abhängig. Entscheidend sind insbesondere die verwendete Waffen – Munitionskombination und die Rahmenbedingungen der Schussabgabe mit deren jeweiligen physikalischen und physiologischen Konsequenzen. Die biologische Geschosswirkung ist speziell abhängig von der Trefferlage. Auch die an das Gewebe abgegebene Energie E spielt eine Rolle bei dieser Wirkung. Je größer die Energieabgabe in einem Körper ist, desto größer ist auch der verursachte Gewebeschaden und umso gravierender ist die dabei entstehende Wunde [9, S.3].

Jeder sich bewegende Körper besitzt kinetische Energie E_{kin} . Die Formel

$$E_{kin} = \frac{1}{2} * m * v^2$$

(m = Masse des Geschosses, v = Geschwindigkeit des Geschosses) zeigt, dass bezogen auf die kinetische Energie eines Projektils, der Geschwindigkeit des Geschosses eine wesentlich größere Bedeutung zukommt als dessen Masse [21, S.14]. Deswegen ist bei der Untersuchung des Eindringungsvermögens unterschiedlicher Geschosse die Geschwindigkeit die entscheidende Bezugsgröße. Geschosse der Handfeuerwaffen wie Revolver oder Pistolen haben

Geschwindigkeiten von 200 – 400 m/s. Die Mündungsgeschwindigkeiten von Jagd – und Militärwaffen liegen wesentlich höher (ca. 700 – 1100 m/s) [u.a. nach 47]. Die Geschwindigkeit eines Geschosses ist auch von der verwendeten Waffen – Munitionskombination abhängig.

Jedes Organ besteht aus andersartigem Gewebe mit individuellem Elastizitätskoeffizienten. Daher setzen unterschiedliche Organe einem eindringenden Projektil verschiedene Widerstände entgegen. Die minimale Geschwindigkeit (so genannte Grenzgeschwindigkeit), die erforderlich ist, um eine Hautpenetration hervorzurufen, beträgt ca. 50 – 60 m/s [19, S.159]. Bei Knochen beläuft sich dieser Wert auf mindestens 80 m/s [1, Kapitel 2.3] und beim Auge muss beispielsweise ein 8 g schweres 9 mm Geschoss eine Geschwindigkeit von mindestens 31 m/s aufweisen, um dieses perforieren zu können [39]. Diese Angaben dürfen jedoch nicht ganz unkritisch betrachtet werden, da sie für intakte Geschosse gelten, deren Energie sich beim Eindringen in das jeweilige Gewebe auf die Geschosspitze konzentriert. Da aber nicht nur die Geschwindigkeit, sondern unter anderem auch die Querschnittsfläche eines Geschosses beim Penetrationsvorgang eine Rolle spielt, können diese Werte nur orientierend zur Hilfe genommen werden.

Die Querschnittsbelastung ist eine weitere Größe, die das Ausmaß der Wundhöhle im Zielmedium beeinflusst. Die Formel

$$S = 4 * m / k^2 * \pi$$

mit S als Querschnittsbelastung, m als Masse und k als Kaliber beziehungsweise Geschossdurchmesser, bezeichnet die auf eine bestimmte Fläche A bezogene Masse. Besonders wichtig ist diese Formel bei Betrachtung der Eindringtiefen, da die Länge des Schusskanals direkt proportional zur Querschnittsbelastung ist, sofern es sich um ein homogenes Zielmedium handelt [66, S.125, 158].

Inhomogenes Gewebe hat unterschiedliche Dichtegrade und dementsprechend kann nicht von einem gleichmäßigen Widerstand innerhalb des Schusskanals ausgegangen werden. Das bedeutet, dass die Eindringtiefe auch von der Art des durchdrungenen Gewebes abhängig ist.

Die Eigenschaften des Geschosses spielen eine wesentliche Rolle bei der Energieübertragung. Deformationsgeschosse sind beispielsweise so konstruiert, dass sie bei Auftreffen auf einen Widerstand aufpilzen. Dadurch vergrößert sich deren Stirnfläche und die Querschnittsbelastung wird kleiner. Der zuvor primär auf die Geschossspitze einwirkende Widerstand breitet sich nun auf die gesamte expandierte Geschossfläche aus. Die Folge davon ist eine steigende Energieabgabe an das Zielmedium, was wiederum eine Verbreiterung des Schusskanals zur Folge hat [66, S. 166/167]. Vollmantelgeschosse hingegen weisen eine geringe Deformationsbereitschaft auf. Sie haben eine größere Querschnittsbelastung mit geringerer Energieabgabe im Ziel und daher einen relativ engen Schusskanal. Wenn es zu einer Querstellung des Geschosses im Gewebe kommt, resultiert eine deutliche Vergrößerung der Wundhöhle.

Bei der Hautpenetration eines eindringenden Geschosses wird die Haut trichterförmig eingedrückt und reißt bei Überschreiten der Elastizitätsgrenze ein. Das Geschoss verursacht einen Oberhautverlust, und es entsteht so in der Regel ein nicht adaptierbarer Hautdefekt. Die Höhe der abgegebenen Energie und der Winkel, unter dem das Geschoss die Haut durchdringt, verursachen je nach Größe unterschiedliche morphologische Merkmale von Ein- und Ausschuss. Ausgehend von einem Fernschuss stellt sich der primäre Einschuss als nicht adaptierbarer Substanzverlust der Haut dar. Bei senkrechtem Einfallswinkel ist der entstehende Hautdefekt rund, bei tangential auf die Hautoberfläche auftreffendem Projektil oval ausgezogen. Konzentrisch um den zirkulären Einschussdefekt kann ein Abstreifring entstehen, bestehend aus von dem Projektil übertragenen Rückständen von Metall, Waffenöl und Schmauch. Umgeben wird dieser von einem Schürfsaum und einem durch die Dehnung der Haut verursachten Dehnungssaum. Kennzeichnend für dieses Areal sind zirkuläre Oberhautabrasionen mit umgebenden Dehnungsrissen [3, S.632 ff.].

Mit Eintritt des Geschosskopfes wird das ruhende Gewebe in Schussrichtung und radial zur Bewegungsrichtung beschleunigt. Es resultieren Druckwellen von bis zu 100 bar [26], was zu einer plötzlichen Dehnung, Kompression und Scherung des Gewebes führt [3, S.613]. Es kann zu Einrissen im Gewebe kommen und es bildet sich um die Bahn des Projektils eine temporäre Wundhöhle, die um ein Vielfaches

größer ist als das Kaliber selbst. In der für kurze Zeit entstandenen Höhle herrscht für einen Moment subatmosphärischer Druck. Da aber bei einem Durchschuss diese temporäre Wundhöhle durch Einschuss und Ausschuss mit der Umgebung verbunden ist, wird die Druckdifferenz bereits nach wenigen Millisekunden ausgeglichen. Hinter dem Geschoss führt die Elastizität des Gewebes zu einer zentripetalen Rückverlagerung der gequetschten Materie. Die pulsierende temporäre Wundhöhle fällt nach ca. 5 bis 10 ms in einen persistierenden, wesentlich engeren Schusskanal zusammen, der durch einen morphologischen Gewebsverlust gekennzeichnet ist [10]. Das Volumen der temporären Wundhöhle kann bis zu einem Faktor 26 größer sein als das der beständigen Höhle [64]. Dabei sind deren Volumen und Form abhängig von der an das Gewebe abgegebenen Energie und der Beschaffenheit des Zielmediums. Je größer die Energieabgaberate an das Medium ist, das bedeutet, je größer die pro Wegeinheit an das Medium abgegebene Energie ist, desto größer ist auch der Durchmesser der temporären Wundhöhle und um so gravierender die Destruktion des beschossenen Gewebes. Die dauerhafte Zerstörung von Gewebe und Organen kann also durchaus größer sein, als sich bei Betrachtung des Wundkanals zunächst vermuten lässt. Umgeben wird der Wundkanal von einer Kontusionszone, einem Bereich traumatischer Nekrosen mit bleibender Gewebsdegeneration und einer Kompressionszone, einem Areal, das trotz Traumatisierung noch regenerationsfähig bleibt.

Die Wirkung eines Geschosses auf einen Organismus ist laut Kneubuehl [66, S.289] von folgenden Faktoren abhängig:

- Wirksamkeit des Geschosses
- Treffpunktlage und Verlauf des Schusskanals im Körperinnern
- psychischen und physischen Zustand des Getroffenen

Gemessen wird die Wirksamkeit eines Geschosses anhand der in das Zielmedium übertragenen kinetischen Energie. Diese ist von der Geschwindigkeit und Masse eines Geschosses beim Auftreffen auf das Zielmedium abhängig [11, S.46]. Da verschiedene Organe in Dichte, Elastizität und Beschaffenheit stark differieren, entstehen je nach Treffpunktlage unterschiedliche Verletzungsmuster.

Es kann also davon ausgegangen werden, dass bei absolut homogenem Zielmedium unter optimalen Bedingungen ein nicht deformierbares Geschoss beim senkrechten Eindringen in ein Ziel achsenstabil bleibt und sich in Richtung seiner Längsachse fortbewegt. Das Resultat ist dann ein in Längsrichtung gleichförmiger Wundkanal. Besonders deformierte Geschosse weisen in einheitlichem Gewebe einen geraden Schusskanal auf. Sie haben eine große Stirnfläche, welche aufgrund auftretender Druckverhältnisse eine so genannte Schulterstabilisierung bewirkt. Die Resultierende dieser Druckverteilung an der Geschosspitze führt zu einem geradlinigen Schusskanal [66, S.145ff, 167]. Wenn jedoch das Projektil durch Unebenheiten im organischen Zielmedium, wie beispielsweise Knochen, angespannter Muskulatur oder beim vorherigen Durchschuss durch ein Zwischenmedium von seiner ursprünglichen Richtung abgelenkt wird, entsteht ein so genannter Winkelschuss. Durchdringt das Geschoss dabei Gewebe unterschiedlich hoher Dichtegrade, so wird es in dichteren Medien aufgrund vermehrter Reibung dementsprechend stärker abgebremst und es kommt zu einer höheren Energieabgabe.

Der Winkel, unter dem das Geschoss in den Körper eindringt, beeinflusst den Verlauf des Wundkanals. Bei Kontakt mit diskontinuierlichen außenballistischen Störfaktoren, wie beispielsweise Ästen oder großflächigen Intermediärzielen kommt es zu einer Abweichung der ursprünglichen Flugbahn. Diese Änderung der Flugrichtung wird durch den Ablenkwinkel beschrieben, also dem Winkel zwischen der Flugrichtung vor und nach dem jeweiligen Medium, mit dem das Geschoss in Kontakt kommt [34, S.99]. Wird das Geschoss nun abgelenkt, ändert sich seine ursprünglich geradlinige Flugbahn. Das Ergebnis ist eine so genannte momentane Schussbewegung, eine Rotation der Figurenachse um die Flugbahnachse. Aufgrund der Drallstabilisierung des Geschosses, das heißt der Eigenrotation um die Längsachse, reagiert das Geschoss auf Störkräfte analog einem Kreisel und stellt sich nach einigen kleinen Kreisbewegungen, so genannten Nutationsbewegungen, wieder in die Flugbahn. Dieses Pendelverhalten nach Eindringen in ein Medium bis zum Wiedererlangen der ursprünglichen Richtung wird Präzessionsperiode genannt. Können destabilisierende, äußere Störfaktoren nicht mehr kompensiert werden, kommt es zu einem instabilen Geschossflug und das Geschoss taumelt. Je nachdem, zu

welchem Zeitpunkt der Taumelbewegung das Geschoss nach Durchdringen eines Zwischenmediums in das Zielobjekt eindringt, kann die Taumelbewegung beim Eindringen in den Körper fortgeführt werden. In der Mehrzahl der Fälle wird das Geschoss im Ziel dann schräg auftreffen. Es resultiert ein ovaler, mehr als kalibergroßer Hautdefekt und eine durch die Drehbewegung des Geschosses hervorgerufene verhältnismäßig größere Wundhöhle [64, S.72ff, 192ff]. Die Ablenkung hängt auch von der Dicke und Dichte des Zwischenzieles ab. Da ein Geschoss nicht sofort beim Eindringen in ein dichteres Medium seine Stabilität verliert, kann es je nach Geschosskonstruktion beim Durchschuss von dünnen Medien richtungsstabil bleiben.

Bei Kontakt mit einem Intermediärziel wird das Geschoss auf verschiedene Weise beeinflusst. Abgesehen von der beschriebenen Taumelbewegung kann es beim Durchschuss eines Hindernisses auch zur Verformung des Geschosses kommen, die dazu führt, dass es im Hauptziel schon initial eine wesentlich höhere Energieabgabebereitschaft zeigt. In Abhängigkeit von Material, Auftreffwinkel und Geschosskonstruktion ist dieser Energieverlust unterschiedlich groß. Ebenso wie beim Eindringen in das Zielmedium, kann es auch beim Durchdringen eines Zwischenmediums zu einer Deformation des Geschosses und dadurch zu einer Vergrößerung der Stirnfläche oder zum Schrägstellen des Geschosses kommen. Das Geschoss hat dadurch eine geringere effektive Querschnittsbelastung, was zu einer höheren Abgabe von Energie an das Gewebe führt. Die Eindringtiefe ist somit kürzer, als dies bei ungestörter Flugbahn eines Geschosses der Fall ist [47, S.137].

Die Energieabgaberate und ihr Verlauf innerhalb des Schusskanals haben einen erheblichen Einfluss auf die Eindringtiefe und sind zusätzlich ein guter Anhaltspunkt für die Einschätzung wundballistischer Effizienz [66, S.156ff, S.300]. Ein Optimum an wundballistischer Wirkung würde erreicht, wenn die gesamte einem Geschoss innewohnende Energie mit einer gleichmäßigen Energieabgaberate auf das Zielmedium übertragen wird [15]. Dies ist aber in der Praxis nicht der Fall, weil Geschosse beim Eindringen in ein Medium durch die auftretenden Reibungskräfte, einhergehend mit einem ständigen Energieverlust, langsamer werden. Mit sinkender Geschossgeschwindigkeit sinkt auch die

Energie des Geschosses, was wiederum zu einer geringeren Energieabgabe führt. Einen weiteren Einfluss auf die Diskontinuität der Energieabgabe hat die Geschosskonstruktion. Deformations – und Zerlegungsgeschosse verformen sich beim Eindringen in ein Zielmedium. Jedoch ist diese Formveränderung nach wenigen cm Eindringtiefe abgeschlossen. Es ist anzunehmen, dass die Energieabgaberate kurz nach dem Eindringen in ein Gewebe durch Aufpilzen von Deformationsgeschossen und damit einhergehender Vergrößerung ihrer Querschnittsfläche ansteigen und danach exponentiell abfallen.

3.3. Mannstoppwirkung

Im Polizeidienst kann es zu Extremsituationen kommen, bei denen es gilt, einen Angriff oder eine vom Angreifer ausgehende Gefahr abzuwehren.

Dabei kann es unter Umständen im Rahmen der Notwehr nach § 32 StGB [28] oder des rechtfertigenden Notstandes nach § 34 StGB [29] auch zu einem Gebrauch der Schusswaffe kommen. Das Ziel eines solchen polizeilichen Schusswaffengebrauchs gegen angreifende Personen ist es, die durch den Angreifenden bestehende Gefahr möglichst effektiv abzuwehren und eine Handlungsunfähigkeit auf dessen Seite zu erreichen.

Handlungsfähigkeit wird laut Matschke definiert als diejenige menschliche Fähigkeit „nach der man unter Ausnutzung seiner physischen Voraussetzungen sowie seiner sensomotorischen, kognitiven und psychosozialen Fähigkeiten im Alltag dem jeweiligen individuellen Entwicklungsstand entsprechend kompetent zu handeln in der Lage ist“ [50].

Eine Munition, die es ermöglicht, mit hoher Wahrscheinlichkeit eine sofortige Handlungsunfähigkeit eines getroffenen Gewalttäters hervorzurufen, wird im angloamerikanischen als eine Munition mit hoher „stopping power“ bezeichnet. Hatcher beschreibt in seinem Buch „Textbook of Pistols and Revolvers“ die unterschiedlichen Geschosswirkungen bei Körpertreffern und betont die Schwierigkeit, die jeweils resultierende Wundwirkung vorherzusagen [25, S.401ff]. Er weist darauf hin, dass ein Schuss mit sofortiger Mannstoppwirkung nicht unbedingt ein todbringendes Endergebnis hervorrufen muss. Eine absolute Mannstoppwirkung hätte dementsprechend ein Geschoss, welches koordinierte

Bewegungen im Sinne eines Angriffs verhindert, ohne dass der Getroffene dabei getötet werden muss.

Handlungsunfähigkeit wird eingeteilt in sofortige, schnelle, verzögerte, eingeschränkte und fehlende Handlungsunfähigkeit [33]. Eine genauere zeitliche Zuordnung ist bei dieser Einteilung nicht möglich. In der Literatur werden hierzu keine eindeutigen beziehungsweise einheitlichen Angaben gemacht. Wie schnell eine getroffene Person handlungsunfähig wird, ist primär von der Art der Verletzung und der dadurch hervorgerufenen Reaktion des Organismus abhängig [33].

Starker Blutverlust verursacht eine Kreislaufdepression mit akutem Sauerstoffmangel des zentralen Nervensystems. Eine entsprechende Unterversorgung des Gehirns führt zu einer Einschränkung bis hin zum Verlust dessen Funktionsfähigkeit und dadurch zur Bewusstlosigkeit oder zum Exitus. Abhängig von Größe und Lokalisation der Verletzung kommt es zu einer unterschiedlich starken Blutung. Werden Organe mit einer hohen Durchblutungsrate, wie beispielsweise das Herz oder große Gefäße, wie die Aorta, verletzt, führt der akute Blutverlust zu einer schnellen Handlungsunfähigkeit. Verletzungen von weniger stark durchbluteten Organen, wie der Muskulatur, führen, wenn überhaupt, nur zu einer verzögerten Handlungsunfähigkeit.

Kommt es infolge einer Schussverletzung zu einer Perforation der Lunge mit konsekutivem Pneumothorax und Ateminsuffizienz, so besteht auch hier eine akute Bedrohung für den Organismus. Ein Hämatothorax entsteht durch Blutungen in den Brustraum. Hierbei kann die Atmung lebensbedrohlich eingeschränkt werden. Blutungen in den Nasenrachenraum, wie sie bei Schussfrakturen des Gesichtes oder der knöchernen Schädelbasis auftreten, können zu einer Aspiration von Blut führen, besonders bei Schussopfern, die durch den Treffer das Bewusstsein verloren haben. Diese so entstehende Blutansammlung in der Lunge kann bis zum Erstickungstod führen.

Bei schussbedingten Frakturen größerer Röhrenknochen kann Fett in die Blutgefäße gelangen, was zu einer Fettembolie führt. Werden größere Venen

oder Sinus verletzt, so können signifikante Mengen Luft in das Gefäßsystem eindringen, wodurch eine Luftembolie entstehen kann. Die Folge einer Embolie ist die Unterbrechung der Durchblutung durch den „Embolus“, eine Unterversorgung des entsprechenden Organs und eine gegebenenfalls tödliche Lungen – oder Gehirnembolie.

Bei all diesen Vorgängen hängt der Zeitpunkt einer eintretenden Handlungsunfähigkeit von der Lokalisation und dem Ausmaß der Verletzung ab. Die meisten Schussverletzungen führen nicht direkt zu einer sofortigen und vollständigen Handlungsunfähigkeit der getroffenen Person, so dass diese durchaus noch in der Lage sein kann zu reagieren. Es handelt sich meist um eine partielle oder verzögerte Handlungsunfähigkeit. In der Literatur finden sich hierzu unterschiedliche Angaben. Forster geht davon aus [19, S.163], dass bei tödlichen Schussverletzungen des Rumpfes bei der Hälfte der Fälle zunächst noch mit koordinierten Bewegungsabläufen zu rechnen ist. Selbst bei einem Herzschuss hat Forster statistisch ermittelt, dass 30 % der Personen noch bis zu 5 Minuten frei agieren konnten [19, S.163]. Laut Di Maio führt eine absolute Unterversorgung des Gehirns, wie das beispielsweise bei einer Unterbrechung der Carotisarterien der Fall ist, erst nach 10 bis 15 Sekunden zu einer Bewusstlosigkeit [10]. Kneubuehl und Sellier setzen den Zeitpunkt für erste Störungen der Gehirnfunktion etwa 5 Sekunden nach Stillstand des Blutkreislaufes fest [66, S.154].

Eine starke, sofortige Minderung der Handlungsfähigkeit eines getroffenen Kontrahenten ist durch Verletzungen essentieller Hirnzentren möglich. Dabei ist das Ausmaß der Hirnfunktionsstörung erheblich von der anatomischen Lage des Schusskanals abhängig. Je nach Lokalisation im Gehirn kommt es zu einer Beeinträchtigung der von diesem Hirnareal gesteuerten Organe [78]. Ein Trauma im Bereich des Spinalkanals, der Medulla oblongata, des Cerebellums oder der motorischen Rindenregionen kann willkürliche Bewegungen sofort stoppen. Selbst wenn durch den Schuss keine unmittelbar lebensnotwendigen Areale zerstört werden, kann es zu intracerebralen Blutungen kommen, welche ebenfalls Funktionsstörungen hervorrufen können. Durch intracerebrale Blutungen entstandene Kompressionen im Großhirn führen zunächst zu Bewusstseinsstörungen und gegebenenfalls Lähmungen der kontralateralen

Körperhälfte. Im Kleinhirn beeinflusst eine Blutung zunächst die Feinmotorik. Hirnstammblutungen können eine Tetraparese bedingen oder zu einer Ateminsuffizienz führen.

Auch abseits vom Schusskanal, das bedeutet außerhalb der temporären Wundhöhle, kann es zu stosswellenbedingten Zellschädigungen kommen [66, S.338ff]. Der hierdurch entstandene Schaden hängt von der Energie des Geschosses beziehungsweise vom Druckgradienten der Stosswelle und von der Kompressibilität des den Schusskanal umgebenden Gewebes ab. Der so genannte „Krönlein – Schuss“ bezeichnet einen Schuss durch den Schädel mit entstehendem hohem Gasdruck und ist ein weiteres Beispiel für einen ohne Verzögerung letal verlaufenden Schuss. Die hohe Geschwindigkeit des durchdringenden Geschosses entwickelt beim Durchschuss eines Schädels eine hydrodynamische Sprengkraft. Die rasche Verdrängung des Gewebes beim Eintreten des Geschosses in das Medium führt zu einer starken Drucksteigerung im Schädel. Weil stark wasserhaltige Organe wie das Gehirn nur geringfügig komprimierbar sind, baut sich eine allseitig immer größer werdende hydraulische Sprengwirkung auf, welche letzten Endes die Schädelkalotte in polygonale Knochentafeln zerlegt. Es kommt zu einem meist vierstrahligen Aufplatzen der Kopf – und Gesichtshaut und zu einer Enthirnung [19, S.162].

Ein weiteres Phänomen ist der so genannte Schocktod. Es handelt sich hierbei um einen nervös bedingten Schock infolge multipler plötzlicher Reizungen des peripheren Nervensystems. Diese Reizüberflutung hat unter anderem auch Auswirkungen auf die Herzfunktion. Jeder Treffer auf ein Gewebe verursacht eine Stoßwelle, die sich mit hoher Geschwindigkeit fortpflanzt und das periphere Nervensystem so stark erschüttern kann, dass Lähmungserscheinungen und sogar Todesfälle auftreten können. Bei Hasen, die nach Schrottreffern sofort paralysiert waren, wurde beim anschließenden Zerlegen festgestellt, dass sie, einzeln für sich genommen, keinerlei tödliche Treffer erlitten hatten und die jeweiligen Schrotkugeln nur in das Unterhautfettgewebe und in die Muskulatur vorgedrungen sind [43, S.161]. Dieses Phänomen ist bisher nur bei Tieren beobachtet worden und auf den Menschen nicht übertragbar. In der

wissenschaftlichen Literatur wurden bislang keine derartigen Fälle beim Menschen beschrieben.

Die Frage, welche Manöver eine getroffene Person in extremen Situationen noch durchzuführen im Stande sein kann, ist in diversen Veröffentlichungen immer wieder diskutiert worden. Levy und Rao haben sich in ihren Untersuchungen mit der Überlebenszeit und Handlungsfähigkeit von tödlich verwundeten Opfern auseinandergesetzt [45]. Dabei wurde festgestellt, dass fast die Hälfte der Schussopfer nach letalen Schüssen in Brust oder Bauch noch länger als fünf Minuten handlungsfähig waren. Es wird sogar berichtet, dass es einem 46 – jährigen Mann nach drei Einschüssen in die Brust noch möglich war, sein Auto zum Stehen zu bringen und sich anschließend selbst zu erschießen. Bereits 1935 belegte Strassmann, dass es nahezu unmöglich ist, den Schweregrad einer Schusswunde mit der Fähigkeit zu physischem Handeln in Korrelation zu setzen oder gar vorherzusagen [72]. Selbst in Fällen mit ähnlichem Verletzungsmuster kann es zu äußerst unterschiedlichen Reaktionen der getroffenen Opfer kommen [72].

Medizinisch lassen sich Ursachen einer Handlungsunfähigkeit zwar definieren, da aber jedes Individuum in Stresssituationen anders reagiert, kann die Handlungsfähigkeit eines stark Verwundeten prognostisch nur sehr schwer eingeschätzt werden. Im Jahr 1961 versuchten Spitz und einige Kollegen einen Zusammenhang zwischen Blutverlust und Handlungsfähigkeit herzustellen [69]. Aber auch in dieser Untersuchungsreihe war es nicht möglich, eine signifikante Wechselbeziehung ausfindig zu machen.

Es gab in der Vergangenheit etliche Versuche, die Wirkung eines Geschosses mathematisch auszudrücken. Eine bekannte Formel entwickelte Hatcher anhand der Thompson – LaGarde – Studie 1927, in welcher lebende Ochsen und menschliche Leichen beschossen wurden:

$$RSP = m * V_0 * A * s / 450$$

RSP bedeutet „Relative Stopping Power“, m ist die Geschossmasse in Grain, V_0 die Anfangsgeschwindigkeit, A die Querschnittsfläche des Geschosses und s ein von Hatcher eigens definierter Koeffizient, der sich auf verschiedene Geschossformen und Geschossmaterialien bezieht. Diese Gleichung basiert auf dem Geschossimpuls

$$p = m * v$$

mit p als Impuls, m der Geschossmasse und v der Geschossgeschwindigkeit [21, S.15] und wurde von mehreren Ballistikern widerlegt. Kneubuehl vertritt die Ansicht, dass der Impuls eines Geschosses keine repräsentative Größe für die Beurteilung der Wirksamkeit im Körper sei, da die so genannte Rückwurfgeschwindigkeit zu gering sei, um eine effektive Wirkung im Körper zu zeigen [66, S.291ff und S.314 sowie 36]. Marshall kritisiert, dass sich diese Formel nur auf Nicht – Deformationsmunition beziehe und daher für andere Geschosse gänzlich unbrauchbar sei [49, S.13ff]. Er und sein Kollege Sanow haben mehr als 1800 dokumentierte Fälle von Schusswaffengebrauch in San Francisco, Washington, Miami, Los Angeles, New York und einigen Städten in Asien und Europa zusammengetragen und auf ihre Mannstoppwirkung hin untersucht. Dabei wurden bei den Schusswechseln jeweils nur Ersttreffer auf Körper oder Kopf berücksichtigt. Wirksamkeitskriterien waren eine sofortige Handlungsunfähigkeit des Getroffenen oder ein Fluchtversuch von nicht mehr als drei Metern. Es wurde hierbei festgestellt, dass nahezu alle Versuche, die Mannstoppwirkung verschiedener Munitionsarten mathematisch zu berechnen beziehungsweise vorherzusehen, scheiterten und sich nur einige wenige Ergebnisse mit der Realität deckten. Deswegen vertreten Marshall und Sanow die Meinung, dass ein statistischer Analogieschluss mit dokumentierten Schusswechseln die sinnvollste Methode sei.

Neben dem RSP wurde auch der „Relative Incapacitation Index“ untersucht, eine 1983 vom National Institute of Justice der U.S.A. veröffentlichte Formel, mit welcher ebenfalls versucht wurde, die Wundwirkung von Geschossen zu berechnen. Dabei wurde die maximal entstandene Wundhöhle mit einem so genannten „Vulnerability Index“ multipliziert. Dieser Index war eine per Computer

berechnete Vulnerabilitätsvariable, die sich auf verschiedene Körperstellen und Eindringtiefen bezieht. Marshall bemängelt an dieser Formel, dass sie sich nur auf die maximal mögliche Wundhöhle bezieht, welche sich zum Teil wieder zurückbildet, aber von dem Computerprogramm als zerstörte Materie angesehen wird und daher Fehlergebnisse liefert [49, S.22].

Marshall und Sanow kritisieren ebenfalls den vom FBI 1987 entwickelten „Multimedia Wound Value“ Index [49, S.38]. Beim Vergleich dieser Ziffern mit dokumentierten Fällen berechnet sich nur eine äußerst geringe Korrelation. Daher ist diese Untersuchungsform der wundballistischen Geschosswirkung ebenfalls nicht akzeptabel.

Der Physiker und Mediziner Sellier beschäftigte sich vor allem mit der Wirksamkeit eines Geschosses als Funktion der Größe der temporären Höhle [64, S.288]. Er postulierte, dass die Wirksamkeit eines Geschosses proportional zu der im Körper abgegebenen Energie sei, nämlich dem entstandenen Volumen der temporären Wundhöhle. Bezug nehmend auf die kinetische Energie stellte er fest, dass das Volumen der temporären Höhle zur Stirnfläche und Geschwindigkeit des Geschosses proportional ist. Aus diesen Annahmen entstand die Wirksamkeitszahl

$$W_{TH} = A * v^2$$

mit der Querschnittsfläche A und dem Quadrat der Geschwindigkeit v. Sellier versuchte, mit dieser Formel die im Ziel abgegebene Energie als Integral der pro cm Wegstrecke abgegebenen Geschossenergie über die Länge des Schusskanals zu berechnen. Unberücksichtigt bleibt bei dieser Funktion das unterschiedliche Verhalten von Deformationsgeschossen und Nicht – Deformationsmunition, was einen direkten Vergleich bei geradlinigem Schuss erschwert. Wird jedoch A als effektiver Durchmesser berechnet, den ein Geschoss durch Deformation oder auch Querstellung dem Medium als Angriffsfläche bietet, dann ergibt sich daraus eine weitgehend vom Geschoss unabhängige Formel. Dennoch ist eine genaue Lokalisierung der Energieabgabe mit Hilfe dieser Gleichung nicht möglich.

Aber nicht nur Marshall und Sanow kritisierten die verschiedenen Wirksamkeitskriterien, sondern auch Kneubuehl kam während seiner Studien zu dem Ergebnis, dass eine objektive und allgemein gültige Wirksamkeitsmessung nicht realisierbar ist [66, S.308]. Er bestätigt die Ergebnisse von Marshall und Sanow, kritisiert aber zugleich auch deren Analysen. Diese Definition der Wirkung habe eine hohe Realitätsnähe, jedoch handle es sich hierbei auch nur um Häufigkeitsaussagen. Eine Vorhersehbarkeit basierend auf reiner Statistik sei systematischen und zufälligen Fehlern unterworfen. Diese Ergebnisse gelten demnach nicht absolut, sondern können höchstens als Wahrscheinlichkeiten verwendet werden. Der Nachteil bei der Wirkungsbeurteilung effektiver, das heißt tatsächlich beobachteter Ereignisse, liegt in einer großen Streuung von nicht beeinflussbaren Variablen wie Trefferlage, Zustand der Waffe oder physischer Verfassung des Getroffenen.

Die verschiedenen Versuche, die Handlungsfähigkeit eines Getroffenen vorherzubestimmen, zeigen, dass ein solcher mathematischer Ansatz nicht möglich ist. Daher ist es sinnvoll, sich beim Vergleich verschiedener Munitionen an den Basisgrößen wie abgegebener Energie im Zielmedium, Länge des Schusskanals oder Volumen der Wundhöhle zu orientieren. Unter diesen Größen ist laut Marshall und Sanow die Länge des Schusskanals der ausschlaggebende Faktor. Sie stellten fest, dass die beste Wirksamkeit bezüglich der Mannstoppwirkung bei Geschossen zu verzeichnen waren, die in ein weiches, homogenes Zielmedium in einem Bereich von 10 bis 14 inch beziehungsweise ca. 25 bis 35 cm eingedrungen sind [49, S.188]. Auf der anderen Seite wird hier bemerkt, dass es durchaus auch Fälle gegeben hat, wo ein Geschoss mit einer wesentlich geringeren Eindringtiefe, bei optimaler Trefferlage, eine ausreichende wundballistische Wirkung zu erzeugen im Stande ist [49, S.188ff].

Die militärische Wirksamkeit orientiert sich an der Fähigkeit eines Geschosses einen Stoff vorgegebener Dicke zu durchschlagen und anhand einer Mindestenergie, die notwendig ist, um den Gegner außer Gefecht zu setzen. Je nach Waffen – Munitionskombination und zu durchdringendem Zielmedium wurden in verschiedenen Ländern unterschiedliche Energiegrenzen festgelegt [37]. Diese Werte haben eine Bandbreite von 40 J in Frankreich bis hin zu 240 J

in Russland und sind wegen fehlender universeller Prüfmethode als Anhaltspunkte nicht verwendbar.

3.4. Glas

In der vorliegenden Arbeit wurde als Intermediärmedium Glas verwendet. Glas ist eine amorphe, nichtkristalline Substanz, die gewöhnlich durch Schmelzen und rapides Abkühlen von so genannten Glasbildnern erzeugt wird. Zu den anorganischen Glasbildnern gehört unter anderem Silizium (SiO_2), das in den meisten gängigen Glasarten als Grundsubstanz vertreten ist. Durch Beimengung verschiedener Glas – Zuschlagstoffe, wie zum Beispiel Thallium, Blei oder Boroxid wird die gewünschte Glaseigenschaft optimiert.

Nach der Grundform des Produktes beziehungsweise dem Produktionsverfahren kann man Gläser einteilen in Hohl –, Flach – und Spezialglas. Flachglas oder auch Floatglas genannt wird beispielsweise für Fensterscheiben verwendet. Verbundglas ist der Sammelbegriff für ein spezielles mehrlagiges Fensterglas, bestehend aus mindestens einer Glasscheibe, die durch eine klebfähige Zwischenschicht aus Kunststoff, zum Beispiel durch ein Gießharz oder eine hochreißfeste, zähelastische, thermoplastische Verbundfolie, mit einer anderen Glasscheibe verbunden ist. Aufgrund der auf diese Weise erreichten, hohen Eigenstabilität wird diese Glasart in der Regel bei Autos als Seitenscheiben verwendet [81].

3.5. Glas als Intermediärmedium

Im Gegensatz zu Materialien wie Holz oder Metall wird bei Beschuss von Glas das Eindring – und Durchdringungsverhalten eines Geschosses weniger durch die Energiedichte des Zielmediums bestimmt als vielmehr durch das Bruchverhalten der Verglasung [34, S.207]. Beim Aufprall eines Körpers eilen die ins Glas eingeleiteten Brüche dem Geschoss voraus, so dass dieses „nur“ bereits vorgeschädigtes Glas durchdringt. Dadurch verringert sich die Aufhaltewirkung des Glases erheblich. Die Wirkung des Glases auf ein durchdringendes Geschoss ist demnach von der Auftreffenergie abhängig, das heißt von der im eindringenden Punkt eingeleiteten Energie [40, S.169]. Je größer die punktuell

übertragene Energie auf eine möglichst kleine Fläche des Zwischenmediums beziehungsweise die eingebrachte Energiedichte ist, desto stärker wird das Glas lokal zerstört. Eine hohe Auftreffenergie kombiniert mit einer möglichst geringen Übertragungsfläche respektive einer hohen Energiedichte sind die Voraussetzungen für ein effizientes Durchdringen der Verglasung und einer geringen Beeinflussung des Geschosses.

3.6. Polyurethan

Um das Geschossverhalten beim Durchschlagen von Knochen zu simulieren, wird Polyurethan verwendet. Dieser Kunststoff gehört zu den Polyestern und wird durch Polyaddition von Isocyanaten und Alkoholen hergestellt. Eine Reihe von Modifikationen bei der Verwendung von Grundstoffen und Katalysatoren in der Produktion führt zur Herstellung von Weich- und Hartschaumvarianten aus Polyurethan. Als Kunstknochen ist Polyurethan bestens geeignet, da man mit diesem Material sowohl die trabekuläre Struktur im Inneren echter Knochen als auch ihre harte Hülle nahezu perfekt nachahmen kann [75]. Die Verwendung von mit Gelatine gefüllten Hohlkugeln aus Polyurethan ist für die wundballistische Untersuchung von Kopfschüssen besonders geeignet [76].

3.7. Simulanzen:

Um die einzelnen Versuche einander gegenüberstellen zu können, muss deren eindeutige Reproduzierbarkeit gewährleistet sein, das heißt, unter gleichen Versuchsbedingungen müssen im Rahmen des Messfehlers gleiche Ergebnisse erzielt werden können. Daher ist es sinnvoll, Simulanzen zu verwenden, die ein ähnliches Verhalten gegenüber Geschossen aufweisen wie Körpergewebe. Um den physikalisch – ballistischen Ansprüchen der Wundballistik gerecht zu werden, muss das Zielmedium die gleiche Dichte ρ besitzen wie das zu untersuchende organische Gewebe. Die Dichte von Muskulatur ($\rho = 1,06 \text{ g/cm}^3$) [66, S.226] lässt sich in etwa mit der von Gelatine oder Seife vergleichen, weswegen diese beiden Substanzen bereits in der Vergangenheit immer wieder zu wundballistischen Analysen verwendet wurden [66, S.160].

Außer Gelatine und Seife werden noch andere Simulanzien für ballistische Untersuchungen herangezogen. Lehm, Plastilin oder Holz fanden immer wieder als Ziele Verwendung. Aber wegen mangelnder Fließeigenschaften und deutlicher Disparität bezüglich ihrer Dichte sind die bei diesen Versuchen entstehende Geschossdeformation, Energieübertragung und Eindringtiefe nicht auf menschliches Gewebe übertragbar [34, S.198].

3.7.1. Gelatine

Gelatine ist ein weit verbreitetes Simulantium bei wundballistischen Untersuchungen. Sie gehört zu der Gruppe der Polypeptide und wird als solches durch Behandlung mit Säure, Alkali und anschließender Extraktion mit heißem Wasser gewonnen. Auch wenn es bei der Herstellung und Aufbewahrung von Gelatine zu geringfügigen Veränderungen kommen kann, so garantiert die Einhaltung genormter Rahmenbedingungen ein Medium, welches sich sehr gut zur Beobachtung und zum Vergleich der Wirkung verschiedener Munitionsarten eignet [32]. Charakterisierende Eigenschaft ballistischer Gelatine ist deren Gelstärke, welche mit der Bloomzahl gemessen wird und deren untere Grenze idealerweise 250 beträgt [38]. Beim Eindringen eines Geschosses in das Versuchsmedium entsteht, ähnlich wie in menschlichem Gewebe, eine temporäre Höhle, welche sich aufgrund der hohen Elastizität der Gelatine nach mehrmaligem Pulsieren wieder zurückbildet. Als Zeichen der entstandenen Kaverne haben sich im Zielmedium radiär vom „Wundkanal“ ausgehende Risse gebildet. Diese stehen in quantitativer Beziehung zu dem zuvor entstandenen Volumen und damit auch zur abgegebenen Energie. Anhand dieses charakteristischen Rissbildes kann die an verschiedenen Stellen des Wundkanals jeweils lokal abgegebene Energie berechnet werden. Nach dem im ballistischen Labor der Firma Dynamit Nobel AG entwickelten Knappworst – Verfahren werden die beschossenen Blöcke in Segmente von 2,5 cm Dicke unterteilt und die vom Schusskanal ausgehenden Risse vermessen und aufaddiert. Die Summe der Risslängen in jedem Querschnitt wird als proportional zur Energieabgabe angenommen, so dass ein Energieabgabeprofil erstellt werden kann [40, S.147]. Das durchsichtige Ziel ermöglicht außerdem eine optische Beurteilbarkeit des Schusskanals und des Projektils. In den vorliegenden Experimenten wurden zur

Auswertung der Gelatinebeschüsse das eben beschriebene Risslängenverfahren und die Länge des Schusskanals verwendet.

3.7.2. Seife

Ein weiteres Simulantium, das sich zur Beurteilung von Schussversuchen sehr gut eignet, ist Seife. Sie ist ein Gemisch aus festen, wasserlöslichen Natriumsalzen verschiedener höherer Fettsäuren. Eine besondere Seifenart ist die gegossene transparente Seife. Diese Glycerinseife wird hauptsächlich für wundballistische Versuche verwendet. Der Vorteil bei der Verwendung von Seife liegt in der eindeutig besseren Illustration der temporären Kavernenbildung beim Beschuss. Seife lässt sich plastisch deformieren, was bedeutet, dass der sich gebildete Schusskanal bestehen bleibt und sich nicht wie bei Gelatine zum größten Teil wieder zurückbildet. Das Volumen der in der Seife sichtbar bleibenden temporären Höhle ist proportional zur abgegebenen Energie [47, S.135].

3.8. K - analyzer

Kneubuehl belegte, dass die Energieabgabe in dem Simulanzium Seife ein sinnvolles Kriterium beim Vergleich verschiedener Munitionsarten ist [66, S.237]. Laut dem Gesetz von Martel [40, S.144] ist bei einer plastischen Verformung, wie es beim Eindringen eines Geschosses in Seife der Fall ist, das gebildete Volumen proportional zu der dazu benötigten Energie. Kneubuehl entwickelte dazu den „k-analyzer 1.4“, ein Programm, welches mittels optischer Zielkanalmessung das in einem Zielmedium entstandene Volumen berechnet und analysiert [41]. Anlehnend an Kneubuehl werden in der folgenden Arbeit hauptsächlich Energieabgabe und Eindringtiefe als Vergleichsgrößen herangezogen. Unter Verwendung des k-analyzers und einer von Kneubuehl entworfenen Excel – Vorlage wurden diese beiden Größen in einer so genannten Wirksamkeitsfunktion zusammengefasst. Diese Funktion stellt den Verlauf der lokalen Energieabgabe über dem Eindringweg dar [40, S.147ff].

4. Versuche mit Tierkadavern

Untersuchungen an Tierkadavern sind äußerst hilfreich, um die Geschosswirkung unter möglichst realistischen Bedingungen beurteilen zu können. Wenn nun eine pathologische Situation in einem Tier reproduziert werden soll, so ist es besonders wichtig, ein Versuchstier zu wählen, welches eine hohe Ähnlichkeit mit dem Menschen aufweist. Verglichen mit dem Beschuss von homogenen Simulanzien wie Seife oder Gelatine erschweren jedoch die anatomischen Gegebenheiten beim Versuch mit toten Tieren die Interpretation erheblich. Sobald es zu einer Geschossablenkung durch dichtere Medien wie Knochen oder Knorpel kommt, ergibt eine Interpretation des Schusskanals nur bedingt eindeutige Ergebnisse.

Der momentane physische Zustand eines Getroffenen beeinflusst durchaus die Wirksamkeit einer Waffen – Munitionskombination [66, S.289]. Da es jedoch unmöglich wäre, den psychischen Zustand eines Tieres exakt „bestimmen“ zu können und weil aus tierschutzrechtlichen Gründen Versuche an lebenden Tieren nicht vertretbar sind, wurden in den vorliegenden Versuchen Tierkadaver verwendet. Die Variable des physischen Allgemeinzustandes kurz vor dem Beschuss blieb daher in den vorliegenden Ergebnissen unberücksichtigt.

Die unterschiedliche Elastizität und Dichte verschiedener Organe sind entscheidende Faktoren bei der Entstehung von Schusswunden und erschweren die Vorhersehbarkeit der Wundausdehnung erheblich. In relativ weichen Medien wie der Muskulatur werden pro Joule abgegebener Energie 0,3 g Gewebe geschädigt [1, Kapitel 2.2]. Dichtere Substanzen wie beispielsweise der Schädel sind wesentlich widerstandsfähiger, und es sind allein für dessen Penetration mindestens 70 J notwendig [1, Kapitel 2.4]. Elastischere Materialien wie die Lunge oder der Magen – Darm – Trakt sind wesentlich einfacher zu durchdringen, da ihr Gewebe aufgrund geringer Dichte bei einem Durchschuss leicht nachgibt. Die resultierende Gewebszerstörung ist daher wesentlich schwächer ausgeprägt als bei Organen wie beispielsweise der Leber, welche eine geringe Elastizität besitzen und somit beim Durchschuss einen größeren Schaden nehmen.

Wie diese zum Teil sehr stark divergierenden Daten zeigen, bereiten bei jeder Art von Versuchen mit organischem Gewebe, die Inhomogenität des Zielmediums und die daraus resultierenden Schwierigkeiten bei der Interpretation und Übertragbarkeit auf den Menschen Probleme. Das Zielmedium ist hier nicht genormt. Daher müssen die unter identischen Bedingungen durchgeführten Schussversuche nicht zwangsweise einen gleichen Schusskanal erzeugen. Die Reproduzierbarkeit ist bei organischem Versuchsmaterial immer eingeschränkt. Des Weiteren erschweren die unterschiedlichen anatomischen und physiologischen Merkmale von Mensch und Tier einen Analogieschluss beim Experiment. Schantz hat 1979 mehrere für Schusseexperimente in Frage kommende Tiere miteinander verglichen und ist zu dem Ergebnis gekommen, dass das Schwein für wundballistische Analysen am besten geeignet ist [62]. Es weist eine relativ hohe physiologische Vergleichbarkeit mit dem Menschen auf [51 – 53, 57, 58]. Vor allem das Muskelfleisch und die Haut des Schweins haben in ihrer Konsistenz eine starke Ähnlichkeit mit der des Menschen, was eine Übertragung der Eindringtiefe beim Beschuss um einiges vereinfacht [65]. Hinzu kommt, dass die meisten Schweinerassen wenig pigmentierte Haut und kaum Haare haben, so dass Einschüsse sehr leicht erkannt und untersucht werden können [65, S.210]. Um eine eventuelle Übertragbarkeit der aus vorangegangenen Versuchsreihen gewonnenen Ergebnisse auf ein praxisnahes Szenario prüfen zu können, wurden hierzu Versuche mit Schweinen der Rasse „Deutsches Edelschwein“ durchgeführt. Ein möglichst realitätsnaher Versuchsaufbau war dabei äußerst wichtig.

5. Material und Methoden

5.1. Waffen

Die bereits Ende der siebziger Jahre eingeführten Selbstladepistolen SIG Sauer P6 und die Heckler & Koch P7 mit dem Kaliber 9 mm x 19 stellen auch heute noch die Mehrzahl der Standarddienstwaffen der Polizei in Deutschland dar. Bei den Spezialeinsatzkommandos der Polizei sind zusätzlich die Pistolen Glock 26 (siehe Abbildung 1) und Glock 17 (siehe Abbildung 2) im Einsatz. Die im Folgenden beschriebenen Versuche wurden mit diesen beiden Waffen durchgeführt. Die Glock 26 ist das um ca. 100 g leichtere und am Griff und Lauf jeweils ca. 26 mm kürzere Nachfolgemodell der Glock 17 [27, S. W181].

Pistole Glock 26, 9 Para:

Leergewicht: 560 gr

Lauf­länge: 88 mm

Gesamtlänge: 160 mm

Gesamtbreite: 30 mm

Höhe: 106 mm



Abbildung 1: Pistole Glock 26

Pistole Glock 17, 9 Para:

Leergewicht: 703 g

Lauf­länge: 114 mm

Gesamtlänge: 186 mm

Gesamtbreite: 30 mm

Höhe: 138 mm



Abbildung 2: Pistole Glock 17

5.2. Munition

Die bereits erwähnten Anforderungen an Polizeimunition führen dazu, dass die in den Abbildungen 3 – 19 gezeigten 9 mm Munitionen zur wundballistischen Untersuchung herangezogen wurden (wobei nicht alle Typen in jedem der Versuchsschritten beteiligt waren):

9 mm Action 1

Firma: RUAG Ammotec

Geschossmasse: 5,6 g

Geschossgeschwindigkeit v_0^1 : 406 m/s

Geschossmaterial: Kupferlegierung

Geschosstyp: Vollgeschoss mit
Hohlspitze



Abbildung 3: Action 1

9 mm Action 4

Firma: RUAG Ammotec

Geschossmasse: 6,1 g

Geschossgeschwindigkeit v_0 : 397 m/s

Geschosstyp: Vollgeschoss mit
Hohlspitze



Abbildung 4: Action 4

9 mm Action 5

Firma: RUAG Ammotec

Geschossmasse: 6,1 g

Geschossgeschwindigkeit v_0 : 430 m/s

Geschossmaterial: Messing

Geschosstyp: Vollgeschoss mit
Hohlspitze



Abbildung 5: Action 5

9 mm Silvertip

Firma: Winchester

Geschossmasse: 9,5 g bzw. 7,5 g

Geschossgeschwindigkeit v_0 : 294 m/s

Geschossmaterial: Blei

Geschosstyp: Teilmantelgeschoss mit
Hohlspitze



Abbildung 6: Silvertip

9 mm Golden Saber BJHP

Firma: Remington

Geschossmasse: 9,5 g

Geschossgeschwindigkeit v_0 : 284 m/s

Geschossmaterial: Blei

Geschosstyp: Teilmantelgeschoss mit
Hohlspitze



Abbildung 7: Golden Saber BJHP

9 mm Golden Saber

Firma: Remington

Geschossmasse: 8,0 g

Geschossgeschwindigkeit v_0 : 325 m/s

Geschossmaterial: Blei

Geschosstyp: Teilmantelgeschoss mit
Hohlspitze



Abbildung 8: Golden Saber

9 mm P.E.P.

Firma: MEN

Geschossmasse: 5,9 g

Geschossgeschwindigkeit v_0 : 398 m/s

Geschossmaterial : Tombak

Geschosstyp: Vollgeschoss mit

Hohlspitze



Abbildung 9: P.E.P.

9 mm SWISS P SeCa

Firma: RUAG Ammotec Thun

Geschossmasse: 6,5 g

Geschossgeschwindigkeit v_0 : 378 m/s

Geschossmaterial: Tombak, bleifrei

Geschosstyp: Vollgeschoss mit

Hohlmantel und Mantelkern



Abbildung 10: SWISS SeCa

Black Talon .45 ACP HP

Firma: Winchester

Geschossmasse: 14,5 g

Geschossgeschwindigkeit v_0 : 216 m/s

Geschossmaterial: Blei

Geschosstyp: Teilmantelgeschoss mit

Hohlspitze



Abbildung 11: Black Talon .45 ACP HP

.45 ACP VM

Firma: Winchester

Geschossmasse: 14,9 g

Geschossgeschwindigkeit v_0 : 204 m/s

Geschossmaterial: Blei

Geschosstyp: Vollmantel -

Rundkopfgeschoss



Abbildung 12: .45 ACP VM

9 mm MsVG

Firma: RUAG

Geschossmasse: 7g

Geschossgeschwindigkeit v_0 : 367 m/s

Geschossmaterial: Messing

Geschosstyp: Vollgeschoss



Abbildung 13: MsVG

9 mm PT

Firma: RUAG

Geschossmasse: 5,0g

Geschossmaterial: Plastik

Geschosstyp: Vollgeschoss



Abbildung 14: PT

9 mm PTP

Firma: MEN

Geschossmasse: 5,9 g

Geschossgeschwindigkeit v_0 : 396 m/s

Geschossmaterial: Tombak

Geschosstyp: Vollgeschoss



Abbildung 15: PTP

9 mm PTP/s

Firma: MEN

Geschossmasse: 5,9 g

Geschossgeschwindigkeit v_0 : 406 m/s

Geschossmaterial: Tombak

Geschosstyp: zugefaltetes P.E.P. –

Geschoss ohne Kugel



Abbildung 16: PTP/s

9 mm MEN Frangible

Firma: MEN

Geschossmasse: 5,4 g

Geschossgeschwindigkeit v_0 : 410 m/s

Geschossmaterial: Kunststoff – Kupfer
– Konglomerat

Geschosstyp: Zerfallsgeschoss



Abbildung 17: MEN Frangible

9 mm MSV SX2

Firma: RUAG

Geschossmasse: 8 g

Geschossgeschwindigkeit v_0 : 342 m/s

Geschossmaterial: verzinntes

Geschoss mit verkapseltem Bleikern

Geschosstyp: Vollmantelgeschoss



Abbildung 18: MSV SX2

9 mm DM41

Firma: Dynamit Nobel

Geschossmasse: 6,1 g

Geschossgeschwindigkeit v_0 : 349 m/s

Geschossmaterial: Tombakmantel mit Bleikern

Geschosstyp: Vollmantelgeschoss



Abbildung 19: DM41

5.3. Glas



Abbildung 20: beschossene Verbundglasscheibe

Um die Wirkung von Deformationsmunition nach Durchdringen des Zwischenmediums Glas beurteilen zu können, wurde das in PKW – Seitentüren installierte Verbundglas verwendet (BMW – PKW – Seitenscheiben vom Typ Sekurit „Saint Gobain“ 43R•001404 DOT27 M75,5AS2). Das in dieser Versuchsreihe verwendete Verbundglas (siehe Abbildung 20) ist eine Kombination aus zwei Glasschichten von jeweils 3,0 mm Dicke, die mit einer Polyvinylbutiralfolie mit einer Dicke von ca. 0,6 mm heiß verklebt wurden. Bei mechanischer Belastung unterstützt die Zwischenfolie die Festigkeit des Glases und fängt Sprungrisse und Splitter auf. Die Glasscheibe bleibt somit auch unter hohen Belastungen noch intakt.

5.4. Gelatine

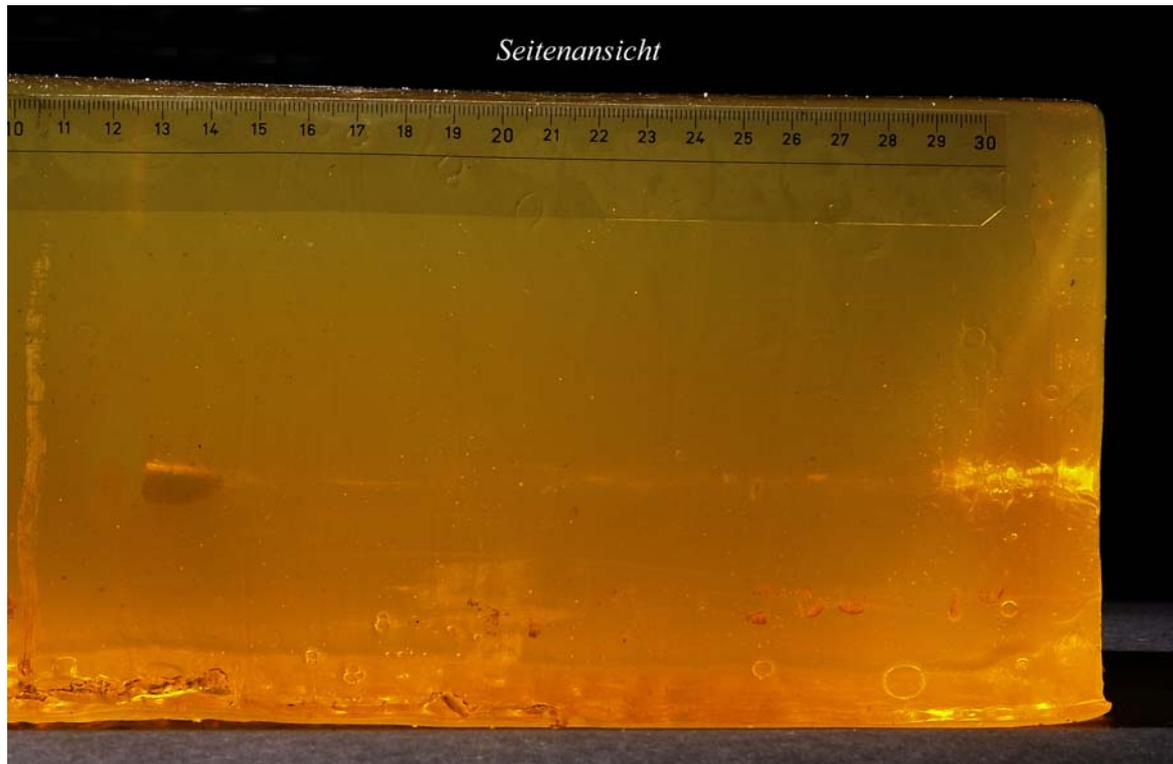


Abbildung 21: beschossener Gelatineblock

Im Versuch I wurde ebenso wie in den Vorversuchen 10% ige Gelatine als Zielmedium gewählt. Die von einigen Mitarbeitern des Bayerischen Landeskriminalamtes angefertigte Gelatine wurde in transparente Blöcke (25 cm x 25 cm x 40 cm) gegossen und als feste Form bei 4°C beschossen (siehe Abbildung 21).

5.5. Seife



Abbildung 22: verwendeter Seifeblock

Im Versuch II wurde auf Blöcke (25 cm x 25 cm x 20 cm) aus Glycerinseife geschossen (siehe Abbildung 22), die von Mitarbeitern der Gruppe Rüstung im Departement für Verteidigung, Bevölkerungsschutz und Sport (VBS) hergestellt wurden.

5.6. Polyurethan

Zusätzlich wurden an beiden Querseiten der Seifenblöcke quadratische Polyurethanplatten der Firma Synbone befestigt (siehe Abbildung 23 und 24).



Abbildung 23: Polyurethanplatte

Material: Modifiziertes knochenähnliches Polyurethan, überzogen mit einer dünnen Gummischicht. Artikelnummer PRO113 [75].

Maße: 250 x 250 x 5 mm,
Gewicht: 250 g +/- 5%

Polyurethanplatte 6 mm:

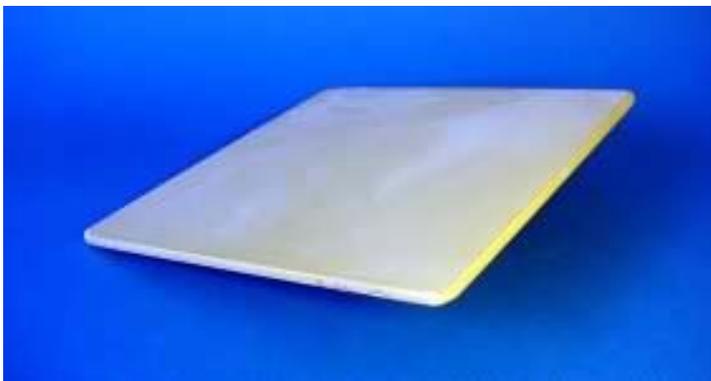


Abbildung 24: Polyurethanplatte

Material: Modifiziertes knochenähnliches Polyurethan, überzogen mit einer dünnen Gummischicht. Artikelnummer PRO114 [75].

Maße: 250 x 250 x 6 mm
Gewicht: 300 g +/- 5%

Des Weiteren wurden Versuche mit jeweils zwei zusammengefügt Hohlhalbkugeln aus Polyurethan durchgeführt, die mit 10 %iger Gelatine gefüllt wurden (siehe Abbildung 25).

Polyurethanhohlkugel Ø 6 mm:



Material: Modifizierte knochenähnliche Polyurethanhohlkugel, überzogen mit einer dünnen Gummischicht.

Artikelnummer PRO111 [75].

Maße: 190 mm, Wanddicke: 6 mm

Abbildung 25: Polyurethanhohlkugel

5.7. Organische Materialien

In Versuch III wurden Schweinekadaver der Rasse „Deutsches Edelschwein“ als Ziele verwendet. Diese hatten ein Gewicht zwischen 49 kg – 112 kg. Die Tiere wurden im Rahmen einer Dissertation von Maisch mit dem Thema „Die tierschutzgerechte Euthanasie beim Schwein mit Pentobarbital“ [48] vor Ort mit Eutha 77[®] getötet. Eutha 77[®] ist ein Arzneimittel für eine schmerzlose und sichere Euthanasie, hergestellt von der Firma Essex Pharma GmbH. Es enthält den Wirkstoff Pentobarbital und wird bei Schweinen mit einer Dosierung von 80 mg/kg intravenös verabreicht. Die Tiere fallen sofort in einen tiefen Schlaf, der rasch, schmerz – und reflexlos und ohne Exzitationen in den Tod durch Herz – und Atemstillstand übergeht.

5.8. Textilien

Die in Versuch III verwendeten Kleidungsstücke waren T – Shirts aus 100% Baumwolle und eine Lederjacke aus Rinder – Nappaleder ohne Innenfutter.

5.9. Allgemeine Versuchsaufbauten

Es wurden drei Versuchsreihen mit diversen 9 mm – Munitionen durchgeführt. Die hierbei untersuchten Parameter waren Geschwindigkeit, Masse, Deformationsverhalten und Eindringtiefe der einzelnen Geschosse in Abhängigkeit vom Schusswinkel. Es wurde deren Wirkung auf die Zielmedien analysiert und eine Schusskanalanalyse durchgeführt. Entscheidend war hierbei die Korrelation zwischen Einschusswinkel und Geschosswirkung. Positioniert wurden die in den einzelnen Versuchen verwendeten Zielmedien in genau definierten Abständen hinter den jeweiligen Verbundglasscheiben. Die Fotodokumentation wurde in allen drei Versuchsreihen mit einer Spiegelreflex – Digitalkamera vom Typ Olympus Progressive Camedia–C–2500–L mit 2,5 Mio Pixel ausgeführt. Die Länge der einzelnen Schusskanäle beziehungsweise die Eindringtiefe wurde als linearer Abstand zwischen Einschuss und Ende des Schusskanals (= Ort der Geschosspitze) gemessen. Im Falle eines Durchschusses war eine exakte Längenbestimmung des Wundkanals nicht möglich. Hier wurde die Gesamtlänge des Zielmediums als Mindestgröße angegeben. Gewogen wurden die Geschosse auf einer elektronischen Pulverwaage RCBS „Powder Pro“ Nr. 9303 – 27.

5.10. Vorversuch

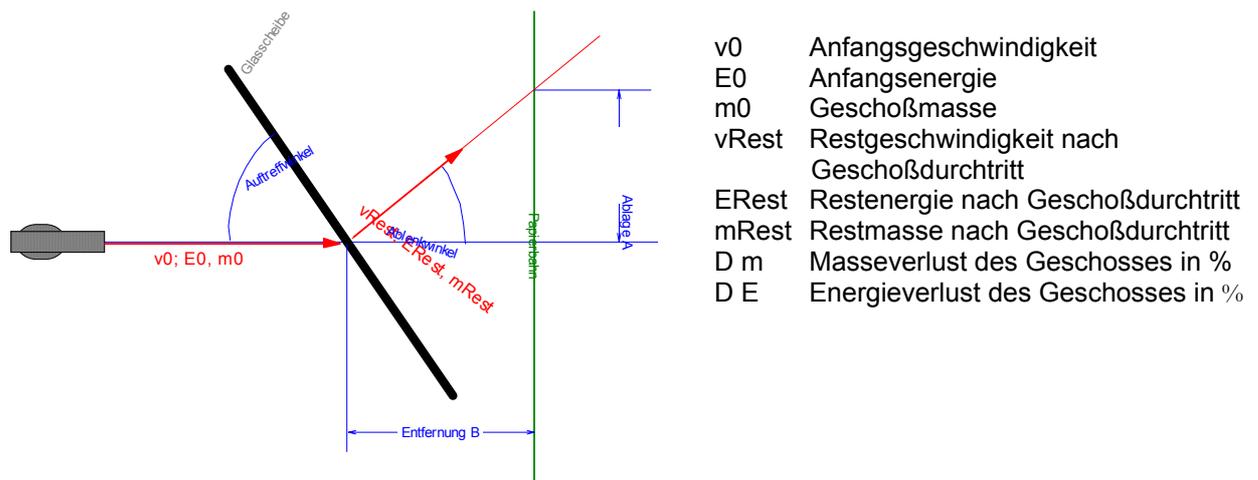


Abbildung 26: Versuchsaufbau Vorversuch

Die Vorversuche wurden im BLKA und dem IRMM durchgeführt [16, 54]. Das Ziel dieser Experimente war die Untersuchung der Penetrationsballistik verschiedener Munitionen (GS, P.E.P., A1, MsVG, SX2, .45HP, .45VM, MEN Frangible, PT) durch Verbundglasscheiben von PKW – Seitenverglasungen. Die Ergebnisse dieser Versuche sind in Tabelle 1 und den Grafiken 1 – 9 wiedergegeben und bilden das technisch – ballistische Grundgerüst dieser Arbeit.

Zur Bestimmung der Geschwindigkeiten der einzelnen Geschosse wurde die AVL B471 Lichtschrankenanlage vom Typ 4705 verwendet. Anschließend wurde die Versuchsreihe gemäß Zeichnung (siehe Abbildung 26) aufgebaut. Nach der Scheibe wurde in einem Abstand von ca. 1 cm eine Packpapierplane aufgestellt, die den Zweck hatte, Splitter abzufangen, so dass das Messgerät nur die Geschwindigkeit des Geschosses misst. Anhand der Geschwindigkeiten vor und nach dem Intermediärmedium konnte der Energieverlust an der Verglasung unter den jeweiligen Winkeln berechnet werden. Die Beschüsse fanden unter Winkeln von 90° , 45° und 30° zur Scheibenebene statt. Geschossen wurde mit der Pistole Glock 26 und Glock 17. Die zuvor ermittelten Anfangswerte wurden zur weiteren Auswertung der Experimente herangezogen.

5.11. Versuch I



Abbildung 27: Versuchsaufbau Versuch I

Diese Versuchsserie wurde im Schussamt Ulm durchgeführt. Ziel dieser Untersuchungen war die Analyse von Bewegung und Verhalten von Geschossen beim Durchschuss von Autoscheiben und der Wirkung dieser Geschosse in dem standardisierten Simulans Gelatine (siehe Abbildung 27). Es sollte bestimmt werden, inwieweit die in den Vorversuchen ermittelten Werte auf dieses spezielle Zielmedium übertragbar sind. Besonderes Augenmerk wurde dabei auf die Korrelation zwischen Einschusswinkel und Geschosswirkung gelegt. Die Wirkung in 10% iger Gelatine wurde anhand der Eindringtiefe der Geschosse in transparente Blöcke (25 cm x 25 cm x 40 cm) und der Ausbildung radialer Rissstrukturen außerhalb des eigentlichen Schusskanals untersucht. Die zu beschießenden Gelatineblöcke wurden auf einer senkrecht verankerten Holzplatte positioniert, welche sich in einem Abstand von 20 cm zur Scheibenebene hinter einer Verbundglasscheibe befand. Der Schütze hatte zur Glasscheibe einen Abstand von 6 m. Zur exakten Schusswinkelbestimmung wurde ein Winkelmesser verwendet, an dessen Ende sich ein Laser – Pointer befand. Dadurch war es möglich, die Waffenmündung in die gewünschte Winkelposition zu bringen. Der Schusswinkel betrug 30°. Geschossen wurde mit der Pistole Glock 26. Zum Vergleich wurde zusätzlich ein Schussversuch mit der P.E.P. unter einem Schusswinkel von 90° durchgeführt. Zur Geschwindigkeitsmessung wurden AVL B471 Lichtschranken mit der Typnummer 4705 verwendet.

Da das MsVG im Vorversuch am ehesten den Anforderungen der technischen Richtlinie für Polizeimunition [61, S.104/105] entsprach, wurden weitere

Vollgeschosse (PTP und PTP/s) in die Versuchsreihe mit aufgenommen. Des Weiteren wurden Experimente mit den Hohlspitzmunitionen A4 und SeCa durchgeführt. Das A1 fand nur noch zur Orientierung Verwendung. Das SX2 wurde wegen seiner Neigung zur Desintegration aus versuchsökonomischen Gründen nicht näher experimentell untersucht.

5.12. Versuch II



Abbildung 28: Versuchsaufbau Versuch II

In Kooperation mit der „Gruppe Rüstung“ wurden in Thun Experimente mit diversen Kurzwaffengeschossen durchgeführt. Ebenso wie in den vorherigen Versuchsreihen wurden die Wirkungen der Geschosse beim Durchdringen von Verbundglasscheiben analysiert. Ziel dieser Untersuchungen war die Untersuchung des Verhaltens verschiedener Geschosse in dem standardisierten Simulans Glycerinseife und in mit ballistischer Gelatine gefüllten Kunstschädeln, um daraus Rückschlüsse auf die wundballistische Wirkung ziehen zu können.

Zielmedien waren Seifenblöcke (25 cm x 25 cm x 20 cm), welche in einem Abstand von 20 cm zur Scheibenbasis aufgestellt wurden. An Vorder – und Rückseite der Blöcke waren je nach Versuch mit Gummi beschichtete Polyurethanplatten von 5 mm beziehungsweise 6 mm Dicke angebracht. Diese

Konstruktionen simulierten so einen Übergang von Knochen zu Weichgewebe, wie dies beispielsweise beim Schädel der Fall ist. Ausgewertet wurden die beschossenen Seifenblöcke mittels Zollmeter und anhand des k – analyzer 1,4. Außerdem wurden mit Gelatine gefüllte Polyurethankugeln mit einer Dicke von 6 mm als Zielmedien verwendet. Diese waren mit einer dünnen, elastischen Gummischicht überzogen (Durchmesser: 190 mm, Dicke: 7 mm, Gewicht: 600 g) und dienten als Schädel simulans.

Die PKW – Seitenscheiben wurden in einer Schussdistanz von 10 m in einer selbst erstellten Vorrichtung eingespannt. Diese Anlage ermöglichte eine vertikale und horizontale Verstellbarkeit der Scheibe. Durch die seitliche Klemmung in der Schwerpunktschwerachse der Scheibe war es problemlos möglich, den zu untersuchenden Schusswinkel von 30° beziehungsweise 90° durch horizontales Kippen der Scheibe einzustellen (siehe Abbildung 28). Als Schussvorrichtung diente eine fest stehende Lafette mit auswechselbaren Läufen, die so justiert war, dass sie eine waagrecht verlaufende Schussachse sicherte (siehe Abbildung 28). Die Lauflänge betrug 98 mm. Die Geschwindigkeitsmessungen wurden mit Hilfe einer Lichtschranke vom Typ AVL B470 drei Meter vor dem Ziel durchgeführt. Zusätzlich befanden sich zwei Hochgeschwindigkeitskameras (Redlake: Motion Xtra HG – 100K und Hadland IMACON 200 DRS Technologies) parallel zum Zielmedium, um dessen Veränderung beim Eindringen der Geschosse aufzuzeichnen.

Die beschossenen Polyurethanschädel wurden mit Hilfe eines Magnetresonanztomographen analysiert. Hier wurde das Modell Magnetrom Harmony von Siemens mit einer Feldstärke von 1,0 Tesla verwendet. Die Volumina der entstandenen Wundkanäle wurden ebenfalls mit Hilfe dieses Gerätes berechnet. Bei den verwendeten Munitionen handelte es sich um 9 mm Luger Silvertip HP, Golden Saber, Action 4, Action 5, P.E.P., MsVG und der DM41.

5.13. Versuch III



Abbildung 29: Versuchsaufbau Versuch III

Im Versuch III wurden Beschussuntersuchungen an Schweinekadavern durchgeführt (siehe Abbildung 29). Ziel dieser Experimente war es, die wundballistische Wirkung verschiedener Geschosse in organischen Zielmedien darzustellen. Im Mittelpunkt der Versuche stand die Frage, inwiefern bisher gewonnene Ergebnisse auf eine tatsächliche Situation übertragen werden können, wie sie beispielsweise bei dem Beschuss eines Fahrzeuges auf kurzer Distanz auftritt. Es wurden Schweine verschiedener Gewichte (49 – 112 kg) und Größen ausgewählt. Diese wurden mit Eutha 77[®] euthanasiert. Nach Kontrolle des Kreislauf – und Atemstillstandes wurden die toten Schweine sofort, das bedeutet mit einer Körpertemperatur von ca. 36°C noch vor ihrer Auskühlung mit einem T – Shirt und einer Lederjacke eingekleidet. Die Körpertemperatur der

Kadaver wurde kurz vor Durchführung der Versuche rektal mit Hilfe eines elektronischen Temperaturmessgerätes geprüft. Das jeweilige Schwein wurde hinter einer Glasscheibe so positioniert, dass die angestrebte Trefferzone zur Seitenscheibe einen realitätsnahen Abstand von 60 cm hatte. Ein exakter Schusswinkel war technisch nicht festgelegt worden, sollte aber realitätsbezogen situativ gewählt werden und betrug zwischen 30° – 45°. In einem Schussabstand von 25 cm zur Scheibe wurden die Tiere nachfolgend beschossen. Damit eine hohe Übereinstimmung der Trefferlage und auch der in den Körper eingebrachten Energie erzielt werden konnte, erfolgte der Einschuss jeweils in der linken Schulter – Halsregion der Tiere. Bei der verwendeten Munition handelte es sich um 9 mm Luger GS, A1, P.E.P, SX2 und PTP/s. Geschossen wurde mit einer Glock Modell 26.

Zur Auffindung und Dokumentation der im Körper verbliebenen Geschosse wurde eine herkömmliche Röntgenuntersuchung durchgeführt. Anschließend wurden die Tiere obduziert und die Ergebnisse mittels einer Digitalkamera fotografiert. Die Projektile wurden asserviert und deren Lage dokumentiert. Auf eine Geschwindigkeitsmessung wurde verzichtet.

6. Ergebnisse

6.1. Ergebnisse Vorversuch

Nr.	Projektile	m 0 (g)	Auftreff-winkel (°)	v 0 (m/s)	v Rest (m/s)	Delta v (%)	E 0 (J)	m Rest (g)	Delta m (%)	E Rest (J)	Delta E (%)	Ablenk-winkel (°)	Kommentar
1	GSb	9,5	---	284	---	---	384	---	---	---	---	---	v0-Messung
35	GSb	9,5	---	283	---	---	381	---	---	---	---	---	v0-Messung
2	PEP	5,9	---	398	---	---	467	---	---	---	---	---	v0-Messung
34	PEP	5,9	---	394	---	---	458	---	---	---	---	---	v0-Messung
3	A1	5,6	---	406	---	---	462	---	---	---	---	---	v0-Messung
18	MS-VG	7	---	367	---	---	471	---	---	---	---	---	v0-Messung
19	SX2	8	---	342	---	---	469	---	---	---	---	---	v0-Messung
20	.45 HP	14,5	---	216	---	---	337	---	---	---	---	---	v0-Messung
23	.45 VM	14,9	---	204	---	---	301	---	---	---	---	---	v0-Messung
24	A1	5,6	90	---	286	31	462	5,33	5%	218	53%	---	Glock 17, Glasstöpsel
25	A1	5,6	90	---	271	33	462	5,31	5%	195	58%	---	
28	PEP	5,9	90	---	254	36	463	5,82	2%	188	59%	---	
31	GSb	9,5	90	---	205	28	383	9,56	0%	201	48%	---	
27	MS-VG	7	90	---	298	19	471	6,83	2%	303	36%	---	Fragmentierung an Spitze
26	SX2	8	90	---	273	20	469	8,08	0%	301	36%	---	
29	PT		90	---	---	---	---	---	---	---	---	---	kein Durchschuss
30	MEN Frangible		90	---	348	---	---	---	---	---	---	---	vollständige Fragmentierung,
6	A1	5,6	45	---	201	51	462	4,93	12%	100	78%	8° rechts	

5	PEP	5,9	45	---	155	61	463	5,36	9%	64	86%	3° rechts	
4	GSb	9,5	45	---	188	34	383	9,13	4%	161	58%	3° rechts	
36	GSb	9,5	45	---	---	---	383	9,27	2%	---	---	---	keine v-Messung
37	GSb	9,5	45	---	176	38	383	9,28	2%	144	62%	---	
9	A1	5,6	30	---	---	---	462	---	---	---	---	---	Abpraller, kein Durchschlag
11	A1	5,6	30	---	---	---	462	5,14	8%	---	---	75° links	
13	A1	5,6	30	---	---	---	462	5,19	8%	---	---	15° links	
14	A1	5,6	30	---	13	97	462	5,05	10%	0,43	100%	19° links	
8	PEP	5,9	30	---	---	---	463	---	---	---	---	---	Keine Messung, kein Geschoss
10	PEP	5,9	30	---	62	84	463	5,75	3%	11	98%	5° links	
12	PEP	5,9	30	---	69	83	463	5,73	3%	14	97%	5° links	
7	GSb	9,5	30	---	148	48	383	6,93	27%	76	80%	2° rechts	
15	GSb	9,5	30	---	119	58	383	6,82	28%	48	87%	7° rechts	
16	SX2	8	30	---	215	37	469	4	50%	92	80%	---	Ablenkung nicht gemessen (gering), zerlegt in Kern u. Mantel
17	MS-VG	7	30	---	197	46	471	6,99	0%	136	71%	0°	
21	.45 HP	14,5	30	---	111	49	337	---	---	---	---	10° links	zerlegt in Kern u. Mantel
22	.45 VM	14,9	30	---	92	55	301	14,91	0%	63	79%	7° rechts	

Tabelle 1: Ergebnisse Vorversuch

6.1. Ergebnisse Vorversuch

Die Ergebnisse des Vorversuches sind in Tabelle 1 wiedergegeben.

Anfangsgeschwindigkeit und Anfangsenergie

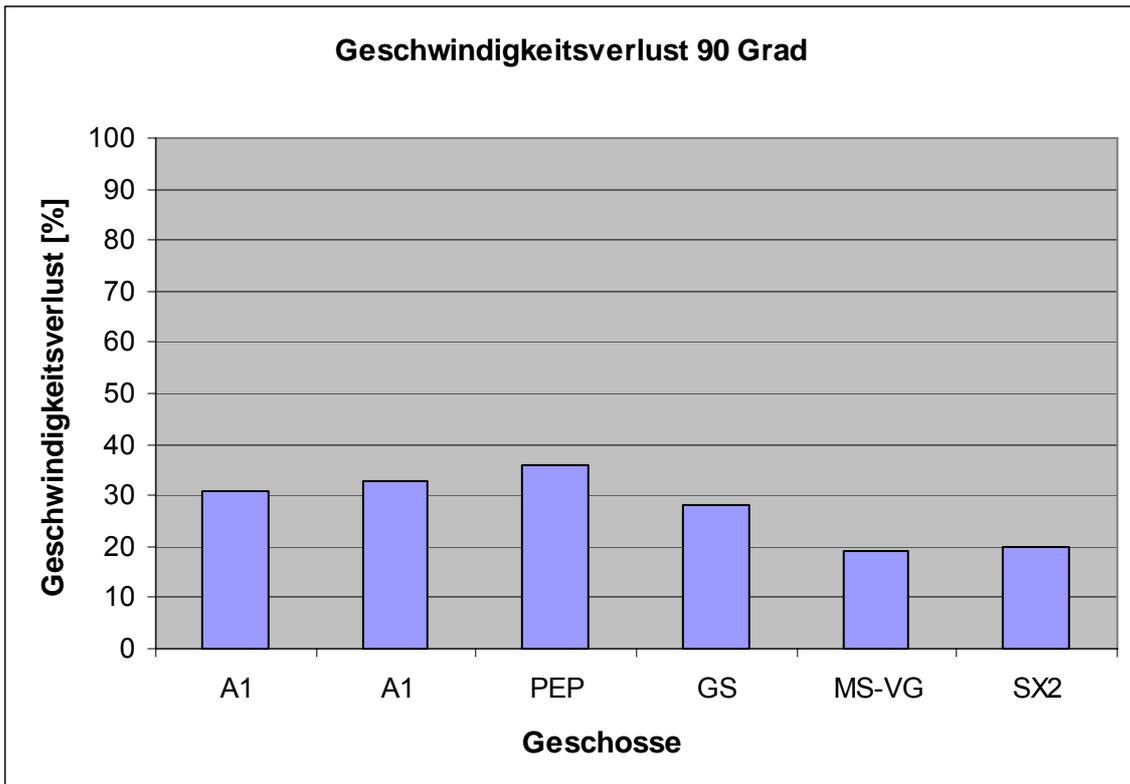
In dieser Versuchsreihe lagen die Geschwindigkeiten der meisten Kurzwaffengeschosse in dem für Handfeuerwaffen zu erwartenden Bereich zwischen 250 m/s und 400 m/s [66, S.5]. Am langsamsten war das GSb mit ca. 280 m/s, am schnellsten das A1 mit ca. 400 m/s. Die Projektile P.E.P., A1, MsVG und SX2 hatten Anfangsenergien zwischen 450 J und 490 J und das GSb ca. 380 J. Eine wesentlich geringere Geschwindigkeit (200 m/s beziehungsweise 220 m/s) und somit auch eine geringere Anfangsenergie (300 J beziehungsweise 340 J) hatten die Geschosse .45 ACP HP und .45 ACP VM. Aufgrund dieser geringen Werte wurden die beiden Geschosse nur zum Vergleich herangezogen und in den folgenden Versuchen nicht weiter analysiert. Das PT – Geschoss wurde ebenfalls nur zu Vergleichszwecken in die Versuchsreihe aufgenommen. Da es das Intermediärmedium nicht penetrierte, wurde auf eine weitere Analyse des Geschosses verzichtet.

Das Beschießen der Verglasung in einem Winkel von 90° beziehungsweise 30° zur Scheibenebene diente dazu, die Mindestwerte für die Verluste an Geschwindigkeit, Masse und somit auch an Restenergie einzugrenzen.

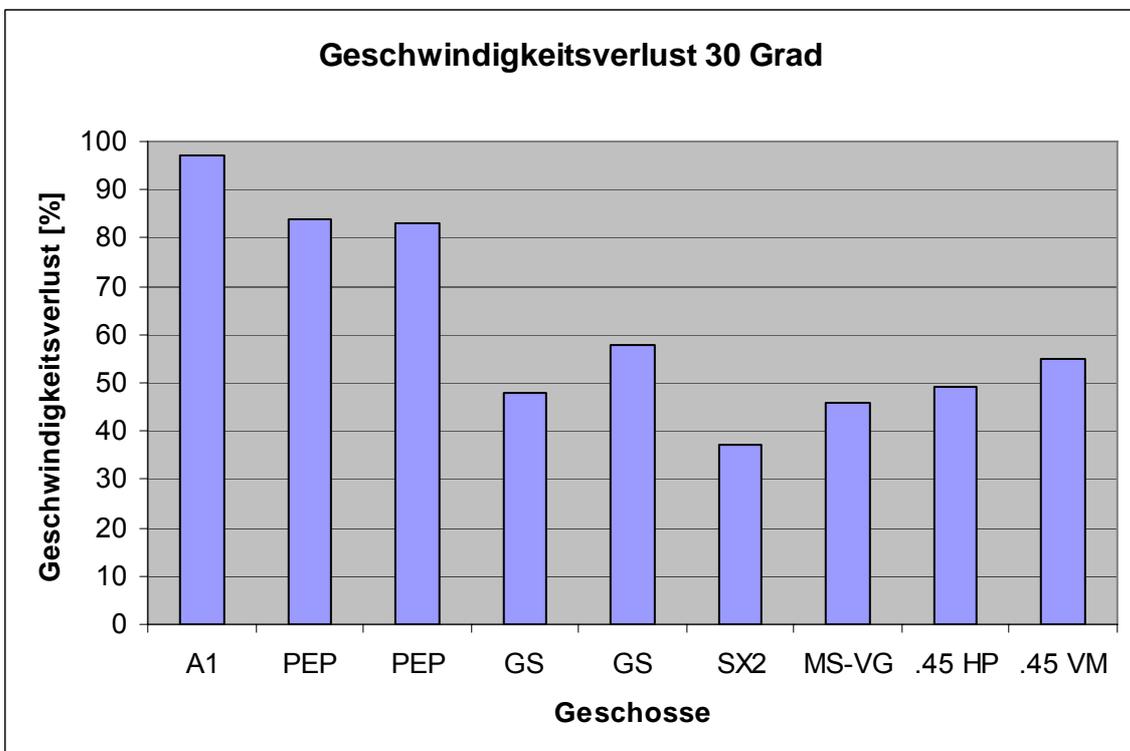
Geschwindigkeitsverlust

Abgesehen von dem PT kam es beim senkrechten Beschuss bei allen Geschossen zu einer Penetration des Intermediärmediums. Unter diesem Schusswinkel hatten die Deformationsgeschosse Geschwindigkeitseinbussen von bis zu 36% (P.E.P.) zu verzeichnen, wohingegen die Nicht – Deformationsgeschosse nur bis zu 20% (SX2) ihrer Anfangsgeschwindigkeit an das Zwischenziel abgaben (siehe Grafik 1).

Beim Beschuss unter einem Winkel von 30° wird der Unterschied der Geschwindigkeitsverluste am Zwischenmedium noch deutlicher. Die Deformationsgeschosse verloren bis zu 97% ihrer ursprünglichen Geschwindigkeit (A1), die Nicht – Deformationsgeschossen nur bis zu 58% (GSb) (siehe Grafik 2).



Grafik 1: Geschwindigkeitsverlust der Geschosse unter einem Schusswinkel von 90 Grad



Grafik 2: Geschwindigkeitsverlust der Geschosse unter einem Schusswinkel von 30 Grad

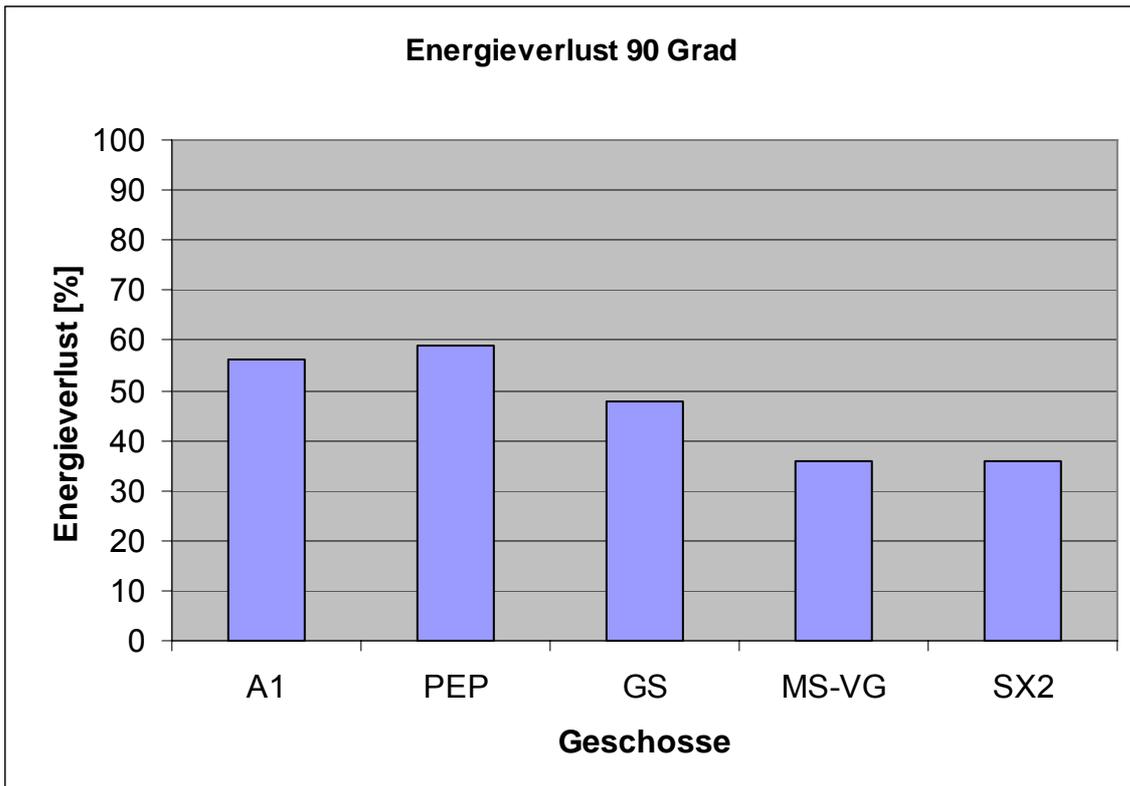
Masseverlust:

Beim Beschuss der PKW – Seitenscheiben unter einem Winkel von 90° verzeichnete das Hohlspitzgeschoss A1 einen Masseverlust von knappen 0,3 g, was ca. 5% entspricht. Im Vergleich dazu reduzierte sich die Masse des Messingvollgeschosses von 7,0 g auf 6,83 g, was ca. 2,4% entspricht. Die P.E.P. verlor ein zu vernachlässigendes Gewicht von 0,1 g an der Seitenscheibe. Das MEN Frangible zerlegte sich nahezu vollständig im Zielmedium. Eine genaue Analyse des Massenverlustes war daher nicht möglich. Bei den restlichen Geschossen wurde keine Gewichtsreduktion festgestellt.

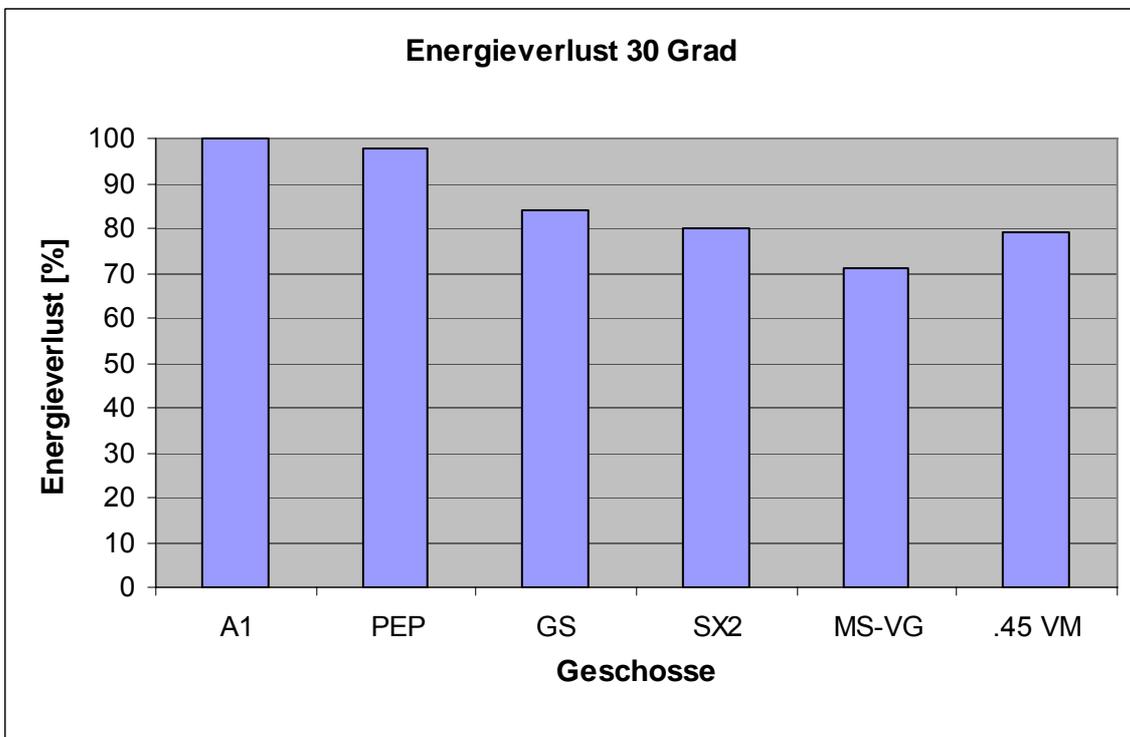
Im Gegensatz dazu fiel bei einem Auftreffwinkel von 30° ein merklicher Masseverlust unter den Kombinationsgeschossen auf. Das GSb verlor bis zu einem Drittel und das SX2 die Hälfte seines Ausgangsgewichtes, wohingegen die monolithisch aufgebauten Geschosstypen, wie A1 und P.E.P. eine Gewichtsabnahme von bis zu einem Zehntel aufwiesen. Formstabile Vollgeschosse, wie das MsVG hatten keinen relevanten Masseverlust. Bei senkrechtem Beschuss standen bei allen Geschossen als Restenergie E_{Rest} noch ca. 200 J und mehr nach der Scheibe zur Verfügung. Bei einem Auftreffwinkel von 30° reduzierte sich E_{Rest} auf Werte von ca. 140 J (MsVG) über knappe 80 J (GS) bis auf 0 J (A1 – Abpraller).

Energieverlust

Die Energieverluste an der Glasscheibe verhielten sich entsprechend der Geschwindigkeitsverluste. Unter einem Schusswinkel von 90° verloren die Deformationsgeschosse P.E.P., A1 und GSb mit etwa knapp 50% – 60% die meiste Energie am Zwischenmedium (siehe Grafik 3). Das Nicht – Deformationsgeschoss MsVG verlor beim Durchdringen des Intermediärmediums aufgrund auftretender Reibungskräfte 36% seiner Energie (siehe Grafik 3). Eine Verringerung des Schusswinkels auf 30° führte zu dementsprechend größeren Energieverlusten beim Durchdringen des Zwischenmediums, wobei auch hier die Deformationsgeschosse eindeutig größere Energieabgaben zu verzeichnen hatten (siehe Grafik 4).



Grafik 3: Energieverlust der Geschosse unter einem Schusswinkel von 90 Grad



Grafik 4: Energieverlust der Geschosse unter einem Schusswinkel von 30 Grad

Ablenkung:

Bei lotrechtem Schuss auf die Glasscheiben kam es in keinem der Fälle zu einer Ablenkung der Geschosse. Eine Winkelreduktion auf 45° bewirkte eine Winkelabweichung von 8° beim A1 und jeweils 3° beim GSb und P.E.P. Unter einem Einfallswinkel von 30° hielt sich die Ablenkung der Geschosse in einem Rahmen von $2^\circ - 7^\circ$ bei P.E.P., GSb und SX2. Das MsVG zeigte beim Penetrationsvorgang eine vernachlässigbar geringe Ablenkungsneigung. Das A1 lag mit seinen stark variierenden Ablenkwinkeln von 15° bis 75° und seiner deutlichen Abprallneigung in einem indiskutablen Bereich und wurde deshalb in den folgenden Untersuchungen nur noch zur Orientierung verwendet.

Stabilität:

Eine der Voraussetzungen für die Verwendbarkeit von Polizeimunition ist, wie bereits erwähnt wurde, deren Stabilität beim Eindringen in das Zielmedium. Bei den Geschossen .45 ACP Hohlspitzgeschoss und MEN Frangible kam es bei den Versuchen zu einer Geschosszerlegung nach Durchdringen der Seitenscheibe. Sie wurden somit in den folgenden Versuchen nicht weiter untersucht.

6.2. Ergebnisse Versuch I

Nr.	Projektile	Auftreff- winkel	v0 (m/s)	m0 (g)	m Rest (g)	Delta M %	E0 (J)	Eindring- tiefe (cm)	Ablenkwinkel (o)	Risslänge max (cm)	Kommentar
1.	GSb	30	288	9,5	6,8	28	394	9	12	0	
2.	P.E.P.	30	397	5,9	5,7	3,0	464,9	5	-8	0	
3.	MsVG	30	366	7	6,9	1,4	468,8	20	-4	2,5	
4.	Action 4	30	397	6,1	5,5	8,7	480,7	6	5	0	
5.	PTP	30	396	5,9	5,9	0	462,2	19	-6	0+0	
6.	PTP/s	30	406	5,9	5,8	1,7	486,3	17	0	0+0	
7.	SeCa	30	378	6,5	---	---	464,4	7,5	3	0	Splitter
8.	Action 1	30	416	5,6	5,13	8,4	484,6	---	---	---	Abpraller an der Scheibe
9.	P.E.P.	90	397	5,9	5,82	0	462,6	20	0	4	Vergleichsschuss
* nicht messbar wegen unauffindbaren Splintern											

Tabelle 2: Ergebnisse Versuch I

6.2. Ergebnisse Versuch I

Die Ergebnisse des Versuches I sind in Tabelle 2 wiedergegeben.

Geschwindigkeit und Energie

Ebenso wie im Vorversuch hatten die verwendeten Geschosse die jeweils zu erwartenden Geschwindigkeiten und Anfangsenergien. Die geringsten Geschwindigkeiten hatten das GSb (288 m/s), was in einer Anfangsenergie von 394 J resultierte und das MsVG (366 m/s) mit einer entsprechenden Anfangsenergie von 468 J. Die restlichen Geschosse hatten Anfangsgeschwindigkeiten von ungefähr 400 m/s. Das A1 war mit 416 m/s das schnellste Geschoss.

Masseverlust

Einen Masseverlust von unter 2% hatten die Vollgeschosse MsVG und PTP, ebenso wie dessen Variante PTP/s. Sie lagen damit deutlich unter dem des Hohlspitzgeschosses GSb, das mit 28% den größten Teil seiner Masse verlor. Der Verlust der Geschosse von A1 und A4 betrug 8,4 % und 8,7%. Bei einem Schusswinkel von 90° war bei der P.E.P. kein Masseverlust zu beobachten. Eine Winkelverringerng auf 30° führte zu einer Reduktion des Geschossgewichts um 3%. Beim SeCa kam es zu einer Zerlegung des Geschosses. Aus technischen Gründen war eine Massebestimmung daher nicht möglich. Das Geschoss wurde in den folgenden Versuchen nicht mehr verwendet.

Ablenkung

Unter einem Schusswinkel von 30° war die Ablenkung der Nicht – Deformationsgeschosse insgesamt geringer als die der Deformationsgeschosse, auch wenn es zu Ablenkungen von bis zu 6° (PTP) kam. Die größte Ablenkung unter den Deformationsgeschossen hatten das GSb und die P.E.P. mit jeweils 12° und 8°. Bei senkrechtem Beschuss der Seitenscheibe war bei der P.E.P. kein Ablenkwinkel messbar. Bei mehrmaliger Wiederholung der Versuche kann die festgestellte Bandbreite beim Ablenkwinkel auf jedes der hier genannten Geschosse übertragen werden. Daraus lässt sich eine ablenkungsbedingte mangelhafte Treffgenauigkeit folgern, was die Vorhersagbarkeit der Geschosswirksamkeit erheblich erschwert.

Eindringtiefe

Auch hier bestätigte sich bei der Auswertung der Versuche, dass die vorab bestimmte Geschossenergie ein geeignetes Maß für die zu erwartende Länge des Schusskanals in Gelatine darstellt. Letztlich gab die Eindringtiefe der Geschosse in Gelatine die aus den vorgehenden Versuchen ermittelte Reihenfolge der Restenergie E_{Rest} der einzelnen Geschosse wieder.

Wie im Vorversuch kam es bei dem Geschoss A1 auch in dieser Versuchsreihe unter einem Beschusswinkel von 30° zu keinem Durchschuss der Seitenscheibe. Sämtliche anderen Deformationsgeschosse (P.E.P., A4, SeCa und GSb), welche die Scheibe penetrierten, drangen weniger als 10 cm in die Gelatine ein.

Die monolithartig aufgebauten Messing – und Tombakgeschosse MsVG, PTP und PTP/s haben die Tendenz, dass sie einen wesentlich geringeren Energieverlust am Intermediärmedium erfahren und somit signifikant höhere Energiereserven besitzen als Deformationsgeschosse. Die Eindringtiefen in Gelatine lagen mit 17 – 20 cm etwa doppelt so hoch wie beim GS, welches unter den Deformationsgeschossen den längsten Schusskanal aufwies. Zudem bildeten sich beim Eindringen in Gelatine Radialrisse entlang des Schusskanals, die beim MsVG bis zu 2,5 cm betrugten und bei PTP und PTP/s nur geringfügig vorhanden waren. Das bedeutet, dass bei diesen Geschossen wesentlich mehr Wirkung im Verlauf ihres Geschossweges im vitalen Gewebe zu erwarten ist, als bei den oben genannten Deformationsgeschossen. Bei der verwendeten Deformationsmunition kam es in keinem der Gelatineblöcke zur Bildung von Radialrissen.

Um den Einfluss des Schusswinkels zu illustrieren, wurde als letzter Versuch die P.E.P. in einem Winkel von 90° auf die Verglasung geschossen. Im Vergleich zum Beschusswinkel von 30° kam es nun zur Bildung von Risslängen von bis zu 4 cm. Der Schusskanal verlängerte sich auf das Vierfache von 5 cm auf 20 cm.

6.3. Ergebnisse Versuch II

Nr.	Projektile	Auftreff – winkel (°)	v0 (m/s)	m0 (g)	m Rest (g)	Delta m (%)	E0 (J)	Eindring – tiefe (cm)	Kommentar
1.	P.E.P.	90	412	5,9	5,56	5,8	500,7	> 20	Durchschuss, geringe Restenergie
2.	GS	90	325	8	8	0%	422,5	> 20	Durchschuss, ca. 1 cm Eindringen in folgendem Seifenblock
3.	Action 4	90	407	6,1	5,88	3,6	505,2	~ 20	Steckschuss
4.	P.E.P.	90	410	5,9	5,83	1,2	495,9	~ 20	Steckschuss, Geschoss mehr E–Rest als Action 4
5.	Silver Tip	90	294	9,5	Mantel: 1,64 Kern: 5,3	26,95	410,6	> 20	Durchschuss, Eindringtiefe in folgendem Block: 1 cm; Teilung Mantel – Kern
6.	P.E.P.	30	410	5,9	5,82	1,4	495,9	11,5	Trennung Plastikkugel – Geschoss; Plastik → 5 mm in oberen Seifenblock
7.	GS	30	330	8	---	*	435,6	20	Mehrere Teilsplitter in oberen Seifenblock
8.	Action 4	30	404	6,1	5,57	8,7	497,8	15	Trennung Plastikkugel – Geschoss; Eindringtiefe Plastikkugel in oberen Block: 8 mm
9.	Silver Tip	30	293	9,5	Kern: 5,15 Mantel: 1,55	30,5	407,8	6,5	Absplitterung mehrerer Mantelstücke → Eindringen in oberen Block bis zu 3 cm
10.	Action 5	30	430	6,1	5,55	9	563,9	14	2 Absplitterungen in oberen Block 0,5 cm und 1 cm
11.	DM41	30	349	8	5,07	36,6	487,2	20	Steckschuss; Teilung Mantel – Kern beim Durchschuss
12.	Action 5	90	421	6,1	6,01	1,5	540,6	19,5	
13.	DM41	90	344	8	8,04	0	473,3	> 20	Durchschuss; Eindringtiefe 2. Block 10 cm → insg. 30 cm
14.	P.E.P.	90	411	5,9	5,87	0,5	498,3	> 19	Durchschuss; Eindringtiefe Seife 3 cm
15.	GS	90	327	8	8	0	427,7	> 19	Durchschuss; oberflächliches, leicht erhöhtes Eindringen in Seifenblock
16.	Action 4	90	410	6,1	5,77	5,4	512,7	> 19	Durchschuss; Eindringtiefe Seife: 1cm, leicht erhöht

17.	Silver Tip	90	294	9,5	Kern: 7,64 Mantel: 1,55	3,3	410,6	> 19	Durchschuss; Zerteilung Mantel – Kern; Eindringen in Seife: Kern: 1,5 cm; Mantel: 2,5 cm
18.	Action 5	90	423	6,1	5,71	4,4	545,7	> 19	Durchschuss; oberflächliches Stecken in Seife
19.	MSVG	30	352	7	7	0	433,7	~ 20	Steckschuss
20.	MSVG	90	373	7	7	0	487	> 20	Durchschuss; Eindringtiefe in 2. Seifenblock: 6 cm → 26 cm
*nicht messbar wegen unauffindbaren Splittern									

Tabelle 3: Ergebnisse Versuch II

6.3. Ergebnisse Versuch II

Die Ergebnisse des Versuches II sind in Tabelle 3 wiedergegeben.

Geschwindigkeit

Die Geschwindigkeiten der Geschosse deckten sich im Grunde genommen mit denen der bereits durchgeführten Versuche. Im unteren Geschwindigkeitsbereich lagen die beiden Geschosse ST und GS mit ca. 290 m/s beziehungsweise 330 m/s. Bei den Nicht – Deformationsgeschosse DM41 und MsVG wurden Geschwindigkeiten von ca. 350 m/s und ca. 370 m/s gemessen. Am schnellsten war das A5 mit 430 m/s.

Masseverlust

Beim Beschuss der Seifeblöcke unter einem Schusswinkel von 90° variierte der Masseverlust der P.E.P. zwischen 1,2% und 5,8%. Andere Deformationsgeschosse, wie das A4 oder A5 lagen bei 3,6% und 1,5%. Der hohe Verlust des ST kam aufgrund der Teilung von Mantel und Kern zustande und konnte daher im direkten Vergleich nicht mit einbezogen werden. Die beiden Nicht – Deformationsgeschosse DM41 und MsVG verloren unter einem Schusswinkel von 90° keine messbare Masse beim Durchdringen der Seitenscheibe. Eine Reduktion des Schusswinkels auf 30° führte beim A4 und A5 zu einer Steigerung des Masseverlustes auf knappe 9%, während das Nicht – Deformationsgeschoss MsVG kein Gewichtsverlust am Intermediärmedium zu verzeichnen hatte. Beim Beschuss der Kunstschädel unter einem Winkel von 90° verloren das A4 5,4% und das A5 4,4% ihres Ausgangsgewichtes, das GS und das P.E.P. verloren vernachlässigbar kleine Mengen.

Deformationsverhalten

Unter einem Schusswinkel von 90° kam es bei den Deformationsgeschossen zu einem gleichmäßigen Aufpilzen der Geschosse mit einem Durchmesser von 1,0 cm (P.E.P. siehe Abbildung 30 a+b) bis hin zu 1,2 cm (A4).

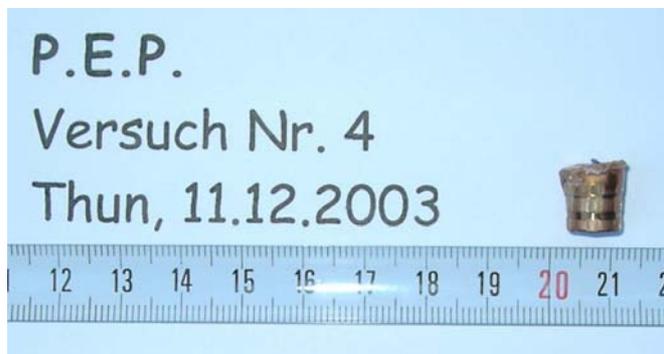
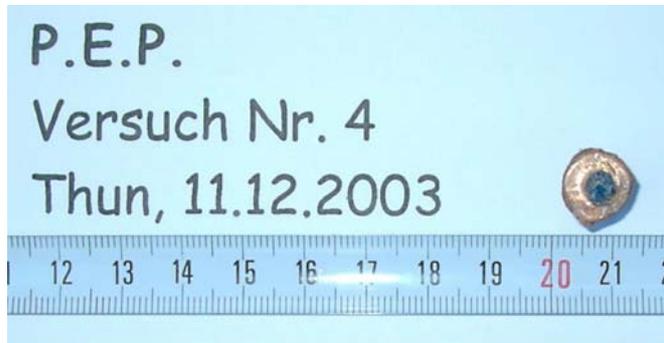


Abbildung 30 a+b: Deformierte P.E.P. nach Beschuss unter einem Schusswinkel von 90 Grad

Eine Verringerung des Schusswinkels auf 30° verursachte eine ungleichmäßige Deformation der Geschosse (siehe Abbildung 31 a+b).



Abbildung 31 a+b: Deformierte P.E.P. nach Beschuss unter einem Schusswinkel von 30 Grad

Beim A5 deformierte bei einem Schusswinkel von 30° eine der Sollbruchstellen unvollständig, so dass diese nahezu unverändert stehen blieb (siehe Abbildung 32 a+b).



Abbildung 32 a+b: Deformiertes Action5 nach Beschuss unter einem Schusswinkel von 30 Grad

Unter einem Winkel von 90° kam es zu einer gleichmäßigen Deformation des Geschosses (siehe Abbildung 33 a+b).

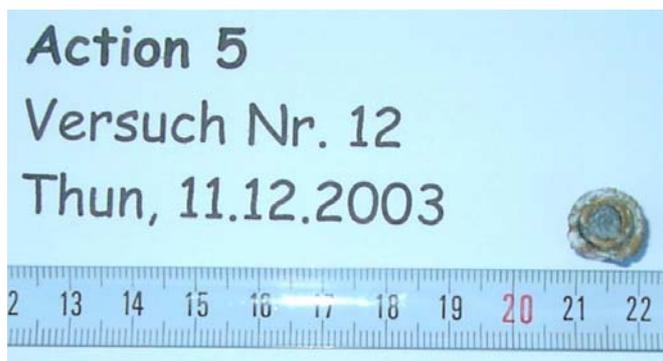


Abbildung 33 a+b: Deformiertes Action5 nach Beschuss unter einem Schusswinkel von 90 Grad

Lediglich das Vollgeschoss MsVG zeigte unter beiden Schusswinkeln ein ähnliches Verhalten. Unter einem Schusswinkel von 90° blieb es formstabil (siehe Abbildung 34 a+b).



Abbildung 34 a+b: Nahezu formstabilen MsVG nach Beschuss unter einem Schusswinkel von 90 Grad

Auch unter einem Schusswinkel von 30° blieb das MSV – Geschoss formkonstant (siehe Abbildung 35 a+b).



Abbildung 35 a+b: Nahezu formstabilen MsVG nach Beschuss unter einem Schusswinkel von 30 Grad

Verlauf der Schusskanäle



Abbildung 36 a+b: Querschnitte der beschossenen Seifenblöcke der Schüsse 1–9

In den Abbildungen 36 a+b sind einige Beispiele der in Versuch II beschossenen Seifenblöcke dargestellt. Bei Betrachtung der Endpositionen und der verursachten Wundkanäle der einzelnen Projektile lässt sich feststellen, dass die unter einem Schusswinkel von 90° zur Scheibenebene abgefeuerten Deformationsgeschosse, mit Ausnahme der leicht ansteigenden P.E.P. ($< 5^\circ$), alle einen nahezu geradlinigen Verlauf im Seifenblock hatten. Unter diesem Winkel kam es beim P.E.P. – Geschoss zu einer $\frac{1}{4}$ -Drehung, bevor es in der Polyurethanplatte stecken blieb. Im Gegensatz dazu zeigten die Vollmantelgeschosse DM41 und MsVG einen Schusskanal, der eine Abweichung von der Horizontalen von ca. 20° beim DM41 und 10° beim MsVG hatte. Das DM41 blieb dabei nahezu achsenstabil und zeigte in Schusskanalrichtung, während das MsVG eine um 25° seitlich rotierte Lage einnahm.

Bei einer Winkelreduktion auf 30° kam es unter den Deformationsmunitionen lediglich beim P.E.P. – Geschoss zu einer Krümmung des Schusskanals, nämlich zu einem Anstieg um 10° . Das A5 wies einen geraden Kanal auf. Es kam während des Eindringens in den Seifenblock zu einer ca. 45° Drehung des Geschosses. Zu einer noch stärkeren Rotation um die Längsachse kam es bei den Geschossen P.E.P., GS und A4. In ihrer Endposition zeigte deren jeweils deformierte Spitze in Richtung Einschuss, was bedeutet, dass die Geschosse direkt nach Durchschuss der Verglasung oder innerhalb der Seifenblöcke eine 180° – Drehung vollzogen haben.

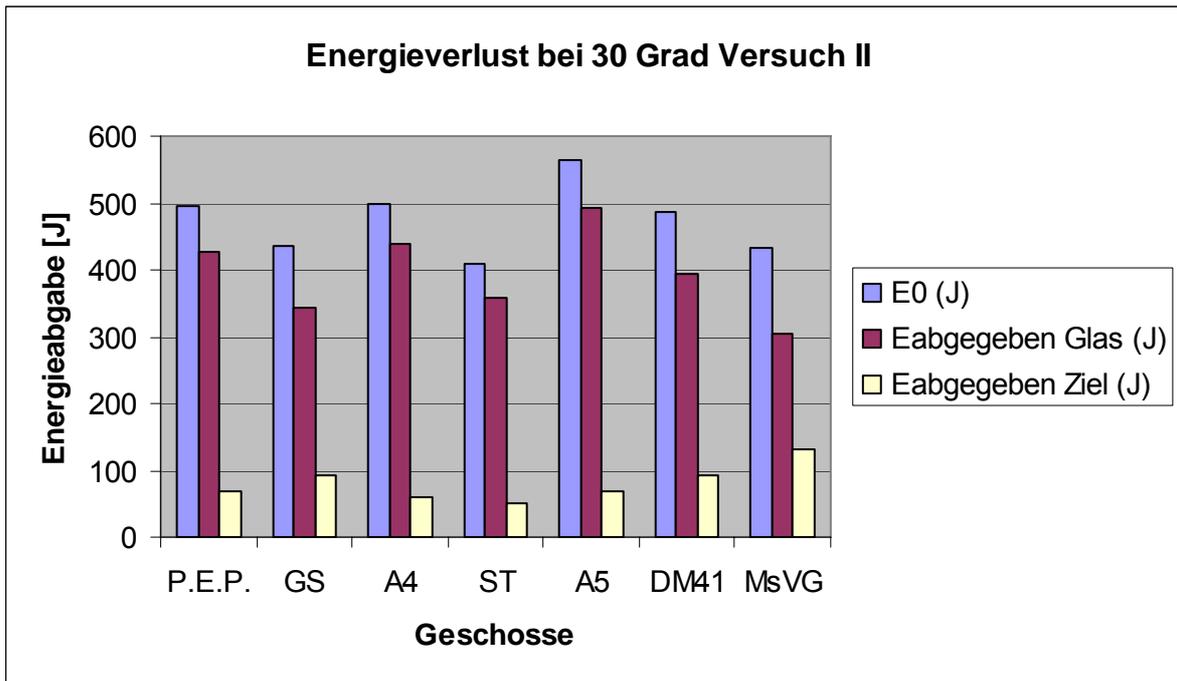
Beim Durchdringen der Verglasung unter einem Winkel von 30° erfuhr das ST die meisten Veränderungen. Es kam zur Splitterbildung und Abweichung der Achsenstabilität, was zu einer leichten Taumelbewegung des Geschosses führte. Zusätzlich erfolgte eine Trennung von Mantel und Kern. Der Kern hatte eine nicht achsengerechte Endlage im Seifenblock. Der Mantel wurde in einem seitlich über dem Zielmedium positionierten Block gefunden, welcher zu Schutzzwecken aufgestellt wurde. Unter einem Einfallswinkel von 30° fand sich ebenfalls eine nicht axiale Endstellung bei geradlinig verlaufender Verdrängung der Seife bei dem Geschoss DM41. Der Schusskanal des MsVG verlief in einer leichten Schräge von ca. $5 - 10^\circ$ in Richtung Seifenblock Oberfläche. Das MsVG endete hier in einer zur Bewegungsrichtung senkrechten Lage. Der Verlauf des Schusskanals lässt eine Drehbewegung des Geschosses vermuten.

Eindringtiefe und Energieabgabe

Bei einem Winkel von 90° zur Glasebene konnte kein signifikanter Unterschied in der Länge der Schusskanäle festgestellt werden. Dabei spielte es keine Rolle, ob es sich um ein Deformationsgeschoss, oder um ein Nicht – Deformationsgeschoss handelte.

Eine Reduktion des Winkels von 90° auf 30° hatte in allen Fällen eine deutlich höhere Energieabgabe an das Zwischenmedium Glas zur Folge, was aus den kürzer werdenden Schusskanälen ersichtlich wird. Die Beschüsse in einem Winkel von 90° resultierten, bezogen auf die Kunstschädel und Seifenblöcke, vor allem in Durchschüssen oder Steckschüssen mit Eindringtiefen von mindestens 20 cm. Unter einem Schusswinkel von 30° wurde kein Durchschuss der Seifenblöcke mehr festgestellt. Die größte Eindringtiefe von 20 cm in die Seifenblöcke hatte das GS. Die anderen Deformationsgeschosse lagen in Bereichen zwischen 6,5 cm (ST) und 15 cm (A4).

Unter der Annahme, dass es bei Geschossen, die im Zielmedium stecken bleiben, zu einer vollständigen Abgabe der Restenergie an das Zielmedium kommt, kann die an der Seitenscheibe abgegebene Energie berechnet werden. Der Energieverlust am Zwischenmedium entspricht bei Geschossen, die Eindringtiefen kleiner 20 cm aufweisen, der Differenz zwischen der Anfangsenergie und der im Seifenblock abgegebenen Energie. Die Anfangsenergie wurde mit Hilfe der gemessenen Geschossgeschwindigkeit und Geschossmasse berechnet, die im Zielmedium abgegebene Energie mit Hilfe des k-analyzers. Für die Deformationsgeschosse lässt sich hieraus, bei einen Schusswinkel von 30° , ein Energieverlust am Zwischenmedium von knappen 90% berechnen (siehe Grafik 5).



Grafik 5: Energieverlust der Geschoss am Intermediärmedium unter einem Schusswinkel von 30 Grad

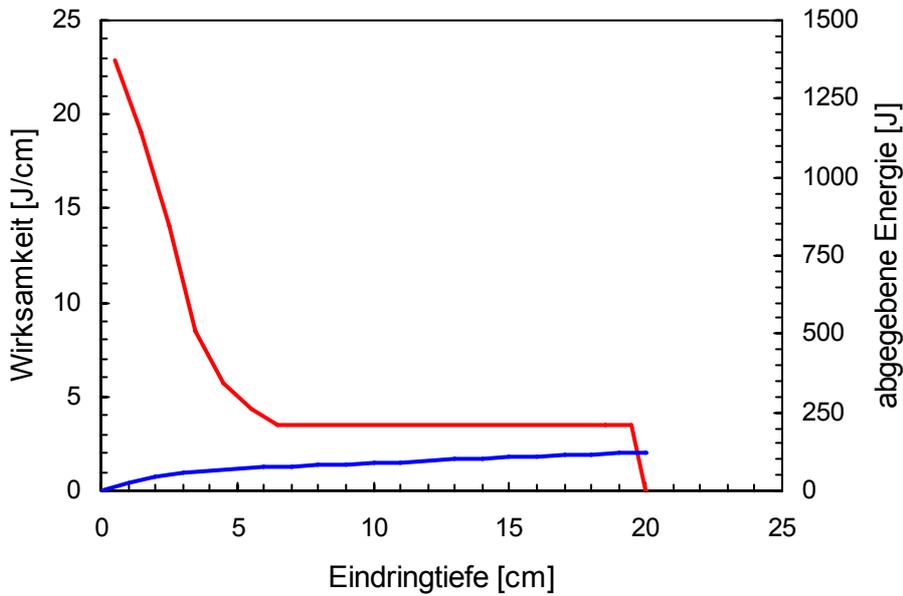
Nicht – Deformationsgeschosse wie das DM41 und MsVG drangen 20 cm und mehr in das Zielmedium ein, bevor sie entweder von der 2. Polyurethanplatte gestoppt wurden (Beschuss unter 30°) oder aber die Seifenblöcke durchschlugen, wie bei den Beschüssen unter 90°.

Für die Versuche unter einem Schusswinkel von 30° konnte ein Energieverlust am Intermediärmedium von 81% beim DM41 und 70% beim MsVG berechnet werden.

Energieabgaberraten in den Seifenblöcken

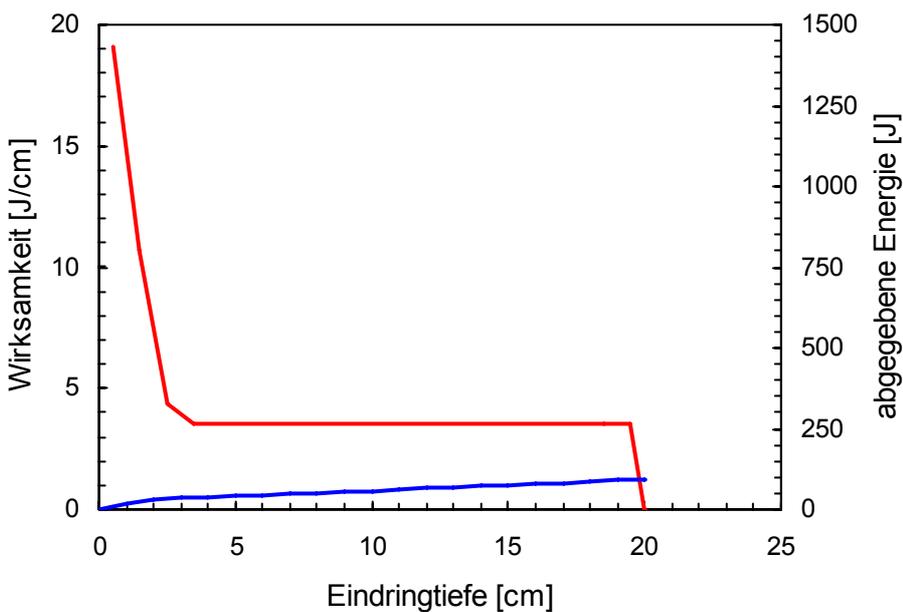
Die beschossenen Seifenblöcke wurden fotografiert, vermessen und mit Hilfe des k-analyzer-1,4 ausgewertet.

GS Schuss 90 Grad



Grafik 6: Energieabgabe und Wirksamkeit des GS bei Beschuss unter einem Schusswinkel von 90 Grad

GS Schuss 30 Grad

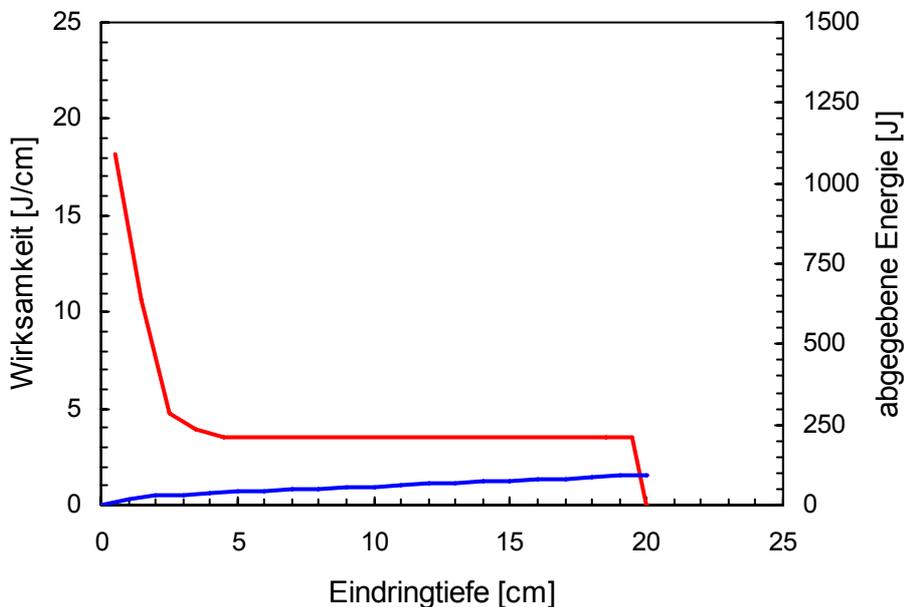


Grafik 7: Energieabgabe und Wirksamkeit des GS bei Beschuss unter einem Schusswinkel von 30 Grad

Die exemplarisch aufgeführten Grafiken 6 und 7 des Deformationsgeschosses GS beim Beschuss der Verglasung unter einem Winkel von 90° und von 30° zeigen repräsentativ die Wirksamkeit dieser Geschosse. Die Wirksamkeitsfunktion (rote Linie) und die gesamte Energieabgabe des jeweiligen Geschosses (blaue Linie) sind zur besseren Übersicht in einer Grafik zusammengestellt. Beim Vergleich der Energieabgaberraten bei einem Schusswinkel von 30° beziehungsweise 90° zeigten alle Geschosse ein ähnliches Verhaltensmuster. Der größte Energiebetrag wurde in allen Fällen beim Eindringen in den Seifeblock abgegeben. Anschließend fiel die Energieabgaberrate stetig bis zu einem geringeren Wert im letzten Abschnitt des Schusskanals.

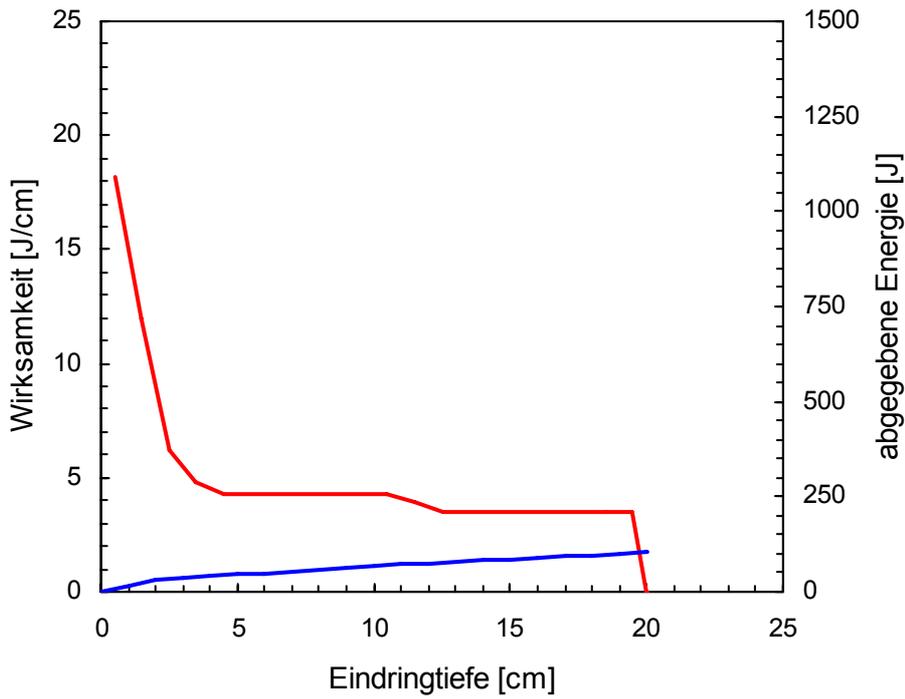
Die Energieabgaberraten von Nicht – Deformationsgeschossen kann man anhand der charakteristischen Beispiele von DM41 (siehe Grafik 8, 9) und MsVG (siehe Grafik 10, 11) sehen.

DM41 Schuss 30Grad



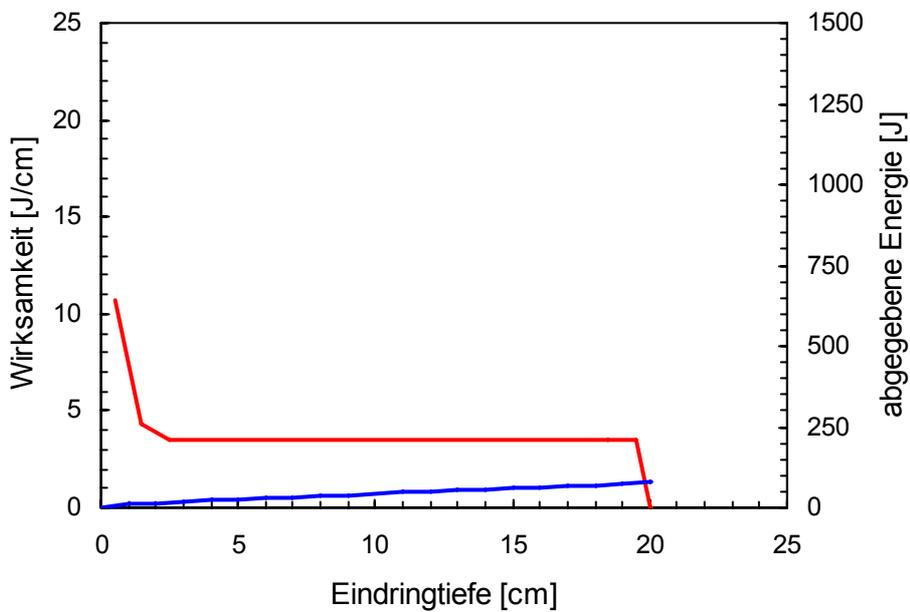
Grafik 8: Energieabgabe und Wirksamkeit des DM41 bei Beschuss unter einem Schusswinkel von 30 Grad

DM41 Schuss 90Grad



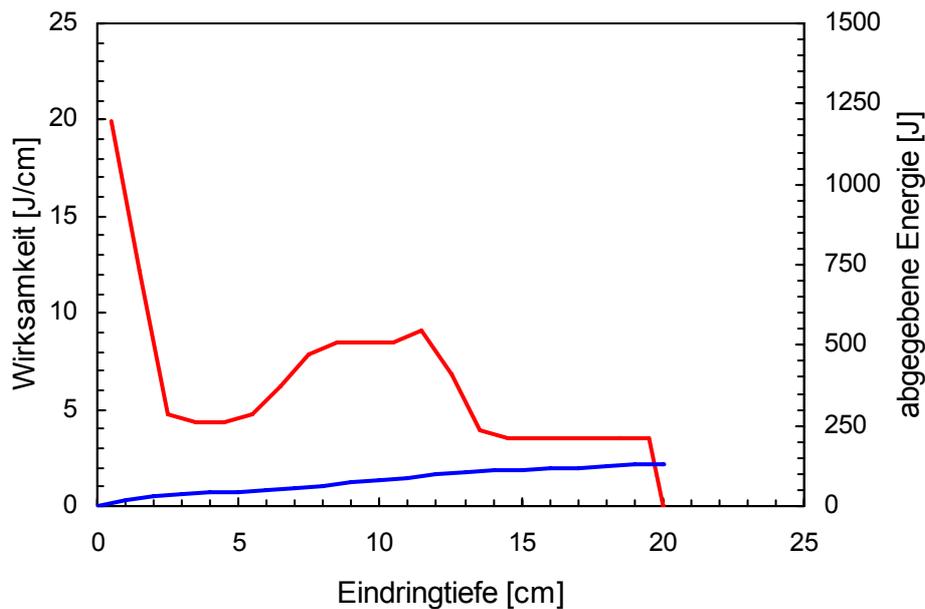
Grafik 9: Energieabgabe und Wirksamkeit des DM41 bei Beschuss unter einem Schusswinkel von 90 Grad

MsVG Schuss 90Grad



Grafik 10: Energieabgabe und Wirksamkeit des MsVG bei Beschuss unter einem Schusswinkel von 90 Grad

MsVG Schuss 30Grad



Grafik 11: Energieabgabe und Wirksamkeit des MsVG bei Beschuss unter einem Schusswinkel von 30 Grad

Der Kurvenverlauf der abgegebenen Energien von Deformations – und Nicht – Deformationsgeschossen unterschied sich nicht erheblich. Das MsVG zeigte zwar eine kurze Steigerung der Energieabgaberate im mittleren Teil des Schusskanals, was wahrscheinlich durch ein Taumeln des Geschosses verursacht wurde, aber abgesehen davon wies auch hier der Graph eine ähnliche Verteilung der Energieabgaben auf. Die maximale Energieabgabe beim Eindringen in das Ziel hatte das ST. Dessen Energieverlust lag beim Eindringen in den Seifenblock unter einem Winkel von 90° bei 47 J/cm und unter 30° bei 24 J/cm und damit deutlich über den Werten der Vollmantelgeschosse DM41 (jeweils 18 J/cm) und MsVG (20 J/cm und 11 J/cm).

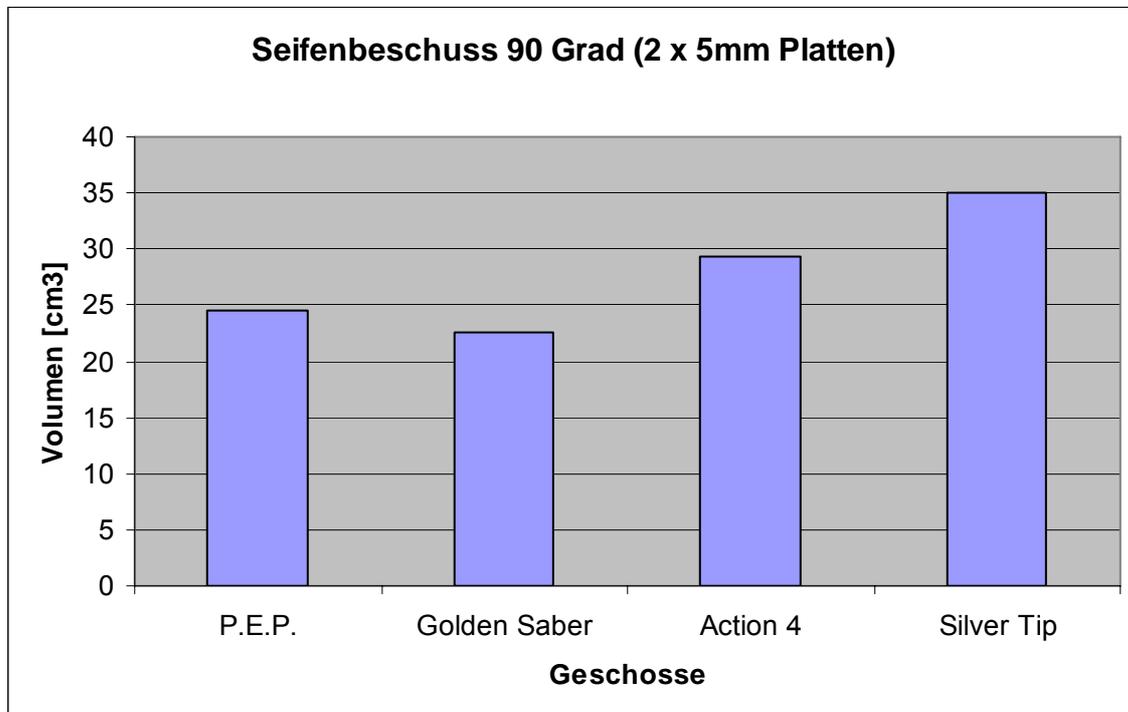
Gleichmäßigere Energieabgaben hatten das DM41 und das GS. Unter einem Schusswinkel von 30° auf die Scheibe wiesen diese Geschosse über eine Distanz von 16 – 18 cm eine gleich bleibende Energieabgaberate auf. Das MsVG hatte unter einem Schusswinkel von 30° eine unregelmäßige Energieabgabe. Bei Betrachtung der Endposition des Geschosses fällt auf, dass es im Seifenblock zu

einer 45° Drehung gekommen ist. Wie man anhand der Grafiken 15 und 16 sehen kann, wird der Schusskanal nicht kontinuierlich kleiner, sondern weist nach 6 cm eine Vergrößerung auf. Durch die Querstellung des Geschosses wird dessen Querschnittsfläche vergrößert und so mehr Energie an das Zielmedium abgegeben. Es kommt zu einer momentanen Erhöhung der Energieabgaberate auf einer Strecke von ungefähr 6,5 cm, bevor sich der Durchmesser des Schusskanals wieder verkleinert. Andere Geschosse, wie beispielsweise das ST hatten über nur 5 cm eine gleichmäßige Energieabgabe. Auf der anderen Seite hatte das ST eine maximale Energieabgaberate von 24 J/cm, während das MsVG nur eine Rate von 19 J/cm aufwies.

Das Geschoss A5 zeigte deutlich, welchen Einfluss der Schusswinkel auf die Energieabgaberate im Zielmedium hat. Während es unter einem Winkel von 90° noch knappe 40 J/cm an das Zielmedium abgegeben hatte, kam es bei einem Einfallswinkel von 30° zu einer maximalen Energieabgaberate von 15 J/cm. Auch die Funktion der abgegebenen Energie verlief bei allen Geschossen ähnlich. Nach einer kurzen exponentiell ansteigenden Energieabgabe kam es zu einer nahezu gleichmäßigen Abgabe, was man anhand der abgebildeten Grafiken erkennen kann.

Schusskanäle in den Kunstschädeln

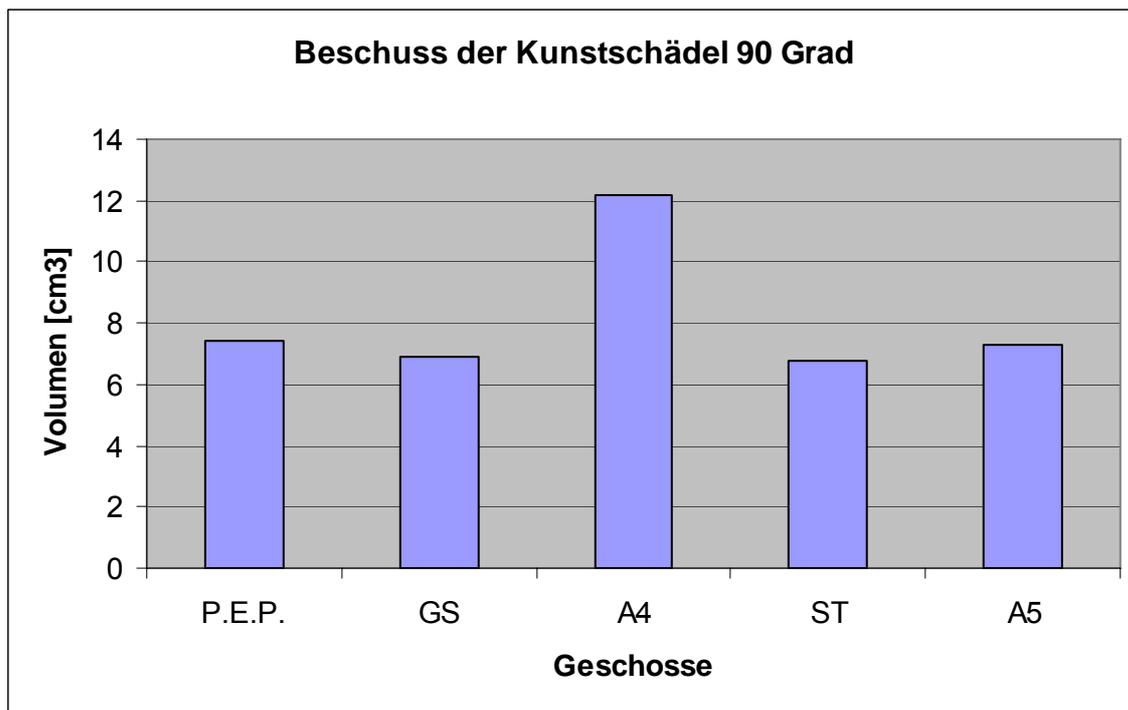
Bei einem Einschusswinkel von 90° auf einen Seifeblock, der mit zwei 5 mm dicken Polyurethanplatten versehen war, bewirkte das ST die größte Wundhöhle mit 35 cm³, das GS mit 23 cm³ die kleinste (siehe Grafik 12).



Grafik 12: In den Seifenblöcken entstandene „Wundhöhlen“ unter einem Schusswinkel von 90 Grad

Eine Beibehaltung des Winkels und Verdickung der Knochenplatten auf 6 mm führte bei den Geschossen DM41 und MsVG zu einer Zunahme des Schusskanals in der Seife auf ca. 19 cm³ und 14 cm³. Das A5 vermochte das Zielmedium sogar bis auf 35 cm³ zu weiten. Bei Reduktion des Schusswinkels auf 30° und einer Verstärkung der beiden Kunstknochenplatten auf 6 mm, verdrängte das GS das meiste Volumen (17 cm³). Fast die Hälfte dieses Wertes erreichte das ST. Die Nicht – Deformationsmunitionen MsVG und DM41 bildeten eine Kaverne von 24 cm³ und 17 cm³.

Beim Beschuss der Kunstschädel wurden mittels eines CT – Gerätes die entstandenen Volumina berechnet. Die entstandenen „Wundhöhlen“ im Schädelinneren der Polyurethankugeln lagen bei ca. 7 cm³. Nur das A4 verursachte mit einem Volumen von 12 cm³ eine auffallend große „Wundhöhle“ (siehe Grafik 13).



Grafik 13: In den Kunstschädeln entstandene „Wundhöhlen“ unter einem Schusswinkel von 90 Grad

Die senkrecht zur Scheibenebene beschossenen Kunstschädel hatten ein nahezu einheitliches Schussbild. Es kam bei allen Geschossen zu einem vollständigen Penetrieren der Verglasung und des Zielobjektes.



Abbildung 37: Beschossener Kunstschädel mit der P.E.P. unter einem Schusswinkel von 90 Grad

Der Einschuss zeigte einen etwa kalibergroßen Defekt mit Aussprengungen von Knochenstücken (siehe Abbildung 37). Den kleinsten Durchmesser verursachte das GS mit 1,5 cm. Das ST wies mit 3,0 x 2,0 cm den größten Defekt an der Oberfläche der Kunstschädel auf. Vom Einschuss aus verliefen beim A4, A5, GS und P.E.P. vier, beim Silver Tip sechs sternförmige Einrisse in die „Schädeldecke“. Diese waren nahezu rotationssymmetrisch angeordnet und hatten Längen von 2 cm bis zu 9 cm. Bei A4 und P.E.P. kam es sogar zu einer durchgehenden Risslängenbildung vom Einschuss bis hin zur Ringstelle, an der die beiden Halbkugeln des „Schädels“ zusammengesetzt waren. Zusätzlich wurden einzelne Fragmente entgegen der ursprünglichen Flugrichtung der Geschosse beschleunigt und kamen vor der Seitenscheibe zu liegen. Was den Ausschuss betraf, so konnten keine signifikanten Unterschiede zwischen den verschiedenen Geschossen festgestellt werden. Die P.E.P. beispielsweise verursachte einen Defekt von 5,0 x 3,0 cm. Der Ausschuss des A5 hatte eine Abmessung von 5,5 x 2,0 cm.

6.4. Ergebnisse Versuch III

Nr.	Projektile	Auftreffwinkel	m ₀ (g)	m _{Rest} (g)	Delta m (%)	m _{Schwein} (kg)	Eindringtiefe (cm)	Auffindungsort	Grösse (Schwein)	Sex	Körpertemp	Ein-schuss (cm)	Geschoss - Ø (cm)
1.	P.E.P	30	5,9	5,71	3,2	112	20	zw Rumpfwand und Schulterblatt;	H:80cm L:148cm	♂	37,9 ⁰ C	1,8 x 1,0	1,3
2.	Action 1	30	5,6	5,37	4,1	94	30	Lungenmittellappen aussen	H:71cm L:141cm	♂	38,5 ⁰ C	1,6 x 1,1	1,3
3.	GSb	30	9,47	9,44	0,03	89	17	Steckschuss; 2.Halswirbelkörper	H:72cm L:142cm	♂	38,5 ⁰ C	2,0 x 0,8	1,7 x 1,4 (schräg)
4.	PTP/s	30	5,9	5,8	1,7	50	26	Oberhalb re Schulterblatt;	H:56m L:118	♀	36,9 ⁰ C	1,0 x 1,1	0,9
5.	GSb	30	9,47	9,46	0,4	65	18	zw 1. und 2. Rippe	H:58cm L:126cm	♂	37,9 ⁰ C	1,1 x 1,1	1,5
6.	P.E.P.	30	8	5,65	4,2	49	16	tangential vor dem Brustbein;	H:58cm L:113cm	♀	36,2 ⁰ C	1,5 x 1,6	1,3
7.	GSb	30	9,5	7,1	25,3	75	25	Intrapleural	H: 69cm L: 135cm	♀	38,3 ⁰ C	4,8 x 2,3	1,2
8.	P.E.P.	30	5,9	5,7	3,4	72	30	Freie Endlage in Pleurahöhle	H: 63cm L: 129cm	♀	38,6 ⁰ C	2,4 x 1,8	1,4
9.	SX2	30	8	6,9	13,8	65	30	Unterhautfettgewebe	H: 58cm L: 127cm	♂	38,5 ⁰ C	0,8 x 1,0	0,8

Tabelle 4: Ergebnisse Versuch III

6.4. Ergebnisse Versuch III

Die Ergebnisse des Versuches III sind in Tabelle 4 wiedergegeben.

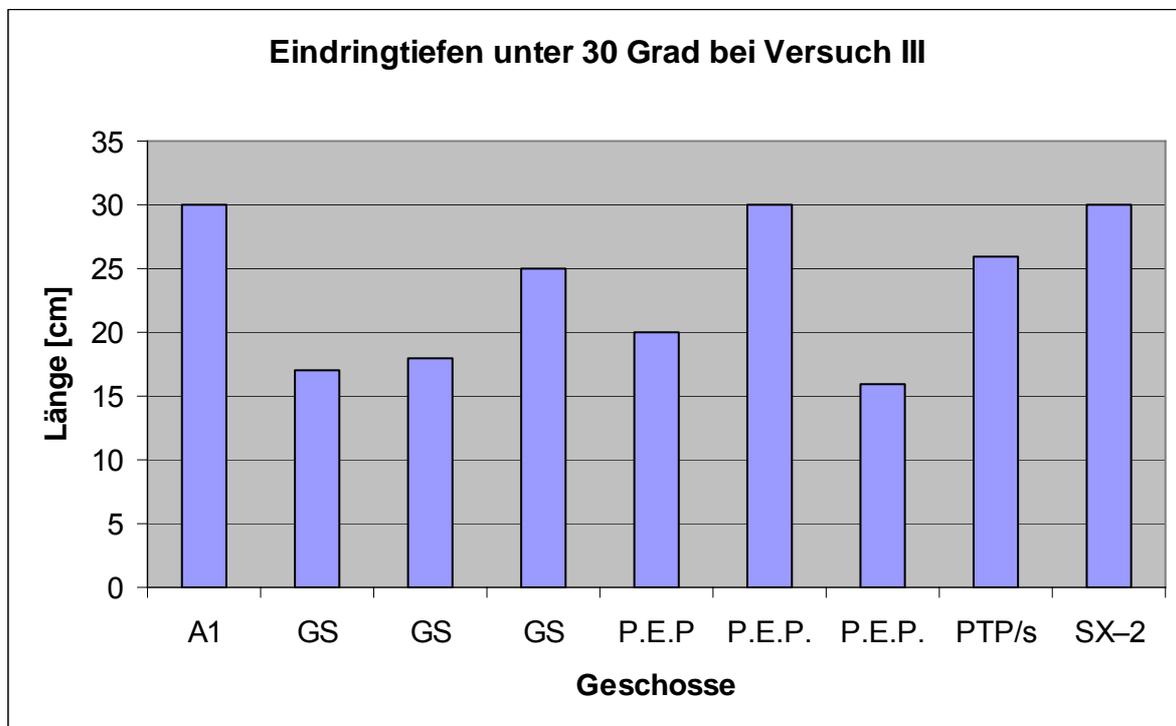
Geschwindigkeit:

Da in dieser Versuchsreihe auf eine Geschwindigkeitsmessung verzichtet wurde, werden die in den vorherigen Versuchen gemessenen Ergebnisse als Referenzwerte herangezogen.

Masseverlust

Die Masseverluste der einzelnen Geschosse wiesen ein uneinheitliches Bild auf. Bei einem Winkel von 30° kam es beispielsweise bei dem GSb zu einem Masseverlust von 25%, während bei einem weiteren Versuch unter gleichem Schusswinkel kein Masseverlust zu verzeichnen war. Die Verluste der anderen Geschosse hatten Werte von rund 14% beim SX2 bis zu knappen 2% beim PTP/s.

Eindringtiefe



Grafik 14: Länge der Schusskanäle unter einem Schusswinkel von 30 Grad

In dieser Versuchsreihe kam es bei gleichen Geschossen oftmals zu stark variierenden Ergebnissen. Die Länge der Schusskanäle lag in einem Bereich von

16 – 30 cm, das heißt zum Teil wesentlich über jenen zuvor in Gelatine durchgeführten Experimenten. Dabei stellte sich keines der untersuchten Geschosse bezüglich seiner wundballistischen Wirkung in den Vordergrund. Wie anhand der Grafik 14 verdeutlicht wird, kam es auch innerhalb gleicher Geschosse bei demselben Versuchsaufbau zu unterschiedlichen Tiefenreaktionen. So drang das Geschoss P.E.P. unter einem Schusswinkel von 30° bei reinem Weichteilschuss einmal 16 cm in den Körper ein, bei Wiederholung kam es zu einem 30 cm langen Schusskanal. Bei 33% der Schussversuche wurden Knochentreffer festgestellt.

Einschuss

Das Einschussloch befand sich bei allen Schweinen in der linken Schulter – Hals – Region. Die Größe der Einschüsse variierte bei den Hohlspitzgeschossen von 1,0 cm x 1,1 cm bei der PTP/s bis hin zu 4,8 x 2,3 cm bei der GS. Einen wesentlich geringeren Defekt an der Haut von nur 0,8 x 1,0 cm verursachte das Nicht – Deformationsgeschoss SX2. Die Wundränder waren allesamt leicht wallartig, gering fetzigrandig, nicht adaptierbar und unterschieden sich nur geringfügig voneinander (siehe Abbildung 38).



Abbildung 38: Einschussstelle nach Beschuss mit der P.E.P. unter einem Schusswinkel von 30 Grad, Schuss Nr. 4

Bei einem der Schüsse konnte an der Einschussstelle ein Abstreifring nachgewiesen werden (siehe Abbildung 39). Pulvereinsprengungen oder Verletzungen durch Glassplitter waren nicht zu erkennen.



Abbildung 39: Einschussstelle nach Beschuss mit der P.E.P. unter einem Schusswinkel von 30 Grad, Schuss Nr. 1

Wundkanal

Vor jeder Obduktion wurden die Tiere geröntgt. Dadurch konnte eine genaue Trefferlokalisierung bestimmt und somit auch eine optimale Untersuchung des Wundkanals garantiert werden. Im Versuch 5 beispielsweise kam das GSb zwischen der ersten und zweiten Rippe zum liegen (siehe Abbildung 40).

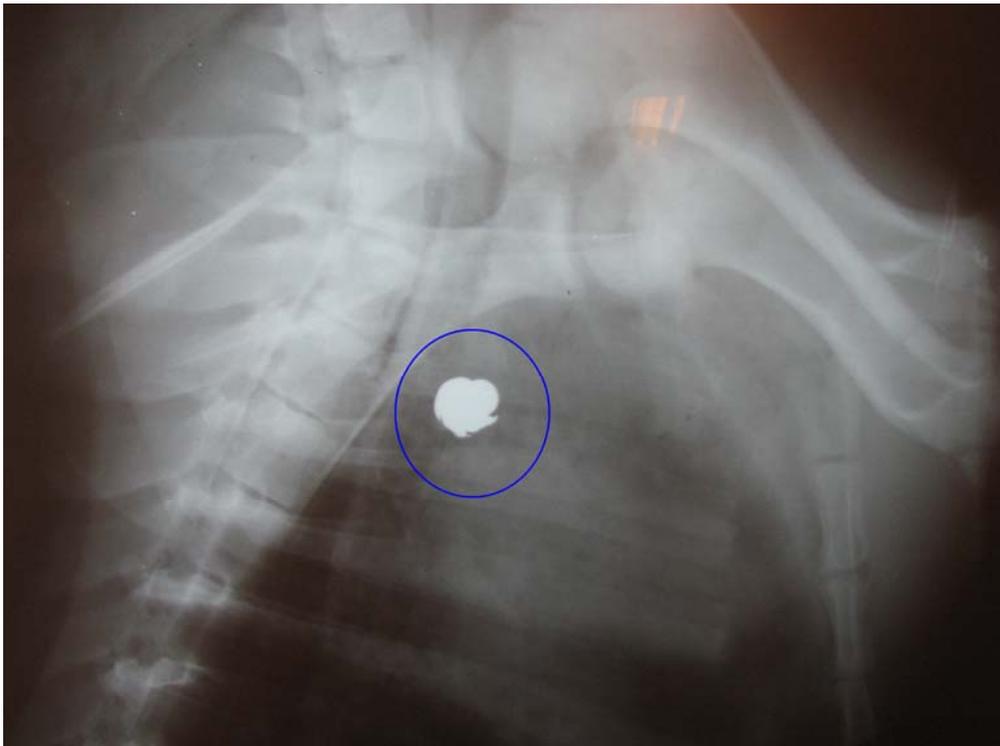


Abbildung 40: Röntgenbild der Endposition des GSb, Schuss Nr. 5

Die bei der jeweiligen Obduktion freigelegten Schusskanäle verliefen allesamt von der linken Schulter – Hals – Region nach rechts schräg unten in das entsprechende Gewebe und unterschieden sich im Grunde genommen nicht wesentlich voneinander. Sie präsentierten sich als gering eingebluteter Kanal fetziger Gewebszerstörung. Die auffallend kleine Zone an Einblutungen, in nächster Nähe des Schusskanals, lässt sich mit dem nicht mehr vorhandenen Blutkreislauf der zuvor getöteten Tiere erklären.

Bei näherem Betrachten des Schusskanals waren im Unterhautfettgewebe vereinzelt schwärzliche, teils gering silbrig glänzende Partikel zu erkennen, welche zwischen ölig – tropfenartig veränderten Fettgewebsbestandteilen lagen. Dieses Phänomen ist beispielsweise beim Schuss Nummer 5 mit der GS (siehe Abbildung 41) zu sehen.



Abbildung 41: Schusskanal der GS, Schuss Nr. 5

Bei weiterer Präparation in die Tiefe der Muskulatur vergrößerte sich der Durchmesser des Wundkanals bei allen Projektilen. Der in Abbildung 42 exemplarisch dargestellte Wundkanal der P.E.P. verdoppelte sich bereits nach ca. 5 cm von ungefähr 1,5 cm auf ca. 2,8 cm.

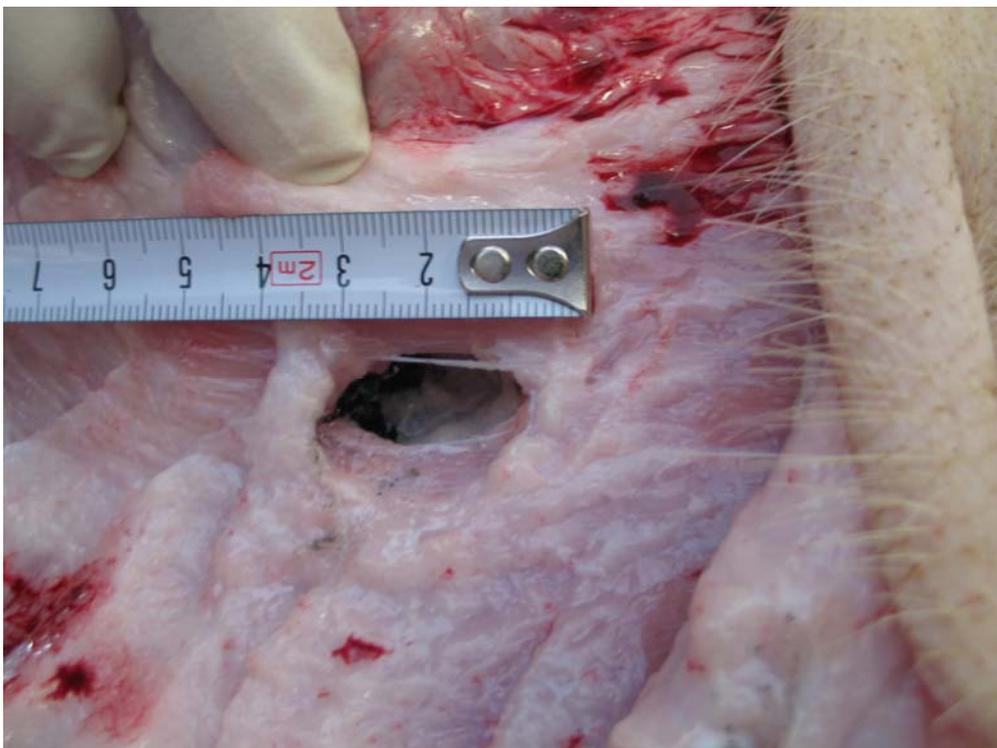


Abbildung 42: Schusskanalerweiterung bei Beschuss mit der P.E.P., Schuss Nr. 1

Auch hier ließen sich noch vereinzelt neben kugeligen, wie von Fett wirkenden Bestandteilen, schwärzlich – körnige Bestandteile erkennen. Zusätzlich fanden sich im Wundkanal kleine Glassplitter, die vom Geschoss nach dem Durchschuss des Intermediärmediums in das Tier transportiert wurden. Bei der Munition GSb und P.E.P. wurden Stoff- und Lederreste der durchschossenen Lederjacke gefunden, mit einem jeweiligen Gewicht von 0,07 g (GSb) und 0,06 g (P.E.P.). Dieses Phänomen ist in der Literatur als ein nicht ungewöhnlicher Nebeneffekt beim Beschuss von Intermediärmedien beschrieben [67].

Der Verlauf der jeweiligen Wundkanäle korrelierte mit dem Vorhandensein von Knochentreffern. Es kam in dieser Versuchsreihe insgesamt zu 5 reinen Weichteilschüssen (Schuss Nummer 1, 2, 4, 6, 8), 3 Schüssen mit Knochendurchschuss (Schuss Nummer 5, 7, 9) und 1 Schuss, der im Knochen stecken blieb (Schuss Nummer 3).

Ein Beispiel für einen reinen Weichteilschuss ist die P.E.P. in Schuss 6. Das Einschussloch befand sich im linken unteren Halsbereich (siehe Abbildung 43)



Abbildung 43: Einschussstelle nach Beschuss mit der P.E.P. unter einem Schusswinkel von 30 Grad, Schuss Nr. 6

Der Schusskanal verlief vom linken unteren Halsbereich im Übergang zur Schulter – Achselregion durch die Brustmuskulatur schräg nach rechts unten und kam nach ca. 16 cm tangential im Weichgewebe vor dem Brustbein zum Liegen (siehe Abbildung 44). Es entstanden keine Sekundärgeschosse.

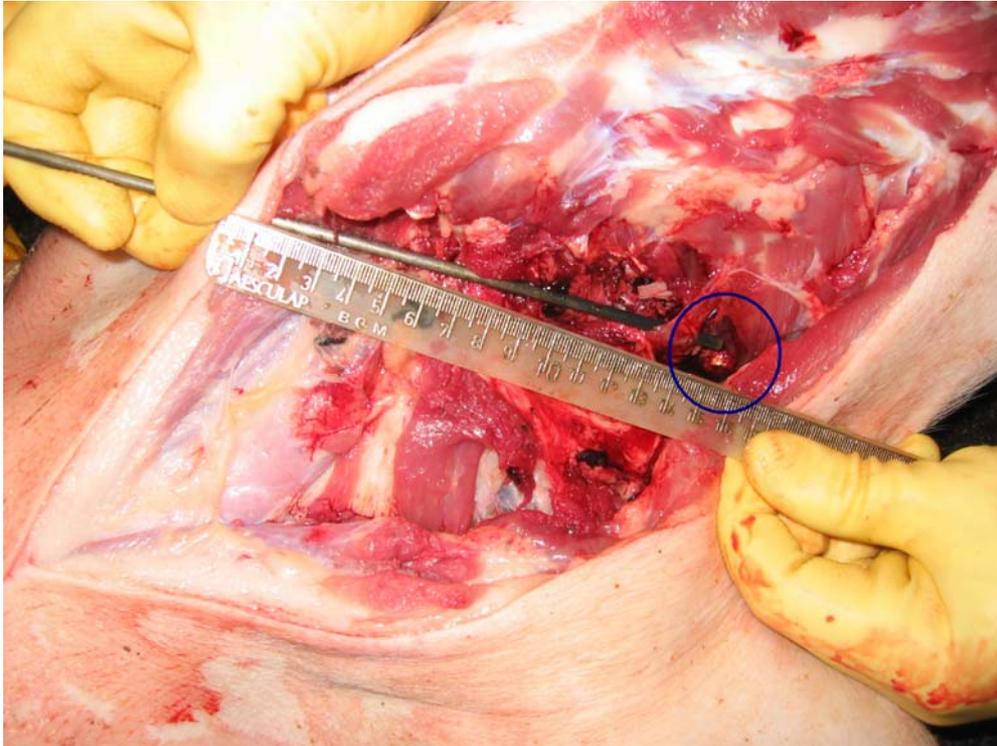


Abbildung 44: Schusskanal der P.E.P., Schuss Nr. 6

Das SX2 verursachte in Schuss Nummer 9 einen Knochendurchschuss. Nach schrägem Eindringen in die linke Hals – Schulter – Region ca. 8 cm oberhalb des linken Schulterblattes kam es zu einem Skapuladurchschuss (siehe Abbildung 45).

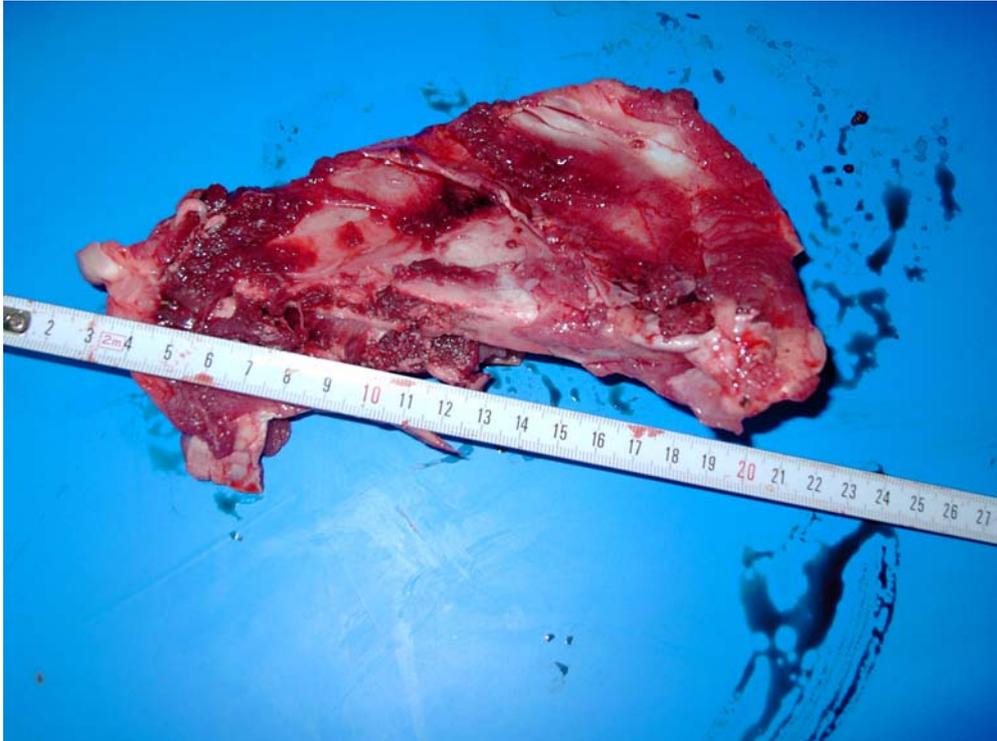


Abbildung 45: Durchschuss der linken Skapula, Schuss Nr. 9

Das Geschoss wurde dadurch geringfügig nach kranial abgelenkt und verursachte einen Schussbruch der ersten linken Rippe im oberen Drittel des vorderen Rippenbogens und drang so in die Thoraxapertur ein. Nach Durchdringen der oberen Thoraxapertur blieb das Geschoss letztlich im Unterhautfettgewebe der rechten Flanke liegen. Das Geschoss konnte von außen getastet werden, die Wirbelsäule blieb intakt. Abgesehen von vernachlässigbar kleinen Knochensplintern waren keine Sekundärgeschosse zu verzeichnen.

Der Schusskanal des GSb in Schuss Nummer 3 ist ein Beispiel für einen Steckschuss in Knochengewebe. Nach Eintritt in der linken Halsregion verlief der Schusskanal im Muskelgewebe leicht schräg kranial und kam schließlich im 2. Halswirbelkörper zum liegen (siehe Abbildung 46 und 47).

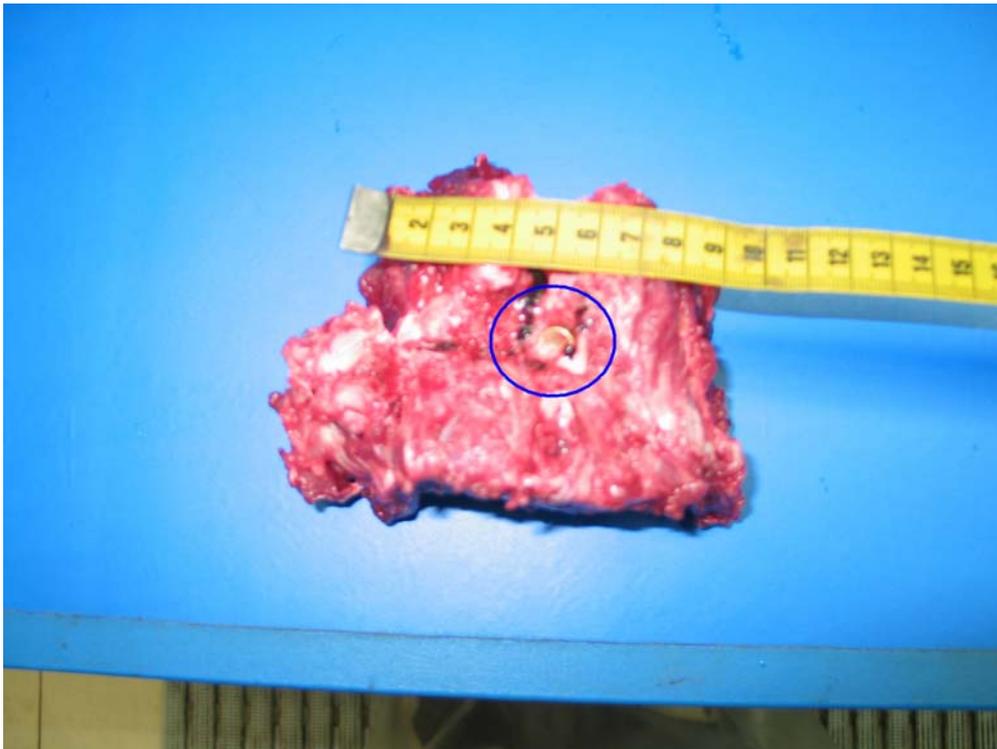


Abbildung 46: Endposition des GSb im 2. Halswirbelkörper, Schuss Nr. 3

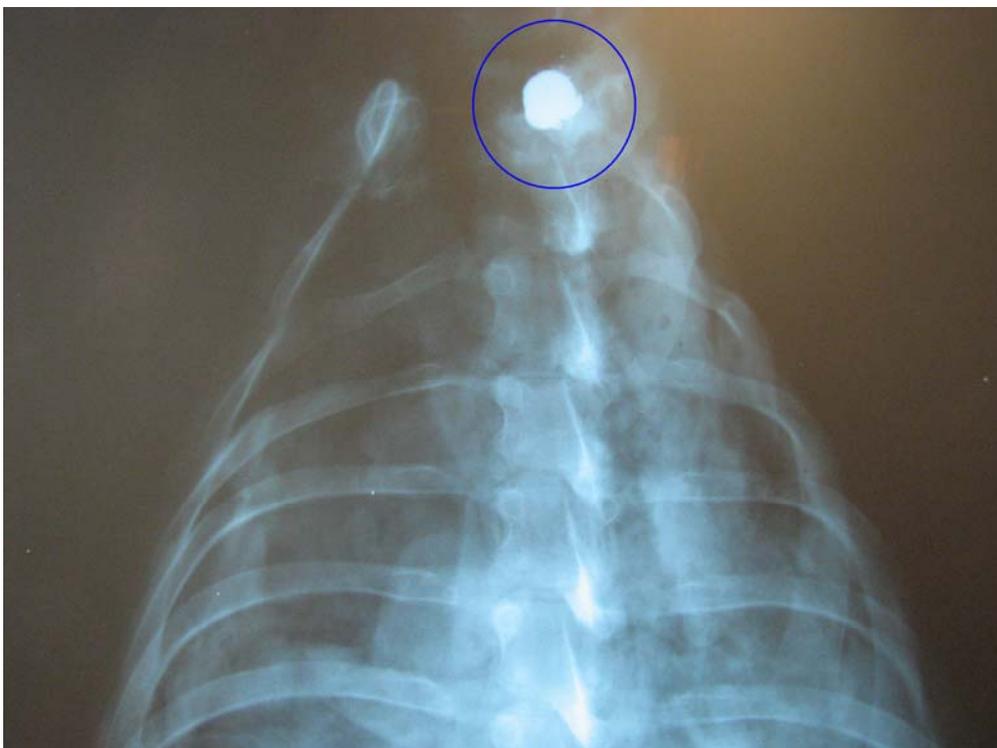


Abbildung 47: Röntgenbild der Endposition des GSb, Schuss Nr. 3

7. Diskussion

Die in dieser Arbeit gewonnenen Ergebnisse mögen zunächst und auf den ersten Blick auf einer relativ geringen Anzahl an Versuchen beruhen. Es ist jedoch aufgrund der als statisch zu unterstellenden physikalischen Grundbedingungen durchaus möglich die erarbeiteten Rückschlüsse in der Praxis anzuwenden. Weitere Untersuchungen würden die gewonnenen Resultate zwar im Bereich möglicher Schwankungsbreiten konkretisieren, lassen jedoch keine inhaltlich divergierenden Aussagen erwarten.

7.1. Einfluss des Schusswinkels auf die Wirksamkeit der Geschosse

Bei allen Versuchsreihen hatte der Schusswinkel, unter welchem ein Geschoss die PKW – Seitenscheibe penetrierte, einen erheblichen Einfluss auf das Geschossverhalten und dessen Energieabgabe im jeweiligen Zielmedium.

Trifft ein Geschoss nicht senkrecht, sondern schräg auf ein Zwischenmedium, so vergrößert sich die Durchdringungstrecke [40, S.192/193].

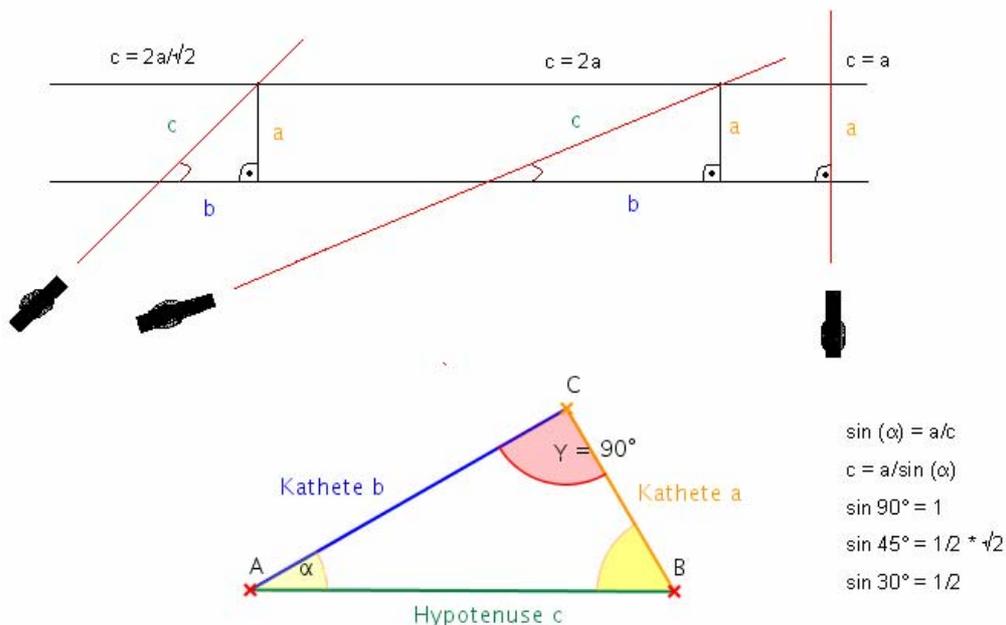


Abbildung 48: Wegstrecken der Geschosse beim Durchdringen des Intermediärmediums

Wie anhand der Abbildung 48 zu erkennen ist, kann unter Verwendung der Sinusfunktion [20, S.43 und 81]

$$\sin \alpha = \text{Gegenkathete} / \text{Hypotenuse}$$

die Streckendifferenz beim Eindringen in ein Medium unter 90°, 45° und 30° berechnet werden. Bei schrägem Auftreffen eines Geschosses unter einem Winkel von 30° auf eine Glasscheibe muss es dementsprechend eine doppelt so lange Strecke zurücklegen, um das Zwischenmedium zu durchdringen, als dies bei senkrechtem Beschuss der Fall ist. Bei dieser Streckendifferenz tritt ein vermehrter Energieeintrag in die Scheibe auf. Ein Teil dieser Energie führt zum Bruch der Scheibe, ein anderer Teil wird in Wärme umgewandelt. Die restliche auf das Geschoss wirkende Energie beeinflusst dessen Geschwindigkeit, Deformationsverhalten und Masse. Dies führt zu einer verminderten Restenergie des Geschosses nach Durchdringen der Seitenscheibe und somit zu einer geringeren Energieabgabe im Zielmedium.

7.2. Verhalten der Deformationsmunition

Deformationsgeschosse sind so aufgebaut, dass sie bei Kontakt mit einem Widerstand aufpilzen. Dieses Phänomen konnte in allen durchgeführten Versuchsreihen beim Durchdringen der PKW – Seitenscheiben festgestellt werden. Unter der Federführung von Alvefuhr wurden in Finnland ähnliche Versuche durchgeführt [1]. Auch hier wurde in allen Versuchen ein Aufpilzen der Deformationsmunition beschrieben. Burnett berichtet ebenfalls vom Aufpilzen der Deformationsmunition beim Durchdringen von Verglasungen [5]. Eine Geschossdeformation beim Penetrationsvorgang wird in der Literatur nicht nur im Zusammenhang mit Verglasungen beschrieben. Bei einer Falldarstellung von Allen und Jones fungierte eine Münze als Zwischenziel. Auch hier kam es zu einer Deformation des Geschosses [30]. Pollak beschrieb einen Fall, wo es nach Durchschuss von Zähnen zu einer Geschosszerlegung gekommen ist [55]. Poole und Cooper stellten fest, dass es unter einem Winkel von mindestens 45° zu einem gleichmäßigen Deformieren der Geschosse kommt [56]. Diese Tatsache

wird auch in den hier durchgeführten Versuchen beobachtet und kann dahingehend ergänzt werden, dass eine Verringerung des Schusswinkels kleiner als 45° zu einem abweichenden Deformationsverhalten beim Durchdringen einer PKW – Seitenscheibe führt. In Abbildung 30 a+b und 31 a+b ist die P.E.P. nach dem Beschuss von Verglasungen unter einem Schusswinkel von 90° und 30° exemplarisch abgebildet. Während es unter einem Schusswinkel von 90° bei allen Geschossen zu einer nahezu gleichmäßigen Aufpflanzung kam, wiesen die unter einem kleineren Winkel eingetroffenen Geschosse eine unregelmäßigere, schräge Deformation auf.

7.2.1. Einfluss des Masseverlustes der Geschosse auf ihre Wirksamkeit

Mit kleiner werdendem Schusswinkel kam es bei den meisten Geschossen zu einem erhöhten Masseverlust. Ein Beispiel für eine deutliche Parallele zwischen Gewichtsreduktion und Winkelreduktion ist das GSb, das innerhalb ein und derselben Versuchsreihe (siehe Vorversuche) eine Masseverluststeigerung von 0% bei 90° über 3% bei 45° bis hin zu knappen 30% bei 30° erfuhr. Bei dem A1 – Geschoss wurde bei einer Verringerung des Schusswinkels von 45° auf 30° ein geringerer Gewichtsverlust festgestellt, als dies beim GSb der Fall war. Da aber nicht alle Deformationsgeschosse mit kleiner werdendem Schusswinkel einen größeren Masseverlust zu verzeichnen hatten, konnte keine eindeutige Ursächlichkeit festgelegt werden. Bei der P.E.P. im Vorversuch kam es beispielsweise bei einer Verringerung des Schusswinkels auf 30° zu einem geringeren Masseverlust, als dies bei 45° der Fall war. Es ist anzunehmen, dass einer der Gründe für die variierenden Masseverluste auf das Deformationsverhalten zurückzuführen ist. Gleichmäßig deformierte Geschosse wiesen einen geringeren Masseverlust auf, als ungleichmäßig deformierte Geschosse. Beim A5 kam es unter einem Schusswinkel von 90° zu einer gleichmäßigen Geschossdeformation und einem Masseverlust von 1,5 %. Eine Winkelreduktion auf 30° führte zu einer entsprechend unregelmäßigen Deformation und einem gesteigerten Masseverlust von 9%.

Unterscheidet man bei der Betrachtung der Masseverluste Monolithgeschosse und Geschosse, die aus mehreren Materialien aufgebaut sind, so zeigt sich, dass

homogene Geschosse eine geringere Tendenz zeigen ihre Masse am Intermediärziel zu reduzieren. Wie anhand der Grafiken 1 – 3 zu sehen ist, verlieren die aus Kombinationsmaterial aufgebauten Geschosse ST und GSb deutlich mehr Masse als Monolithgeschosse.

Setzt man nun den Verlust an Masse mit der letztlich im Zielmedium abgegebenen Energie in Relation, so muss festgestellt werden, dass auch hier keine eindeutige Kausalität festgelegt werden kann. Der Hauptgrund hierfür ist die bereits erwähnte Tatsache, dass bei Betrachtung der kinetischen Energie der Masse des Geschosses eine geringere Bedeutung zukommt als dessen Geschwindigkeit.

7.2.2. Einfluss der Geschossgeschwindigkeit auf die Wirksamkeit der Geschosse

Bei Betrachtung der in dieser Arbeit bereits erläuterten Energiegleichung

$$E = \frac{1}{2} * m * v^2$$

wird deutlich, dass der wesentliche Hauptgrund für die Energieabnahme bei kleiner werdendem Winkel eine Veränderung der Geschossgeschwindigkeit ist. Da die Geschwindigkeit in die Energieberechnung im Quadrat eingeht, hat sie einen wesentlich größeren Einfluss auf die Energie als die Masse. Ein Beispiel hierfür ist die P.E.P., die im Vorversuch unter einem Schusswinkel von 30° einen Masseverlust von nur 3% und eine Geschwindigkeitsreduktion von ca. 80% aufweist, was letztlich zu einer Energieabnahme von über 90% führt.

Die Grafiken 4 – 6 zeigen, dass sich bei einer Reduktion des Winkels von 90° auf 30° die Geschwindigkeiten nach Durchdringen des Zwischenmediums in den meisten Fällen um mehr als die Hälfte reduziert haben. Dieser gesteigerte Energieverlust der Geschosse beim Durchdringen des Glases führte schließlich dazu, dass sie bei einem Winkel von 30° über der Hälfte mehr an Geschwindigkeit verloren, als es beim Durchdringen unter einem Winkel von 90° der Fall war.

7.2.3. Analyse der Energieabgabe der Geschosse im Zwischen- und Zielmedium

Die im Versuch II mit Hilfe des k-analyzers ermittelten Energieabgaberraten bestätigten den Einfluss des Beschusswinkels auf die Wirkung im Zielmedium. Auch hier führte eine Verkleinerung des Schusswinkels zu einer deutlichen Abnahme der übertragenen Energie im Zielmedium. Beim Vergleich des GS anhand der Grafiken 6 – 7 ist zu erkennen, dass es unter einem Schusswinkel von 90° vor allem auf dem ersten Abschnitt des Schusskanals zu einer größeren Energieabgabe im Zielmedium kam als unter einem Winkel von 30° . Das liegt hauptsächlich daran, dass die Energieabgabe eines Geschosses an das Zielmedium eine Funktion der Geschwindigkeit des Geschosses ist (siehe oben). Kommt es nun unter einem Winkel von 30° zu einer höheren Energieabgabe an die Scheibe, dringt das Geschoss mit einer geringeren Restenergie in die Seife ein als unter einem Winkel von 90° . Das bedeutet, dass das Geschoss aufgrund geringerer Energie nach Penetration der Seitenscheibe beim Schuss unter einem Winkel von 30° auch dementsprechend weniger Energie an das Zielmedium abgeben kann.

Bei der Analyse der maximalen Energieabgaberraten unter einem Schusswinkel von 90° in Versuch II zeigt das ST zunächst einmal die „besten“ Ergebnisse. Jedoch hat dieses Geschoss trotz seiner hohen durchschnittlichen und maximalen Energieabgaberrate bei senkrechtem Beschuss unter einem Schusswinkel von 30° eine im Vergleich zu den anderen Deformationsgeschossen relativ geringe Gesamtenergieabgabe im Ziel. Hinzu kommen ein kurzer Wundkanal und eine hohe Neigung zur Splitterbildung, weswegen dieses Geschoss für einen solchen Polizeieinsatz weniger geeignet wäre, insbesondere wenn die Kriterien der Technischen Richtlinien zugrunde gelegt werden.

Beim Vergleich der Geschosse bezüglich ihrer maximaler Energieabgabe, durchschnittlicher und maximaler Energieabgaberrate samt Eindringtiefe bei einem Schusswinkel von 30° , hat das GS die besten Ergebnisse erzielt. Es drang bis zu 20 cm in das Ziel ein und hatte eine durchschnittliche Energieabgaberrate von ca.

5 J/cm. Vergleicht man die Ergebnisse des GS unter einem Schusswinkel von 90°, so verschieben sich die Relationen.

Der Vergleich der Deformationsgeschosse unter verschiedenen Winkeln zeigt, dass keines der Geschosse innerhalb der geprüften Schusswinkel einheitlich herausragende Energieabgaberraten zeigt.

7.2.4. Einfluss des Geschossmaterials und der Geschosskonstruktion auf die Wirksamkeit der Geschosse

Die Geschosskonstruktion und vor allem auch das Geschossmaterial haben einen großen Einfluss auf das Geschoss und dessen Verhalten im Zielmedium. Beim Durchdringen von Glas sind unterschiedlich harte Geschossmaterialien und andersartige Geschosskonstruktionen von besonderer Bedeutung. Wie bereits erläutert wurde, spielen beim Penetrationsvorgang von Glas vor allem die auf eine möglichst kleine Fläche übertragene Auftreffenergie des Geschosses und das Bruchverhalten des Glases eine große Rolle. Reine Bleigeschosse oder Teilmantelgeschosse mit einem hohen Anteil an Blei haben nicht genügend Festigkeit, um beim Glasdurchschuss formstabil zu bleiben. Blei gehört zu den weichen Metallen und weist im Vergleich zu Kupfer oder Stahl eine sehr niedrige Zugfestigkeit auf [63]. Die leichte Verformbarkeit beim Auftreffen auf ein Hindernis führt zu einer Vergrößerung der Geschossstirnfläche und somit zu einer entsprechend größeren Reaktionsfläche des Glases, dessen Ausbrechen und Zermalmung dadurch einen erhöhten Energiebetrag in Anspruch nehmen. Gleichzeitig kommt es aufgrund der erhöhten Wirkfläche zu einer zusätzlichen Verlangsamung des Geschosses. Die nun verstärkt auf das Geschoss wirkenden Kräfte können über Deformations – und Fragmentierungsprozesse einen Masseverlust herbeirufen.

Die Geschosse GS und ST haben einen sehr hohen Bleianteil und wiesen deswegen auch eine relativ hohe Masseabnahme von 28% und 30% auf.

Ein Beispiel für den Einfluss der Geschosskonstruktion ist das Verhalten des GS und GSb. Die beiden Hohlspitzgeschosse aus Blei haben eine Gewichts Differenz von 1,5 g und unterscheiden sich zusätzlich in der jeweiligen Mantelkonstruktion. Während der Mantel beim GS als Napf gefertigt wird und das Blei als Kern

hineingegossen wird, ist beim GSb der Messingmantel elektrolytisch auf den Kern aufgebracht und mit diesem chemisch verbunden, so dass eine Trennung zwischen Mantel und Kern verhindert wird. Das GSb ist geringfügig schwerer und fester, was unter anderem anhand seiner Reaktion an der Seitenscheibe zu sehen ist. Beim 30° – Beschuss zeigte das leichtere Geschoss eine deutliche Splitterbildung, das schwerere Geschoss blieb intakt. Es ist hier weniger die Massedifferenz als vielmehr die Geschosskonstruktion der ausschlaggebende Faktor. Belegt wird diese Annahme dadurch, dass es bei Geschossen, die eine gleiche Masse wie das GSb aufweisen, wie beispielsweise das ST, unter einem Beschuss von 30° ebenfalls zu Splitterbildungen kam.

7.2.5. Wirkung der Geschosse bei Beschuss der Kunstschädel

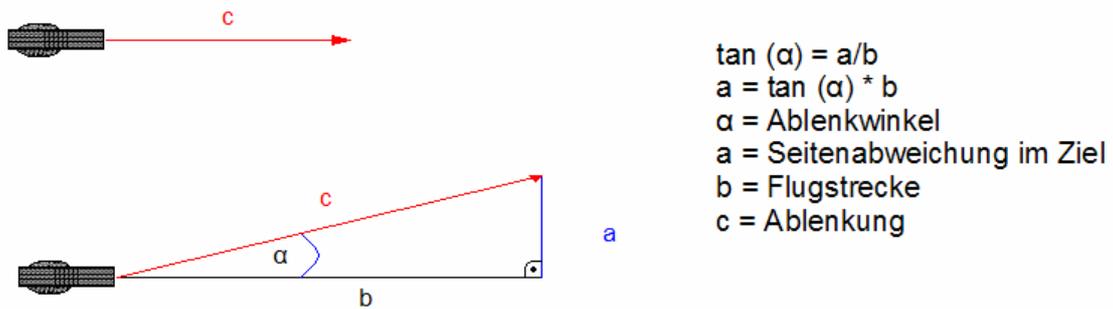
Beispiele für die hohe Durchschlagskraft der Deformationsgeschosse unter einem Schusswinkel von 90° zeigte der Beschuss der Kunstschädel in Versuch II. Hier kam es bei allen Geschossen zu einer Penetration des Zielmediums. Die Energieabgabe an die Verglasung war unter einem Einschusswinkel von 90° wesentlich geringer als unter kleineren Schusswinkeln und deswegen kam es unter senkrechtem Beschuss zu einem Durchdringen des Zieles. Die das Zwischenmedium penetrierenden Geschosse hatten eine höhere Restenergie und durchdrangen das Zielmedium dementsprechend einfacher als dies bei kleineren Winkeln der Fall gewesen wäre. Dittmann verwendete in seiner Versuchsreihe „Wundballistische Untersuchungen zur Klinik der Schädel – Hirn – Schussverletzungen“ [13] mit Gelatine gefüllte Kunstschädel aus Plexiglas. Bei einer mittleren kinetischen Energie von 153,84 J konnte er bereits glatte Durchschüsse beobachten. Orientiert man sich an den in dieser Versuchsreihe durchgeführten Vorversuchen, so kann man unter einem Schusswinkel von 90° mit Energieverlusten an der Seitenscheibe zwischen 40% und 60% rechnen. Bei Anfangsenergien zwischen 410 J und 546 J liegen die Restenergien über jenen bei Dittmann. Somit decken sich die vorliegenden Beobachtungen mit den Versuchen von Dittmann.

Stellt man das Volumen eines menschlichen Gehirns, welches in der Literatur mit Werten zwischen 1200 – 1500 cm³ angegeben wird [17], den entstandenen Wundhöhlen von maximal 12 cm³ gegenüber, so wird ersichtlich, dass die

entscheidende Bedeutung bei der verletzten Gehirnregion liegt. Abgesehen von dem bereits besprochenen, unmittelbar letal verlaufenden Krönlein – Schuss, ist auch bei Treffern des Kopfes die Trefferlokalisierung beziehungsweise der Verlauf des Schusskanals äußerst bedeutend. Gehirndurchschüsse, die nur zu einer Verletzung zum Beispiel des Frontallappens führen und somit keine unmittelbar für die Handlungsfähigkeit bedeutenden Hirnzentren treffen, müssen eine getroffene Person nicht notwendigerweise sofort außer Gefecht setzen [19, S.161]. In der Literatur sind immer wieder Fälle beschrieben, wo derartige Kopfschüsse auch überlebt wurden. Marshall und Sanow berichteten von einem Fall, bei dem ein Polizist nach einem Kopfschuss zwar sein linkes Auge verlor, aber den Vorfall überlebte [49, S.67]. Auch Matschke analysierte zwei in suizidaler Absicht durchgeführte Kopfschüsse, die beide mit geringfügigen Folgeschäden überlebt wurden [50]. Trotz Schussbruchs im Bereich des harten Gaumens und Durchschuss der Schädelbasis in Richtung rechter Schläfe war es einem der Betroffenen sogar noch möglich gewesen, einen PKW zu steuern. Kury et al. verglichen mehrere Suizide, bei welchen es zu multiplen Kopfschüssen kam [42]. Auch hier wurde die Schwierigkeit der Interpretation von Kopfschüssen bestätigt. So lange es nicht zu einer Durchtrennung des Gehirnstammes oder des cervicalen Rückenmarkes käme, beziehungsweise zu einer Zerstörung der Basalganglien, sei eine sofortige Handlungsunfähigkeit nicht eindeutig vorhersehbar [42]. Wie diese Vergleiche zeigen, kommt es aber bei Kopfschüssen unter einem Schusswinkel von 90° mit hoher Wahrscheinlichkeit zu einer Penetration des Zieles. Begleitschäden können deswegen nicht ausgeschlossen werden.

7.2.6. Ablenkung der Geschosse bei Penetration des Intermediärmediums

Die mit kleiner werdendem Schusswinkel zunehmende Ablenkung der Geschosse beim Durchdringen der Scheibe ist eine weitere Auswirkung der Interaktion zwischen Geschoss und Zwischenmedium. Bei senkrechtem Beschuss kam es bei keinem der Geschosse zu einer bemerkenswerten Ablenkung. Eine Winkelreduktion auf 30° bewirkte jedoch merkliche Änderung der Flugrichtung der Geschosse, was besonders bei größeren Distanzen zwischen Intermediärziel und Ziel zum Ausdruck kam.



Grafik 15: Berechnung der Geschossablenkung

Mathematisch kann mit Hilfe des Satzes des Pythagoras und der Winkelsummenberechnung in einem Dreieck (siehe Grafik 15) bewiesen werden, dass eine Geschossablenkung von 2° bei einer Flugstrecke von 30 cm immerhin zu einer Seitenabweichung von 1 cm führt [81]. Die damit einhergehende Reduktion der Treffergenauigkeit zeigte, wie schwer es ist, die wundballistische Wirkung bei einem schrägen Scheibendurchschuss vorherzusagen.

Thornton und Cashman haben 1986 den Einfluss von Glas als Intermediärziel auf die Flugbahn untersucht [77]. Auch hier wurde festgestellt, dass es beim Durchschuss von Verglasungen zu einer erheblichen Ablenkung kommen kann, besonders bei der Verwendung von Hohlspitzgeschossen. Im Gegensatz zu den in dieser Arbeit vorliegenden Ergebnissen konnten Thornton und Cashman bereits bei einem Schusswinkel von 90° eine Ablenkung der Geschosse feststellen. Dass dies in den vorliegenden Versuchen nicht beobachtet werden konnte, liegt am ehesten an der Verwendung von Verbundglasscheiben, anderen Waffen – Munitionskombinationen und einem etwas abweichendem Versuchsaufbau.

7.2.7. Morphologie des Einschusses nach Durchdringen eines Intermediärmediums

Unter einem bestimmten Winkel lässt eine Geschossart einen spezifischen „Fingerabdruck“ beim Eindringen in Gewebe zurück. Cashman nutzte diese Tatsache, um mit Hilfe einer so genannten „Bullet Tip Scale“ den Schusswinkel, unter welchem ein Geschoss in ein Gewebe eindringt, bestimmen zu können [7]. Dabei muss berücksichtigt werden, dass unterschiedliche Geschossarten auch andersartige Hautdefekte hervorrufen. Smith hatte sich mit der Wundmorphologie beim Eindringen von Hohlspitzgeschossen in die Haut auseinandergesetzt [68]. Dabei wurde festgestellt, dass diese Geschosse beim Eindringen in die Haut unter einem sehr kleinen Winkel typische Spuren hinterlassen und so von anderen Geschossarten, wie beispielsweise Vollgeschossen, unterschieden werden können. Da die Geschosse in den gegenwärtigen Experimenten nach Durchdringen des Zwischenmediums keine geradlinige Flugbahn mehr aufwiesen und in den meisten Fällen in ihrer Form verändert wurden, ist eine derartige Zuweisung nicht möglich. Aber auch nach Durchdringen eines Zwischenmediums kann man bei gleichen Geschossen von einer ähnlichen Wundmorphologie bezogen auf das Einschussloch ausgehen. Die in dieser Arbeit in Versuch III jedoch zum Teil recht deutlich abweichenden Hautveränderungen bei gleichen Geschossen lassen vermuten, dass es hier zum Teil zu einer Abweichung des Einschusswinkels von bis zu 30° gekommen sein muss. Das P.E.P. beispielsweise hinterließ bei einem der Treffer eine typische Verletzung (siehe Abbildung 38): auf der Seite, auf der das Projektil auf die Haut auftraf, entstand eine zirkuläre bis ovoide Komponente, gefolgt von einer trapezförmigen, in Schussrichtung gelegene Ausziehung mit Hautzipfeln. Ein anderer Treffer mit gleicher Munition und unter eigentlich identischen Bedingungen zeigte einen fast gleichmäßig ovalen Einschuss (siehe Abbildung 39). Insgesamt kann festgestellt werden, dass die Einschusslöcher der verwendeten Hohlspitzgeschosse im Allgemeinen unregelmäßiger ausgebildet waren, während die Nicht – Deformationsgeschosse wie beispielsweise das SX2 gleichmäßig oval geformte Hautverletzungen hinterließen. Diese Tatsache lässt sich mit der deformierten Spitze und dem größeren Querschnitt der aufgepilzten Deformationsmunition erklären, welche dadurch beim Eindringen in die Haut eine

größere Fläche belastet als nicht deformierte Munition und dementsprechend auch eine größere Perforation verursacht.

Bei der Beurteilung des Einschusses kommt hinzu, dass die jeweiligen Geschosse zuvor die PKW – Seitenscheibe penetrierten und dort zum Teil bereits eine Formveränderung erfuhren. Die teilweise im Glas aufpilzenden Deformationsgeschosse vergrößerten ihren Durchmesser bereits vor Eindringen in das Zielgewebe, was zu einem größeren Einschussloch führte. Stahl stellte fest, dass Geschosse, welche ein Intermediärmedium durchdringen, meist atypische Einschüsse im Zielmedium hervorrufen [70]. Dabei gleicht der resultierende Gewebedefekt eher einem Kontaktschuss als einem Nahschuss, da der Einschuss größer und vor allem unregelmäßiger ist. Dadurch wird die Unterscheidung einzelner Einschüsse und Schusskanäle erheblich erschwert. Burnett stellte ebenfalls fest, dass Geschosse, welche beim Durchdringen eines Zwischenzieles aufpilzen, beim Eindringen in einen Organismus einen ungewöhnlich großen Hautdefekt verursachen [5]. Stone und Petty haben sich mit der Interpretation verschiedener, atypischer Schusswunden auseinandergesetzt [71]. Auch sie kamen während ihrer Untersuchungen zu dem Ergebnis, dass vor allem Intermediärziele wie Verglasungen, Bekleidung, Körperteile oder sonstige harte Medien die Geschossform und Stabilität entscheidend beeinflussen können, was in der Regel zu ungewöhnlichen Wunden führt. Beim Durchdringen von Glas können Glassplitter zu Sekundärgeschossen werden und so genannte Satellitenwunden verursachen. In einer Falldarstellung beschreibt Dixon dieses Phänomen ebenfalls [14]. Allerdings konnten die in diesen Veröffentlichungen beschriebenen Verletzungen durch Glassplitter in den vorliegenden Versuchen nicht beobachtet werden. Gründe hierfür ist die Bekleidung der Schweine, welche einen zusätzlichen Schutz bietet und die Tatsache, dass Verbundglas in wesentlich kleinere Splitter zerfällt als normales, das bedeutet nicht speziell behandeltes Glas.

7.3. Verhalten der Nicht – Deformationsmunition

Auch die Nicht – Deformationsmunition wird durch kleiner werdende Schusswinkel in ihrem Geschossverhalten und in ihrer Energieabgabe deutlich beeinflusst.

7.3.1. Einfluss der Geschossmasse und des Geschossmaterials auf die Wirksamkeit der Geschosse

Eine Verkleinerung des Schusswinkels führte hier nur teilweise zu einem Verlust an Masse. Dieser war jedoch lange nicht so ausgeprägt, wie bei den Deformationsgeschossen. Gründe hierfür sind vor allem die andersartige Geschosskonstruktion und somit das Geschossverhalten beim Eindringen in ein Medium. Die aus Kupfer – Zink bestehenden Geschosse sind härter als Blei. Deren Verformungsbereitschaft ist deswegen wesentlich geringer und somit ist auch deren Tendenz, beim Eindringen in ein Medium Energie abzugeben auf die Geschossspitze, das heißt auf ein kleineres Areal beschränkt. Diese Geschosse rufen eine höhere Beanspruchung pro mm² Scheibe hervor und können so leichter durch das Hindernis penetrieren. Das rein aus Messing bestehende Monolithgeschoss MsVG zeigte im Vergleich zu Nicht – Monolithgeschossen wie beispielsweise dem SX2 wesentlich geringere Deformation bei der Penetration des Zwischenzieles unter verschiedenen Winkeln (siehe Abbildung 34 a+b und 35 a+b) und hatte bei keinem der Versuche Masseverluste über 2%. Die aus Tombak bestehenden Geschosse sind wegen ihres höheren Kupferanteils geschmeidiger. Diese Tatsache spiegelt sich auch in dem jeweiligen Masseverlust wieder. So verlor zum Beispiel das DM41 unter einem Schusswinkel von 30° in Versuch II knappe 37% seiner Masse, während unter einem Schusswinkel von 90° kein Masseverlust zu verzeichnen war. Es kam hier nur unter einem Schusswinkel von 30° zu einer Deformation des Geschosses. Das aus dem Schwermetall Blei bestehende .45 ACP – Geschoss zeigte in den Vorversuchen keinen Masseverlust. Das verzinnnte SX2 hingegen besitzt einen Bleikern und verlor in den Vorversuchen unter einem Beschusswinkel von 30° die Hälfte seiner Masse am Intermediärziel. Die konstruktionsbedingt deutlich höhere Masse und

geringere Geschwindigkeit des .45ACP Geschosses sind der Hauptgrund für dieses Phänomen.

Ebenso wie für die Deformationsgeschosse, so hat also auch der Masseverlust der Nicht – Deformationsmunition einen nur geringfügigen Einfluss auf die Energieabgabe im Zielmedium.

7.3.2. Analyse der Energieabgabe der Geschosse im Zwischen– und Zielmedium

Eine Verringerung des Schusswinkels führte auch bei den Nicht – Deformationsgeschossen zu einer Verkürzung der Eindringtiefe und zu einer verminderten Energieabgabe im Zielmedium. Beispielsweise durchdrangen die Geschosse MsVG und DM41 im Versuch II unter einem Schusswinkel von 90° den Seifenblock, blieben aber bei Verkleinerung des Winkels auf 30° im Zielmedium stecken. Wie aus den Vorversuchen entnommen werden kann, bewirkte eine Verringerung des Schusswinkels von 90° auf 30° beim MsVG und SX2 eine Verdopplung des Energieverlustes an der Seitenscheibe. Trotz dieser hohen Energieabgaben an das Intermediärmedium, wiesen die verwendeten Vollmantel – und Vollgeschosse ohne Hohlspitze im Vergleich zu jenen mit Hohlspitze unter einem Schusswinkel von 30° im Durchschnitt längere Eindringtiefen und höhere Energieabgaben auf. Insgesamt waren die Energieabgaben im Zielmedium jedoch relativ gering.

7.3.3. Ablenkung der Geschosse bei Penetration des Intermediärmediums

Vergleicht man zusätzlich den Ablenkwinkel, so hatten die formstabilen Nicht – Deformationsgeschosse unter einem Schusswinkel von 90° trotz dem Penetrationsvorgang eine nahezu geradlinige Flugbahn. Der Hauptgrund hierfür ist vor allem die durch die geringe Deformation konstant bleibende hohe Querschnittsbelastung. Es tritt während der Durchdringung der Seitenscheibe eine geringere Reibung auf, als dies bei deformierenden Geschossen der Fall ist. Es kommt zu keiner messbaren Auslenkung des Geschosses aus seiner ursprünglichen Lage. Eine Verringerung auf einen Schusswinkel von 30° verschlechterte jedoch auch hier die Treffgenauigkeit. Die Geschosse wurden bis zu 7° abgelenkt, wie es beispielsweise beim .45VM, trotz dessen hohen

Gewichtes von 14,9 g, der Fall war. Mit Hilfe der Sinus – und Cosinusfunktion kann man bei einer angenommenen Flugstrecke von 30 cm eine Abweichung vom Ziel von knapp 4 cm berechnen [81]. Kneubuehl belegt diese Berechnung. Er stellte fest, dass ein Ablenkwinkel von 1° bei großen Schussdistanzen eine Ablenkung des Geschosses hervorruft, die ca. 1,7% der Distanz entspricht [40, S.157]

7.4. Vergleich Deformationsmunition und Nicht – Deformationsmunition

7.4.1. Geschosswirkung in organischen Zielmedien

Die Untersuchung der entstandenen Wundkanäle im Versuch III führte zu dem Ergebnis, dass eine nachvollziehbare Unterscheidung der Wirkung von Deformationsgeschossen und Nicht – Deformationsgeschossen nicht möglich ist. Die Tiefenwirkung der einzelnen Geschosse lässt sich nicht eindeutig differenzieren. Bruns hatte bereits 1898 auf die Schwierigkeit bei der Unterscheidung von Weichteilschüssen hingewiesen, welche von Teilmantel – und Vollmantelgeschossen verursacht wurden. Er konnte beim Vergleich der Wundkanäle, welche durch Teilmantelgeschosse mit einer Bleispitze und Vollmantelgeschosse verursacht wurden, keine charakteristischen Unterschiede erkennen [4, S.14]. Verhoff und Karger bewiesen anhand eines Suizids, dass weniger die Geschossart ausschlaggebend ist für die Beschaffenheit eines Wundkanals als vielmehr die Art des Gewebes, in welches das Geschoss eindringt [80]. Auch Di Maio vertritt die Meinung, dass es nicht möglich sei, den Wundkanal eines Hohlspitzgeschosses von dem eines Vollmantelgeschosses zu unterscheiden, da aufgrund der Elastizität von menschlichem Gewebe die letztlich verbleibenden Kavernen sehr ähnlich seien [11, S.310]. Harrel untersuchte die Wirkung von Hohlspitzmunition. Er kam ebenfalls zu dem Ergebnis, dass die zu erwartenden Verletzungen von Hohlspitzgeschossen sich nicht wesentlich von denen herkömmlicher Munition unterscheiden [22].

Auffällig bei der Auswertung von Versuch III war außerdem die hohe Variabilität der Länge der Schusskanäle bei gleichen Geschossen. Unter identischen Versuchsbedingungen hatte beispielsweise die P.E.P. variierende Schusskanallängen zwischen 16 cm und 30 cm. Auch bei den anderen

untersuchten Geschossen konnte keine einheitliche Wundballistik festgestellt werden. Dass es bei übereinstimmendem Versuchsaufbau bei gleichen Munitionen zu unterschiedlichen Ergebnissen kommen kann, haben Callender und French während ihren Forschungen an Schweinen 1935 ebenfalls festgestellt [6, S.183]. Der Grund hierfür liegt darin, dass eine minimale Abweichung der Gewebebeschaffenheit eine drastische Auswirkung auf das Endergebnis haben kann. Dass im Gegensatz zu homogenen Simulanzien wie Seife oder Gelatine, bei Tieren keine einheitliche Norm bezogen auf Dichte, Größe und Organbeschaffenheit garantiert werden kann, ist eindeutig ersichtlich. Bereits ein geringfügiger Alters – oder Gewichtsunterschied kann geringe Abweichungen bezüglich Größe und Anordnung der einzelnen Organe mit sich ziehen und somit das eindringende Geschoss andersartig beeinflussen. Zusätzlich kann davon ausgegangen werden, dass im Gegensatz zu den labortechnischen Versuchsaufbauten mit fixierter Waffenposition die tatsächlichen Auftreffwinkel beim Beschuss unter realistischen Bedingungen zum Teil größer als 30° waren. Wie bereits weiter oben im Text erläutert wurde, steigt mit zunehmendem Schusswinkel die Restenergie E_{Rest} und somit auch die Eindringtiefe. Gestützt wird diese Annahme durch Betrachtung der A1 – Munition: während in den gesamten Versuchen mit einem Einschusswinkel von 30° die Restenergie als vernachlässigbar angesehen werden musste (falls es überhaupt zu einer Scheibenpenetration gekommen ist), verzeichnete das Geschoss in dieser Versuchsreihe ein Eindringen in den Kadaver von 30 cm, was weit über den zu erwarteten Größen lag. Auch wenn der Winkel bei diesem äußerst realistischen Experiment mehr als 30° betrug, so muss dennoch bedacht werden, dass im Ernstfall davon auszugehen ist, dass sich der Winkel beim Versuch, sich einem bewegtem Ziel zu nähern, durchaus verkleinern kann. Sollte also situationsbedingt der Auftreffwinkel näher bei 30° liegen als in dem hier statischen Versuchsaufbau, wäre gegebenenfalls mit erheblich geringerer Penetrationstiefe zu rechnen.

Bei der Auswertung der aus den Obduktionen der Schweine gewonnenen Ergebnissen wurden bei nur einem Versuch ein „sofort tödlicher Schuss“ festgestellt. Es handelte sich dabei um einen Treffer im Halsmark. Das Geschoss durchtrennte den Spinalkanal und blieb im zweiten Halswirbelkörper stecken. Bei

den anderen Versuchen war der Verlauf der Wundkanäle so gelegen, dass zwar „tödlichen Verletzungen“ anzunehmen gewesen wären, diese jedoch mit Sicherheit keine sofortige Handlungsunfähigkeit zur Folge gehabt hätten. Allein durch die ballistisch ungenaue Treffsicherheit sind Ergebnisse mit sofortiger Mannstoppwirkung bei Körpertreffern sehr unwahrscheinlich.

7.4.2. Wirksamkeit der Geschosse

Die Tatsache, dass sowohl Deformations – als auch Nicht – Deformationsgeschosse ähnliche Wirksamkeitsfunktionen hatten, lässt sich damit erklären, dass Deformationsgeschosse nicht erst beim Eindringen in das Zielmedium aufpilzten, sondern bereits beim Durchdringen der Seitenscheibe. Die deformierten Geschosse hatten somit während des Eindringens in die Seife eine leicht vergrößerte, aber sich im Zielmedium nicht mehr stark ändernde Querschnitts – beziehungsweise Wirkfläche. Damit unterscheidet sich deren Geschossverhalten primär durch ein unterschiedliches Verhalten beim Penetrationsvorgang der Seitenscheibe. Das unterschiedliche Deformationsverhalten und die sich unterscheidenden Energieverluste an der PKW – Seitenscheibe führten letztlich zu der sich unwesentlich voneinander unterscheidenden Wirkung von Deformations – und Nicht – Deformationsmunition im Zielmedium.

Die Tabelle „Vorversuch“ belegt, dass es bei den Deformationsgeschossen zu einer deutlich höheren Energieabgabe an die Seitenscheibe kam als bei den Nicht – Deformationsgeschossen. Außerdem kam es bei der Nicht – Deformationsmunition zu weniger Geschwindigkeitseinbußen beim Durchdringen der Verglasung als bei der Deformationsmunition.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass die Munition mit der besten wundballistischen Wirkung nach dem Durchschuss von Seitenscheiben eines Personenkraftfahrzeuges jene ist, die unter dem für diesen Einsatz realistischsten Schusswinkel die geringste Reaktion mit dem Intermediärziel zeigt, dadurch eine große Restenergie aufweist und so die größte Wirkung im Zielmedium hat. Dies ist nur bei einem Schusswinkel von 90° möglich. Hier hatten die Geschosse die größte Restenergie und beste Treffgenauigkeit. Die Länge der Schusskanäle

zeigte jedoch, dass es unter senkrechtem Schusswinkel mit hoher Wahrscheinlichkeit zu einem Durchschuss z.B. eines Kopfes kommen kann. Es kann hierbei nicht ausgeschlossen werden, dass Personen die sich im oder auf der anderen Seite des Personenfahrzeuges befinden Begleitschäden erfahren können. Um die Hintergrundgefährdung zu minimieren, muss der Schusswinkel auf etwa 30° reduziert werden. Der von der Polizei laut technischer Richtlinie geforderte Wirksamkeitskorridor muss über mindestens 5 cm zwischen 30 bis 60 J/cm [15] liegen, was einer Energieabgabe im Zielmedium von 150 J – 300 J entspricht. Wird diese geforderte, minimale Energieabgabe im Zielmedium mit den Ergebnissen der durchgeführten Versuche verglichen, so erfüllt keines der Geschosse diese Auflagen. Unter diesem Schusswinkel ist eine sofortige Handlungsunfähigkeit aus physischer und ballistischer Sicht unwahrscheinlich. Außerdem kommt es unter einem Schusswinkel von um 30° zu einer erhöhten Geschossablenkung und damit zu einer schlechteren Treffgenauigkeit.

Aufgrund dieser Ergebnisse kann keinem der Geschosse eine Präferenz zugesprochen werden. Die Erzielung einer sofortigen Handlungsunfähigkeit und gleichzeitigen Verhinderung von Begleitschäden kann unter den untersuchten Bedingungen mit keiner der Waffen – Munitionskombinationen nachvollziehbar erwartet werden, was derartige Einsatzszenarien als gegebenenfalls äußerst problematisch erscheinen lässt.

8. Zusammenfassung:

Das Ziel dieser Arbeit ist der experimentelle Vergleich verschiedener Munitionsarten bezüglich ihrer wundballistischen Wirkung und Wirksamkeit nach Durchschuss von Verbundglasseitenscheiben eines Personenkraftfahrzeuges unter Schusswinkeln von 30°, 45° und 90°. Im Mittelpunkt der Untersuchungsreihe stand vor allem die Geschosswirkung unter den jeweiligen Schusswinkeln und in diesem Zusammenhang die Frage nach einer eventuellen Handlungsunfähigkeit einer nach Durchschuss der Glasscheibe getroffenen Person. Es wurden folgende 9 mm Luger Munitionen zur wundballistischen Untersuchung verwendet: die Deformationsmunitionen A1, A4, A5, ST, GS, GSb, P.E.P., SeCa, .45ACP HP,PTP/s und die Nicht – Deformationsmunitionen .45 ACP VM, MsVG, DM41, PTP und SX2. Orientierend wurden zusätzlich noch die PT und das MEN Frangible hinzugezogen.

In einem Vorversuch wurde zunächst die Penetrationsballistik verschiedener Geschosse untersucht, um in den folgenden Versuchsreihen Anhaltspunkte bezüglich der Geschossgeschwindigkeit und der im Ziel zu erwartenden Energieabgabe zu bekommen. Es wurden anschließend drei Versuchsreihen durchgeführt. Geschossen wurde aus einer Glock 26 und 17 sowie aus einer feststehenden Lafette. Als Zielmedien dienten Gelatineblöcke, Seifeblöcke und Schweinekadaver. Das Zwischenmedium waren BMW – PKW – Seitenscheiben vom Typ Sekurit „Saint Gobain“.

Der Vergleich der jeweiligen Geschosswirkung in den verschiedenen Zielmedien führte zu dem Ergebnis, dass bei allen Versuchsreihen der Schusswinkel, unter welchem ein Geschoss die PKW – Seitenscheibe penetrierte, einen erheblichen Einfluss auf das Geschossverhalten und dementsprechend auch auf dessen Energieabgabe im Zielmedium hatte. Je kleiner dieser Schusswinkel war, desto größer war die Energieabgabe an das Zwischenmedium und umso geringer war demzufolge die Energieabgabe der durchdringenden Geschosse im Zielmedium. Keines der Geschosse erfüllte den von der Polizei in den technischen Richtlinien geforderten 5 cm langen Wirksamkeitskorridor von 30 J/cm – 60 J/cm.

Zusätzlich kam es mit kleiner werdendem Schusswinkel zu einer zunehmend schlechteren Treffgenauigkeit der Geschosse. Es konnte dabei kein signifikanter Unterschied zwischen Deformationsgeschossen und Nicht – Deformationsgeschossen festgestellt werden.

Unter einem Schusswinkel von 90° war bei keinem der Geschosse eine bemerkenswerte Geschossablenkung messbar. Die bei senkrechtem Beschuss im Zielmedium abgegebene Energie kann bei optimaler Trefferlage eine Handlungsunfähigkeit hervorrufen. Diese kann jedoch aufgrund verschiedener äußerer Einflussfaktoren nicht garantiert werden. Aufgrund der hohen Restenergie der Geschosse kann es unter einem Schusswinkel von 90° zu Begleitschäden von Personen sowohl im Fahrzeug als auch auf der anderen Seite des Personenfahrzeuges kommen.

Eine Verringerung des Schusswinkels auf 30° führte zu einer Zunahme der Geschossablenkung. Eine optimale Trefferlage ist bei diesem Winkel dementsprechend nicht gesichert. Eine Hintergrundgefährdung kann hier zwar weitestgehend ausgeschlossen werden, jedoch ist unter Einbeziehung einer unter diesem Schusswinkel auftretenden geringeren Restenergie der Geschosse das Hervorrufen einer sofortigen Handlungsunfähigkeit unwahrscheinlich.

Aufgrund dieser Ergebnisse kann bei derartigen polizeilichen Szenarien bei keiner der untersuchten Waffen – Munitionskombinationen eine sofortige Handlungsunfähigkeit und eine gleichzeitige Verhinderung von Begleitschäden plausibel erwartet werden.

9. Literaturverzeichnis

- [1] Alvefuhr R. (2000): Evaluation of 9 x 19 mm ammunition – Project „NPT“, Copyright Poliisin tekniikkakeskus - Police Technical Centre, Helsinki
- [2] Auf der Maur J. (2003): Killer – Munition, http://www.vspb.org/d/3redaktion/redaktion_killermun_inhalt.html (23.08.2003)
- [3] Brinkmann B., Madea B. (2004): Handbuch gerichtliche Medizin 1, Springer Verlag Berlin Heidelberg
- [4] Bruns (1898): Ueber die Wirkung der Bleispitzengeschosse („Dum – Dum – Geschosse“), Chirurgische Universitätsklinik, Tübingen
- [5] Burnett B. R. (2001): A Shot Through the Window, Case Report, J. Forensic Sci (Vol. 46, No. 2), S. 379 – 385
- [6] Callender G. R., French R.W. (1935): Wound Ballistics, Studies in the Mechanism of Wound Production by Rifle Bullets, The Military Surgeon (Vol. 77, No. 4) S. 177 – 201
- [7] Cashman P.J. (1986): Projectile Entry Angle Determination, Journal of Forensic Sciences (Vol. 31, No. 1) S. 86 – 91
- [8] Comper W., Wilhelm, R. (2003): Ohne Nebenwirkungen, Deutsches Waffen– Journal (Vol. 8) S. 80 – 82
- [9] Di Maio V., Jones J., Caruth II W. (1974): A Comparison of the Wounding Effects of Commercially Available Handgun Ammunition Suitable for Police Use, FBI law enforcement bulletin S. 3 – 8, Washington
- [10] Di Maio V., Spitz W.U., U.S.Army Medical Corps (1972): Variations in Wounding Due to Unusual Firearms and Recently Available Ammunition, Journal of Forensic Sciences (Vol. 17) S. 377 – 386,
- [11] Di Maio, V. (1985): Gunshot wounds, Practical Aspect of Firearms, Ballistics and Forensic Techniques, Elsevier Science Publishing Co., Inc New York, NY
- [12] Dicke W. (1999): Unendliche Geschichte – Polizeimunition im Kreuzfeuer, Deutsches Waffen – Journal (Vol. 2) S. 266 – 269
- [13] Dittmann W. (1989): Wundballistische Untersuchungen zur Klinik der Schädel – Hirn – Schussverletzungen, Wehrmedizinische Monatsschrift 33, Heft 1, S.3 – 14

- [14] Dixon D.S. (1982): Case report, Tempered Plate Glass as an Intermediate Target and Its Effects on Gunshot Wound Characteristics, Journal of Forensic Sciences (Vol. 27, No 1) S. 205 – 208
- [15] Eichner S., Peschel O.(2004): Die neue Polizeimunition – Erfahrungen mit der MEN P.E.P., Polizei in Bayern, 47. Folge, Polizei – Verlag Heinz Krause, S. 4 – 11, Nürnberg
- [16] Eichner, S.(2006): Bayerisches Landeskriminalamt, private Mitteilung
- [17] Elert, G. (2005): Volume of a human brain,
<http://hypertextbook.com/facts/2001/ViktoriyaShchupak.shtml> (25.05.05)
- [18] Erbing M., Wilhelm R. (1999): Aller guten Dinge sind drei, Deutsches Waffen – Journal (Vol. 12) S. 1962 – 1967
- [19] Forster B. (1986): Praxis der Rechtsmedizin für Mediziner und Juristen, C.H. Beck'sche Verlagsbuchhandlung München, Georg Thieme Verlag Stuttgart
- [20] Göhler W.(1996): Formelsammlung höhere Mathematik, Verlag Harri Deutsch, Frankfurt am Main
- [21] Hammer A.(2002): Physikalische Formeln und Tabellen, J. Lindauer Verlag, München
- [22] Harrell J. B. (1979): Hollowpoint Ammunition Injuries: Experience in a Police Group, The Journal of Trauma (Vol. 19, No. 1) S.115 – 116
- [23] Hartmann P.W. (2005): Das große Kunstlexikon, Messing,
http://www.beyars.com/kunstlexikon/lexikon_5932.html (05.05.05)
- [24] Hartmann P.W. (2005): Das große Kunstlexikon, Tombak,
http://www.beyars.com/kunstlexikon/lexikon_9042.html (05.05.05)
- [25] Hatcher J. S. (1935): Textbook of pistols and revolvers, Their Ammunition, Ballistics and Use, Small Arms Technical Publishing Company, Marines, North Carolina
- [26] Hauri – Bionda R. (2003): Schutzverletzungen,
<http://www.irm.unizh.ch/infos/schussverletzung.htm> (14.08.2003)
- [27] Hofmann A., Hofmann S. (2003):Frankonia Jagd 03/04, Gesamtjahreskatalog; Würzburg
- [28] <http://dejure.org/gesetze/StGB/32.html> (01.02.06)
- [29] <http://dejure.org/gesetze/StGB/34.html> (01.02.06)

- [30] Jones A. M. (1987): An Unusual Atypical Gunshot Wound A Coin as an Intermediate Target, The American Journal of Forensic Medicine and Pathology (Vol. 8, No. 4), S. 338 – 341, Raven Press, New York
- [31] Jussila J. (2000): Evaluation of 9 x 19 mm ammunition – Project „NPT“, Police Technical Centre, North European Police Co – operation, Copyright Poliisin tekniikkakeskus – Police Technical Centre, Finland Januar
- [32] Jussila J. (2004): Preparing ballistic gelatine – review and proposal for a standard method, Forensic Science International (Vol. 141) S. 91 – 98
- [33] Karger B. (2001): Forensische Ballistik von Schussverletzungen, Rechtsmedizin (2001 Vol. 11) S. 104 – 119, Springer Verlag
- [34] Kneubeuhl B.P. (1998): Geschosse – Ballistik, Treffsicherheit, Wirkungsweise, Verlag Stocker – Schmid AG, Dietikon – Zürich, 2. Auflage
- [35] Kneubuehl B (2003): Serie: Zwischen Wirksamkeit und Gefährlichkeit, Teil 1, Deutsches – Waffenzournal 12, S.86/87
- [36] Kneubuehl B (2004): Serie: Zwischen Wirksamkeit und Gefährlichkeit, Teil 2, Deutsches – Waffenzournal 1, S.88/89
- [37] Kneubuehl B (2004): Serie: Zwischen Wirksamkeit und Gefährlichkeit, Teil 3, Deutsches – Waffenzournal 2, S.82/83
- [38] Kneubuehl B (2004): Serie: Zwischen Wirksamkeit und Gefährlichkeit, Teil 5, Deutsches – Waffenzournal 4, S.88/89
- [39] Kneubuehl B (2004): Serie: Zwischen Wirksamkeit und Gefährlichkeit, Teil 8, Deutsches – Waffenzournal 7, S.84/85
- [40] Kneubuehl B. P. (2004): Geschosse – Ballistik, Wirksamkeit, Messtechnik, Verlag Stocker – Schmid AG, Dietikon – Zürich
- [41] Kneubuehl B.P. (2004): k-analyzer 1.4, <http://www.kneubuehl.com/k-analyzer.html> (15.01.2004)
- [42] Kury G., Weiner J., Duval J. (2000): Multiple Self – Inflicted Gunshot Wounds to the Head, The American Journal of Forensic Medicine and Pathology, Vol. 21, No. 1, S. 32 – 35,
- [43] Lampel W., Seitz G. (1983): Die Lehre vom jagdlichen Schuss, Verlag J. Neumann – Neudamm KG, Melsungen
- [44] Lenselink J., Wanting H.E., de Hek W.D. (1993): Patronen des 20. Jahrhunderts, Motorbuchverlag Stuttgart

- [45] Levy V., Valerie J. (1988): Survival Time in Gunshot and Stab Wound Victims, *The American Journal of Forensic Medicine and Pathology* (Vol. 9, No. 3) S. 215 – 217, Raven Press, Ltd, New York
- [46] Lorei C. (2003): Schusswaffengebrauch mit Todesfolge auf Polizei – Gegenüberseite,
http://www.schusswaffeneinsatz.de/Schusswaffeneinsatz/Gegenueber-tot/hauptteil_gegenueber-tot.html (14.08.2003)
- [47] Madea B. (2003): *Praxis Rechtsmedizin; Befunderhebung, Rekonstruktion, Begutachtung*, Springer – Verlag Berlin Heidelberg
- [48] Maisch A. (2005): *Die tierschutzgerechte Euthanasie beim Schwein mit Pentobarbital*, München, Univ., Diss.,
- [49] Marshall E.P., Sanow E.J. (1992): *Handgun Stopping Power: The Definitive Study*, Paladin Press, Boulder Colorado
- [50] Matschke J., Lohmann F., Giese A., Seifert D., Püschel K. (2002): Erhaltene Handlungsfähigkeit nach Kopfschuss, *Archiv für Kriminologie*, Band 209 (3/4), S. 88 – 94
- [51] Nickel R., Schummer A., Seiferle E. (1961): *Lehrbuch der Anatomie der Haustiere Band I: Bewegungsapparat*, Paul Parey in Berlin und Hamburg, Verlag für Landwirtschaft, Veterinärmedizin, Gartenbau und Forstwesen, Berlin
- [52] Nickel R., Schummer A., Seiferle E. (1967): *Lehrbuch der Anatomie der Haustiere Band II: Eingeweide*, Paul Parey in Berlin und Hamburg, Verlag für Landwirtschaft, Veterinärmedizin, Gartenbau und Forstwesen, Berlin
- [53] Nickel R., Schummer A., Seiferle E. (1967): *Lehrbuch der Anatomie der Haustiere Band III: Gefäß- und Nervensystem sowie Sinnesorgane, äußere Haut und Geflügel – Anatomie*, Paul Parey in Berlin und Hamburg, Verlag für Landwirtschaft, Veterinärmedizin, Gartenbau und Forstwesen, Berlin
- [54] Peschel O. (2006): Institut für Rechtsmedizin der Universität München, private Mitteilung
- [55] Pollak S., Wieser I. (1988): Zähne als Zwischenziel – eine Ursache für die rasche Zerlegung von militärisch verwendeten Vollmantelgeschossen, *Wiener klinische Wochenschrift*, Jg. 100, Heft 22, S. 729 – 733, Wien
- [56] Poole R. A., Cooper R. E., Emanuel L.G., Fletcher L. A., Stone I.C. (1994): *Institute of Forensic Science, Dallas, Texas, USA: Angle: Effect on Hollow Point Bullets fired into Gelatin*, *AFTE Journal* (Vol. 26, No. 3) S. 193 – 198

- [57] Putz R., Pabst R. (2000): Sobotta Atlas der Anatomie des Menschen, Band 1 Kopf, Hals, obere Extremität, Urban & Fischer Verlag, München, Jena
- [58] Putz R., Pabst R. (2000): Sobotta Atlas der Anatomie des Menschen, Band 2 Rumpf, Eingeweide, untere Extremität, Urban & Fischer Verlag, München, Jena
- [59] Remington Arms Company, Inc.
http://www.remingtonmilitary.com/am_mle_hpj.htm
- [60] Remington Arms Company, Inc.
http://www.remingtonmilitary.com/am_mle_hpjbond.htm
- [61] Rosenberger M.R. (2002): Waffen und Einsatzmunition der Polizei, Motorbuch Verlag Stuttgart
- [62] Schantz B. (1979): Aspects on the Choice of Experimental animals when reproducing Missile Trauma, Acta Chir. Scand., Suppl (Vol. 489) S. 121 – 130
- [63] Schießl P. (2005): Nichteisenmetalle, <http://www.bauv.unibw-muenchen.de/institute/inst3/lehre/download/nichteisenmetalle.pdf> (03.05.05)
- [64] Sellier K. (1969): Schusswaffen und Schusswirkungen I, Max Schmidt – Römhild Verlag, Lübeck
- [65] Sellier K., Kneubuehl B.P. (1994): Wound Ballistics and the Scientific Background, Elsevier Science B.V., Amsterdam
- [66] Sellier K., Kneubuehl B.P. (2001): Wundballistik und ihre ballistische Grundlagen, 2.Auflage, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg
- [67] Smith O. C., Harruff R.C. (1988): Evidentiary Value of the Contents of Hollow–Point Bullets, Case report, Journal of Forensic Sciences, JFSCA, (Vol. 33 No. 4) S. 1052 – 1057
- [68] Smith O.C., Symes S.A., Berryman H.E., LeVaughn M.M. (1993): Characteristic Features of Entrance Wounds from Hollow – Point Bullets, Journal of Forensic Sciences, JFSCA, (Vol. 38, No. 2) S. 323 – 326
- [69] Spitz W.U., Petty C.S., Fisher R.S. (1961): Physical Activity Until Collapse Following Fatal Injury by Firearms and Sharp Pointed Weapons, Journal of Forensic Sciences, JFSA (Vol. 6, No. 3) S. 290 – 300
- [70] Stahl C.J., Jones S.R., Johnson F.B., Luke J.L. (1979): The Effect of Glass as an Intermediate Target on Bullets: Experimental Studies and Report of a Case, Journal of Forensic Sciences (Vol. 24, No. 1) S. 6 – 17

- [71] Stone I.C., Petty C.S. (1991): Interpretation of Unusual Wounds Caused by Firearms, Journal of Forensic Sciences, (Vol. 36, No. 3) S. 736 – 740
- [72] Strassmann G. (1935): Über Lebensdauer und Handlungsfähigkeit Schwerverletzter, Deut.Ztschr. f. d. Ges. Gerichtl. Med. 24: 393
- [73] Süddeutsche Zeitung v. 30.11.1998 S.1
- [74] Sykes Jr. L.N., Champion H.R., Fouty W.J. (1988): Dum – dums, Hollow – points, and Devastators: Tecniques Designed to Increase Wounding Potential of Bullets, The Journal of Trauma (Vol. 28, No. 5) S. 618 – 623, The Williams&Wilkins Co.
- [75] Synbone AG (2003), <http://www.synbone.ch/> (12.12.03)
- [76] Thali M., Kneubuehl B., Zollinger U., Dirrhofer R. (2002): The "Skin – skull – brain – model": a new instrument for the study of gunshot effects, J. Forens. Sci. Int. 125, S.178 – 189
- [77] Thornton J.I., Cashman P.J. (1986): The Effect of Tempered Glass on bullet Trajectory, Case Report, Journal of Forensic Sciences (Vol. 31, No. 2), S. 743 – 746
- [78] Trepel M. (1999): Neuroanatomie Struktur und Funktion, Urban & Fischer Verlag, 2. Auflage München
- [79] Troben H. (2003): Gladbecker Geiseldrama, Irrfahrt quer durch die Republik, <http://www.stern.de/politik/historie/?id=507133> (20.04.05)
- [80] Verhoff M.A., Karger B. (2003): Atypical gunshot entrance wound and extensive backspatter, Case report; International Journal of Legal Medicine (Vol. 117) S. 229 – 231, Springer – Verlag
- [81] Wikipedia, die freie Enzyklopädie (2005):
http://de.wikipedia.org/wiki/Begleitschaden#Folgen_von_Begleitsch.C3.A4den
(02.01.2006)
<http://de.wikipedia.org/wiki/Cosinus> (05.01.06)
[http://de.wikipedia.org/wiki/Fleisch_\(Anatomie\)](http://de.wikipedia.org/wiki/Fleisch_(Anatomie)) (20.04.04)
<http://de.wikipedia.org/wiki/Glas> (28.06.07)
<http://de.wikipedia.org/wiki/Sinus> (05.01.06)
<http://de.wikipedia.org/wiki/Tangens> (05.01.06)
<http://en.wikipedia.org/wiki/Glass> (28.06.07)

- [82] Wising M. (2005): Polisen får ny tjänstammunition,
<http://www.polisen.se/inter/nodeid=21431&pageversion=1.html&articleid=5602>
3 (23.04.2005)

Lebenslauf

PERSÖNLICHE DATEN

- Geburtsdatum: 06/12/1979
- Geburtsort: Gräfelfing
- Nationalität: German

AUSBILDUNG

1986 - 1990	Grundschule: Munich – Obermenzing
1990 – 1999	Gymnasium: Max – Planck – Gymnasium München
06/25/1999	Abitur
1999 – 2000	Technische Universität Ilmenau, Studiengang: Medienökonomie
2000 – 2002	Ludwig – Maximilian Universität München Studiengang: Medizin (Vorklinik)
09/10/2002	Physikum
10/01/2002– 28/11/2006	Technische Universität München Studiengang: Medizin (Klinik)
01/08/2005 – 21/07/2006	Praktisches Jahr in Chirurgie und Innere Medizin am Klinikum München Bogenhausen, Radiologie am “Fremantle Hospital“ und „Royal North Shore Hospital“
19/10/2006	Staatsexamen (schriftliche Prüfung)
28/11/2006	Staatsexamen (mündliche Prüfung)
02/01/2007	Assistenzarzt am Institut für Rechtsmedizin in Stockholm

Danksagung

Mein Dank gilt an erster Stelle dem Vorstand des Institutes für Rechtsmedizin München Herrn Prof. Dr. med. W. Eisenmenger, der mir jederzeit unterstützend zur Seite stand.

Außerdem danke ich Prof. Dr. med M. Graw sowohl für sein Interesse an dieser Arbeit und für seine Bereitschaft zur Übernahme des Promotionsverfahrens als auch für seine stete Unterstützung.

Ein großer Dank gilt ebenfalls Dr. med O. Peschel, der mir durch seine kontinuierliche Unterstützung eine große Hilfe bei der Planung, Durchführung und Analyse meiner Arbeit war.

Zusätzlich danke ich allen weiteren Mitarbeitern des Institutes für Rechtsmedizin München, vor allem Prof. Dr. T. Gilg.

Ein besonderer Dank gilt Prof. Dr. med. vet. K. Heinritzi, der es uns als Leiter des Lehrstuhles für Krankheiten des Schweines ermöglichte, Versuche mit Tierkadavern durchzuführen.

In diesem Zusammenhang möchte ich auch den Mitarbeitern des Lehrstuhles für Krankheiten des Schweines für ihre wertvolle Hilfe danken, besonders Dr. M. Ritzmann.

Ebenso danke ich BD Dr. S. Eichner für seine großartige Hilfe bei der Durchführung der Schussversuche. Seine Ratschläge und Unterstützungen wurden jederzeit gerne angenommen. Auch seinen Mitarbeitern des Bayerischen Landeskriminalamtes München möchte hierbei meinen Dank aussprechen, die mir jederzeit hilfreich zur Seite standen.

Desgleichen bedanke ich mich beim Team der VBS „Gruppe Rüstung“ in Thun, das mir unter Federführung von Beat Kneubuehl bei der Versuchsreihe in Thun tatkräftig zur Seite stand.

Auch Herrn Walter Braun der Spezialeinheiten der Polizei möchte ich gerne für seine Unterstützung danken.

Weiterhin bedanke ich mich bei meiner Familie und meinen Freunden für ihre vielfältige Unterstützung.

Ebenso sei all denen ein Dankeschön ausgesprochen, die nicht namentlich erwähnt wurden, aber zum Gelingen der Arbeit beigetragen haben.

Erklärung

Hiermit erkläre ich, Sebastian Niko Kunz, geboren am 06.12.1979 in Gräfelfing, an Eides statt, dass ich die der Medizinischen Fakultät der Ludwig – Maximilians – Universität München zur Promotion eingereichte Dissertation mit dem Titel

„ Wundballistische Untersuchungen über die Wirkung und Wirksamkeit von Geschossen nach Durchdringen einer PKW – Seitenscheibe aus Verbundglas unter verschiedenen Schusswinkeln“

im Institut für Rechtsmedizin selbst verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt, ohne die (unzulässige) Hilfe Dritter verfasst und auch in Teilen keine Kopien anderer Arbeiten dargestellt habe.

Ich habe diese Dissertation bisher an keiner in- oder ausländischen Hochschule zur Promotion eingereicht. Ich übertrage der Medizinischen Fakultät das Recht, weitere Kopien meiner Dissertation herzustellen und zu vertreiben.

München, den 2. Oktober 2007

Sebastian Kunz