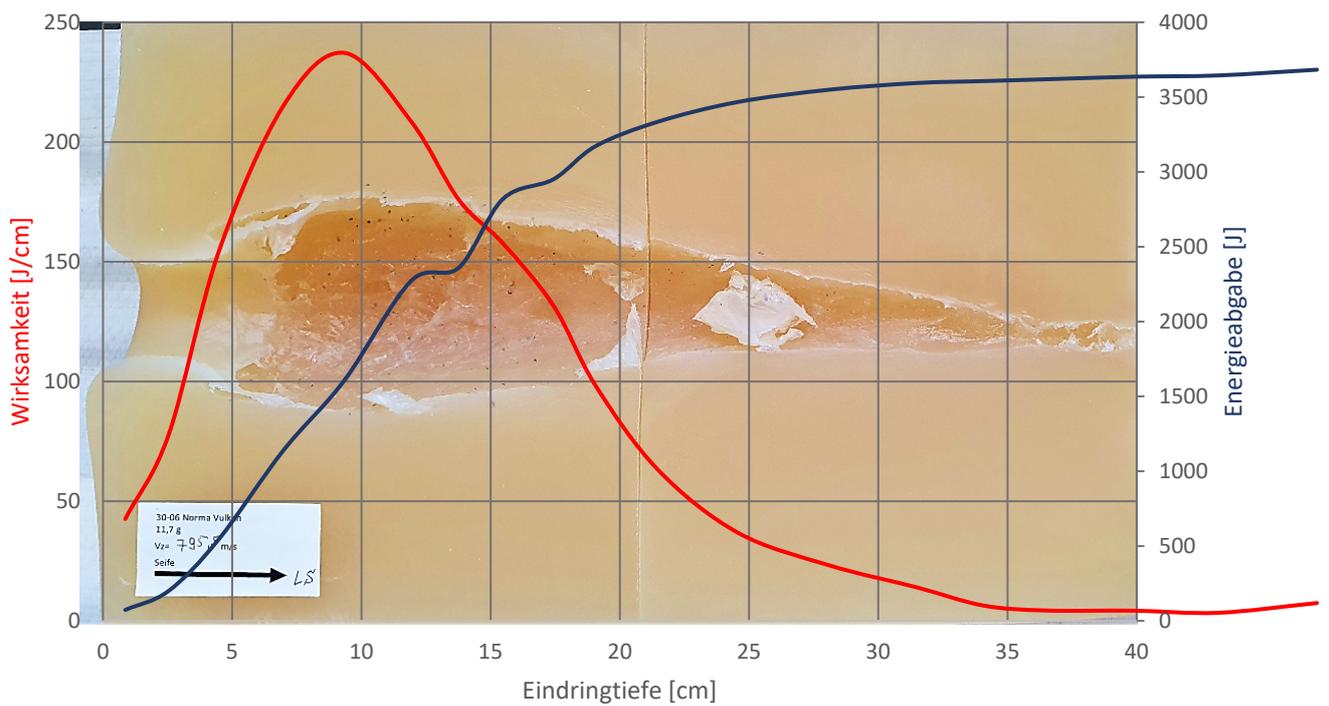


Bundesinstitut für Risikobewertung

Anleitung und Standardarbeitsanweisung zur Auswertung von Beschüssen auf ballistische Seife



Impressum

BfR Wissenschaft

BfR-Autor:
Ingo Rottenberger

Titel des Berichts:
Anleitung und Standardarbeitsanweisung zur Auswertung von Beschüssen auf ballistische Seife

Herausgeber:
Bundesinstitut für Risikobewertung
Anstalt des öffentlichen Rechts
Vertreten durch den Präsidenten Professor Dr. Dr. Andreas Hensel
Max-Dohrn-Straße 8–10
10589 Berlin

Telefon: 030 18412 - 0
Telefax: 030 18412 - 99099

E-Mail: pressestelle@bfr.bund.de

Aufsichtsbehörde: Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft
Ust.-IdNr. des BfR: DE 16589344

V.i.S.d.P: Dr. Suzan Fiack

Berlin 2023 (BfR-Wissenschaft 04/2023)
31 Seiten, 22 Abbildungen, 2 Tabellen

Druck: Inhalt und buchbinderische Verarbeitung
BfR-Hausdruckerei Marienfelde

ISBN 978-3-948484-66-8
ISSN 1614-3795 (Print) 1614-3841 (Online)

DOI 10.17590/20230614-170027-0
Download als kostenfreies PDF unter www.bfr.bund.de

Inhalt

1	Einleitung	4
2	Material und Methoden	5
2.1	Allgemeine Angaben zur Seifenherstellung	5
2.1.1	Seifenbestandteile, Kennwerte und Prüfverfahren	5
2.2	Bestellung, Haltbarkeit und Umgang mit der Seife	5
2.3	Auswertung der Kaverne im Seifenblock	6
2.3.1	Arbeitsvorbereitung für die Qualitätskontrolle	6
2.3.2	Beschussvorbereitung	8
2.3.3	Beschuss der Blöcke	9
2.3.4	Schneiden der Blöcke	10
2.3.5	Vorbereitung zum Auswerteverfahren	13
2.3.6	Auswerteverfahren	16
3	Zusammenfassung	22
4	Literaturverzeichnis	23
5	Abbildungsverzeichnis	24
6	Tabellenverzeichnis	25
7	Anhang	25

1 Einleitung

Ballistische Seife ist ein international anerkanntes Simulanz, das bei Beschuss mit Kurz- und Langwaffengeschossen ein ähnliches Verhalten (Kavernenbildung, Gewebeschädigungen) aufweist, wie bereits in einem Vergleich von Schussverletzungen des Körpergewebes mit experimentellen Rekonstruktionen [1] festgestellt wurde. Möglich ist diese Vergleichbarkeit, weil bei der Herstellung der ballistischen Seife über deren Bestandteile und mengenmäßige Zusammensetzung eine Dichte erreicht wird, die der Dichte von Muskulatur sehr nahekommt. Seife eignet sich deshalb zur Modellierung des physikalisch-ballistischen Aspekts in der Wundballistik [2]. Kneubuehl et al. [2] weisen auf eine einfache und ohne großen technischen Aufwand umsetzbare Methode der Volumenermittlung in Seife hin, wobei die Größe des Volumens der Wundkaverne den Verlauf der Energieabgabe im Simulanz widerspiegelt. Auch Pirlot et al. [9] beschreiben, dass aufgrund der Plastizität der Seife eine Berechnung der Energieabgabe durch Erfassung der Wundkaverne nach dem Aufschneiden des Blockes möglich ist. Die Messung des Kavernenvolumens mithilfe des Archimedes-Prinzips beschreiben Burgos-Díez et al. [7] als zu ungenau sowie als mühsames und zeitaufwendiges Verfahren.

Tsiatis et al. [8] sehen bei der Nutzung von Seife eine Alternative zur ballistischen Gelatine und kommen zu der Einschätzung, dass bei Verwendung der Seife eine sehr genaue numerische Analyse der Wundkavernen mittels Computertomografie (CT) möglich ist.

Eine Volumenerfassung in Seife durch Silikonabgüsse der Kaverne wurde von Gremse et al. [10] mit Jagdbüchsen- und von Burgos-Díez et al. [7] mit Kurzwaffengeschossen beschrieben, wobei letztere die Eignung des Verfahrens hinterfragen, weil durch eine schnelle Trocknung des Silikons kleinere Hohlräume zum Teil nicht ausgefüllt werden. Damit stehen sie für eine Volumenermittlung nicht zur Verfügung. Ein Vergleich der mittels CT bzw. mittels Silikonabgießmethode berechneten Volumina ergab [7], dass die Silikonabgießmethode zu große und die nicht invasive CT-Methode nur sehr geringe Standardabweichungen aufwies. Trotz großer Vorteile der CT-Methode hinsichtlich der Genauigkeit bei der Auswertung von Wundkavernen, ist es nachteilig, dass sie aufgrund des hohen Kostenaufwandes nur gut ausgestatteten Laboratorien zur Verfügung steht.

Darüber hinaus wurde die Einsetzbarkeit ballistischer Seife zum Nachweis der Energieumsetzung jagdlicher Geschosse seit Längerem beschrieben [3,10]. In jüngster Vergangenheit gab es hierzu weitere Forschungsaktivitäten, zum einen den Entwurf einer Technischen Richtlinie für Jagdgeschosse [3] und, auf Initiative des Bundesinstituts für Risikobewertung (BfR), basierend auf Fachgesprächen mit nationalen und internationalen Experten [4], Beschussversuche in einem staatlichen Beschussamt.

Für Gelatine wurde bereits vor vielen Jahren eine Reihe von Materialnormen sowie Prüf- und Bewertungsverfahren definiert. Obwohl Seife als Prüfsimulanz ebenfalls seit vielen Jahren verwendet wird, sind detaillierte Beschreibungen des Vorgehens und Berichte über praktische Erfahrungen nur in geringem Maße veröffentlicht worden. Eine Publikation zur Standardisierung der Vorgehensweise bei Verwendung der ballistischen Seife als Prüfsimulanz liegt bisher nicht vor.

Die vorliegende Arbeit hat zum Ziel, entsprechende Spezifikationen für das Simulanzmaterial Seife zu definieren und ein standardisiertes Beschussverfahren zu ermöglichen, um reproduzierbare Ergebnisse bei Seifenblockbeschüssen zu erzielen. In der Anleitung wird auch auf mögliche Fehlerquellen innerhalb der Versuchsreihe hingewiesen.

Des Weiteren dient sie dazu, das Volumen einer Kaverne ohne großen technischen Aufwand darzustellen und zu berechnen und somit eine Lücke im Bereich der experimentellen Wundballistik zu schließen.

2 Material und Methoden

Bei der Bestellung der Seife, dem Umgang mit der angelieferten Seife, der Überprüfung der Konsistenz vor dem Beschuss (Luftgewehrtest), der Arbeits-/Beschussvorbereitung, dem Beschuss, dem Aufschneiden und Fotografieren sowie bei der Auswertung der Seifenblöcke sind nachfolgende Arbeitsschritte durchzuführen.

2.1 Allgemeine Angaben zur Seifenherstellung

2.1.1 Seifenbestandteile, Kennwerte und Prüfverfahren

Tab. 1: Seifenbestandteile nach Permatin-Rezeptur der Fa. Walde KG, Innsbruck

Bestandteile	Gewichtsprozent [%] – Spanne
Sodium Cocoate	20–40
Alcohol denat.	10–20
Aqua	10–20
Sucrose	5–10
Sodium Tallowate	1–5
Sodium Ricinoleate	1–5
Sodium Stearate	1–5
Glycerin	1–5
Sodium Hydroxide	0–1

Diese Seife weist aufgrund dieser Rezeptur eine dunkelgelbe Färbung (intransparent) auf.

Tab. 2: Angaben zu Kennwerten und Prüfverfahren

Prüfmerkmal	Prüfverfahren/-mittel	Sollwerte
pH-Wert	Viskotester Haake	10,0–10,9 [mPas]
freies Alkali	Titration mit 0,1 N HCl	0,01–0,1 [%]
Titer der Fettsäuren	Stockpunkt	28,5–32,0 [°C]
Fettsäure	Lüring'sche Bürette	37,0–42,0 [%]

Blockgröße

Die Blockgröße beträgt: 25 cm x 25 cm x 40 cm (Breite x Höhe x Länge).

2.2 Bestellung, Haltbarkeit und Umgang mit der Seife

Die Bestellung der Seife kann beim Hersteller (Fa. Walde KG) mit Bezug auf die „Permatin-Rezeptur“ vorgenommen werden. Die Eigenschaften dieser Seife wurden von der Fa. Permatin¹ in einem langen Entwicklungsprozess gemeinsam mit Dr. Beat Kneubuehl seit den 1970er-Jahren an die Erfordernisse eines Beschusses hinsichtlich der Zusammensetzung und Viskosität abgestimmt. Sie wird in dieser Rezeptur seit mehreren Jahrzehnten für Beschusstests verwendet. Die Lieferzeiten betragen ca. 2–3 Wochen bei üblichen Bestellmengen. Die Ware ist bei Anlieferung auf ihre Korrektheit zu prüfen. Der dunkelgelbe Farbton der Seife zeigt die Herstellung nach Permatin-Rezeptur an.

Die Blöcke wiegen 27 kg. Nach Herstellerangaben weist die Seife eine Haltbarkeit von mindestens 3 Jahren auf. In dieser Zeit ist eine Veränderung der Dichte und Optik möglich.

¹ Die Fa. Permatin war in der Schweiz ansässig. Nach Schließung des Werkes 2012 übernahm die Rezeptur der Beschussseife die Fa. Mettler in Hornussen, dann die Fa. Enzian-Seifen in Metzingen und später die Fa. Walde KG in Innsbruck.

Empfehlung des Herstellers zur Verwendung: Die Seifenblöcke maximal 6 Monate in verpackter Ausführung unter Einhaltung der Lagerbedingungen für Beschussversuche lagern und verwenden.

Beim Umgang mit der Seife sind Arbeitshandschuhe empfehlenswert.

2.3 Auswertung der Kaverne im Seifenblock

2.3.1 Arbeitsvorbereitung für die Qualitätskontrolle

Für die Unterlage der Blöcke haben sich Materialien bewährt, die teilelastisch sind. Die Seifenblöcke mit einer Masse von 27 kg liegen dabei fest auf und sinken nicht ein, wie bei Verwendung zu weicher Unterlagen (zum Beispiel Schaumstoff). Beim Beschuss kann das Unterlagenmaterial in gewissen Grenzen den Energieeintrag des Geschosses entlang der Wegstrecke des Schusskanals aufnehmen und damit eine gleichmäßigere Ausdehnung der Kaverne ermöglichen als bei Auflage auf einer nichtelastischen Unterlage. Aufgrund langjähriger Erfahrungen wird eine Regupol²-Platte als teilelastische Unterlage empfohlen, aber es ist auch jede andere teilelastische Unterlage einsetzbar.

Zur Qualitätskontrolle ist der Diabolotest (auch als Luftgewehrtest bezeichnet) durchzuführen. Dieser weicht von den bisherigen Testverfahren ab, die für Gelatine zum Beispiel mit Stahlkugeln mit einem Durchmesser von 4,5 mm durchgeführt werden [11]. Die Nutzung eines genormten Diabolo wird mit dem zielballistischen Verhalten des Diabolo begründet, weil bei hohen Geschossgeschwindigkeiten in der Seife ein entsprechender Schusskanal entsteht und erhalten bleibt. Bei niedrigen Geschwindigkeiten besteht die Möglichkeit, dass im Vergleich zur Gelatine aufgrund der geringeren Reibung zwischen Projektil und Simulanz die Rundkugel in Seife größere Eindringtiefen erreicht [2]. Durch einen hohen Fettanteil in der Seife ist die Oberflächenreibung wahrscheinlich geringer als in der Gelatine, sodass hier Rundkugeln den letzten Teil des Weges in der Simulanz „gleitend“ zurücklegen und damit eine größere Eindringtiefe „vortäuschen“ können.

Für den Diabolotest sind mindestens zwei Seifenblöcke aus der Lieferung vor dem Beschusstermin auszupacken und ein Schuss entsprechend den Vorgaben des Diabolotests mit dem Luftgewehr stirnseitig in die obere rechte Ecke der Seifenblöcke abzugeben (siehe Abb. 1).

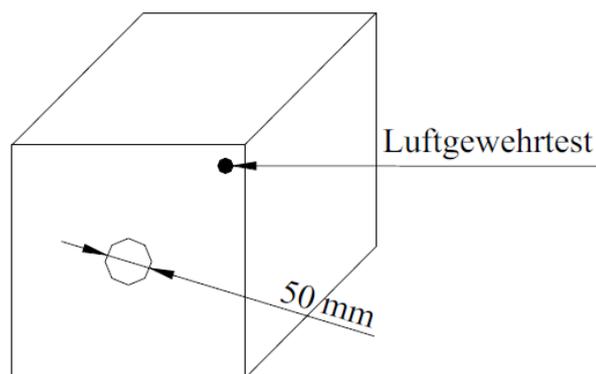


Abb. 1: Trefferzone (Ø 50 mm) für den späteren Beschuss stirnseitig in der Mitte des Seifenblockes und Bereich für den Luftgewehrtest im Abstand von ca. 30 mm zur jeweiligen Außenkante.

² Regupol ist ein Produkt der Berleburger Schaumstoffwerke, Am Hilgenacker 24, D-57319 Bad Berleburg

Technische Vorgaben für Beschuss mit dem Diabolo:

Luftgewehrtest:	
Flachkopf Diabolo:	0,53 g
Projektildurchmesser:	4,5 mm ± 0,25 mm
Projektilgeschwindigkeit:	300 m/s ± 10 m/s
geforderte Eindringtiefe:	90 mm ± 10 mm
Distanz zw. Mündung und Stirnfläche der Seife:	5 cm + 5 cm

Nach dem Luftgewehrbeschuss wird die Eindringtiefe gemessen. Werden die Anforderungen an die Eindringtiefe aus dem Diabolo-Test nicht erfüllt, ist die Lieferung zu reklamieren.

Weitere Arbeitsschritte:

- Tiefe des eingedrungenen Diabolos ermitteln und im Datenblatt notieren
- Blöcke wieder in Folie und Karton verpacken für den späteren Beschussversuch
- Lagerung: dunkel und trocken bei 15 °C bis 20 °C
- Aufkleber für Seifenblöcke bzw. Seifenblockhälften vorbereiten

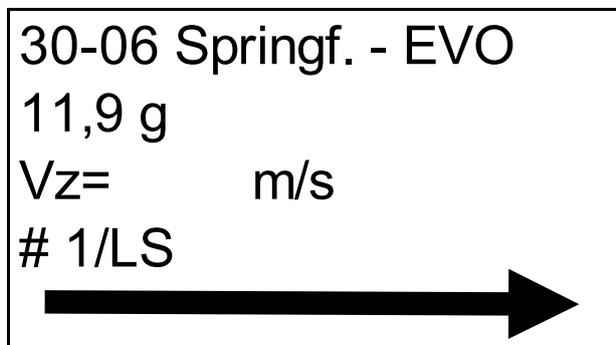


Abb. 2: Beispiel eines vorbereiteten Aufklebers.

Legende:

1. Zeile Kaliber und Geschoss
2. Zeile Geschossmasse
3. Zeile Zielgeschwindigkeit (später von Hand einzutragen!)
4. Zeile Schuss-Nr. und Angabe der auszuwertenden Blockhälfte
5. Zeile Pfeil mit definierter Länge³

Fehlerquellen während der vorbereitenden Arbeitsschritte

Für die Qualitätskontrolle ist der Diabolo-Test durchzuführen. Eine Prüfung der Bestandteile der Seife und der Kennwerte (siehe Punkt 2.1.1) kann üblicherweise von der den Beschuss durchführenden Institution eigenständig nicht vorgenommen werden.

Kann die Empfehlung des Herstellers, die Seife innerhalb von 6 Monaten zu verwenden, nicht eingehalten werden, ist es möglich, mittels des Diabolo-Tests eine Verwendung zu prüfen. Liegen die Werte innerhalb der vorgegebenen Toleranz, kann die Seife dennoch für Beschüsse eingesetzt werden.

Ist die Eindringtiefe des Diabolos etwas geringer als 80 mm, kann die Seife verwendet werden, wenn der gesamte Schusskanal im Seifenblock abgebildet wird.

Nach dem Beschuss mit einem Jagdgeschoss wird der „Seifenkennwert“ ermittelt. Er ist der Kehrwert des Proportionalitätsfaktors, welcher sich aus dem Verhältnis des Volumens des Schusskanals zur abgegebenen Energie im Simulanz errechnet [2]. Bei der Auswertung in einer Excel-Datei kann der Wert automatisch berechnet werden und zeigt somit das Verhältnis von abgegebener Energie zum gebildeten Kavernenvolumen an. In einem Bereich von 4 J/cm³

³ Der verwendete Kalibrierungsabstand (Pfeil auf dem Etikett) sollte im Hinblick auf die übliche Bildverzerrung nicht zu kurz sein (mindestens 5 cm, besser 10 cm).

bis 6 J/cm^3 ist der Seifenkennwert für Beschussversuche optimal. Kneubuehl et al. [2] beschreiben Werte zwischen 4 J/cm^3 und $6,25 \text{ J/cm}^3$, Tsiatis et al. [8] Werte von $4,15 \text{ J/cm}^3 \pm 0,5 \text{ J/cm}^3$ und Pirlot et al. [7] einen Wert von 5 J/cm^3 . Eine geringfügige Abweichung ist zulässig, wenn die gesamte Bewegungsenergie im Seifenblock abgegeben wurde.

2.3.2 Beschussvorbereitung

Arbeitsschritte:

- Versuch aufbauen nach Versuchsdesign (siehe Abb. 3), **ohne** Seifenblöcke
- Umgebungstemperatur: $17\text{--}23 \text{ }^\circ\text{C}$
- Probeschuss auf Indikatorpapier⁴ zum Abgleich des Haltepunktes mit der Treffpunktlage – ggf. Korrektur und Wiederholung des Probeschusses

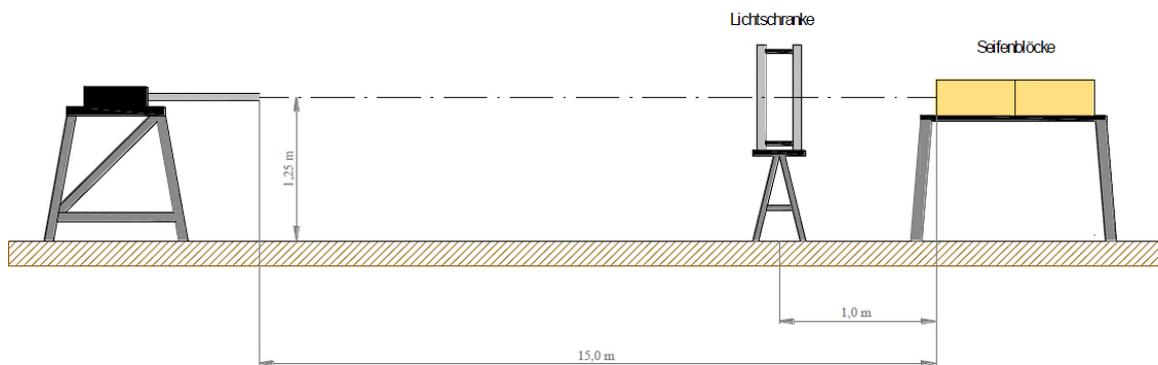


Abb. 3: Versuchsaufbau für den Beschuss ballistischer Seife – Zeichnung nicht maßstäblich.

Da nicht sicher ist, ob ein Seifenblock die gesamte Bewegungsenergie des Geschosses aufnehmen kann, sollten immer zwei Seifenblöcke ausgepackt und hintereinanderstehend verwendet werden (siehe Abb. 3).

- Luftgewehrtest durchführen (siehe Abb. 1)
- Ermitteln der Tiefe des Diabolos und notieren in einem vorbereiteten Datenblatt
- Seifenblöcke auf der Unterlage positionieren (siehe Abb. 3)
- Ausrichten der Seifenblöcke in gerader Richtung zum Schuss
- Auf der Oberseite über jeden der beiden Seifenblöcke entlang der Diagonalen ein Kreuz einritzen (siehe Abb. 4)

⁴ Das Indikatorpapier ist eine Pappe oder ein Pappkarton, die sich auf Zielebene befindet. Mit dem Probeschuss wird überprüft, ob der Laser und die Treffpunktlage des Laufes übereinstimmen. Wenn nicht, wird der Laser zum Schuss hin korrigiert. Danach wird die Pappe entfernt, die Seifenblöcke werden in die Beschusslage positioniert und der Lauf wird auf die Mitte des Seifenblocks ausgerichtet.

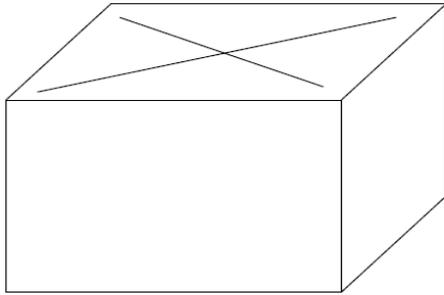


Abb. 4: Markierung des Seifenblockes auf der Oberseite vor dem Schneiden.

2.3.3 Beschuss der Blöcke

Beschusstemperatur (Umgebung): 17–23 °C

Arbeitsschritte:

- Einrichten der Waffe auf die Mitte der dem Beschusslauf zugewandten Stirnseite
- Sicherheitsabfrage an die Umgebung
- Laden der Waffe/Beschussvorrichtung
- Schussabgabe
- Sicherheit herstellen (Verschluss der Waffe/Beschussvorrichtung öffnen)
- Kontrolle, ob das Geschoss den zweiten Block nicht verlassen hat
Hinweis: Ein seitlicher Austritt ist generell nicht zulässig, da in diesem Fall nicht die gesamte Energie des Geschosses im Block aufgenommen wird und ein vollständiges Kavernenvolumen nicht erzeugt werden kann – eine Auswertung wäre stark fehlerbehaftet und der Beschuss ist zu wiederholen.
- Falls das Geschoss auch den zweiten Block vollständig durchdrungen hat, Wiederholung des Versuchs mit drei Blöcken
- Auf den vorbereiteten Aufklebern die Zielgeschwindigkeit des Geschosses vermerken

Fehlerquellen beim Beschuss der Seifenblöcke

Der Treffer soll stirnseitig mittig in einem Kreis mit einem Durchmesser von 50 mm liegen (siehe Abb. 1).

Befindet sich der Schuss außerhalb des vorgegebenen Trefferbereiches, muss kontrolliert werden, ob der Seifenblock an einer der Außenseiten stark aufgewölbt ist. Ist die Wölbung nur gering⁵, wie in Abb. 1/Abb. 5, kann der Schuss ausgewertet werden. Fällt die Wölbung größer aus, sollte auf eine Auswertung verzichtet und der Schuss wiederholt werden, da Randeffekte bei gleicher Energiemenge ein verändertes (größeres) Kavernenvolumen bewirken als bei einem Treffer im Zentrum des Simulanz [7].

⁵ Eine Wölbung ist anhand praktischer Erfahrungen als gering einzustufen, wenn sie nicht mehr als 1–2 cm nach außen ragt.

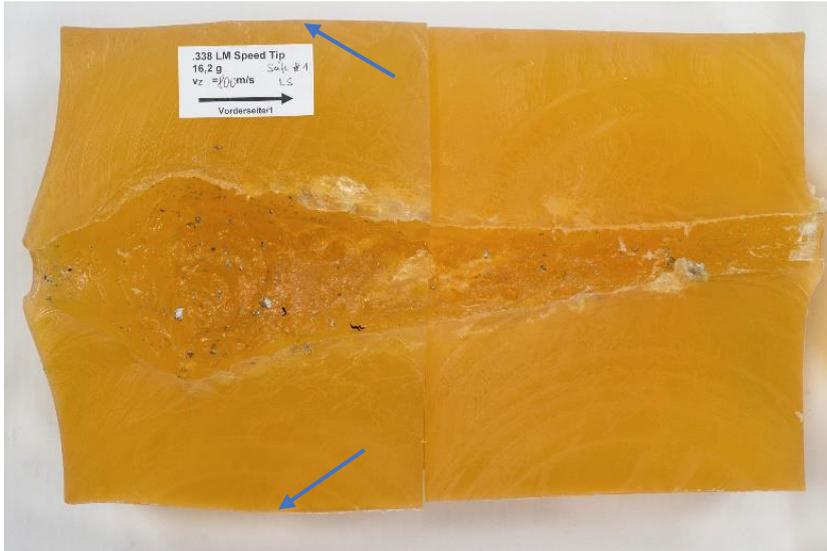


Abb. 5: Die Wölbung der Außenseiten ist nur gering ausgeprägt. Eine Auswertung ist zulässig.

2.3.4 Schneiden der Blöcke

Arbeitsschritte:

- Die beschossenen Blöcke mit einem Wagen zum Schneidtable transportieren (Hinweis: Handschuhe verwenden)

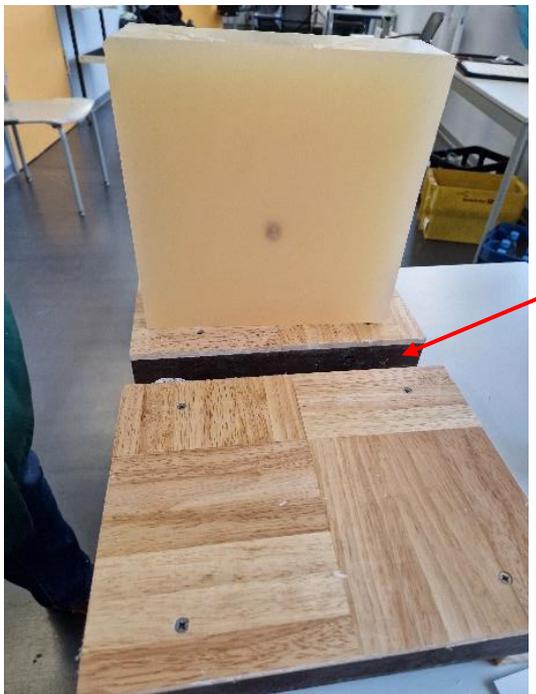


Abb. 6: Labortisch mit Schneidunterlage und einem bereits geschnittenen Seifenblock. Die Auflagefläche ist in der Mitte offen (siehe Pfeil), um ein vollständiges Durchschneiden zu ermöglichen. Auf dem Bild ist weiterhin zu erkennen, dass der Block kurz hinter dem steckengebliebenen Geschoss geschnitten wurde.

- Den vordersten Block auf der Längsseite mittig und möglichst senkrecht zur Auflagefläche vollständig durchschneiden (siehe Abb. 7)⁶

⁶ Als Schneidedraht eignen sich besonders Gitarrensaiten der mittleren und oberen Tonlage aufgrund ihrer hohen Zugfestigkeit und des geringen Querschnittes.

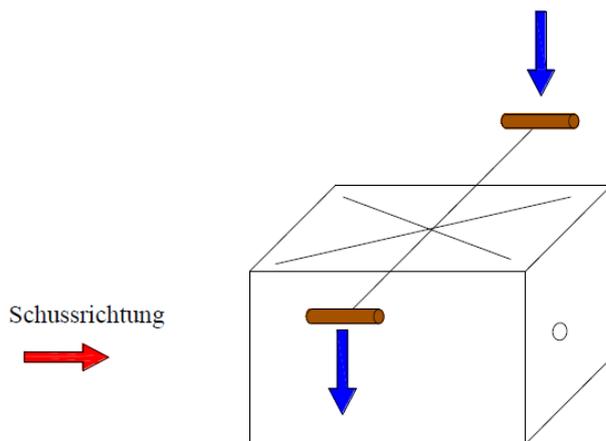


Abb. 7: Schnitfführung bei Halbierung des beschossenen Blockes.

- Blöcke auseinanderziehen (siehe Abb. 8)

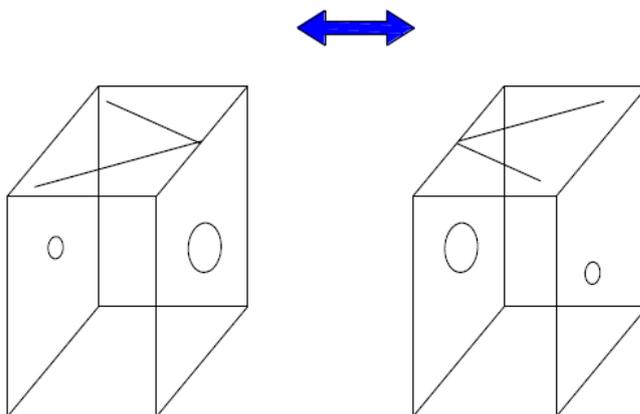


Abb. 8: Auseinanderziehen der Blockhälften.

- Rechte Blockhälfte vom Schneidisch entfernen
- Linke Blockhälfte um 90° auf der Unterlage drehen
- Schneiddraht senkrecht über den höchsten Punkten der Kaverne auf beiden Seiten positionieren (siehe Abb. 9)

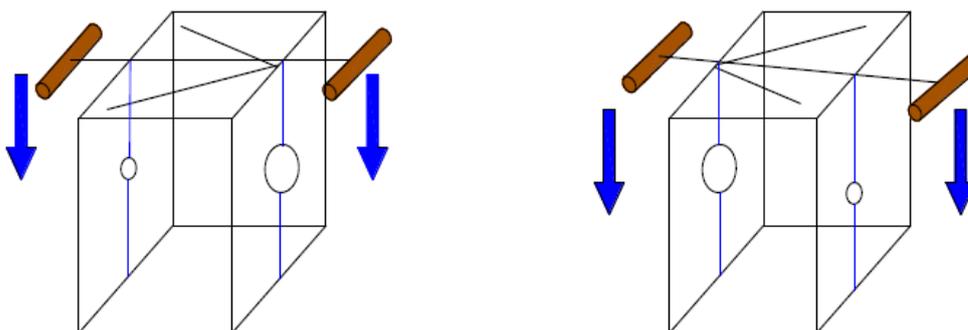


Abb. 9: Schneiden der Blockhälften exakt über dem höchsten Punkt der Kaverne in Richtung tiefsten Punkt der Kaverne.

- Beim Erreichen der Kaverne Schnittgeschwindigkeit verlangsamen und Schneiddraht in Richtung der unteren Ausdehnung der Kaverne führen
- Block vollständig durchschneiden
- Linke Blockhälfte auf Ablage stellen
- Rechte Blockhälfte auf Schneidisch und ebenfalls, wie beschrieben, schneiden
- Rechte Blockhälfte auf Ablage stellen
- Danach hinteren Block analog zur Reihenfolge des vorderen Blockes schneiden
- Bei schrägem Geschossverlauf folgt der Schnittverlauf diesem
- Beide Hälften auseinanderziehen und auf Ablage stellen (siehe Abb. 10)

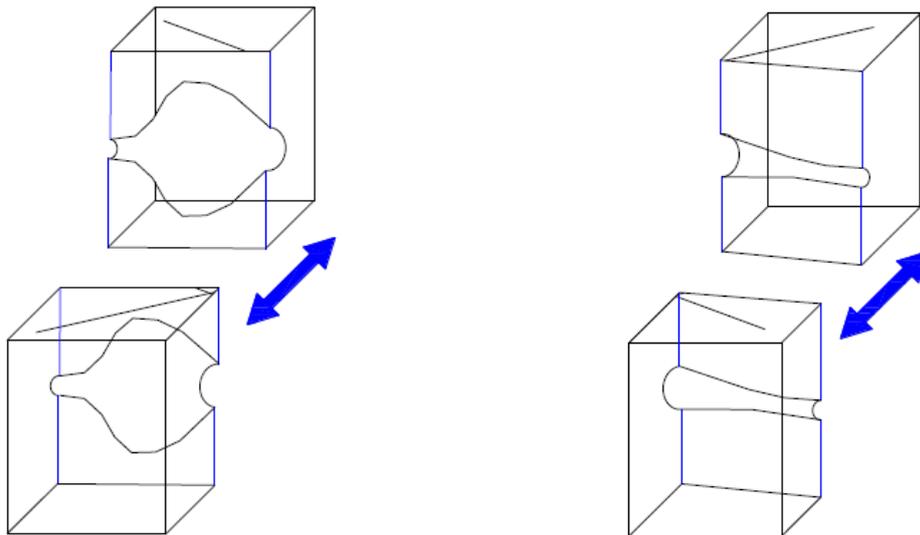


Abb. 10: Auseinanderziehen der Blockstücke.

Hinweise zum Aufschneiden der Blöcke

Wird beim Schneiden der höchste Punkt der Kaverne nicht exakt getroffen, gibt es drei Möglichkeiten:

1. Das Seifenmaterial, das den Schusskanal begrenzt, ist i. d. R. dunkler als das in den Schusskanal hineinragende Material. Wenn die Begrenzung der Kaverne gut sichtbar ist, sind keine weiteren Schritte nötig.
2. Ist die Begrenzung nur schlecht sichtbar, kann mittels scharfem Messer vorsichtig das in die Kaverne hineinragende Material entfernt werden. **Es ist unbedingt darauf zu achten, dass möglichst nur die Messerspitze eingesetzt und die Wandung der Kaverne nicht beschädigt oder gar vergrößert wird.**
3. Wurde der Schusskanal beim Schneiden nicht getroffen, muss vorsichtig nachgeschnitten werden.

Wenn der Geschossrest im Seifenblock zum Stehen gekommen ist, kann der Block 1–2 cm hinter diesem gekürzt werden. Dieser unbeschädigte Teil des Seifenblockes muss nicht weiter aufgeschnitten werden und kann für weitere Versuche verwendet werden (siehe Abb. 6 und Abb. 22)

Beim Schneiden am Geschossrest ist darauf zu achten, dass der Schneiddraht vorsichtig am Geschossrest vorbeigeführt wird, ohne dass sich der Draht verhakt oder der Geschossrest mitgezogen wird. Eine Berührung/ein Vorbeigleiten des Drahtes mit dem/am Geschossrest ist zulässig.

2.3.5 Vorbereitung zum Auswerteverfahren

Arbeitsschritte:

- Zusammenfügen der rechten und linken Blockschnitte entlang des Schusskanals (siehe Abb. 11)

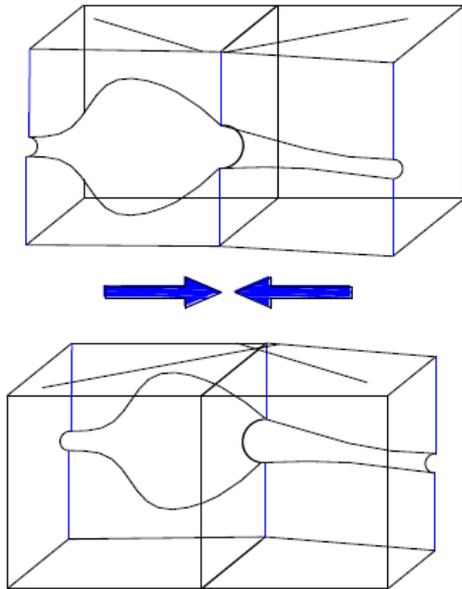


Abb. 11: Zusammenfügen der rechten und linken Blockschnitte entlang des Schusskanals.

- die geschnittenen Blöcke auf die jeweilige Außenseite umklappen (siehe Abb. 12)

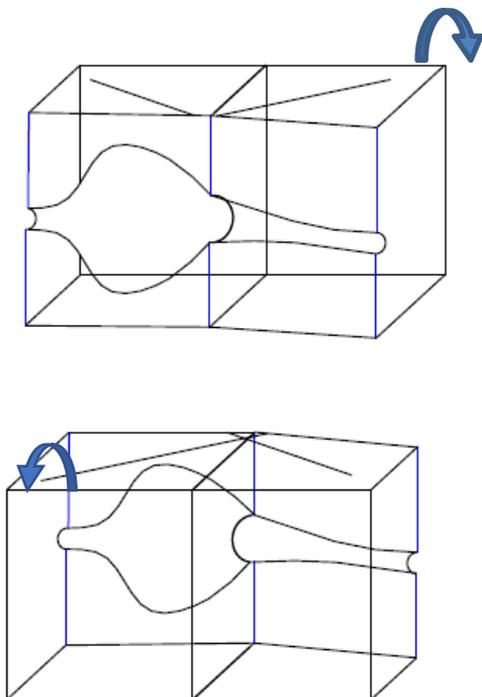


Abb. 12: Gesamten rechten und gesamten linken Blockschnitt auf die jeweilige große Außenfläche legen, so dass die Schnittfläche der Kaverne nach oben zeigt.

- Anbringen der Aufkleber parallel zu der Ober- oder Unterkante des Blockes (siehe Abb. 13)

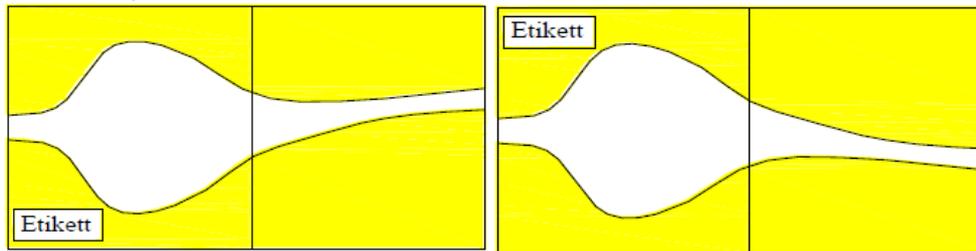


Abb. 13: Blockschnitte etikettieren

Eine längsseitige Hälfte der beiden Blöcke ist zum Fotografieren auf eine Unterlage zu legen. Wurde die Mitte nicht ganz getroffen, kann zur besseren Sichtbarkeit mit einem Messer das überstehende Seifenmaterial am Rand vorsichtig entfernt werden, ohne die Kaverne/ballistische Wundhöhle zu beschädigen (siehe Pfeile Abb. 14).

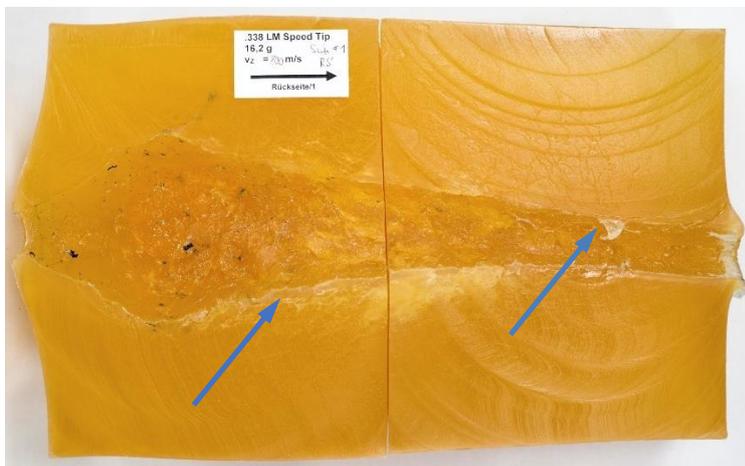


Abb. 14: In die Kaverne hineinragendes Seifenmaterial. Das Seifenmaterial muss nicht entfernt werden, wenn, wie im Foto, die tatsächliche Ausdehnung der Kaverne sichtbar ist.

Alle Blockhälften müssen in Längsrichtung an den jeweiligen Stirnseiten ohne Zwischenabstand auf der Unterlage ausgerichtet werden (ggf. etwas unterlegen) – die Kaverne muss in sich vollständig geschlossen sein!



Abb. 15: Der sichtbare Spalt (blauer Pfeil) kann durch Unterlegen von schmalen Streifen aus Pappe auf der linken Seite (Einschussbereich) beseitigt werden.

Fotografie

Die Fototechnik ist aufzubauen. Folgendes ist zu beachten:

- Verwendung einer geeigneten Kamera (zum Beispiel Spiegelreflexkamera) und eines geeigneten Objektivs, eines Kamerastativs und zweier Kaltlichtlampen
- Für gute Beleuchtung sorgen unter Vermeidung von Schattenwürfen der Blöcke
- Fotoapparat senkrecht und mittig über der längsseitigen Hälfte positionieren
- Der gesamte Block muss auf dem Bild zu sehen sein
- Fotoapparat so ausrichten, dass der Block parallel zur Bildunterkante liegt
- Mehrere Fotos machen
- Kontrolle der Bilder, ob obige Vorgaben erfüllt sind
- Zweite Blocklängsseite analog der ersten fotografieren
- Bilder auf den PC laden

Fehlerquellen beim Fotografieren der Blöcke

Für eine spätere Auswertung am Computer hat es sich bewährt, dass sich auf dem Foto der Einschuss links und der Geschossrest rechts befindet.



Abb. 16: Zusammenschieben der Blöcke zum Fotografieren

An den Verbindungsstellen der Blöcke darf kein Spalt entstehen. Der Schusskanal wäre dadurch in sich nicht geschlossen (siehe Abb. 15).

Die untere Kante der Seifenabschnitte ist parallel zur Kante der Unterlage auszurichten. Das erleichtert die Ausrichtung des Fotoapparates und vermindert Nacharbeiten am Foto.

Die vorbereiteten Etiketten können in die linke obere Ecke oder die linke untere Ecke des Blockes im Einschussbereich aufgeklebt werden (siehe Abb. 13). Auf vollständige Beschriftung der Etiketten (Eintrag der Zielgeschwindigkeit) und eine exakte Länge des maßstäblichen Pfeiles ist unbedingt zu achten.

Das Etikett sollte parallel zur Ober- oder zur Unterkante des Seifenblockes befestigt werden. Dies erleichtert in Verbindung mit dem Ausrichten zum Fotografieren auf der Unterlage eine spätere Kalibrierung über die Pfeillänge.

Zwei zusätzliche Lichtquellen rechts und links neben den Blöcken verbessern die Bildqualität. Auch die Kamera befindet sich mittig über den Blöcken, idealerweise zwischen den beiden Lichtquellen um Parallaxe-Fehler zu vermeiden.

Die Kamera sollte auf einem Stativ befestigt sein, damit das Bild nicht verwackelt und eine hohe Bildqualität erreicht wird. Es sollten mehrere Aufnahmen gemacht werden.

Vorbereitung der Fotografien der Kaverne zur Auswertung am PC

Arbeitsschritte:

- Auswahl des jeweils besten Fotos von beiden Blockhälften
- Bearbeitung der Fotos (Zuschneiden des Bildes, Ausrichtung des Schnittes parallel zur Bildunterkante, Helligkeit, Kontrast)
- Abspeichern des bearbeiteten Fotos

2.3.6 Auswerteverfahren

Zum Ausmessen der Kaverne werden auf dem Markt vielfältige Programme zur Bildvermessung angeboten (zum Beispiel: <https://www.heise.de/download/product/bild-vermessen-86566>). Es sollte auch möglich sein, dass ein Prüfinstitut eine eigene Software zur Bildvermessung und anschließenden Auswertung entwickelt. An dieser Stelle ist für die Größenermittlung der Kaverne exemplarisch die Verwendung des Programmes „k-analyzer“ beschrieben.

Ausmessen der Kaverne mithilfe des Software-Programms „k-analyzer“

Arbeitsschritte:

- Das Programm „k-analyzer“ kann kostenfrei im Internet unter folgender Adresse heruntergeladen werden: <https://bpk-thun.ch/de/services/k-analyzer>⁷
- Öffnen des Programms „k-analyzer“
- Einfügen des vorbereiteten Bildes, unter „Datei“ und „Bilddatei öffnen“
- Größe des Bildes an den vorhandenen Platz im Programm anpassen
- Linien-Maßstab (rot) mit der Beschriftung „1.000“ in den Bereich des Aufklebers ziehen und kürzen
- Bildausschnitt verkleinern für den Bereich des Aufklebers (Schieberegler links neben dem Bild)
- Anfangspunkt der roten Maßstabslinie exakt auf das Pfeilende legen
- Endpunkt der roten Maßstabslinie exakt auf die Pfeilspitze positionieren
- Unter „Bearbeiten“ und „Maßstablänge festlegen“ die Pfeillänge in „mm“ eingeben (zum Beispiel: 50,000 – angezeigt wird: 50.000)
Bildausschnitt wieder vergrößern für gesamten Block
- Mit der Maus die Koordinatenlinien (waagrecht und senkrecht) im Mittelpunkt aufnehmen und den Mittelpunkt so positionieren, dass die horizontale Linie einige Zentimeter unterhalb der Kaverne liegt und die vertikale Linie linksseitig mit dem Seifenblock abschließt
Seifenmaterial, das linksseitig im Bereich des Einschusses übersteht, wird nicht in die Betrachtung einbezogen

⁷ Alle nachfolgenden Schritte beziehen sich auf die derzeit (2023) verfügbare Version.



Abb. 17: Positionierung des Koordinatensystems

- Wechsel über „Modus“ zu „Punkte bearbeiten“
- Mit der Maus untere Begrenzung der Kaverne erfassen und anklicken
- - Danach obere Begrenzung der Kaverne auf derselben senkrechten Linie erfassen und anklicken
- Wichtig: Koordinaten der X-Achse müssen für unteren und oberen Punkt identisch sein!
- Unter „Ansicht“ die Einstellung „Vertikal einrasten“ wählen
- Maus in Schussrichtung bewegen und bei nächster Konturänderung unteren Begrenzungspunkt setzen
- Auf senkrechter Linie nach oben den oberen Begrenzungspunkt der Kaverne setzen
- Die Berechnung ist als Kegelstumpfberechnung aufgebaut
- Hinweis: Messabstände, insbesondere im Bereich vor und während der größten Kavernenausdehnung, nicht zu groß wählen und nach dem Maximum die Abstände zum nächsten Messpunkt möglichst nicht über 40 mm ausdehnen
- Vorgang wiederholen, bis Kavernenende/Geschoss erreicht ist
- Unter „Bearbeiten“ den Befehl „Koordinaten kopieren“ anwählen
- Daten in die Excel-Auswertetabelle in einen nicht hinterlegten Bereich einfügen (Beispiel: Blatt 3) und Kontrolle, ob Dezimaltrennung durch ein „Komma“ gewährleistet ist

Arbeiten mit der Auswertedatei

Die ermittelten Werte aus der Bildvermessung sind in eine Volumenberechnung zu überführen. Es ist für jedes Institut möglich, dazu eine eigene Datei zu erstellen. Denkbar ist auch eine Kombination in nur einem Programm. An dieser Stelle soll exemplarisch die im Anhang beige-fügte Excel-Datei (Blatt 3) für die Volumenberechnung auf Basis von Kegelstümpfen verwendet werden.

Arbeitsschritte:

- Eindringtiefe des Diabolos in den Kopfzeilen der Excel-Auswertetabelle eintragen
- Nur die X- und Y-Koordinaten unter „Werte von k-analyzer“ in die Auswertedatei einfügen
- In der Excel-Datei sind die Berechnungen für „Tiefe“ und „Durchmesser“ hinterlegt
- Alle Werte aus diesem Bereich kopieren und in das Datenblatt „Schuss 1“ unter „Messwerte“, beginnend am gelb unterlegten Feld, einfügen
- Eintragen aller Werte in der Kopfzeile, wobei die Geschossenergie als Formel hinterlegt ist und nicht eingetragen werden muss
- Mit dieser Vervollständigung werden alle Werte in der Excel-Tabelle automatisch berechnet und auch der Funktionsverlauf von Wirksamkeit und abgegebener Energie im Diagramm angezeigt

- Kontrolle, ob Werte und Funktionsverlauf plausibel sind
- Unter „Grafik“ ist das Foto des beschossenen Blockes einzufügen
- Falls erforderlich, kann auch das Foto des Geschossrestes hinzugefügt werden
- Speichern der Auswertung

Hinweise zum Auswerten des Blockes mittels „k-analyzer“ und der Auswertedatei

Nach dem Öffnen und Einfügen des Blockfotos wird das Bild gegebenenfalls in seiner Größe an den vorhandenen Platz im Programm angepasst.

Im nächsten Schritt erfolgt die Anpassung des Linienmaßstabes (1.000) an die Pfeillänge. Bei waagerechter Ausrichtung des Blockes und des Etiketts ergibt sich auch eine gerade Maßstablinie. Ist diese gestuft, wie in Abb. 18, besteht die Möglichkeit, dass die Maßstablinie nicht der Pfeillänge entspricht.

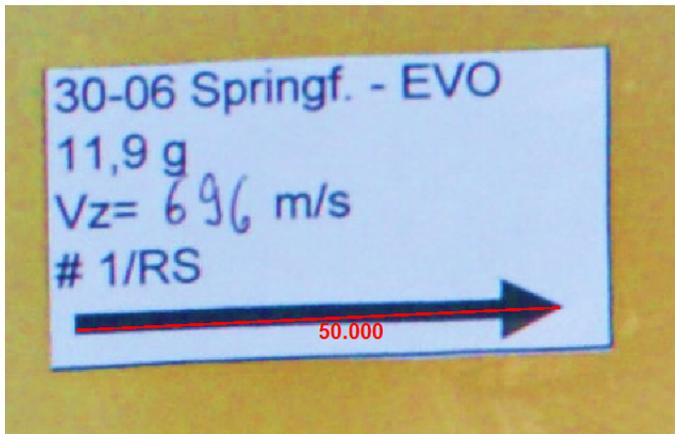


Abb. 18: Gestufte Maßstablinie

Die Maßstablinie muss exakt mit dem Pfeilende und der Pfeilspitze abschließen, da sonst die gemessenen Abstände nicht der realen Ausdehnung der Kaverne entsprechen.

Nach dem Anpassen der Maßstablinie wird die Maßstablänge festgelegt. Dazu ist die Pfeillänge auf zum Beispiel 50 mm abzuändern.

Im nächsten Schritt erfolgt das Festlegen des Koordinaten-Nullpunktes. Dabei schließt die Y-Achse mit der linken, nicht verformten Begrenzung des Seifenblockes ab.

Die charakteristische Wölbung des Materials auf der Einschussseite entsteht durch Materialverdrängung beim Auftreffen des Geschosses und dem nachfolgenden Druck/Unterdruck beim Durchdringen der Seife. Dies wird in die Auswertung nicht einbezogen. Die Auswertung beginnt an der ursprünglichen Außenkante des Seifenblockes (siehe Abb. 17).

Die X-Achse des Koordinatensystems wird wenige Zentimeter unterhalb des tiefsten Punktes der Kaverne positioniert.

Auf dieser äußeren, linken Begrenzung wird in Y-Richtung **erst von unten und dann nach oben** der erste Abstand erfasst. Bei jeder Änderung des Kegelabschnittes erfolgt die nächste Maßabnahme.

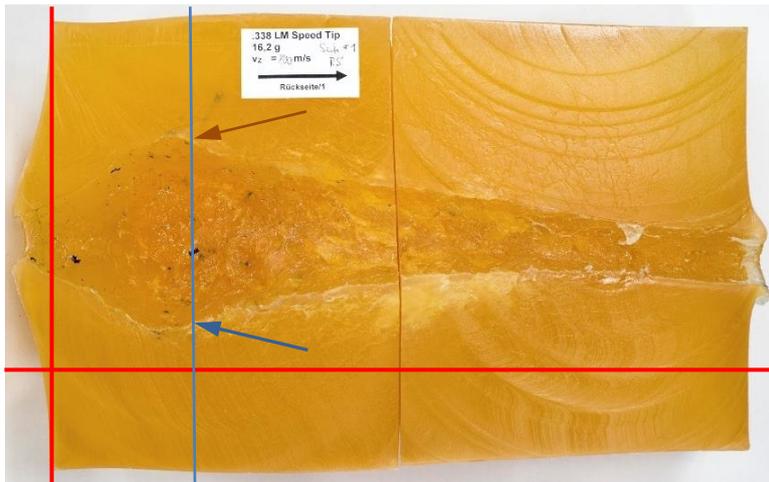


Abb. 19: Erfassung erst der unteren (blauer Pfeil) und danach der oberen Ausdehnung (brauner Pfeil) der Kaverne

Wenn die Punkte von oben nach unten erfasst werden, kann die Auswertedatei das Kegelvolumen nicht berechnen. Deshalb immer die Punkte vom unteren Wert zum oberen Wert erfassen.

Bei der Erfassung der beiden Punkte einer senkrechten Ebene ist darauf zu achten, dass die X-Achse „stehenbleibt“, da es sonst auch in der Auswertedatei zu Fehlern kommen kann. Hier ist die Einstellung „vertikal einrasten“ im Programm hilfreich.

Bei jeder Änderung der Kegel-Geometrie sind die Punkte zu ermitteln. Im Bereich vor, im und kurz nach dem Kavernenmaximum sind kurze Abstände zu wählen, weil hier die Geometrieänderungen am häufigsten sind. Nach der größten Ausdehnung der Kaverne sollte die Schrittweite 40 mm nicht überschreiten. Werden zu große Abschnitte gewählt, besteht die Möglichkeit, feinere Kegelabstufungen nicht mit zu erfassen.

Beim Übergang vom ersten zum zweiten Block entsteht an den Übergangsstellen meist in beiden Randbereichen ein kegelförmiges Erweitern des Schusskanals.

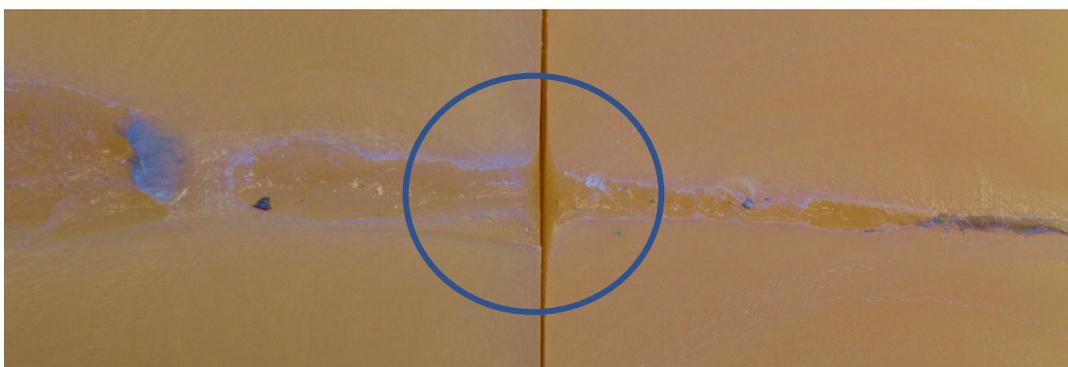


Abb. 20: Beim Übergang des Geschosses vom vorderen in den hinteren Block entstehen meist trichterförmige Aufweitungen.

Diese Trichter werden nicht miterfasst, weil sie nicht den realen Verlauf des Geschossdurchganges repräsentieren. Trotz eng beieinanderstehenden Blöcken wird es immer einen minimalen Abstand zueinander geben, weil die Stirnseiten der Blöcke nicht völlig eben sind. Durch die Materialverdrängung an der Geschosspitze ändert sich der Widerstand im Randbereich der Seife. Seifenmaterial wird auf der Seite des Geschossaustrittes „mitgenommen“ und sorgt

beim Wiedereintritt in den zweiten Block für eine Deformation. Deshalb werden diese Kegel nicht berücksichtigt und der Kavernenverlauf als geradlinig in diesem Bereich angesehen.

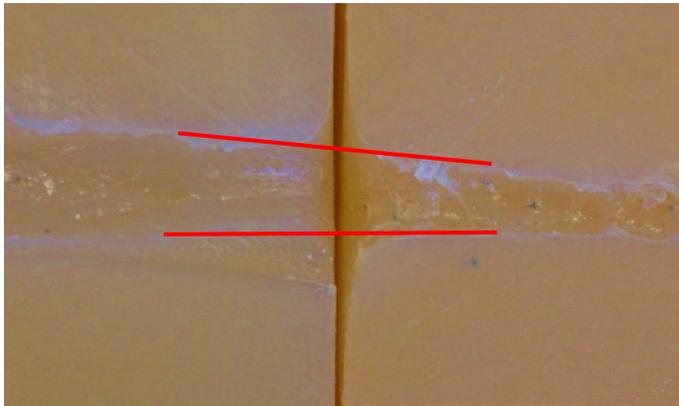


Abb. 21: Während der Auswertung werden diese Kegel nicht berücksichtigt, sondern ein geradliniger Wirkungsverlauf angenommen

Im Verlauf des Geschossdurchganges durch die Seife können die bei Teilerlegungs- und Zerlegungsgeschossen entstehenden Geschossfragmente kleinere bis kleinste Kavernen erzeugen. Diese Volumina stellen eine geringfügige Fehlerquelle dar, weil Geschossfragmente nur über einen äußerst geringen Teil der Gesamtenergie des Geschosses verfügen. Fällt der Verlauf des Seifenschnittes in diesen Bereich, so kann er bis zum Rand der Kaverne zur Auswertung erfasst werden. Nicht erfasst werden kann hingegen der gesamte Verlauf von Splittern in der Seife. Aufgrund der sehr geringen Energieabgabe der Splitter ist dies mit dem Hintergrund der Ermittlung einer maximalen Wirksamkeit nicht erforderlich.

Im Verlauf des Geschossdurchganges durch die Seife neigen nicht nur monolithische Geschosskonstruktionen bei nachlassender Stabilisierung zum Überschlagen. Dadurch entstehen Kavernen, die nicht mehr eine kreisrunde, sondern eine eher elliptische Form haben. Aufgrund der Geschossdrehung um die Längsachse wird der größere Teil der Vertiefung in Form einer Ellipse zu einem bestimmten Zeitpunkt entweder mit dem Schnittverlauf zusammenfallen oder nach wenigen Zentimetern wird der kleinere Teil der Ellipse im Schnittverlauf zu sehen sein. Im Mittel werden die Volumina nahezu dem tatsächlichen Verlauf entsprechen. Da dies häufig erst kurz vor Erreichen des Stillstandes jagdlicher Geschosse eintritt und daher die erzeugten Volumina klein sind, können die ermittelten Ausdehnungen der Kaverne ohne weitere Nachrechnung berücksichtigt werden.

Die Auswertung des Geschossdurchganges erfolgt bis zum vordersten Punkt der Geschosslage in der Seife. Im letzten Wegabschnitt hinterlässt das Geschoss oder der Geschossrest nur noch eine etwa kalibergroße Kaverne – manchmal aber auch kleiner als der Geschossdurchmesser. Diese ist immer bis zu ihrem Ende zu erfassen (siehe Abb. 22).



Abb. 22: Der Geschossweg ist bis zur Außenkante des Geschosses zu erfassen (siehe Pfeil).

Nach dem Kopieren der Koordinaten in ein Excel-Auswertebblatt ist zu kontrollieren, ob die Dezimaltrennung durch ein Komma gewährleistet ist, da eine Dezimaltrennung durch einen Punkt falsche Ergebnisse verursacht. Danach können diese in die Auswertedatei eingefügt werden.

Abschlussprüfung

Zum Abschluss ist die Plausibilität der Ergebnisse und die der grafischen Darstellung zu prüfen. Bei der grafischen Darstellung sind insbesondere die Höhe und die Eindringtiefe des Geschosses bei maximaler Wirksamkeit mit den berechneten Werten zu überprüfen, ebenso auch der Verlauf der Energieabgabe und der Wirksamkeitsfunktion am Ende des Geschossweges.

Des Weiteren ist zu überprüfen, ob sich der Seifenkennwert in einem Bereich von ca. 4 J/cm^3 bis ca. 6 J/cm^3 bewegt. Eine Analyse des Beschusses und beeinträchtigender Faktoren, wie zum Beispiel der Konsistenz der Seife, ist durchzuführen.

Wird die gesamte Energie in den Seifenblöcken abgegeben, sind geringe Abweichungen beim Seifenkennwert zulässig, unter Bezugnahme auf das allgemeingültige Gesetz von Martel [2], das besagt, dass bei der Bildung der Kaverne das Volumen direkt proportional zur dabei aufgewendeten Energie ist.

Werden beide Blocklängshälften ausgewertet, ist letztlich die für eine weitere Betrachtung auszuwählen, die die größte Wirksamkeit (J/cm) aufweist. Eine Bildung eines Mittelwertes aus rechter und linker Blockhälfte ist nicht zulässig, da ein Wirksamkeitsmaximum ermittelt werden soll. Durch die Schnittführung in der Seife können sich bei den Blockhälften durchaus zwei unterschiedliche Werte für die Wirksamkeit ergeben. Es ist stets die Seite mit der größten Kavernenausdehnung im Wirksamkeitsmaximum für die weitere Auswertung zu berücksichtigen.

3 Zusammenfassung

Mithilfe der vorliegenden Arbeit wird eine Anleitung für den Beschuss von ballistischer Seife gegeben, da zur reproduzierbaren und vergleichbaren Ermittlung des wundballistischen Potenzials von Geschossen in der Prüfsimulanz Seife eine standardisierte Vorgehensweise unabdingbar ist. Dadurch können reproduzierbare Ergebnisse bei vergleichenden Untersuchungen im Rahmen von Energieabgabebetrachtungen mit diesem Prüfsimulanz erreicht werden. Die einzelnen Arbeitsschritte für Vorbereitung, Durchführung und Auswertung von Beschüssen auf ballistische Seife werden beschrieben und ergänzt um Hinweise auf mögliche Fehlerquellen im Verfahrensablauf.

4 Literaturverzeichnis

- [1] Kneubuehl B, Thali MJ (2005): *Wundballistik und Virtopsy, Rekonstruktion von Schussverletzungen anhand synthetischer Körpermodelle und modernen radiologischen Methoden*, Kriminalistik 59 (12)
- [2] Kneubuehl B, Coupland R, Rothschild M, Thali, M (Eds) (2008): *Wundballistik*. 3. Auflage, Springer Medizin Verlag ISBN 978-3-540-79008-2
- [3] Kneubuehl B (2015): *Abschlussbericht über die Erarbeitung eines Entwurfs einer Technischen Richtlinie für Jagdgeschosse (TRJ)*. Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung; Projektnummer 314-06.01-2813HS023
- [4] Lahrssen-Wiederholt M et al. (2022): *Report on the technical discussion "Methods of detection of bullet fragments as well as measurement methods for the description of a reliable killing effect in simulants"*
- [5] Kneubuehl B, Rothe S: *k-analyzer 2.4.1*, <https://bpk-thun.ch/de/services/k-analyzer>, version 09/05/2015
- [6] Kneubuehl, B (2015): *Final report on the development of a draft Technical Guideline for Hunting Bullets (TRJ)*, project number 314-06.01-2813HS023 for the Federal Agency for Agriculture and Food, Appendix B.5
- [7] Burgos-Díez I, Zapata F, Chamorro-Sancho MJ; Ruano-Rando MJ, Ferrando-Gil JL, García-Ruiz C et al. (2021): *Comparison between computed tomography and silicone-casting methods to determine gunshot cavities in ballistic soap*, International Journal of Legal Medicine (135:829–836), <https://doi.org/10.1007/s00414-020-02464-0>
- [8] Tsiatis N, Spiliopoulou C, Papadodima S, Moraitis K (2018): *Analysis of Experimental Wound Paths in Tissue Simulants Using CT Scanning, Part I: Shots into Ballistic Soap*, AFTE Journal Volume 50, Number 1
- [9] Pirlot M, Dyckmans G, Bastin I (2001): *Soap and Gelatine for simulating human body tissue: An experimental and numerical Evaluation*, 19th International Symposium of Ballistics, Interlaken, Switzerland
- [10] Gremse F, Krone O, Thamm M, Kiessling F, Tolba RH, Rieger S et al. (2014): *Performance of Lead-Free versus Lead-Based Hunting Ammunition in Ballistic Soap*. PLoS ONE 9(7): e102015. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0102015>
- [11] Jussila J (2004): *Preparing ballistic gelatine – review an proposal for a standard method*, Forensic Science International (141:91-98), doi:101016/j.forsciint.203.11.036

5 Abbildungsverzeichnis

Abb. Deckblatt: Energieabgabe- und Wirksamkeitsprofil eines Norma-Geschosses im Kaliber 30-06	
Abb. 1: Trefferzone (\varnothing 50 mm) für den späteren Beschuss stirnseitig in der Mitte des Seifenblockes und Bereich für den Luftgewehrtest im Abstand von ca. 30 mm zur jeweiligen Außenkante.	6
Abb. 2: Beispiel eines vorbereiteten Aufklebers.	7
Abb. 3: Versuchsaufbau für den Beschuss ballistischer Seife – Zeichnung nicht maßstäblich.	8
Abb. 4: Markierung des Seifenblockes auf der Oberseite vor dem Schneiden.	9
Abb. 5: Die Wölbung der Außenseiten ist nur gering ausgeprägt. Eine Auswertung ist zulässig.	10
Abb. 6: Labortisch mit Schneidunterlage und einem bereits geschnittenen Seifenblock. Die Auflagefläche ist in der Mitte offen (siehe Pfeil), um ein vollständiges Durchschneiden zu ermöglichen. Auf dem Bild ist weiterhin zu erkennen, dass der Block kurz hinter dem steckengebliebenen Geschoss geschnitten wurde.	10
Abb. 7: Schnittführung bei Halbierung des beschossenen Blockes.	11
Abb. 8: Auseinanderziehen der Blockhälften.	11
Abb. 9: Schneiden der Blockhälften exakt über dem höchsten Punkt der Kaverne in Richtung tiefsten Punkt der Kaverne.	11
Abb. 10: Auseinanderziehen der Blockstücke.	12
Abb. 11: Zusammenfügen der rechten und linken Blockschnitte entlang des Schusskanals.	13
Abb. 12: Gesamten rechten und gesamten linken Blockschnitt auf die jeweilige große Außenfläche legen, so dass die Schnittfläche der Kaverne nach oben zeigt.	13
Abb. 13: Blockschnitte etikettieren	14
Abb. 14: In die Kaverne hineinragendes Seifenmaterial. Das Seifenmaterial muss nicht entfernt werden, wenn, wie im Foto, die tatsächliche Ausdehnung der Kaverne sichtbar ist.	14
Abb. 15: Der sichtbare Spalt (blauer Pfeil) kann durch Unterlegen von schmalen Streifen aus Pappe auf der linken Seite (Einschussbereich) beseitigt werden.	14
Abb. 16: Zusammenschieben der Blöcke zum Fotografieren	15
Abb. 17: Positionierung des Koordinatensystems	17
Abb. 18: Gestufte Maßstablinie	18
Abb. 19: Erfassung erst der unteren (blauer Pfeil) und danach der oberen Ausdehnung (brauner Pfeil) der Kaverne	19
Abb. 20: Beim Übergang des Geschosses vom vorderen in den hinteren Block	19
Abb. 21: Während der Auswertung werden diese Kegel nicht berücksichtigt, sondern ein geradliniger Wirkungsverlauf angenommen	20
Abb. 22: Der Geschossweg ist bis zur Außenkante des Geschosses	21

6 Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Seifenbestandteile nach Permatin-Rezeptur der Fa. Walde KG, Innsbruck 5

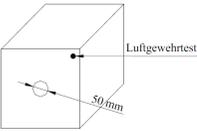
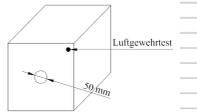
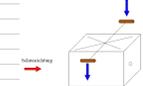
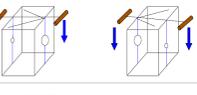
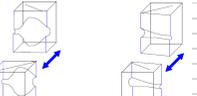
Tab. 2: Angaben zu Kennwerten und Prüfverfahren 5

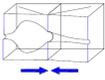
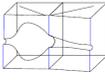
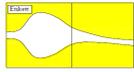
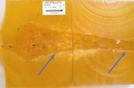
7 Anhang

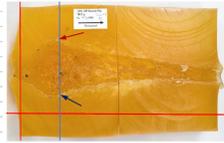
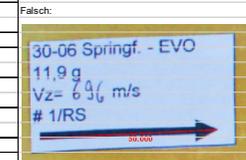
I – Standardarbeitsanweisung für Seifenbeschüsse (tabellarisch) – Excel-Datei 26

II – Auswerteformular Seifenbeschuss – Excel-Datei 29

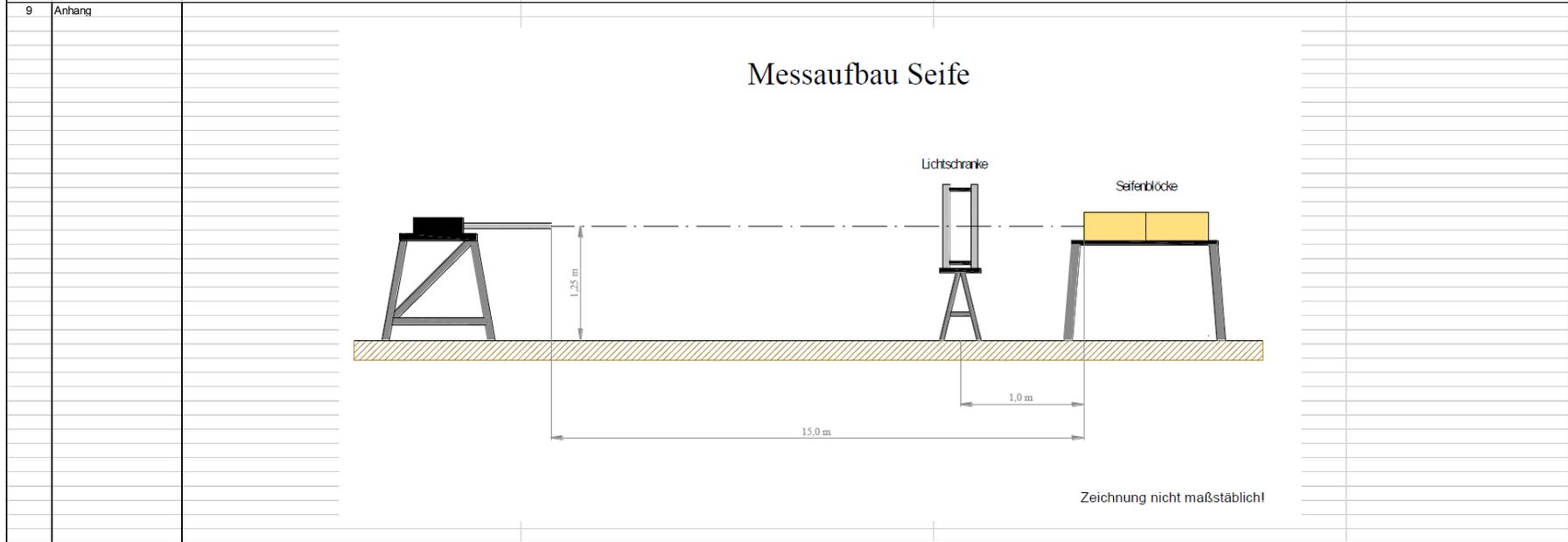
Anhang I – Standardarbeitsanweisung für Seifenbeschüsse (tabellarisch)

Standardarbeitsanweisung					Autor: Ingo Rottenberger
Simulanz: ballistische Seife					
Lfd.Nr.:	Bezeichnung des Arbeitsganges	Tätigkeitsumfang	Hinweise zum Arbeitsgang	zusätzliche Informationen	Abbildungen
1	Arbeitsvorbereitung	Seifenbestellung (nur falls nicht zenral!)	Hersteller: Fa. Walde, Innsbruck	Wichtig: bei Fa. Walde "nach Permatin-Rezeptur" bestellen. Maße des Seifenblockes: 40cm x 25cm x 25cm (LxBxH) Seife ist gelb bis ockerfarben. Lagertemperatur: 15°C bis 20°C (dunkel und trocken)	
		Diabolo-Test mit Luftgewehr (LG) durchführen	Als Wareneingangskontrolle an zwei Blöcken. Geschoss: Flachkopf Diabolo 0,53 g Projektdurchmesser: 4,5 mm ± 0,25 mm Projektilgeschwindigkeit: 300 m/s ± 10 m/s geforderte Eindringtiefe: 90 mm ± 10 mm Distanz zw. Mündung und Stirnfläche der Seife: 5 cm (Toleranz: max. + 5 cm)	Prüfung der Zusammensetzung lt. Zertifikat und techn. Lieferbedingungen Seife sollte nicht älter als 6 Monate sein. LG-Test: Schuss stirnseitig in die obere rechte Ecke der Seifenblöcke. Trefferzone für LG-Test jeweils 30mm vom Rand entfernt - siehe Abbildung.	
		Tiefe des eingedrungenen Diabolos ermitteln Tiefe im Datenblatt notieren		Blöcke wieder in Folie und Karton verpacken.	
		Aufkleber für Seifenblöcke vorbereiten	Aufkleber beinhaltet: 1. Zeile - Kaliber und Geschoss 2. Zeile - Geschossmasse 3. Zeile - Zielgeschwindigkeit (später von Hand einzutragen!) 4. Zeile - Schuss-Nr. und Angabe der auszuwertenden Blockhälfte 5. Zeile - Pfeil mit definierter Länge	Blockhälfte nur dann, wenn beide Hälften ausgewertet werden sollen. Pfeillänge, z.B.: 50,0mm - Genauigkeit ist wichtigste Grundlage für Auswertung!	
2	Beschussvorbereitung	Versuch aufbauen nach Versuchsdesign	Siehe dazu Abbildung im Anhang.	Aufbau zunächst ohne Seifenblöcke Umgebungstemperatur: 17°C bis 23°C	
		Probeschuss auf Indikatorpapier	Abgleich des Haltepunktes mit der Treffpunktlage	Ggf. Korrektur und Wiederholung des Probeschusses.	
		Seifenblöcke positionieren	Immer zwei Seifenblöcke hintereinanderstehend verwenden. Ausrichten der Seifenblöcke in gerader Richtung zum Schuss. Auf der Oberseite bei beiden Seifenblöcke über die Diagonale ein Kreuz einritzen.	Geschossenergie muss vollständig in der Prüfsimulanz aufgenommen werden!	siehe dazu Abb. im Anhang unten
3	Beschuss der Blöcke	Diabolo-Test durchführen Tiefe des eingedrungenen Diabolos ermitteln Wert im Datenblatt notieren	Hinweise siehe oben!	Informationen siehe oben	siehe Abb. oben
		Einrichten der Waffe/Beschussvorrichtung	Auf die Mitte der Stirnseite des vorderen Seifenblockes.		
		Sicherheitsabfrage			
Laden der Waffe/Beschussvorrichtung		Schuss stirnseitig mittig im Block in einem Kreis von 50mm Durchmesser.			
4	Blöcke schneiden	Sicherheitsabgabe	Verschuss der Waffe/Beschussvorrichtung öffnen.	Wölbung an den Außenseiten nicht mehr als 3cm! Falls Geschoss den zweiten Block verlassen hat oder seitlich ausgetreten ist, ist der Beschuss zu wiederholen.	
		Sicherheit herstellen	Geschoss darf weder den ersten noch den zweiten Block verlassen haben!		
		Kontrolle der Seifenblöcke			
		Aufkleber vervollständigen	Zielgeschwindigkeit des Geschosses eintragen		
		Beschossene Blöcke zum Schneidisch transportieren		Hilfsmittlempfehlung: dünne Gitarrensaiten	
		Vorderen Block schneiden	Block mittig zur Längsseite und senkrecht zur Blockauflage durchschneiden.		
		Blockhälften auseinanderziehen			
		Rechte Blockhälfte vom Schneidisch entfernen Linke Blockhälfte um 90° auf der Unterlage drehen Linke Blockhälfte schneiden	Schneiddraht senkrecht über den höchsten Punkten der Kaveme auf beiden Seiten positionieren (siehe Abbildung). Beim Erreichen der Kaveme Schnittgeschwindigkeit verlangsamen und Schneiddraht in Richtung der unteren Ausdehnung der Kaveme führen. Block vollständig durchschneiden.	Falls Mitte nicht exakt getroffen wurde - vorsichtig nachschneiden ohne Beschädigung bzw. Vergrößerung der Kaveme!	
Linke Blockhälften auf Ablage stellen					
Rechte Blockhälfte schneiden	Wie bei linker Blockhälften beschrieben, rechte Blockhälfte schneiden.	Bei schrägem Geschossverlauf folgt diesem der Schrittverlauf!			
Hinteren Block schneiden	Analog zur Reihenfolge des vorderen Blockes.	Bei schrägem Geschossverlauf folgt diesem der Schrittverlauf!			
Beide Hälften auseinanderziehen und auf Ablage stellen	Schneiddraht vorsichtig am Geschoss vorbeiführen.	Block in der Länge kürzen - ca. 2 cm hinter dem Geschoss.			

5	Auswertung vorbereiten	Zusammenfügen der rechten und linken Blockschnitte entlang des Schusskanals (siehe Abb.)				
		Geschnittene Blöcke auf die jeweilige Außenseite legen				
		Anbringen der Aufkleber parallel zu der Ober- oder Unterkante des Blockes (siehe Abb.)		Erleichtert die Auswertung und minimiert Fehlerquellen.		
		Aufbau der Fototechnik Eine längsseitige Hälfte der beiden Blöcke zum Fotografieren auf eine Unterlage legen	Wurde die Mitte nicht ganz getroffen, kann zur besseren Sichtbarkeit mit einem Messer das überstehende Seifenmaterial am Rand vorsichtig entfernt werden, ohne die Kaverne/ballistische Wundhöhle zu beschädigen (siehe Abb. - Pfeile).	Die Kaverne muss in sich vollständig geschlossen sein.		
		Alle Blockhälften müssen in Längsrichtung an den jeweiligen Stirnseiten ohne Zwischenabstand auf der Unterlage ausgerichtet werden Fotoapparat senkrecht und mittig über der längsseitigen Hälfte positionieren	Der gesamte Block muss auf dem Bild zu sehen sein. Fotoapparat so ausrichten, dass der Block parallel zur Bildunterkante liegt. Die Blockstücke müssen eng aneinander liegen und keine Spalten aufweisen (Abbildung zeigt fehlerhafte Lage).		Für gute Beleuchtung sorgen unter Vermeidung von Schattenwürfen der Blöcke.	
		Fotografieren Kontrolle der Bilder, ob obige Vorgaben erfüllt sind Bei Notwendigkeit: zweite Blocklängsseite analog wie erste fotografieren Bilder auf den PC laden			Vermeidung von Parallaxe durch senkrecht Fotografieren! Lageempfehlung: Einschuss links - Geschoss(rest) rechts im Bild. Es ist empfehlenswert, mehrere Fotos zu machen.	
6	Auswertung am PC	Auswahl des jeweils besten Fotos von beiden Blockhälften Bearbeitung der Fotos Abspeichern des bearbeiteten Fotos	Zuschneiden des Bildes, Ausrichtung des Schnittes parallel zur Bildunterkante, Helligkeit und Kontrast anpassen.			
7	Arbeit mit „k-analyser“	„k-analyser“ - kostenfreier Download	https://bpk-thun.ch/de/services/k-analyzer			
		Öffnen des Programms				
		Einfügen des vorbereiteten Bildes, unter „Datei“ und „Bilddatei öffnen“				
		Größe des Bildes an den vorhandenen Platz im Programm anpassen				
		Linien-Maßstab (rot) mit der Beschriftung „1.000“ in den Bereich des Aufklebers ziehen und kürzen				
		Bildausschnitt verkleinern für den Bereich des Aufklebers	Schieberegler links neben dem Bild.			
		Anfangspunkt der roten Maßstablinie exakt auf das Pfeilende legen				
		Endpunkt der roten Maßstablinie exakt auf die Pfeilspitze positionieren		Die rote Maßstablinie darf nicht gestuft sein - Fehlerquelle!		
		unter „Bearbeiten“ und „Maßstablänge festlegen“				
		Pfeillänge in „mm“ eingeben	Zum Beispiel: 50.000			
		Bildausschnitt wieder vergrößern für gesamten Block				
		Koordinatenlinien (vertikal und horizontal) im Mittelpunkt aufnehmen und den Mittelpunkt positionieren	Die horizontale Linie liegt einige Zentimeter unterhalb der Kaverne, die vertikale Linie schließt linksseitig mit dem Seifenblock ab.	Seifenmaterial, das linksseitig im Bereich des Einschusses übersteht, wird nicht in die Betrachtung einbezogen!		
Wechsel über „Modus“ zu „Punkte bearbeiten“						
Mit der Maus untere Begrenzung der Kaverne erfassen und anklicken		Immer erst unten und dann oben Punkt erfassen - sonst Fehler im Programm! Nutzung der Funktion „Vertikal einrasten“.				
Danach obere Begrenzung der Kaverne auf derselben senkrechten Linie erfassen und anklicken	Wichtig: Koordinaten der X-Achse müssen für unteren und oberen Punkt identisch sein!	(Siehe Abb.: Erst Punkt am blauen Pfeil erfassen, dann Punkt am roten Pfeil!				
Unter „Ansicht“ die Einstellung „Vertikal einrasten“ wählen						
Maus in Schussrichtung bewegen und bei nächster Konturänderung unteren Begrenzungspunkt setzen						
Auf senkrechter Linie nach oben den oberen Begrenzungspunkt der Kaverne setzen	Die Berechnung ist als Kegelstumpfberechnung aufgebaut. Wichtig: Abstände insbesondere im Bereich vor und während der größten Kavernausdehnung nicht zu groß wählen und nach dem Maximum die Abstände möglichst nicht über 40 mm auszudehnen!					
Vorgang wiederholen bis Kavernenende/Geschoss erreicht ist		Beim Übergang vom ersten zum zweiten Block ist die trichterförmige Erweiterung nicht mit zu erfassen, sondern als gerader Schusskanal. Kleinste Kavernen durch Sekundärsplitter werden nicht mit erfasst. Ellipsenförmiger Querschnitt, durch Geschossdrehung verursacht, als kreisförmigen Querschnitt erfassen.				
unter „Bearbeiten“ den Befehl „Koordinaten kopieren“ anwählen						
Daten in die Excel-Auswertetabelle in einen nicht hinterlegten Bereich einfügen						
Kontrolle, ob Dezimaltrennung durch ein „Komma“ gewährleistet ist		Dezimaltrennung durch „Punkt“ ergibt falsche Werte bei Berechnung.				



8	Arbeit mit Auswertedatei	Eindringtiefe des Diabolos in den Kopfzeilen eintragen		
		Nur die X- und Y-Koordinaten unter „Werte von k-Analyse“ in die Auswertedatei einfügen	In der Excel-Datei sind die Berechnungen für „Tiefe“ und „Durchmesser“ hinterlegt.	
		Alle Werte aus diesem Bereich kopieren und in das Datenblatt „Schuss 1“ unter „Messwerte“, beginnend am gelb unterlegten Feld, einfügen		Alle Werte durch die Excel-Tabelle selbständig berechnet!
		Eintragen aller Werte in der Kopfzeile	Die Geschossenergie ist als Formel hinterlegt und wird nicht eingetragen.	Der Funktionsverlauf von Wirksamkeit und abgegebener Energie wird im Diagramm angezeigt.
		Kontrolle, ob Werte und Funktionsverlauf plausibel sind	Prüfen, ob Seifenkennwert im Bereich von 4 J/cm ² bis 6 J/cm ² liegt.	Geringe Toleranzen nach oben und unten sind zulässig! Werte < 4 J/cm ² deuten auf relativ frische Seife hin. Werte > 6 J/cm ² deuten auf längere Lagerdauer der Seife hin. Zulässigkeit in Verbindung mit Diabolo-Test und anderen Ergebnissen prüfen!
		Unter „Grafik“ ist das Foto des beschossenen Blockes einzufügen		Werden beide Blockhälften ausgewertet, ist die Hälfte heranzuziehen, die die größte Wirksamkeit aufweist!
		Foto des Geschossrestes (falls vorhanden) hinzufügen		Mittelwertbildung aus den Werten der beiden Blockhälften ist nicht zulässig.
		Speichern der Auswertung		



Anhang II – Auswerteformular Seifenbeschuss – Blatt 1

Auswertung von Seifenbeschüssen											Seite 1
zur Bestimmung der Geschosswirksamkeit											
Kaliber:			mm					Auftrag:			
Kaliber (nominal):			mm					Versuchsdatum:			
Geschosstyp:								Auswertedatum:			
Hersteller:											
Geschossmasse:			g					Eindringtiefe Diabolo:	mm		
Schuss:								Realmass [mm]:			
Auftreffgeschwindigkeit:			m/s					Bildmass [mm]:			
Auftreffenergie:			0,0 J					Massstabsfaktor:			
Nr.	Messwerte		Segment		Volumen- summe [cm ³]	Energieprofil		abgegebene			
	Tiefe [mm]	Durchm. [mm]	Länge [cm]	Volumen [cm ³]		Tiefe [cm]	Wirksamkeit [J/cm]	Energie [J]	Werte für Grafik		
0			0,00			0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1			0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2			0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3			0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
4			0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
5			0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
6			0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
7			0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
8			0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
9			0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
10			0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
11			0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
12			0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
13			0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
14			0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
15			0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
16			0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
17			0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
18			0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
19			0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20			0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
21			0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
22			0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
23			0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
24			0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
25			0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
4	Seifenkennwert experimentell:		#DIV/0!		J/cm ³						
25	Seifenkennwert für Rechnung:		#DIV/0!		J/cm ³						
	1/Seifenkennwert:		#DIV/0!		cm ³ /J						

Diagramm

Anmerkung: Die hinterlegten Feldfunktionen sind nur in der Online-Ausgabe verfügbar.

Auswerteformular Seifenbeschuss – Blatt 3

	Werte von k-Analyzer			Eintrag in Tabelle	
	Nr	x	y	Tiefe	Durchmesser
1				0,000	0,000
2				0,000	0,000
3				0,000	0,000
4				0,000	0,000
5				0,000	0,000
6				0,000	0,000
7				0,000	0,000
8				0,000	0,000
9				0,000	0,000
10				0,000	0,000
11				0,000	0,000
12				0,000	0,000
13				0,000	0,000
14				0,000	0,000
15				0,000	0,000
16				0,000	0,000
17				0,000	0,000
18				0,000	0,000
19				0,000	0,000
20				0,000	0,000
21				0,000	0,000
22				0,000	0,000
23				0,000	0,000
24				0,000	0,000
25				0,000	0,000
26				0,000	0,000
27				0,000	0,000
28					
29					
30					
31					
32					
33					
34					
35					
36					
37					
38					
39					
40					
41					
42					
43					
44					
45					
46					
47					
48					
49					
50					