



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

Schlussbericht

Flintenlaufgeschosse

vom 28. März 2013

zum Forschungsvorhaben

„Abprallverhalten von Jagdmunition“

zur Bereitstellung einer wissenschaftlichen
Entscheidungshilfe für das Bundesministerium für
Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz

Inhaltsverzeichnis

1.	Aufgabenstellung.....	4
2.	Verzeichnis verwendeter Formelzeichen.....	5
3.	Versuchsbedingungen.....	7
3.1	Auswahl und Beschreibung der Flintenlaufgeschosse.....	7
3.1.1	Auswahl der Flintenlaufgeschosse	7
3.1.2	Beschreibung der Flintenlaufgeschosse.....	8
3.1.2.1	Brenneke classic.....	8
3.1.2.2	Rottweil Exakt	9
3.1.2.3	Sauvestre Balle Fleche	10
3.1.2.4	Brenneke Super Sabot.....	11
3.1.2.5	Federal Barnes Expander Sabot	12
3.1.2.6	Sauvestre Balle Fleche sans plomb	13
3.2	Auswahl des Kalibers	14
3.3	Auswahl der Entfernung	14
3.4	Auswahl der Beschussmedien	14
3.4.1	Gebüsch	14
3.4.2	Baumstamm	15
3.4.3	Rückprallversuch.....	15
3.4.4	Harter Boden	15
3.4.5	Steinplatte	16
3.4.6	Weicher Boden.....	16
3.5	Abbruchkriterium	16
3.6	Beschusskonzept	16
3.7	Vorrichtungen und Messmittel.....	17
4.	Messeinrichtung.....	18
4.1	Ermittlung des Auftreffwinkels	18
4.1.1	Gebüsch	18
4.1.2	Baumstamm	19
4.1.3	Rückpraller	20
4.1.4	Harter Boden	20
4.1.5	Steinplatte	20
4.1.6	Weicher Boden.....	21
4.2	Ermittlung der Auftreffgeschwindigkeit.....	21
4.3	Ermittlung der Abgangsgeschwindigkeit	21
4.4	Ermittlung der Abgangswinkel zur Seite und zur Höhe	21
4.5	Ermittlung des Raumwinkels	22
4.6	Rückpraller	22
4.7	Geschossrestmasse.....	23

4.8	Die Messeinrichtung der DEVA.....	23
4.8.1	Gasdruckmesseinrichtung.....	23
4.8.2	Lichtschranken.....	23
4.8.3	Digitale Waage.....	24
4.8.4	Richtlaser.....	24
4.8.5	Laserentfernungsmesser.....	24
4.8.6	Andere Messmittel.....	24
4.9	Die Kalibrierung der Messeinrichtung.....	24
5.	Datenerfassung und -übertragung.....	25
6.	Laborierungsdaten.....	26
6.1	Laborierungsdaten für das Kaliber 12/70.....	26
7.	Versuchsaufbau.....	29
7.1	Gebüsch.....	29
7.2	Baumstamm.....	32
7.3	Rückpraller.....	37
7.4	Harter Boden.....	41
7.5	Steinplatte.....	46
7.6	Weicher Boden.....	50
8.	Ergebnisse.....	54
8.1	Gebüsch.....	54
8.2	Baumstamm.....	57
8.3	Rückpraller.....	65
8.3.1	Rückpraller am Baumstamm.....	67
8.3.2	Rückpraller am Stein.....	68
8.4	Harter Boden.....	73
8.5	Steinplatte.....	81
8.6	Weicher Boden.....	88
9.	Auswertung und Beurteilung Dr. Kneubuehl.....	97
10.	Zusammenfassung.....	98
11.	Literaturverzeichnis.....	99
12.	Anhang.....	100

2. Aufgabenstellung

Die Deutsche Versuchs- und Prüf-Anstalt für Jagd- und Sportwaffen e.V. (DEVA) wurde mit der Erstellung einer Studie zum Abprallverhalten bleifreier und bleihaltiger Jagdmunition als wissenschaftliche Entscheidungshilfe für das Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV) beauftragt, nachdem sie im Rahmen einer Ausschreibung den Zuschlag für die Durchführung der Studie erhalten hat.

Die Ergebnisse sollen zur Abschätzung einer eventuellen Gefährdung von Personen durch das Abprallverhalten von Jagdmunition dienen.

Die Studie wird begleitet durch einen von der Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE) eingesetzten Projektrat, bestehend aus einem Vertreter des BMELV und Fachleuten verschiedener Behörden. Ziel dieser Expertengruppe ist es, schwerpunktmäßig bei der Versuchsmethodik Hilfestellungen zu geben.

Als externer Gutachter des Projektes wurde Dr. sc. forens. Dr. med. h.c. Beat Kneubuehl, Dipl.-Math., Abteilungsleiter Zentrum für Forensische Physik/Ballistik, Institut für Rechtsmedizin der Universität Bern, von der BLE beauftragt.

Dr. Kneubuehl soll das wissenschaftliche Konzept der DEVA begutachten und falls erforderlich korrigieren. Neben der gutachterlichen Tätigkeit nimmt er die Auswertung und Interpretation der erhobenen Daten vor.

Nach Vorlage der Ergebnisse der Büchsen- und Flintenlaufgeschosse wurde mit dem 01. Juli 2011 eine Erweiterung des Forschungsvorhabens um die Flintenlaufgeschosse und Schrote durch die BLE stattgegeben. Dieser Bericht beschreibt die Ergebnisse des Forschungsauftrages aus dem Bereich der Flintenlaufgeschosse (FLG).

3. Verzeichnis verwendeter Formelzeichen

Maß / Zeichen	Einheit	Definition	Bedeutung
A	mm	Abstand Messanschlag zur Mantellinie des Baumstammes	Berechnung von R
B	mm	Abstand in x-Richtung Messanschlag zu P _B	Berechnung x _{nach}
B	mm	Abstand in x-Richtung Messanschlag zu P _A (nur bei „Harter Boden“)	Berechnung x _{nach}
C	mm	Abstand in z-Richtung vom Messanschlag zu P _B	Berechnung von s _z
D	mm	Drehpunkt der Kiste im Schildzapfen	Bezugspunkt für Entfernungen
F	mm	Abstand in x-Richtung Messanschlag zu P _A (in Richtung Mündung positiv)	Berechnung x _{nach}
DH	mm	Höhenunterschied zur Mündungswaagerechten	Berechnung a
M	ohne	Mündung des Waffenlaufes (Punkt)	
m_R	g	Masse des ausgetretenen und aufgefangenen Geschossrestkörpers	
m_z	g	Masse des Geschosses vor dem Schuss	
R	mm	Radius des Baumstammes am Prellpunkt	
s_x	mm	Spurlänge oder Kugelriss	Abstand P _A nach P _B
s_z	mm	Spurtiefe im stehenden Baumstamm	
T	ohne	Treffer in der Indexwand mit den Koordinaten (x, y, z)	
x, y, z	m oder mm	Koordinaten von T	
U	ohne	Ursprung oder Bezugspunkt (0, 0, 0)	
P	ohne	Prellpunkt am Beschussmedium (a, b, c)	

Maß / Zeichen	Einheit	Definition	Bedeutung
a, b, c	mm	Koordinaten von P	
x_{nach}	mm	Abstand P _A nach T	Berechnung von b, g, l
x_{vor}	mm	Abstand P _B nach M	Berechnung a
v_R	m/s	Geschwindigkeit des ausgetretenen Geschossrestkörpers (v _{R2,5})	
v_Z	m/s	Geschossgeschwindigkeit vor dem Ziel	
α	Grad	Auftreffwinkel	
β	Prom	Höhenwinkel	in X-Y Ebene
γ	Prom	Seitenwinkel	in X-Z Ebene
λ	Prom	Ablenkwinkel im Raum	im Raum
E_Z	J	Geschossenergie vor dem Ziel	
E_R	J	Energie des ausgetretenen Geschossrestkörpers	
P_A	ohne	Beginn der Spur	
P_B	ohne	Ende der Spur	
E	mm	Strecke U nach P _A	
ε	Grad	Fehlerwinkel durch nicht waagerechten Schuss	

3. Versuchsbedingungen

3.1 Auswahl und Beschreibung der Flintenlaufgeschosse

3.1.1 Auswahl der Flintenlaufgeschosse

Um in einem Vergleich bleifreier und bleihaltiger Flintenlaufgeschosse (FLG) Erkenntnisse über deren Abprallverhalten zu gewinnen, ist es von Bedeutung, die richtige Auswahl zu treffen. Dies ist besonders wichtig, da nur insgesamt 6 Geschosse in das Versuchsprogramm eingeschlossen werden können.

Die Auswahlkriterien sollten folgende Punkte berücksichtigen:

- zu erwartendes Aufprallverhalten, das vom Geschossaufbau abhängig ist,
- Verfügbarkeit in dem zu prüfenden Kaliber,
- Häufigkeit der Verwendung,
- Möglichkeit eines direkten Vergleichs einer bleihaltigen und bleifreien Geschosskonstruktion und
- die Berücksichtigung hauptsächlich verwendeter bleifreier Geschossmaterialien

In enger Zusammenarbeit mit dem wissenschaftlichen Begutachter des Projektes, Dr. Beat Kneubuehl wurden folgende Geschosse für den Versuch vorgeschlagen:

Bleihaltige FLG:	Brenneke classic Winchester Super X Slug Rottweil Exact Sauvestre Balle Fleche
Bleifreie FLG:	Balle blondeau Brenneke Super Sabot Federal Barnes Expander Sabot Sauvestre Balle Fleche sans plomb

Dieser Vorschlag ist dem Auftraggeber unterbreitet worden. Nach Rücksprache mit Herrn Lohner, Abteilungsleiter im BMELV, wurden das Winchester Super X Slug und das Balle blondeau aus dem Versuchsprogramm herausgenommen, um die maximale Anzahl von 6 Geschossen nicht zu überschreiten.

Die Geschosse erhielten zur Kennzeichnung und zur vereinfachten Darstellung der Beschriftung auf den Etiketten Buchstaben aus dem Alphabet. Somit bildeten folgende Geschosse das Versuchsprogramm:

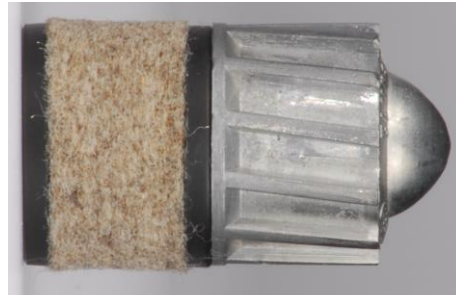
- | | |
|---|--|
| A) Brenneke classic
(bleihaltig) | D) Brenneke Super Sabot
(bleifrei) |
| B) Rottweil Exact
(bleihaltig) | E) Federal Barnes Expander Sabot
(bleifrei) |
| C) Sauvestre Balle Fleche
(bleihaltig) | F) Sauvestre Balle Fleche sans plomb
(bleifrei) |

3.1.2 Beschreibung der Flintenlaufgeschosse

3.1.2.1 Brenneke classic

Abbildung:

Geschoss:



Quelle: Fa. Brenneke

Halbschnitt:



Geschosstyp: bleihaltiges Flintenlaufgeschoss mit Filzpfropfen

Geschosshersteller: Brenneke GmbH, 30837 Langenhagen

Munitionshersteller: Brenneke GmbH, 30837 Langenhagen

Lieferant: Brenneke GmbH, 30837 Langenhagen

Aussagen des Herstellers/ Lieferanten zum Geschoss:

„Die Patrone gewährleistet eine flache Flugbahn, sehr gute Präzision und eindrucksvolle Energiewerte. Für den Jäger bedeutet dies einen größeren Einsatzbereich, massive Stoppwirkung und somit größeren Erfolg. Dies gilt für Drückjagd, Ansitz, Pirsch und Nachsuche gleichermaßen.“

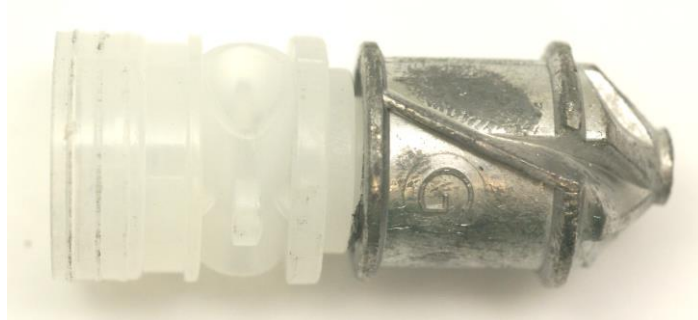
Die Vorteile:

- hohe Präzision: 5 cm bei 5 Schuss auf 50 m,
- hervorragende Stoppwirkung,
- Tiefenwirkung und Ausschuss,
- für alle Jagdarten geeignet,
- in allen Waffen, mit und ohne Choke verwendbar und
- universell einsetzbar bis auf 50 m.“

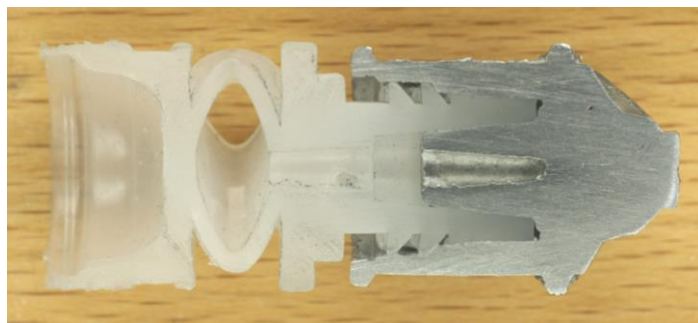
3.1.2.2 Rottweil Exact

Abbildung:

Geschoss:



Halbschnitt:



Geschosstyp: bleihaltiges Flintenlaufgeschoss

Geschosshersteller: RUAG Ammotec, 90765 Fürth

Munitionshersteller: RUAG Ammotec, 90765 Fürth

Lieferant: RUAG Ammotec, 90765 Fürth

Aussagen des Herstellers/ Lieferanten zum Geschoss:

„Der Rottweil Name ist gleichbedeutend mit Leistung. EXACT ist die Messlatte für Flintenläufe mit glatter Bohrung, deren Wiederholgenauigkeit in der Regel nur mit gezogenen Flintenläufen erreicht werden kann.“

Das einzigartige Design sorgt für maximale Durchdringung mit nahezu 100 % Restgewicht beim Aufprall. Das Ergebnis ist, dass Ihr Flintenlauf mehr Energie, bei größeren Entfernungen mit Genauigkeit liefern wird, die Sie nie für möglich gehalten haben.“

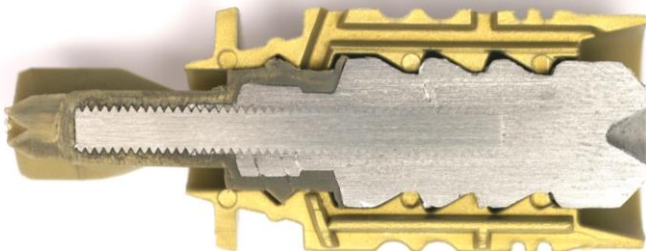
3.1.2.3 Sauvestre Balle Fleche

Abbildung:

Geschoss:



Halbschnitt:



Geschosstyp:	bleihaltiges, unterkalibriges Flintenlaufgeschoss
Geschosshersteller:	Thifan Industrie S.A.S., F-18230 Saint-Doulchard
Munitionshersteller:	Thifan Industrie S.A.S., F-18230 Saint-Doulchard
Lieferant:	Gustav Jehn GmbH, 59557 Lippstadt

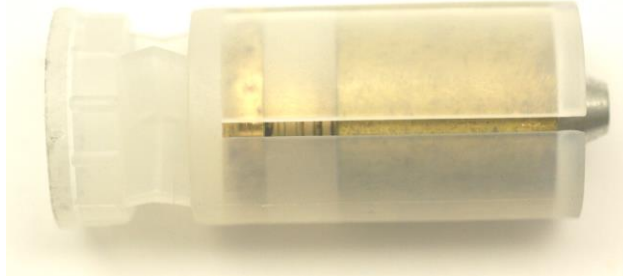
Aussagen des Herstellers/ Lieferanten zum Geschoss:

„SAUVESTRE bietet mit den neuen, im mitteleuropäischen Jagdbetrieb intensiv getesteten Geschossen, Patronen für höchste Ansprüche. Die nur schwer zu vereinbarenden Wünsche sind bei dieser Patrone in idealer Weise kombiniert. Hohe Eindringtiefe (Ausschuss), optimale Stoppwirkung, geringe Wildbretzerstörung sind zusammen mit ausgezeichneter Schussgenauigkeit die Merkmale dieser von SAUVESTRE patentierten Geschosse.“

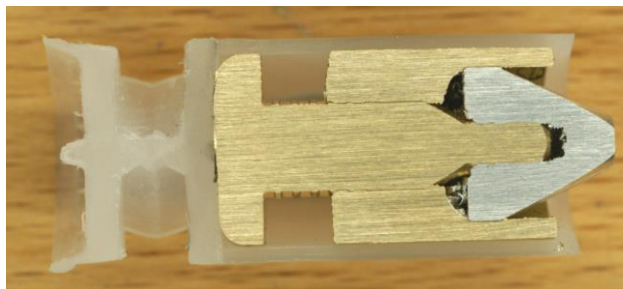
3.1.2.4 Brenneke Super Sabot

Abbildung:

Geschoss:



Halbschnitt:



Geschosstyp: bleifreies, unterkalibriges Flintenlaufgeschoss

Geschosshersteller: Brenneke GmbH, 30837 Langenhagen

Munitionshersteller: Brenneke GmbH, 30837 Langenhagen

Lieferant: Brenneke GmbH, 30837 Langenhagen

Aussagen des Herstellers/ Lieferanten zum Geschoss:

„Das Super Sabot folgt einem revolutionären Ansatz bezüglich seiner Konstruktion. Mit seinem beweglichen Kern, dem bleifreien Material und einer effektiven Einsatzreichweite von bis zu 100 m (aus Flinten mit gezogenem Lauf) stellt es alle anderen Flintenlaufgeschosse in den Schatten. Es pilzt bis auf 25 mm Durchmesser auf, wodurch eine sofortige und maximale Wirkung erzielt wird.“

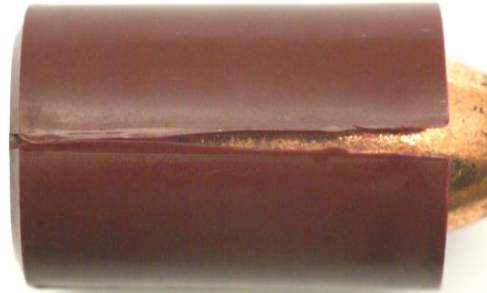
Die Vorteile der Super Sabot:

- bleifrei,
- Scharfrand für Schnitthaar und Schweiß am Anschluss,
- hohe Geschwindigkeit, sehr hohe Energie,
- sehr gute Präzision: 6 cm bei 5 Schuss auf 100 m,
- maximale Stoppwirkung, maximale Aufpilzung,
- für alle Jagdarten geeignet und
- nicht für Waffen mit Choke verwendbar.“

3.1.2.5 Federal Barnes Expander Sabot

Abbildung:

Geschoss:



Halbschnitt:



Geschosstyp:	bleifreies, unterkalibriges Flintenlaufgeschoss
Geschosshersteller:	Barnes Bullets, Mona, UT 84645
Munitionshersteller:	Federal Cartridge Company, Anoka, MN 55303-7503
Lieferant:	Helmut Hofmann GmbH, 97638 Mellrichstadt

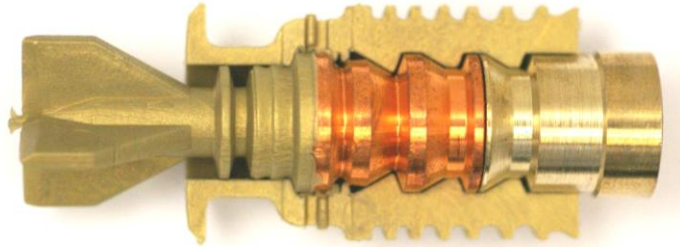
Aussagen des Herstellers/ Lieferanten zum Geschoss:

„Für diejenigen, die einen voll gezogenen Lauf verwenden und die es mit der Genauigkeit von Flintenlaufgeschossen ernst nehmen, gibt es das Barnes Expander. Der Treibspiegel öffnet sich weit und trennt sich sauber vom Geschoss, um eine extreme Genauigkeit Ihrer Schrotflinte zu ermöglichen. Probieren Sie die Standard-Expander oder dehnen die Grenzen Ihrer Waffe mit dem Tipped-Expander bei 4-Zoll-Gruppen auf 200 Meter aus.“

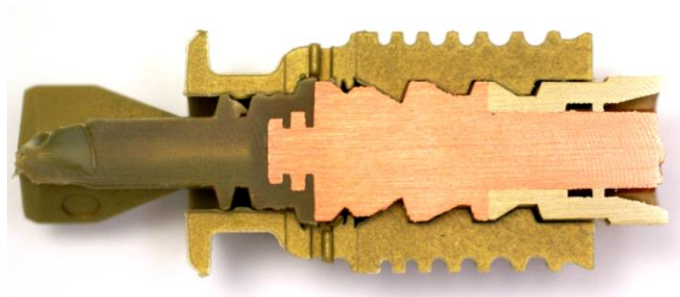
3.1.2.6 Sauvestre Balle Fleche sans plomb

Abbildung:

Geschoss:



Halbschnitt:



Geschosstyp: bleifreies, unterkalibriges Flintenlaufgeschoss
Geschosshersteller: Thifan Industrie S.A.S., F-18230 Saint-Doulchard
Munitionshersteller: Thifan Industrie S.A.S., F-18230 Saint-Doulchard
Lieferant: Gustav Jehn GmbH, 59557 Lippstadt

Aussagen des Herstellers/ Lieferanten zum Geschoss:

„Bleifrei entspricht bereits heute zukünftigen Umweltschutzstandards. Die nur schwer zu vereinbarenden Wünsche sind bei dieser Patrone in idealer Weise kombiniert. Hohe Eindringtiefe (Ausschuss), optimale Stoppwirkung, geringe Wildbretzerstörung sind zusammen mit ausgezeichneter Schussgenauigkeit die Merkmale dieser von SAUVESTRE patentierten Geschosse.“

3.2 Auswahl des Kalibers

Die Auswahl des Kalibers richtete sich nach der Einsatzhäufigkeit. Nach unseren Erfahrungen ist dies das Kaliber:

12/70.

In allen Beratungen wurde in Betracht gezogen, dass bei der Verwendung von Treibkäfigen auch ein voll gezogener Lauf im Kaliber 12/76 anzuschaffen ist. Dadurch verbessert sich die Präzision der verschossenen Projektile und es wird den Vorgaben der Hersteller bei der Wahl der Waffe Rechnung getragen.

3.3 Auswahl der Entfernung

Die Prüferentfernung von Flintenlaufgeschossen ist mit der „Langenhagener Norm“ auf 35 m festgelegt worden. Die Einsatzempfehlungen der meisten Hersteller gehen von Entfernungen von bis zu 50 m aus. Aufgrund bekannter schlechterer Präzision der Flintenlaufgeschosse im Vergleich zu Büchsen geschossen wurde in Abstimmung mit Dr. Kneubuehl eine Prüferentfernung von

35 m

festgelegt. Damit bewegen wir uns in einem optimalen Einsatzbereich.

3.4 Auswahl der Beschussmedien

3.4.1 Gebüsch

Das Gebüsch wurde mittels Buchenstäben (12 mm im Durchmesser) dargestellt. Diese steckten nebeneinander in einen Holzbalken und zwar in einem definierten Abstand, damit das Geschoss immer einen Stab trifft. Für jedes Kaliber mussten die Abstände entsprechend definiert werden. Sie sind geringfügig kleiner als der Geschossdurchmesser.

Die geplante Schusszahl für diesen Versuch betrug 5 Schüsse pro Trefferkategorie und Geschosstyp. Dabei war zu berücksichtigen, dass diese Treffer auswertbar sind, das heißt, alle Daten (Ausgangsmasse des Geschosses, Zielgeschwindigkeit, Restmasse, Abgangsgeschwindigkeit und Ablagen sowie der Geschossrestkörper selbst) müssen enthalten sein.

3.4.2 Baumstamm

Als Material wurde die Fichte ausgewählt, weil sie die am häufigsten vertretene Baumart in Deutschland ist. Die Versuchsplanung sah die Verwendung von Abschnitten mit einer Länge von 50 cm und einem mittleren Durchmesser von 30 cm bis 35 cm vor. Die Abschnitte wurden drehbar befestigt, um sie je nach dem Grad der Zerstörung um 120° oder 180° zu drehen. Die Abschnitte wurden senkrecht und höhenverstellbar aufgestellt. Durch eine seitliche Verschiebemöglichkeit in einer engen Führung konnte so der Auftreffwinkel gegebenenfalls korrigiert werden.

Die geplante Schusszahl betrug 5 Schüsse pro Geschosstyp und Auftreffwinkel mit allen auswertbaren Daten.

3.4.3 Rückprallversuch

Dieser Versuch sollte klären, ob Geschossreste, die aus dem beschossenen Wildkörper austreten und dann auf Baumstämme oder Steine auftreffen, zu Rückprallern führen. Zur Simulation des Wildkörpers wurden Seifenblöcke mit den Abmessungen 25 cm x 25 cm x 40 cm nicht in Längsachse, sondern quer zum Block beschossen. Der Seifenblock sollte so aufgestellt werden, dass das Geschoss 25 cm Seife durchdringen konnte.

Die geplante Schusszahl betrug 3 Schüsse pro Geschoss und Kombination Seife/Baumstamm und Seife/Granit auf eine Entfernung von 35 m.

3.4.4 Harter Boden

Zur Simulation von Hartem Boden, der in der Praxis einem Naturweg mit wassergebundener Deckschicht entspricht, wurde eine Kiste mit den Abmessungen von 300 cm x 100 cm x 30 cm gebaut und mit Kalksandsteinschotter gefüllt, wie er im Straßenbau Verwendung findet. Zuerst wurde grobes Schottermaterial schichtweise eingebracht und mit Wasser bis zu einem Füllgrad von 8 cm immer wieder verfestigt. Die Deckschicht bildete feiner Schotter, der in gleicher Art und Weise behandelt wurde.

Die Kiste stand auf einer um den Auftreffwinkel geneigten Auflage. Der Auftreffpunkt wurde bei ausgerichteter Waffe mittels Laser auf dem Medium ermittelt. Er sollte im vorderen Kistendrittel liegen. Je nach Verwerfung des Bodens wurde dessen Ursprungszustand nach dem Schuss wieder hergestellt und die Oberfläche mit definierter Masse verfestigt.

Die geplante Schusszahl betrug 5 Schüsse pro Geschosstyp und Auftreffwinkel.

3.4.5 Steinplatte

Der Versuch sollte klären, wie sich das von einer Natursteinplatte abprallende Geschoss verhält. Verwendet wurden einseitig geflammte Granitplatten mit den Maßen 60 cm x 30 cm x 3 cm. Die Platte wurde auf einer Unterkonstruktion um den Auftreffwinkel geneigt.

Die geplante Schusszahl betrug 5 Schüsse pro Kaliber und Auftreffwinkel.

3.4.6 Weicher Boden

Zur Simulation von Waldboden wurde Mutterboden in eine Kiste mit den Abmessungen 300 cm x 100 cm x 30 cm gefüllt. Der restliche Versuchsaufbau ist wie beim Harten Boden. Auch hier wurden beschädigte Stellen sofort ausgebessert. Die geplante Schusszahl betrug 5 Schüsse pro Kaliber und Auftreffwinkel.

3.5 Abbruchkriterium

Die Festlegung, wann ein Geschoss als Abpraller gilt, wurde vom vorangegangenen Versuch mit der Büchsenmunition übernommen.

Definition eines Abprallers:

Ein Geschossrest wird als Abpraller bezeichnet, wenn er mehr als 50% der Masse des Ausgangsgeschosses besitzt.

Das heißt, dass die Versuche für einen Geschosstyp beendet werden, wenn nach dem Aufprall und ab einem bestimmten Winkel eine Geschossrestmasse von weniger als die Hälfte seiner ursprünglichen Masse vorhanden ist.

3.6 Beschusskonzept

Der Beschuss der Medien erfolgte in der 50-m-Raumschießanlage der DEVA mittels einer Schießmaschine (Kanone) auf eine Entfernung von 35 m. Die Munition wurde so verwendet, wie wir sie von den Herstellern/ Lieferanten erhalten haben.

3.7 Vorrichtungen und Messmittel

Zur Durchführung der Versuche wurden die Verwendung nachstehender Messmittel und der Bau folgender Vorrichtungen geplant:

1. Gasdruckmesseinrichtung
2. Lichtschranken
3. Wattekästen zum Auffangen der Geschosse
4. Laserentfernungsmesser (Auflösung 1mm)
5. Richtlaser zum Justieren der Schießmaschine und Prellmedien
6. Dreibein-Unterlage für Baumstämme
7. Aufnahme der Buchenstäbe
8. Holzkiste für Medium Harter Boden
9. Holzkiste für Medium weicher Boden
10. Unterbau für Aufnahme der Holzkisten zur Einstellung der Beschusswinkel
11. Rahmen für Indikatorwand
12. Seifenblöcke zur Simulation eines Wildkörpers

4. Messeinrichtung

Für die Auswertung ist die Erfassung folgender Versuchsparameter notwendig:

- Auftreffwinkel
- Ausgangsmasse des Geschosses
- Restmasse des Geschosses
- Auftreffgeschwindigkeit
- Abgangsgeschwindigkeit
- Abgangswinkel zur Seite und zur Höhe
- Raumwinkel

4.1 Ermittlung des Auftreffwinkels

4.1.1 Gebüsch

Durch den senkrechten Beschuss der Buchenstäbe ist eine Bestimmung des Auftreffwinkels nicht erforderlich.

Am Gebüsch wurden folgende Trefferkategorien analog der Versuchsreihe „Büchsenmunition“ festgelegt:

Kategorie 1:

Am Buchenstab beschädigte das Geschoss 0 % bis 25 % des Durchmessers.



(Geschoss C-2)

Kategorie 2:

Am Buchenstab beschädigte das Geschoss 25 % bis 50 % des Durchmessers.



(Geschoss D-7)

Kategorie 3:

Am Buchenstab beschädigte das Geschoss über 50 % des Durchmessers.

**Kategorie 4:**

Ergab sich bei der Berührung des Geschosses von 2 Stäben.

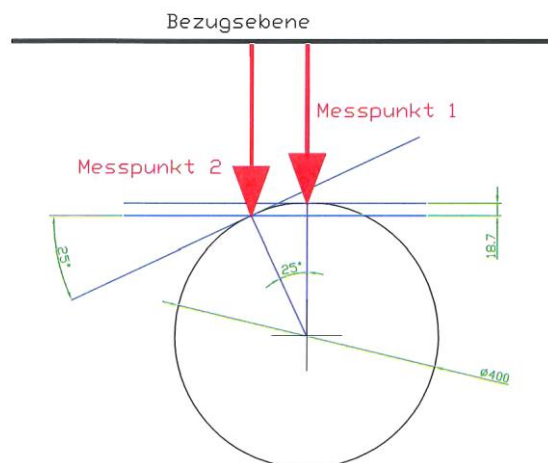
Zur Auswertung wurden Kategorie 1 und Kategorie 2 herangezogen.

Die Erfassung erfolgte mittels digitalen Messschiebers.

4.1.2 Baumstamm

Die Ermittlung des Auftreffwinkels erfolgte analog der Versuchsreihe mit den Büch-sengeschossen.

„Der mittig angebohrte Baumstamm wird drehbar auf einer Vorrichtung gelagert. Der Abstand von der Bezugsebene zur Mitte des Baumstammes ist immer konstant mit 300 mm. Am zukünftigen Auftreffpunkt des Geschosses wird der Radius des Baumstammes an Messpunkt 1 ermittelt. Nach dem Schuss kann der Treffpunkt von selbiger Bezugsebene ebenfalls bestimmt werden (Messpunkt 2). Die sich daraus ergebende Differenz ist die Spurtiefe. Mit Hilfe einer mathematischen Operation kann nun der exakte Auftreffwinkel bestimmt werden.“



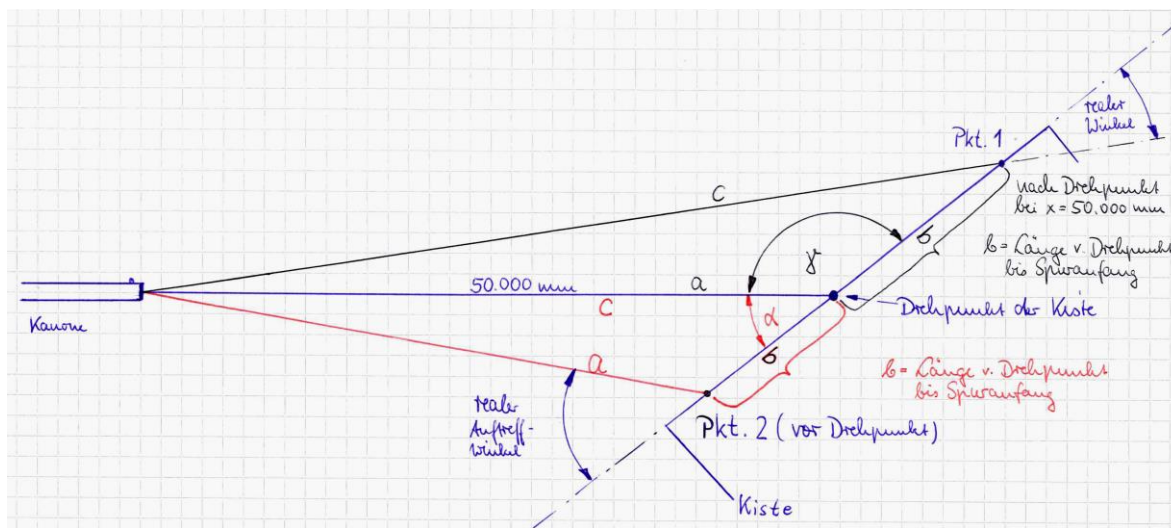
4.1.3 Rückpraller

Für die Versuche musste immer senkrecht (im Winkel von 90°) auf den Seifenblock geschossen werden. Der Seifenblock wurde so beschossen, dass eine Tiefe von 25 cm erreicht wird.

4.1.4. Harter Boden

Beim Schießen des Mediums Harter Boden musste aus Platzgründen (Höhe der RSA von 2,65 m) die Kanone um 1° nach unten geschwenkt werden. Die am Boden stehende Kiste wurde mit dem erforderlichen Auftreffwinkel (minus des voreingestellten Winkels der Kanone von 1°) aufgestellt.

Damit nicht nach jedem Schuss der Auftreffpunkt der FLG wiederhergestellt werden musste, entschlossen wir uns, auch oberhalb und unterhalb des gedachten Drehpunktes der Kiste die Schüsse zu platzieren. Das machte eine andere Berechnungsvariante notwendig. Das folgende Bild verdeutlicht den mathematischen Hintergrund:



Für die Berechnung des tatsächlichen Auftreffwinkels α gilt das obere schiefwinklige Dreieck, wenn der Spuranfang oberhalb des Drehpunktes liegt und das untere schiefwinklige Dreieck, wenn der Spuranfang unterhalb des Drehpunktes liegt.

Die Gleichungen für die Berechnungen sind im Bericht vom 15.02.2011 zu finden.

4.1.5 Steinplatte

Für den Versuch Steinplatte wurde die Platte selbst gedreht, um so den notwendigen Auftreffwinkel zu erzielen.

4.1.6 Weicher Boden

Beim Schießen des Mediums Weicher Boden musste aus Platzgründen (Höhe der RSA) ebenfalls wie beim Harten Boden die Kanone um 1° nach unten geschwenkt werden. Die am Boden stehende Kiste wurde mit dem erforderlichen Auftreffwinkel (minus des voreingestellten Winkels der Kanone von 1°) aufgestellt. Hier war der zeitliche Aufwand zur Wiederherstellung des Ausgangszustandes des Bodens geringer als beim Harten Boden.

4.2 Ermittlung der Auftreffgeschwindigkeit

Die Auftreffgeschwindigkeit wurde bei allen Versuchen mittels Lichtschrankentechnik (Messstrecke: 1,00 m) vorgenommen.

4.3 Ermittlung der Abgangsgeschwindigkeit

Die Abgangsgeschwindigkeit wurde bei allen Versuchen mittels Lichtschrankentechnik (Messweite: 1,00 m bzw. 0,25 m) vorgenommen.

Da der Durchgang der Geschossreste nicht senkrecht zur Lichtschranke verläuft, wurde zur genauen Ermittlung der Abgangsgeschwindigkeit der Abgangswinkel berücksichtigt werden. Das geschah automatisiert im Auswertblatt.

4.4 Ermittlung der Abgangswinkel zur Seite und zur Höhe

Die Abgangswinkel der Geschosse wurden in beiden Richtungen über eine Indikatorwand erfasst. Zuerst haben wir ohne das Beschussmedium mit meistens drei Schüssen einen Nullpunkt auf der Indikatorwand geschossen. Der mittlere Treffpunkt bildete den Nullpunkt unseres Koordinatensystems für die weitere Untersuchung. Nach jedem Umrüsten ist das Schießen des Nullpunktes durchgeführt worden.

Erst danach konnte das Beschussmedium wieder in Position gebracht werden. Jeder nachfolgende Schuss auf das Prellmedium erzeugte eine auf der Indikatorwand nachvollziehbare Ablenkung.

Die Abstände wurden mit dem Messschieber, einem 2-m-Gliedermaßstab oder mittels 1-m-Schullineal vermessen. Für den senkrechten Abstand wurde ein Dreieck benutzt, das wir an der waagerechten Nulllinie anlegten.

Die ermittelten Koordinaten sind im angelegten Excel-Datenblatt sofort in entsprechende Winkel umgerechnet worden. Die Maßeinheit des Winkels sind Promille (prom.).

- Umrechnung der Einheiten: 360° Grad entsprechen 6400 prom.
- Die Ablage in der Höhe (in y-Richtung) ergab über die Winkelfunktion „Tangens“ den Höhenwinkel β .
- Die Ablage zur Seite (in z-Richtung) ergab ebenfalls über den „Tangens“ den Seitenwinkel γ .

4.5 Ermittlung des Raumwinkels

Aus dem Höhen- und dem Seitenwinkel kann mathematisch der Raumwinkel λ berechnet werden. Die Funktion lautet wie folgt:

$$\lambda = \arccos(\cos \alpha \cdot \cos \beta \cdot \cos \gamma - \sin \alpha \cdot \sin \beta)$$

Auch diese Funktion ist im Excel-Datenblatt integriert.

4.6 Rückpraller

Für die Versuchsreihe Rückpraller ermittelten wir zuerst die Austrittsgeschwindigkeit des Geschosses aus der Seife, um eine Aussage darüber treffen zu können, wie viel Energie das Geschoss im durch Seife simulierten Wildkörper abgibt und welche ihm noch am Rückprallobjekt zur Verfügung steht. Um nicht eine Auslösung der Austrittslichtschranke durch die, dem Geschoss vorausseilenden Seifenreste zu erhalten, wurde vor dem Rahmen der zweiten Lichtschranke eine Pappe angebracht.

Die Bestimmung der Trefferkoordinaten ist unter Punkt 7.3 beschrieben. Eine Ermittlung der Geschwindigkeit nach erfolgtem Rückprall am Medium ist nicht möglich, weil die Lichtschranke nicht zuerst die Geschwindigkeit in Schussrichtung und gleich danach die Geschwindigkeit des zurückgeprallten Geschosses registrieren kann.

4.7 Geschossrestmasse

Um ein Geschoss ohne weitere Beschädigungen auffangen zu können, musste die gesamte, noch zur Verfügung stehende Bewegungsenergie in andere Energieformen umgewandelt werden. Aus Erfahrungen der ersten Versuchsreihe wissen wir, dass dazu Wattekisten und Woldecken einzeln oder in Kombination notwendig sind. Die dazu erforderlichen Kisten mit den Abmaßen 60 cm x 60 cm x 30 cm oder 100 cm x 100 cm x 30 cm wurden mit Watte gefüllt. In besonders kritischen Situationen, wie beim Beschuss des Naturweges, ergänzten locker über ein Gestell herabhängende Decken den Geschossfang.

Nach jedem Medium wurden die Kisten entleert und die Wolle entsorgt sowie alle zerschossenen Seitenwände und Böden erneuert.

4.8 Die Messeinrichtung der DEVA

Der Einsatz der Messtechnik wurde schon vor Beginn der Versuche mit Büchsen- geschossen dem Projektrat vorgestellt. Dabei bestätigten uns die Mitglieder des Projektrates, dass diese Technik ausreichend für die Ermittlung aller erforderlichen Daten ist. Im Einzelnen sind das:

- Gasdruckmesseinrichtung
- Lichtschranken
- Waage (digital)
- Richtlaser
- Laserentfernungsmesser
- Messschieber (digital)
- Schullineal (1,00 m)
- Anschlagwinkel
- Gliedermaßstab (2,00 m)

4.8.1 Gasdruckmesseinrichtung

Für Gasdruckmessungen haben wir dieselbe Technik verwendet, wie im Abschlussbericht Büchsen- geschosse vom 15. Februar 2011 unter Punkt 5.8.1 beschrieben.

4.8.2 Lichtschranken

Unsere verwendeten Lichtschranken sind AVL-Produkte der Firma HPI GmbH aus Graz und von der Firma Mehl-Kurzzeittechnik aus Diebach. Sie können mit unterschiedlichen Messbasen ausgestattet werden. Die Eingangslichtschranke wird in der Regel mit einer Messbasis von 1,00 m ausgerüstet und die Ausgangslichtschranke mit einer Messbasis von 0,25 m. Die verkürzte Strecke wird für die Ermittlung der Abgangsgeschwindigkeit gewählt, um eine Erfassung der meist schräg durch die Mess-

rahmen fliegenden Geschosse gewährleisten zu können. Zusätzlicher Splitterschutz verhinderte zuverlässig eine Beschädigung der Messrahmen.

4.8.3 Digitale Waage

Für die Ermittlung der Geschoss- und Geschossrestmassen sowie zur Herstellung der Laborierungen wurde eine digitale Waage eingesetzt. Die Ausgabe der Werte kann, je nach Wahl, in Gramm oder Grain erfolgen.

4.8.4 Richtlaser

Der Richtlaser dient zur besseren Voreinstellung der Treffpunktlage auf dem Zielmedium. Er wird auf die Trefferlage des Laufes vor Beginn der Versuche eingestellt und bei Verwendung einer anderen Laborierung nachjustiert. Die Zielentfernung von 35 m gewährleistete eine punktgenaue Ausrichtung, da der Laserpunkt sich auf dieser Entfernung nur ganz gering verbreitert („auffächert“).

4.8.5 Laserentfernungsmesser

Zur Bestimmung aller Distanzen setzten wir einen Laserentfernungsmesser ein, der mit einer Auflösung von 1 mm ausgestattet ist. Alle Entfernungsangaben waren so millimetergenau möglich.

4.8.6 Andere Messmittel

Im nahezu täglichen Einsatz, insbesondere um die Ablagen der Projektile zur Seite und zur Höhe festzustellen, wurden digitale Messschieber, ein Schullineal mit einer Länge von 1,00 m, ein Anschlagwinkel und Gliedermaßstäbe verwendet.

4.9 Die Kalibrierung der Messeinrichtung

Vor Beginn der Versuche wurden die Gasdruckquarze und die Lichtschranken von der Bundeswehrrprobungsstelle 91 in Meppen kalibriert. Eine ausführliche Beschreibung ist im DEVA-Bericht vom 15. Februar 2011 zu finden.

Die Waage stand stets auf ebener und sauberer Fläche und wurde täglich vor Beginn der Versuche mittels Vergleichsmasse kalibriert.

5. Datenerfassung und -übertragung

Um eine fehlerfreie Datensicherung ohne lange Zwischenwege zu erreichen, wurden im Schießraum und im Bereich des Zielmediums Computer platziert.

Im Schießraum stand der PC direkt neben dem Schießbock. Hier wurden alle Geschwindigkeitsmesswerte erfasst.

Im Bereich des Beschussmediums hat ein Mitarbeiter das Geschoss gesucht. Ein weiterer Mitarbeiter ermittelte die Ablagen in Höhe und Seite an der Indikatorwand. Diese wurden dann sofort in den daneben stehenden Computer eingegeben.

Alle Computer sind über ein Netzwerk miteinander verbunden. Die Datensicherung erfolgt automatisch an jedem Tag.

Diese Vorgehensweise verhindert zuverlässig Datenverluste während des Forschungsvorhabens.

6. Laborierungsdaten

6.1 Laborierungsdaten für das Kaliber 12/70

In allen Versuchsteilen wurde in der RSA nur auf eine Entfernung von 35 m geschossen. Deshalb konnten ausschließlich Fabriklaborierungen verwendet werden. Als Nachweis haben wir die Fertigungszeichen ermittelt.

Code	Hersteller	Typ	Kaliber	Hülsenlänge	Fertigungszeichen
A	Brenneke	Classic	12	70	A9280909
B	Rottweil	Exact	12	70	04DP46L0299
C	Sauvestre	Balle Fleche	12	70	1211820214TIS48/11
D	Brenneke	Super Sabot	12	70	A110817
E	Federal Premium	Barnes Expander HP	12	70	5V-6VX686
F	Sauvestre	Balle Fleche sans plomb	12	70	11210893109TIS44/11

Alle vorliegenden Originallaborierungen wurden vor Versuchsbeginn hinsichtlich ihrer Geschossmasse mit einer Stichprobe von 10 Patronen überprüft.

	Vorlagen Masse					
	A	B	C	D	E	F
	Classic	Exact	Balle Fleche	Super Sabot	Expander HP	Balle Fleche sans plomb
1	31,68	32,69	30,55	35,20	31,14	24,57
2	31,50	32,63	30,59	35,19	31,10	24,52
3	31,68	32,62	30,53	35,21	31,12	24,52
4	31,73	32,63	30,66	35,27	31,15	24,52
5	31,66	32,59	30,50	35,19	31,07	24,53
6	31,66	32,66	30,61	35,19	31,05	24,53
7	31,48	32,65	30,61	35,22	31,10	24,51
8	31,48	32,67	30,48	35,22	31,12	24,51
9	31,57	32,67	30,63	35,25	31,11	24,53
10	31,45	32,66	30,55	35,19	31,13	24,52
Mittelwert	31,59	32,65	30,57	35,21	31,11	24,53
STABW*	0,104	0,030	0,059	0,028	0,030	0,016
Maximum	31,73	32,69	30,66	35,27	31,15	24,57
Minimum	31,45	32,59	30,48	35,19	31,05	24,51

* Standardabweichung

Bei Verwendung von Treibkäfiggeschossen reduziert sich am Zielmedium die Vorlagmasse auf die reine Geschossmasse, da sich der Treibkäfig vom Geschoss löst. Somit ergeben sich folgende Geschossmassen:

	Geschossmasse					
	A	B	C	D	E	F
	Classic	Exact	Balle Fleche	Super Sabot	Expander HP	Balle Fleche sans plomb
1	31,68	32,69	25,67	31,83	28,43	19,81
2	31,50	32,63	25,72	31,81	28,33	19,79
3	31,68	32,62	25,59	31,83	28,37	19,78
4	31,73	32,63	25,72	31,83	28,37	19,80
5	31,66	32,59	25,70	31,83	28,35	19,80
6	31,66	32,66	25,67	31,83	28,33	19,85
7	31,48	32,65	25,61	31,83	28,35	19,81
8	31,48	32,67	25,72	31,80	28,37	19,80
9	31,57	32,67	25,65	31,85	28,34	19,80
10	31,45	32,66	25,61	31,88	28,39	19,80
Mittelwert	31,59	32,65	25,67	31,83	28,36	19,81
STABW*	0,104	0,030	0,052	0,021	0,029	0,019
Maximum	31,73	32,69	25,72	31,88	28,43	19,85
Minimum	31,45	32,59	25,59	31,80	28,33	19,78

* Standardabweichung

Auf Grund des Patronenaufbaus ist es bei FLG nicht zweckdienlich, vor jedem Schuss das Geschoss aus der Hülse zu entfernen, die exakte Geschossmasse zu ermitteln und danach das Geschoss wieder zu setzen und den Patronenrand zu bürsteln. Um spätere Nachrechnungen und Korrekturen zu vermeiden, wurde gemeinsam mit Dr. Kneubuehl ein Masseminimum festgelegt. Die statistische Faustformel für die ganze Streuung einer normal verteilten Gesamtheit lautet:

Mittelwert plus 6-mal Standardabweichung.

Eine Schätzung für das Minimum ergibt sich demnach aus:

Mittelwert minus 3-mal Standardabweichung.

Somit weist das statistische Minimum folgende Werte aus:

	A	B	C	D	E	F
	Classic	Exact	Balle Fleche	Super Sabot	Expander HP	Balle Fleche sans plomb
Statist. Min.:	31,28	32,56	25,51	31,77	28,27	19,75

In einem weiteren Vorversuch musste die Präzision der FLG untersucht werden, damit die Vorgaben hinsichtlich der Auftreffwinkel an den Zielmedien eingehalten werden können. Dabei sind die Vorgaben der Hersteller mit eingeflossen, ob das betreffende Geschoss aus einem glatten oder gezogenen Lauf verschossen werden soll.

Code	Hersteller	Typ	Lauf	Würgebohrung	Werkstoff
A	Brenneke	Classic	alle	alle	Pb
B	Rottweil	Exact	keine Angaben	alle	Pb
C	Sauvestre	Balle Fleche	alle	alle	Pb
D	Brenneke	Super Sabot	gezogen (empfohlen)	nur Zylinder	Ms, Al
E	Federal Premium	Barnes Expander HP	nur gezogen		Cu
F	Sauvestre	Balle Fleche sans plomb	glatt oder gezogen	alle	Cu, Ms

Die letzte Entscheidung über die Verwendung eines glatten oder gezogenen Laufes konnte nur ein Versuch herbeiführen. Jedes Geschoss wurde aus dem glatten und aus dem voll gezogenen Flintenlauf verschossen und danach der Streukreis begutachtet. Die Auswahl fiel auf den Lauf, der den besten Streukreis erbrachte. Das Ergebnis ist in der folgenden Tabelle zusammengefasst.

Festlegung nach dem Schießen der Schussbilder				
Code	Hersteller	Typ	Klasse	Lauf
A	Brenneke	Classic	bleihaltig	glatt
B	Rottweil	Exact	bleihaltig	glatt
C	Sauvestre	Balle Fleche	bleihaltig	gezogen
D	Brenneke	Super Sabot	bleifrei	gezogen
E	Federal Premium	Barnes Expander HP	bleifrei	gezogen
F	Sauvestre	Balle Fleche sans plomb	bleifrei	gezogen

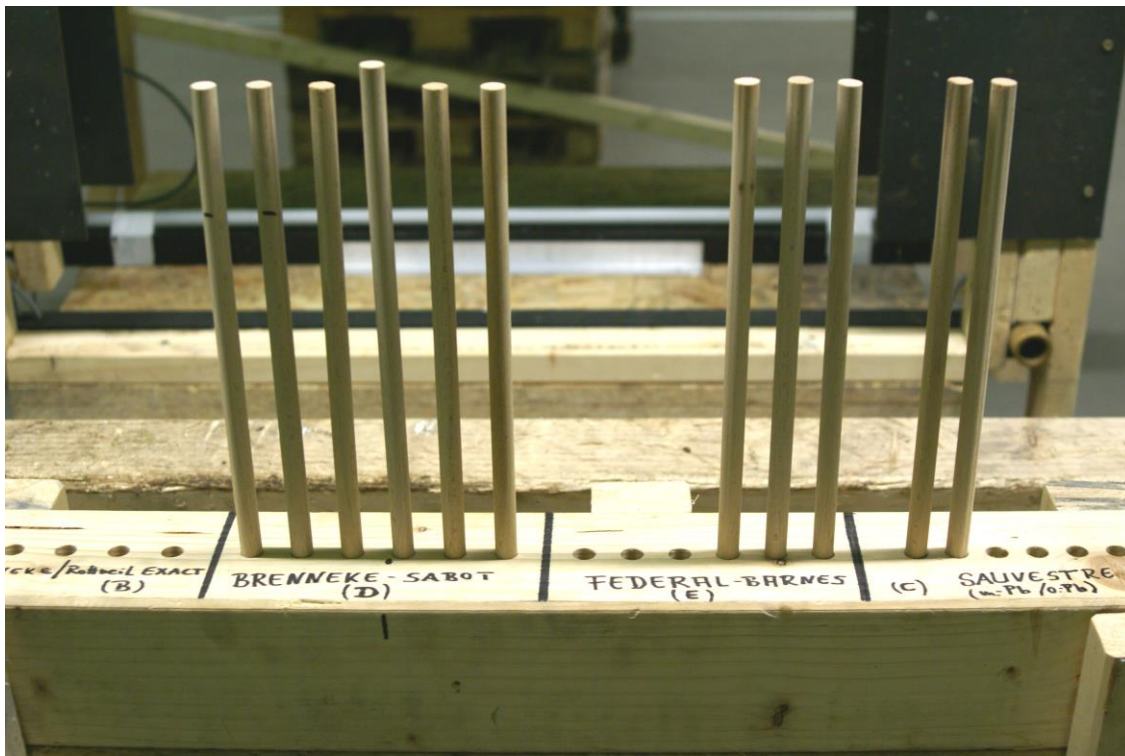
Da es bei der Prüfung des Abprallverhaltens von bleifreien FLG vordergründig um die materialbedingten Unterschiede geht, spielt der Lauf aus dem die Geschosse verschossen wurden für die Aussage zum Gefahrenpotential der bleifreien FLG, im Vergleich zu bleihaltigen Geschossen, keine Rolle. Hintergrund der Verwendung von gezogenen Läufen war lediglich die höhere Treffergenauigkeit der Geschosse, die für das Schießen genauer Winkel unbedingt notwendig ist. Im Anhang finden sich die jeweiligen Schussbilder der FLG aus glattem oder gezogenem Lauf.

7. Versuchsaufbau

7.1 Gebüsch

Das Gebüsch wurde mittels Buchenstäben (\varnothing 12 mm) dargestellt. Gegenüber dem Versuchsaufbau Büchsenmunition ist dies eine Vergrößerung des Durchmessers (Buchenstäbe \varnothing 6 mm), um bei den deutlich größeren Projektilen eine messbare Ablenkung erfassen zu können. Die Stäbe wurden nebeneinander in Balken gesteckt. Die Abstände zwischen den einzelnen Buchenstäben waren so gewählt, dass immer gewährleistet werden konnte, dass die Geschosse der unterschiedlichen Konstruktionen mindestens einen Stab treffen.

Um eine größtmögliche Präzision der Bohrungen zu bekommen, wurden die Bohrungen auf einer mit digitaler Anzeige ausgestatteten Universalfräsmaschine eingearbeitet.



Der unterschiedliche Außendurchmesser der Geschosse führte bei gleichem Kaliber (12/70) auch zu unterschiedlichen Bohrungsabständen.

Der gebohrte und mit Buchenstäben versehene Balken wurde auf einem stabilen Gestell so befestigt, dass eine seitliche Verschiebung gewährleistet war, damit bei notwendigen Korrekturen der Treffpunktlage schnell reagiert werden konnte. Die Höhe des Gestells gestattete eine senkrechte Schussabgabe (im Winkel von 90°) auf die Stäbe.



Aufnahme der Buchenstäbe im Holzbalken und massives Gestell (Pfeil) mit vollständigem Versuchsaufbau (1= Einganglichtschranke, 2 = Medium, 3 = Ausganglichtschranke, 4 = Indikatorwand, 5 = Geschossfangkästen).

Nun konnte der Messaufbau erfolgen. In der Raumschießanlage steht eine Entfernung von 50 m zur Verfügung. Das Prellmedium steht auf 35 m (siehe Bild oben).

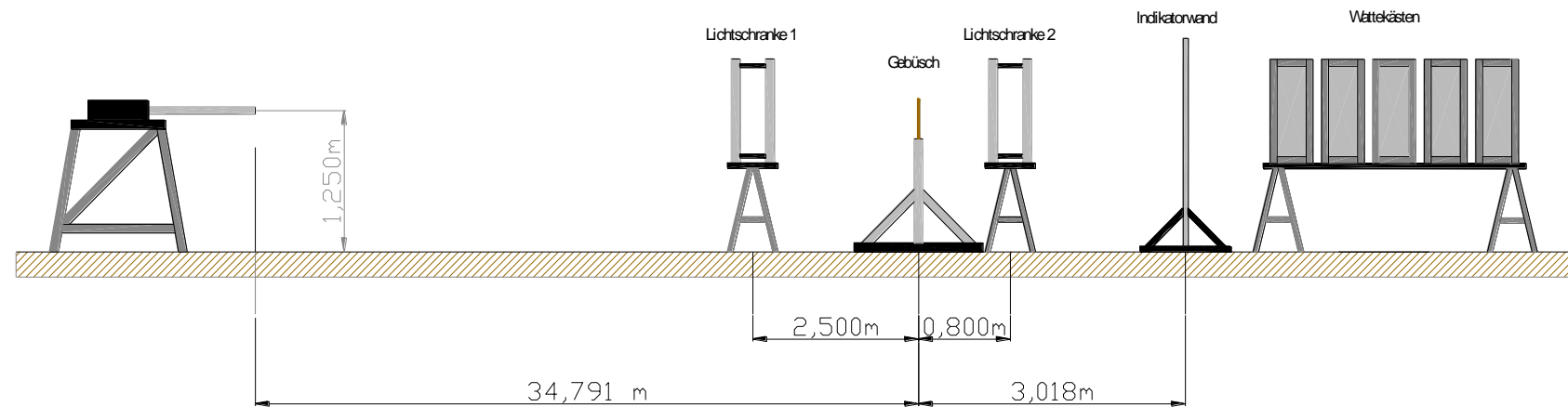
Die einzelnen Abstände sind in der CAD-Zeichnung auf der nächsten Seite zu entnehmen.

Die Geschosse wurden in bewährter Weise in mit Watte gefüllten Holzkästen aufgefangen.

Auf Grund der geringen Ablenkung konnten die Kistenmaße auf 600 mm x 600 mm x 300 mm beim Gebüsch beschränkt werden.

Die Watte zum Befüllen der Kästen haben wir von der Firma „Texaid“ angefordert. Es handelte sich hierbei um feine Polierwolle, die sich bei den vorangegangenen Versuchen bewährt hatte.

Versuchsaufbau Gebüsch - FLG



Auf Grund der waagerechten Positionierung der Waffe konnte bei allen Versuchen von einer Abschusshöhe von 1,25 m ausgegangen werden. Die Entfernungen wurden mit einem Laserentfernungsmesser millimetergenau erfasst.

7.2 Baumstamm

Als Holzart für das Beschussmedium Baumstamm wurde analog der Versuche mit den Büchsen geschossen die Fichte ausgewählt. Die benötigte Menge konnte bei einem in Ortsnähe befindlichen Waldeigentümer bestellt werden. Die Stämme hatten einen Durchmesser von 25 cm bis 40 cm. Sie wurden zum gleichen Zeitpunkt geschlagen. Nach Anlieferung sind die Stämme auf eine Länge von 50 cm geschnitten worden, um sie auch handhaben zu können. Danach wurden sie aufgeschichtet.



Im Bild oben ist die benötigte Holzmenge zu sehen. Auf der linken Seite stehen bereits beschossene Stammstücke. Bei der Verwendung einer Länge von 50 cm war es möglich, den Stamm in der Höhe 2-mal zu beschießen. In einer Ebene konnten 3 bis 4 Schüsse angebracht werden und zuletzt noch einmal ein Frontalbeschuss (90°), so dass bis zu 9-mal dieser Abschnitt genutzt werden konnte. Somit wurde eine deutliche Einsparung von Fichtenstämmen realisiert.

Da ein Stamm in der Natur aber nicht kreisrund ist, musste eine Möglichkeit geschaffen werden, ihn mittig anzubohren. Wie schon beim Versuch mit Büchsen geschossen beschrieben, wurde ein Anschlagwinkel verwendet, der bei dreimaligem Anlegen und Anzeichnen einen Schnittpunkt für die Bohrung am Fuß des Stammes ergab.



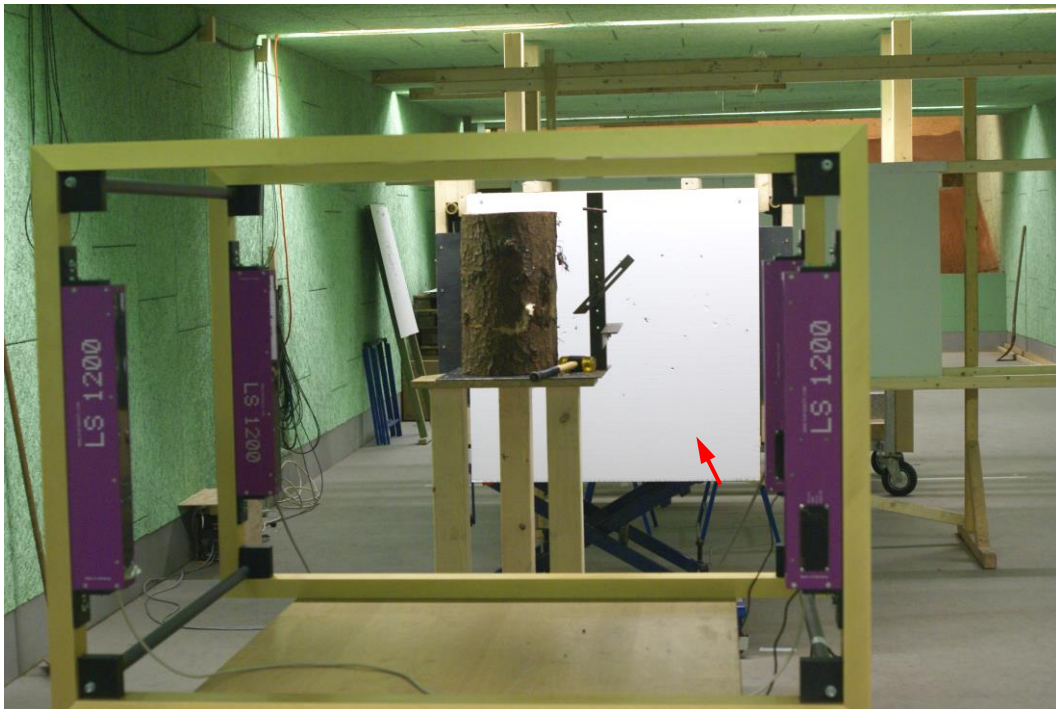
Nach dem Anriss konnte mittig mit einem 20-mm-Bohrer ein Loch gebohrt werden, das als Aufnahme des Baumstammes auf einer speziell angefertigten Vorrichtung diente. Der Hintergrund für das aufrechte Beschießen des Stammes war zum einen in seiner natürlichen Lage und zum zweiten in der nachfolgend besser erfassbaren Ablenkung zu sehen.

Stahlplatte mit Aufnahmebolzen und senkrechtem Anschlag zur Erfassung des Stammdurchmessers und des Einsschlagpunktes des Geschosses am Baumstamm.



Auf die Vorrichtung aufgesetzter Stamm und angelegtem Messschieber mit Tiefenmaß. Das Erfassen der Werte war so präzise vom Anschlag aus möglich.

Es wurde zwischen Stamm und Anschlag hindurch geschossen. Im Bild unten ist der Versuchsaufbau durch die Einganglichtschranke hindurch zu erkennen.



Vor der zweiten Lichtschranke wurde eine Pappe (Pfeil) angebracht. Sie verhinderte, dass kleinere Holzsplitter ein Signal an der Lichtschranke erzeugten.

Um den Stamm auf Schusshöhe zu bringen, waren für den Versuch mit Büchsenmunition ursprünglich 3 Böcke gebaut worden. Die Verringerung der Stammlänge von 1,00 m auf 0,50 m und das Anbohren auf der Ober- und Unterseite des Stammes ermöglichten es, nur noch den großen Bock für die Versuche einzusetzen. Der kleinste wurde am Datenerfassungsplatz zur Positionierung des Bildschirmes eingesetzt.

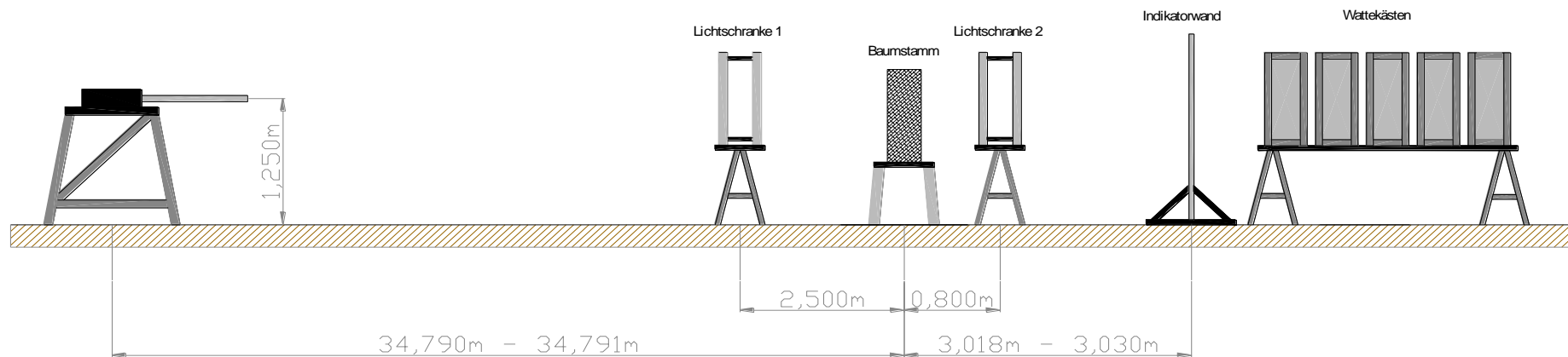


Durch den Einsatz von locker aufgehängten Wolldecken konnten auch stark abgelenkte FLG unversehrt aufgefangen werden.



Auf der nächsten Seite ist der Versuchsaufbau mit den entsprechenden Abstandsmaßen mittels CAD-Zeichnung dargestellt.

Versuchsaufbau Baumstamm - FLG



Auch in diesem Versuch wurde aus waagrecht stehender Kanone geschossen. Die Entfernung zur Lichtschranke 2 musste wegen größerer zu erwartender Ablenkung auf 0,80 m verkleinert werden, damit die Geschosse auch durch den Messrahmen fliegen und nicht seitlich austreten.

Unterschiede zwischen Medium Gebüsch und Medium Baumstamm

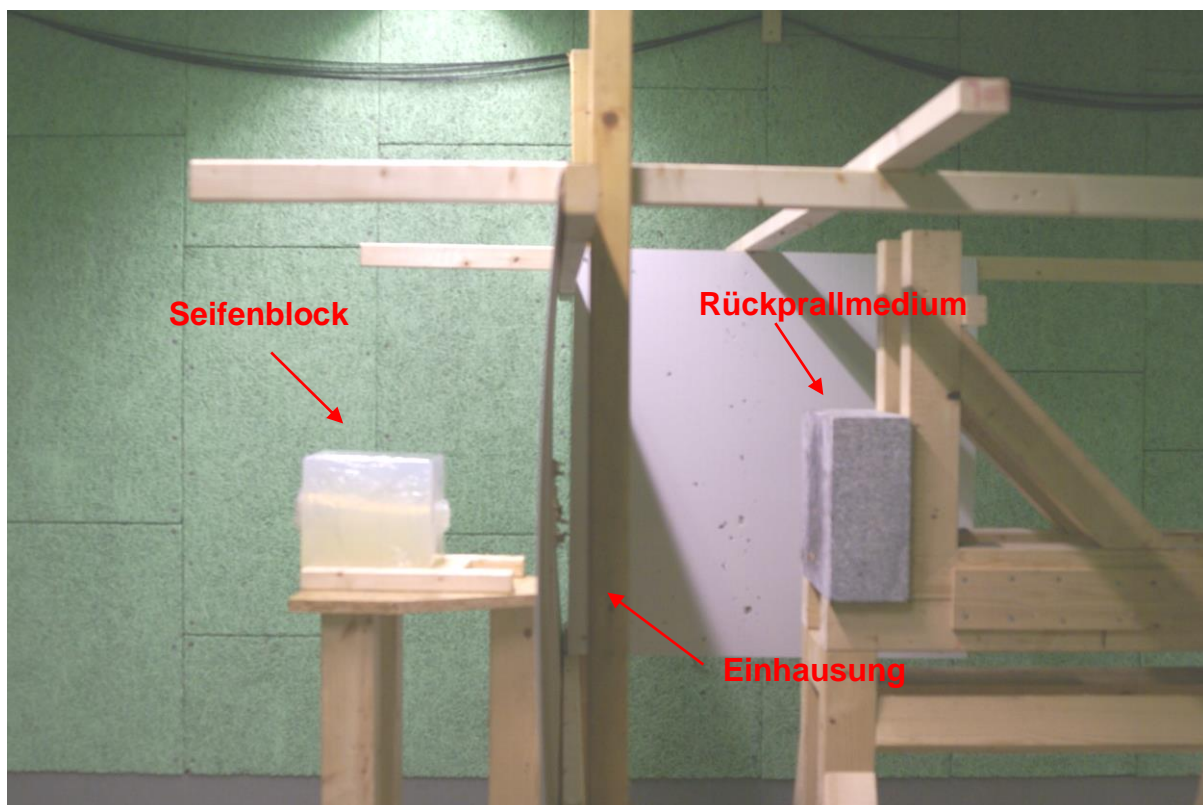
- Vergrößerung der Wattekisten von 0,6 m x 0,6 m auf 1,0 m x 1,0 m und Einsatz von Wolledecken als Geschossfang
- Festlegung der Schusswinkel von 10°, 15°, 25°, 45° und 90°
- 2,5° und 5° fallen raus, 45° und 90° werden mit geschossen

7.3 Rückpraller

Im Rückprallversuch sollte untersucht werden, ob und wie weit Geschosse nach dem Durchdringen eines Wildkörpers und nachfolgendem Auftreffen auf ein Prallmedium in Richtung des Schützen zurückprallen. Der Versuchsaufbau ist mit dem Rückprallversuch mit Büchsen geschossen identisch. Als Rückprallmedien dienten hier der Baumstamm und der Granitblock. Es wurden Baumstämme wie aus der vorherigen Untersuchung verwendet. Als Granitblock standen Blockstufen aus dem Baumarkt zur Verfügung. Die Abmaße waren: 500 mm x 350 mm x 150 mm mit einer Masse von je 50 kg.

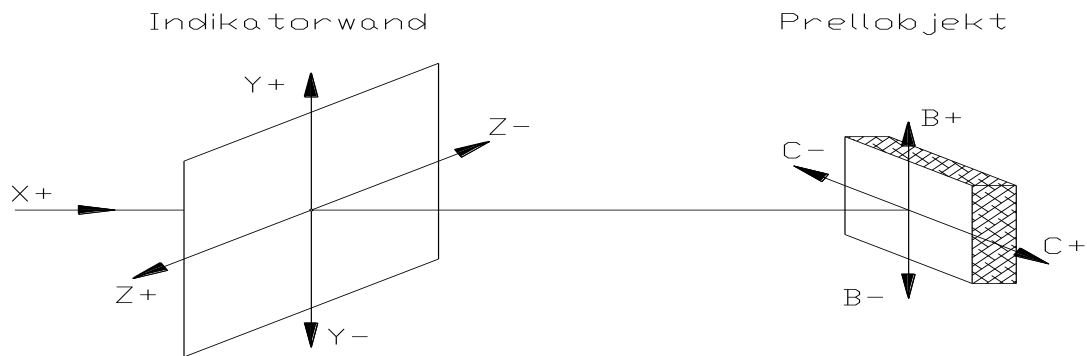
Der Wildkörper ist durch einen Seifenblock simuliert worden. Seine Maße waren wie folgt: 200 mm x 250 mm x 250 mm. Es war festgelegt, dass der Seifenblock in der 250er Länge beschossen werden sollte.

Um Koordinaten der rückprallenden Geschosse zu ermitteln, musste der gesamte Rückprallaufbau mit einer Einhausung nach vorne und zur Seite versehen werden. Im folgenden Bild ist der Aufbau im Querschnitt dargestellt, wobei zur besseren Darstellung eine Seitenwand entfernt wurde.



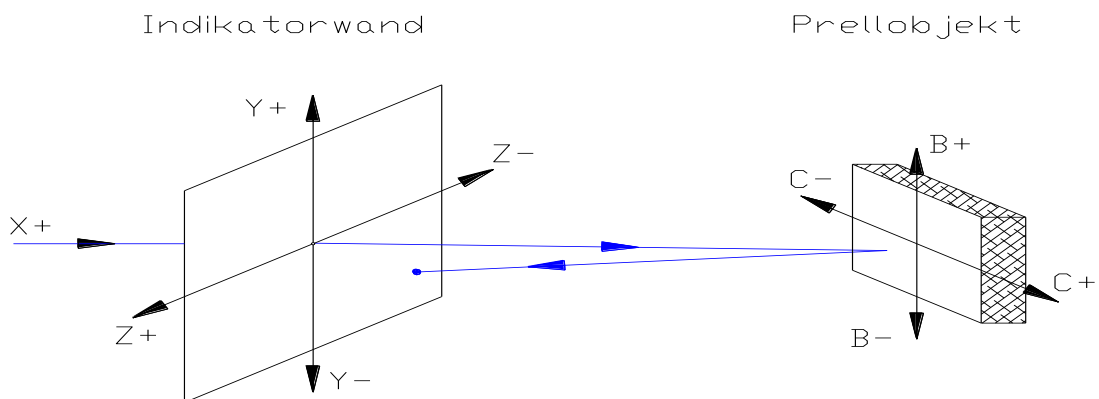
Damit machte sich auch ein Hilfskoordinatensystem erforderlich, um die Rückpraller eindeutig zu erfassen. Nach dem Schießen der Nulllinie wurde der Granitblock in die Schießebene eingerückt und der Nullpunkt mittels Laser übertragen.

In den folgenden Bildern ist die technische Umsetzung erläutert:



Die Indikatorwand erhielt auf der Innenseite das bislang verwendete Koordinatensystem ($x ; y ; z$) und das Rückprallmedium das Hilfskoordinatensystem ($a ; b ; c$).

Es wurden beim Schuss beide Treffpunkte tabellarisch erfasst, sowohl der Treffer am Stein/ Baumstamm als auch der Treffer auf der Indikatorwand.



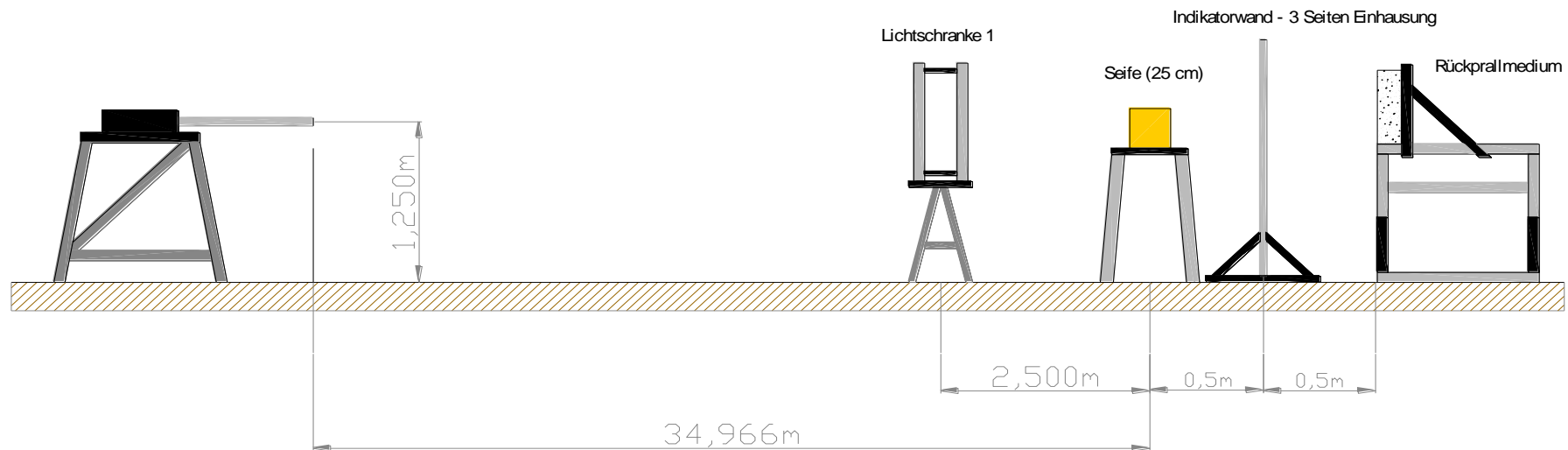
Auf den Granitblock wurde das Koordinatensystem übertragen.

Die für den Versuch notwendige Seife bezogen wir von der Firma Enzian-Seifen aus Metzingen, da der langjährige Lieferant, die Firma Permatin aus der Schweiz, ihre Produktion eingestellt hatte. Die Eigenschaften der Seife entsprachen annähernd der Spezifikation, wie sie auch bei früheren Versuchen eingesetzt worden ist.

Vor Versuchsbeginn wurde mit einem Luftgewehr ein Diabolo auf den Seifenblock abgefeuert. Das Diabolo muss eine Mündungsgeschwindigkeit von 300 m/s erreichen und eine definierte Strecke in der Seife zurücklegen. Alle Eindringtiefen wurden im Protokoll erfasst.

Im Vergleich mit der Seife aus der Schweiz wurden bei diesem Versuchsteil geringere Eindringtiefen (ca. 70 mm) beim Kontrollbeschuss mit dem Diabolo erreicht. Für eine direkte Vergleichbarkeit mit den Büchsen geschossen müsste ein zusätzlicher Faktor eingeführt werden.

Versuchsaufbau Rückpraller - FLG



Die Ermittlung der Rückprallgeschwindigkeit des Geschosses nach Durchdringung der Seife kann mit Lichtschrankentechnik nicht vorgenommen werden. Bedingt durch die Ablenkung der Geschosse in der Seife waren die Abstände von jeweils 50 cm zwischen Seife und Einhausung sowie Einhausung und Rückprallmedium einzuhalten.

7.4 Harter Boden

Vom Beschuss des Harten Bodens mit Büchsen geschossen wussten wir, dass dieses Vorhaben große Anforderungen an uns stellt. Es musste ein Weg im Jagdrevier nachgebildet werden, der sich zudem auch noch unter verschiedenen Winkeln beschießen ließ. Wir nutzten dazu die vorhandene Kiste mit Weichem Boden. Deren Maße waren:

Länge	-	3,00 m
Breite	-	1,00 m
Höhe	-	0,30 m.

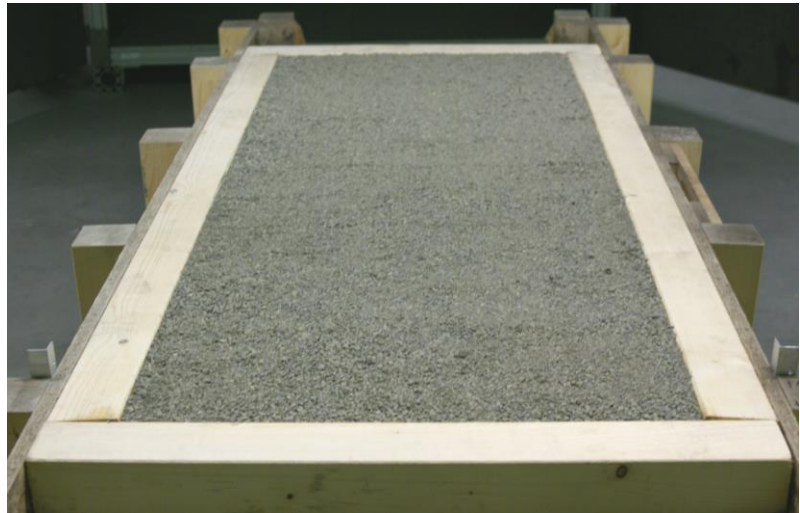
Diese wurde mit einem Rahmen aus gehobelten Balken (Querschnitt: 100 mm x 100 mm) verstärkt, um seitlichen Halt zu geben. Damit ergab sich eine Trefferfläche von: 2,00 m x 0,80 m. Sie stellte sich als absolut ausreichend für unsere Versuche heraus.

Der sich noch in der Kiste befindliche Waldboden musste auf einer Tiefe von 20 cm entfernt werden, damit schichtweise der Straßenbelag für eine wassergebundene Deckschicht eingebracht und verfestigt werden konnte. Dieser Belag bestand aus mehreren Schichten groben und einer Schicht feinerem Kies. Unter Zuhilfenahme von Wasser und einem schweren Metallstampfer stellten wir über einen Zeitraum von mehreren Wochen einen straßenähnlichen Aufbau her.



Kiste nach dem Einbringen und Verfestigen der letzten Schicht mit grobem Kies.

Fertiggestellte Kiste mit Deckschicht aus feinem Kies. Diese Konstruktion stellte sich als sehr stabil heraus.



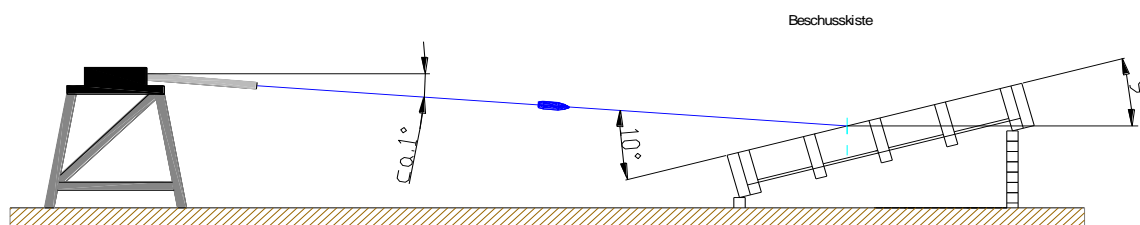
Damit hatte die Kiste eine Masse von ca. 2.000 kg erreicht und konnte mittels Hubwagen noch bewegt werden.

Ein weiteres Problem war die Einstellung des Auftreffwinkels. Dafür gibt es zwei Möglichkeiten:

- die Neigung der Kanone und deren Abstand zum Prellmedium zu verändern oder
- die gesamte Kiste zu neigen bei konstanter Schussentfernung.

Wir entschieden uns für eine Mischung aus beidem. Die Kanone wurde konstant um 1° geneigt und die Kiste um den jeweils notwendigen Komplementärwinkel. Das bedeutete, dass bei einem Auftreffwinkel von 10° die Kiste um 9° geneigt wurde.

Die zeichnerische Lösung sieht wie folgt aus:



Das nachfolgende Bild zeigt den Versuchsaufbau. Der Geschosssfang (Pfeil) ist schon an der Decke der RSA befestigt.



Beim Schießen ergaben sich weitere Probleme, für die Lösungen gefunden werden mussten. Mit der Vergrößerung des Auftreffwinkels vergrößerten sich auch die Abgangswinkel der Geschossreste. Ab einem Auftreffwinkel von 15° musste die Ausgangslichtschranke direkt auf der Beschusskiste befestigt werden, um die Abprallgeschwindigkeit erfassen zu können. Bei einer weiter hinten aufgebauten Lichtschranke wären die FLG-Reste nicht im Bereich des Messrahmens gewesen.

Das folgende Bild zeigt die um 15° geneigte Kiste mit der darauf befestigten Lichtschranke.



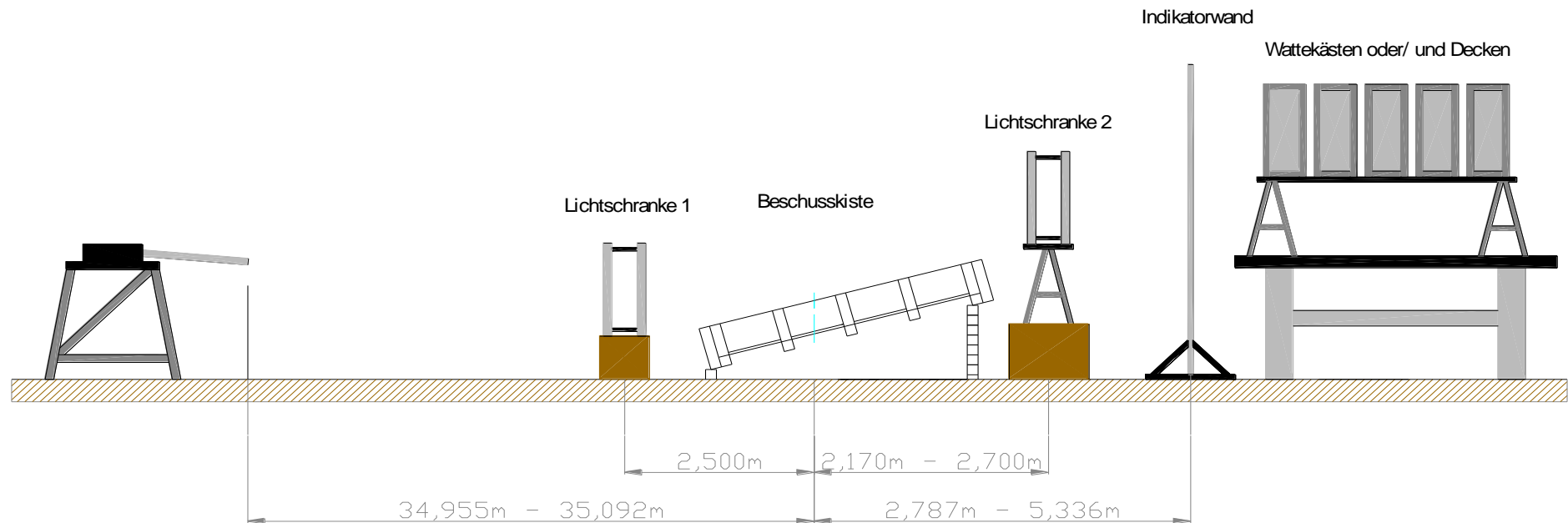
Alle Veränderungen im Aufbau, die auch eine neue Berechnungsgrundlage zur Folge hatten, wurden sorgfältig in den Protokollen dokumentiert.

Die zum Auffangen der Geschossreste benötigten Woldecken waren zu diesem Zeitpunkt schon an der Decke der Raumschießanlage befestigt. Damit war die Grenze des Machbaren erreicht, da die Gesamthöhe unserer RSA nur 2,65 m beträgt. Nach Rücksprache mit Dr. Kneubuehl wurden die Versuche mit einem Auftreffwinkel von 25° nicht mehr durchgeführt, weil neben der begrenzten Raumhöhe auch die Stabilität der geneigten Kiste (hintere Kistenhöhe an der Unterkante annähernd 1,30 m!) nicht mehr gewährleistet war. Nach Einschätzung von Dr. Kneubuehl und dem Berichtersteller hätte sich am Gesamtergebnis des Versuchs am Harten Boden durch das Schießen des 25° -Winkels nichts geändert.

Obwohl wir uns die Option auf Durchführung der Versuche in der RSA der Bundeswehrerprobungsstelle 91 in Meppen offen hielten, ist nach eingehender Diskussion aus mehreren Gründen darauf verzichtet worden. Ein Hauptgrund war der riesige Zeitaufwand von insgesamt 4 Wochen für die Vorbereitung, Durchführung und Nachbereitung. Damit verbunden sind große finanzielle Aufwendungen für den Transport der gesamten Ausrüstung von Altenbeken nach Meppen und zurück.

In der folgenden CAD-Zeichnung sind alle Abstandsmaße für den Versuch dargestellt.

Versuchsaufbau Harter Boden - FLG



Beim Schießen auf die Nulllinie entspricht der Auftreffwinkel dem voreingestellten Winkel aus Kistenneigung und Neigung der Kanone. Bei höherem oder tieferem Auftreffpunkt wurde der Winkel im Datenblatt jeweils neu berechnet.

7.5 Steinplatte

Im bereits durchgeführten Versuch mit Büchsenmunition wählten wir für den Beschuss dieses Mediums Granitplatten aus, die auf einer Seite geschliffen und auf der anderen Seite „geflammt“ sind (raue Oberfläche). Die raue Seite wurde dann im Versuch beschossen. Die Plattengröße war 600 mm x 300 mm x 30 mm ausreichend bei Winkeln ab 5°. Da bei einem Winkel von 2,5° die mögliche Zielhöhe bei einer Platte sehr gering war (26,2 mm), haben wir 2 Platten in Reihe positioniert. Dadurch stellten wir sicher, dass die FLG immer die Steinplatte treffen konnten.

In der Versuchsanordnung für Büchsen geschosse entschieden wir uns für eine senkrechte Lage der Platte. Da sich dieser Aufbau bewährt hatte, haben wir die gleiche Vorrichtung auch für den Versuch mit den FLG aufgebaut. Sie erlaubte ein wiederholgenaues Positionieren der Platte, das Einstellen des Winkels und eine variable Auflagenhöhe. Der Drehpunkt war durch ein Lot von der Decke als Fixpunkt eingerichtet, so dass nur der Aufnahmebalken zur Winkeländerung gedreht werden musste.

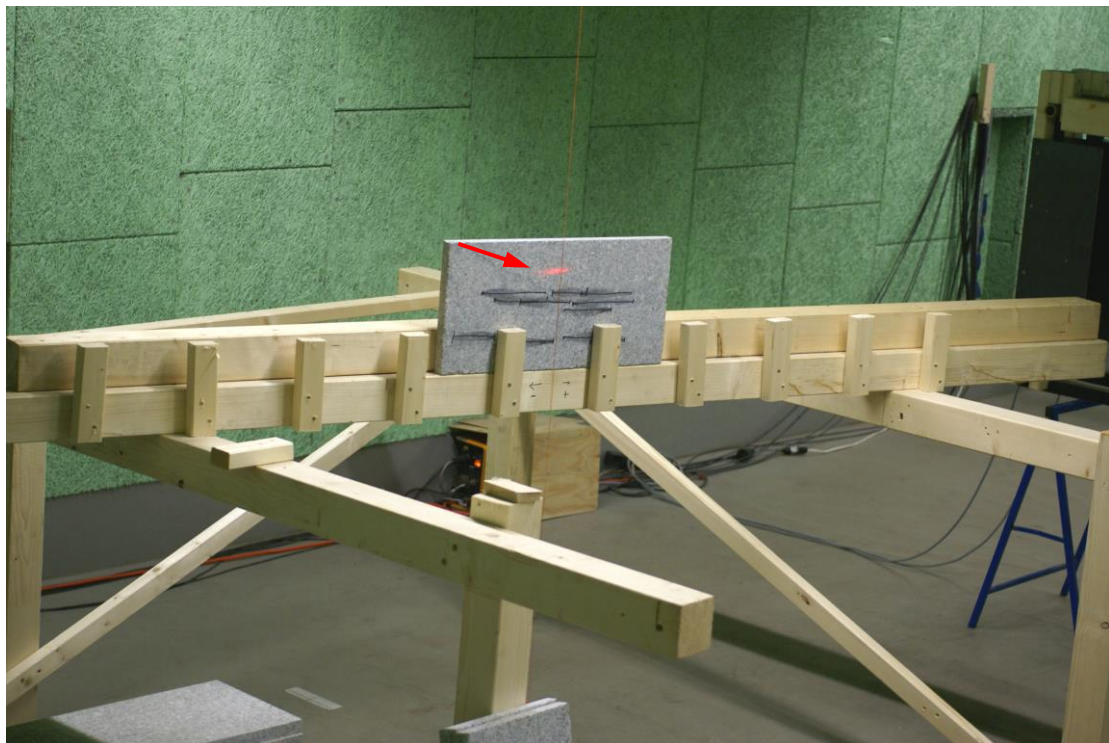
Die Kanone wurde waagrecht auf eine Höhe von 1,25 m ausgerichtet, um Fehlerwinkel so gering wie möglich zu halten.



Im Bild: 1 = Eingangslichtschranke
 2 = Steinplatte mit im Auftreffwinkel schräg gestelltem Balken
 3 = Ausgangslichtschranke
 4 = Indikatorwand
 5 = Geschossfangkästen

Da wir mit erheblichen Ablenkungen rechnen mussten, wurde die gesamte Technik linksseitig auf der RSA positioniert (siehe Bild vorherige Seite), um bei großen Abgangswinkeln die Geschosse noch auffangen zu können. Die Geschosfangkästen wurden schon in Abgangsrichtung positioniert.

Durch die Drehung der Steinplatte sowie das Unterlegen von Konstruktionsholz und das Verschieben in Längsrichtung war es möglich, die Steinplatte mehrfach zu beschießen.



Im Bild ist die unter dem Auftreffwinkel von 15° schräg gestellte Steinplatte mit der Unterkonstruktion zu sehen. Der Laser (Pfeil) ist auf dem Drehpunkt der Platte ausgerichtet (senkrecht Lot – sichtbar durch roten Faden in Plattenmitte). Damit ergaben sich keine zusätzlichen Winkelfehler.



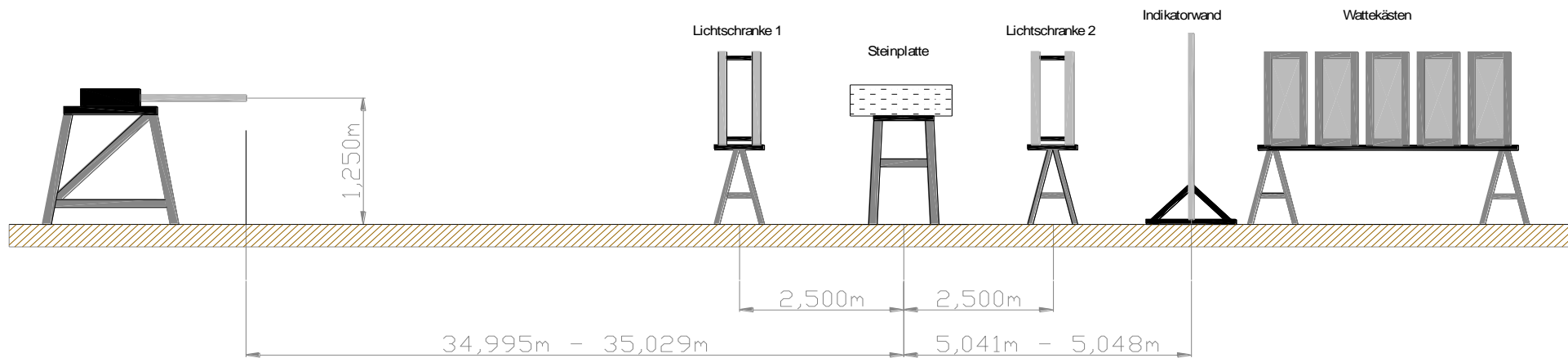
Die Striche auf der Platte kennzeichnen jeweils die Spurlänge (Anfangs- und Endpunkt).

Wenn es bei größeren Auftreffwinkeln zu Problemen und permanentem Zersplittern der Platten kam, wurden die Platten entweder durch eine zweite Platte unterstützt oder durch den Granitblock aus dem Rückprallversuch ersetzt.

Bei einem Auftreffwinkel von 25° bekamen einige der Steinplatten Risse oder teilten sich im Auftreffpunkt. So war nur ein Schuss pro Platte möglich. Deshalb wurde dieser Winkel mit allen Geschossen zum Abschluss des Versuches geschossen.

Nachfolgend ist der Versuchsaufbau beim Beschussmedium Steinplatte dargestellt.

Versuchsaufbau Steinplatte - FLG



7.6 Weicher Boden

Der Versuchsaufbau Weicher Boden gleicht grundsätzlich dem Versuchsaufbau Harter Boden. Lediglich die Kiste zur Aufnahme des Beschussmediums war auf Anraten von Dr. Kneubuehl von 2,50 m auf 3,00 m vergrößert worden, weil er mit einer „längeren Spur“ in diesem Medium rechnete. Das hat sich aber während der Versuche als unbegründet herausgestellt.

Da von den vorangegangenen Versuchen zur Ermittlung des Abprallverhaltens von Büchsen geschossen die Kiste mit dem Erdreich noch vorhanden war, konnten wir diese für die anstehenden Untersuchungen der FLG nutzen. Das folgende Bild zeigt die Kiste im zusammengebauten Zustand.



Der Pfeil kennzeichnet die Verbindungsstelle der OSB-Platten. Schichtweise wurde der Mutterboden aufgefüllt und mittels geringer Menge Wasser verfestigt bis knapp unter den Rand der Kiste. In der Kiste befanden sich 1,5 Tonnen Mutterboden.

Die Kiste stellten wir analog zum Versuchsaufbau Harter Boden auf den Fußboden der RSA und neigten diese durch Unterlegen von Holzbalken. Ebenso wurde der Lauf des Beschussbockes um 1° zum Boden hin geneigt. Der Auftreffwinkel des Geschosses ergab sich wie unter Punkt 7.4 beschrieben.

Die Eingangslichtschranke stand fast auf dem Fußboden, dahinter kamen die Kiste mit dem Weichen Boden, die Ausgangslichtschranke und die Indikatorwand mit den Wattekästen.



Auf die Laubschicht war schon in den Versuchen mit den Büchsen geschossen verzichtet worden, um eine bessere Auswertung der Schüsse und ein leichteres Auffinden der Geschosse zu erreichen. Mit dem Laub wäre ein Vermessen der Spurlänge des Geschosses nur sehr schwer möglich gewesen und ein eventueller Eintritt in den Boden könnte u.U. nicht bemerkt werden. Damit konnte am vorderen und hinteren Ende der Kiste das überstehende Kistenmaterial bis auf Höhe des verfestigten Waldbodens herausgesägt werden.

Die beiden nachfolgenden Bilder verdeutlichen den Aufbau unter einem Auftreffwinkel von $2,5^\circ$ und 15° .



Auftreffwinkel:
 $2,5^\circ$

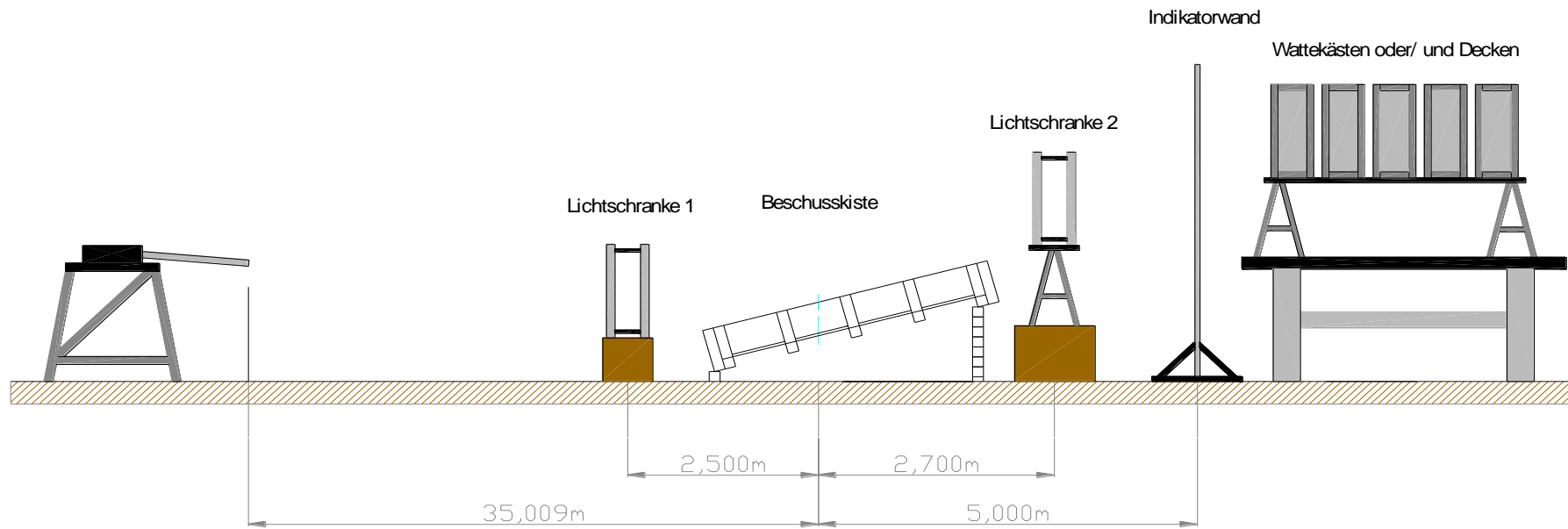


Auftreffwinkel:
 15°

Alle Veränderungen im Aufbau, die auch eine neue Berechnungsgrundlage zur Folge hatten, wurden sorgfältig in den Protokollen dokumentiert.

In der folgenden CAD-Zeichnung sind alle Abstandsmaße für den Versuch dargestellt.

Versuchsaufbau Weicher Boden - FLG



8. Ergebnisse

Im Folgenden werden die Ergebnisse dargestellt, die die DEVA während der Untersuchung in Text-, Tabellen- und Bildform gemacht hat. Sie stellen die vorbereitenden Bausteine für die Auswertung des Forschungsvorhabens durch den wissenschaftlichen Begutachter Dr. Beat Kneubuehl dar.

8.1 Gebüsch

Das Gebüsch wurde durch Buchenstäbe im Durchmesser von 12 mm dargestellt und beschossen. Die Ablenkungen waren auf Grund der Stoßgesetze gering.

Alle Werte wurden mit Kategorie 1 und 2 erzielt.

In folgender Tabelle sind die größten seitlichen Ablenkwinkel erfasst.

	A	B	C	D	E	F
Trefferart 1 [prom]	5,1	15,2	25,3	24,3	13,5	6,6
[°]	0,29	0,86	1,42	1,37	0,76	0,37
Trefferart 2 [prom]	11,8	-18,6	15,2	28,7	-21,9	0
[°]	0,66	-1,05	0,86	1,61	-1,23	0,00

Da eine seitliche Ablenkung nach rechts oder links im Koordinatensystem erfolgen kann, sind einige der Maximalwerte mit negativem Vorzeichen. Das bedeutet eine Ablenkung nach links.

Der Unterschied zwischen maximal erreichter Ablenkung bei bleihaltigen und bleifreien FLG ist sehr gering und beträgt 0,19°.

Besonders auffällig ist das bleifreie Geschoss F (Sauvestre), das im Mittelwert keinerlei Ablenkung bei Trefferart 2 aufweist. Als Ursache kommt hier die becherförmige Gestaltung der Geschosspitze in Betracht, weil diese das Material aus dem Stäbchen förmlich herausgestanzt hat.

Zusammenfassend ergibt sich, dass bei unseren Versuchen die FLG bei Trefferart 2 (bis zu 50 % des Stabquerschnittes wurden getroffen) die größten seitlichen Ablenkwinkel erreichten. Die Spannweite bewegt sich von -1,23° bis 1,61°. Der gesamte Ablenkbereich umfasst somit 2,84°.

Damit kann festgestellt werden, dass die FLG sich in Bezug auf die seitliche Ablenkung nicht wesentlich unterscheiden von den Büchsen geschossen.

Im Versuch mit den Büchsen geschossen war zu beobachten, dass die Geschosse, die den Stab links berührten, zumeist nach rechts oben ablenkten und die Geschosse, die den Stab rechts streiften, nach links unten abgelenkt wurden. So lagen die meisten Treffer im ersten und dritten Quadranten. Während des Versuches mit den FLG konnte dieses Verhalten nur in wenigen und unregelmäßig auftretenden Fällen beobachtet werden. Bei Treffern an der rechten Stabseite wurden die FLG auch in der Mehrzahl nach rechts abgelenkt. Als Erklärung ist hier die meist fehlende Drallstabilisierung anzuführen.

Bei Treffern der Kategorie 3 (über 50 % des Stabquerschnittes waren zerstört) kam es meist zu Ablenkungen, die nur innerhalb der Geschosse gewissen Gesetzmäßigkeiten unterlagen.

Trefferart 3	A	B	C	D	E	F
Ablenkung in der Höhe	negativ	positiv	positiv	überwiegend positiv	positiv	überwiegend positiv

Es kann festgestellt werden, dass jedes Geschoss für sich meist gleichmäßig reagierte und die Treffer nach der Ablenkung relativ eng beieinander lagen. Materialabhängige Unterschiede waren nicht auffällig.

Die Auswertung der Geschossrestmassen in Abhängigkeit der Trefferart ergab, dass es zwischen bleihaltigen und bleifreien Geschossen im Mittel keine nennenswerten Unterschiede beim Beschuss des Mediums Gebüsch gibt. Allerdings ist in der Beschaffenheit des Mediums selbst und in den geringen verdrängten Massen gegenüber der Geschossmasse die Ursache dafür zu finden.

	A	B	C	D	E	F
Trefferart 1 [%]	99,9	94,1	100,0	99,9	100,0	97,1
Trefferart 2 [%]	99,6	95,0	93,0	100,0	100,0	91,8

Alle Geschosse verhielten sich am Gebüsch massestabil. Die Deformationen am Geschosskörper waren sehr gering. Beispielhaft sollen nachfolgend von jedem FLG jeweils eines aus Trefferkategorie 2 aufgeführt werden.



Bei den bleihaltigen Geschossen ist eine Verformung an den Auftreffstellen festzustellen. Beim „Original- Brenneke“ (A) fehlt die Schlusscheibe und das „Sauvestre“ (C) ist schon relativ stark verbogen.



Das „steifere“ Material der bleifreien FLG trägt zu einer geringeren Verformungsbereitschaft bei. Anbauteile wie das Leitwerk des „Sauvestre sans plomb“ (F) brechen fast regelmäßig ab.

8.2 Baumstamm

Das Medium Baumstamm war schon mit Büchsenmunition sehr aufwändig zu schießen. Zwei Veränderungen, die sich in den damaligen Versuchen bewährt hatten, wurden wieder in der Versuchsplanung berücksichtigt. Diese sind:

- die Änderung der zu schießenden Winkel – Streichung von $2,5^\circ$ und 5° und Hinzunahme von 45° und 90° und
- die Schaffung eines Toleranzfeldes von $\pm 2,5^\circ$ um den Auftreffwinkel.

Trotzdem blieb das größte Problem immer das Treffen des Baumstammes unter einem vorgegebenen Winkel. Die Auftreffwinkel von 10° und 15° zu erreichen, unter Berücksichtigung der Eigenpräzision des Beschusslaufes und der Streuung des Lasers auf eine Entfernung von 35 m, war oft eine Herausforderung. Am meisten sorgte die wesentlich schlechtere Präzision des FLG für eine deutliche Erhöhung der notwendigen Schüsse. Nachfolgendes Beispiel zur Erläuterung:

Um einen Auftreffwinkel von 10° zu realisieren, durfte der Baumstamm vom Geschoss nur bis ca. 2 mm Tiefe an der Rinde getroffen werden. Bei einem Streukreis des Laufes von mehreren Zentimetern waren so bei einer Anzahl von 23 auswertbaren Schüssen beim „Brenneke Super Sabot“ insgesamt 87 Schüsse notwendig. Das ist mehr als das 3,5-fache.

Selbst bei genauester Ausrichtung des Lasers am Baumstamm kam dann noch eine weitere Komponente hinzu - die natürlich gewachsene Oberfläche (Rinde) des Baumes. Auch sie begünstigte oder verhinderte einen vorher genau definierten Treffpunkt.

Das Auffangen der abgeprallten Geschossreste stellte sich in gleichem Maße schwierig dar. Erst mit einer Kombination aus Woldecken und Geschossfangkästen konnten befriedigende Ergebnisse erzielt werden. Beschädigungen der Raumschießanlage waren durch unvorhergesehene Abpraller nicht zu vermeiden.

Spuren/Aufrisse am Baumstamm

Die am Baumstamm verursachten Beschädigungen lassen einen Rückschluss auf den möglichen Auftreffwinkel zu. Der Geschossaufbau und das verwendete Material spielen eine eher untergeordnete Rolle. Anhand folgender Beispiele soll dies verdeutlicht werden:

Auftreffwinkel: 10°

Die Geschosspur ist nur sehr schwach zu erkennen (Pfeil).



Auftreffwinkel: 15°



Auftreffwinkel: 25°



Bei einem Auftreffwinkel von 45° verblieben die FLG bis auf wenige Ausnahmen im Baumstamm. Beim senkrechten Beschuss des Stammes (90°) ist kein FLG ausgetreten.

Die Geschosse verhielten sich bei einem Auftreffwinkel von 45 ° wie folgt:

Geschoss A: bei 4 von 5 Schüssen - Steckschuss
Geschoss B: bei 5 von 5 Schüssen - Steckschuss
Geschoss C: bei 4 von 5 Schüssen - Steckschuss
Geschoss D: bei 5 von 5 Schüssen - Steckschuss
Geschoss E: bei 5 von 5 Schüssen - Steckschuss
Geschoss F: bei 5 von 5 Schüssen - Steckschuss

Bei einem Auftreffwinkel von 90° konnte kein einziger Durchschuss registriert werden.

Geschossmassen

Die Festlegung aus dem ersten Versuchsteil, dass ein Versuch beendet wird, wenn die Geschossmasse dauerhaft unter 50 % der Ausgangsmasse sinkt, wurde auch für die Versuchsreihe mit den FLG beibehalten.

Es ergaben sich folgende auftreffwinkelbezogene mittlere Geschossmassen:

Auftreffwinkel	A	B	C	D	E	F
10°	91,9	88,3	100,0	100,0	100,0	99,0
15°	99,2	91,5	94,6	100,0	100,0	97,1
25°	89,3	90,3	67,3	95,1	100,0	98,7
45°	74,8*	-	71,3*	-	-	100,0*
90°	-	-	-	-	-	-

* Die Minimalanzahl von 5 auswertbaren Schüssen wurde nicht erreicht.

Die Tabelle zeigt, dass die bleifreien Geschosse am Baumstamm massestabiler abprallen als bleihaltige.

Ab einem Auftreffwinkel von 45° ist die Wahrscheinlichkeit eines Steckschusses sehr groß.

Maximale seitliche Ablenkwinkel

Die folgende Tabelle zeigt die während der Versuche am Baumstamm festgestellten maximalen Ablenkwinkel (in Grad) zur Seite.

Auftreffwinkel	A	B	C	D	E	F
10°	3,9	3,1	2,2	2,6	5,8	0,2
15°	15,2	6,2	5,8	10,9	5,8	1,9
25°	28,8	10,8	9,8	15,1	11,1	2,6
45°	19,6*	-	-3,4*	-	-	12,5*
90°	-	-	-	-	-	-

* Die Minimalanzahl von 5 auswertbaren Schüssen wurde nicht erreicht.

Eine seitliche Ablenkung kann nach rechts oder links im Koordinatensystem erfolgen. Ein Maximalwert mit negativem Vorzeichen bedeutet eine Ablenkung nach links.

Der Unterschied zwischen maximal erreichter Ablenkung bei bleihaltigen und bleifreien FLG ist gering und beträgt 4,5°.

Besonders auffällig ist das bleifreie Geschoss F („Sauvestre“), das die geringsten Werte für eine seitliche Ablenkung aufweist. Lediglich die Ablenkung bei einem Auftreffwinkel von 45° ordnet sich in den Bereich der anderen ein.

Die Ablenkung des bleihaltigen Geschosses A („Original Brenneke“) ist mit 19,6° bei einem Auftreffwinkel von 45° am größten.

Die Spannweite bewegt sich von -3,4° bis 19,6°. Der gesamte Ablenkbereich umfasst somit 23,0°.

Geschossdeformationen

Die Geschossdeformationen ließen in vielen Fällen Rückschlüsse auf einen möglichen Auftreffwinkel zu. Damit könnten bei Untersuchungen zu Unfallhergängen wichtige Indizien gewonnen werden, aus welcher Richtung ein möglicher Schuss abgegeben worden ist. Es wurden beispielhaft für jeden Winkel die nachfolgenden FLG ausgewählt:

Geschoss A:

Baum-
stamm
35 m
 $\alpha =$
12 / 70
A
31



10°

Baum-
stamm
35 m
 $\alpha =$
12 / 70
A
20



15°

Baum-
stamm
35 m
 $\alpha =$
12 / 70
A
7



25°

Baum-
stamm
35 m
 $\alpha =$
12 / 70
A
29



45°

Geschoss B:



10°



15°



25°

Geschoss C:



10°



15°



25°



45°

Geschoss D:



10°



15°



25°

Geschoss E:



10°

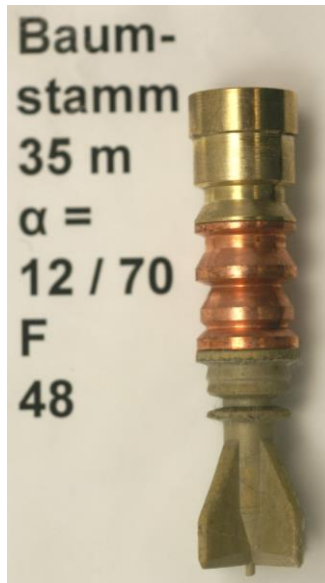


15°



25°

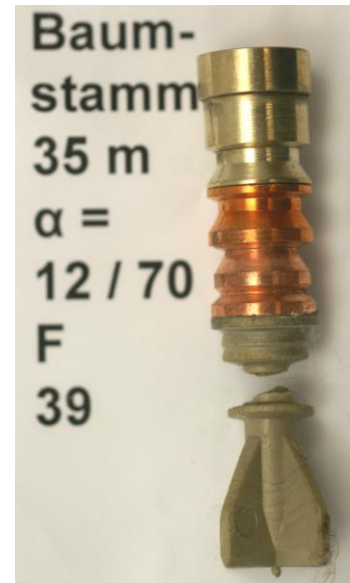
Geschoss F:



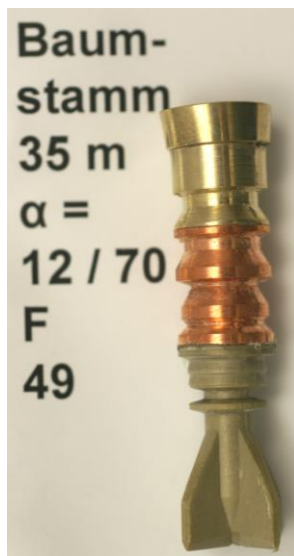
10°



15°



25°



45°

Beim Versuch Baumstamm übte das Prellmedium auf Grund seiner Natürlichkeit spürbaren Einfluss auf die auftreffenden Geschosse aus. Bei der Differenzierung von bleihaltigen und bleifreien Geschossen muss erwähnt werden, dass form- und konstruktionsabhängige Unterschiede einen Einfluss auf das Ablenkverhalten haben. Die Verformungsbereitschaft bei bleifreien Geschossen ist am Baumstamm gering.

8.3 Rückpraller

Um die gleich bleibende Beschaffenheit der Seifenblöcke für die Untersuchung zu überprüfen und zu gewährleisten, wurde vor dem Beschuss mit einem Luftgewehr (mit einer Mündungsgeschwindigkeit von 300 m/s) aus Nahdistanz auf den Block geschossen. Die gemessene Eindringtiefe sollte sich nach Angaben von Dr. Kneubuehl in einem Bereich von 90 mm \pm 10 mm bewegen. In unseren gesamten Versuchen wurden Tiefen von 62 mm bis 73 mm erreicht. Das liegt unter den Werten, die von Dr. Kneubuehl ermittelt worden sind. Die Gründe liegen im neuen Hersteller, früher Firma Permatin (CH) – heute Firma Enzian-Seifen (Dt.) und in der Art der Herstellung. Wurden von der Firma Permatin die Beschussblöcke (25 cm x 25 cm x 40 cm) aus einem großen Block herausgeschnitten, so stellt die Firma Enzian-Seifen jeden Beschussblock einzeln her. Die Herstellung der Blöcke nach dem Verfahren der Firma Permatin erlaubte die Zugabe einer größeren Menge an flüchtigen Stoffen. Damit werden beim Beschuss mit dem Prüfdiabolo auch größere Eindringtiefen erreicht. Da alle Versuche mit den Flintengeschossen mit einer einheitlichen Charge an Seife geschossen wurden, spielt die Prüfgröße eine untergeordnete Rolle. Sie muss erst berücksichtigt werden, wenn eine Vergleichbarkeit mit anderen Seifenbeschüssen hergestellt werden soll. Ein Umrechnungsfaktor berücksichtigt dann die andere unterschiedliche Konsistenz der Blöcke.

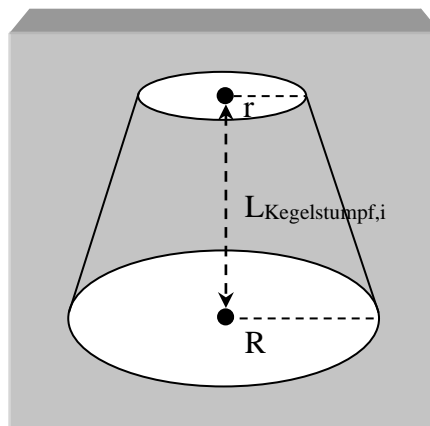
Die im Vorfeld durchgeführte Energieermittlung der Geschosse nach Austritt aus der Seife ergab folgende durchschnittlichen Werte:

	Restmasse	Restgeschwindigkeit	Restenergie
Geschoss	(%)	(m/s)	(J)
A	98,6	129,3	268,7
B	99,0	156,3	403,7
C	67,3	207,3	370,0
D	95,9	181,3	502,3
E	100,0	88,0	110,7
F	99,8	161,3	257,0

Die Restenergie und die Geschosswirksamkeit (Energieabgabe pro Zentimeter Eindringtiefe in der Seife) wurden nach einem Verfahren ermittelt, welches die DEVA schon in vorangegangenen Forschungsvorhaben zum „Abprallverhalten von Büchsenmunition“ angewandt hat. Aus Gründen der Nachvollziehbarkeit nachfolgend nochmals die Beschreibung des Ablaufs:

1. Der beschossene Seifenblock wird mittig im Schusskanal aufgeschnitten, beschriftet und fotografiert.
2. Zur Auswertung wird der Anfang und das Ende definiert, weil durch den Ein- und Austritt des Geschosses Aufbauchungen in diesen Bereichen entstehen.
3. Das Volumen wird mit einer Bildbearbeitungssoftware vermessen. Dies geschieht durch Einteilung des Hohlraumes in einzelne, dünne Kegelstumpfabschnitte, deren Volumen sich durch die nachfolgende mathematische Beziehung berechnet:
- 4.

$$V_{Kegelstumpf,i} = \frac{L_{Kegelstumpf,i} \cdot \pi}{3} (r^2 + rR + R^2) \quad [cm^3]$$



Der durch den Beschuss entstandene Hohlraum berechnet sich somit durch Aufsummierung der Volumina der einzelnen Kegelstümpfe, die zusammen den Schusskanal bilden.

$$V_{Schusskanal} = \sum_{i=1}^n V_{Kegelstumpf(i)} \quad [cm^3]$$

Das abgefeuerte Geschoss mit der Masse m erreicht den Seifenblock mit der Zielgeschwindigkeit v_{Ziel} und der daraus resultierenden Zielenergie E_{Ziel} , die sich berechnet nach:

$$E_{Ziel} = \frac{1}{2000} m \cdot v_{Ziel}^2 \quad [J]$$

Analog dazu berechnet sich die Restenergie des Geschosses E_{Rest} mit der Restmasse m_R und der Geschwindigkeit v_{Rest} beim Austritt aus dem Seifenblock zu:

$$E_{Rest} = \frac{1}{2000} m_R v_{Rest}^2 \quad [J]$$

Die an den Seifenblock abgegebene Energie E_{ab} ergibt sich aus:

$$E_{ab} = E_{Ziel} - E_{Rest} \quad [J]$$

Die gesamten Protokolle befinden sich im Anhang.

8.3.1 Rückpraller am Baumstamm

Die Vorgabe für diesen Versuch lautete, dass das Geschoss nach dem Durchdringen des Seifenblockes möglichst senkrecht auf den Baumstamm auftreffen sollte, um dann einen Rückpraller zu simulieren. Die Ergebnisse sind in nachfolgender Tabelle zusammengefasst:

Baumstamm			
Geschoss	Ausgangsmasse [g]	Geschossrestmasse [g]	Rückprallweite [m]
A	31,28	Steckschuss	0,0
B	32,56	Steckschuss	0,0
C	25,51	Steckschuss	0,0
D	31,77	Steckschuss	0,0
E	28,27	Steckschuss	0,0
F	19,75	Steckschuss	0,0

Nach der Durchführung dieser Versuchseinheit stellten wir fest, dass:

- **kein Geschoss am Baumstamm zurückgeprallt ist und**
- **alle Projektile oder ihre Reste im Baumstamm stecken geblieben sind.**

8.3.2 Rückpraller am Stein

Im Gegensatz zum Medium Baumstamm konnten hier zwar reale Rückpraller verzeichnet werden, jedoch lediglich bei einer Geschosskonstruktion. Nachfolgend sind die Ergebnisse zusammengefasst:

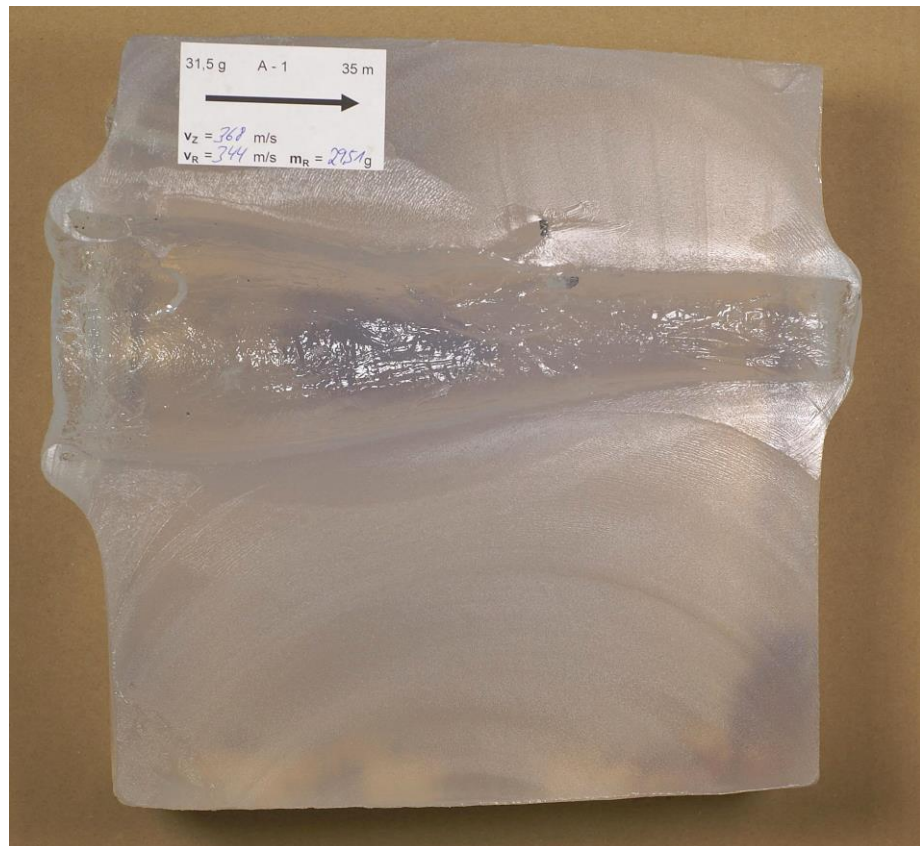
- Geschoss A: verliert kaum Masse nach dem Aufprall und erzeugt keine Abpraller.
 Geschoss B: zerplatzt auf dem Stein und hinterlässt kleinste Splitter.
 Geschoss C: zerplatzt auf dem Stein und hinterlässt kleinste Splitter.
 Geschoss D: erzeugte rückprallende Geschossrestkörper - zwei Restkörper von 23,65 g und 26,92 g durchschlagen die Pappe der Einhausung. Ein großer Restkörper erreicht eine Entfernung von 10,0m zur Indikatorwand.
 Geschoss E: Restkörper vorhanden, aber nur Splitter durchschlagen die Einhausung
 Geschoss F: Restkörper vorhanden, aber nur Splitter durchschlagen die Einhausung

In der nachfolgenden Tabelle sind die Geschossrestmassen angegeben und die größte erreichte Entfernung zur Indikatorwand:

Stein			
Geschoss	Ausgangsmasse [g]	Geschossrestmasse [g]	Entfernung des Geschossrestes zur Indikatorwand [m]
A	31,28	28,57 - 30,12	bis 1,0 (Splitter)
B	32,56	5,54 - 10,61	keine feststellbar
C	25,51	2,35 – 2,92	bis 2,0 (Splitter)
D	31,77	16,62 - 26,92	bis 10,0
E	28,27	28,37 – 28,41	0,20
F	19,75	17,83 – 19,48	0,35

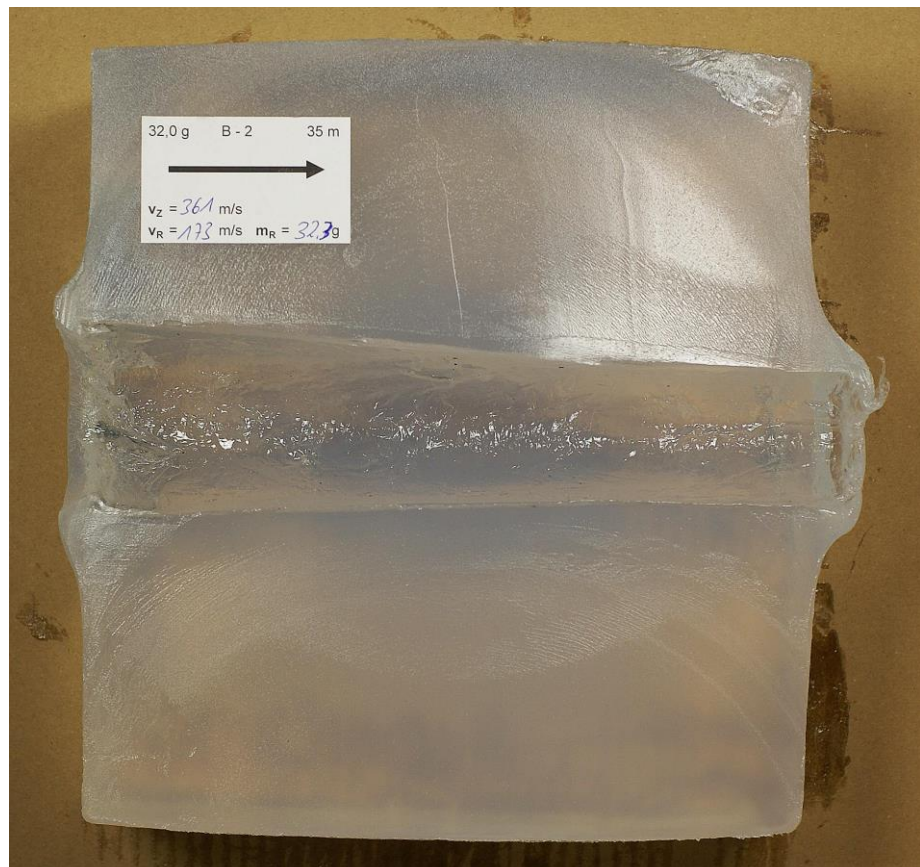
In den folgenden Abbildungen sind zum Vergleich die Geschosskavernen dargestellt. Der Einschuss ist immer auf der linken Seite, der Geschossaustritt rechts.

Geschoss A:

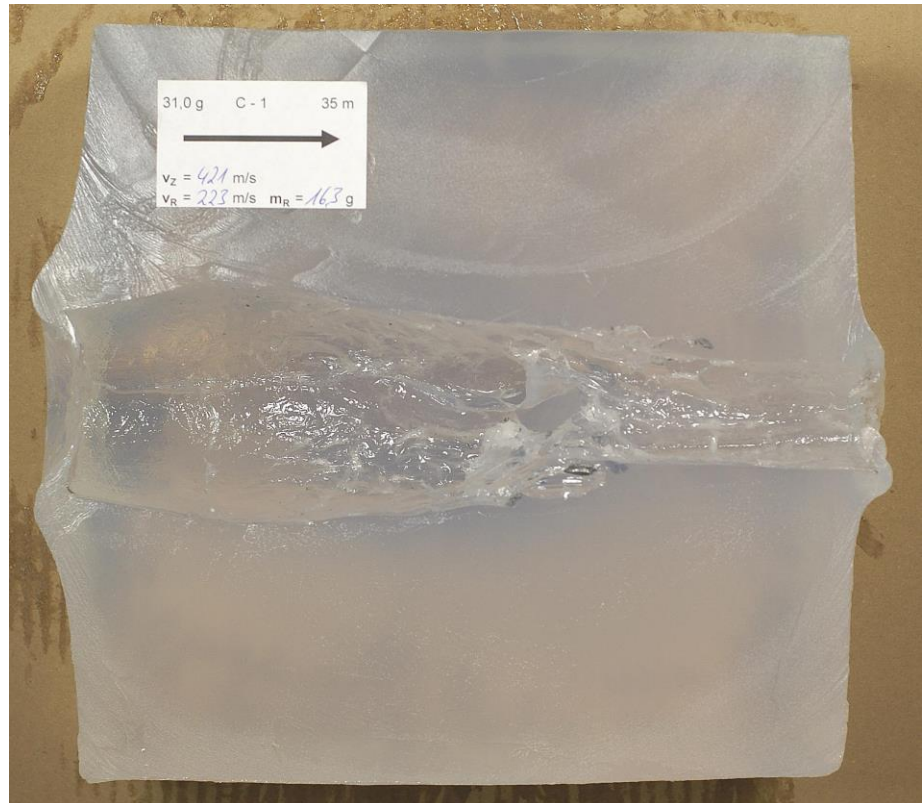


Hinweis auf Beschriftung:
 v_R ist nicht 344m/s,
 sondern 148 m/s.

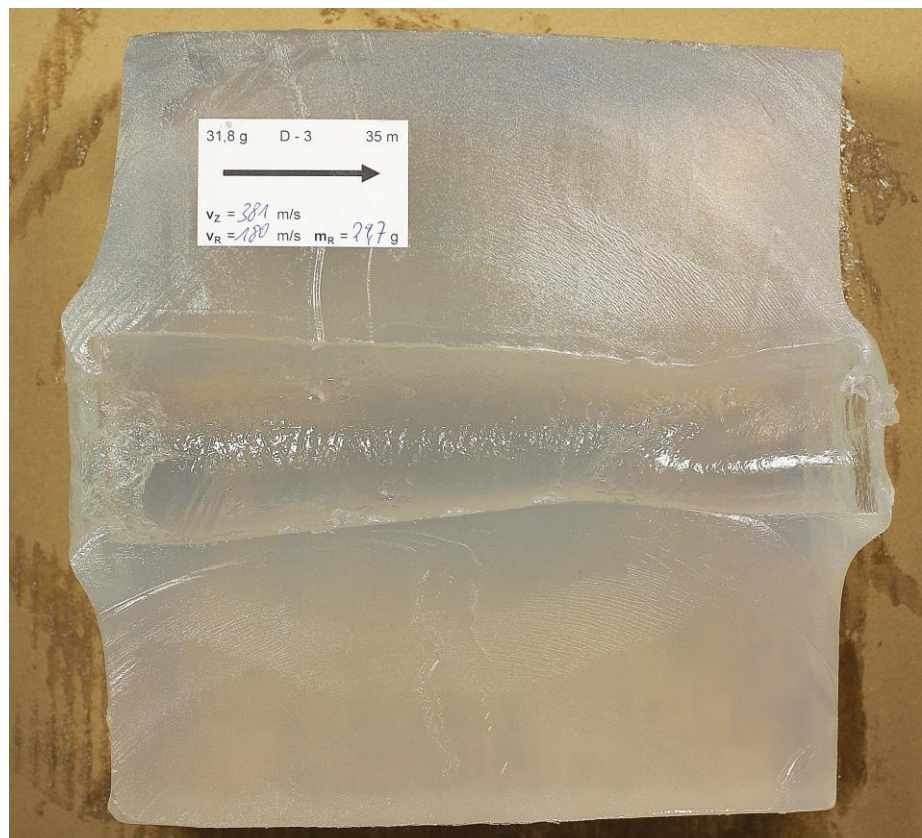
Geschoss B:



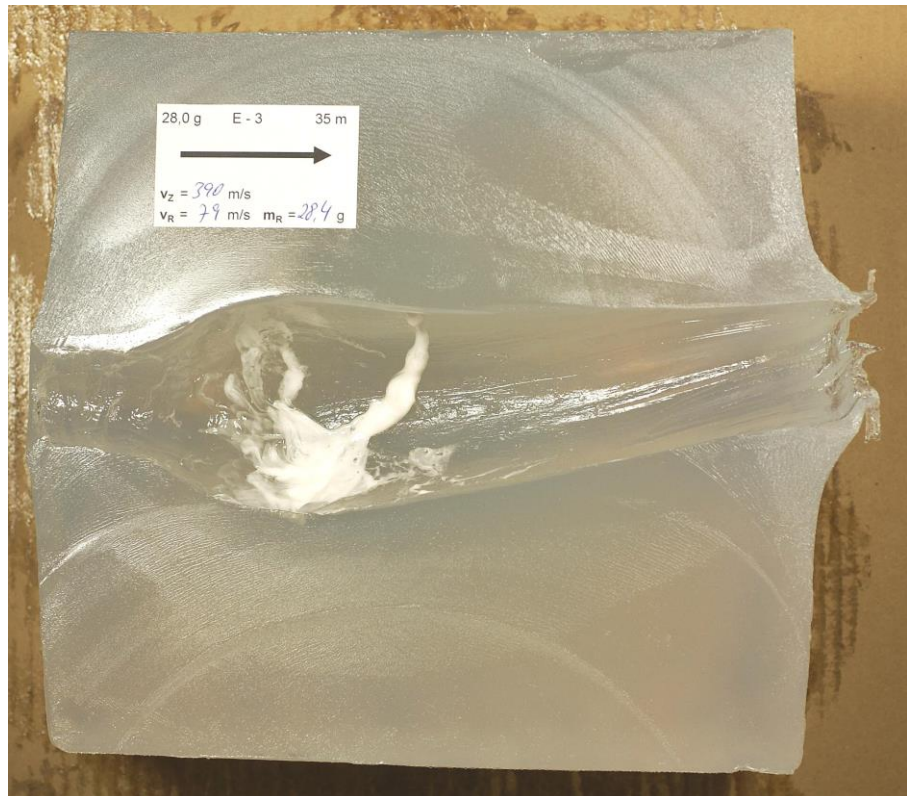
Geschoss C:



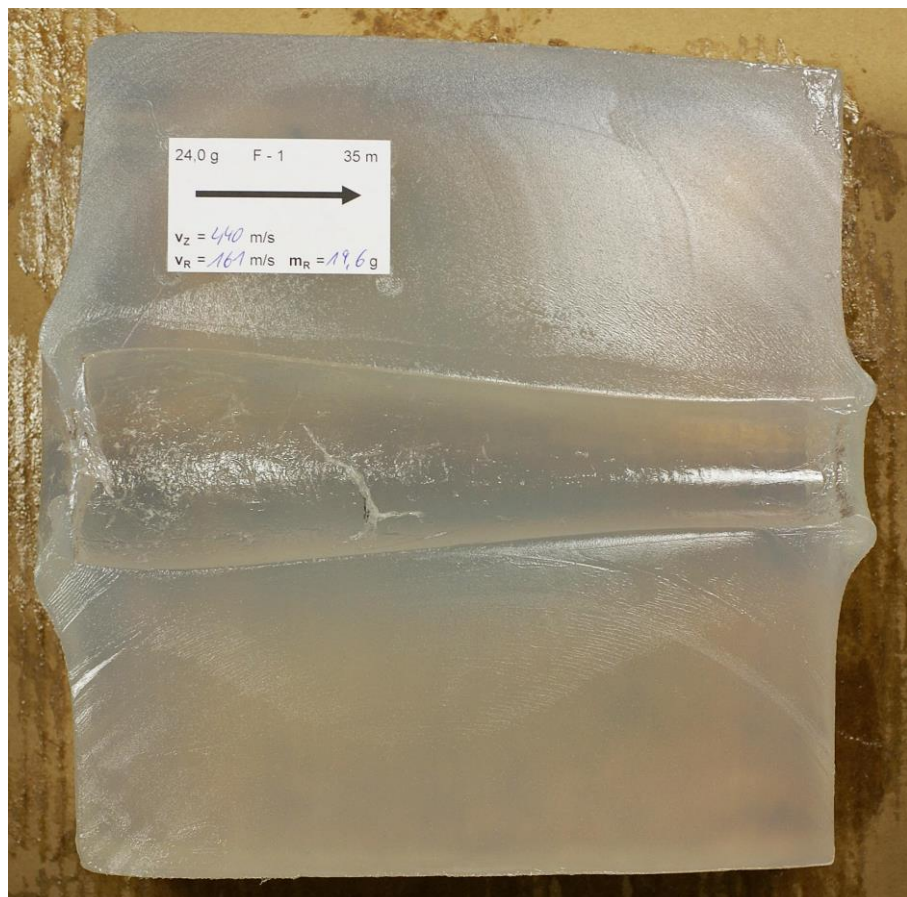
Geschoss D:



Geschoss E:



Geschoss F:



Alle Aufnahmen sind etwa im selben Maßstab. Damit sind die Unterschiede in der Größe der Wundkavernen ersichtlich und lassen auch Schlussfolgerungen zur Energieabgabe zu.

Nachfolgend sind die Geschossreste nach dem Aufprall auf den Stein anhand eines Beispiels pro Geschoss aufgeführt.

Geschoss A:



Geschoss B:



Geschoss C:



Geschoss D:



Geschoss E:



Geschoss F:



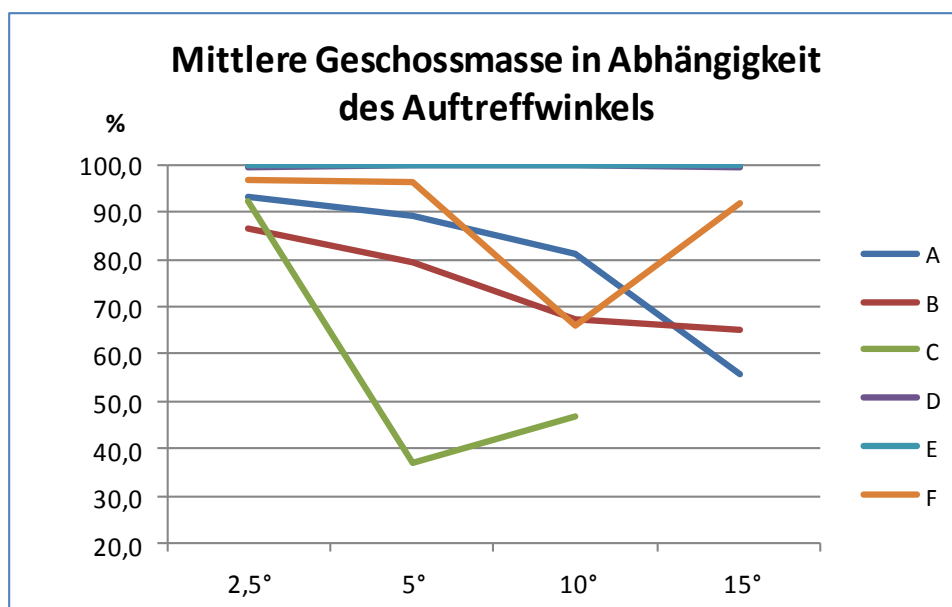
8.4 Harter Boden

Wie in den gedanklichen Vorbereitungen schon erwartet, war das Medium Harter Boden oder Naturweg schwierig zu schießen. Es gab Probleme mit der Erfassung der Abgangsgeschwindigkeit und es stellte sich als richtig heraus, dass im Vorfeld die Schussanzahl auf mindestens 5 auswertbare Schüsse festgelegt wurde. So war sichergestellt, dass alle Werte für die Winkel von 2,5° bis 15° vorhanden sind.

Die Höhe der RSA erlaubte keinen Umbau auf 25°, so dass nach Rücksprache mit Dr. Kneubuehl dieser Winkel aus dem Versuchsprogramm heraus genommen wurde.

Wir verzeichneten große Ablagen auf kürzeste Entfernungen. Bei einem Auftreffwinkel von 10° befestigen wir deshalb die Geschossfangkonstruktion an der Decke der RSA.

Ein wesentlicher Aspekt bei der Ergebnisbetrachtung ist die Geschossmasse in Abhängigkeit des Auftreffwinkels. Sie wird im Diagramm unten dargestellt.

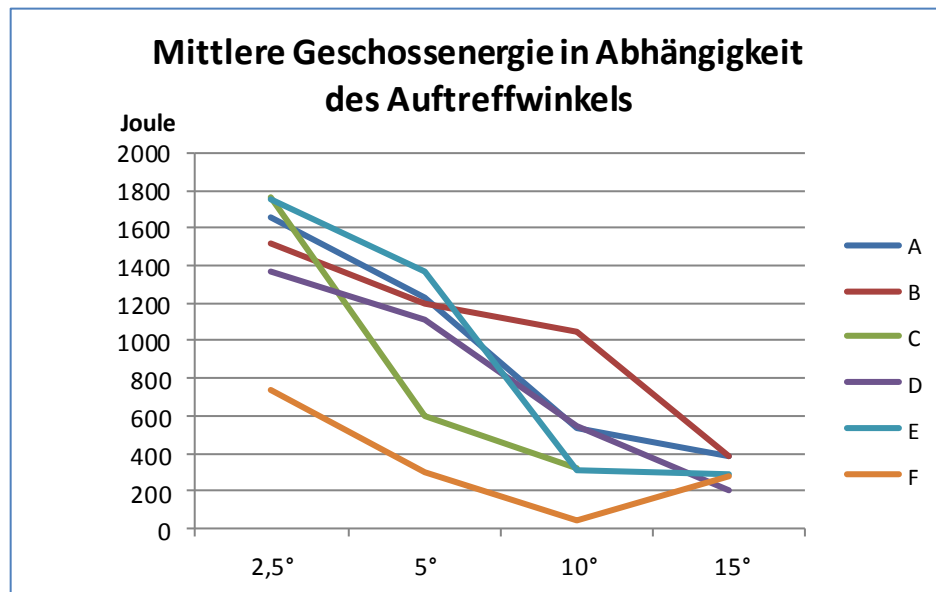


Auffällig ist der Anstieg der Geschossmasse bei den Sauvestre-Geschossen. Es betrifft sowohl die bleihaltige (C – ab 5°) wie auch die bleifreie (F - ab 10°) Geschosskonstruktion.

Bei den bleifreien Geschossen D und E ist ein nahezu 100 %iger Massenerhalt zu verzeichnen.

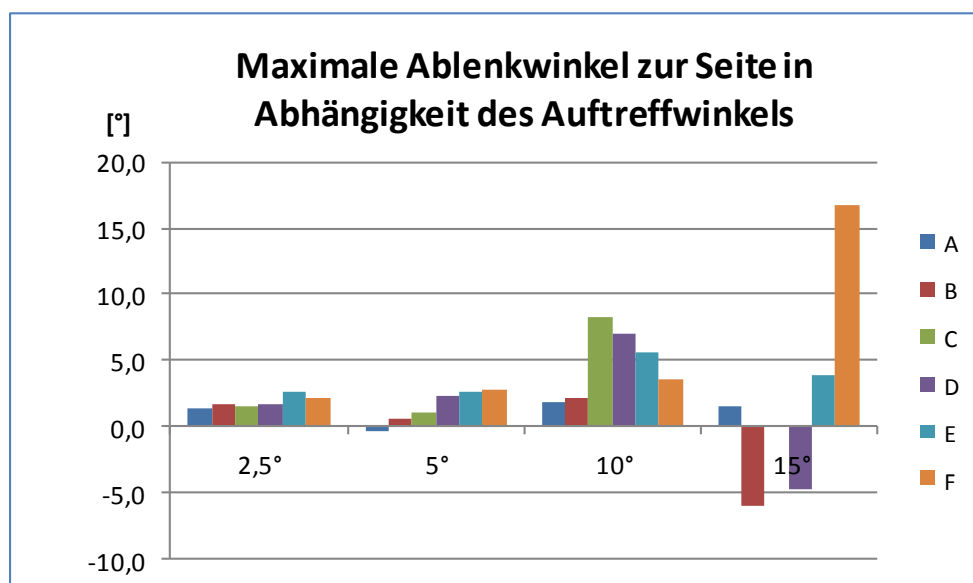
Allgemein ist der Masseerhalt mit über 55 % bis zum Auftreffwinkel von 15° sehr hoch. Eine Ausnahme bildete das bleihaltige Sauvestre (C), das schon bei einem Auftreffwinkel von 5° eine Restmasse von weniger als 50 % aufwies.

Eine weitere Betrachtung ist dem Energieverlauf in Abhängigkeit des Auftreffwinkels gewidmet, die im nachfolgenden Diagramm dargestellt ist.



Einen auffällig abweichenden Verlauf haben wieder die beiden Sauvestre-Geschosse (C und F). Alle anderen sind relativ konstant im Energieabfall bei zunehmendem Auftreffwinkel. Ebenfalls auffällig ist, dass alle Geschosse eine nahezu gleiche Restenergie bei einem Auftreffwinkel von 15° haben.

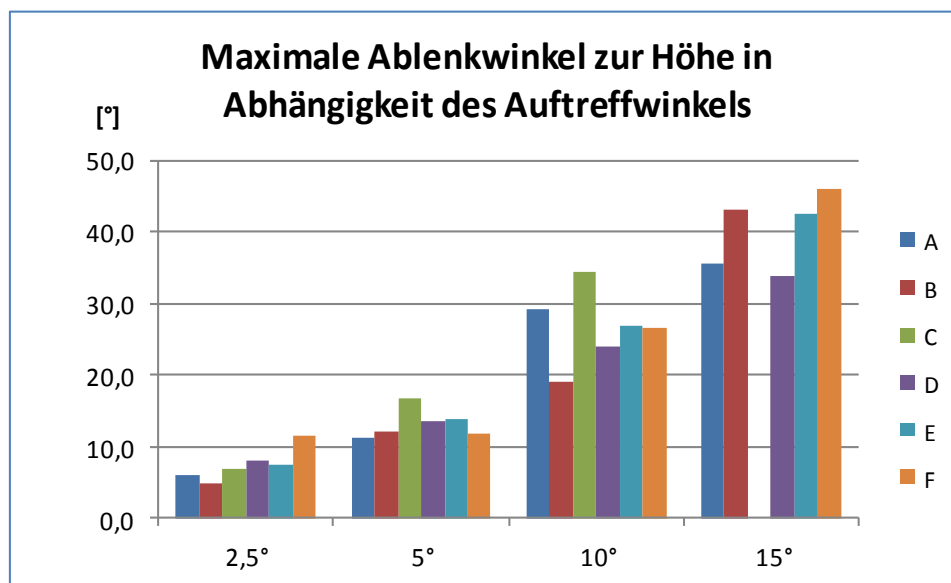
In einem weiteren Diagramm sind die maximalen Ablenkwinkel zur Seite in Abhängigkeit des Auftreffwinkels dargestellt. Da eine Ablenkung zur Seite sowohl nach rechts oder nach links erfolgen kann, sind die Ablenkungen nach links mit negativem Vorzeichen versehen.



Daraus ergibt sich ein gesamter Ablenkbereich für einen Winkel von:

2,5°: von 0° bis 2,6° - mit 2,6°
 5°: von -0,3° bis 2,7° - mit 3,0°
 10°: von 1,8° bis 8,3° - mit 6,5°
 15°: von -6,0° bis 16,8° - mit 22,8°.

Folgendes Diagramm zeigt die Ablenkung in der Höhe in Abhängigkeit vom Auftreffwinkel.



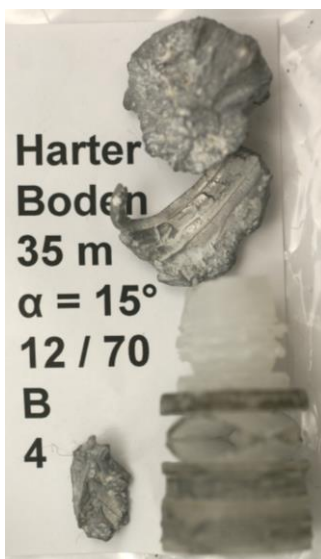
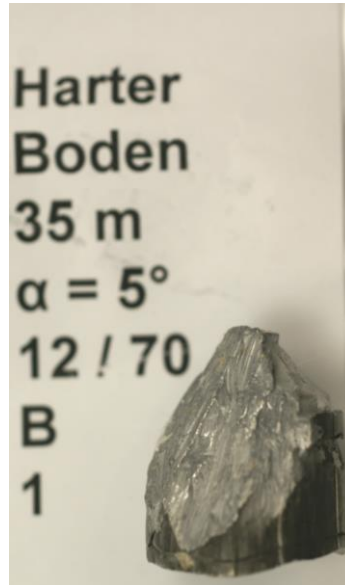
Über alle Geschossarten und Auftreffwinkelkombinationen hinweg werden steigende Ablenkungen zur Höhe registriert. Auffällig sind auch nahezu gleiche Winkelbereiche bei der Ablenkung von bleifreien und bleihaltigen Geschossen auf einen Auftreffwinkelbereich bezogen.

Nachfolgend sind beispielhaft ausgewählte Geschossrestkörper für die einzelnen Auftreffwinkel abgebildet.

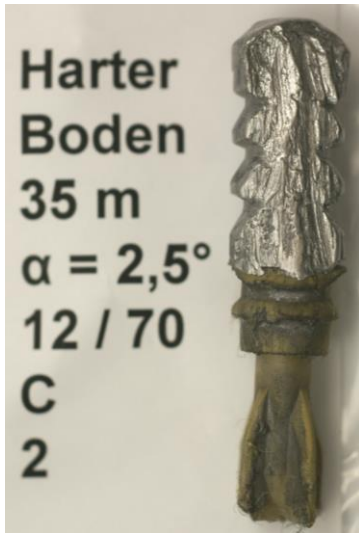
Geschoss A:



Geschoss B:



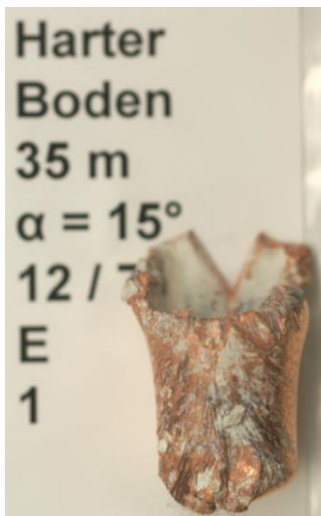
Geschoss C:



Geschoss D:



Geschoss E:

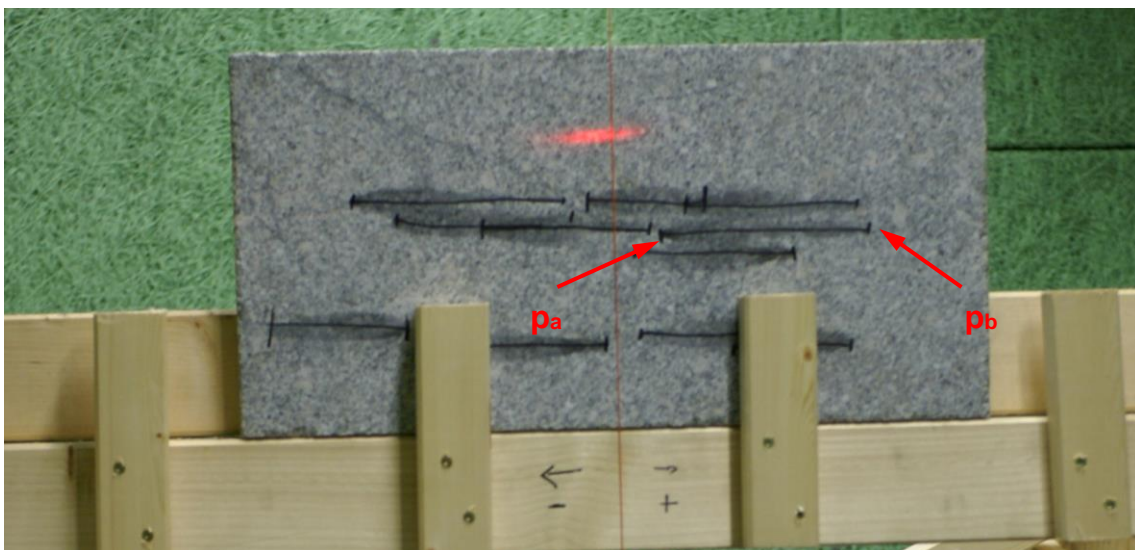


Geschoss F:

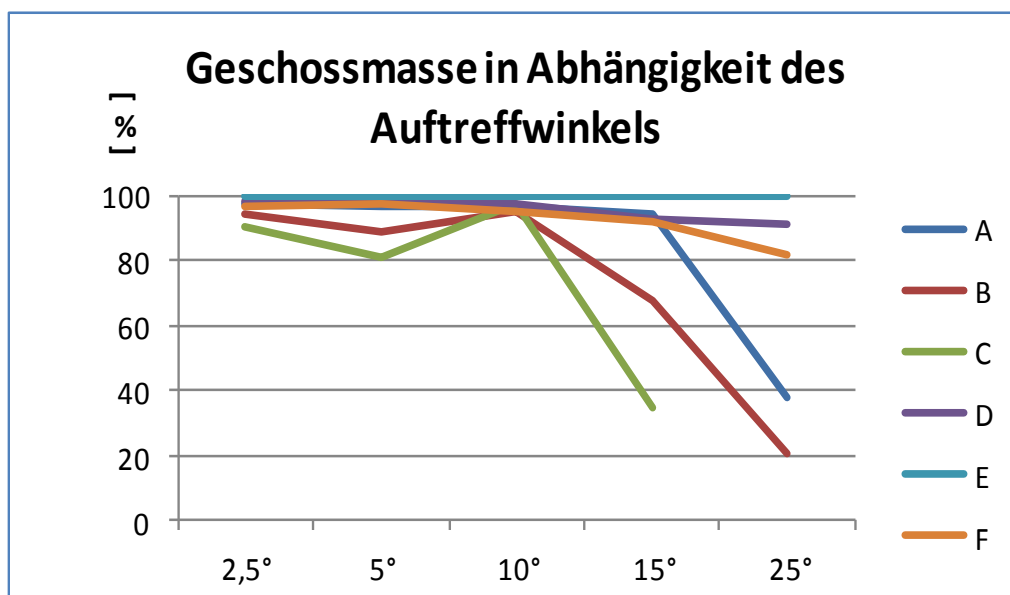


8.5 Steinplatte

Das Medium Steinplatte ließ sich gegenüber den anderen Medien relativ leicht schießen, da wir die Abgangsrichtung der Geschosse nicht in natürlicher Lage wählten, sondern diese um 90° nach rechts schwenkten. Wie auch schon beim Versuchsaufbau für die Büchsenmunition, musste kein aufwändiger Aufbau der Geschosfangkästen in der Höhe vorgenommen, sondern nur seitlich in Abprallrichtung aufgebaut werden. Obwohl wir die natürlich raue Seite der Granitplatten nutzten, ergaben sich meist die Ablagen in einem relativ kleinen Umkreis an der Indikatorwand. An der Steinplatte selbst konnten sehr gut der Auftreffpunkt (p_a) und der Abgangspunkt (p_b) der Geschosse festgestellt werden, wie an einem Beispiel im unteren Bild kenntlich gemacht wird.

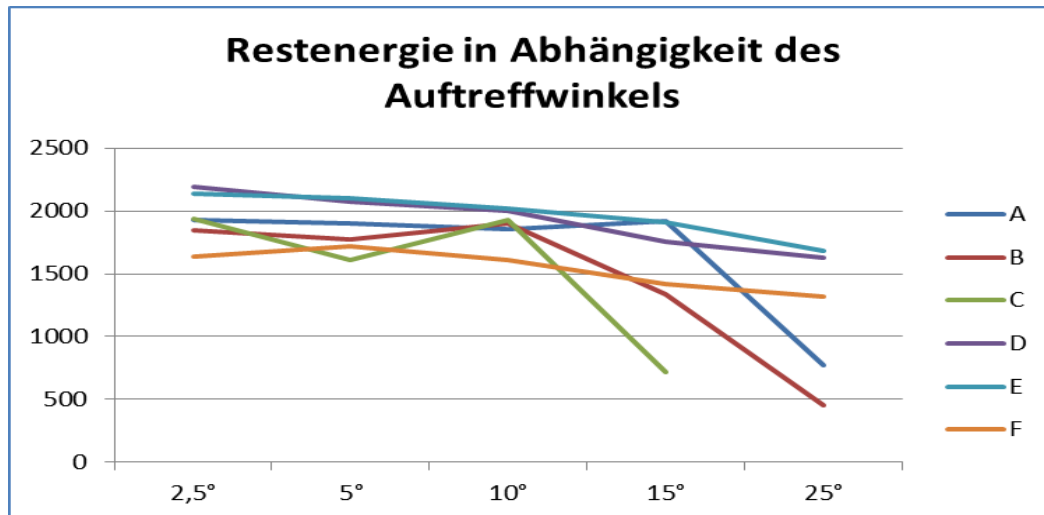


Im Verlauf der Versuche wurde deutlich, dass sich konstruktive und materialabhängige Unterschiede im Gesamtbild bemerkbar machten. In folgenden Darstellungen soll dies verdeutlicht werden.



Das Diagramm auf der vorherigen Seite verdeutlicht, dass die bleifreien Geschosse im Durchschnitt immer über 80 % Restmasse aufweisen, unabhängig vom Auftreffwinkel. Bei den bleihaltigen Geschossen sinkt die mittlere Restmasse aller Geschosse spätestens bei einem Auftreffwinkel von 25° unter 50 % der Ausgangsmasse, beim Sauvestre (C) schon ab dem Winkel von 15°.

Interessant ist auch die Entwicklung der Energiewerte der einzelnen Geschosse, bezogen auf den Auftreffwinkel. Diese ist im folgenden Diagramm ablesbar.



So ergeben sich nach unserer Auffassung zwei Gruppen. Die erste Gruppe wird gebildet durch die bleihaltigen Geschosse (A bis C) mit einem sehr deutlichen Abfall der Energie ab dem Auftreffwinkel von 10° bzw. 15°. Die zweite Gruppe bilden die bleifreien Geschosse D bis F deren nahezu konstanter geringer Energieabfall sofort ins Auge fällt.

Die Tabelle unten zeigt die maximalen Abgangswinkel zur Höhe [°] in Abhängigkeit vom Auftreffwinkel:

	A	B	C	D	E	F
2,5°	3,57	3,93	7,59	4,56	4,57	4,32
5°	6,40	7,09	6,04	7,58	7,73	7,81
10°	10,87	11,46	10,75	12,63	11,36	13,10
15°	16,74	17,16	18,32	19,60	17,34	19,72
25°	27,71	28,31		29,13	28,47	29,92

Hinsichtlich der maximalen Abprallwinkel in Höhenrichtung wird deutlich, dass bleihaltige und bleifreie Geschosse annähernd gleiche Abgangswinkel über alle Auftreffwinkel erzeugen.

Zusammenfassend kann angemerkt werden, dass sich bei diesem Medium herauskristallisierte, dass der Masse- und Energieerhalt bei den bleifreien Geschossen signifikant höher war als bei den bleihaltigen.

Nachfolgend wurden repräsentative Geschosse ausgewählt für die Darstellung der auftreffwinkelabhängigen Verformung.

Geschoss A:

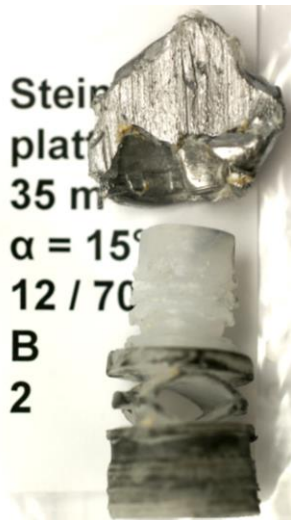


0

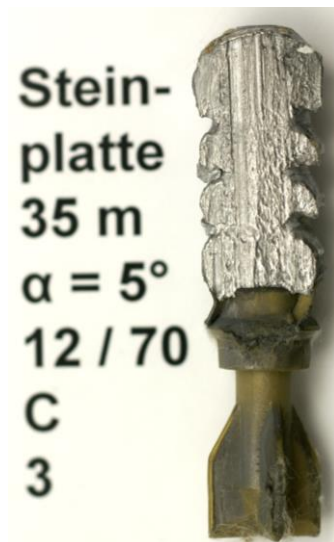


Deutlich sichtbar ist bei allen Geschossen die winkelabhängige Deformation des Bleikörpers.

Geschoss B:



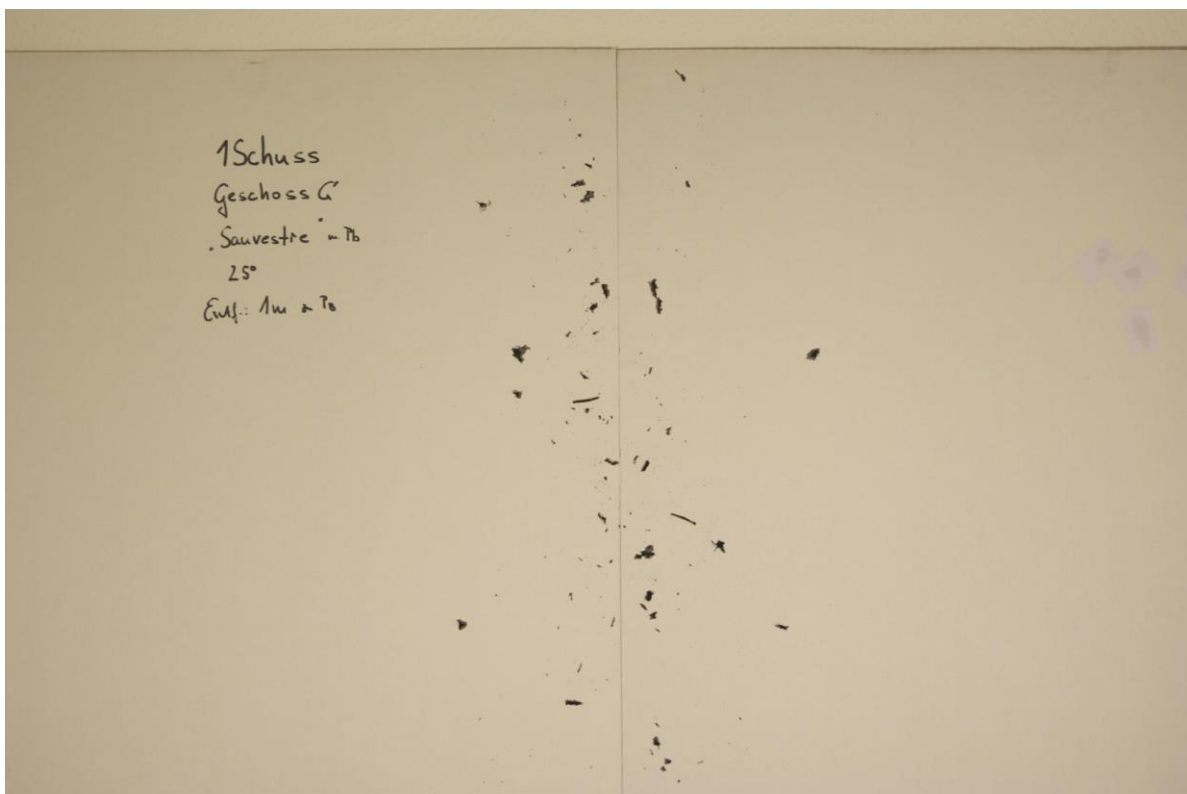
Geschoss C:





Bei einem Auftreffwinkel von 15° wurde das Abbruchkriterium mit $< 50\%$ der Ausgangsmasse erreicht.

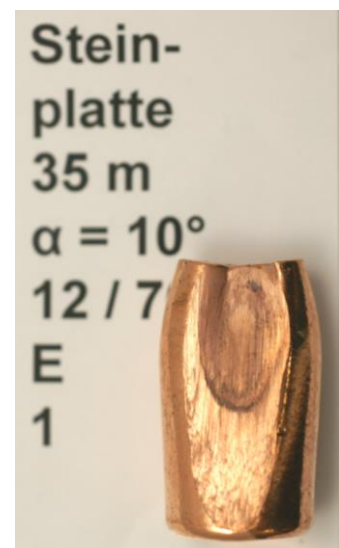
Auf der Indikatorwand ist die vollständige Zerlegung des Geschosses anhand der unzähligen Splitter nachzuvollziehen.

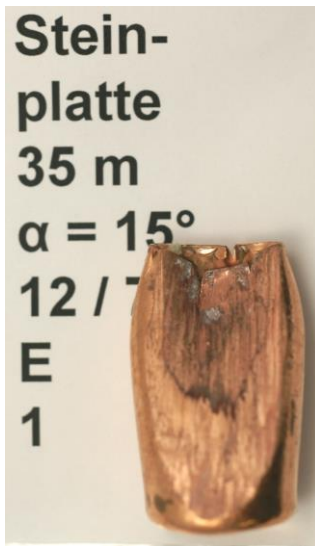


Geschoss D:



Geschoss E:





Geschoss F:



8.6 Weicher Boden

Bei dem Medium Weicher Boden wurde zu Beginn der verfestigte Boden mit einer geringen Menge Wasser angefeuchtet, um eine natürliche Erdfeuchte zu gewährleisten. Nach jedem Beschuss füllten wir das fehlende Material auf, so dass nach einer Verfestigung mittels Glattscheibe der Ausgangszustand wieder hergestellt werden konnte.

Wie schon im Abschnitt 4.1.4 beschrieben, konnte auf Grund der geringen Höhe der RSA nur die Kiste durch Schrägstellung auf dem Fußboden und einem voreingestellten Winkel an der Kanone die entsprechenden Auftreffwinkel realisiert werden. Wir begannen bei den Versuchen mit dem Beschuss unter einem Winkel von 5°. Dieser Winkel ermöglichte uns eine größere Trefferfläche auf der Kiste und diente gewissermaßen zum Einschießen für den darauf folgenden Versuch mit 2,5°. Wie auch beim Medium Harter Boden befand sich der Zielbereich etwa 1,00 m vom vorderen Kistenrand entfernt. Bei fast jedem Schuss wurde Erdreich aus der Kiste geschleudert.

Beim Umbau auf die Auftreffwinkel von 10° und 15° mussten die Geschossfangeinrichtungen wieder im Bereich der Decke positioniert werden.

Das Medium selbst war nicht homogen, da im Erdreich, wie auch in der Natur, kleinere Steine vorhanden sind. Allerdings überschritt deren Größe nie den Durchmesser von 2 cm. Die Ergebnisse zeigen trotz allem, dass die Unterschiede im Ablenkeverhalten unabhängig von Kaliber und Geschossart bei kleinen Winkeln gering sind.

Alle Geschosse verschwanden bei einem Auftreffwinkel von 15° im Erdreich, ohne das eine Messung mittels Ausgangslichtschranke vorgenommen werden konnte. Wir haben diese Geschossreste aus dem Weichen Boden herausgeholt. So konnten die Versuche ab dem Auftreffwinkel von 15° beendet werden. Auswertbare Ergebnisse sind demzufolge nur für die Winkel von 2,5°, 5° und 10° vorhanden.

Die Versuche mit Büchsenmunition waren bei einem Auftreffwinkel von 5° beendet, das Beschießen des Weichen Bodens mit Flintenlaufgeschossen erst bei 10°. Das zeigt, dass die FLG in diesem Medium abprallfreudiger sind.

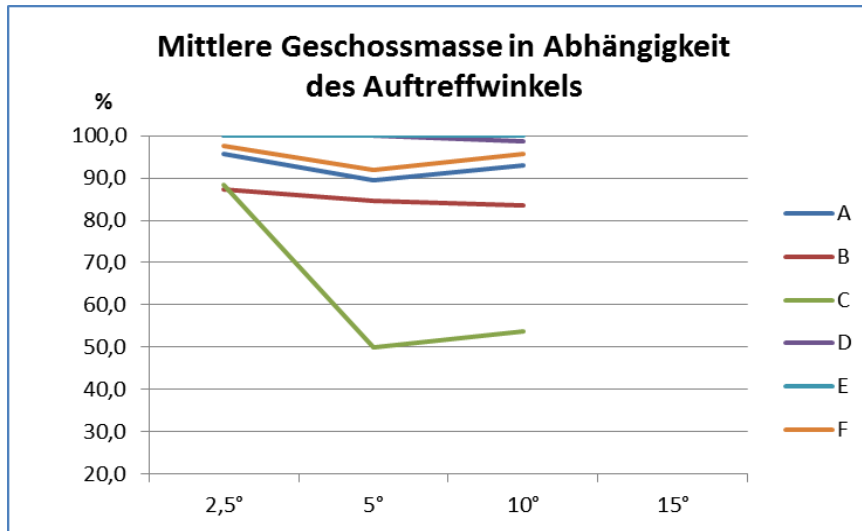
Eine Auswertung der mittleren Geschossmassen in Abhängigkeit des Auftreffwinkels zeigt, dass die bleifreien Geschosse meist mehr als 91 % ihrer Masse nach dem Abprallen am Weichen Boden aufweisen.

Die bleihaltigen Geschosse bewegen sich in einem Bereich von 49,9 % bis 95,6 % Masseerhalt, wie die nachfolgende Tabelle zeigt.

	A	B	C	D	E	F
2,5°	95,6	87,3	88,4	100,0	100,0	97,6
5°	89,4	84,6	49,9	100,0	100,0	91,8
10°	93,0	83,4	53,8	98,7	100,0	95,7
15°	-	-	-	-	-	-

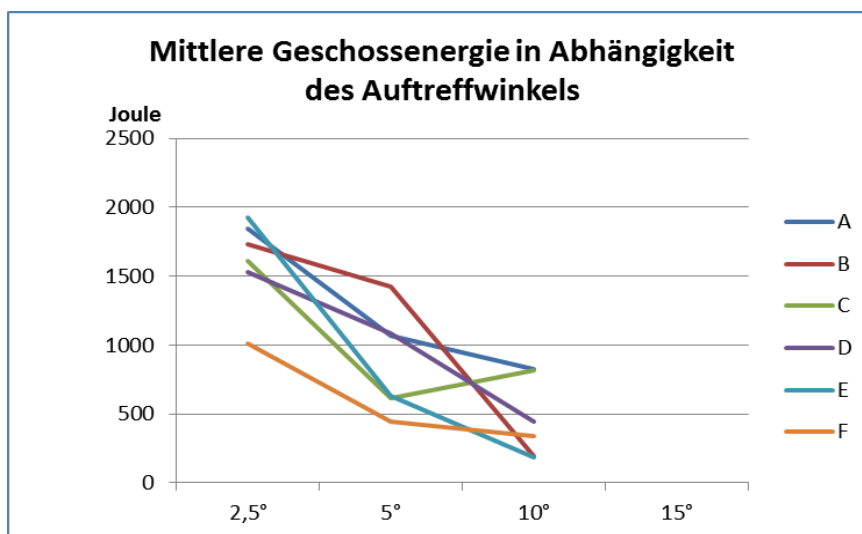
(Angaben in %)

Grafisch stellt sich dieser Sachverhalt so dar:



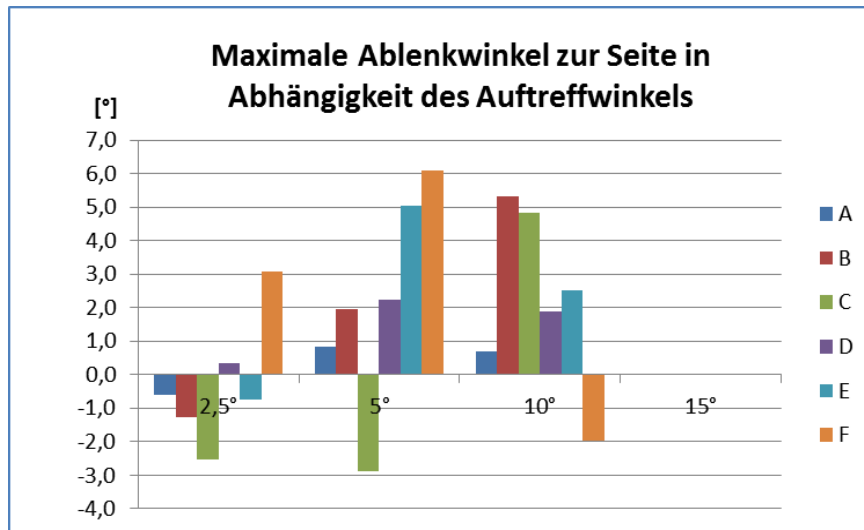
Auffällig ist der deutliche Masseanstieg vom Auftreffwinkel 5° zu 10° bei den Geschossen „Original Brenneke“ (A), „Sauvestre - bleihaltig“ (C) und „Sauvestre - bleifrei“ (F).

Im folgenden Diagramm sind analog zur Auswertung des Harten Bodens, die mittleren Restenergien nach dem Aufprall auf dem Weichen Boden dargestellt.



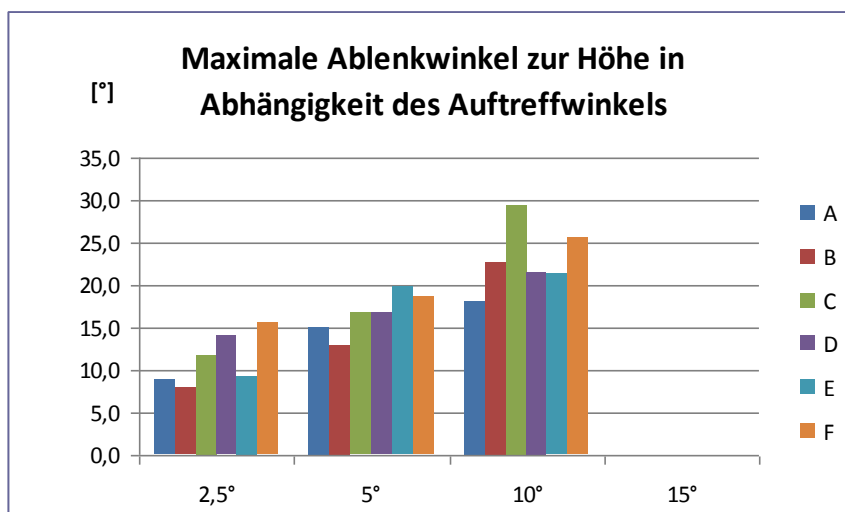
Tendenziell kann hier zwischen den bleifreien und bleihaltigen Geschossen von ähnlichen Verhältnissen ausgegangen werden. Auffällig ist hier wieder das bleihaltige Sauvestre (C), bei dem ein deutlicher Anstieg der Restenergie beim Winkel von 10° zu verzeichnen ist.

Die Auswertung der maximalen Seitenwinkel stellt sich wie folgt dar:



In der Gesamtheit sind die seitlichen Abprallwinkel klein. Sie zeigen damit eine relative Richtungskonstanz nach dem Verlassen des weichen Bodens an.

Die Auswertung der maximalen Höhenwinkel zeigt folgendes Diagramm:



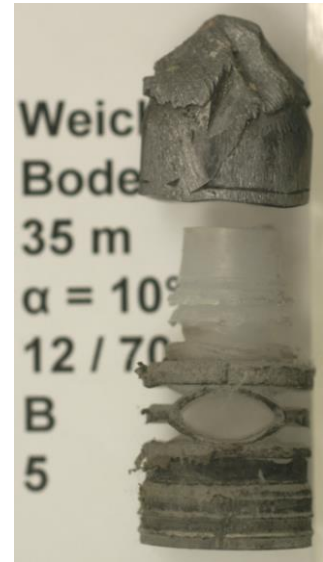
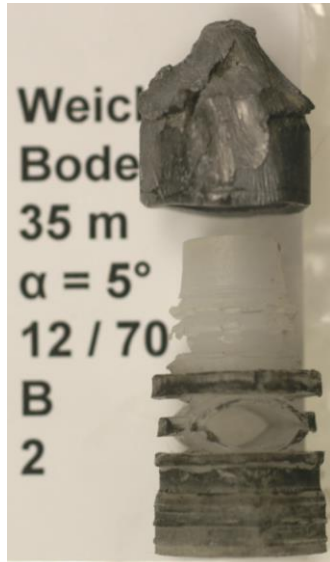
Die Gesamtheit aller maximalen Ablenkwinkel zur Höhe offenbart, dass diese bis zum Grenzwinkel von 10° mit zunehmendem Auftreffwinkel ansteigen.

Mit den folgenden Geschossabbildungen sollen beispielhaft die Geschossdeformationen dokumentiert werden.

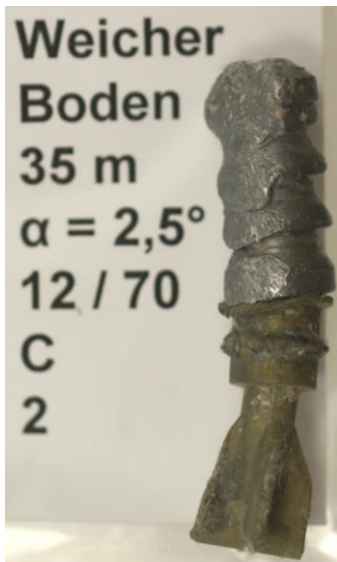
Geschoss A:



Geschoss B:



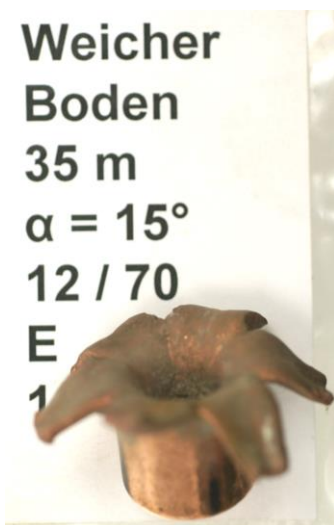
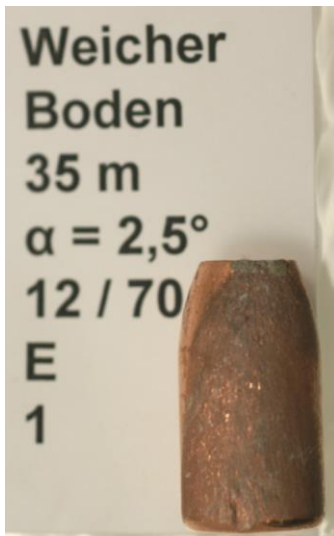
Geschoss C:



Geschoss D:



Geschoss E:



Geschoss F:



Da alle Geschosse im Winkel von 15° sofort nach der Herausnahme aus dem Erdreich fotografiert wurden, sind auf den Bildern noch teilweise Anhaftungen des Mediums zu erkennen.

9. Auswertung der Daten durch Dr. Kneubuehl

Die Auswertung der von uns übermittelten Daten wird Dr. Kneubuehl in einem eigenen Bericht vornehmen und dem Auftraggeber zur Verfügung stellen. Sein Bericht ist Bestandteil der Gesamtberichterstattung.

10. Zusammenfassung

Mehr als ein Jahr intensiver Arbeit hat sich letztlich gelohnt, da mit diesem Forschungsvorhaben erstmalig das Abprallverhalten von Flintenlaufgeschossen an natürlichen Medien untersucht werden konnte. Während des Versuchszeitraumes wurden 880 Schüsse auf diese Medien abgegeben. Obwohl die Geschosskonstruktionen teilweise schon seit über 100 Jahren eingesetzt werden, ist unserem Wissen nach in diesem Umfang noch nie eine vergleichbare Untersuchung durchgeführt worden. In der direkten Gegenüberstellung von Flintenlaufgeschossen gleicher Konstruktion, aber unterschiedlichem Materialeinsatz, ist die Herausarbeitung von Unterschieden im Abprallverhalten erfolgt.

Aus zeitlichen Gründen konnten nur 6 Geschosse in das Versuchsprogramm mit aufgenommen werden. Neben den am Markt etablierten Geschossen wie „Brenneke classic“ und „Rottweil Exact“ wurden auch Konstruktionen in das Programm genommen, die zwar in Deutschland nicht so verbreitet sind (Sauvestre), aber insbesondere bei den fast konstruktionsgleichen Flintenlaufgeschossen einen direkten Vergleich zwischen einem bleihaltigen und einem bleifreien Geschoss möglich machen.

Bei den bleifreien Flintenlaufgeschossen wurde mit dem „Brenneke Super Sabot“ eines aus Messing mit Aluminiumspitze berücksichtigt, mit dem „Federal Barnes Expander“ eines aus Kupfer. Deshalb sind aus unserer Sicht alle derzeit am Markt befindlichen Geschossmaterialien erfasst worden.

Alle Versuche wurden mit Akribie und hohem Aufwand vorbereitet, durchgeführt und ausgewertet.

Da Flintenlaufgeschosse meist nach dem Prinzip der Pfeilstabilisierung konstruiert sind, konnten bei den unterschiedlichen Medien recht oft annähernd gleiche Verhaltensweisen zwischen bleihaltigen und bleifreien festgestellt werden. In Bezug auf Masse- und Energiestabilität kristallisierten sich, wie schon bei den Büchsen- geschossen auch, die bleifreien Geschosskonstruktionen als sehr stabil heraus.

Bedingt durch die große Geschossmasse sind Flintenlaufgeschosse abprallfreudiger als Büchsen- geschosse, insbesondere beim Weichen und Harten Boden.

Mit diesen Ergebnissen ist ein weiterer Baustein zur wissenschaftlichen Entscheidungsfindung zum Einsatz bleihaltiger und bleifreier Geschosse im jagdlichen Betrieb hinzugefügt worden.

Eine weitere Einsatzmöglichkeit bietet die vorhandene Datenmenge zur Beurteilung von Schusswinkeln bei Jagdunfällen mit Flintenlaufgeschossen.

11. Literaturverzeichnis

- BIALONSKI H. G., *Geschoßablenkung in homogenen Medien*, I. D., Bonn, [1974]
- HAAG L. C., *Bullet Ricochet: An Imperical Study and a Device for Measuring Ricochet Angle*, AFTE Journal, 21, 2, 182-188 [1987₁]
- HAAG L. C., *The Measurement of Bullet Deflection by Intervening Objects and the Study of Bullet Behavior After Impact*, AFTE Journal, 19, 4, 382-387, [1987₂]
- HUTCHINGS I. M., *The Ricochet of Spheres and Cylinders from the Surface of Water*, Int. J. Mech. Sci., 18, 243-247, [1976]
- JOHNSON W., REID S. R., *Ricochet of Spheres Off Water*, J. Mech. Eng. Sci., 17, 2, 71-81, [1975]
- KNEUBUEHL B. P., *Vergleich der Gefährdung durch abgeprallte bleihaltige und bleifreie Jagdgeschosse*, 19 S., [2011]
- KNEUBUEHL B. P., *Rikoschettversuche mit Colt Kal. .38 spez.*, GRD, TA 7, Thun, 7 S., [1980]
- KNEUBUEHL B. P., MAISSEN E., *Das Problem der Geschoßabpraller an Kanten und Prellschienen in 300 m Schiessständen*, GRD, TA 7, Thun, 15 S., [1984]
- KNEUBUEHL B. P., *Untersuchung über den Rikoschettwinkel an Asphalt und Beton mit 7.62x39 mm Kalaschnikow Weichkern- und Hartkernmunition*, GRD, FA 27, 3 S., [1991]
- KNEUBUEHL B. P., *Geschosse Bd. 1, Ballistik, Treffsicherheit, Wirkungsweise*, 2. Aufl. Verlag Stocker –Schmid, Dietikon, 1998
- KNEUBUEHL B. P., *Geschosse Bd. 2, Ballistik, Wirksamkeit, Messtechnik*, Verlag Stocker-# Schmid, Dietikon, 2004
- KNEUBUEHL B. P., *Untersuchungen zum Abprallverhalten von Kurzwaffengeschossen*, Bericht Nr. 1484, GR, FA 26, XX S., [1999]
- KNEUBUEHL B. P. (Hsg), *Wundballistik, Grundlagen und Anwendungen*, Springer- Verlag, Berlin, 3. Auflage, 2008
- LÖCHER T., *Der Büchschuß durch Hindernisse*, Diplomarbeit, FH Weihenstephan, 103 S., [1996]
- NUSSBAUMER N., *Der Kugelschuß ins Gras und in Feldfrüchte*, DWJ, 957-959, [1980]
- ROTTENBERGER, I., *Abschlussbericht vom 15.02.2011 zum Forschungsvorhaben „Abprallverhalten von Jagdmunition“*, DEVA, Deutsche Versuchs- und Prüfanstalt für Jagd- und Sportwaffen e. V., Altenbeken
- SOLIMAN A. S., REID S. R., JOHNSON W., *The Effect of Spherical Projectile Speed in Ricochet off Water and Sand*, Int. J. Mech. Sci., 18, 279-284, [1976]
- VENTURINO M., *Ein „High-Speed-Blick“ auf die Durchschlagskraft eines Geschosses im Unterholz* (Übersetzung: R. Hermann), *Waffen Digest* 91, Verlag Stocker-Schmid, Dietikon, 5 S., [1990]
- WISSMANN F., *Multifaktorielle Analyse von Schussverletzungen durch Jagdwaffen*, Inaugural-Dissertation, [1993]

12. Anhang

Schussbilder der FLG mit glattem und gezogenem Lauf

Zusammenfassung der Schusszahlen nach Beschussmedium

Datenblätter zum Seifenbeschuss

Ergebnisprotokolle und dazugehörige Bildseiten

- Gebüsch
- Baumstamm
- Rückpraller
- Harter Boden
- Steinplatte
- Weicher Boden