

CH-3603 Thun, 31. März 2015

Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung
Projektnummer 314-06.01-2813HS023

Abschlussbericht

über die Erarbeitung eines Entwurfs einer
Technischen Richtlinie für Jagdgeschosse
(TRJ)

Beat P. Kneubuehl

Dr. sc. forens., Dr. med. h. c., Dipl.-Mathematiker

Projektlaufzeit: 13.06.2014 bis 10.04.2015

Berichtszeitraum: 15.02.2015 bis 31.03.2015

Zusammenarbeit mit: – Deutsche Versuchsanstalt für Jagd- und Sportwaffen (DEVA), Altenbeken
– Beschussamt Ulm



Inhaltsverzeichnis

1	Veranlassung	1
2	Auftrag	1
2.1	Vertragsgegenstand	1
2.2	Umfang der zu erbringenden Leistungen.....	1
3	Grundlagen	2
3.1	Das Problem der «Tötungswirkung»	2
3.2	Die Wirksamkeit eines Geschosses	3
3.2.1	Definition.....	3
3.2.2	Messung der Wirksamkeit	3
3.3	Geschossverhalten im weichen Medium	4
3.3.1	Abhängigkeit der Wirksamkeit.....	4
3.3.2	Nicht-deformierende Mantel- und formstabile Vollgeschosse	4
3.3.3	Deformations- und Zerlegungsgeschosse.....	5
3.3.4	Flintenlaufgeschosse	5
3.4	Berichte und Unterlagen der HNE Eberswalde, FWWJ	6
3.4.1	Allgemeines	6
3.4.2	Verfügbare Daten.....	6
4	Vorgehenskonzept	7
4.1	Grundgedanke einer TRJ	7
4.2	Mitarbeitende Stellen.....	7
4.3	Arbeitsplan	7
4.3.1	Ursprüngliche Planung	7
4.3.2	Gewähltes Vorgehen.....	8
4.3.3	Festlegen der Grenzwerte und Beschreibung des Testverfahrens.....	8
4.3.4	Vergleich der Simulanzen.....	8
4.3.5	Durchführbarkeit des Testverfahrens und Überprüfung der Grenzwerte	8
4.4	Metallrückstände im Schusskanal	9
5	Ergebnisse	9
5.1	Vergleich von Gelatine und Seife	9
5.1.1	Durchgeführte Versuche	9
5.1.2	Ergebnisse	10
5.1.3	Vorschläge	12
5.2	TRJ, Teil Wirksamkeit.....	12
5.2.1	Erste Festlegung der Grenzwerte.....	12
5.2.2	Brauchbarkeit des Prüfverfahrens	13



5.2.3	Ergänzungen und Anpassungen	14
5.2.4	Toleranzen.....	14
5.2.5	Die «Wundballistische Grenzgeschwindigkeit»	15
5.3	TRJ, Teil metallene Rückstände	15
5.3.1	Untersuchung der Machbarkeit	15
5.3.2	Überprüfung an neuen Geschossen.....	15
5.3.3	Bestimmung der Anteile am Restkörper.....	16
5.4	Ergänzende Hinweise	16
5.4.1	Lauflänge und Streuung der Mündungsgeschwindigkeit	16
5.4.2	Vollmantel- und formstabile Vollgeschosse.....	17
6	Voraussichtlicher Nutzen und Verwertbarkeit der Ergebnisse	17
7	Zusammenfassung	17
8	Literaturverzeichnis	18
A	Abhandlungen gemäß Vertrag § 4, Absatz (3) (b)	
A.1	Darstellung, Wertung und Anwendung der Ergebnisse für Zwecke des BMEL	A-1
A.2	Kurzfassung der Ergebnisse	A-3
A.3	Abstract of the results	A-4
B	Anhänge	
B.1	Eignungsprüfung des Beschussmediums Gelatine, Versuchsprogramm	B-1
B.2	Herstellung und Auswertung der ballistischen Gelatine.....	B-5
B.3	Brauchbarkeitsnachweis des Prüfverfahrens für Jagdgeschosse, Versuchs- konzept	B-11
B.4	Bestimmung der erwarteten wundballistischen Grenzgeschwindigkeit	B-15
B.5	Protokoll zur Brauchbarkeitsprüfung Seifenbeschuss im Rahmen der Erarbeitung einer Technischen Richtlinie Jagdgeschoss (TRJ) der DEVA, Autor: Ingo Rottenberger	B-17

Als separater Annex:

Entwurf einer «Technischen Richtlinie Jagdgeschoss» (TRJ), Stand 20.02.2015



1 Veranlassung

Im Zusammenhang mit der Diskussion um die Problematik bleifreier Jagdgeschosse wurde die bpk consultancy GmbH von der Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE) in Bonn beauftragt, einen Vorschlag für eine technische Richtlinie für Jagdgeschosse zu erarbeiten. Darin sollen einerseits Grenzwerte festgelegt werden, bis zu welchen eine tierschutzgerechte Tötung erwartet werden kann, andererseits eine Methode erarbeitet werden, die es gestattet, die vom Geschoss im Schusskanal zurückgelassenen Metallreste approximativ zu bestimmen.

2 Auftrag

Die folgenden zwei Abschnitte sind Abschriften aus dem Vertrag.

2.1 Vertragsgegenstand

Vertragsgegenstand ist die Ableitung von konkreten physikalischen Leistungsmerkmalen als Kennwerte für taugliche Jagdgeschosse. Die technischen Leistungsmerkmale tauglicher Jagdmunition sollen in eine zu erarbeitende technische Richtlinie für Jagdmunition Eingang finden. Titel dieses Entscheidungshilfsvorhabens (EH-Vorhaben) ist «Technische Richtlinie – Anforderungen an taugliche Jagdmunition».

2.2 Umfang der zu erbringenden Leistungen

Auf Basis der aus dem EH-Vorhaben 2809HS023 («Ergänzende Untersuchungen zur Tötungswirkung bleifreier Geschosse») gewonnenen Ergebnisse und Erkenntnisse sind konkrete physikalische Leistungsmerkmale als Kennwerte für taugliche Büchsenmunition und Flintenlaufgeschosse für Jagdzwecke abzuleiten. Außerdem ist ein mögliches Verfahren zu erarbeiten und beschreiben, mit dem die Menge des durch ein Geschoss in ein homogenes Beschussmedium abgegebenen Bleis ermittelt werden kann.

Die Ergebnisse sind in einem Entwurf einer technischen Richtlinie zu verarbeiten, die im Rahmen einer Änderung des Bundesjagdgesetzes als Normvorgabe darin Eingang finden soll. In der technischen Richtlinie sind insbesondere die Anforderungen an die ziel- und wundballistische Wirkung der Jagdgeschosse zu berücksichtigen. Dabei sind Anforderungen an die Jagdmunition in Abhängigkeit vom Einsatzspektrum (z. B. Wildart, Schussdistanz) zu berücksichtigen. Die einzuhaltenden Energieabgabefunktionen (Energieminimum) und das anzuwendende Prüf- sowie Berechnungs- und Auswertungsverfahren sind zu beschreiben. Die zu verwendenden technischen Hilfsmittel zur Prüfung der Geschosswirksamkeit der Jagdmunition sind mit der erforderlichen Genauigkeit zu charakterisieren.

Es ist zudem ein Prüfverfahren zu suchen, mit dem sichergestellt werden kann, dass durch die Munition keine bzw. nur eine maximale, definierte Menge bleihaltiger Partikel im Wildkörper zurückbleiben. Als Ersatz für den Wildkörper, zur Prüfung der abgegebenen Menge Bleis, soll ein übliches homogenes Beschussmedium (Seife oder Gelatine) Anwen-



dung finden, welches entsprechend beschossen wird. Sollten andere Prüfmethode Anwendung finden, ist dies zwischen Auftraggeber und Auftragnehmer abzustimmen. Entsprechende Mess-/Prüfmethode sind in dem Entwurf der technischen Richtlinie zu beschreiben.

Es hat eine Brauchbarkeitsprüfung der festgelegten Prüfprozedur für die Energieabgabe anhand einer Versuchsreihe mit mindestens vier, aus der Praxiserfahrung heraus als gut bewerteten Büchsen- und Flintenlaufgeschossen sowie von mindestens zwei Flintenlaufgeschossen, die in der Praxis häufig Anwendung finden, zu erfolgen. Wenn notwendig, sind weitere Geschosse zu prüfen. Bei Büchsen- und Flintenlaufgeschossen sind mindestens zwei bleifreie Geschosse, bei Flintenlaufgeschossen ist mindestens ein bleifreies Geschoss zu verwenden. Je Geschoss sind mindestens vier auswertbare Schüsse zu schießen, wobei diese sich in den Zielgeschwindigkeiten/Auftreffenergie (was somit auch verschiedenen Schussentfernungen entspricht) unterscheiden sollen. Die Prüfung hat durch den Beschuss eines kalibrierten homogenen Beschussmediums zu erfolgen, wobei darauf zu achten ist, dass die Energie der Geschosse vollständig in dem Beschussmedium abgegeben werden muss (keine Durchschüsse), ggf. sind daher mehrere Blöcke des Beschussmediums hintereinander anzuordnen. Der Auftragnehmer hat zu prüfen, welches Beschussmedium für die Prüfzwecke geeignet ist. Die zur Prüfung zu verwendenden Geschosse, die Anzahl der zu prüfenden Geschosse sowie die zu schießenden Zielgeschwindigkeiten sind zwischen Auftragnehmer und Auftraggeber abzustimmen.

3 Grundlagen

3.1 Das Problem der «Tötungswirkung»

Bei der Diskussion um die «Wirkung» eines Geschosses ist es unabdingbar, die verwendeten Begriffe genau zu definieren. Dies gilt insbesondere im Fall einer Festlegung von Geschosseigenschaften, welche eine genügende «Tötungswirkung» garantieren sollen.

Unter dem Begriff *Wirkung* eines Schusses sollen im Folgenden die Reaktionen verstanden werden, die durch den Schuss und seine Begleitumstände beim betroffenen Tier erzeugt werden. Sie ist an das einzelne Ereignis gebunden. Von der Wirkung kann somit erst gesprochen werden, wenn der Schuss gefallen ist.

Es ist jedoch unbestreitbar, dass die physikalischen und konstruktiven Eigenschaften (wie Masse, Energie, innerer Aufbau) des Geschosses einen maßgebenden Anteil an der Wirkung haben *können*. Werden sie für sich allein betrachtet, kann aus ihnen ein sogenanntes *Wirkungspotenzial* (im Folgenden mit «*Wirksamkeit*» bezeichnet) des Geschosses gebildet werden.

Die *Wirkung* eines Geschosses auf ein Tier setzt sich aus den folgenden Anteilen zusammen:

- Treffpunktlage und Verlauf des Schusskanals im Körperinnern,
- Wirksamkeit des Geschosses,
- physischer (Konstitution) und psychischer (Stress) Zustand des getroffenen Tiers.



Der einzige Anteil der Wirkung, der sich unabhängig vom Schuss beeinflussen und somit auch festlegen lässt, ist die Wirksamkeit. Hingegen hat der Verlauf des Schusskanals im Körperinnern wohl den größten Einfluss auf die Geschosswirkung. Werden entscheidende Körperstellen (z. B. Genick) getroffen, tritt der Tod unmittelbar ein; die Wirksamkeit des Geschosses spielt dabei eine sekundäre Rolle.

3.2 Die Wirksamkeit eines Geschosses

3.2.1 Definition

Die Wirkung eines Geschosses ergibt sich zunächst aus der unmittelbaren mechanischen Zerstörung von Gewebe im Schusskanal und in dessen Umgebung. Diese Zerstörung lässt sich physikalisch als mechanische Arbeit beschreiben, welche am Gewebe erbracht wird. Quelle dieser Arbeit ist die kinetische Energie des Geschosses.

Als (lokales) Wirkungspotenzial bietet sich somit die Energie an, welche das Geschoss am Ort, an dem es sich gerade befindet, an das Gewebe abgibt (Lit. [1], [2] und [3]). Es wird in Joule pro Wegeinheit (in der Regel in J/cm) gemessen und wird als *Wirksamkeit* des Geschosses bezeichnet.

Mathematisch gesprochen ist die Wirksamkeit der diskretisierte Gradient $\Psi(x)$ der Energieabgabefunktion $x \rightarrow E(x)$, mit $E(0) = 0$ und $E(x_{\max}) = E_A$, wo x_{\max} die Eindringtiefe bis zum Stillstand und E_A die Auftreffenergie bedeutet.

$$(3:1) \quad \Psi(x) = \frac{\Delta E(x)}{\Delta x} \quad [\text{J/cm}]$$

3.2.2 Messung der Wirksamkeit

Ein Messverfahren für die Bestimmung der Wirksamkeit eines Geschosses muss in erster Linie ausreichend reproduzierbar sein. Damit scheidet biologische Gewebe (wie z. B. Tierkadaver) aus. Diese wären sehr aufwändig und teuer in der Durchführung und würden zudem gegen ethische Prinzipien verstossen. Es gibt jedoch zwei Medien (sog. *Simulanzen*), die sich als Ersatz für biologische Gewebe in Bezug auf die Wechselwirkung mit einem Geschoss bewährt haben und international anerkannt sind: Glycerinseife und Gelatine.

Durch fortwährenden Vergleich mit realen Schussverletzungen während Jahrzehnten ist sichergestellt, dass in diesen beiden Medien das Geschossverhalten und der Energieverlauf beim Durchschuss jenen im biologischen Gewebe sehr ähnlich sind (Lit. [3]).

In beiden Simulanzen wird beim Durchdringen ein Volumen erzeugt – bei der Seife bleibend durch plastische Deformation, bei der Gelatine temporär durch elastische Verformung – das in direkter (linearer) Beziehung zur lokal abgegebenen Energie steht (Gesetz von MARTEL).

$$(3:2) \quad \Delta V(x) = \mu \cdot \Delta E(x) \quad [\text{cm}^3]$$

Die Wirksamkeit eines Geschosses lässt sich somit direkt aus dem Volumenverlauf des in einem der beiden Medien erzeugten Volumens bestimmen.

$$(3:3) \quad \Psi(x) = \frac{\Delta V(x)}{\mu \cdot \Delta x} \quad [\text{J/cm}]$$



Bei der Seife erfolgt dies durch direktes Ausmessen des gebildeten Volumens, bei der Gelatine ergeben sich während der dynamischen Verformung vom Schusskanal ausgehende radiale Risse, deren Längen volumenabhängig sind und deren Längensumme zur Bestimmung des Energieabgabeverlaufs verwendet werden kann (Risslängenmethode, Lit. [2]).

Sowohl Seife als auch Gelatine sind Naturprodukte und demnach merklichen Streuungen unterworfen. Dies erfordert, dass bei der Bestimmung der Wirksamkeit eines Geschosses stets der gesamte Schusskanal im Simulans aufgenommen werden muss. Aus dem Gesamtvolumen V_{tot} des Schusskanals und der Auftreffenergie E_A kann damit der materialspezifische Proportionalitätsfaktor μ für den betreffenden Schuss ermittelt werden. Das Simulans wird damit durch den Schuss selbst geeicht:

$$(3:4) \quad \mu = \frac{V_{\text{tot}}}{E_A} \quad [\text{cm}^3/\text{J}]$$

3.3 Geschossverhalten im weichen Medium

3.3.1 Abhängigkeit der Wirksamkeit

Endballistische Durchdringungsvorgänge und ihre typischen Merkmale (Eindringtiefe, Zerstörungspotenzial) hängen in erster Linie und ganz allgemein von zwei Größen ab: der momentanen Energie des Geschosses und seiner *Querschnittsbelastung* $q = m/A$ (m : Masse, A : Querschnittsfläche in Bewegungsrichtung). Insbesondere für die Wirksamkeit (das Zerstörungspotenzial) gilt:

$$(3:5) \quad \Psi(x) = \frac{\Delta E(x)}{\Delta x} \propto \frac{E(x)}{q} = \frac{E(x) \cdot A}{m} \quad [\text{J}/\text{cm}]$$

Wird die Querschnittsfläche eines Geschosses im Verlauf der Durchdringung größer (z. B. durch Verformung des Geschosses oder durch Lageänderungen), so vergrößert sich auch die Wirksamkeit. Bleiben Fläche und Masse konstant, so lässt sich Gleichung (3:5) als Differentialgleichung interpretieren, deren Lösung zu einer exponentiellen Abnahme der Wirksamkeit in Abhängigkeit der Eindringtiefe führt.

3.3.2 Nicht-deformierende Mantel- und formstabile Vollgeschosse

Nicht-deformierende Mantel- und formstabile Vollgeschosse erzeugen beim Eindringen in ein weiches, dichtes Medium stets einen geradlinigen engen Einschusskanal («narrow channel») mit geringem Volumen und daher auch geringer Wirksamkeit (siehe Abb. 1). Dieses Verhalten ist eine Folge der (für gute Schusspräzision erforderliche) gyroskopische Stabilität des Geschosses, welche die Geschossachse während einer gewissen Zeit noch in Flugrichtung halten kann, bevor die angreifenden Kräfte das Geschoss querstellen.

Diese Eindringstrecke geringer Wirksamkeit ist kaliber- und drallabhängig und beträgt bei Schussdistanzen bis 50 m bei Kalibern größer als 6.5 mm ca. 15-20 cm, bei kleineren Kalibern 12-15 cm. Mit zunehmender Schussdistanz steigt die Stabilität des Geschosses und die Länge des «narrow channels» nimmt zu.

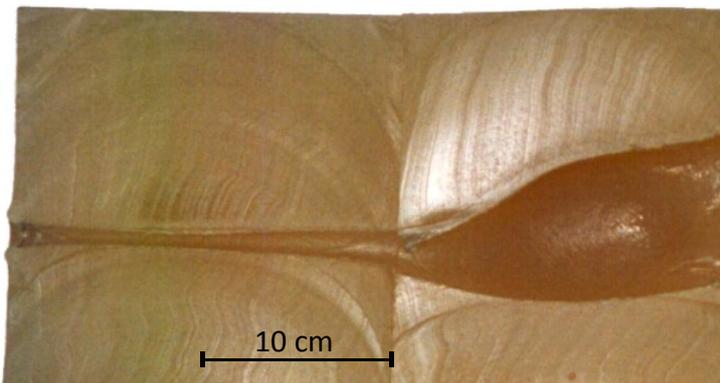


Abb. 1. Schusskanal eines Vollmantelgeschosses in ballistischer Seife. Der «narrow channel» ist ca. 20 cm lang.

Ein Teilmantel-Jagdgeschoss, das bei 250 m Schussdistanz wegen zu geringer Geschwindigkeit nicht mehr deformiert, sondern formstabil bleibt, kann bei dieser Distanz ohne Weiteres einen geradlinigen engen Einschusskanal von bis zu 30 cm Länge erzeugen.

Durch das Querstellen des Geschosses im Anschluss an den «narrow channel» wird die Energieabgabe und damit auch die Wirksamkeit sehr groß.

3.3.3 Deformations- und Zerlegungsgeschosse

Deformierende Geschosse und Geschosse, die sich teilweise zerlegen, erzeugen praktisch keinen engen Einschusskanal, da sie sich außerordentlich schnell verformen. Die Verformung ist in der Regel innerhalb der ersten 3-5 cm abgeschlossen. Dies entspricht einer Zeitdauer von ca. 30-40 Mikrosekunden. Wegen der dabei entstandenen großen (Stirn-)Fläche bremsst das Geschoss stark ab; dies führt zu einer großen Energieübertragung und damit auch zu einer großen Wirksamkeit innerhalb der ersten 10-15 cm Eindringweg (siehe Abb. 2).

Weil sich nach der Verformung des Geschosses dessen Querschnittsfläche und Masse nicht mehr (oder nur geringfügig) ändern, ergibt sich nach Erreichen der maximalen Wirksamkeit eine angenäherte exponentielle Abnahme, die aus Abb. 2 gut ersichtlich ist.

3.3.4 Flintenlaufgeschosse

Flintenlaufgeschosse verändern ihren Querschnitt beim Eindringen in ein weiches Medium kaum oder deformieren bei entsprechender Konstruktion sehr rasch. Sie bleiben danach recht stabil (ohne Lageänderungen) in ihrem Schusskanal. Ihre Querschnittsbelastung bleibt

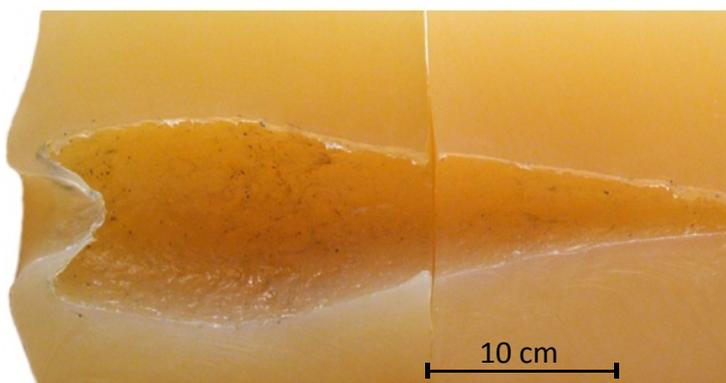


Abb. 2. Schusskanal eines Deformationsgeschosses in ballistischer Seife. Die angenähert exponentielle Abnahme der Wirksamkeit nach deren Maximum ist gut ersichtlich.

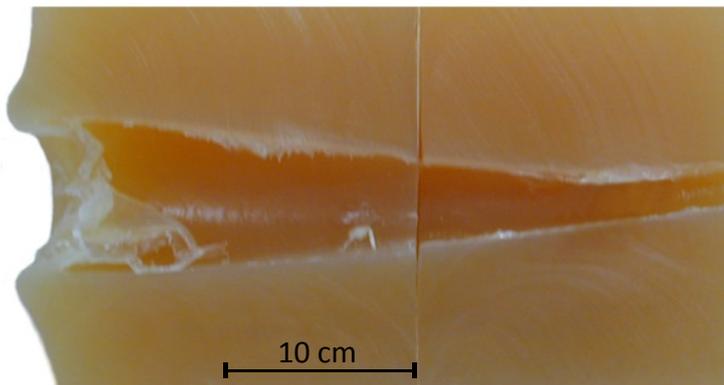


Abb. 3. Schusskanal eines Flintenlaufgeschosses in ballistischer Seife.

somit konstant und nach Abschnitt 3.3.1 verläuft ihre Wirksamkeit praktisch von Anfang an ungefähr exponentiell abnehmend. Das Maximum der Wirksamkeit findet sich demnach kurz nach dem Eintritt (siehe Abb. 3).

3.4 Berichte und Unterlagen der HNE Eberswalde, FWWJ

3.4.1 Allgemeines

Das Fachgebiet Wildbiologie, Wildtiermanagement und Jagdbetriebskunde (FWWJ) der Hochschule für Nachhaltige Entwicklung Eberswalde (HNE) hat im Jahre 2012 einen Abschlussbericht zum Entscheidungshilfedorhaben «Ergänzende Untersuchungen zur Tötungswirkung bleifreier Geschosse» erstellt, der mit dem «Erweiterten Bericht» vom 25.02.2014 zum selben Vorhaben wesentlich ergänzt worden ist. In diesen Berichten wurden über 11'000 bei der Jagd erhobene Abschussprotokolle aus verschiedenen Jagdgebieten Deutschlands verarbeitet (Lit. [4]).

Dadurch war eine Datenbasis geschaffen worden, in der sehr viele Informationen bezüglich der Wirksamkeit der sich im Gebrauch befindenden Jagdgeschosse vorhanden sind. Leider war es dem Auftragnehmer verwehrt, diese Datenbasis nach eigenen Kriterien auszuwerten, sodass nur die in den Berichten zusammengestellten Daten zur Verfügung standen.

3.4.2 Verfügbare Daten

In den Abschussprotokollen waren sehr viele Daten registriert worden. Neben den ballistischen Daten (Kaliber, Geschosstyp, Mündungsgeschwindigkeit, Schussentfernung) waren vor allem Angaben zum getroffenen Wild, der Schussverletzung und zum Verhalten des Wildes nach dem Schuss festgehalten worden. In den oben erwähnten Berichten wurden diese Daten auftragsgemäß für die Beurteilung der «Tötungswirkung» im Hinblick auf bleifreie Geschosse ausgewertet.

Einen Zusammenhang mit dem vorliegenden Entwurf einer TRJ hat unter anderem die Bewertung der Erlegung in Abhängigkeit der Auftreffenergie und der Wildart sowie der Erlegung in Abhängigkeit des Geschosstyps. Eine Auswertung, welche zusätzlich zur Bewertung der Erlegung und dem Geschosstyp auch die Schussentfernung berücksichtigt hätte, war mangels Zugriff auf die Daten nicht möglich.



4 Vorgehenskonzept

4.1 Grundgedanke einer TRJ

Mit einer «Technischen Richtlinie Jagdgeschoss» (TRJ) soll im Sinne des Auftrages für Jagdgeschosse eine minimale Wirksamkeit vorgeschrieben werden, welche das Geschoss beim Auftreffen auf das Tier noch erbringen kann. Mit einigen wenigen Ausnahmen von Geschossen, deren Wirksamkeit grundsätzlich als ungenügend eingestuft wird, entscheidet die TRJ nicht über Zulassung oder Nicht-Zulassung eines Geschosses, sondern es wird jeder Geschosskonstruktion eine Grenzgeschwindigkeit zugeordnet, bis zu dieser das Geschoss eingesetzt werden kann. In der Praxis wird damit die Einsatzdistanz des Geschosses beschränkt.

4.2 Mitarbeitende Stellen

Die bpk consultancy GmbH verfügt über keine Infrastruktur zur Durchführung von Schießversuchen. Derartige Versuche waren aber zur Erfüllung des Auftrages unabdingbar. Der Auftragnehmer hat deshalb zwei Institute in Unterauftrag genommen.

DEVA: Die Deutsche Versuchsanstalt für Jagd- und Sportwaffen in Altenbeken hat bereits im Forschungsvorhaben «Abprallverhalten von Jagdmunition» des BLE (09HS001) und im EH-Vorhaben 2809HS023 («Ergänzende Untersuchungen zur Tötungswirkung bleifreier Geschosse») mitgearbeitet. Sie hat sich sehr große Kenntnisse in der Realisierung wundballistischer Versuche mit Seife angeeignet.

Beschussamt Ulm: Das Beschussamt Ulm war beim Forschungsvorhaben Abprallverhalten von Jagdmunition ebenfalls im Projektrat vertreten. Als Prüfinstitut für die ballistische Prüfung der Polizeimunition verfügt es über große Erfahrung in der Durchführung von Wirksamkeitsprüfungen mit ballistischer Gelatine.

4.3 Arbeitsplan

4.3.1 Ursprüngliche Planung

Die gemäß Auftrag durchzuführende «Ableitung von konkreten physikalischen Leistungsmerkmalen als Kennwerte für taugliche Jagdgeschosse» auf Basis der aus dem EH-Vorhaben 2809HS023 («Ergänzende Untersuchungen zur Tötungswirkung bleifreier Geschosse») gewonnenen Ergebnisse und Erkenntnisse, ließ sich leider nicht angemessen durchführen, da dem Berichtersteller der Zugang zu der Datenbank dieses Vorhabens verwehrt war. Es standen somit nur die mehrheitlich nach andern Gesichtspunkten (Wildart, Treffpunktlage, bleihaltig-bleifrei) ausgewerteten Ergebnisse des Berichtes (Lit. [4]) zur Verfügung.

Es war somit nicht möglich, aus den durch die Jäger subjektiv als gut befundenen Geschossen rückwärts die entsprechenden Auftreffenergien und die zugehörigen Wirksamkeitsfunktionen zu ermitteln, aus denen ein nach unten begrenzendes Energieabgabeprofil hätte gewonnen werden können (synthetischer Ansatz).



4.3.2 *Gewähltes Vorgehen*

Als Alternative zu diesem ursprünglich geplanten synthetischen Vorgehen erwog der Berichtersteller einen analytischen Ansatz, wie er bereits in ähnlicher Weise (allerdings im nach oben und nicht nach unten beschränkenden Sinn) bei der Einführung der Polizeimunition zur Anwendung kam.

Die Wirksamkeit folgt grundsätzlich den in Abschnitt 3.3.1 dargelegten Gesetzmäßigkeiten. Bei einem Jagdgeschoss üblicher Konstruktion zeigen sich zwei Phasen der Energieabgabe: Im ersten Teil erfolgt die Querschnittsvergrößerung des Geschosses (Deformation ohne oder mit Teilerlegung). Diese erfolgt außerordentlich rasch, üblicherweise innerhalb der ersten 3-5 cm. Nach Gleichung (3:5) ergibt sich dadurch auch ein sehr schneller Anstieg der Wirksamkeit (etwas verzögert durch die Trägheit des Mediums). Danach besitzt das Geschoss einen ungefähr konstanten Querschnitt und die Energieabgabe nimmt stetig (etwa exponentiell) ab. Wegen diesem recht gesetzmäßigen Verlauf der Wirksamkeit genügt es, für deren Maximum im Schusskanal einen minimalen Wert vorzugeben, damit mit einer ausreichenden «Tötungswirkung» gerechnet werden kann.

4.3.3 *Festlegen der Grenzwerte und Beschreibung des Testverfahrens*

Aus der Erfahrung mit vielen Wirksamkeitsprofilen verschiedenster Geschosse und den damit erzeugten Verletzungen haben sich Wirksamkeitsbereiche ergeben, ab denen schwere Verletzungen auftreten und Blutgefäße auch beim Vorbeischießen (infolge der Einwirkung der temporären Höhle) zerrissen werden können. Solche Bereiche werden provisorisch in die Technische Richtlinie eingeführt und anschließend mit einigen Geschossen überprüft.

Für die Prüfung von Geschossen ist ein Testverfahren zu beschreiben, das jedem geprüften Geschoss die Grenzgeschwindigkeit zuordnen kann, bei welcher die geforderte Wirksamkeit unterschritten wird.

4.3.4 *Vergleich der Simulanzen*

Mit ballistischer Gelatine und Seife existieren zwei Simulanzen, die beide allgemein als Ersatzstoffe für weiche menschliche und tierische Gewebe anerkannt sind. Erfahrungsgemäß ergeben beide durchaus analoge Ergebnisse. Sollen beide in der TRJ als Prüfmittel zugelassen werden, ist dennoch zu überprüfen, wie gut die Übereinstimmung der Messergebnisse ist.

4.3.5 *Durchführbarkeit des Testverfahrens und Überprüfung der Grenzwerte*

Das Testverfahren ist mit einigen Geschossen auf seine Durchführbarkeit zu testen. Da der Arbeitsablauf des Testverfahrens nicht vom gewählten Simulans abhängig ist, genügt es diesen Punkt mit einem der beiden Simulanzen durchzuführen.

Dieser Arbeitsgang kann zugleich als erste Kontrolle der festgelegten Wirksamkeitsbereiche verwendet werden. Weitere Möglichkeiten, die gewählten Grenzbereiche zu überprüfen, ob sie praxisgerecht sind, ergeben sich durch Vergleich mit in den Instituten vorhandenen Beschüssen weiterer Geschosse. Zur Beziehung zwischen Auftreffenergie und Wirksamkeit kann zudem auch der Bericht der HNE Eberswalde (Lit. [4]) hinzugezogen werden. Allerdings fehlen oft Daten, welche für die Überprüfung des Grenzwirksamkeitsbereichs wichtig wären



(z. B. fehlen bei der Bewertung der Erlegung in Abhängigkeit der Geschosskonstruktion die Angaben der Schussdistanz bzw. der Auftreffenergie).

Es wird unmöglich sein, sowohl Testverfahren als auch die Grenzwerte mit dem für die Erarbeitung der TRJ verfügbaren zeitlichen und materiellen Aufwand endgültig festzulegen. Anpassungen sowohl im Verfahren als auch bei den Grenzwerten werden in absehbarer Zeit (nach 1-3 Jahren Einsatz) erforderlich sein.

4.4 Metallrückstände im Schusskanal

Es ist praktisch ausgeschlossen, die von einem Geschoss im Schusskanal zurückgelassenen Metallteile mit einem angemessenen Arbeitsaufwand durch Extrahieren zu bestimmen. Als andere, realistischere Möglichkeit bietet sich die Differenzmessung an, indem die Geschossmasse und die Masse der einzelnen Metallanteile vor dem Schuss den Werkangaben entnommen und nach dem Schuss (mittels des größten Geschossrestkörpers) gemessen werden. Aus der Differenz ergibt sich der Masseverlust im Schusskanal, wobei bei Mantelgeschossen mit Bleikern auch nach Mantel- und Kernmaterial unterschieden werden kann.

5 Ergebnisse

5.1 Vergleich von Gelatine und Seife

5.1.1 Durchgeführte Versuche

Für die Bestimmung der Wirksamkeit von Geschossen stehen – wie bereits im Abschnitt 3.2.2 erwähnt – zwei Materialien zur Verfügung. Beide wurden bereits in normativen Regelwerken verwendet. In der TR «Patrone 9 mm x 19» des Polizeitechnischen Instituts (PTI) der Deutschen Hochschule für Polizei (DHPol) wird Gelatine vorgeschrieben und die entsprechende Richtlinie der niederländischen Polizei setzt auf ballistische Seife. Beide ergeben vergleichbare Resultate, wobei allerdings nur Energien der Größenordnung 500 J gemessen werden.

Jagdgeschosse besitzen in der Regel wesentlich mehr Energie (bis zu zehn Mal mehr). Für diese Energien ist Seife ein erprobtes Simulans. Bis heute ist jedoch nicht überprüft, ob Gelatine und Seife bei diesen hohen Energien vergleichbare Energieabgabeprofile ergeben.

Eine umfassende Untersuchung, welche mindestens 6-10 Geschosse und je 3-4 Schüsse erfordert hätte, ließ sich aus Zeit- und Finanzgründen nicht durchführen. Um dennoch einen Hinweis auf eine mögliche Austauschbarkeit der beiden Simulanzien zu erhalten, wurden mit zwei verschiedenen Geschossen (mit dem «RWS Kegelspitz», ein bleihaltiges, splitterndes und mit dem «Bionic Black» ein bleifreies) je zwei Schüsse unter gleichen Bedingungen in Seife und in Gelatine geschossen und die Wirksamkeitsprofile ausgewertet.

Gleiche Bedingungen bedeutet, dass beide Beschüsse mit dem gleichen von der DEVA zur Verfügung gestellten Waffenlauf erfolgten. Die Patronen wurden ebenfalls von der DEVA laboriert. Die Beschüsse und die Auswertung der Seife fanden bei der DEVA, jene der Gelatine im Beschussamt Ulm statt.



Mit dem Kaliber 30-06 und einer Schussdistanz von 15 m wurde eine hohe Auftreffenergie gewählt, da mit abnehmender Energie erwartet werden kann, dass ein möglicher Unterschied zwischen den beiden Materialien bezüglich der gemessenen Wirksamkeit geringer wird.

Das Versuchsprogramm ist im Anhang B.1 beigefügt.

5.1.2 Ergebnisse

Die Ergebnisse sind in den Abbildungen 4-7 dargestellt.

Allgemein lässt sich feststellen, dass die mit Gelatine gewonnenen Wirksamkeitsverläufe etwas in Schussrichtung verschoben sind. Die Maxima bei RWS KS Schuss 1 und bei «Bionic Black» Schuss 2 sind sehr ähnlich und würden in Bezug auf die TRJ vermutlich zu selben Resultaten führen. Beim RWS KS Schuss 2 weist die Gelatinemessung einen etwas seltsamen «Ausreißer» nach oben auf, der eher der Auswertung als der Wirksamkeit zuzuschreiben ist, der jedoch das Ergebnis wahrscheinlich nicht verfälschen würde.

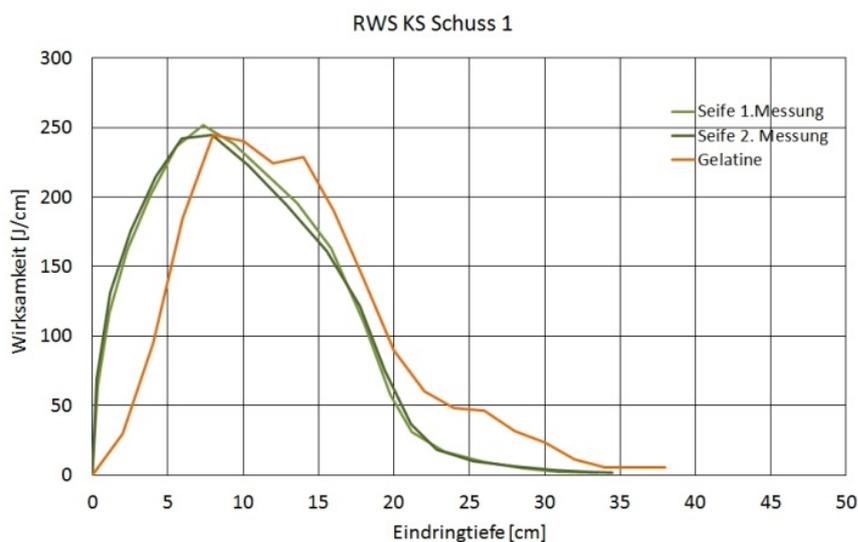


Abb. 4. Vergleich Gelatine-Seife, Geschoss «RWS KS» Schuss 1.

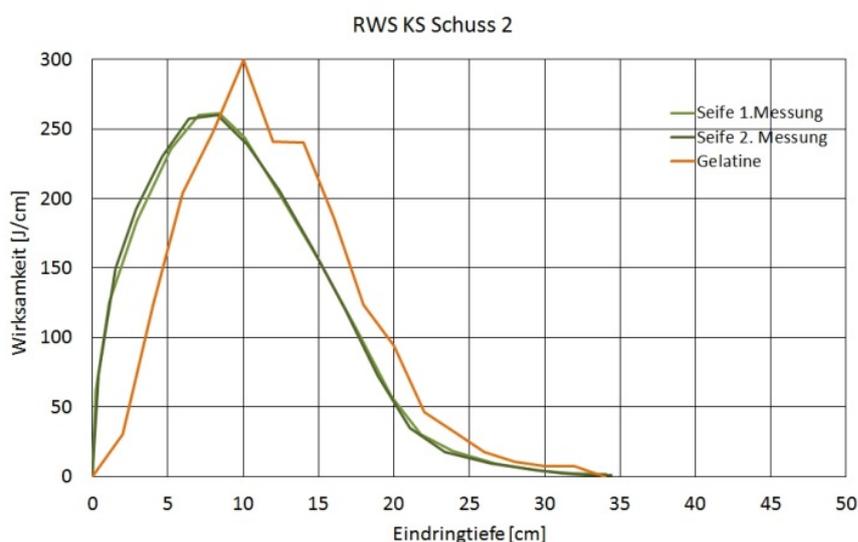


Abb. 5. Vergleich Gelatine-Seife, Geschoss «RWS KS» Schuss 2.

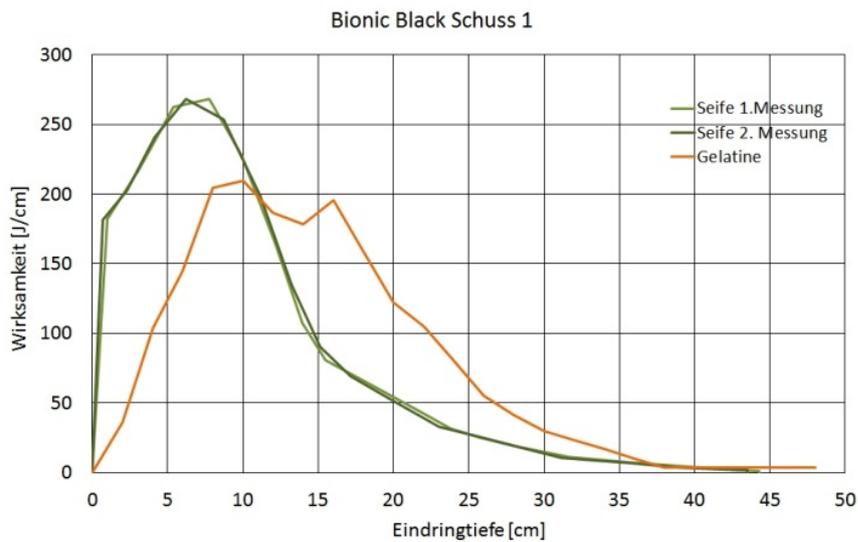


Abb. 6. Vergleich Gelatine-Seife, Geschoss «Bionic Black» Schuss 1.

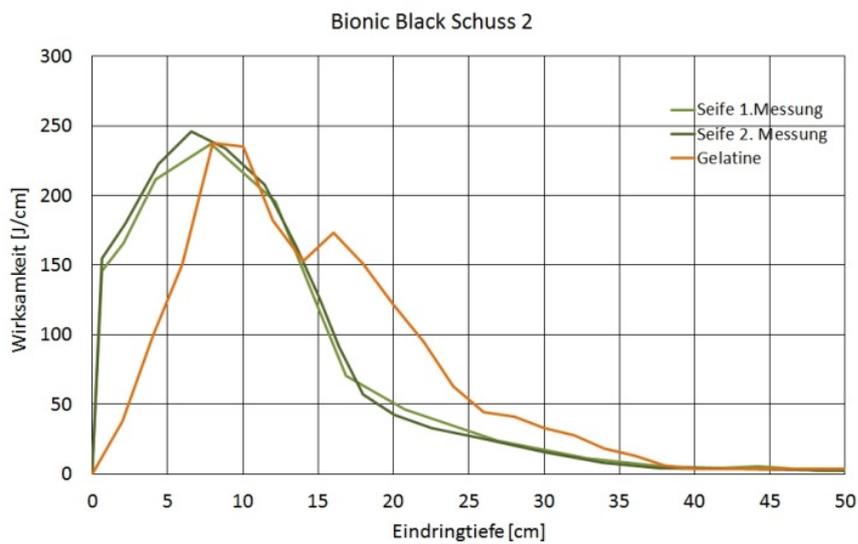


Abb. 7. Vergleich Gelatine-Seife, Geschoss «Bionic Black» Schuss 2.

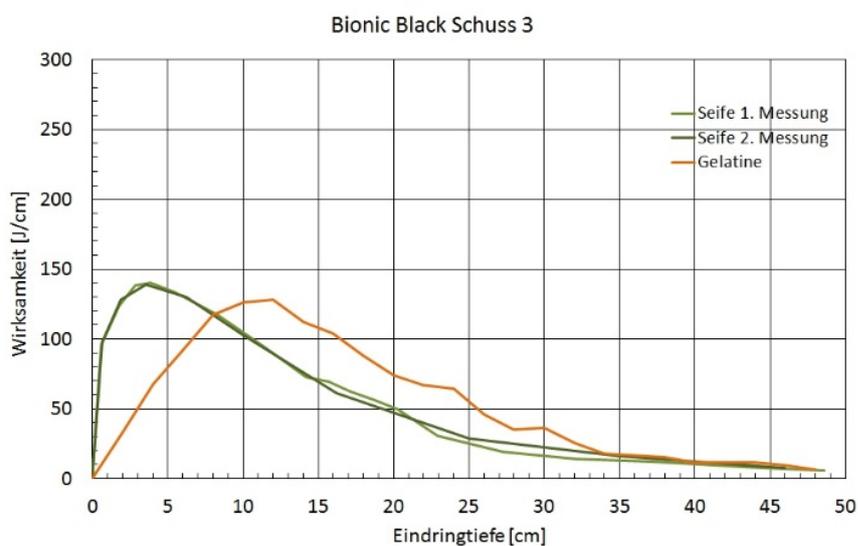


Abb. 8. Vergleich Gelatine-Seife, Geschoss «Bionic Black» Schuss 3.



Der deutliche Unterschied beim «Bionic Black» Schuss 1 ist nach Ansicht des Berichterstatters nicht auf den Unterschied der Medien zurückzuführen, sondern auf ein anderes Verhalten des Geschosses, wie es ab und zu (auch in Seife) zu beobachten ist.

Weil die Geschossprüfung nicht bei hohen Auftreffenergien (Mündungsnähe) stattfindet, wurde mit dem «Bionic Black» ein weiterer Vergleichsschuss bei einer Auftreffenergie durchgeführt, welche etwa der Prüfenergie dieses Geschosses entsprach («Bionic Black» Schuss 3, Abb. 8). Auch hier wurde die maximale Wirksamkeit genügend gut wiedergegeben; bezüglich der TRJ hätte sich dasselbe Resultat ergeben. Die Lage des Maximums war jedoch noch deutlicher in Schussrichtung verschoben, als bei den hohen Auftreffenergien.

Es scheint somit durchaus möglich zu sein, Gelatine neben Seife als Prüfmittel für die Bestimmung der Wirksamkeitsgrenze einzusetzen. Dies würde allerdings bedingen, dass die Unterschiede zwischen den beiden Simulanzen noch genauer untersucht und die Vorgaben für die Gelatine angepasst werden müssten.

5.1.3 *Vorschläge*

Auf Grund dieser Ergebnisse schlägt der Berichterstatter vor, ballistische Seife als Prüfmittel vorzusehen. Ballistische Seife hat außerdem den großen Vorteil, dass der Schusskanal fotografisch dokumentiert und auch nach Jahren wieder ausgewertet werden kann. Zudem kann die Auswertung mehrfach erfolgen; durch Mittelbildung mehrerer Messungen des gleichen Kanals kann der individuelle Fehler der messenden Person minimiert werden.

Sollten Werksversuche mit Gelatine durchgeführt werden, müsste dem Unterschied der beiden Simulanzen Rechnung getragen werden.

5.2 **TRJ, Teil Wirksamkeit**

5.2.1 *Erste Festlegung der Grenzwerte*

Nach dem im Abschnitt 4.3.3 beschriebenen Prinzip wurden zunächst die folgenden Grenzwerte provisorisch festgelegt:

- Geschosse für Wildklasse A sollen innerhalb der ersten 12 cm Eindringtiefe während mindestens 3 cm eine Wirksamkeit von mindestens 100 J/cm erbringen,
- Geschosse für Wildklasse B sollen innerhalb der ersten 15 cm Eindringtiefe während mindestens 5 cm eine Wirksamkeit von mindestens 125 J/cm erbringen.

Das Festlegen einer Strecke von einigen Zentimetern, während der die festgelegte minimale Wirksamkeit übertragen werden soll, bezweckt ein sicheres Erreichen der Forderung.

Mit dem Prüfverfahren muss somit für das zu prüfende Geschoss jene Auftreffenergie gefunden werden, welche zu der entsprechenden Energieabgabe führt. Dies erfolgt durch Reduzierung der Treibladung, wobei die in Abschnitt 3.3.1 angedeutete Beziehung zwischen Auftreffenergie und Wirksamkeit eine Hilfe bei der Annäherung an den Grenzwert darstellt. Im Anhang B.3 dieses Berichtes ist ein mögliches Prüfverfahren detailliert beschrieben.

Das Anpassen der Treibladung bei Flintenlaufgeschosse (FLG) ist sehr aufwändig. Deshalb wurde bei dieser Geschossart ein etwas anderer Grenzwert festgelegt:



- FLG sollen bei einer Schussdistanz von 35 m innerhalb der ersten 12 cm Eindringtiefe während mindestens 3 cm eine Wirksamkeit von mindestens 90 J/cm erbringen.

5.2.2 Brauchbarkeit des Prüfverfahrens

Für den Brauchbarkeitsnachweis des Prüfverfahrens wurden 7 Jagdgeschosse ausgewählt, und zwar je ein bleihaltiges und ein bleifreies für die Wildklasse A, ein bleihaltiges und vier bleifreie (davon zwei mit Zinnkernen und zwei aus Kupferlegierung) für die Wildklasse B. Bei den FLGs wurden je ein Bleigeschoss und ein bleifreies Geschoss untersucht.

Die Anzahl wurde gegenüber den Vorgaben des Vertrages erhöht, weil keine ergänzenden Beschüsse zu dem Bericht der HNE Eberswalde durchzuführen waren und trotzdem einige Erfahrungen bezüglich der Festlegung der Grenzwerte gesammelt werden sollten.

Das Versuchskonzept für den Brauchbarkeitsnachweis ist im Anhang B.2 beigefügt und das zugehörige Protokoll der DEVA, welche die Arbeiten durchführte, kann dem Anhang B.3 entnommen werden. Gegenüber dem Versuchskonzept ist aus Beschaffungsgründen das Messinggeschoss «Kieferle RS» gegen das Kupfergeschoss «MJG» von Möller ausgetauscht worden.

Zusammenfassend kann aus den Ergebnissen und aus dem Protokoll festgehalten werden:

- Das Verfahren ist grundsätzlich geeignet. Die Schusszahl pro geprüftes Geschoss war noch relativ hoch, wird aber mit zunehmender Erfahrung in der Einschätzung der notwendigen Korrekturen sicher noch reduziert werden können.
- Die im «Verfahren zur Bestimmung der wundballistischen Grenzgeschwindigkeit» (siehe Anhang B.3) vorgeschlagene Anfangsenergie (und damit die zugehörige Anfangsgeschwindigkeit) zum Start der Iteration muss für bleifreie Geschosse erhöht werden, da diese bei den im Jagdgesetz vorgesehenen 100-m-Energien oft nicht oder nur ungenügend deformieren.
- Der Zusammenhang zwischen Auftreffenergie und maximaler Wirksamkeit scheint für Bleikerngeschosse tendenziell linear zu sein. Bei den bleifreien Konstruktionen kann jedoch beim Einsetzen der Deformation ein deutlicher Sprung beobachtet werden (siehe Abb. 9).

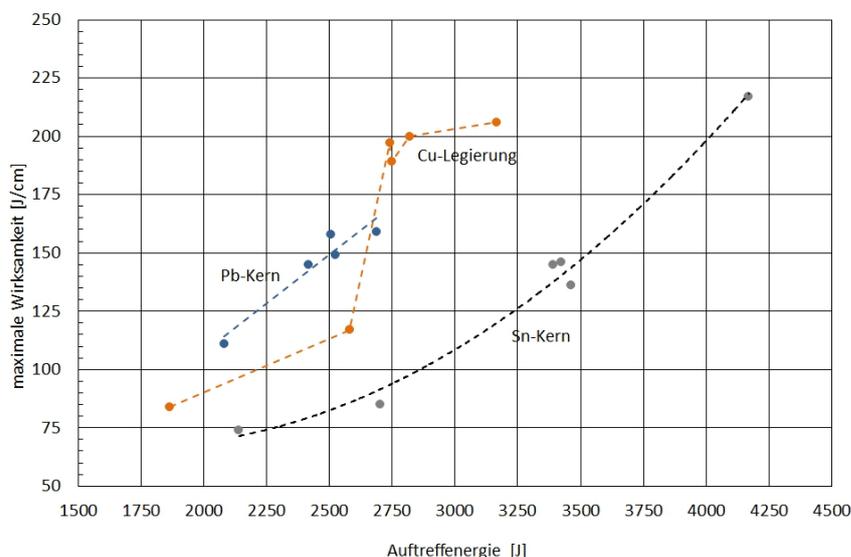


Abb. 9. Beziehung zwischen Auftreffenergie und maximaler Wirksamkeit dreier verschiedener Geschosskonzepte.



- Der Bedarf an Simulanzen kann auf 6-8 Blöcke bei Geschossen für die Wildklasse A und auf 8-12 Blöcke für die Wildklasse B geschätzt werden.
- Drei Personen benötigen für eine Geschossprüfung ca. 5-6 Stunden.

5.2.3 Ergänzungen und Anpassungen

Aufgrund der Ergebnisse der Brauchbarkeitsprüfung und einigen persönlichen Kontakten mit auf den Gebieten der Ballistik und Jagd erfahrenen Personen wurden die ersten Festlegungen (siehe Abschnitt 5.2.1) überarbeitet und ergänzt (geänderte Werte kursiv):

- Geschosse für Wildklasse A sollen innerhalb der ersten 12 cm Eindringtiefe während mindestens 3 cm eine Wirksamkeit von mindestens 80 J/cm erbringen. Die gesamte Eindringtiefe muss mindestens 15 cm betragen.
- Geschosse für Wildklasse B sollen innerhalb der ersten 15 cm Eindringtiefe während mindestens 4 cm eine Wirksamkeit von mindestens 125 J/cm erbringen. Die gesamte Eindringtiefe muss mindestens 25 cm betragen.
- FLG sollen bei einer Schussdistanz von 35 m innerhalb der ersten 12 cm Eindringtiefe während mindestens 3 cm eine Wirksamkeit von mindestens 125 J/cm erbringen.

Es sei nochmals darauf hingewiesen, dass sich derartige technische Richtlinien während einer gewissen Zeit (1-3 Jahre) bewähren und danach möglicherweise in einigen Punkten angepasst werden müssen.

5.2.4 Toleranzen

Seife als Messmittel ist gewissen Streuungen unterworfen. Jene der Herstellung werden dadurch kompensiert, dass durch die bekannte Auftreffenergie und das ausgemessene Gesamtvolumen der Energie-Volumen-Koeffizient für jeden Schuss spezifisch bestimmt, die Seife also geeicht wird. Bei der Ausmessung der Schusskanäle ist jedoch bei den Rändern ein gewisser Interpretationsspielraum möglich. Werden solche Kanäle von verschiedenen Personen ausgewertet, entstehen geringfügig unterschiedliche Werte. In der Tabelle 1 sind die Ausmessungen dreier Schüsse aufgelistet, eine Messung stammt von der DEVA, die andern zwei vom Berichterstatter. Die Lage des Wirksamkeitsmaximums unterscheidet sich in den Einzelwerten bis zu 1.5 cm, dessen Betrag bis zu 8 J/cm.

Die in der TRJ angegebenen Grenzwerte (siehe auch Abschnitt 5.2.3) sind Mindestwerte, welche eingehalten werden müssen. Die zu erwartenden Messtoleranzen sind entsprechend zu berücksichtigen.

Tabelle 1. Vergleich verschiedener Ausmessungen der gleichen Schusskanäle

Schuss Nr.	bpk 1. Messung		bpk 2. Messung		bpk Mittelwert		DEVA	
	x [cm]	Ψ_{\max} [J/cm]	x [cm]	Ψ_{\max} [J/cm]	x [cm]	Ψ_{\max} [J/cm]	x [cm]	Ψ_{\max} [J/cm]
4	5.5	190	6.8	192	6.1	191	7.0	198
5	4.2	195	4.5	196	4.4	195	3.9	200
6	5.0	193	5.1	193	5.1	193	5.7	189



5.2.5 Die «Wundballistische Grenzgeschwindigkeit» (WGG)

Durch die TRJ wird jedem geprüften Geschoss für die Wildklasse A eine und jedem Geschoss für die Wildklasse B zwei sogenannte «Wundballistische Grenzgeschwindigkeit» (WGG) zugeordnet. Diese bestimmt die Energie, die dem Geschoss beim Auftreffen auf den Wildkörper mindestens noch eigen sein muss. Nach den Vorgaben des Auftraggebers soll in der Praxis diese WGG als maximal zulässige Einsatzdistanz kommuniziert werden. Dies bedeutet aber, dass bei deren Festlegung die Mündungsgeschwindigkeit (und damit Kaliber und Ladung) und die Geschwindigkeitsabnahme (Verzögerung) auf der Flugbahn eine entscheidende Rolle spielen.

Für beide – Mündungsgeschwindigkeit und Geschossverzögerung – sollen die technischen Angaben des Munitionsherstellers maßgebend sein, wobei die Mündungsgeschwindigkeit auf Standardlaufängen (600 mm für Standardpatronen und 650 mm für Magnumpatronen) basiert.

5.3 TRJ, Teil metallene Rückstände

5.3.1 Untersuchung der Machbarkeit

Die Machbarkeit des Nachweisverfahrens für metallene Rückstände in Schusskanal wurde auch bei der DEVA untersucht. Die Ergebnisse sind ebenfalls im Protokoll (Anhang B.3, S. 7ff) festgehalten. Gewählt wurde ein gebondetes Geschoss im Kaliber 223 Rem. (Norma Oryx) und ein klassisches Bleikern-Jagdgeschoss im Kaliber 308 Win. (Brenneke TUG).

Bei nicht-gebondeten Geschossen wird die Bestimmung der im Schusskanal verbliebenen Metallsplinter offensichtlich möglich sein. Gebondete Geschosse sind problematischer, weil sich das Blei nicht vollständig heraus schmelzen lässt.

5.3.2 Überprüfung an neuen Geschossen

Das Ausschmelzen des Bleis bei je 10 unverbrauchten Geschossen zeigte, dass die Bleimasse mit der Geschossmasse nicht korreliert. Ein leichteres Geschoss kann durchaus mehr Blei enthalten als ein schwereres. Innerhalb von 10 Geschossen ergaben sich im prozentualen Bleianteil beim gebondeten Geschoss Abweichungen von 5 %, beim klassischen Geschoss von 2.3 %.

Wird von Herstellerangaben ausgegangen (was eigentlich anzustreben wäre), so ist bereits bei der Ausgangsbleimasse mit einem Fehler von ± 9 % beim gebondeten Geschoss im Kaliber 223 Rem. und mit ± 2.3 % beim klassischen Geschoss im Kaliber 308 Win. zu rechnen.

Geht man bei der praktischen Anwendung von einem Mittelwert der Bleimasse aus, wird man in Kauf nehmen müssen, dass bei 50 % der Geschosse bis zu der obigen Prozentzahl im Schusskanal verbleibende Bleimassen angegeben werden, welche gar nicht existieren und bei den restlichen 50 % entsprechend zu wenig Rückstände ausgewiesen werden.

Damit lässt sich bei der Festlegung einer maximal zulässigen Bleimasse ein (kaliberabhängiges) Toleranzband kaum vermeiden, das allerdings erst bestimmt werden kann, wenn der Schwellenwert für die Bleiabgabe im Schusskanal bekannt ist.

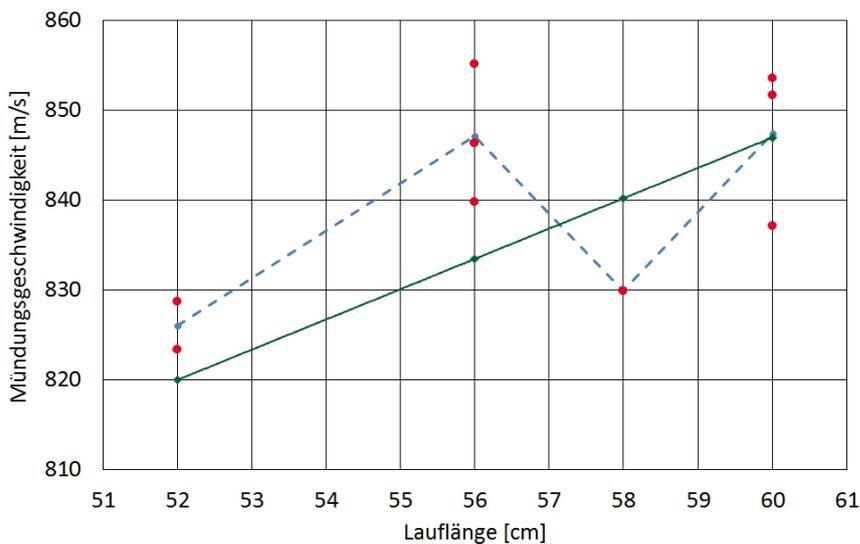


Abb. 10. Mündungsgeschwindigkeiten von 8 Waffen.
Rot: Mittelwerte der einzelnen Waffen,
Blau: Mittelwerte der Waffen gleicher Lauflänge,
Grün: Geschwindigkeit in Abhängigkeit der Lauflänge nach innenballistischer Rechnung.

5.3.3 Bestimmung der Anteile am Restkörper

Beim klassischen Bleikerngeschoss ließ sich die Bleirestmasse gut bestimmen. Hingegen ist die Ermittlung beim gebondeten Geschoss fehlerbehaftet, weil sich das Blei nur unvollständig ausschmelzen ließ.

Bei dieser Geschossart drängt sich eine weitere, ausführlichere Untersuchung auf, insbesondere auch mit größeren Kalibern.

5.4 Ergänzende Hinweise

5.4.1 Lauflänge und Streuung der Mündungsgeschwindigkeit

Gemäß Abschnitt 5.2.5 wird die minimal notwendige Wirksamkeit via WGG auf eine maximal zulässige Einsatzdistanz übertragen. Für diese Einsatzdistanz spielt effektive Mündungsgeschwindigkeit einer Patrone eine wichtige Rolle. Diese hängt einerseits von der fabriktionsbedingten Streuung der Patronen selbst und andererseits von der Lauflänge und dem Zustand des Laufes ab.

Für den im Abschnitt 4.3.1 erwähnten Bericht der HNE Eberswalde (Lit. [4]) wurden an 8 verschiedenen Waffen unterschiedlicher Lauflänge mit je 10 Schuss gleicher Munition Messungen der Mündungsgeschwindigkeit durchgeführt. Die Mittelwerte der einzelnen Waffen und die Mittelwerte der Waffen gleicher Lauflänge sind in der Abb. 10 dargestellt. Zudem wurde mit einer Innenballistik-Rechenprogramm («Quick-LOAD») der Einfluss der Lauflänge theoretisch berechnet.

Offensichtlich wird die (theoretisch erwartete) Abhängigkeit der Mündungsgeschwindigkeit von der Lauflänge in der Praxis von Laufinnengeometrie und Lauferosion weitgehend überdeckt. So ist bereits bei diesen wenigen Waffen bei gleicher Lauflänge ein Unterschied in der Mündungsgeschwindigkeit von 15 m/s festzustellen.

Andererseits kann aus den erwähnten Messwerten auch die Munitionsstreuung abgelesen werden. Die jeweils aus 10 Schüssen ermittelte Standardabweichung liegt zwischen 4 und



6 m/s, die mittlere Standardabweichung der Munition aller 7 Waffen liegt bei 5.1 m/s. Daraus lässt sich eine zu erwartende Munitionsstreuung von ± 15 m/s ableiten.

Somit ist bei unbekannter (effektiver) Mündungsgeschwindigkeit einer Waffe mit einer Unsicherheit von mehr als 30 m/s zu rechnen, was je nach Geschossmasse und -form zu einer Distanzunsicherheit von 40-80 m führen wird. Diese Unsicherheit kann deutlich verkleinert werden, wenn die mittlere Mündungsgeschwindigkeit der Waffe bekannt ist.

5.4.2 *Vollmantel- und formstabile Vollgeschosse*

Vollmantel- und formstabile Vollgeschosse erfüllen die Vorgaben der TRJ aus physikalischen Gründen (stabilitätsbedingter enger Einschusskanal) in der Regel für keine Schussdistanz. Zudem nimmt die Geschosstabilität entlang der Flugbahn zu; der enge Einschusskanal wird somit mit zunehmender Schussdistanz länger.

Im Bereich des Kriegsvölkerrechts wird dieses Geschossverhalten angestrebt um die Verletzungen auf einen im humanitären Sinne akzeptierbaren Rahmen zu begrenzen.

Es wäre daher durchaus angebracht, diese Geschossarten von einer Prüfung auszuschließen und grundsätzlich für die Verwendung bei der Jagd zu verbieten. Ein solches Verbot kann jedoch nicht in der TRJ ausgesprochen werden, sondern müsste wohl direkt im Jagdgesetz verankert sein.

Falls ein solches Verbot nicht Eingang ins Jagdgesetz findet und Vollmantel- und formstabile Vollgeschosse zur Prüfung zugelassen würden, müsste in der TRJ noch Vorgaben bezüglich der Stabilität des Geschosses (Bestimmung des Anstellwinkels im Auftreffpunkt) festgelegt werden.

6 Voraussichtlicher Nutzen und Verwertbarkeit der Ergebnisse

Das vorgeschlagene Prüfverfahren für Jagdgeschosse ist anwendbar. Die Durchführung einer Prüfung ist relativ aufwändig, insbesondere für den Geschosshersteller, der die Grenzgeschwindigkeit der zu prüfenden Geschosse bestimmen muss.

Die festgelegten Grenzwerte sollten nach einer gewissen Zeit der praktischen Anwendung (1-3 Jahre) überprüft und falls notwendig, angepasst werden.

Das Verfahren zur Bestimmung der metallischen Rückstände scheint grundsätzlich brauchbar zu sein. Weil jedoch die Bleimassen von Geschoss zu Geschoss offenbar recht stark streuen, sind vertiefte Untersuchungen an einer größeren Zahl Geschosstypen erforderlich.

7 Zusammenfassung

Die Erarbeitung eines Entwurfs für eine Technische Richtlinie Jagdgeschoss umfasste gemäß Auftrag drei Schritte:

In einem ersten Schritt wurde untersucht, ob sich die beiden in Frage kommenden Materialien, ballistische Seife und Gelatine, gleichermaßen eignen. Auf Grund der Ergebnisse des



Vergleichsversuchs, der gewisse Unterschiede offenlegte, wurde vorgeschlagen, ballistische Seife als Prüfmittel zu verwenden.

In einem zweiten Schritt wurden die wundballistischen Anforderungen an die Jagdgeschosse festgelegt. Weil der Zugriff auf die Daten des EH-Vorhaben 2809HS023 («Ergänzende Untersuchungen zur Tötungswirkung bleifreier Geschosse») nicht stattfinden konnte, wurden als minimale Wirksamkeitsschwellen Erfahrungswerte und Schätzungen eingesetzt:

Geschosse für die Wildklasse A müssen innerhalb der ersten 12 cm während 3 cm mindestens 80 J/cm, Geschosse für Wildklasse B innerhalb der ersten 15 cm während 4 cm mindestens 125 J/cm erbringen können. Für Flintenlaufgeschosse gilt eine Wirksamkeit von 125 J/cm während 3 cm innerhalb der ersten 12 cm.

Ein Brauchbarkeitstest bestätigte die Durchführbarkeit einer Geschossprüfung gemäß dem erarbeiteten Entwurf, gab Aufschluss über den erforderlichen Aufwand und erste Hinweise zur Wahl der Schwellenwerte.

Der dritte Schritt umfasste die Erarbeitung eines Verfahrens zur Bestimmung der vom Geschoss im Schusskanal hinterlassenen Metallrückstände (insbesondere Blei) zu entwickeln. Durch Bestimmung der Metallanteile bei unverschossenen Geschossen (Ausschmelzen des Bleikerns) und Vergleich mit den der ballistischen Seife entnommenen und auf gleiche Weise behandelten Geschossrestkörpern ergibt sich als Differenz die im Schusskanal verbliebene Metallmasse.

Das Verfahren scheint grundsätzlich geeignet. Allerdings hat sich gezeigt, dass die Bleimasse streut und nicht mit der Geschossmasse korreliert ist. Innerhalb von 10 Geschossen ergaben sich im prozentualen Bleianteil beim klassischen Geschoss Abweichungen von 2.3 %, beim gebondeten Geschoss, bei welchem das Blei schwieriger auszumelzen ist, von 5 %.

Damit lässt sich bei der Festlegung einer maximal zulässigen Bleimasse ein (wahrscheinlich kaliberabhängiges) Toleranzband kaum vermeiden, das allerdings erst bestimmt werden kann, wenn der Schwellenwert für die Bleiabgabe im Schusskanal bekannt ist.

Der Berichterstatter:

Dr. Beat Kneubuehl

8 Literaturhinweise

- [1] SELLIER K., Schusswaffen und Schusswirkungen, Schmidt-Römhild-Verlag, Lübeck, 1969,
- [2] GAWLICK H., KNAPPWORST J., Zielballistische Untersuchungsmethoden an Jagdbüchsen geschossen, Ballistisches Laboratorium für Munition der Dynamit Nobel AG, Werk Stadeln, 1975,
- [3] KNEUBUEHL B. P., COUPLAND R. M., ROTHSCHILD M. A., THALI M. J., Wundballistik, Grundlagen und Anwendungen, Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, 3. Aufl. 2008,
- [4] GREMSE C., RIEGER S., Erweiterter Bericht zum Abschlussbericht vom 30.11.2012, Entscheidungsvorhaben „Ergänzende Untersuchungen zur Tötungswirkung bleifreier Geschosse“, HNE Eberswalde, 2014.

Abhandlungen



A.1 Darstellung, Wertung und Anwendung der Ergebnisse für Zwecke des BMEL

A.1.1 Einleitung, Auftrag

In den vergangenen Jahren wurde durch das Fachgebiet «Wildbiologie, Wildtiermanagement und Jagdbetriebskunde» (FWWJ) der Hochschule für Nachhaltige Entwicklung Eberswalde (HNE) ein Entscheidungshilfedorhaben mit dem Titel «Ergänzende Untersuchungen zur Tötungswirkung bleifreier Geschosse» (BLE-Projektnummer 2809HS023) durchgeführt. Im Jahre 2012 wurde ein Abschlussbericht vorgelegt und mit dem «Erweiterten Bericht» vom 25.02.2014 wesentlich ergänzt.

Basierend auf diesen Ergebnissen sollten physikalische Leistungsmerkmale als Kennwerte für taugliche Büchsenmunition und Flintenlaufgeschosse für Jagdzwecke im Hinblick auf deren «Tötungswirkung» abgeleitet werden. Außerdem war ein mögliches Verfahren zu erarbeiten und zu beschreiben, mit dem die Menge des durch ein Geschoss in ein homogenes Beschussmedium abgegebenen Bleis ermittelt werden kann.

A.1.2 Wirksamkeitsprüfung von Jagdgeschossen

Nebst dem physischen und psychischen Zustand des getroffenen Tieres setzt sich die Geschosswirkung primär aus der Treffpunktlage und dem Verlauf des Schusskanales, sekundär aus der Wirksamkeit des Geschosses (d. h. aus seiner Fähigkeit, seine Bewegungsenergie an das Gewebe abzugeben) zusammen. Technisch und konstruktiv beeinflussbar ist nur die Wirksamkeit. Eine Vorgabe an ein Jagdgeschoss im Hinblick auf eine genügende «Tötungswirkung» kann somit nur die Wirksamkeit betreffen. Wirksamkeit wird in Energieabgabe pro Wegeinheit des Geschosses beim Durchdringen des Ziels gemessen; die Einheit ist J/cm.

Ursprünglich sollte aus den Daten des EH-Vorhaben 2809HS023 («Ergänzende Untersuchungen zur Tötungswirkung bleifreier Geschosse») eine untere Grenzlinie der Wirksamkeiten jener Geschosse bestimmt werden, welche von den Jägern als gut befunden worden sind. Da der Zugriff auf diese Daten verwehrt war, wurden zunächst als minimale Wirksamkeitsschwellen Erfahrungswerte und Schätzungen eingesetzt:

Geschosse für die Wildklasse A müssen innerhalb der ersten 12 cm während 3 cm mindestens 80 J/cm, Geschosse für Wildklasse B innerhalb der ersten 15 cm während 4 cm mindestens 125 J/cm erbringen können. Für Flintenlaufgeschosse gilt eine Wirksamkeit von 125 J/cm während 3 cm innerhalb der ersten 12 cm.

Im Hinblick auf die praktische Prüfung von Geschossen wurden experimentelle Untersuchungen vorgenommen. Die eine betraf die Wahl des Prüfmediums, die andere die Durchführbarkeit der vorgeschlagenen Prüfung.

Als Prüfmedien kommen nur die allgemein anerkannten Surrogate ballistische Seife und Gelatine in Frage. Ein bei der DEVA (mit Seife) und beim Beschussamt Ulm (mit Gelatine) durchgeführter Vergleichsbeschuss ergab gewisse Unterschiede, welche eine vertiefte Abklärung erfordern würden. Weil Seife einfacher auszuwerten und zu dokumentieren ist, wurde sie als Prüfmedium gewählt.

Der Brauchbarkeitstest wurde bei der DEVA mit 7 Jagdgeschossen und 2 FLG durchgeführt, wobei sowohl Bleikerngeschosse als auch bleifreie Geschosse zur Anwendung kamen. Er



bestätigte die Durchführbarkeit einer Geschossprüfung gemäß dem erarbeiteten Entwurf, gab Aufschluss über den erforderlichen Aufwand und erste Hinweise zur Wahl der Schwellenwerte, welche anschließend noch leicht angepasst wurden.

Weil die gegenwärtig gewählten Schwellenwerte auf Erfahrungen und Schätzungen beruhen, ist es unabdingbar, dass sie nach 1-3 Jahren praktischer Anwendung überprüft und nötigenfalls angepasst werden.

A.1.3 Bestimmung der im Schusskanal verbliebenen metallischen Rückstände

Auch diese Prüfung lässt sich aus verschiedenen Gründen nur mit Surrogaten durchführen. Die metallischen Rückstände direkt aus der Seife auszuschmelzen, wäre zu aufwändig. Deshalb wurde das Verfahren der Differenzmessung gewählt. Durch Ausschmelzen der Bleikerne aus einer Anzahl unverschossener Geschosse wird die mittlere vorhandene Bleimasse und die Masse der übrigen metallischen Anteile pro Geschoss bestimmt. Anschliessend werden eine gewisse Anzahl Geschosse in ballistische Seife geschossen, und bei den Geschossrestkörpern wiederum das noch vorhandene Blei ausgeschmolzen. Durch Differenzbildung erhält man die im Schusskanal zurückgebliebene Menge metallischer Rückstände.

Das Verfahren scheint grundsätzlich geeignet. Allerdings hat sich gezeigt, dass die Bleimasse streut und nicht mit der Geschossmasse korreliert ist. Innerhalb von 10 Geschossen ergaben sich im prozentualen Bleianteil beim klassischen Geschoss Abweichungen von 2.3 %, beim gebondeten Geschoss, bei welchem das Blei schwieriger auszuschmelzen ist, von 5 %.

Wird von Herstellerangaben ausgegangen, so ist bei den geprüften Geschossen bereits bei der Ausgangsbleimasse mit einem Fehler von $\pm 9\%$ beim gebondeten Geschoss und mit $\pm 2.3\%$ beim klassischen Geschoss zu rechnen.

Geht man bei der praktischen Anwendung von einem Mittelwert der Bleimasse aus, wird man in Kauf nehmen müssen, dass bei 50 % der Geschosse bis zu der obigen Prozentzahl im Schusskanal verbleibende Bleimassen angegeben werden, welche gar nicht existieren und bei den restlichen 50 % entsprechend zu wenig Rückstände ausgewiesen werden.

Damit lässt sich bei der Festlegung einer maximal zulässigen Bleimasse ein (wahrscheinlich kaliberabhängiges) Toleranzband kaum vermeiden, das allerdings erst bestimmt werden kann, wenn der Schwellenwert für die Bleiabgabe im Schusskanal bekannt ist.

A.1.4 Anwendung der Ergebnisse

Das vorgeschlagene Prüfverfahren für Jagdgeschosse ist anwendbar. Die Durchführung ist relativ aufwändig, insbesondere für den Geschosshersteller, der die Grenzgeschwindigkeit der zu prüfenden Geschosse bestimmen muss.

Die festgelegten Grenzwerte sollten nach einer gewissen Zeit der praktischen Anwendung (1-3 Jahre) überprüft und falls notwendig, angepasst werden.

Das Verfahren zur Bestimmung der metallischen Rückstände scheint grundsätzlich brauchbar zu sein. Weil jedoch die Bleimassen von Geschoss zu Geschoss offenbar recht stark streuen, sind vertiefte Untersuchungen an einer größeren Zahl Geschosstypen erforderlich.



A.2 Kurzfassung der Ergebnisse

Der Auftrag des BLE-Projekt-Nr. 314-06.01-2813HS023 umfasste die Erarbeitung eines Entwurfs für eine «Technischen Richtlinie Jagdgeschoss». Mit deren Hilfe soll geprüft werden, bis zu welcher Schussdistanz ein Jagdgeschoss noch eine genügende «Tötungswirkung» aufweist. Als physikalische Maßzahl für das Verletzungspotenzial eines Geschosses dient die lokale Energieabgabe vom Geschoss am das Gewebe, gemessen in J/cm. Die Bestimmung der sogenannten Wirksamkeit erfolgt in einem Surrogat für biologisches Gewebe.

In einem ersten Schritt wurde untersucht, ob sich die beiden in Frage kommenden Materialien, ballistische Seife und Gelatine, gleich gut eignen. Auf Grund der Ergebnisse des Vergleichsversuchs, wurde vorgeschlagen, ballistische Seife als Prüfmittel zu verwenden.

Zunächst als minimale Wirksamkeitsschwellen Erfahrungswerte und Schätzungen eingesetzt: Geschosse für die Wildklasse A müssen innerhalb der ersten 12 cm während 3 cm mindestens 80 J/cm, Geschosse für Wildklasse B innerhalb der ersten 15 cm während 4 cm mindestens 125 J/cm erbringen können. Für Flintenlaufgeschosse gilt eine Wirksamkeit von 125 J/cm während 3 cm innerhalb der ersten 12 cm.

Ein Brauchbarkeitstest bestätigte die Durchführbarkeit einer Geschossprüfung gemäß dem erarbeiteten Entwurf, gab Aufschluss über den erforderlichen Aufwand und erste Hinweise zur Wahl der Schwellenwerte.

Als zweiter Punkt war ein Verfahren zur Bestimmung der vom Geschoss im Schusskanal hinterlassenen Metallrückstände (insbesondere Blei) zu entwickeln. Ein Herauslösen dieser Fragmente aus der ballistischen Seife musste aus praktischen Gründen ausgeschlossen werden. Deshalb wurde die Differenzmessung gewählt: Bestimmung der Metallanteile bei unverschossenen Geschossen durch Ausschmelzen des Bleikerns und Vergleich mit den der ballistischen Seife entnommenen und auf gleiche Weise behandelten Geschossrestkörpern.

Das Verfahren ist durchführbar. Bei den unverschossenen Geschossen zeigte sich, dass die Bleimasse im Bereich von über $\pm 2\%$ streut und nicht mit der Geschossmasse korreliert. Bei gebondeten Geschossen ist die Streuung (konstruktionsbedingt) größer ($\pm 9\%$). Eine genaue Ermittlung der im Schusskanal verbliebenen Metallrestmasse wird dadurch stets mit einer gewissen Streuung behaftet sein.



A.3 Abstract

Acquisition of a Draft Test Standard for Hunting Bullets

Introduction

In connection with the introduction of lead-free hunting bullets the bpk consultancy ltd got the mission from the German Federal Office for Agriculture and Food to establish a draft test standard of hunting bullets. There were two goals: (1) fix a minimal wounding potential that the bullet must reach in order to rapidly kill the game; (2) to develop a method to determine the metallic residue (especially lead) left by the bullet into the shooting channel.

Methods

The wounding potential of a handgun or rifle bullet is related to the energy locally transferred by the bullet to the tissue during the wound process. The wounding potential is expressed in Joule per cm (J/cm). Experience with war wounds and wounds observed in case-works shows that important wounding effects can be observed only when the wounding potential exceed a certain threshold.

At the DEVA and at the Proof House of Ulm several tests have been performed in order to set up the methodology to establish the above mentioned threshold. Ballistic soap and gelatine have been used at this purpose. It turned out that ballistic soap is more suitable than gelatine.

To determine the metallic residues left by a bullet in the cavity of a tissue simulant, the weights of the different metallic parts of an unfired bullet and of the fired bullet rests have been measured. The difference between these weights provides the residues lost by the bullet during the impact. This methodology has been tested in the facilities of the DEVA.

Results

Two thresholds have been established in order to fully satisfy the German hunting law: one for the game of class A (roe deer and seals) and the second for the game of class B (hoofed game). A minimum wounding potential of 80 J/cm and 125 J/cm have been assigned respectively for games of Class A and B. These values have been estimated and should be controlled after 1-3 years after their practical application. Finally, a third threshold value was fixed for slugs.

Standard hunting bullets and primarily the so called "bonded" bullets showed an important variability in weight of the lead core of unfired bullets. For this reason it could be difficult to determine precisely the bullet loss during the impact.

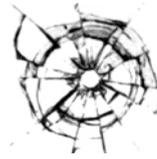
Conclusion

The proposed guidelines about the wounding potential and the measurement procedure of the metallic residues in the wound cavity seem to be valuable. However, the established wounding potential thresholds should be controlled after 1-3 years. Finally, because of the weight variability observed for unfired bullets, the metallic residues lost during the impact can be determined only approximately.

Acknowledgements: The study was financed by the Federal Ministry of Food, Agriculture and Consumer Protection, Germany.



Anhang B



Anhang B.1

BLE-Projekt-Nr. 314-06.01-2813HS023 „Entwurf einer technischen Richtlinie Jagdgeschoss“

Eignungsprüfung des Beschussmediums Gelatine

Versuchsprogramm

1 Veranlassung

Das genannte BLE-Projekt strebt eine Technische Richtlinie (TR) für Jagdgeschosse an, in welcher in erster Linie eine Vorgabe für die Wirksamkeit des Geschosses festgelegt werden soll. Die Bestimmung der Wirksamkeit erfolgt mittels Beschuss von Simulanzen, wobei deren zwei verfügbar sind: Ballistische Gelatine und Glycerinseife (ballistische Seife).

Beide wurden bereits in normativen Regelwerken verwendet. In der TR „Patrone 9 mm x 19“ des Polizeitechnischen Instituts (PTI) der Deutschen Hochschule für Polizei (DHPol) wird Gelatine für die Bestimmung der Wirksamkeit vorgeschrieben und die entsprechende Richtlinie der niederländischen Polizei setzt auf ballistische Seife. In beiden Fällen werden Energien der Größenordnung 500 J gemessen.

Jagdgeschosse besitzen in der Regel wesentlich mehr Energie (bis zu zehn Mal mehr). Für diese Energien ist Seife ein erprobtes Simulans. Bis heute ist jedoch nicht überprüft, ob Gelatine und Seife bei diesen hohen Energien vergleichbare Energieabgabepprofile ergeben.

2 Zielsetzung

Mit dieser Eignungsprüfung wird überprüft, ob sich Gelatine und Seife gleichermaßen für die Prüfung von Jagdgeschossen eignen oder ob die angestrebte TR nur auf Seife basieren kann. Es ist somit nachzuweisen, dass sich die mit Gelatine ermittelten Energieabgabepprofile jenen der Seife gleichwertig sind.

3 Vorgaben

3.1 Beschussmedien

Gelatine: Die Herstellung der Beschussgelatine erfolgt durch das Beschussamt Ulm gemäß der Anleitung im Anhang 9 der TR „Patrone 9 mm x 19“ (siehe Beilage). Unter Berücksichtigung der wesentlich größeren Auftreffenergie der Jagdgeschosse wird jedoch die Größe der Blöcke auf 25 x 25 x 40 cm festgelegt.



Seife: Als Beschusseife wird die ballistische Seife der Fa. Mettler, Seifenfabrik, CH-5075 Hornussen, Schweiz, verwendet. Bockgröße 25 x 25 x 40 cm. Als Richtlinie für die Konsistenz der Seife gilt die folgende Bedingung:

Luftgewehr Kaliber 4.5 mm, Diabolo-Geschoss, Auftreffgeschwindigkeit 300 m/s, Eindringtiefe 100 mm.

Diese Bedingung ist nur als Richtwert zu verstehen, da durch das Erfassen des ganzen Schusskanals in Seife der Volumen-Energie-Koeffizient bei jedem Schuss direkt geeicht wird.

3.2 *Munition*

Die Eignungsprüfung wird im Kaliber 30-06 Springfield mit je einem splitterbildenden und einem massestabilen Deformationsgeschoss durchgeführt. Als Geschosse werden gewählt:

- 30-06 Kegelspitzgeschoss (KS), Katalogdaten: Masse: 9.7 g, v_0 : 910 m/s, E_0 : 4016 J.
- 30-06 Bionic Black, Katalogdaten: Masse: 10.0 g, v_0 : 885m/s, E_0 : 3916 J.

Die Patronen werden gemäß diesen Angaben durch die DEVA bereitgestellt.

3.3 *Waffe*

Die Beschüsse werden gegen beide Materialien mit dem gleichen durch die DEVA bereitgestellten Lauf (Messlauf, Lauflänge 600 mm, Dralllänge 254 mm) durchgeführt.

3.4 *Auswertemethoden*

Gelatine: Die Gelatineblöcke werden gemäß der Anleitung im Anhang 9 der TR „Patrone 9 mm x 19“ ausgewertet unter Berücksichtigung der geänderten Abmessungen der Gelatineblöcke.

Seife: Aufschneiden des Schusskanals exakt in der Schusslinie des Geschosses, fotografieren beider Schnitte, ausmessen der Durchmesser an entscheidenden Punkten, Abstand maximal 4 cm.

Technisch aufwändigere Auswertemethoden (z. B. Computertomografie) sind nach Rücksprache ebenfalls möglich.

4 **Schießprogramm**

Mit jedem der beiden Geschosse werden je 2 Schüsse gegen je 2 hintereinandergestellte Blöcke ballistischer Seife bzw. Gelatine geschossen. Das Geschoss muss im 2. Block stecken bleiben. Als Schussdistanz wird **15 m** gewählt. Im Hinblick auf die zu erarbeitende Richtlinie für Jagdgeschosse werden damit auch Geschosse höherer Energie abgedeckt.

Gemäß Anhang 9 der TR „Patrone 9 mm x 19“ sind die Risslängen in der Gelatine unmittelbar nach dem Beschuss auszuwerten. Die Gelatinebeschüsse erfolgen daher unter Beisein der



DEVA im Beschussamt Ulm. Der zwischen DEVA und Beschussamt Ulm vereinbarte Schießtermin ist der bpk consultancy gmbh mitzuteilen.

Die Auswertung der Seife kann für alle 4 Schüsse gemeinsam nach dem Beschuss erfolgen.

5 Ergebnisse

Die Ergebnisse werden als Eindringtiefe-Energieabgabe-Tabelle im Excel-Format erbeten. Von den Seifenbeschüssen sind auch die Bilder der aufgeschnittenen Blöcke mitzuliefern.

Der Vergleich von Gelatine und Seife wird durch die bpk consultancy gmbh durchgeführt.

Thun, 5.09.2014 bpk



B.2 Herstellung und Auswertung der ballistischen Gelatine

(aus der „Technischen Richtlinie Patrone 9 mm x 19 schadstoffreduziert“ des PTI der DHPol)

B.2.1 Arbeits-/Prüfmittel

Für die Gelatineherstellung sind die folgenden Arbeitsmittel erforderlich:

- Gelatine entsprechend Ziffer 2
- Wasser
- 100 l Behälter
- Formen mit den Innenmaßen: Breite 250 mm, Höhe 250 mm, Länge 400 mm
- Rührmaschine
- Thermometer
- Waage
- Kopierstift
- Transparentes Lineal
- Beleuchtete Arbeitsplatte
- Elektrisches Messer / Schneidvorrichtung
- Messschieber
- Auswerteformular

B.2.2 Gelatinerezeptur

Als Ausgangsmaterial ist Gelatine² mit folgenden Spezifikationen zu verwenden:

Gallertfestigkeit	(AOAC)	255 - 265 g Bloom
Viskosität	(6,67 %, 60 °C)	3,40 - 4,60 mPa*s
pH-Wert	(6,67 %, 60 °C)	4,7 - 5,7
Transmission 450 nm	(6,67 %, 450 nm)	≥ 83 %
Transmission 620 nm	(6,67 %, 620 nm)	≥ 93 %
Leitfähigkeit	(1,00 %, 30 °C) (≥ 16 h; 105 °C)	≤ 300 µS/cm
Feuchte		9,0 - 13,0
Korngröße		0,1 - 0,8 mm
Aerobe Bakterienkeimzahl	(Ph. Eur.)	< 1000 cfu/g

Mischungsverhältnis: 80 % Wasser, 20 % Gelatine (Gewichts-%)

Mengenmäßige Zusammensetzung für XX Gelatineblöcke: 250 mm x 250 mm x 400 mm,

X kg	Gelatine
X kg	Wasser (Raumtemperatur)
X g	2-Phenylphenol (99 %)

Typ „Ballistic 3“ der Firma Gelita AG, Uferstr. 7, D-69412 Eberbach



Dabei ist sicherzustellen, dass Gelatine und Wasser mit einer Genauigkeit von $\pm 0,5\%$ abgewogen werden (z. B. Gelatine 14000 ± 70 g und Wasser 56000 ± 280 g).

B.2.3 Verarbeitung der Gelatine

Die Herstellung der Gelatine wird nach dem folgenden Rezept hergestellt:

- Das kalte bzw. auch bis maximal 45°C warme Wasser ist im Behälter vorzulegen.
- Das Gelatinegranulat ist in das Wasser einzurühren und kräftig umzurühren (langsame Drehzahl), bis alle Gelatinekörner ausreichend benetzt sind. Sobald kein freies Wasser mehr zur Verfügung steht, sollte der Rührvorgang beendet werden, damit nicht zu viele Luftblasen in den Ansatz gerührt werden.
- Die Gelatine ist zugedeckt für 1 bis 2 Stunden quellen zu lassen, ohne zu rühren, bis alle Gelatinekörner durchgequollen sind.
- Die Mischung ist auf einem Wasserbad oder in einem beheizbaren Kessel auf $50 \pm 5^\circ\text{C}$ zu erhitzen. Der Zeitraum, für den die Lösung erwärmt wird, ist mit 2 bis 3 Stunden möglichst kurz zu halten. Um auch hier das Einarbeiten von Luft zu verhindern, sollte nur gelegentlich und langsam umgerührt werden.
- Nach dem Lösen der Gelatine ist die Gelatinelösung umzurühren, um sie vollständig zu homogenisieren.
- Sollte zu viel Luft eingearbeitet worden sein, kann gewartet werden, bis die Blasen durch Stehenlassen bei Temperaturen von $45\text{-}55^\circ\text{C}$ an die Oberfläche steigen. Der Schaum auf der Oberfläche kann mit einem Schaumlöffel oder Spatel abgeschöpft werden.
- Die homogene Lösung ist warm $>40^\circ\text{C}$ in die Formen (*Füllhöhe 150 mm*) zu gießen.
- Man lässt die Gelatine in der Form über Nacht erstarren. Die Erstarrung ist im Kühlschrank oder kalten Wasserbad möglich. Auch eine Erstarrung bei Raumtemperatur ist möglich, benötigt aber eine längere Zeit. Die Erstarrungszeit richtet sich nach der Größe des Gelatineblocks und der Umgebungstemperatur.
- Um den Gelatineblock aus der Form zu bekommen, kann die Form kurze Zeit (einige Sekunden) in heißes Wasser getaucht werden. Die Oberfläche des Gelatineblocks schmilzt dabei an und der Block kann dann aus der Form auf eine glatte Unterlage gekippt werden.

Gegebenenfalls können Unebenheiten auf dem Block mit einer Glasplatte, auf die warmes Wasser gegeben wird, glattgestrichen werden. Dabei ist vorsichtig vorzugehen.
- Ein aus der Form genommener Gelatineblock sollte zur Vermeidung von Austrocknung mit einer feuchtigkeitssperrenden Verpackung, wie z. B. einer Plastikfolie, allseitig eingeschlagen werden. Die Lagerung in einer Klimakammer bei einer rel. Luftfeuchte von $60\% \pm 5\%$ ist auch möglich.
- Die Konditionierung der Gelatineblöcke hat mindestens für 18 h bei $15^\circ\text{C} \pm 1^\circ\text{C}$ zu erfolgen. Erst nach dieser Zeit können die Blöcke für den Beschuss verwendet werden. Aufgrund der limitierten Haltbarkeit und der sich durch mikrobiologischen



Abbau verändernden Gelfestigkeit bei längeren Lagerzeiten sind die beschussfertigen Gelatineblöcke innerhalb von 3 Tagen nach der Konditionierung zu verwenden.

B.2.4 Reinigung der Arbeitsmittel

Wichtig ist es, dass der Kessel und das mit der Gelatinelösung in Berührung gekommene Gerät mit heißem Wasser gründlich nach jeder Benutzung gereinigt werden. Es muss vermieden werden, dass sich Gelatinereste in Ecken, Kanten oder Kratzern ablagern. Diese Gelatinereste könnten Brutstätten für Umgebungskeime sein. Beim nächsten Ansatz kann es durch die Zugabe der neuen Gelatine und die höheren Temperaturen beim Lösen dann zu einem schnellen Wachstum der Keime und der Zersetzung der Gelatine kommen (mikrobieller Abbau). Dadurch wird die Festigkeit der Blöcke beeinträchtigt und es können auch Geruchsbelästigungen auftreten. Bei auftretendem Geruch sollte der Gelatineblock für Messzwecke nicht mehr verwendet werden.

B.2.5 Ermittlung der Risslänge

Nach der Entnahme des Gelatineblockes aus dem Temperaturschrank ist dieser auf eine plane Unterlage zu legen und danach sofort zu beschießen. Es ist grundsätzlich nur ein Schuss auf einen Gelatineblock abzugeben.

Unmittelbar nach dem Beschuss ist der Gelatineblock 90° zur Schussrichtung in 20 mm dicke Scheiben zu schneiden (Schneidevorrichtung siehe Abb. 1). Dabei sind die Scheiben mit einer fortlaufenden Nummer *i* zu kennzeichnen, beginnend mit *i* = 1 bei der Scheibe, bei der das Geschoss in den Block eingetreten ist, bis zur hintersten Scheibe (*i* = 18 bei 35 cm langen Blöcken). Weiterhin ist jede Scheibe dahingehend zu kennzeichnen, dass die der Waffe zugekehrte Vorderseite **VS** bzw. die waffenabgewandte Rückseite **RS** eindeutig zu identifizieren sind.



Abb. 1. Gelatine-Schneidevorrichtung (Beispiel)



Anschließend werden die Scheiben auf die Beleuchtungsplatte gelegt und die so durch die Hintergrundbeleuchtung gut erkennbaren Verläufe der einzelnen Risse in der Vor- und Rückseite (nummeriert nach dem Index j) mit nassem Kopierstift kenntlich gemacht. Die einzelnen Risslängen $L_{ij,VS}$ (Riss-Nr. j der Vorderseite der Scheibe i) bzw. $L_{ij,RS}$ (Riss-Nr. j der Rückseite der Scheibe i) werden vom Schussmittelpunkt nach außen hin zur Risspitze in mm gemessen. Bei vergabelten Rissen ist der kürzere Riss mit eigener Risslänge von der Gabelstelle zur Risspitze zu erfassen.

Die Risslängen $L_{ij,VS}$ und $L_{ij,RS}$ einer jeden Scheibe i sind in das als Anhang beigefügte Formular „Risslängenauswertung im Zielmedium Gelatine für Energieabgabepfung“ an entsprechender Stelle einzutragen. Für die Vorderseite der ersten Scheibe (Nr. 1) ist $L_{11,VS}$ als einziger Wert mit dem Geschossdurchmesser zu vermerken.

Der Geschossrestkörper ist im Hinblick auf Masse und Durchmesser zu vermessen und zu bewerten sowie zu fotografieren. Auch diese Daten werden, soweit vorgesehen, in das Formular übernommen.

Nachdem sämtliche Risslängen im Formular erfasst worden sind, werden zunächst für jede einzelne Scheibenseite die Risslängensummen $S_{i,VS}$ (Summe der Risslängen in der Vorderseite der Scheibe i) und $S_{i,RS}$ (Summe der Risslängen in der Rückseite der Scheibe i) entsprechend den nachfolgenden Formeln gebildet.

$$S_{i,VS} = \sum L_{ij,VS} \quad \text{und} \quad S_{i,RS} = \sum L_{ij,RS} \quad (\text{B.2.1})$$

Für die Bestimmung der Energieabgabe des Geschosses in der Scheibe i ist der aus den Risslängensummen $S_{i,VS}$ und $S_{i,RS}$ gebildete Mittelwert $L_{Ges,i}$ maßgeblich.

Rechnerisch besteht zwischen $S_{i,VS}$, $S_{i,RS}$ und $L_{Ges,i}$ folgender Zusammenhang:

$$L_{Ges,i} = \frac{1}{2} \cdot (S_{i,VS} + S_{i,RS}) \quad (\text{B.2.2})$$

Der Wert $L_{Ges,i}$ wird für jede Scheibe i gebildet und ebenfalls in das Formular aufgenommen.



Abb. 2. Beispiele von Rissbildungen in Gelatine



B.2.6 Berechnungsverfahren und Auswertung

Das Ziel der Auswertung ist die Ermittlung der Energieabgabe W eines Geschosses im Zielmedium in Abhängigkeit von seiner Eindringtiefe. Die Energieabgabe W (Einheit: J/cm) stellt die vom Geschoss pro Wegstrecke s (in cm) im Ziel abgegebene Energie E_{ab} (in J) dar und wird zur Beurteilung der Wirksamkeit des Jagd- bzw. Flintenlaufgeschosses verwendet.

Die Grundlage des hier dargelegten Berechnungsverfahrens für die Energieabgabe W aus den in Gelatine um die Schusskanäle vorhandenen Radialrissen fußt auf empirisch abgesicherten Erkenntnissen. Diese besagen, dass der Risslängen-Summenwert $L_{Ges,i}$ (siehe Gl. B.2.2) einer jeden einzelnen Scheibe i (Dicke $s = 2$ cm) des Gelatineblocks proportional ist zu der vom Geschoss in dieser Scheibe abgegebenen Energie $E_{ab,i}$.

$$L_{Ges,i} \cong E_{ab,i} \quad \text{oder} \quad L_{Ges,i} = A \cdot E_{ab,i} \quad (\text{B.2.3})$$

mit A als Proportionalitätsfaktor.

Die gesamte im Gelatineblock abgegebene Energie $E_{ab,Ges.}$ des Geschosses ist durch Aufsummieren über die Einzelwerte $E_{ab,i}$ in den einzelnen Scheiben gegeben.

$$E_{ab,Ges.} = \sum E_{ab,i} \quad (\text{B.2.4})$$

Andererseits erhält man durch Aufsummieren der Risslängen-Summenwerte $L_{Ges,i}$ der einzelnen Scheiben einen für den ganzen Gelatineblock maßgeblichen Risslängen-Blocksummenwert $L_{Ges.}$, der nach den Gleichungen (B.2.3) und (B.2.4) proportional zu $E_{ab,Ges.}$ ist.

$$L_{Ges.} = \sum L_{Ges,i} = \sum A \cdot E_{ab,i} = A \cdot \sum E_{ab,i} = A \cdot E_{ab,Ges.} \quad (\text{B.2.5})$$

Die gesamte im Gelatineblock abgegebene Energie $E_{ab,Ges.}$ ergibt sich bei Steckschüssen aus der kinetischen Energie des Geschosses E_{Ziel} bzw. seiner Geschwindigkeit v_{Ziel} beim Auftreffen auf den Block.

$$E_{ab,Ges.} = E_{Ziel} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 \quad (\text{B.2.6})$$

Durch Division der Gl. B.2.3 und B.2.5 erhält man

$$\frac{E_{ab,i}}{E_{ab,Ges.}} = \frac{A^{-1} \cdot L_{ab,i}}{A^{-1} \cdot L_{ab,Ges.}} \quad (\text{B.2.7})$$

und nach Umformen und Einsetzen von Gl. B.2.6

$$E_{ab,i} = \frac{E_{Ziel}}{L_{Ges.}} \cdot L_{ab,i} \quad (\text{B.2.8})$$

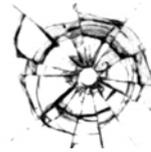


Die Energieabgabe W_i für die Scheibe i mit der Dicke s (in die Formel eingefügt in der Einheit m) errechnet sich dann direkt aus

$$W_i = \frac{E_{ab,i}}{s} = \frac{E_{Ziel}}{s \cdot L_{Ges}} \cdot L_{Ges,i} \quad (B.2.9)$$

und ist auf messtechnisch erfassbare Größen zurückgeführt.

Die Werte für W_i sind über dem Geschossweg in einem Diagramm aufzutragen. Benachbarte Werte sind anschließend durch gerade Strecken zu einer Kurve zu verbinden.



Anhang B.3

Projekt „Technische Richtlinie Jagdgeschosse“ der BLE

Brauchbarkeitsnachweis des Prüfverfahrens für Jagdgeschosse

Versuchskonzept

1 Veranlassung und Ziel

In der zu erarbeiteten „Technischen Richtlinie Jagdgeschosse“ (TRJ) wird für Jagdgeschosse eine minimale Wirksamkeit (Energieabgabe pro Wegeinheit) im Wildkörper vorgeschrieben werden, welche einen waidgerechten Schuss ermöglichen soll. Zur Prüfung von Geschossen wird in der TRJ ein Verfahren beschrieben, mit dessen Hilfe bestimmt werden kann, bis zu welcher Geschwindigkeit ein Geschoss die Wirksamkeitsvorgaben erfüllt.

Mit diesem Versuch soll nachgewiesen werden, ob das vorgesehene Verfahren (beschrieben im Entwurf der TRJ vom 24.11.2014) für die Prüfung von Jagdgeschossen taugt.

Der Versuch dient somit nicht dazu, Geschosse zu prüfen, sondern die Machbarkeit des Prüfverfahrens kritisch zu beurteilen.

2 Kaliber- und Geschosswahl

2.1 Jagdgeschosse

Im Bundesjagdgesetz (BJagdG) werden bezüglich der gegen Wild einzusetzenden Munition zwei Wildklassen unterschieden und die folgenden Einschränkungen gemacht:

- A Auf Rehwild und Seehunde dürfen nur Büchsenpatronen verwendet werden, deren Geschoss bei 100 m Schussdistanz eine Energie von mindestens 1000 J besitzt.
- B Auf alles übrige Schalenwild dürfen nur Büchsenpatronen im Kaliber 6.5 mm oder größer verwendet werden, deren Geschoss bei 100 m Schussdistanz eine Energie von mindestens 2000 J besitzt.

Entsprechend werden im Entwurf zur TRJ für diese zwei Klassen unterschiedliche Vorgaben gemacht, die in der Machbarkeitsprüfung beide getestet werden. Dies wird in der Kaliberwahl berücksichtigt. Somit werden die folgenden Kaliber verwendet:

Für die Wildklasse A:

- 223 Remington (5.56 x 45).

Für die Wildklasse B:

- 308 Winchester (7.62 x 51) als eines der verbreitetsten Jagdkaliber, womit auch die andern 30er-Kaliber (30-06, 300 Win. Mag., 300 Savage und weitere) abgedeckt sind,
- 9.3 x 62 als ein großes Kaliber mit relativ schweren Geschossen und hoher Energie.



Nach den Vorgaben des Auftrags ist die Brauchbarkeitsprüfung mit mindestens 4 Geschossen durchzuführen, wovon mindestens 2 bleifrei sein sollen.

Es ist sinnvoll, in allen drei gewählten Kalibern je ein bleifreies und ein bleihaltiges Geschoss zu wählen. Allerdings sind bleifreie Geschosse im Kaliber 223 Rem. möglicherweise nicht kurzfristig zu beschaffen (offenbar gibt es nur amerikanische Produkte), sodass diese Variante eventuell nicht geschossen werden kann. Der Versuch wird somit mit 7 eventuell 6 Geschossen durchgeführt. Gleichzeitig wird dem Umstand Rechnung getragen, dass neben den Bleikerngeschossen und den Geschossen aus Kupferlegierungen auch Kerngeschosse mit Zinnkernen auf den Markt gekommen sind.

Die Brauchbarkeit des Prüfverfahrens der TRJ wird an den folgenden Geschossen getestet:

Nr.	Geschoss	Material	Klassifizierung	Kaliber
1	Brenneke TUG	Fe-Mantel, Blei	Teilzerleger, Teilmantel, zwei Kerne	308 Win.
2	Norma Oryx	Tombak, Blei	Deformationsgeschoss, gebondet	223 Rem.
3	Barnes TSX	Cu-Legierung	Deformationsgeschoss, monolithisch	9.3 x 62
4	Kieferle RS	Messing	Teilzerleger, monolithisch	308 Win.
5	Brenneke TUG nature +	Fe-Mantel, Zinn	Teilzerleger, Teilmantel, Pb-frei	9.3 x 62
6	EVO-Green	Tombak, Zinn	Teilzerleger, H-Mantel	308 Win.
7	Hornady GMX	Cu-Legierung	Deformationsgeschoss, monolithisch	223 Rem.

Bei Beschaffungsproblemen kann das eine oder andere Geschoss durch ein ähnliches ausgetauscht werden.

2.2 Flintenlaufgeschosse

Der Auftrag sieht ebenfalls für die Überprüfung des Prüfverfahrens bei Flintenlaufgeschosse (FLG) mindestens je ein bleihaltiges und ein bleifreies Geschoss vor. Beide werden im gebräuchlichsten Flintenkaliber 12 verwendet. Als Geschosse werden gewählt:

- Brenneke Classic (Bleigeschoss),
- Federal Barnes Expander (Geschoss aus Kupferlegierung).

Flintenpatronen sind nur mit großem Aufwand auf bestimmte Mündungsgeschwindigkeiten einzustellen. Aus diesem Grund wird für diese ein besonderes Verfahren erforderlich sein.

3 Durchführung

Die Brauchbarkeitsprüfung wird nach dem im Entwurf der TRJ vom 24.11.2014 beschriebenen Verfahren durchgeführt. Zeigen sich jedoch nach den ersten Prüfungen größere Probleme, so werden diese mit der bpk consultancy besprochen und für die weiteren Prüfungen Anpassungen gemacht.



Die Prüfung für die Flintenlaufgeschosse erfolgt nach einem noch zu beschreibenden Verfahren.

4 Berichterstattung

Während der Brauchbarkeitsprüfung soll ein Protokoll geführt werden, in dem auftauchende Probleme, Zeitbedarf, Erfahrungsgewinn mit der zunehmender Anzahl Geschossprüfungen, Verbesserungsvorschläge und weitere Bemerkungen aufgeführt werden. Dieses Protokoll gilt auch als Berichterstattung über den ganzen Versuch.

Am Schluss des Protokolls ist eine grundsätzliche Einschätzung der Machbarkeit der Geschossprüfung abzugeben.

CH-3603 Thun, 09.01.2015 / bpk



Anhang B.4

BLE-Projekt-Nr. 314-06.01-2813HS023 „Entwurf einer technischen Richtlinie Jagdgeschoss“

Bestimmung der erwarteten wundballistischen Grenzgeschwindigkeit (WGG-TRJ)

B.4.1 Allgemeines

Mit diesem Verfahren soll zu einem zu prüfenden Geschoss die zugehörige wundballistische Grenzgeschwindigkeit geschätzt werden, mit welcher die abschließende Prüfung gemäß Abschnitt 3.1.2 des Entwurfs einer technischen Richtlinie Jagdgeschoss durchgeführt wird. Wegen der Energieproportionalität der Wirksamkeit, wird dies über Energievorgaben gemacht, welche bei der Durchführung der Prüfung in Geschwindigkeiten umzurechnen sind.

Damit die Bedingung der vorgegebenen Wirksamkeit während einer bestimmten Strecke eingehalten werden kann, muss der Maximalwert der Wirksamkeit oberhalb des durch die TRJ gegebenen Wertes liegen. Für die Geschossart A ist dieser Wert ca. 100 J/cm, für die Geschossarten B und C etwa 140 J/cm.

B.4.2 Bestimmung der WGG-TRJ

Die Bestimmung der wundballistischen Grenzgeschwindigkeit erfolgt nach den folgenden Verfahren:

Für die Geschossklasse A:

- Ermitteln der maximalen Wirksamkeit W_{1000} in den ersten 12 cm bei einer Auftreffenergie von 1000 J.
- Bestimmen einer ersten angenäherten Grenzauftreffenergie gemäß der Formel:

$$(B.4.1) \quad E_1 = \frac{100 \cdot 1000}{W_{1000}}, \quad v_1 = \sqrt{\frac{2000 \cdot E_1}{m}} \quad m: \text{ Geschossmasse in Gramm}$$

- Ermitteln der maximalen Wirksamkeit W_1 in den ersten 12 cm bei einer Auftreffenergie von E_1 .
- Bestimmen einer zweiten angenäherten Grenzauftreffenergie gemäß der Formel:

$$(B.4.2) \quad E_2 = \frac{100 \cdot E_1}{W_1}, \quad v_2 = \sqrt{\frac{2000 \cdot E_2}{m}} \quad m: \text{ Geschossmasse in Gramm}$$

- Ermitteln der maximalen Wirksamkeit W_2 in den ersten 12 cm bei einer Auftreffenergie von E_2 .
- Die folgenden Auftreffenergien (bzw. -geschwindigkeiten) werden auf Grund der ersten Werte geschätzt (ev. mit Hilfe einer Energie-Wirksamkeitsgrafik).



Für die Geschossklasse B:

- Ermitteln der maximalen Wirksamkeit W_{2000} in den ersten 15 cm bei einer Auftreffenergie von 2000 J für Bleikerngeschosse und 3000 J für bleifreie Geschosse.
- Bestimmen einer ersten angenäherten Grenzauftreffenergie gemäß der Formel:

$$(B.4.3) \quad E_1 = \frac{140 \cdot 2000}{W_{2000}}, \quad v_1 = \sqrt{\frac{2000 \cdot E_1}{m}} \quad m: \text{ Geschossmasse in Gramm}$$

- Ermitteln der maximalen Wirksamkeit W_1 in den ersten 15 cm bei einer Auftreffenergie von E_1 .
- Bestimmen einer zweiten angenäherten Grenzauftreffenergie gemäß der Formel:

$$(B.4.4) \quad E_2 = \frac{140 \cdot E_1}{W_1}, \quad v_2 = \sqrt{\frac{2000 \cdot E_2}{m}} \quad m: \text{ Geschossmasse in Gramm}$$

- Ermitteln der maximalen Wirksamkeit W_2 in den ersten 15 cm bei einer Auftreffenergie von E_2 .
- Die folgenden Auftreffenergien (bzw. -geschwindigkeiten) werden auf Grund der ersten Werte geschätzt (ev. mit Hilfe einer Energie-Wirksamkeitsgrafik).

Für die Geschossklasse C:

- Ermitteln der Wirksamkeit in den ersten 12 cm bei 35 m Schussdistanz.



Deutsche Versuchs- und Prüf-Anstalt
für Jagd- und Sportwaffen e.V.

Protokoll

vom 12. Februar 2015

zur Brauchbarkeitsprüfung Seifenbeschuss im
Rahmen der Erarbeitung einer

Technischen Richtlinie für Jagdgeschosse (TRJ)

Berichtersteller: Ingo Rottenberger



Einleitung

Im Rahmen der Erstellung einer Technischen Richtlinie für Jagdgeschosse wurde die DEVA e.V. von Herrn Dr. Dr. Beat Kneubuehl beauftragt, die erarbeiteten zielballistischen Kriterien für Jagdgeschosse einer Brauchbarkeitsüberprüfung zu unterziehen. Inhalt und Umfang des Auftrages ergeben sich aus dem Versuchskonzept vom 09.01.2015.

Allgemein

Für die Bearbeitung des Projekts war die folgende technische und personelle Ausstattung notwendig:

- AVL-Verschlussblock
- Messläufe
- Lichtschranken – 2 Stück
- Wiederladeausrüstung
- Rollwagen (3 Stück)
- Schneidisch für Seife
- Tisch (als Ablage in RSA)

Zeitaufwand für das Einrichten der Messtechnik

Für das erstmalige Einrichten der gesamten Messtechnik, einschließlich des Laborplatzes mit Wiederladekomponenten, des Messlaufes sowie des Schneid- und Fotoplatzes werden ca. 2 Stunden benötigt mit drei Mitarbeitern.

Anzahl der erforderlichen Mitarbeiter

Im Minimum werden 2 Mitarbeiter benötigt. Vorteilhafter sind allerdings drei Mitarbeiter, da einer ausschließlich die Fotodokumentation und die Auswertung am PC übernimmt.

Software

Die Datenerfassung wurde mit Excel vorgenommen und als Software zur Auswertung der Schusskanäle stand das Programm „k-Analyser“ von Dr. Beat Kneubuehl zur Verfügung.

Komponenten

- Beschuss-Seife
- Geschosse
- Hülsen ca. 30 Stück pro zu prüfendem Geschoss
- Pulver und Zündhütchen

Es wurden Versuche in drei Kategorien durchgeführt:



Kategorie A – 1000 Joule

Kaliber 223 Rem.

Zeitbedarf Norma Oryx

Anzahl der Schuss bis zum Erreichen der Energie/Geschwindigkeit

- 5 Schüsse (incl. Laufanwärmer)

Anzahl der Schüsse beim Wechsel der Energie/Geschwindigkeit

- 2 bis 3 Schüsse

Schussanzahl gesamt: 16

Aufwand gesamt:

- ohne Rüstzeit mit Auswertung für 6 Schüsse: ca. 6,5 Stunden

Zeitbedarf Hornady GMX

Anzahl der Schuss bis zum Erreichen der Energie/Geschwindigkeit

- 5 Schüsse (incl. Laufanwärmer)

Anzahl der Schüsse beim Wechsel der Energie/Geschwindigkeit

- bis zu 5 Schüsse

Schussanzahl gesamt: 26

Aufwand gesamt:

- ohne Rüstzeit mit Auswertung für 7 Schüsse: ca. 6 Stunden

Seifenbedarf

Geschoss: Norma Oryx (3,6g - bleihaltig gebondet)

- 6 Blöcke (je 1 pro Schuss)

Geschoss: Hornady GMX (3,6g - bleifrei - Cu)

- 7,5 Blöcke (6x1 Block und 1x1,5 Blöcke)

Probleme und Bemerkungen:

Durch ein Herantasten an den Versuchsablauf war bei der erstmaligen Durchführung (Norma Oryx) der Zeitaufwand etwas größer.

Verbesserungsvorschläge:

Die Höhe der Wirksamkeit sollte von 100 J/cm auf einen Wert von 80 bis 90 J/cm gesenkt werden.

Begründung: Zielentfernung bei gut wirkendem Geschoss wäre teilweise bei weniger als 100m (siehe Anhang)!

Einschätzung zur Machbarkeit:

Die Ermittlung der Wirksamkeitsuntergrenze war nach Vorgabe machbar. Ab dem dritten Schuss musste geschätzt werden. Mit einiger Erfahrung ist die Schussanzahl auf max. 6 bis 7 Blöcke begrenzt.



Kategorie B – 2000 Joule

Kaliber 308 Win.

Zeitbedarf Brenneke TUG

- Anzahl der Schuss bis zum Erreichen der Energie/Geschwindigkeit
- 4 Schüsse (incl. Laufanwärmer)
- Anzahl der Schüsse beim Wechsel der Energie/Geschwindigkeit
- 2 bis 3 Schüsse
- Schusszahl gesamt: 14
- Aufwand gesamt:
- ohne Rüstzeit mit Auswertung für 5 Schüsse: ca. 5 Stunden

Zeitbedarf Möller MJG

- Anzahl der Schuss bis zum Erreichen der Energie/Geschwindigkeit
- 3 Schüsse (incl. Laufanwärmer)
- Anzahl der Schüsse beim Wechsel der Energie/Geschwindigkeit
- 2 bis 3 Schüsse
- Schusszahl gesamt: 15
- Aufwand gesamt:
- ohne Rüstzeit mit Auswertung für 6 Schüsse: ca. 7 Stunden, da teilweise 2,5 Blöcke pro Schuss gebraucht wurden

Zeitbedarf Evo Green

- Anzahl der Schuss bis zum Erreichen der Energie/Geschwindigkeit
- 8 Schüsse (incl. Laufanwärmer)
- Anzahl der Schüsse beim Wechsel der Energie/Geschwindigkeit
- 2 Schüsse
- Schusszahl gesamt: 13
- Aufwand gesamt:
- ohne Rüstzeit mit Auswertung für 4 Schüsse: ca. 4,5 Stunden

Seifenbedarf

- Geschoss: Brenneke TUG (11,7g - bleihaltiger Teilzerleger)
- 7,5 Blöcke (5x1,5 Blöcke)
- Geschoss: Möller MJG (8,8g - bleifreier Teilzerleger - Messing)
- 13,5 Blöcke (3x2 Blöcke und 3x2,5 Blöcke)
- Geschoss: EVO Green (8,4g - bleifreier Teilzerleger - Sn)
- 6 Blöcke (4x1,5 Blöcke)

Probleme und Bemerkungen

Brenneke TUG:

- Bleikern löst sich im hinteren Viertel der Seife und hinterlässt in der Seife kaum sichtbare Geschosspuren, da sich die Seife hinter dem



Geschoss zu schließen scheint.

Möller MJG:

- nach Berechnungsschema hätte der dritte Versuch eine zu geringe $V_{12,5}$ erbracht – deshalb wurde ab hier geschätzt.

Evo-Green

- es wurden nur 3 Schuss benötigt. Wirksamkeitsmaximum deutlich über 150 J/cm. Zur Absicherung wurde ein vierter Schuss mit deutlich reduzierter Geschwindigkeit auf die Seife abgegeben. Seifenkennwert hier aber sehr hoch mit 9,64.

Verbesserungsvorschläge

Über die Höhe der Wirksamkeit muss nachgedacht werden – ggf. reduzieren auf 110 J/cm.

Einschätzung zur Machbarkeit

Verfahren ist geeignet. Mit dem dritten Schuss muss i. d. R. über Erfahrungswerte und Verlauf geschätzt werden.

Kaliber 9,3x62

Zeitbedarf Barnes TSX

- Anzahl der Schuss bis zum Erreichen der Energie/Geschwindigkeit
 - 6 Schüsse (incl. Laufanwärmer)
- Anzahl der Schüsse beim Wechsel der Energie/Geschwindigkeit
 - 2 bis 3 Schüsse
- Schusszahl gesamt: 15
- Aufwand gesamt
 - ohne Rüstzeit mit Auswertung für 6 Schüsse: ca. 5 Stunden

Zeitbedarf Brenneke TUG nature+

- Anzahl der Schuss bis zum Erreichen der Energie/Geschwindigkeit
 - 4 Schüsse (incl. Laufanwärmer)
- Anzahl der Schüsse beim Wechsel der Energie/Geschwindigkeit
 - 2 bis 3 Schüsse
- Schusszahl gesamt: 18
- Aufwand gesamt:
 - ohne Rüstzeit mit Auswertung für 6 Schüsse: ca. 5,5 Stunden

Seifenbedarf

- Geschoss: Barnes TSX (18,5g - bleifreies Deformationsgeschoss - Cu)
- 11 Blöcke (2x1,5 Blöcke und 4x2 Blöcke)



Geschoss: Brenneke TUG nature+ (14,2g - bleifreier Teilzerleger - Sn)
- 12,5 Blöcke (5x2 Blöcke und 1x2,5 Blöcke)

Probleme und Bemerkungen

Barnes TSX

- Startgeschwindigkeit bei Cu-Geschoss zu niedrig, Geschoss zeigt VM-Charakteristik
- bei Schuss 5 trat das Geschoss seitlich aus

Brenneke TUG nature+

- bei 548 m/s zeigt das Geschoss VM-Charakteristik
- bei Schuss 2 mit 765 m/s erreichen wir die Nahschussdistanz
- sprunghafter Anstieg der Wirksamkeit zwischen 620 m/s und 690 m/s mit dann deutlich überhöhten Maximalwerten

Verbesserungsvorschläge

- Startgeschwindigkeit für Cu-Geschosse sollte bei 550 m/s liegen.
- Startgeschwindigkeit für Sn-Geschosse sollte bei 600 m/s liegen.

Einschätzung zur Machbarkeit

Verfahren ist geeignet. Mit dem dritten Schuss muss i. d. R. über Erfahrungswerte und Verlauf geschätzt werden.

Kategorie C – FLG

Kaliber 12/70

Zeitbedarf (gilt für Federal Barnes und Brenneke classic)

Anzahl der Schuss bis zum Erreichen der Energie/Geschwindigkeit

- 3 Schüsse zum Anwärmen und Justieren des Laufes

Anzahl der Schüsse beim Wechsel der Energie/Geschwindigkeit

- waren auf Grund des Prüfablaufes nicht notwendig

Schusszahl gesamt: 8

Aufwand gesamt

- ohne Rüstzeit mit Auswertung für 3 Prüfschüsse: 2,5 Stunden je Geschoss

Seifenbedarf

Geschoss: Federal Barnes Expander (28,4g - bleifrei - Cu)

- für Prüferntfernung 35m: 3,5 Blöcke (2x1 Block und 1x1,5 Blöcke)

- für Prüferntfernung 25m: 2,5 Blöcke (1x1 Block und 1x1,5 Blöcke)

Geschoss: Brenneke classic (31,5g – bleihaltig)

- für Prüferntfernung 35m: 3 Blöcke (3x1 Block)



- für Prüferfernung 25m: 2 Blöcke (2x1 Block)

Probleme und Bemerkungen

- es gab keine Probleme hinsichtlich der Präzision auf 35m. Die Prüferfernung von 35m ist gut gewählt.
- Beim Schießen auf 25m waren Schwankungen bezüglich der Mündungs- und Zielgeschwindigkeit vorhanden, so dass die Entfernungsdifferenz in der Toleranz der Geschwindigkeitswerte beim Barnes Expander unterging. Beim Brenneke classic war die Reduktion der Entfernung auch in der Zunahme der Geschwindigkeit nachweisbar.
- Die Wirksamkeitsuntergrenze ist bei 90 J/cm gut gewählt, weil auf der Prüferfernung von 35m bei beiden Geschossen ausreichende Reserven bezüglich der Energie und Wirksamkeit vorhanden waren.
- Drei Wertungsschüsse pro Geschoss reichen zur Prüfung aus, da Energieabgabe und Wirksamkeitsprofil aller drei Wertungsschüsse weitestgehend deckungsgleich sind.

Verbesserungsvorschläge

- keine

Einschätzung zur Machbarkeit

Das Verfahren ist nach dieser Methodik geeignet.

Metallreste

Kaliber 223 Rem.

Zeitbedarf Norma Oryx

Anzahl der Schuss bis zum Erreichen der Energie/Geschwindigkeit

- 3 Schüsse (incl. Laufanwärmer)

Schusszahl gesamt: 8

Zeitbedarf gesamt:

- ohne Rüstzeit mit Herausnahme der Geschosse für 5 Prüfschüsse und dem Ausschmelzen und Wiegen der Reste einschließlich Datenerfassung:
3 bis 4 Stunden

Seifenbedarf

Geschoss: Norma Oryx (3,6g - bleihaltig gebondet) - 2 Blöcke quer hintereinander liegend



Probleme und Bemerkungen

- ausschmelzen der Kerne im unverschossenen Zustand gelingt nicht zu 100%
- Auswertung nach bisheriger Vorgabe damit stellenweise nicht plausibel

Verbesserungsvorschläge

- über Herstellerangaben Masse des Kerns und des Mantels erfragen bzw. Hersteller zur Angabe verpflichten
- Angaben zum Bleigehalt wären dann exakt
- es müsste erneut überprüft werden, ob Verfahren der Bleirestermittlung geeignet ist
- Zeitersparnis, da Ausschmelzen entfällt

Einschätzung zur Machbarkeit

Verfahren nur mit Herstellerangaben nach derzeitiger Einschätzung geeignet.
Gewählte Geschwindigkeiten mit v_{50} eignen sich für Ermittlung des Bleiabgabeanteils.

Kaliber 308 Win.

Zeitbedarf

- Anzahl der Schuss bis zum Erreichen der Energie/Geschwindigkeit
- 3 Schüsse (incl. Laufanwärmer)
- Schusszahl gesamt: 8
- Aufwand gesamt:
- ohne Rüstzeit mit Herausnahme der Geschosse für 5 Prüfschüsse und dem Ausschmelzen und Wiegen der Reste einschließlich Datenerfassung:
2,5 bis 3,0 Stunden

Seifenbedarf

Geschoss: Brenneke TUG (11,7g - bleihaltiger Teilzerleger) - 2 Blöcke quer hintereinander liegend

Probleme und Bemerkungen

- Ausschmelzen im Original war relativ schnell und einfach zu bewältigen
- im verschossenen Zustand konnten die Restkerne meist entnommen werden
- Toleranz hinsichtlich der Bleimassen festlegen oder Massen über Hersteller erfragen

Verbesserungsvorschläge

- keine

Einschätzung zur Machbarkeit

Bei nicht gebonetem Geschoss ist Machbarkeit entsprechend der Vorgabe gewährleistet



Anhang 1

Auf zwei Zusammenhänge soll im Anhang hingewiesen werden.

1.) Sprunghafter Anstieg von Wirksamkeiten über eine geringe Steigerung der Geschwindigkeit

Kaliber	Geschoss	V _{Ziel} [m/s]	Wirksamkeit [J/cm]	V _{Ziel} [m]	max. Wirksamkeit [J/cm]
223 Rem.	Norma Oryx	751	107	800	110-115
	Hornady GMX	867	99	890	110-115
308 Win.	Brenneke TUG	585	111	640	145-150
	Möller MJG	816	117	840	190-198
	Bionic Black	-	-	705	139
	Evo-Green	567	151	675	180-200
9,3x62	Barnes TSX	584	124	600	170-180
	TUG nature+	616	85	690	130-145

(alle Werte gerundet)

Insbesondere bei bleifreien Geschosskonstruktionen ist bei geringen Energie-/ Geschwindigkeitssteigerungen ein sprunghafter Anstieg der Wirksamkeiten zu verzeichnen – in einigen Fällen überproportional. Erklärbar wird dies m.E. mit der zu diesem Zeitpunkt beginnenden Verformungs- bzw. Zerlegungsbereitschaft sowie

damit einhergehender Vergrößerung der Querschnittsflächen.

2.) Ermittlung der Einsatzreichweite auf Basis der gewonnen Zielgeschwindigkeiten

Aus den Angaben der Hersteller (Schusstafeln) wurden über eine Internetrecherche die Einsatzentfernungen auf Basis der über die Mindestwirksamkeiten ermittelten Zielgeschwindigkeiten in der nachfolgenden Tabelle dargestellt:

Kaliber	Geschoss	ermittelte Zielgeschwindigkeit [m/s]	Einsatzentfernung [m]
223 Rem.	Norma Oryx	800	90
	Hornady GMX	890	85
308 Win.	Brenneke TUG	640	180
	Möller MJG	840	170
	Bionic Black	700	100
	Evo-Green	675	230
9,3x62	Barnes TSX	600	180
	TUG nature+	685	140

(alle Angaben gerundet)



Die ermittelte Einsatzreichweite entspricht insbesondere im Kaliber 223 Rem. nicht den jagdpraktischen Erfahrungen.

