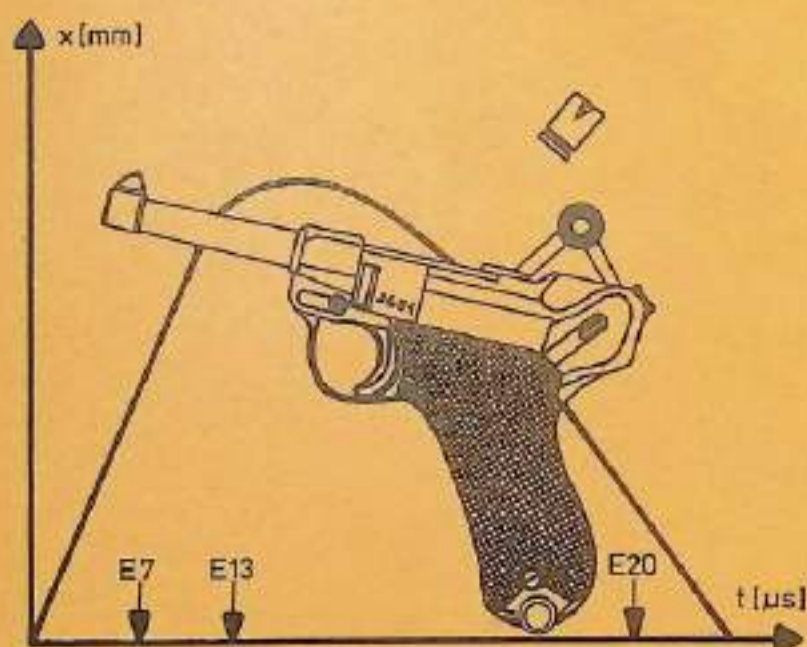




JIM HAMBY

**Dynamik des Hülsenauswurfs
und
Entstehung von Systemspuren
auf verfeuerten Hülsen**



7^{en}

674

Dynamik des Hülsenauswurfs
und
Entstehung von Systemspuren
auf verfeuerten Hülsen

Kriminaltechnisches Institut
des Bundeskriminalamtes Wiesbaden

Dipl.Phys. Ruprecht Nennstiel

Inhalt

I.	Einleitung	1
II.	Experimentelle Methoden	3
1.	Ablauf eines Experiments	3
a)	Präparation der Waffe	3
b)	Präparation der Kamera	4
c)	Beleuchtung	8
d)	Ermittlung der Aufnahmedaten	9
2.	"Stereoaufnahmen"	10
3.	Funkenblitzaufnahmen	11
III.	Filmauswertung	14
1.	Zeitmessung	14
2.	Bestimmung der Ortskoordinaten	15
3.	Verschlusßdynamik	17
4.	Ereignisablauf	18
5.	Spurenbeschreibung	18
6.	Spurenentstehung	18
IV.	Ergebnisse	19
1.	Allgemeines	19
a)	Spurenauswertung	19
b)	Verschlusßdiagramme	23
c)	Funkenblitzaufnahmen	23

2. untersuchte Waffensysteme	23
Kal. 6.35 mm Browning	25
Beretta 950 B	27
Erma EP 655	32
FN Baby	38
Walther TP	43
Kal. 7.65 mm Browning	49
Beretta Mod. 70	51
FEG Mod. 48	58
Walther PPK	63
Kal. 9 x 18 Ultra	71
PM 63	73
SIG Sauer P 230	79
Kal. 9 mm Kurz	87
Heckler und Koch HK 4	89
MP MAC M II	97
Ka. 9 mm Parabellum	103
Beretta Mod. 92	105
FN GP	110
Heckler und Koch PSP	115
Mauser "08"	122
SIG Sauer P 220	128
SIG Sauer P 225	135
Walther P 5	141
Walther P 38	147
Kal. 45 ACP	153
Colt Mod. 1911 A 1	155
Danksagung	160

V. Anhang	161
Ereignisliste	162
Programm HISPAD	163
Programm STEREO	171
Programme HUEFA-DATA, HUEFA	176

I. Einleitung

Eine wesentliche Aufgabe des Schußwaffenerkennungsdienstes im Bundeskriminalamt ist die Schußwaffensystembestimmung. Hierunter versteht man das Erkennen eines Waffensystems anhand charakteristischer Spurenmerkmale auf Hülsen oder/und Geschossen, die am Tatort gesichert werden. Infolge der Zentralstellenfunktion des Schußwaffenerkennungsdienstes werden alle in der Bundesrepublik Deutschland anfallenden im Zusammenhang mit Schußwaffenstraftaten gesicherten Munitionsteile einer solchen Untersuchung unterzogen. Die auftraggebende Dienststelle erhält mit dem Untersuchungsergebnis oft eine wichtige Unterstützung für die weitere Fahndung oder es können nicht systemgleiche aber à priori verdächtige Waffen sofort als Tatwaffen ausgeschieden werden.

Die Grundlagen der Systembestimmung wurden in den 20er Jahren von Mezger, Heess & Hasslacher geschaffen und in ihrer berühmten Arbeit "Die Bestimmung des Pistolensystems aus verfeuerten Hülsen und Geschossen", Arch.f.Krim. 89 (1931) S. 1-32, S. 93-116 niedergelegt. Die Systembestimmung arbeitet auch heute im wesentlichen nach den dort beschriebenen Methoden.

In letzter Zeit sind hier Bemühungen des FBI mit einem computer-gestützten Verfahren (CLIS) zur Systembestimmung bekannt geworden, doch bringt diese Methode nach hiesiger Beurteilung aufgrund der vielen getroffenen Vereinfachungen keine wesentlichen Fortschritte. Sicherlich bedarf das Verfahren der Schußwaffensystembestimmung einer grundlegenden Weiterführung, wobei auch EDV-Methoden nutzbringend anwendbar sind.

Die vorliegende Arbeit beschäftigt sich anhand mehrerer Beispiele mit einigen Aspekten der Schußwaffensystembestimmung und gibt einige Anhaltspunkte zu physikalischen Gegebenheiten der Spurenentstehung beim Hülsenauswurf.

Jedem Schußwaffensachbearbeiter bei Polizeidienststellen sind sicherlich Systemmerkmale bekannt, die gewissermaßen eine Systembestimmung "auf einen Blick" zulassen. Die berühmte "Walther-

Fahne" oder das "08-Dreieck" gehören dazu. Ihre Entstehung während des Auswurf- oder Patronenzuführungsprozesses war bisher ungeklärt. Die Entstehung solcher "besonderer Spuren" ist ein Hauptthema dieser Arbeit.

Da es sich bei den angewandten Untersuchungsmethoden (Hochgeschwindigkeitsfotografie und Funkenblitzfotografie) um Verfahren handelt, die zumindest im Bereich der Kriminaltechnik noch keine weite Verbreitung erfahren haben, wurde ausführlich auf die experimentellen Anordnungen eingegangen. Auch den Schilderungen der Versuchsauswertungen wurde breiter Raum gegeben.

Mit dieser Verfahrensweise wird die Hoffnung verbunden, dem interessierten Leser, der eventuell selbst eine Anwendung dieser Technik beabsichtigt, einige praktische Tips und Anregungen gegeben zu haben.

Es ist jedoch durchaus möglich, die entsprechenden Kapitel zu überspringen und sich auf die Untersuchungsergebnisse in Kap. IV zu beschränken.

II. Experimentelle Methoden

Zur experimentellen Untersuchung der Verschlußdynamik an Selbstladewaffen und Maschinenpistolen und der Beobachtung des Hülsen-
auswurfs bieten sich Methoden der Hochgeschwindigkeitsfotografie
an.

Den besten Eindruck vom dynamischen Ablauf des Auswurfvorganges
geben zweifelsohne die bewegten Bilder von High-Speed Filmen. Man
verwendet bei der fotografischen Aufzeichnung eine höhere Auf-
nahmefrequenz als bei der Wiedergabe (25 Bilder pro Sekunde),
wodurch der bekannte "Zeitlupeneffekt" erzielt wird.

Zudem sind die auf dem Markt befindlichen 16mm Hochgeschwindig-
keitskameras, mit Aufnahmefrequenzen bis zu 10 000 Bildern pro
Sekunde im normalen 16 mm Format, zur Untersuchung waffentechni-
scher Vorgänge die vergleichsweise "langsam" ablaufen bestens
geeignet. Typische Verschlußgeschwindigkeiten bei Selbstladewaf-
fen liegen meist unter 10 m/s.

Für die Untersuchungen wurde eine Hochgeschwindigkeitskamera
HITACHI 16 HD mit optischem Bildausgleich (Drehprisma) verwendet.
Bei der Aufnahme wird der Film kontinuierlich durch die Kamera
bewegt, während das Drehprisma das Bild dem Film so nachführt,
daß eine scharfe Abbildung erfolgt.

Als Filmmaterial standen 16 mm Filme auf reißfester Unterlage und
einer Länge von ca. 40 m zur Verfügung. Je nach erreichbarer
Leuchtdichte konnten Filme bis herab zu 22 DIN Empfindlichkeit
verarbeitet werden.

1. Ablauf eines Experiments

a) Präparation der Waffe

Für die Aufnahme eines Hülsenauswurfs wird die zu untersuchende
Waffe fest in eine Halterung eingespannt (Ransom Rest). Die
Anpassung an verschiedene Griffstücke erfolgt durch entsprechende
Griffschalen, die für jedes Waffensystem speziell hergestellt

werden mußten. Um zu vermeiden, daß sich die Waffe infolge des Rückstoßes bei der Schußabgabe aus dem Bildfenster der Aufnahmekamera bewegt, ist ein fester unverrückbarer Sitz notwendig.

Für Auswertezwecke wird die Waffe, insbesondere im Bildausschnitt befindliche Bereiche des Auswurffensers mit Meßmarken versehen. Es werden mindestens zwei Meßmarken auf feststehenden Waffenteilen und eine Meßmarke auf dem bewegten Verschlusstück benötigt (siehe auch Kap. III. Auswertung).

Zur Kontrastverbesserung auf dem Registrierfilm ist es vorteilhaft, den interessierenden Bereich der Waffe mit lichtreflektierendem Material zu bekleben. Hierzu steht eine Hochreflexfolie zur Verfügung, bei der kleine Glaskügelchen eingelegt sind, welche das auftreffende Licht bevorzugt in diejenige Richtung reflektieren, aus der das Licht auftrifft. Bei Verwendung dieser Folie ordnet man die Beleuchtungskörper dicht neben der optischen Achse der Objektivlinse an.

Weißes Pappe oder weißes Papier sind jedoch als reflektierendes Material ebenfalls ausreichend.

Mittels eigens für die gestellten Aufgaben konstruierter Zusatzgeräte besteht die Möglichkeit pro Filmaufnahme mehrere Hülsenauswürfe festzuhalten, so daß mehrere Patronen ins Magazin der zu untersuchenden Waffe geladen werden können.

Zur Verbesserung des seitlichen Einblicks in die Waffe, wenn der Verschuß interessierende Teile wie z.B. den Auswerfer verdeckt, kann die Waffenhalterung beliebig geneigt werden.

b) Präparation der Kamera

Da in der Regel nur kleine Bereiche der Waffe um den Auswurfbereich interessieren, andererseits ein gewisser Abstand von Objekt zur Kamera wegen des Aufbaus der Beleuchtungskörper notwendig ist, werden langbrennweitige Objektive für die Aufnahmen bevorzugt verwendet. Meist wurde bei den Aufnahmen ein Objektiv mit 150 mm Brennweite benutzt. Bei einer Formatbreite von ca. 10 cm liegt der Aufnahmeabstand hierbei bei ca. 1,8 m.

In den folgenden Betrachtungen wird nicht der Aufnahmeabstand a der Linsenhauptebene vom Objekt, sondern der meßtechnisch leichter zugängliche Abstand z Objekt - Filmebene verwendet.

Je nach erreichbarer Ausleuchtung wurden Filme unterschiedlicher Empfindlichkeit eingesetzt (22, 25, 27, 31 DIN).

Alle Filmtypen besitzen eine reißfeste Polyester-Unterlage und eine Länge von 125ft. Im Hinblick auf die Auswertbarkeit und die Filmqualität ist eine Emulsion geringerer Empfindlichkeit stets vorzuziehen, jedoch sind diesem Bestreben durch die erforderlichen hohen Leuchtdichten bei kleinen Einzelbildbelichtungszeiten (typisch: 40 μ s) Grenzen gesetzt. Filme mit einer größeren Länge als 125 ft. können zwar in der Kamera geladen werden, sind jedoch zum Studium der Auswurfdynamik nicht notwendig, da der Zeitpunkt der Schußabgabe recht gut getriggert werden kann.

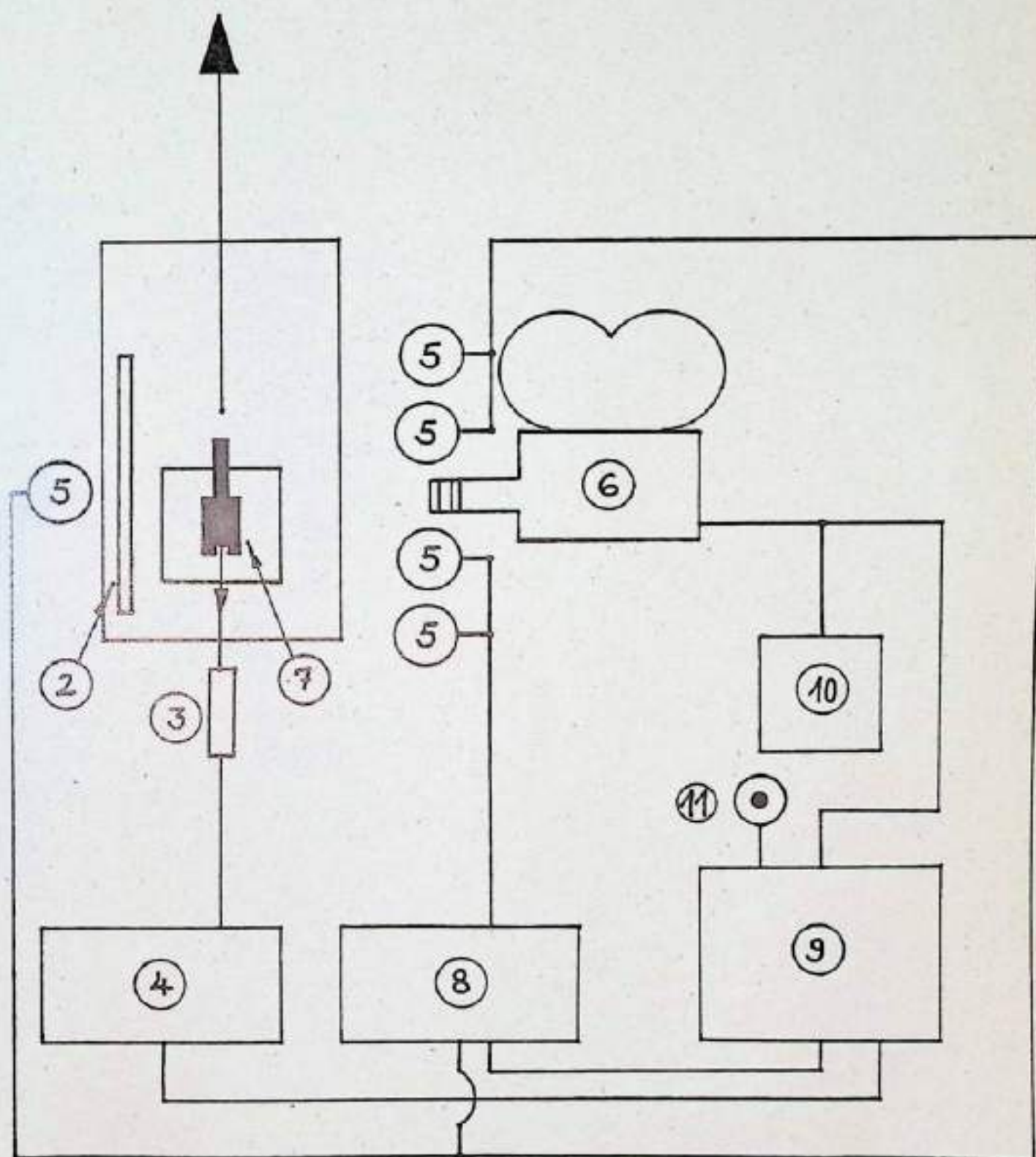
Die Schußabgabe wird automatisch von der Kamera gesteuert. Dies ist insbesondere unumgänglich notwendig, wenn mehrere Hülsenauswürfe pro Film aufgezeichnet werden sollen. Selbst bei einer Einzelschußauslösung und den kurzen Filmdurchlaufzeiten ist eine manuell vorgenommene Schußauslösung mit großer Unsicherheit hinsichtlich ihrer Synchronisierung behaftet. Bei höchster Aufnahme Frequenz von 8000 pps (pictures per second) und 125 ft. Filmlänge beträgt die Filmdurchlaufzeit weniger als 0.9 s. bei 5000 pps ca. 1.4 s.

Die Synchronisierung der Schußabgabe mit dem Filmdurchlauf wird an der Kamera mit Hilfe des sog. "Event-Schalters" bewerkstelligt. Nach vorgewählter Filmdurchlauflänge schließt ein Relais, welches zur Ansteuerung der Ereignisauslösung verwendet werden kann. Die Filmvorlauflänge wird entweder so gewählt, daß die Kamera anschließend mit konstanter Aufnahme Frequenz (max. 5000 pps) läuft, bzw. daß auf der noch verfügbaren restlichen Filmlänge die gewünschte Anzahl an Ereignissen aufgezeichnet werden kann.

Die eigentliche Schußauslösung erfolgt mittels eines Hubmagneten, der über eine starre Stange mit dem Abzug der Waffe verbunden ist. Wird der Hubmagnet, der an einem "Ereignisauslösegerät" angeschlossen ist, eingeschaltet, (initiiert durch den Kontaktschluß am "Event-Schalter") so zieht er an und die Waffe löst aus.

Im Ereignisauslösegerät wurde zusätzlich ein Taktgeber eingebaut (mit getrennt über Potentiometer einstellbaren Ein- und Ausschalt-dauern), wodurch nach Ereignisstart durch den Event-Schalter der Hubmagnet periodisch ein- und ausgeschaltet werden kann, also eine Schußserie ausgelöst wird.

*Schematische Darstellung
des Versuchsaufbaus bei
Filmaufnahmen mit der Hoch-
geschwindigkeitskamera zur
Beobachtung des Hülsenaus-
wurfs*



1 Ziel
2 Mattglas
3 Hubmagnet
4 Ereignissteuergerät
5 Lampen à 2 KW

6 Kamera
7 Waffe
8 Lampensteuergerät
9 Kamerasteuergerät
10 Zeitmarkengenerator
11 Auslöseknopf

c) Beleuchtung

Zur Auflichtbeleuchtung des Objekts dienen 4 Halogenfoto-leuchten mit je 2 Lampen (4 x 2 kW). Diese Lampen werden möglichst nahe am Objekt, jedoch außerhalb des Kamera-objektivblickwinkels angeordnet. Hinter dem Objekt wird eine Mattglasscheibe angebracht, die zur Hintergrundaufhellung mit einer weiteren Halogenlampe angeleuchtet wird.

Hinsichtlich ihrer Lichtausbeute sind Halogenlampen sicher nicht die optimale Lösung. Sie sind jedoch nach dem Einschalten sofort betriebsbereit und man erhält flimmerfreie Bildfolgen.

Es muß davon ausgegangen werden, daß i.d.R. die dunkel brünierten Waffenteile insbesondere das Verschlüßinnere sowie die Hülse wenig oder gar kein Licht reflektieren, so daß zur Sichtbarmachung der Hülsenbewegung Hintergrund und Verschlüßstück hell erscheinen müssen. Versuche, die Hülse reflektierend zu gestalten, führten nicht zum Ziel.

Bei der Anordnung der Lampen nahe am Objekt muß eine Objekterwärmung in Kauf genommen werden. Weiterhin kann die durch Wärmeabgabe erhitzte Luft zu Bildunschärfen führen. Diese Nachteile werden umgangen, wenn man die Lampen synchron mit dem Filmstart einschaltet. Hierzu wurde im Kamerasteuergerät ein Relais eingebaut, welches beim Filmstart einen Kontakt schließt und nach dem Filmdurchlauf abfällt, so daß die Lampen nur während des eigentlichen Filmdurchlaufs in Betrieb sind. Selbstverständlich lassen sich die Lampen zu Ausleuchtungszwecken (Justierung) manuell einschalten. Hierzu dient ein eigens konstruiertes Lampensteuergerät.

d) Ermittlung der Aufnahmedaten

Aus Bequemlichkeitsgründen wird die Ermittlung der Aufnahmedaten mittels eines BASIC-Mikrocomputerprogramms (HISPAD - High-Speed-Aufnahmedaten) durchgeführt. Nach Eingabe der Brennweite f des Aufnahmeobjektivs (meist $f=150$ mm) und des gewünschten Bildausschnitts (Breite des Bildfensters) für die jeweilige Waffe, errechnet sich die Aufnahmeentfernung z (d.h. Abstand Objekt-Filmebene). Möglicherweise müssen bei Unterschreitung der kleinst möglichen Einstellentfernung des verwendeten Objektivs noch Zwischenringe eingefügt werden.

Das Programm bietet Auswahlmöglichkeiten an.

Ist die Objektgeschwindigkeit, d.h. die Geschwindigkeit des rücklaufenden Verschlusses, annähernd bekannt, so berechnet das Programm mögliche Betriebsdaten der Kamera unter der Bedingung, daß keine Bewegungsunschärfen auftreten sollen. Man wählt dann bei gegebener Verschlusskonstante k die Aufnahmefrequenz groß genug um Bewegungsunschärfen zu vermeiden.

Die Möglichkeit einer Abschätzung der Objektgeschwindigkeit ergibt sich durch Anwendung des Impulssatzes: $m_G \cdot v_G = m_V \cdot v_V$

Der Index G bezieht sich hierbei auf das Geschöß, V auf den Verschluss der Waffe.

m ist die entsprechende Masse, v die Geschwindigkeit.

Wichtig für die richtige Belichtung des Filmmaterials sind neben der Filmempfindlichkeit (DIN) und Leuchtdichte L (cd/m^2) des Objekts die gewählte Objektivblende B und die Einzelbildbelichtungszeit T . Letztere hängt gemäß $T=1/k \cdot \dot{V}_A$ von der Kameraverschlusskonstante k und der Aufnahmefrequenz $\dot{V}_A$ ab.

Die Kameraverschlusskonstante k kann durch Austausch eines Rotationsverschlusses, der sich hinter der Linse befindet, variiert werden.

Die Objektleuchtdichte L wird mittels eines Belichtungsmessers in der Einheit EV gemessen. Dieser Wert ist auf einfache Weise in die physikalische Einheit Apostilb (asb) umzurechnen. Die Steigerung um den Wert $EV=1$ entspricht einer Verdoppelung der Leuchtdichte.

Nach Vorgabe von k , V_A (pps), L (EV) und der Filmempfindlichkeit (DIN) wird die geeignete Blende errechnet, wobei ein eventueller Belichtungsverlängerungsfaktor infolge Verwendung eines Zwischenrings berücksichtigt wird. Ist die Blende nicht realisierbar, weil sie beispielsweise oberhalb der inneren Lichtstärke von 1:2.5 der Kamera liegt, so können die Ausgangsdaten entsprechend variiert werden. Das BASIC-Programm HISPAD sowie ein typisches Anwendungsbeispiel finden sich im Anhang.

2. "Stereoaufnahmen"

Für eine Reihe von Waffen bietet sich eine Möglichkeit der genaueren Untersuchung der Hülsenbewegung. Ist der Verschuß nach oben geöffnet, wird also die Hülse nicht nur durch das Auswurffenster im Verschußstück ausgeworfen, so kann der Auswurfprozeß aus verschiedenen Blickrichtungen beobachtet werden.

Hierzu stellt man über die Waffe einen Metallspiegel (mit dünner Oberflächenschutzschicht) unter einem gewissen Anstellwinkel, so daß vom Kamerastandpunkt aus die Waffe einmal unter der gewohnten seitlichen Ansicht und über den Spiegel von oben eingesehen werden kann.

Dies bietet den Vorteil, daß das Ereignis unter zwei verschiedenen Blickrichtungen auf einem Film beobachtet werden kann und genaue Analysen der dreidimensionalen Hülsenbewegung möglich sind. Jede Dreh- oder Kippbewegung der Hülse schon innerhalb des Verschlusses kann gut erkannt werden.

Bei der Festlegung der Aufnahmedaten muß berücksichtigt werden, daß sowohl die Waffe in Seitenansicht, als auch das Spiegelbild scharf abgebildet werden müssen, d.h. die Schärfentiefe muß groß genug sein, um die unterschiedlichen Aufnahmeentfernungen Objekt-Linse und Objekt-Spiegel-Linse zu beinhalten.

Da die Blendenwahl am Aufnahmeobjektiv üblicherweise durch die zur Verfügung stehende Lichtmenge limitiert ist, kann die Schärfentiefe, wenn der Nachteil höher empfindlicher Filme nicht in Kauf genommen werden soll, nur durch entsprechende Wahl des Abbildungsmaßstabs groß genug gemacht werden.

Die Berechnung der Betriebsdaten erfolgt wieder mit einem BASIC-Mikrocomputerprogramm (STEREO). Ausgehend vom Spiegelneigungswinkel, dem Abstand Objekt-Spiegel und der verwendeten Objektivbrennweite sowie Objektgeschwindigkeit, Filmempfindlichkeit und Leuchtdichte wird der Kameraabstand so berechnet, daß die Schärfentiefe ausreichend ist. Das Programm sowie ein Berechnungsbeispiel finden sich im Anhang.

3. Funkenblitzaufnahmen

Obwohl das bewegte Bild den besten Eindruck von einer Bewegung zu vermitteln vermag, wurden insbesondere im Hinblick auf die erreichbare bessere Bildqualität Funkenblitzaufnahmen vom Hülsenauswurf gefertigt.

Hierbei wird die Waffe vor einem dunklen Hintergrund (schwarzer Samt) aufgebaut und mit einer üblichen Kleinbildkamera mit Teleobjektiv (135 mm, evtl. mit Zwischenring) bei verdunkeltem Raum aufgenommen.

Zur Synchronisation der Schußauslösung wird der Blitzkontakt (X-Kontakt) der KB-Kamera verwendet, der über das Ereignissteuergerät den Hubmagneten betätigt, wenn die Kamera ausgelöst wird. Die Blitzsynchronisation erfolgt über einen Mündungsblitzaufnehmer, der beim Geschoßaustritt an der

Mündung einen positiven 10 V Impuls abgibt. Dieses Trigger-signal kann zur eigentlichen Blitzauslösung verzögert werden, um beliebige Zeitpunkte nach dem Geschosßaustritt zu verwirklichen.

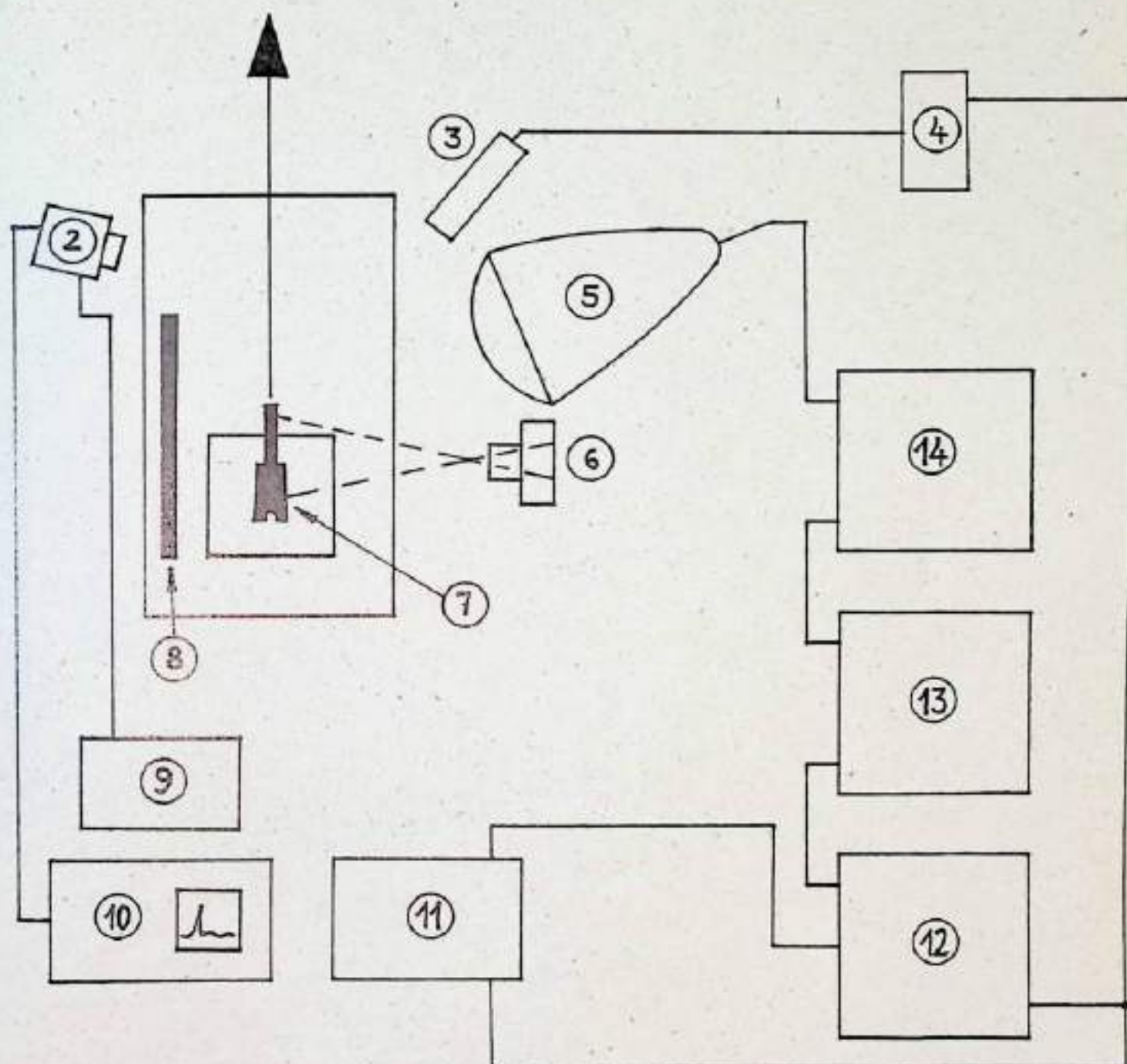
Die nachfolgend gezeigten Aufnahmen sind mit dieser Technik aufgenommen, der unterschiedliche Ereignisfortschritt ist durch die entsprechende Wahl der Verzögerungszeit zu erklären.

Nachteile dieser Methode sind vor allem:

- Für jeden Schuß erhält man nur eine Momentaufnahme
- der Blitzmoment kann nicht so genau getriggert werden, um ein bestimmtes Ereignis (z.B. Auftreffen der Hülse auf den Auswerfer) exakt zu erfassen.
- die richtigen Belichtungsdaten (Blende) für ein bestimmtes Filmmaterial müssen durch Versuche ermittelt werden.

Abb. 2 gibt eine schematische Darstellung des Versuchsaufbaus bei Funkenblitzaufnahmen. Auf die Registrierung des Funkenblitzes mittels geeigneter Fotozelle und Transientenrecorder kann verzichtet werden. Sie dient lediglich Kontrollzwecken.

*Schematische Darstellung
des Versuchsaufbaus bei
Funkenblitzaufnahmen mit
Strobokin zur Beobachtung
des Hülsenauswurfs*



- 1 Ziel
- 2 Fotozelle
- 3 Mündungsblitzaufnehmer
- 4 Versorgungsgerät zu ③
- 5 Strobokin
- 6 Kamera (24×36mm)
- 7 Waffe

- 8 schwarzer Hintergrund
- 9 Gleichstromgerät (60V)
- 10 Trans.-Recorder
- 11 Counter
- 12 Retarder
- 13 Trigger Power Amplifier
- 14 8 KV

III. Filmauswertung

Neben der rein qualitativen Betrachtung der Filmaufnahmen, welche den besten Eindruck vom dynamischen Ereignisablauf gibt, wurden quantitative Auswertungen der gewonnenen Filmaufnahmen vorgenommen. Hierbei wurden mittels eines Auswertegeräts die Ortskoordinaten eines bewegten Meßpunktes auf dem Verschußstück bestimmt und anhand zeitlich aufeinander folgender Filmeinzelbilder dessen Weg-Zeit-Kurve ermittelt, wonach Geschwindigkeit und Beschleunigung des jeweiligen Meßpunkts durch Differentiation erhalten werden können.

1. Zeitmessung

Zur Bestimmung des zeitlichen Ablaufs werden während der Filmaufnahme Zeitmarken auf die Filmperforation belichtet. Dies geschieht mit Hilfe eines Zeitmarkenlämpchens, welches mit einem Zeitmarkengenerator bei Frequenzen von wahlweise 10, 100, 1000 Hz betrieben wird. Die momentane Aufnahme-frequenz der Hochgeschwindigkeitskamera kann dann anhand der Zeitmarkenabstände auf der Filmperforation bestimmt werden. Befindet sich die Kamera noch in ihrem Beschleunigungsbereich (d.h. eine konstante Aufnahmefrequenz ist nicht erreicht), so erfordert die Zeitbestimmung einen etwas erhöhten Rechenaufwand. In diesem Falle ist der Abstand zweier Zeitmarken am Ereignisanfang (z.B. beim Beginn der Verschußrücklaufbewegung) kleiner als am Ereignisende (beim Ende der Verschußvorlaufbewegung). Mit ausreichender Genauigkeit (insbesondere wegen der Kürze der Filmlänge, auf der sich der Hülsenauswurf abspielt, verglichen mit der Filmlänge, die zum Erreichen einer konstanten Aufnahmefrequenz notwendig ist) kann zwischen Ereignisanfang und -ende eine lineare Geschwindigkeitserhöhung des Filmes angenommen werden.

Seien:

- $p(0)$ = Zeitmarkenabstand am Ereignisanfang bei Bild 0 in mm
 $p(N)$ = Zeitmarkenabstand am Ereignisende bei Bild N in mm
 V_{TPG} = Frequenz des Zeitmarkengenerators in Hz (meist 1000 Hz)
 h = Bildhöhe in 16 mm Format ($h=7.62$ mm)

Dann ist $t(n)$ die von Bild 0 bis Bild n verstrichene Zeit:

$$t(n) = \frac{n}{V_A(0)} \cdot \frac{\ln(1+\xi)}{\xi} \quad \text{mit} \quad \xi = \frac{n}{N} \cdot \frac{p(N)-p(0)}{p(0)}$$

$$V_A(0) = \frac{p(0)}{h} \cdot V_{TPG} \quad (\text{Aufnahmefrequenz am Ereignisstart})$$

Wie leicht überprüft werden kann, geht diese Beziehung für $p(N)=p(0)$, also für konstante Aufnahmefrequenz in die anschauliche Beziehung $t(n) = \frac{n}{V_A}$ über.

Fehler in der Zeitbestimmung resultieren aus Messungenauigkeiten der Zeitmarkenabstände $p(N)$ und $p(0)$ von ca. ± 0.1 mm.

Das Auswerte-Rechenprogramm berechnet den absoluten Zeitfehler Δt , der hieraus resultiert (vgl. Anhang: Programm HUEFA).

Zeitverschiebungen die dadurch zustandekommen, daß wegen des rotierenden Drehverschlusses der High-Speed-Kamera verschiedene Orte des Einzelnegativs auf dem 16 mm Film zu verschiedenen Zeiten belichtet werden, werden vernachlässigt.

2. Bestimmung der Ortskoordinaten

Die Bestimmung der Ortskoordinaten der Meßpunkte wird mit Hilfe eines Auswertegeräts vorgenommen. Hierbei werden die Negative des 16 mm Films über ein optisches System aus Linse und Spiegel auf eine Auswertefläche von 50x50 cm projiziert.

Jeder beliebige Punkt auf dieser Fläche kann mit einem Fadenkreuzsucher angefahren werden, dessen Koordinatenwerte im Auswertesystem digital angezeigt werden.

Durch Anschluß des Filmauswertegeräts an einen Kleinrechner können die Meßdaten (x, y Koordinaten und Bildnummer) weiterverarbeitet werden. Nach einer Zwischenspeicherung auf Magnetband erfolgt die weitere Datenverarbeitung mittels eines eigens erstellten BASIC-Programms HUEFA (Hülsenauswurf-Filmauswertung) welches für die Auswertung von Verschlüßbewegungen geschrieben wurde.

Im einzelnen geht man wie folgt vor:

Vor der Aufnahme des Hülsenauswurfs werden auf der Waffe mehrere Meßmarken angebracht. Da die Verschlüßbewegung erfaßt werden soll, befindet sich eine Meßmarke auf diesem beweglichen Waffenteil, zwei Meßmarken werden auf dem Rahmen der Waffe befestigt. Für jedes auszuwertende Bild des High Speed Films werden dann die x, y-Koordinaten dieser 3 Punkte benötigt. Dadurch wird gewährleistet, daß die Bewegung des Verschlusses relativ zur "ruhenden" Waffe vermessen wird. Tatsächlich ruht die Waffe nicht, da eine absolut unverrückbare Einspannung nicht möglich ist.

Durch die beiden feststehenden Meßmarken wird ein waffenfestes kartesisches Koordinatensystem festgelegt, innerhalb dessen die Bewegung des 3. Meßpunktes erfolgt. Der vor dem Versuch gemessene Abstand der "festen" Meßpunkte dient zudem zur Ermittlung des Vergrößerungsmaßstabs bei der Auswertung.

Auf dem Auswertegerät können die Ortskoordinaten der drei Meßpunkte nur mit einer bestimmten Genauigkeit vermessen werden. Diese kann leicht ermittelt werden, wenn man einen Meßpunkt mehrfach mit dem Fadenkreuzsucher anfährt und die unterschiedlichen Koordinatenanzeigen beobachtet. Hieraus resultiert eine Ungenauigkeit der Ortsbestimmung des bewegten Meßpunktes, die ebenfalls durch das Auswerteprogramm berechnet wird.

3. Verschlusßdynamik

Bei der Filmauswertung zur Bestimmung der Verschlusßbewegung geht man wie folgt vor:

Zunächst wird auf dem Film das erste auszuwertende Bild (Bild Nr. 0) festgelegt. Es handelt sich hierbei um dasjenige Bild, bei dem der Verschlusß gerade noch in Ruhe ist. Auf Bild 1 beginnt bereits die Bewegung. Alle Zeitabläufe beginnen mit $t=0$ bei Bild 0. Das letzte auszuwertende Bild mit der Nummer BE zeigt den gleichen Zustand wie Bild 0, jedoch nach Durchlaufen des Repetiervorgangs. Die Abstände zweier Zeitmarken bei Bild 0 und bei Bild BE werden gemessen. Hiermit kann unter Verwendung der bekannten Zeitmarkenfrequenz der Zeitablauf berechnet werden (vgl. Kap. III. 1).

Schließlich benötigt das Auswerteprogramm noch die Angabe der Bildnummer RE beim Ende des Verschlusßrücklaufs (bei SL Pistolen).

Bei der eigentlichen Filmauswertung werden die Nummer des ausgewerteten Bildes sowie die x, y-Koordinaten der 3 Meßpunkte bestimmt. I.d. Regel wird nicht jedes aufgenommene Bild ausgewertet. Bei vergleichsweise schneller Bewegung (Verschlusßrücklauf nach der Schußabgabe) wählt man den Abstand zweier auszuwertender Bilder kleiner als bei langsamerer Bewegung (Verschlusßvorlauf unter Federkraft).

Aus den Koordinaten der 3 Meßpunkte mit dem bekannten Vergrößerungsmaßstab bei der Auswertung wird der Verschlusßweg gegenüber der Ruhestellung errechnet. Da alle Messungen fehlerbehaftet sind, werden sie durch Polynomanpassung etwas geglättet.

4. Ereignisablauf

Eine Korrelation zwischen Hülsenbewegung und Verschlußbewegung wird durch Festlegung des Ereignisablaufs erzielt. Zunächst wurde eine Liste mit Ereignissen aufgestellt, wie sie typisch beim Hülsenauswurf auftreten und die Ereignisse mit einem Nummerncode versehen (vgl. Anhang: Ereignisliste). Die zeitliche Ereignisabfolge ergibt sich nach Zuordnung der Ereignisnummern zur Nummer des Bildes auf dem das entsprechende Ereignis stattfindet. Die Codenummer des Ereignisses wird in das Verschlußwegdiagramm an betreffender Stelle eingezeichnet.

5. Spurenbeschreibung

Die bei der Verfeuerung entstehenden Spuren auf der Hülse werden in ihrer Lage und Form beschrieben und in ein Spurenblatt eingezeichnet. Es muß betont werden, daß i.d.R. keine Untersuchungen hinsichtlich der Reproduzierbarkeit der Spurenerscheinungsweise anhand anderer Waffen des gleichen Systems vorgenommen wurden, so daß die angeführten Spuren nur für die jeweils untersuchte Waffe Gültigkeit haben.

6. Spurenentstehung

Ein Studium der Filmaufnahmen unter Kenntnis der auf den Hülsen vorhandenen besonderen Spuren (insbesondere auf dem zylindrischen Teil) erlaubt i.d.R. die Bestimmung des Entstehungsprozesses sowohl was den Ort angeht als auch im zeitlichen Zusammenhang des Auswurfprozesses. Manchmal sind jedoch zur Ausräumung bestehender Unsicherheiten Zusatzexperimente notwendig.

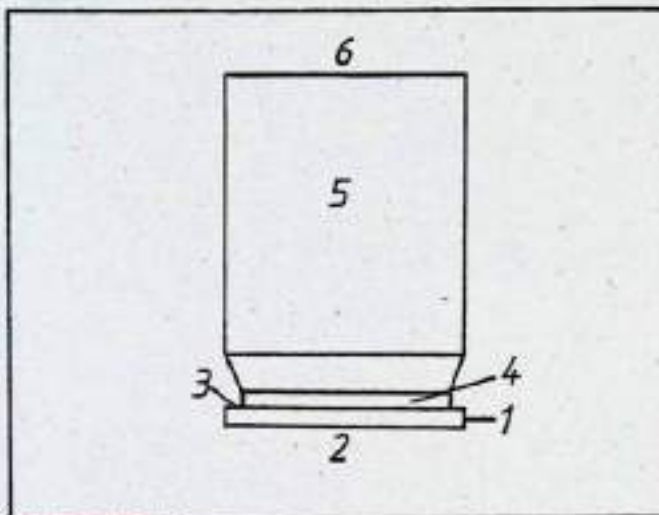
IV. Ergebnisse

1. Allgemeines

a) Spurenauswertung

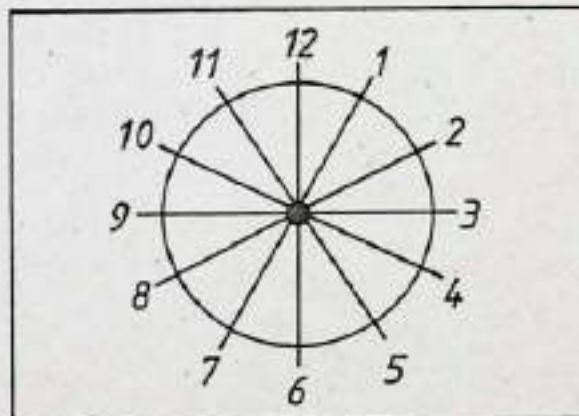
Zur Vermeidung von Mißverständnissen sollen die im folgenden benützten Bezeichnungen kurz erläutert werden.

An einer Hülse unterscheidet man die folgenden Bereiche:



- 1. Hülsenrand
- 2. Hülsenboden
- 3. Hülsenbodenunterseite
- 4. Rille
- 5. zylindrischer Hülsenteil
- 6. Hülsenmund

Wie allgemein üblich, wird zur Bezeichnung der Spurenlage die von der Hülse im Augenblick der Verfeuerung eingenommene Lage im Patronenlager als Ausgangsposition angenommen. Man teilt hierzu einen Vollkreis ähnlich einem Ziffernblatt in 12 Segmente. Der oberste Punkt der Hülse liegt dann auf Pos. 12, der unterste Punkt auf Pos. 6.



Im folgenden wird auf die "klassischen" Systemspuren auf verfeuerten Hülsen nur am Rande eingegangen. Deshalb soll ein kurzgefaßter Überblick zur Entstehung dieser Spuren gegeben werden. Eine ausführlichere Darstellung findet man bei Mezger, Heess, Hasslacher. Diese Systemspuren erhalten Codezeichen, mit denen sie später auf den Zeichnungen erläutert sind.

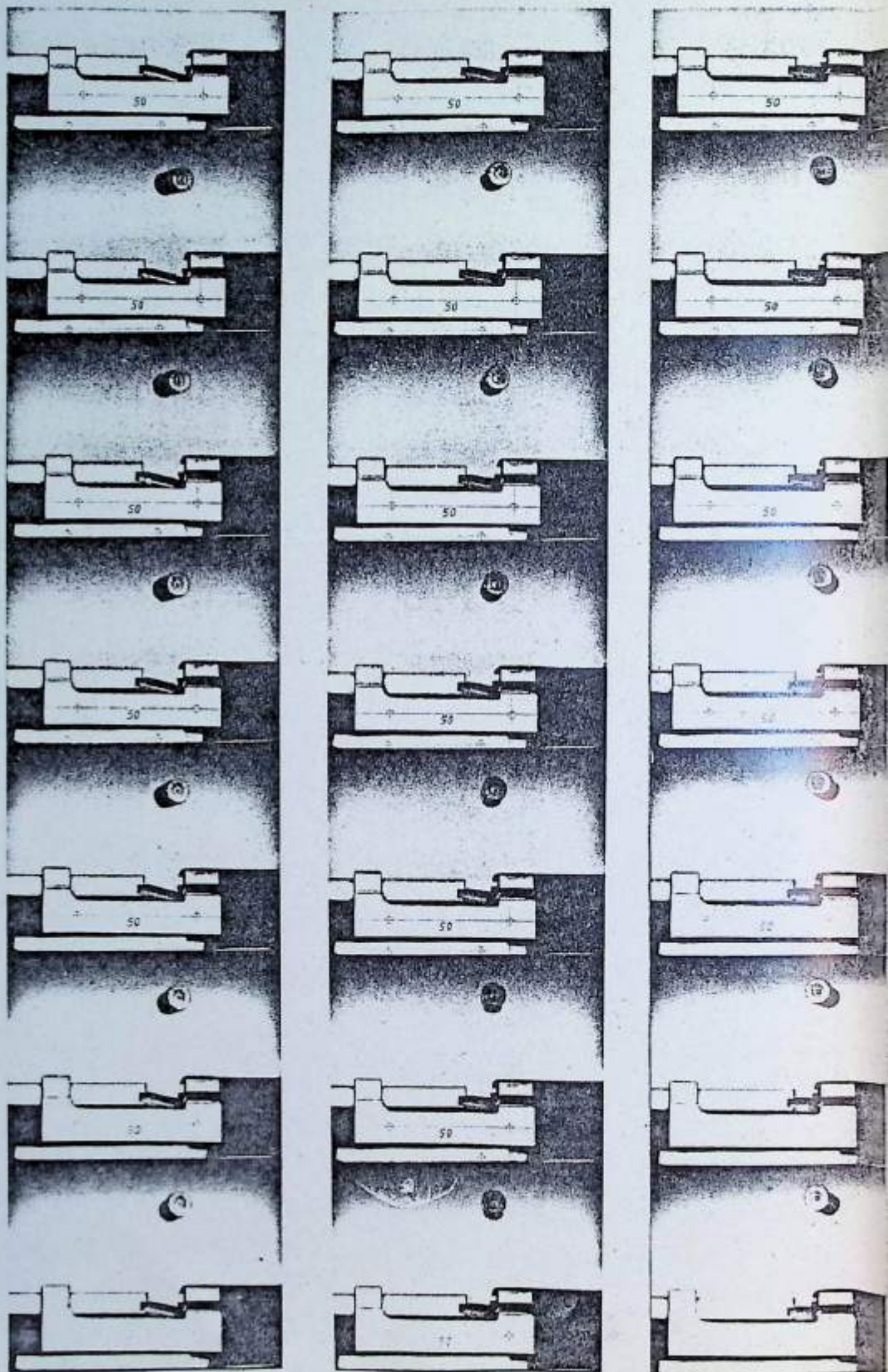
Magazinspuren (ML) Magazinlippen hinterlassen Spuren am Hülsenrand und dem zylindrischen Teil.

Verschlußstückspuren (VS) Beim Verschlußrücklauf schleift dieser über die im Magazin befindliche Patrone, die von der Magazinfeder nach oben gedrückt wird. Entsprechende Spuren finden sich am Hülsenrand und evtl. auch auf dem zyl. Teil.

Stoßboden-
spuren (SB) Durch den bei der Verfeuerung entstehenden Gasdruck wird der Hülsenboden gegen den Stoßboden gedrückt, wobei sich dessen Bearbeitungsspuren und/oder Begrenzungslinien abdrücken.
Eine weitere Spur (Sl2), die bei der Festlegung der Hülsenorientierung von Bedeutung sein kann, befindet sich auf dem Hülsenboden an der Kante des Hülsenrandes bei Pos. 12. Diese Spur entsteht, wenn bei Zuführung einer neuen Patrone aus dem Waffenmagazin die schräg auf der Auflauframpe liegende Patrone mit dem Hülsenbodenoberrand über den Stoßboden rutscht, während der Verschluß nach vorne gleitet. Anhand eines Ausschnitts aus einem High-Speed-Film wird die Entstehung dieser Spur nachfolgend erläutert.

Patronenlager-
randspuren (PL) Sie befinden sich auf der Hülsenbodenunterseite und entstehen, wenn beim Verschlußvorlauf die Hülsenbodenunterseite auf den Patronenlagerrand aufstößt.

Auswerfer- spuren (AW)	Die Spur befindet sich auf dem Hülsenboden und entsteht, wenn die Hülse auf den Auswerfer trifft.
Auszieher- spuren (AZ)	Sie liegen in der Hülsenrille und/oder an der Hülsenbodenunterseite und werden von der Auszieherkralle verursacht.
Patronenlager- spuren (PS)	Sie befinden sich rundum auf dem zylindrischen Teil und entstehen, wenn beim Druckanstieg infolge der Pulververbrennung das Hülsenmaterial gegen die Wandung des Patronenlagers gepreßt wird. Sofern keine Besonderheiten vorliegen, bleiben Patronenlagerspuren im folgenden unberücksichtigt.
Druckspuren am Hülsen- rand bei Pos. 6	Sie entstehen entweder beim Einführen einer Patrone ins Magazin oder wenn der Verschuß beim Zuführprozeß eine Patrone aus dem Magazin erfaßt und diese über die darunter befindliche Patrone schürft. Die Spur bietet u.U. eine Hilfe bei der Feststellung der Orientierung der Patrone im Patronenlager im Augenblick der Verfeuerung. Sie bleibt bei der Spurenbeschreibung im folgenden unberücksichtigt.



b) Verschlußdiagramme

In den Verschlußdiagrammen sind der Verschlußweg (durchgezogene Kurve, linke Skala) und die Verschlußgeschwindigkeit (unterbrochene Kurve, rechte Skala) als Funktion der Zeit eingezeichnet.

Es muß betont werden, daß es sich insbesondere bei der Darstellung der Verschlußgeschwindigkeiten um idealisierte Kurven handelt. Beispielsweise sind sowohl der steile Geschwindigkeitsanstieg sofort nach der Schußabgabe als auch der -abfall am Rücklaufende mit der geschilderten Technik nicht meßbar.

Die Diagramme zeigen zudem Zeitabläufe typischer Verschlußbewegungen. Variationen von Schuß zu Schuß wurden beobachtet und auch vermessen, auf die Wiedergabe wird hier jedoch verzichtet. Die oberhalb der Zeitachse befindlichen Codezeichen beziehen sich auf die zu den betreffenden Zeitpunkten stattfindenden Ereignisse. Hierzu wird auf die Ereignisliste (siehe Anhang) verwiesen, aus der die Bedeutung der Codezeichen ersichtlich ist.

c) Funkenblitzaufnahmen

In den Funkenblitzaufnahmen wurden einige Zeitpunkte des Hülsenauswurfs fotografisch festgehalten, um das Verständnis der dynamischen Abläufe zu erleichtern. Es ist jedoch zu beachten, daß es sich bei jeder Aufnahme um einen eigenen Schuß handelt. Wegen der Variationsmöglichkeiten der Hülsenbewegung ergeben sich hieraus gelegentlich scheinbar bezüglich des Bewegungsablaufs nicht zueinander passende Bildfolgen.

2. Untersuchte Waffensysteme

Es wurden insgesamt 20 Waffensysteme verschiedener Kaliber nach den in Kap. II und Kap. III beschriebenen Methoden untersucht.

Eine Zusammenfassung der Ergebnisse wird im folgenden gegeben.

Kal. 6,35 mm Browning

Beretta 950 B

Spurenbeschreibung:

Die Schürfspur S 12 ist auf nahezu allen Hülzen gut ausgeprägt. Die Waffe besitzt keinen Auszieher. Die Auswerferspur auf Pos. 9 ist nur in wenigen Fällen deutlich erkennbar. Magazinlippen- und Verschlußstückspuren befinden sich auf dem Hülzenrand.

Bei ca. 60 % der Hülzen befindet sich am Hülzenmund etwa bei Pos. 10 eine schräg zur Hülzenlängsachse verlaufende Schürfspur (Spur ①).

Auf dem Hülzenboden bei Pos. 5 bzw. Pos. 6 befinden sich 2 Prägnungen am Hülzenrand. Sie liegen manchmal symmetrisch zu Pos. 6 und sind nur in Ausnahmefällen nicht vorhanden (Spur ②).

Spurenentstehung:

Nach erfolgter Schußabgabe ist am hinteren Laufende Schmauchaustritt festzustellen. Bald nachdem die Hülse das Patronenlager verlassen hat (Bild 2) trifft sie auf den Auswerfer, wobei sich der Hülzenboden vom Stoßboden löst (Bild 3). Eine merkliche Rechtsdrehung oder Aufstehbewegung der Hülse infolge dieses Auftreffens ist nicht festzustellen. Während der Verschluß seinen Rücklauf fortsetzt, sinkt die Hülse mit dem Hülzenmund nach unten ab, der Hülzenboden hebt sich (Bilder 3 - 5). Infolge ihrer Trägheit fliegt die Hülse dem rücklaufenden Verschluß hinterher. Ihre Neigung wird schließlich so groß, daß der untere Rand des Hülzenbodens in Höhe der oberen Begrenzung des Stoßbodens zu liegen kommt (Bild 5). Zu diesem Zeitpunkt beendet der Verschluß seine Rücklaufbewegung und die nach hinten fliegende Hülse trifft mit dem unteren Hülzenrand auf den Stoßboden auf (Bild 5), wird dort reflektiert und verläßt den Auswurfbereich nach oben (Bilder 5 - 8). Durch diesen Prozeß erklärt sich die Herkunft der auf dem Hülzenboden befindlichen besonderen Spur ②.

Die Reflexion der Hülse am Stoßboden kann bei unterschiedlichen Schräglagen der Hülse und an verschiedenen Stellen am Hülzenrand erfolgen, woraus sich Variationen bzgl. Form und Lage der Spur ② ergeben.

Beim Zuführen der neuen Patrone ins Patronenlager kann deutlich beobachtet werden, wie bei schräg liegender Patrone der Hülzenboden über den Stoßboden schürft, wobei S 12 entsteht. Beim Einschreiben ins Patronenlager beschreibt die Patrone eine schlingende Bewegung. Die besondere Spur ① entsteht beim Zuführprozeß an der Auflauftrampe. An der spurenlegenden Stelle findet sich Messingabrieb.

Spurenauswertung:

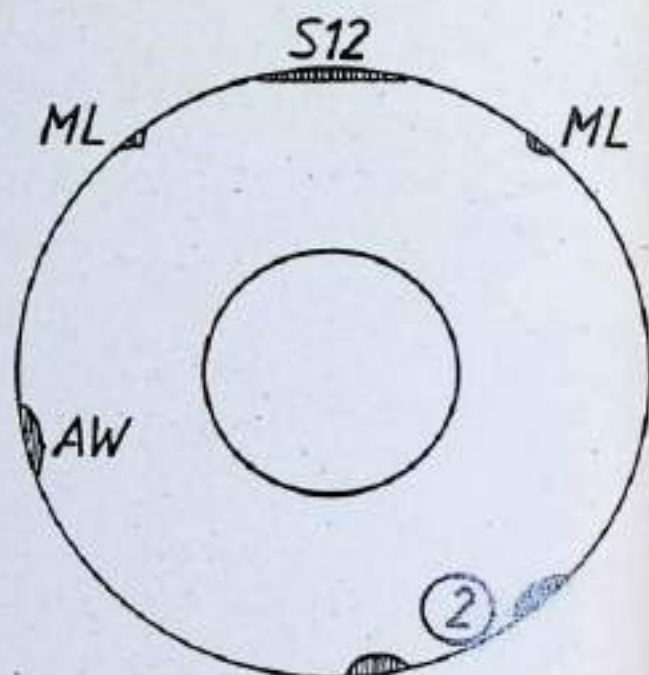
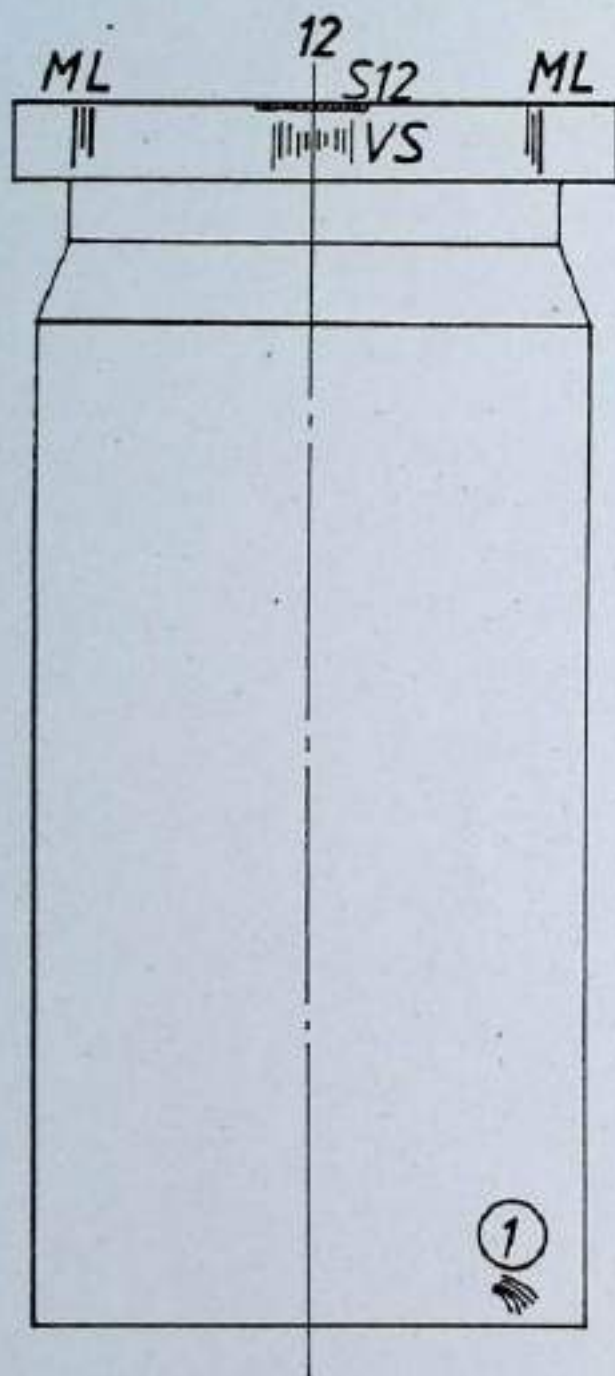
Maßstab: ca. 10:1

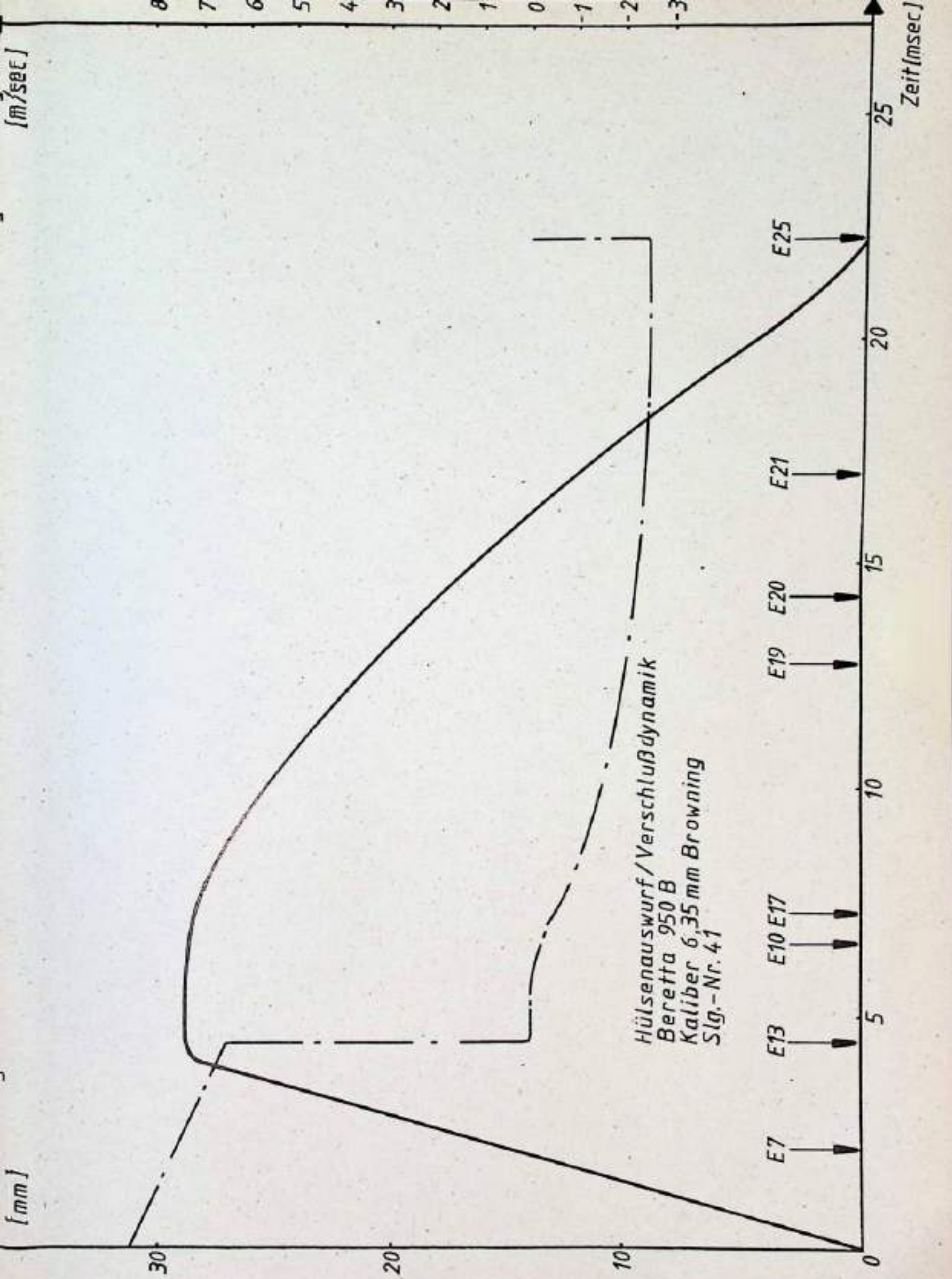
Waffe: *Beretta 950 B*

Kaliber: *6,35 mm Browning*

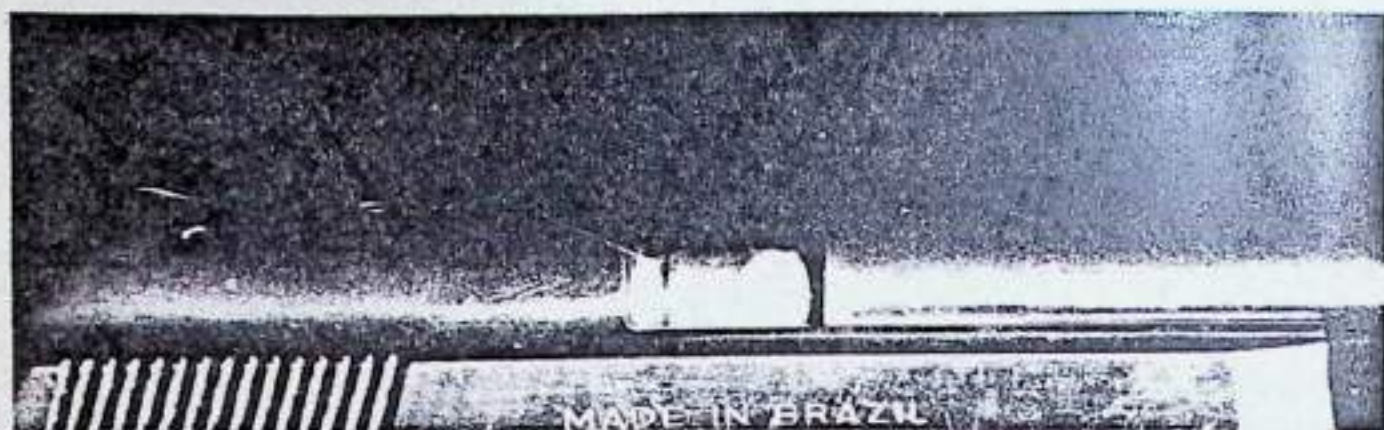
Sgl.Nr.: 41

Besondere Spuren: ① ②





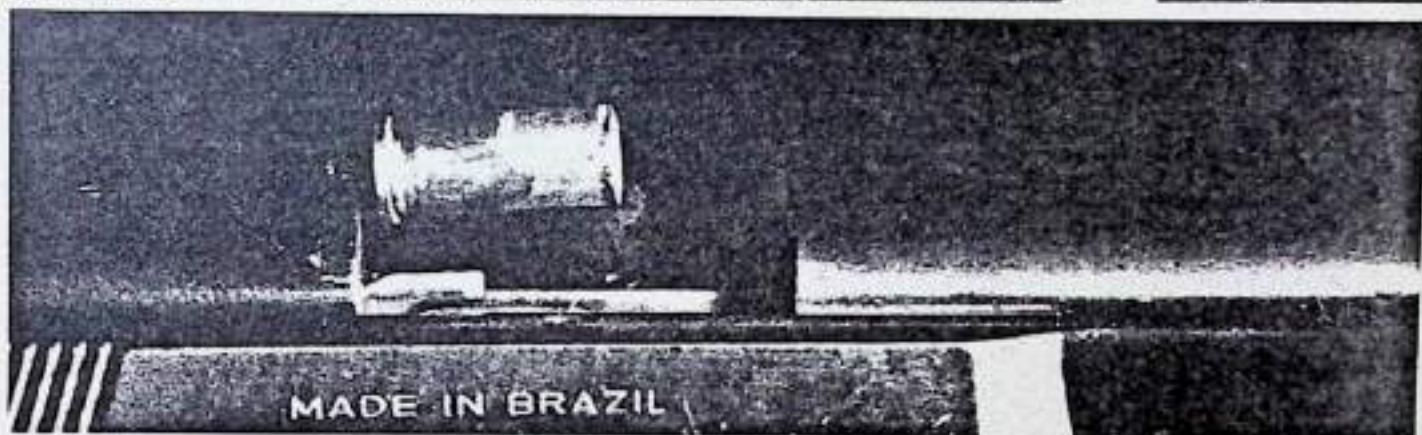
Funkenblitzaufnahmen: Beretta 950 B



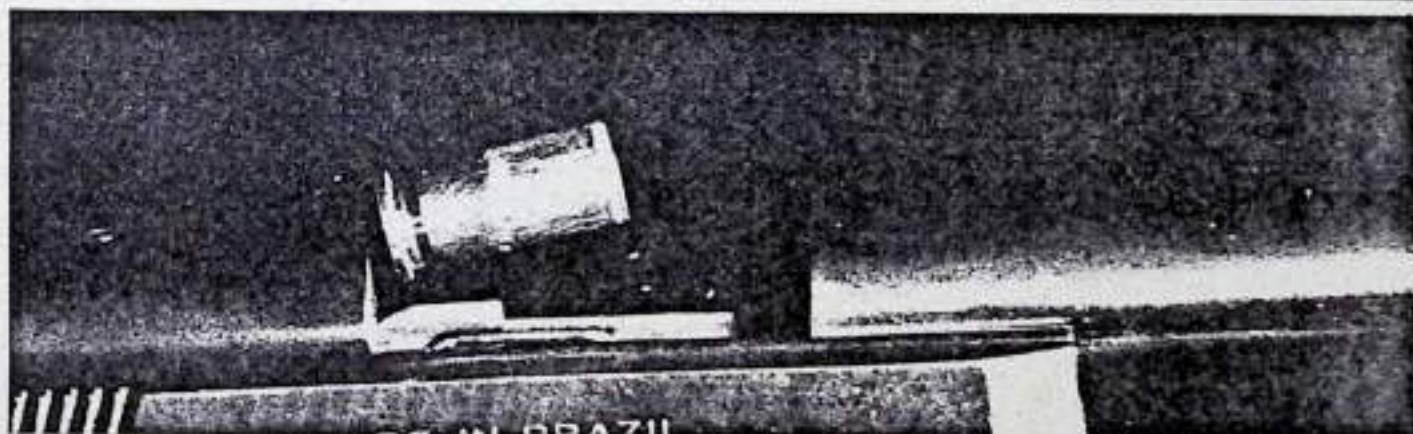
Funkenblitzaufnahmen: Beretta 950 B



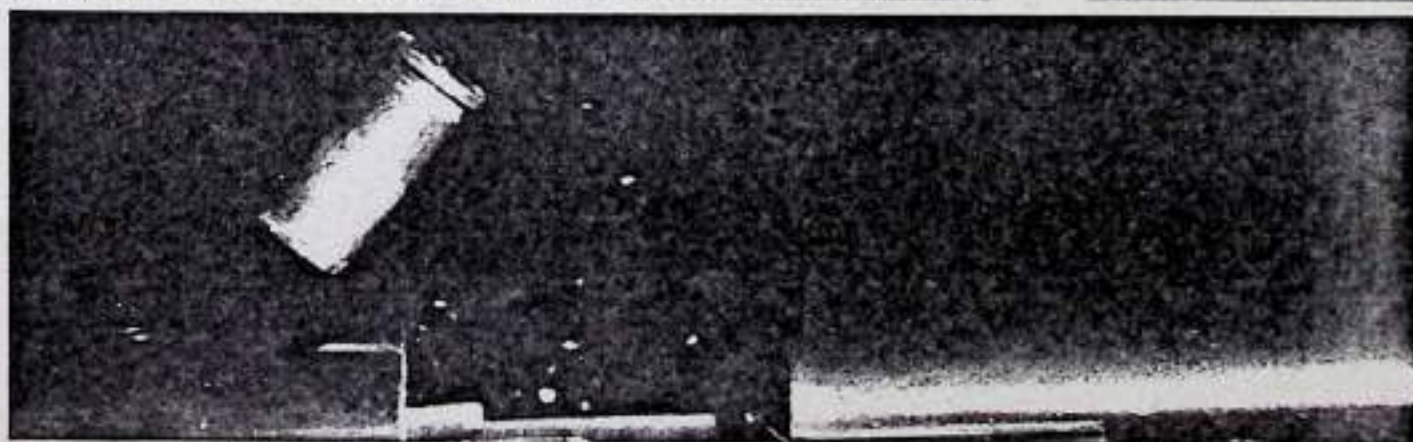
6



7



8



9

Erma EP 655 :

Spurenbeschreibung:

Der Auszieher erscheint gut nachweisbar bei Pos. 3 innerhalb der Rille auf der Hülsenbodenunterseite. Die Auswerferspur auf Pos. 8 ist manchmal nicht vorzufinden, ebenso S 12. Senkrecht verlaufende Bearbeitungsspuren des Stoßbodens drücken sich vor allem auf dem Zündhütchen ab.

Magazinlippenspuren bei Pos. 2 und Pos. 10 sind nicht stark ausgeprägt.

Als besondere Spur wäre eine kleine Kerbe auf dem zylindrischen Teil bei Pos. 3 anzusprechen. Da sie jedoch häufig fehlt und bei Vorhandensein nur schwach ausgeprägt ist, bleibt sie im folgenden unberücksichtigt.

Als besondere Spur findet man am Hülsenmund bei Pos. 6 eine auffällige Abschrägung mit Schürfspuren (Spur ①).

Nahe der Auswerferspur auf dem Hülsenrand befindet sich eine prägnante Einkerbung (Spur ②). Unmittelbar daneben etwa bei Pos. 7 liegt eine durch den Patronenlagerrand hervorgerufene intensive Deformation (Eindrucksur) der Hülsenbodenunterseite.

Spurenentstehung:

Nach der Schußabgabe entweicht Schmauch am hinteren Laufende (Bild 1). Nach dem Ausziehen aus dem Patronenlager (Bild 2) behält die Hülse annähernd eine waagerechte Lage. Sie trifft auf den Auswerfer (Bild 3), wonach die Aufstehbewegung nach rechts oben eingeleitet wird. Verglichen mit anderen untersuchten Waffen erscheint die Hebung des Hülsenmundes besonders groß, denn die Hülsenlängsachse zeigt fast senkrecht nach oben (Bilder 5 u. 6). Hülse und Auszieherkralle entkoppeln schon ziemlich früh (Bild 5), so daß ein Anschlagen der sich drehenden Hülse an den rücklaufenden Verschuß nur selten vorkommt.

Beim Zuführprozeß einer neuen Patrone aus dem Magazin ist bemerkenswert, daß etwa bei Erreichen der maximalen Schräglage der ins Patronenlager einzuführenden Patrone der nach vorn gleitende Verschluß stark abgebremst wird und kurzzeitig zum Stillstand kommt. Diese Erscheinung wurde bei allen aufgenommenen Repetiervorgängen dieser Waffe beobachtet und kommt auch im Verschlußdiagramm deutlich zum Ausdruck. Offensichtlich klemmt die schräg in der Waffe liegende Patrone, wobei der Verschluß angehalten wird. Beim Zuführprozeß wird die besondere Spur ① erzeugt, wenn der Hülsenmund über eine Kante der Auflauframpe schürft. Infolge der durch die Verschlußfeder ausgeübten Kraft gewinnt der Verschluß wieder an Geschwindigkeit und die Patrone wird vollständig ins Patronenlager eingeführt.

Die Entstehung der besonderen Spur ② erklärt sich durch die besondere Form des Auswerfers. Bevor die Hülse den Auswerfer mit dem Hülsenboden trifft, schürft sie mit dem Hülsenrand an einer Kante des in den Weg der rücklaufenden Hülse hineinragenden Auswerfers entlang, wobei die bezeichnete Spur ② entsteht.

Spurenauswertung:

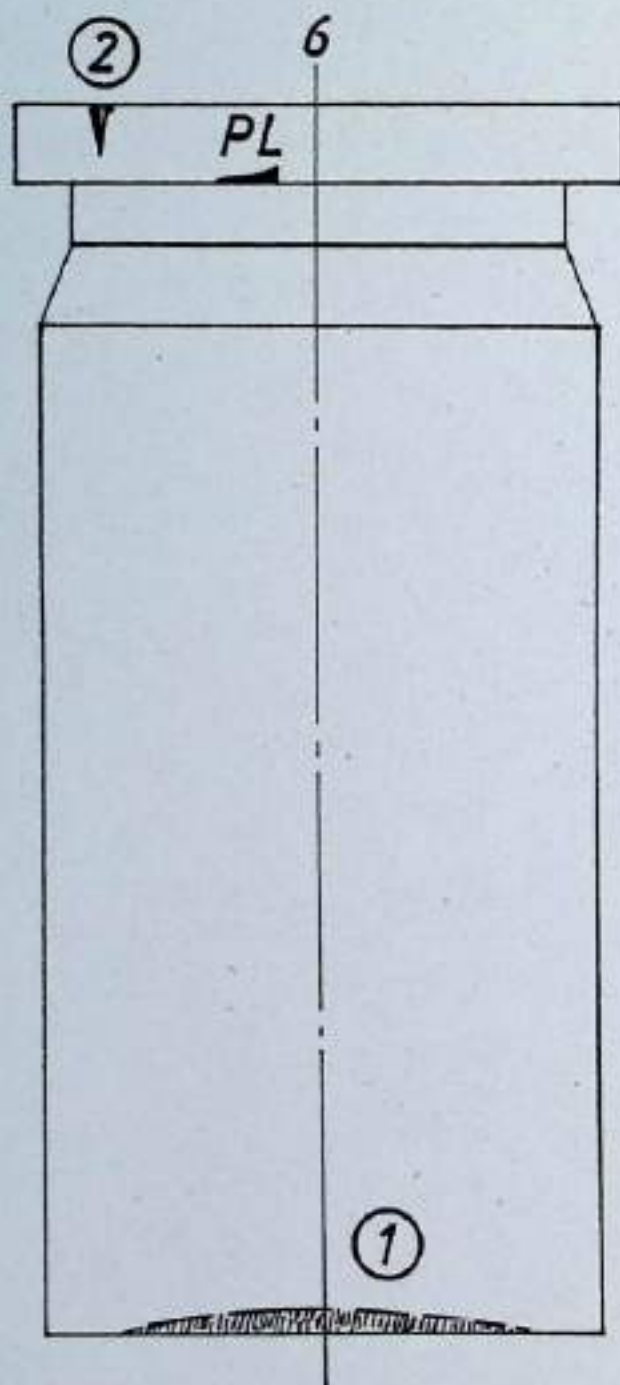
Maßstab: ca. 10:1

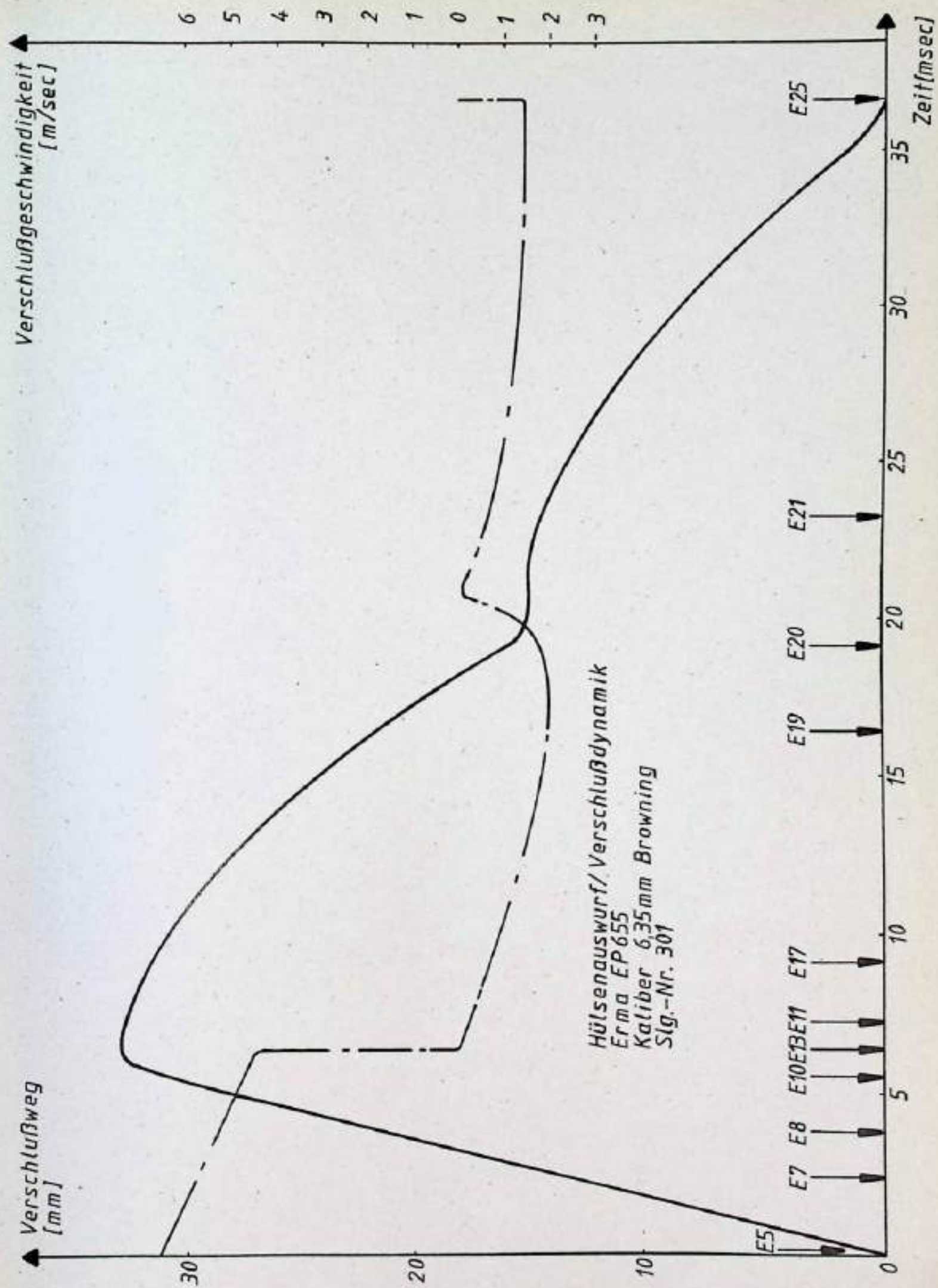
Waffe: *Erma EP 655*

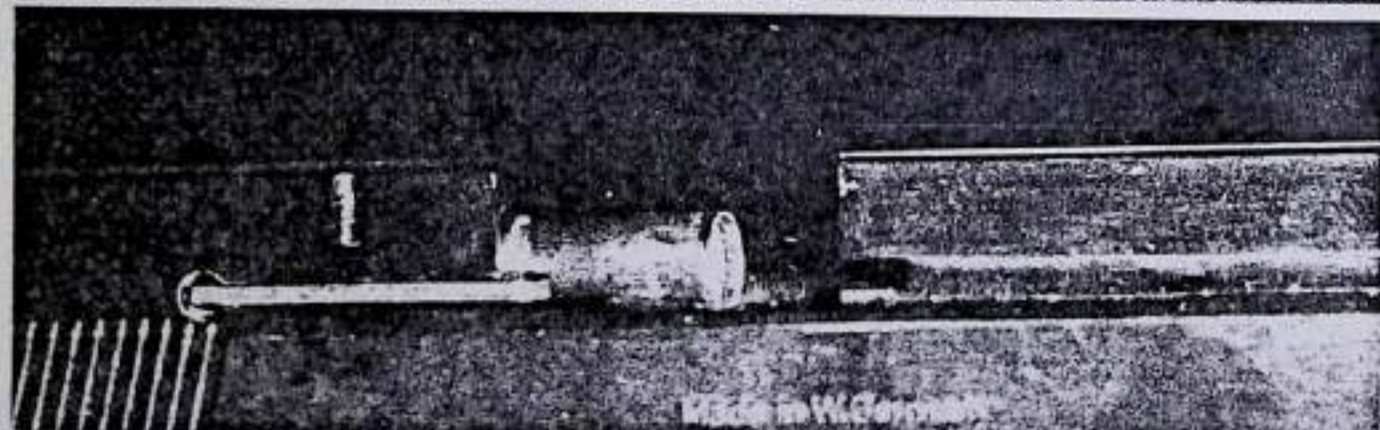
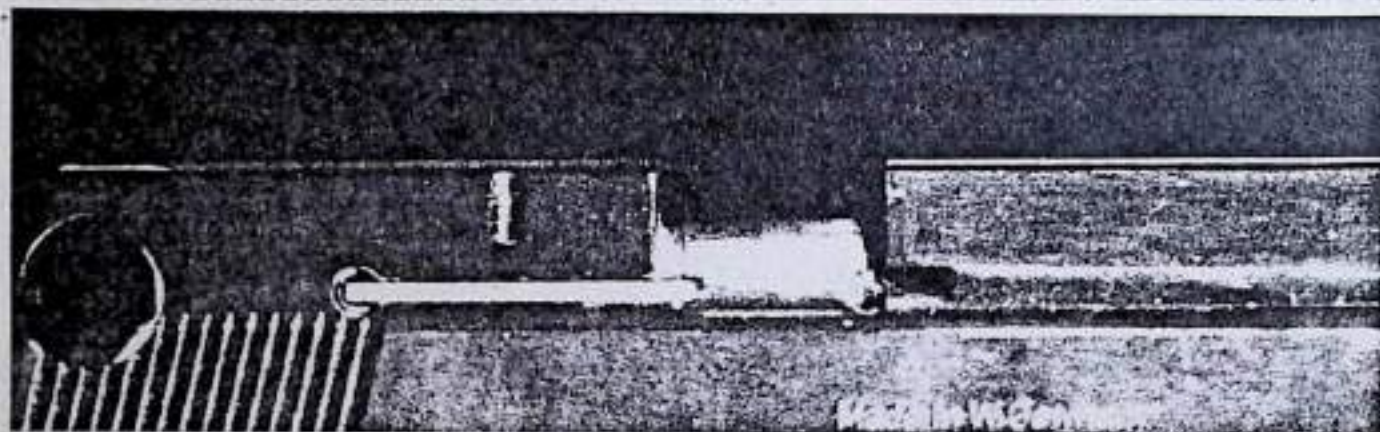
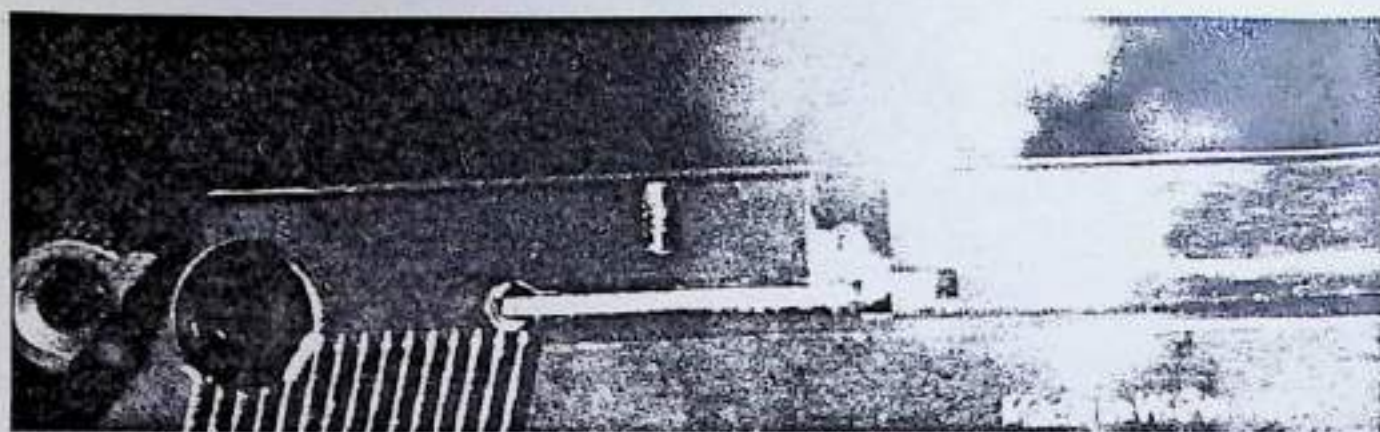
Kaliber: *6,35 mm Browning*

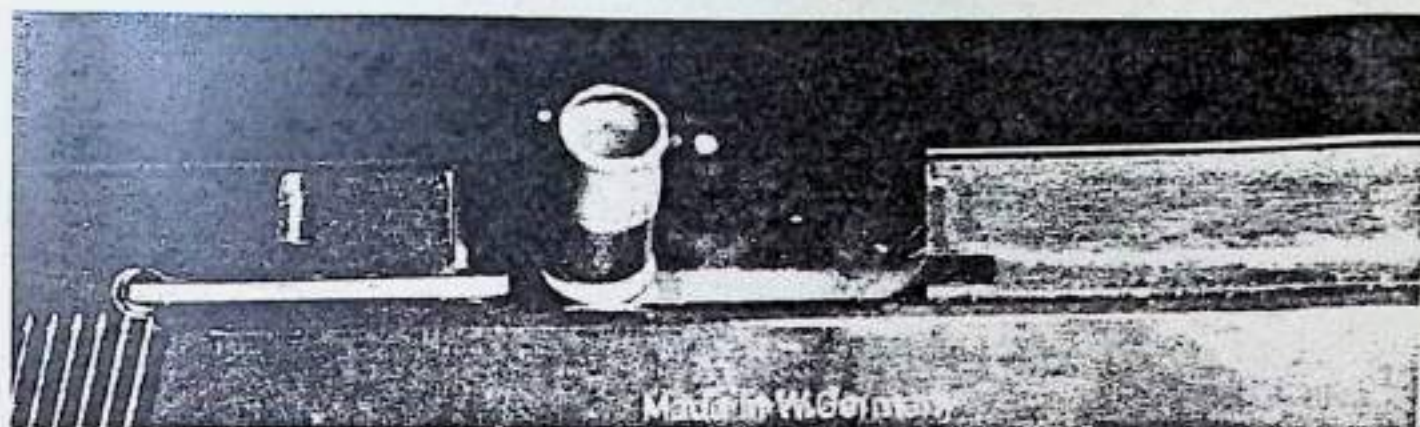
Sgl.Nr.: 301

Besondere Spuren: ① ②









FN Baby

Spurenbeschreibung:

Wenig ausgeprägte Auszieherspuren befinden sich bei Pos. 2 bzw. Pos. 3 in der Hülsenrille. Die Waffe besitzt keinen Auswerfer. Seine Funktion wird vom Schlagbolzen übernommen.

Auf dem Hülsenboden drücken sich die Bearbeitungsspuren des Stoßbodens als senkrecht verlaufendes Spurenmuster ab. S 12 tritt nicht immer auf. Auf der Hülsenbodenunterseite sind kräftige Prägespuren vom Patronenlagerrand vorzufinden.

Verschlußstückspuren befinden sich auf dem Hülsenrand und dem zylindrischen Teil symmetrisch zu Pos. 12. Die Magazinlippenspuren sind in der Regel deutlich ausgeprägt.

Als einzige "besondere Spur" findet sich eine geringe Hülseaufbauchung (Spur ①), die im Patronenlager entstehen dürfte.

Spurenentstehung:

Nach dem Verlassen des Patronenlagers (Bild 1) trifft die Hülse auf den als Auswerfer wirkenden Schlagbolzen und beginnt eine Rechtsdrehung aus dem Auswurffenster heraus (Bild 2). Hierbei scheint der zylindrische Teil der Hülse mit der Begrenzungskante des Auswurffesters in Berührung zu kommen (Bild 3). Die Hülse schlägt jedoch nicht fest an, denn eine Änderung der Umdrehungsgeschwindigkeit oder eine Reflexion ist nicht zu erkennen. Nach weiterer Drehung trifft der Hülsenmund auf das Verschlußstück oberhalb der Auszieherkralle. Auch in diesem Falle ist das Anschlagen kaum merkbar und nur bei normaler Filmprojektion zu erkennen. Das Anschlagen der Hülse kann auch völlig fehlen, wonach die Hülse eine ungehinderte Drehbewegung beschreibt. In Ausnahmefällen ist anhand einer geringen Deformierung des Hülsenmundes etwa bei Pos. 3 das Anschlagen auch spurenmäßig nachweisbar.

Spurenauswertung:

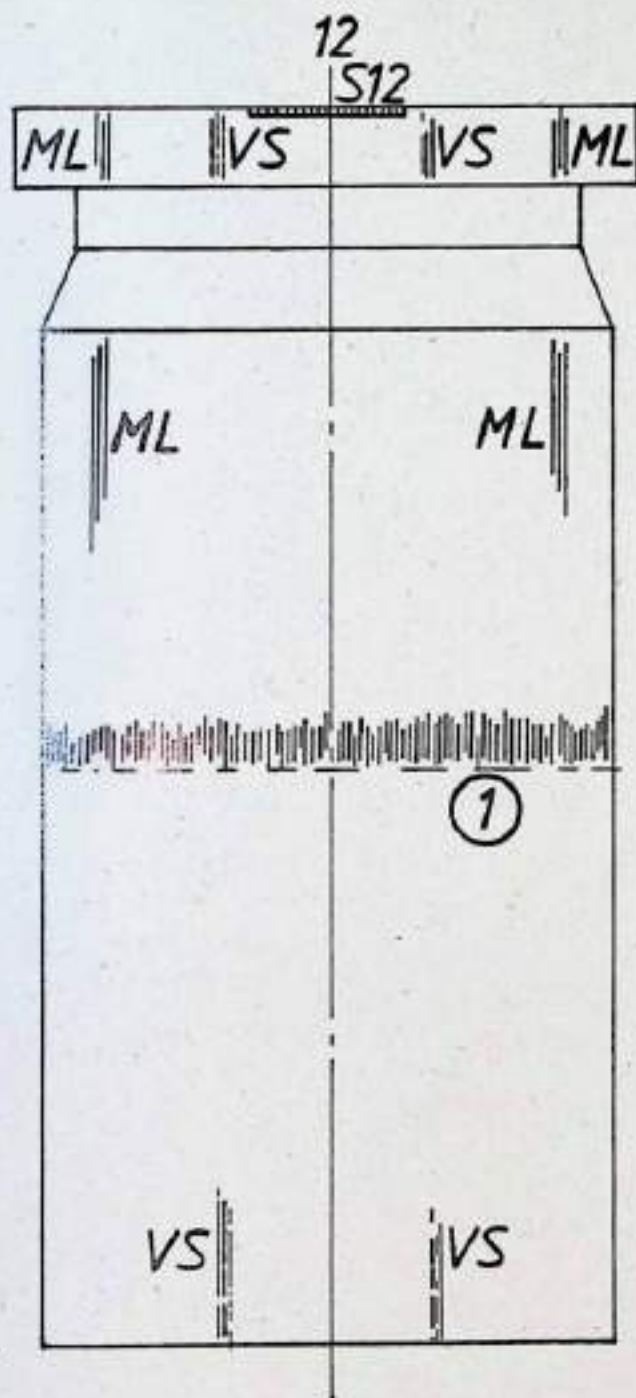
Maßstab: ca. 10:1

Waffe: *FN Baby*

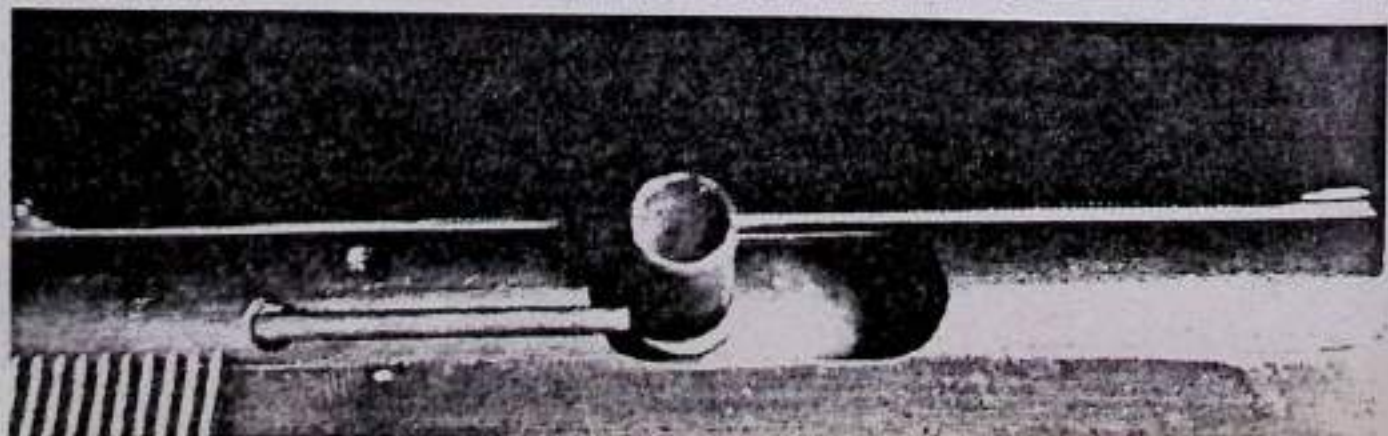
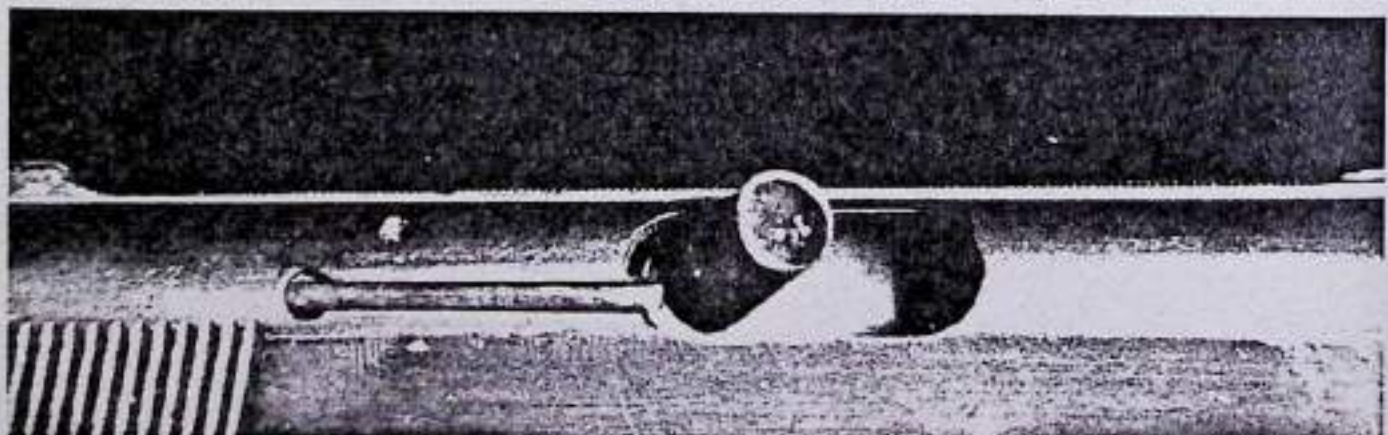
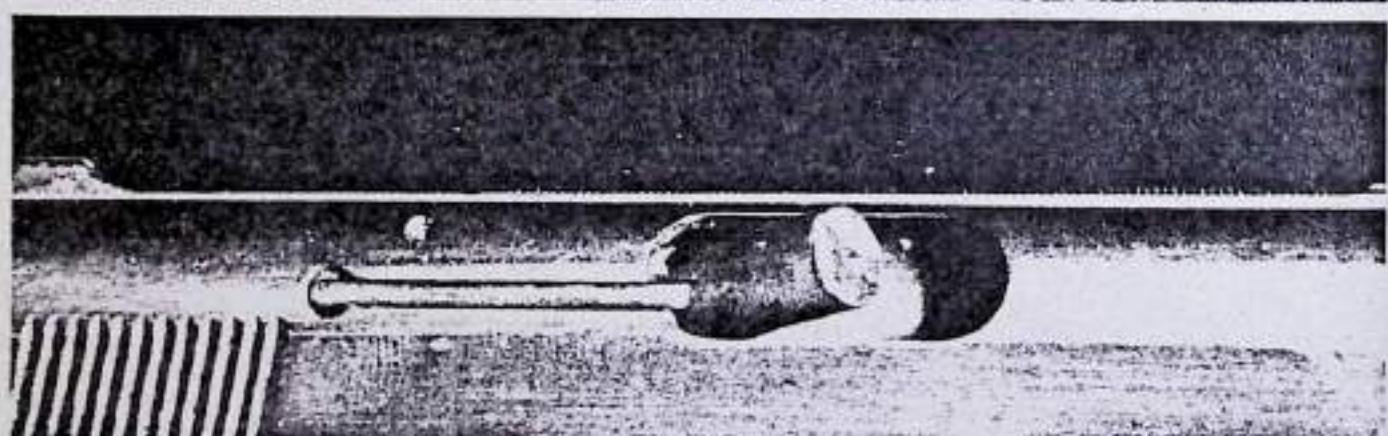
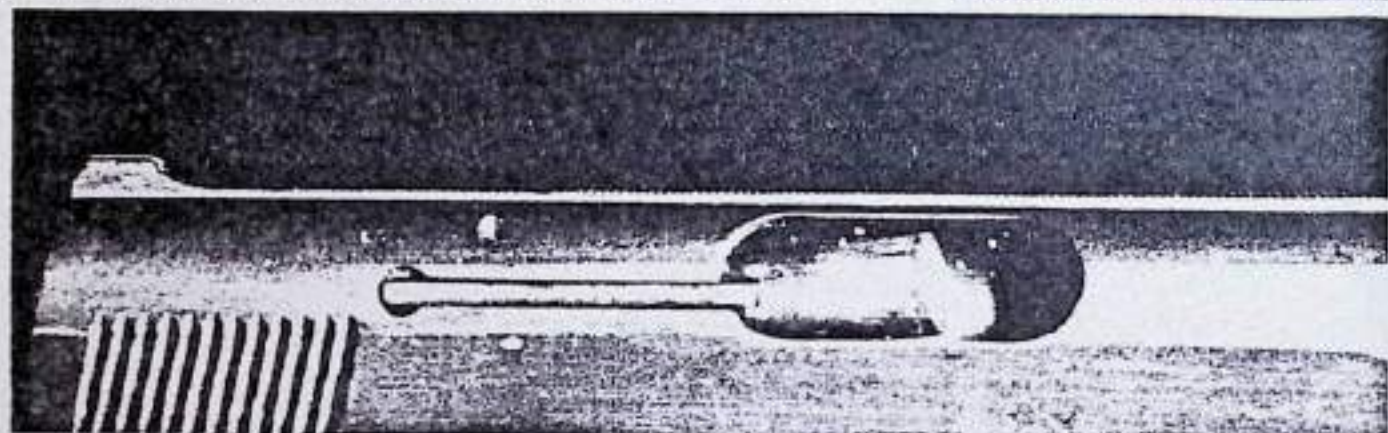
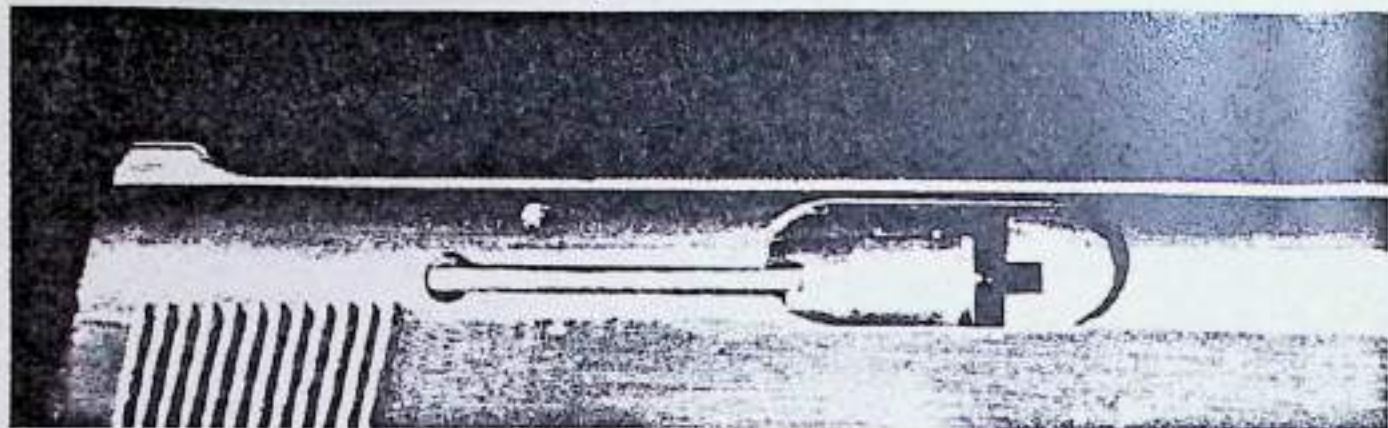
Kaliber: *6,35 mm Browning*

Sgl.Nr.: 70

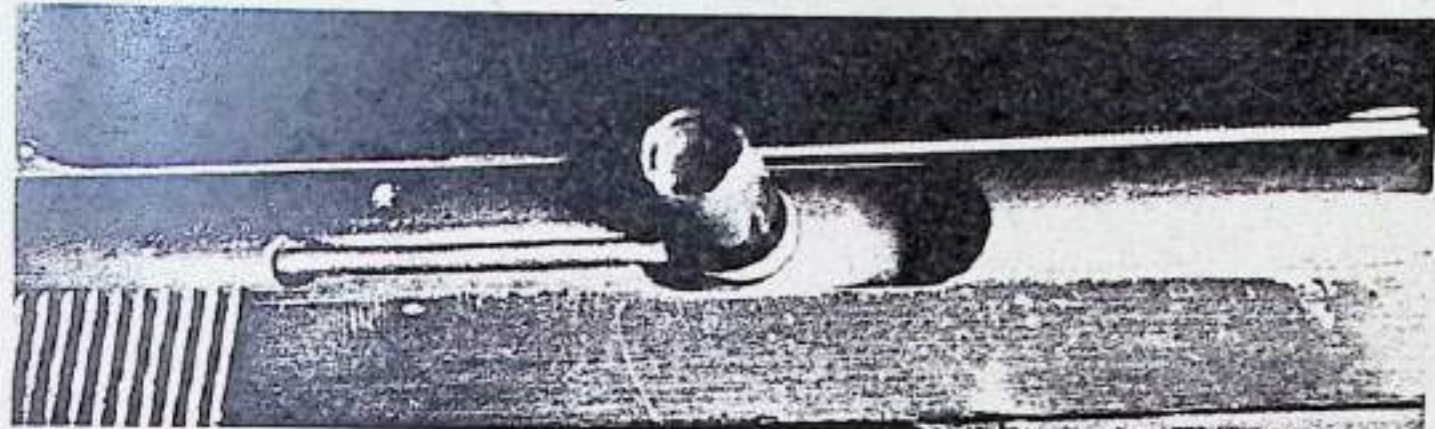
Besondere Spuren: ①



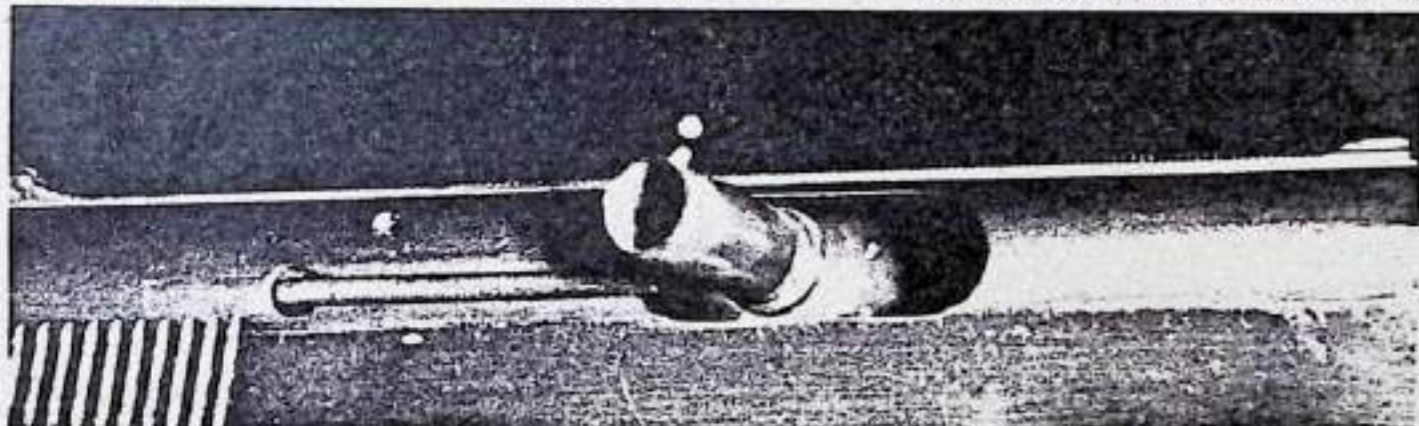
Funkenblitzaufnahmen: FN Baby



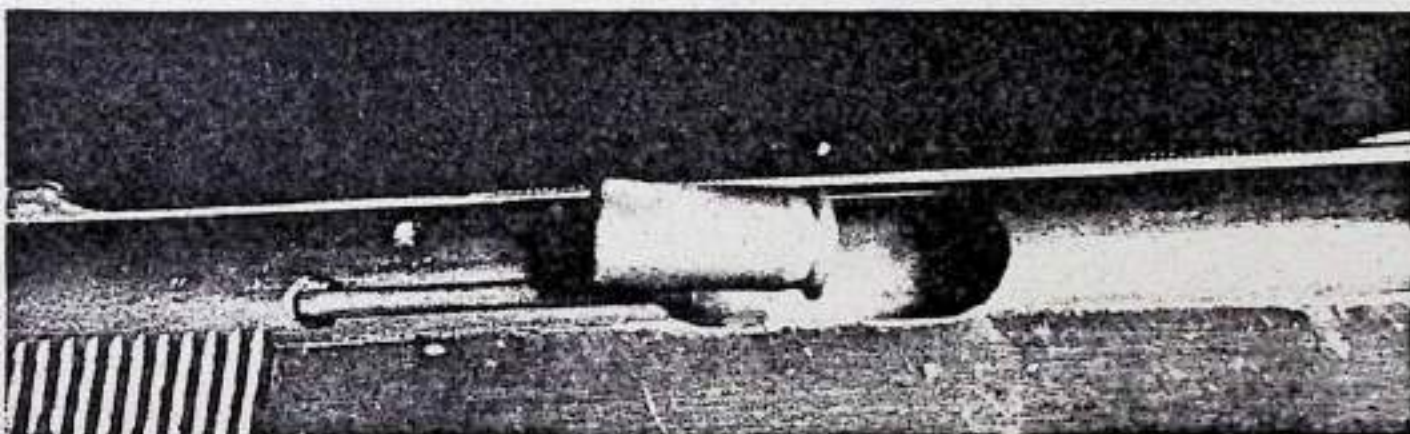
Funkenblitzaufnahmen: FN Baby



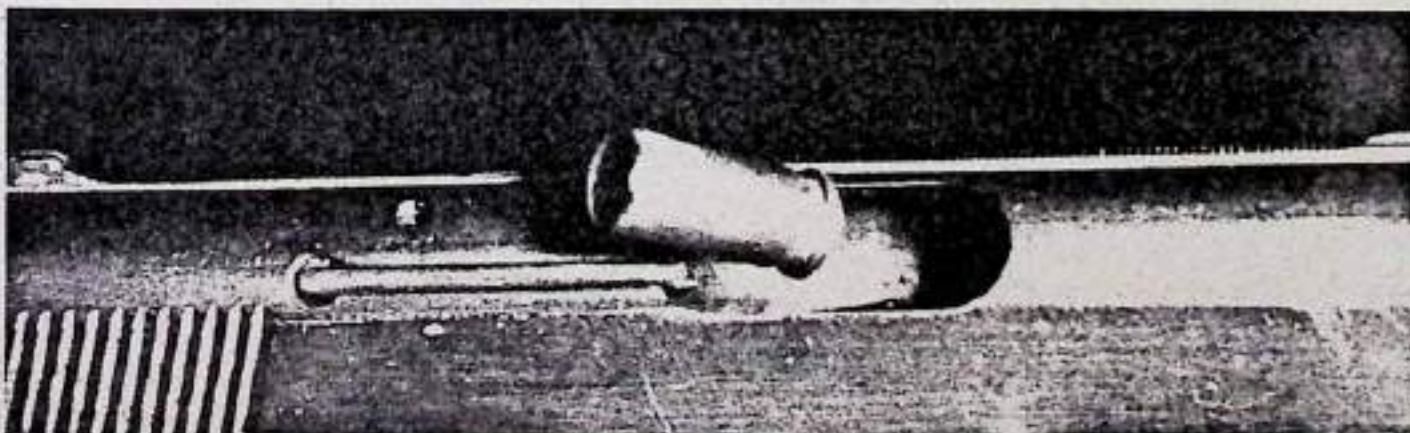
6



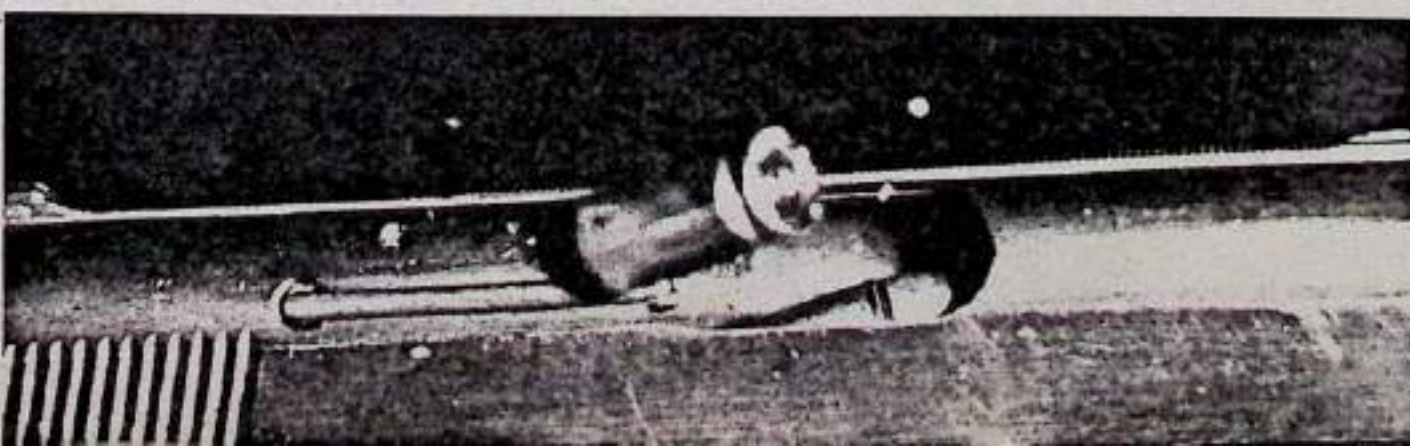
7



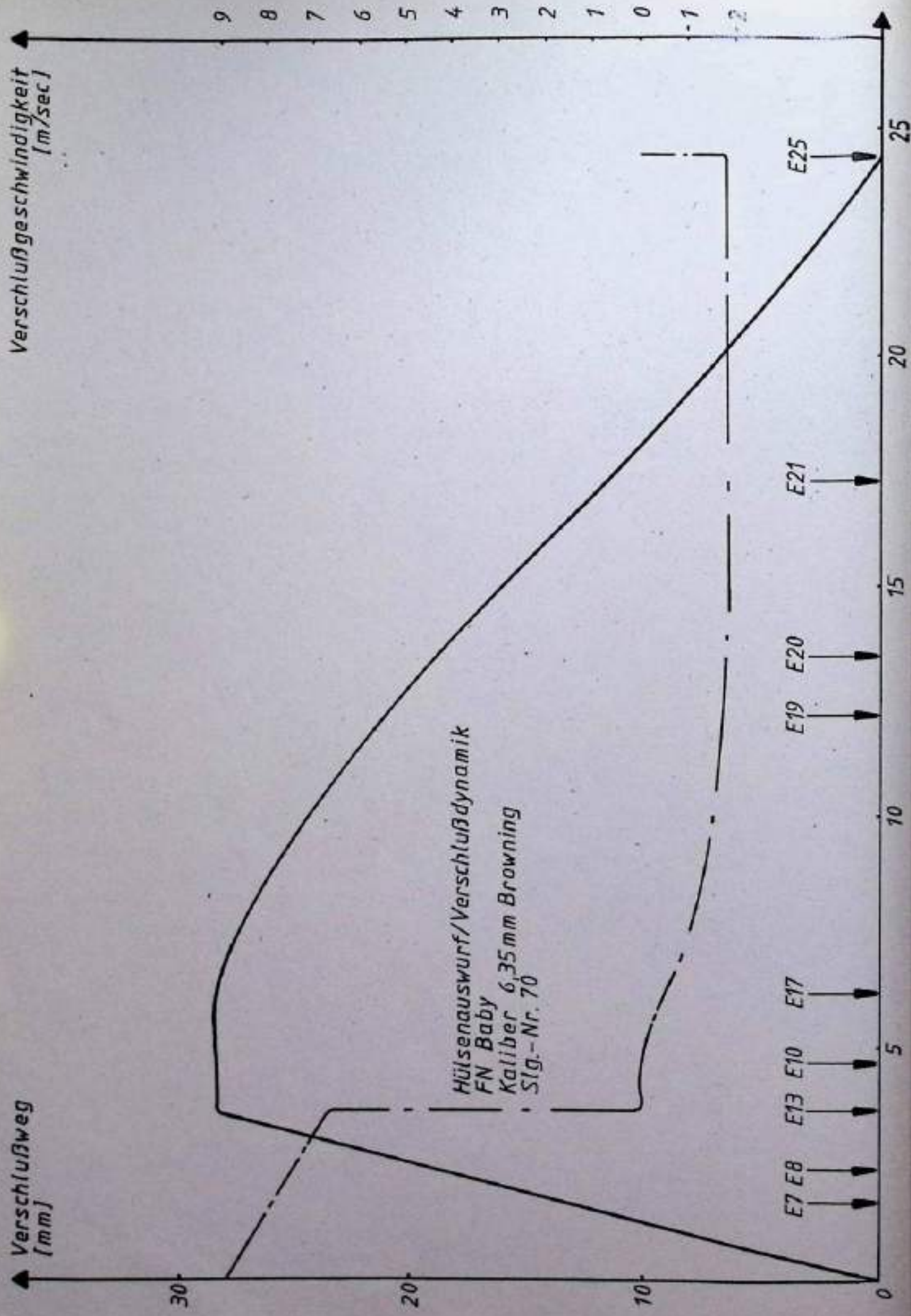
8



9



10



Walther TP

Spurenbeschreibung:

Die Auswerferspur auf Pos. 7 bzw. Pos. 8 und die Auszieherspur auf Pos. 3 sind gut zu erkennen. Die Schürfspur S 12 tritt deutlich in Erscheinung und ist stets vorzufinden. Magazinlippenspuren finden sich auf dem Hülsenrand und dem zylindrischen Teil bei Pos. 10 und Pos. 2, ebenso wie Verschlußstückspuren bei Pos. 11 und Pos. 1. Als besondere Spur ist eine Schürfspur auf dem zylindrischen Teil nahe am Hülsenmund bei Pos. 9 anzusprechen, die reproduzierbar bei allen Hülsen auftritt (Spur ①), in ihrer Erscheinungsweise jedoch variieren kann.

Manchmal findet man bei Pos. 3 auf dem zylindrischen Teil eine Prägespur, die jedoch oft fehlt oder sich an anderer Stelle befindet (Spur ②).

Auf der Hülsenbodenunterseite sind eine Reihe von Deformierungen vorzufinden. Besonders auffällig hierbei sind Patronenlagerrandspuren im Bereich der Auszieherspur, die von einer entsprechenden Aussparung für die Auszieherkralle herrühren.

Spurenentstehung:

Während der Verschlußöffnung nach der Schußabgabe entweicht Schmauch am hinteren Laufende (Bild 1). Die Hülse liegt während des Verschlußrücklaufs näherungsweise waagrecht mit einer leichten Rechtsneigung des Hülsenmundes (Bild 3). Nach einer gemeinsam zurückgelegten Rücklaufstrecke von nahezu 30 mm trifft die Hülse kurz vor Rücklaufende auf den Auswerfer (Bild 4), wobei eine Aufstehbewegung nach rechts oben eingeleitet wird. Die Auszieherkralle entkoppelt aus der Rille (Bild 5), die Hülse dreht frei (Bilder 6 - 9) und schlägt evtl. auf den Verschluß auf, der zwischenzeitlich den Rücklauf beendet hat. (Bild 10). Hierbei entsteht Spur ②. Das Anschlagen ist oft nicht zweifelsfrei zu erkennen, da eine plötzliche Bewegungshemmung nicht stattfindet. Bei einer Reihe von Auswürfen ist deutlich zu erkennen, daß kein Anschlagen stattfindet. Dies erklärt das nur gelegentliche Auftreten einer schwachen Prägespur auf dem zylindrischen Teil bei Pos. 3.

Die besondere Spur ① wird beim Zuführen der Patrone ins Patronenlager auf der Auflauframpe erzeugt. An der spurenerzeugenden Stelle findet man Messingabrieb.

Spurenauswertung:

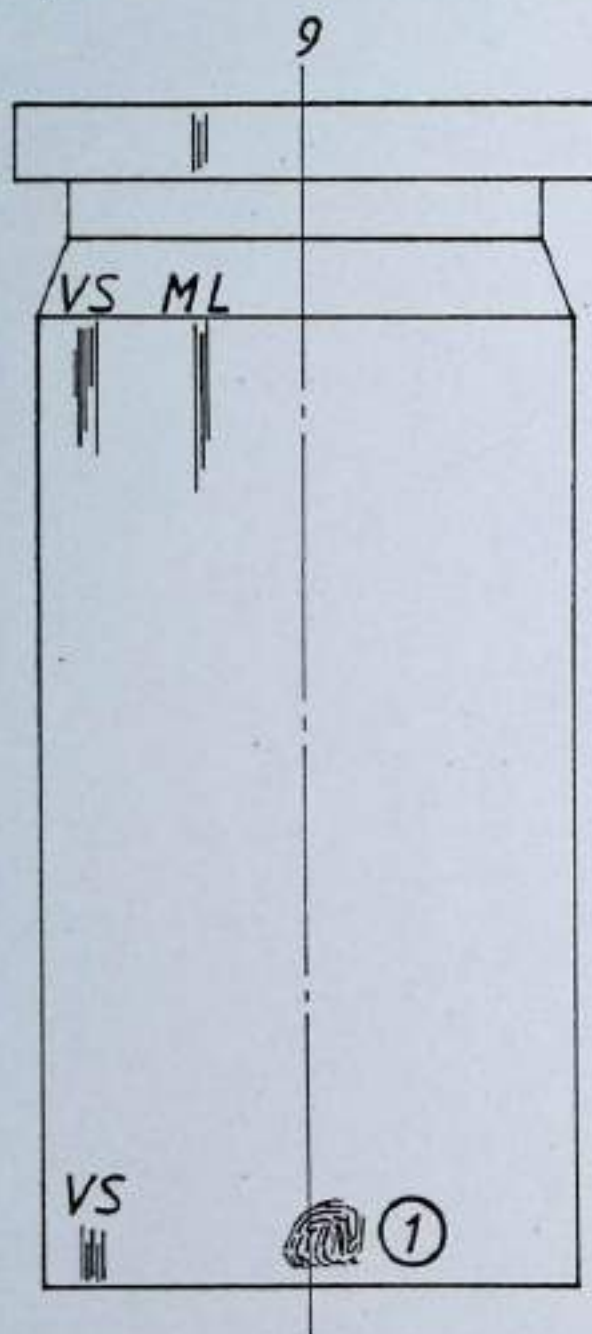
Maßstab: ca. 10:1

Waffe: *Walther TP*

Kaliber: *6,35 mm Browning*

Sgl.Nr.: 282

Besondere Spuren: ①



Spurenauswertung:

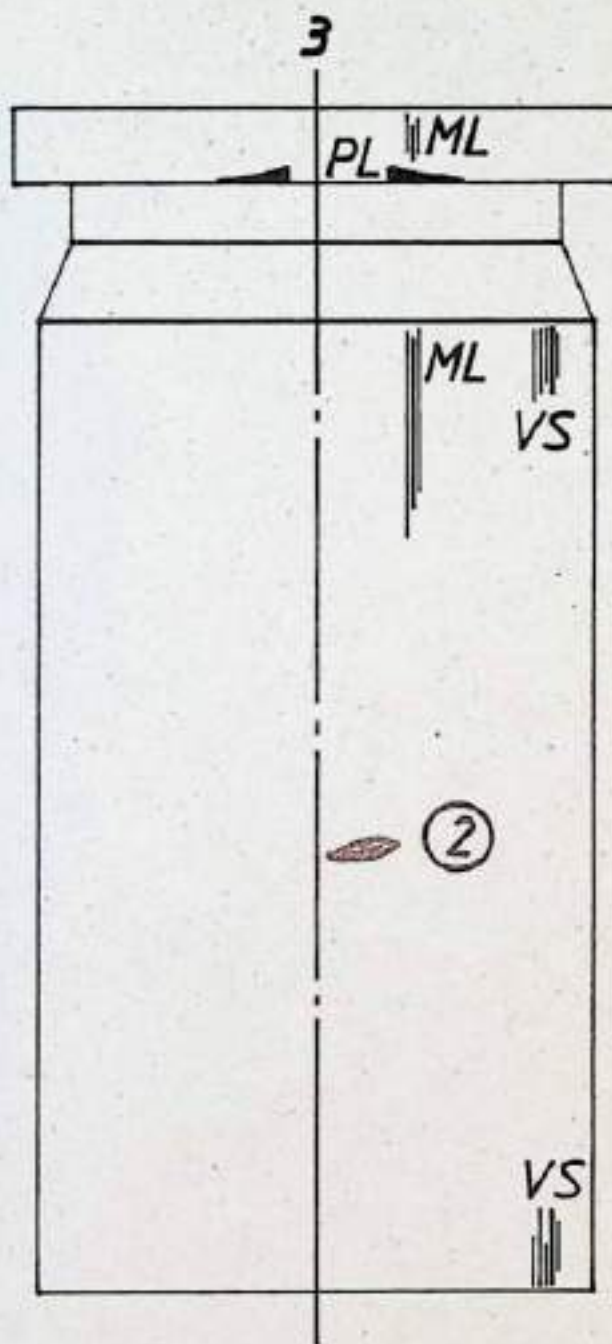
Maßstab: ca. 10:1

Waffe: *Walther TP*

Kaliber: *6,35 mm Browning*

Sgl.Nr.: *282*

Besondere Spuren: ②



Funkenblitzaufnahmen: Hülsenauswurf Walther TP



Funkenblitzaufnahmen: Hülsenauswurf Walther TP



6



7



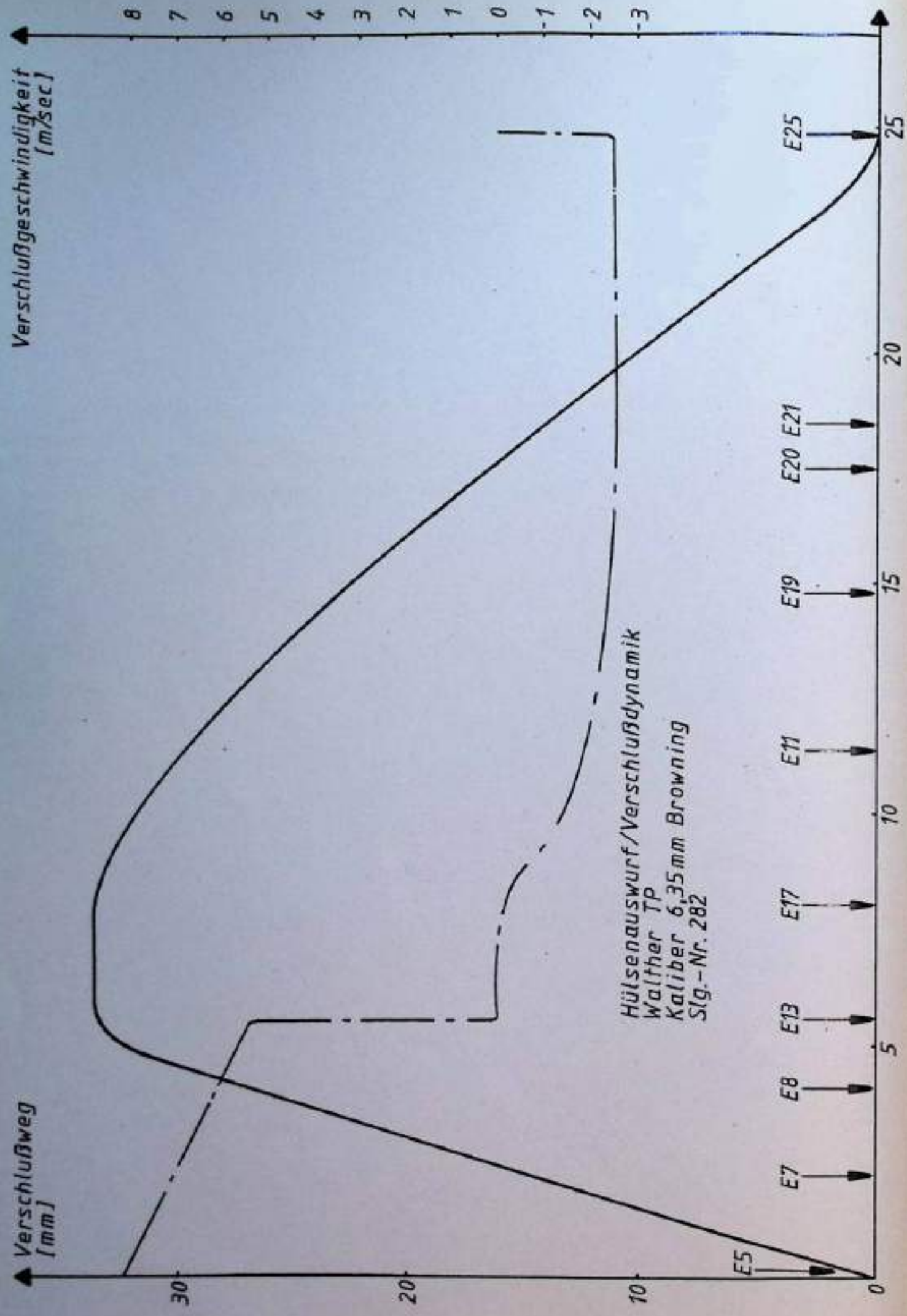
8



9



10



Hülsenauswurf/Verschlußdynamik
Walther TP
Kaliber 6,35mm Browning
Slg.-Nr. 282

Kal. 7,65 mm Browning

Beretta Mod. 70

Spurenbeschreibung:

Der Auswerfer auf Pos. 8 und der Auszieher auf Pos. 2 treten deutlich in Erscheinung. Die Schürfspur S 12 ist in der Regel gut erkennbar, ebenso eine Verschlußstückspur am Hülsenrand bei Pos. 12.

Der zylindrische Teil zeigt eine Reihe besonderer Spuren. Etwa bei Pos. 1 befindet sich in der hinteren Hälfte des zylindrischen Teils eine deutlich erkennbare Prägespur mit schräg zur Hülsenlängsachse verlaufenden feinen Schürfspuren. (Spur ①). Sie ist sehr stark ausgeprägt, oft schon mit bloßem Auge erkennbar und tritt bei allen untersuchten Hülsen auf.

Bei Pos. 5 am Hülsenmund findet man eine Schürfspur (Spur ②) mit fast senkrecht zur Hülsenlängsachse verlaufenden Riefen. Sie wurde, wenn auch in unterschiedlicher Erscheinungsweise und Intensität bei allen untersuchten Hülsen vorgefunden. Teilweise ist die Hülse an der betreffenden Stelle leicht deformiert. Bei einigen Hülsen befindet sich ebenfalls bei Pos. 5 eine weitere auffällige Spur (Spur ③). Der Spurenverlauf ist leicht gebogen ähnlich wie bei der sog. "Walther-Fahne". Bei der Mehrzahl der untersuchten Hülsen fehlte diese Spur jedoch.

Spurenentstehung:

Der Hülsenauswurf läßt sich sehr gut beobachten, da infolge der Konstruktion der Waffe der Auswurfbereich optisch gut zugänglich ist.

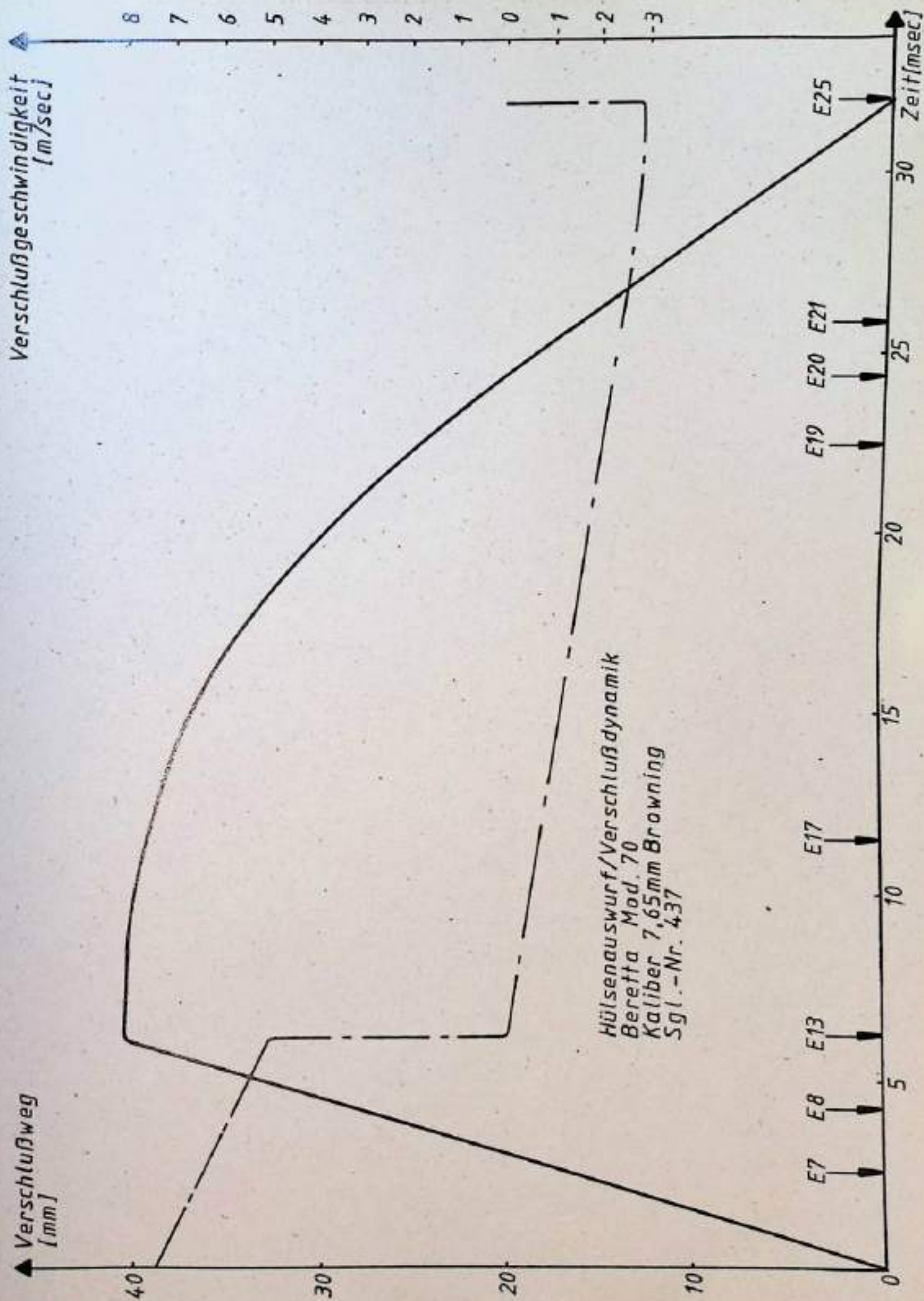
Nach der Schußabgabe wird am hinteren Laufende erheblicher Schmauchaustritt registriert. Auch nachdem die Hülse das Patronenlager verlassen hat sieht man sowohl Schmauch als auch unverbrannte Pulverteilchen am hinteren Laufende entweichen. Unverbrannte Pulverteilchen werden auch aus der Hülse entleert. Die Hülse behält bei ihrer Rückwärtsbewegung zunächst ihre waagrechte zur Laufseelenachse parallele Lage bei (Bild 1). Gelegentlich ist

aber auch ein leichtes Absinken des Hülsenmundes zu beobachten. Nach dem Auftreffen auf den Auswerfer beginnt sie ihre Drehung nach rechts (Bild 2). Das Heben des Hülsenmundes ist zunächst noch schwach ausgeprägt. Anhand von "Stereoaufnahmen" ist zu erkennen, daß sich der Hülsenmund etwa erst zur Hälfte aus dem Verschlußstück erhoben hat, die Schrägstellung aber schon so weit fortgeschritten ist, daß der Hülsenmund mit dem Innern des Verschlußstücks in Berührung kommt (Bild 2). Hierdurch erklärt sich die Entstehung der mit ② bezeichneten Spur. Am Verschlußstück, welches im Auswurfbereich eine Abschrägung besitzt, findet man an der spurenlegenden Stelle Messingabrieb von der Hülse.

Infolge der Reflexion des Hülsenmundes an der Kante des Verschlußstücks hat die Hülse nun eine Schräglage eingenommen (Bild 3), wobei die Längsachse nach oben zeigt. Bei der weiteren Drehung erfolgt ein Anschlagen am Verschlußstück oberhalb der Auszieherkralle, wobei die Prägespur ① erzeugt wird (etwa bei Bild 8). Das Anschlagen ist sehr deutlich durch plötzliche Änderung der Rotationsfrequenz der Hülse zu erkennen. Hiermit erklärt sich auch die besondere Intensität der Spur.

Die weitere Bewegungsrichtung der Hülse ist nun von der relativen Lage des Anschlagpunktes zur momentanen Drehachse der Hülse abhängig.

Die Entstehung der Schürspur ③ kann nicht unmittelbar beobachtet werden. Es deutet jedoch alles darauf hin, daß ähnlich der sog. "Walther-Fahne" diese Spur bei der Hülsendrehung gleich nach dem Auftreffen auf den Auswerfer durch die rechte Magazinlippe verursacht wird, wenn die Hülse über diese hinwegschürft.



Spurenauswertung:

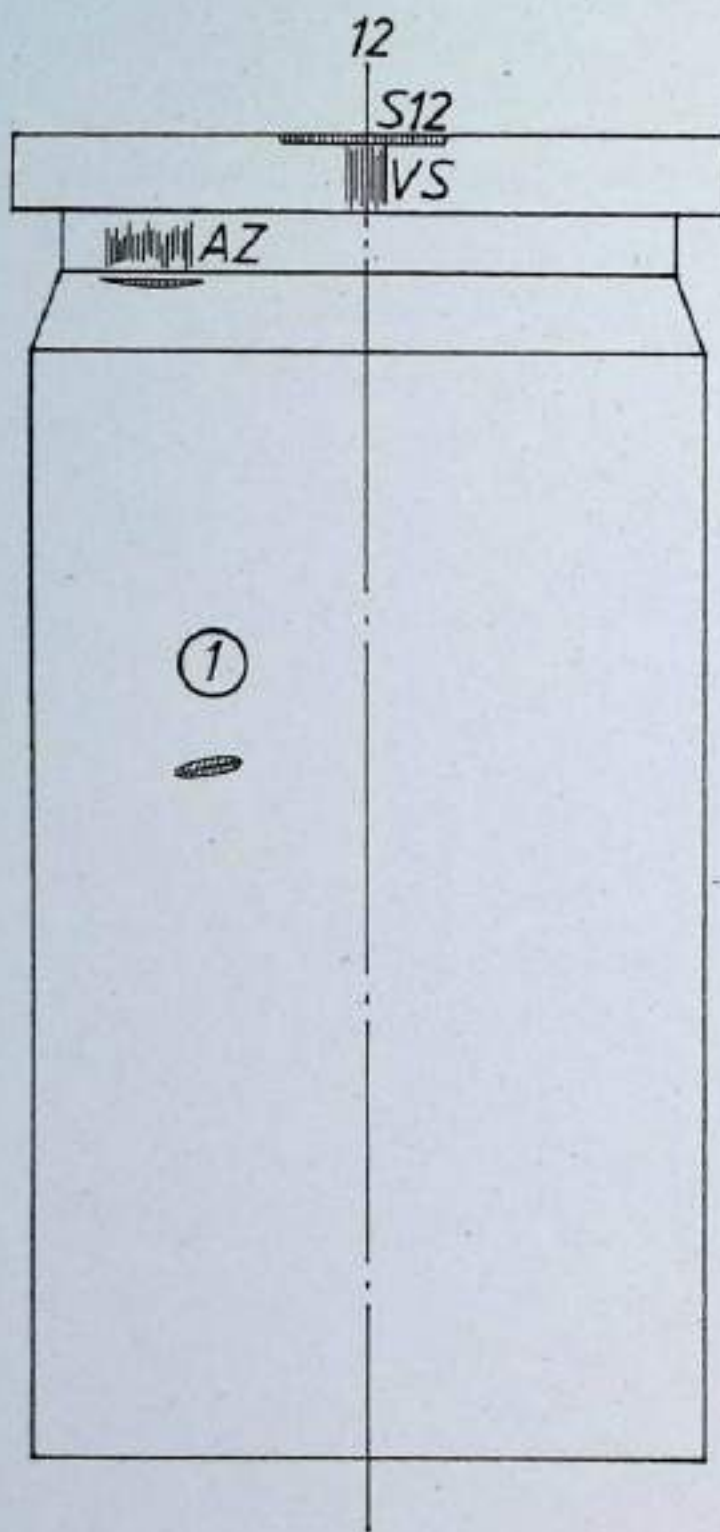
Maßstab: ca. 10:1

Waffe: *Beretta Mod.70*

Kaliber: *7,65mm Browning*

Sgl.Nr.: 437

Besondere Spuren: ①



Spurenauswertung:

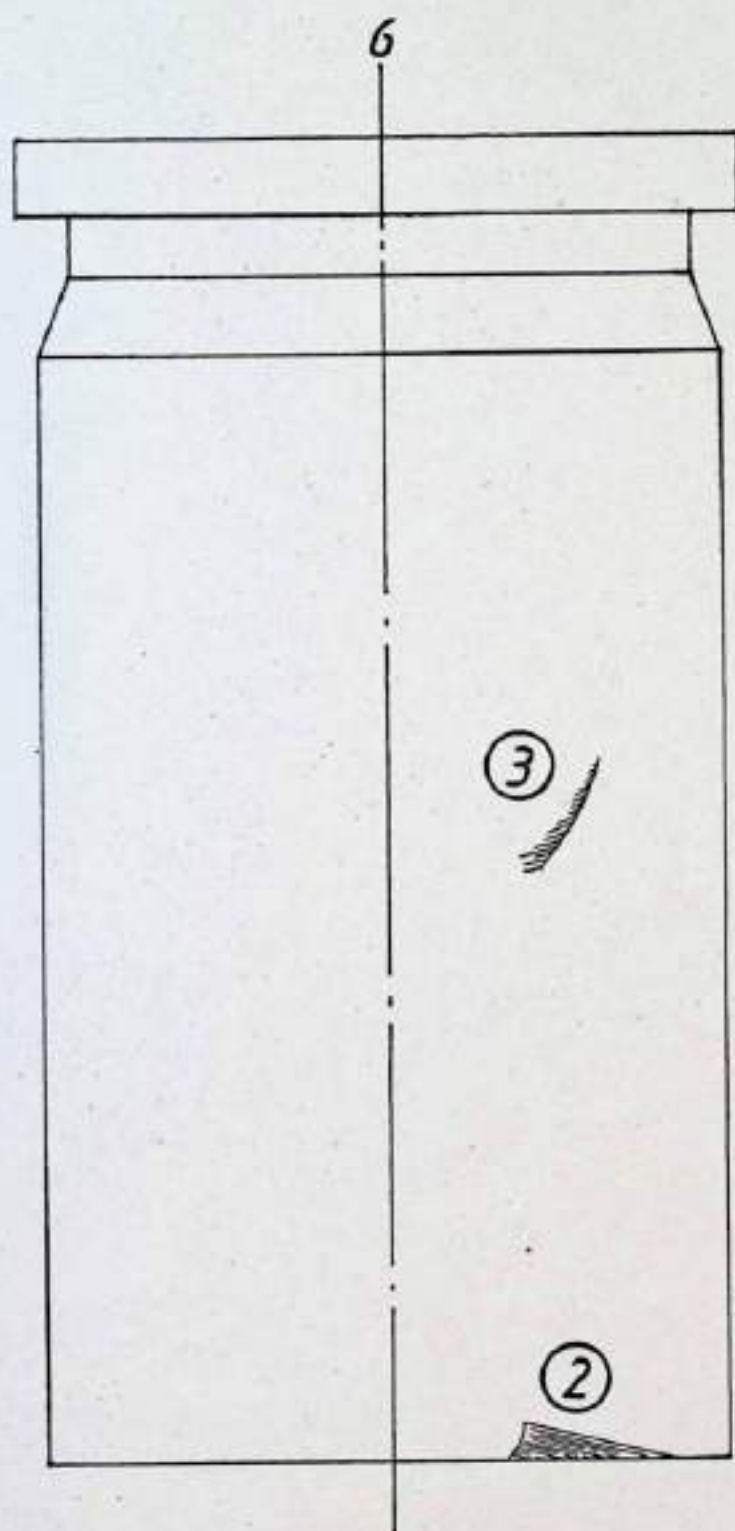
Maßstab: ca. 10:1

Waffe: *Beretta Mod.70*

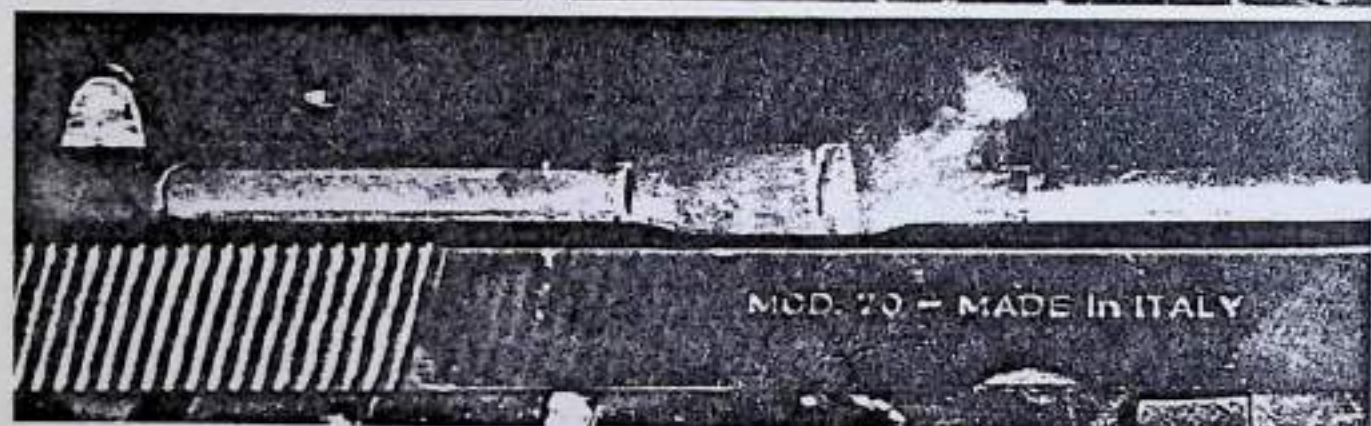
Kaliber: *7,65mm Browning*

Sgl.Nr.: 437

Besondere Spuren: ② ③



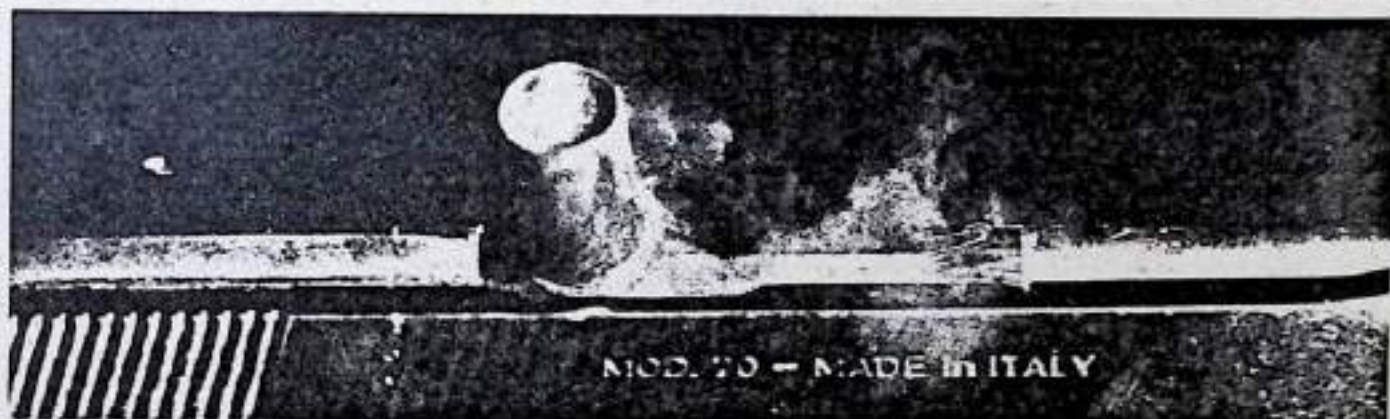
Funkenblitzaufnahmen : Hülsenauswurf Beretta Mod. 70



Funkenblitzaufnahmen : Hülsenauswurf Beretta Mod. 70



6



7



8



9



10

FEG Mod. 48

Spurenbeschreibung:

Der Auswerfer erscheint auf Pos. 8, der Auszieher etwa auf Pos. 3. Die Schürfspur S 12 wird teilweise vorgefunden. Symmetrisch hierzu finden sich am Hülsenrand und am Hülsenmund etwa bei Pos. 11 und Pos. 1 stark ausgeprägte Spuren vom Verschlußstück. Die Magazinlippenspuren sind hingegen weniger prägnant und auf dem zylindrischen Teil gar nicht vorzufinden.

Auf dem Hülsenboden kommt die für den Ladeanzeiger vorgesehene Aussparung im Stoßboden gut zum Abdruck (etwa bei Pos. 10 - 11). Auch vom Ladeanzeiger selbst sind unter Umständen Spuren am Hülsenrand und auf dem Boden vorzufinden (Spur ②).

Eine weitere besondere Spur befindet sich auf dem zylindrischen Teil bei Pos. 3, sie kann jedoch auch bei Pos. 4 erscheinen (Spur ①). Es handelt sich um eine Prägespur, die jedoch recht unreproduzierbar erscheint. Oftmals fehlt sie völlig, manchmal tritt sie auch nur schwach in Erscheinung.

Spurenentstehung:

Nach dem Auftreffen auf den Auswerfer beginnt die Hülse eine Rechtsdrehung mit gleichzeitiger Aufwärtsbewegung des Hülsenmundes (Bild 3). Anders als bei der Walther PPK ist eine Berührung des zylindrischen Teils mit der rechten Magazinlippe nicht zu erkennen, die Schräglage der Hülse ist hierfür zu groß. Bald entkoppeln Hülse und Auszieherkralle (Bild 4) und die Hülse dreht frei mit der Längsachse schräg nach oben zeigend. Während der Verschluß seinen Rücklauf beendet dreht die Hülse weiter und trifft schließlich mit dem zylindrischen Teil auf die obere Kante der in das Auswurffenster hineinragenden Auszieherkralle (Bild 9). Hierbei entsteht die besondere Spur ①. Oftmals ist das Anschlagen der Hülse nicht deutlich zu erkennen, d. h. eine Änderung der Umdrehungsgeschwindigkeit bei laufendem Film ist nicht immer zu beobachten. Diese Beobachtung stimmt auch mit dem oftmaligen Nichtvorhandensein der Spur ① überein.

Spurenauswertung:

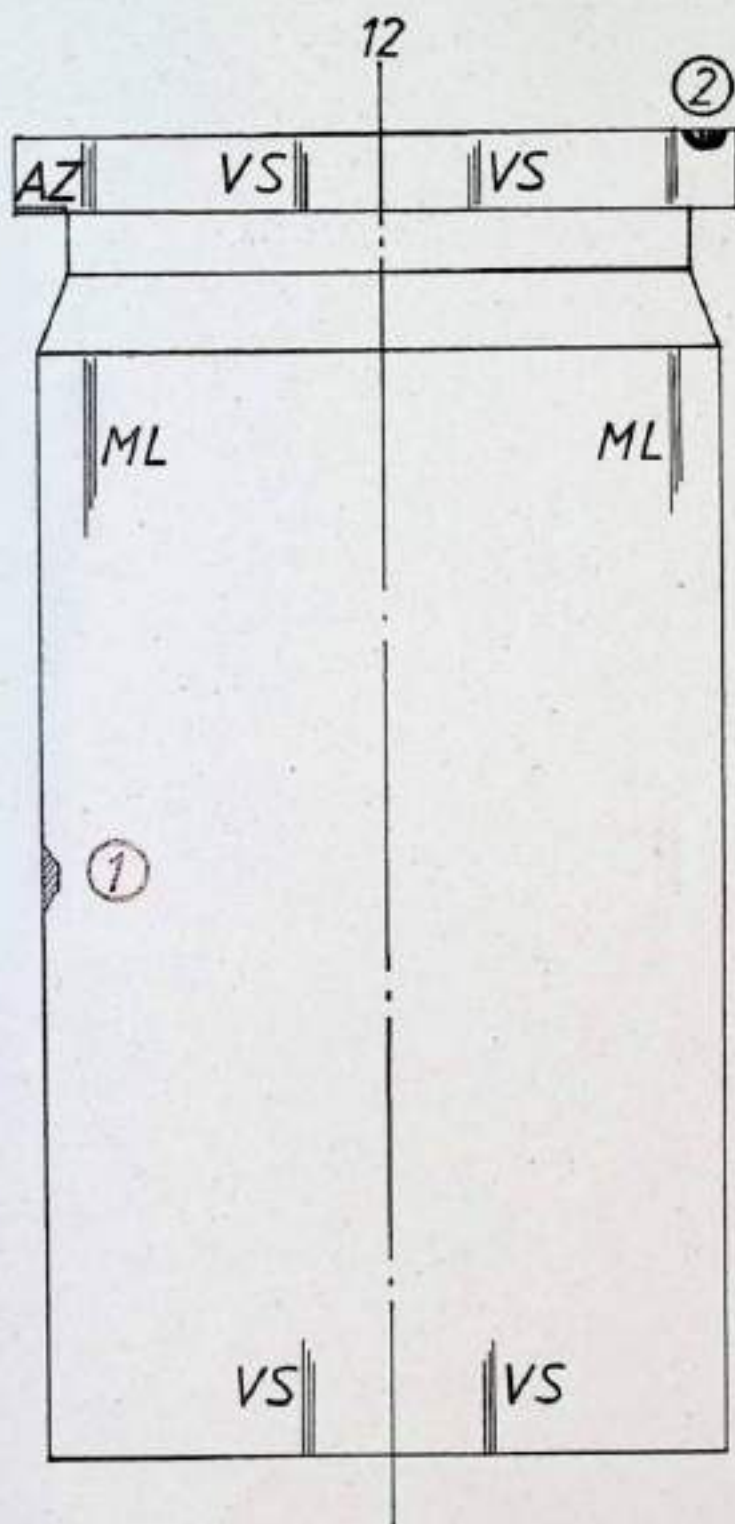
Maßstab: ca. 10:1

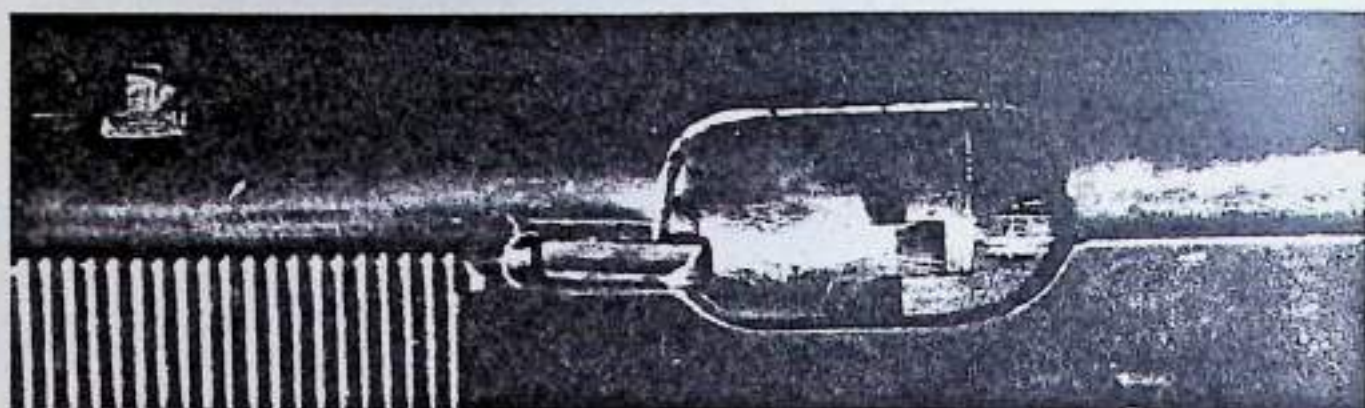
Waffe: *FEG Mod. 48*

Kaliber: *7,65 mm Browning*

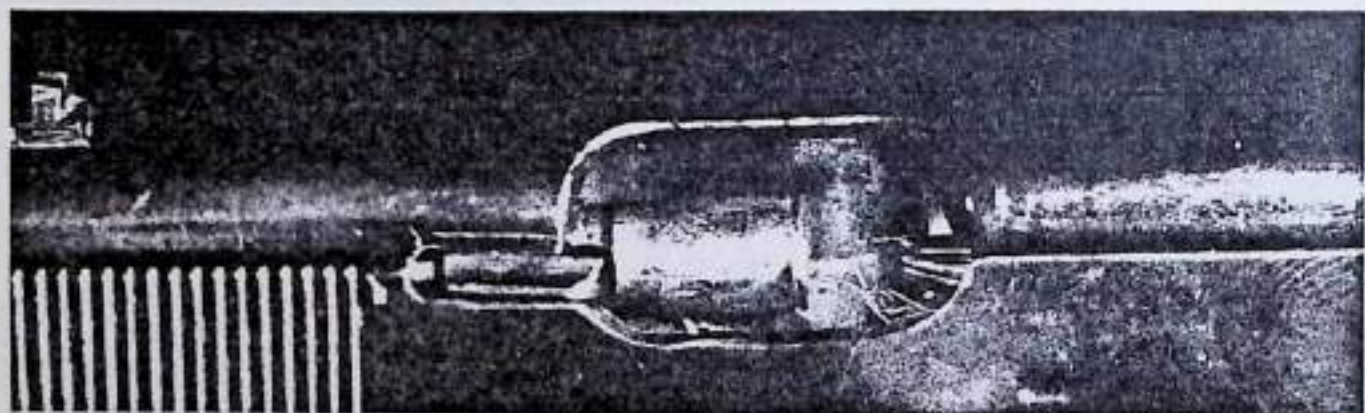
Sgl.Nr.: 487

Besondere Spuren: ① ②

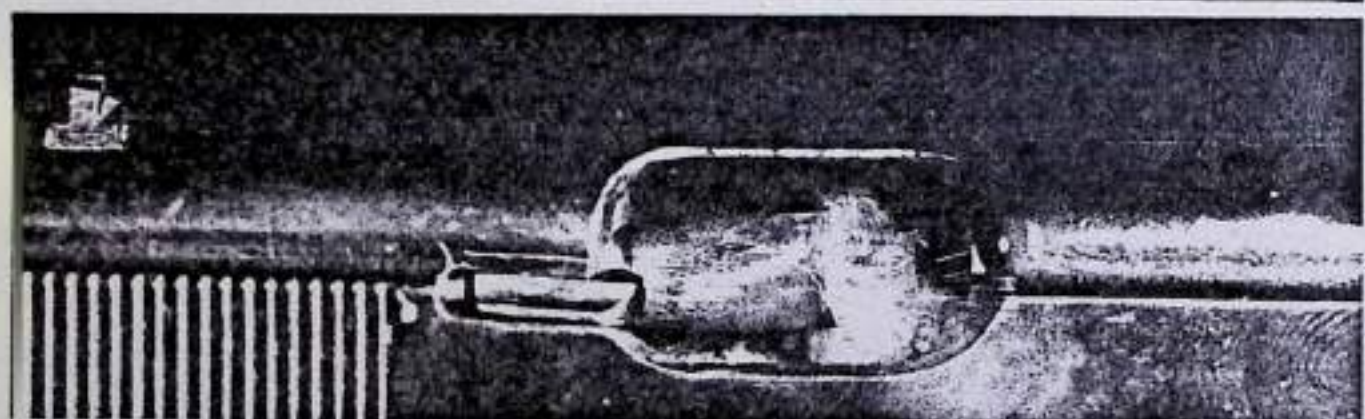




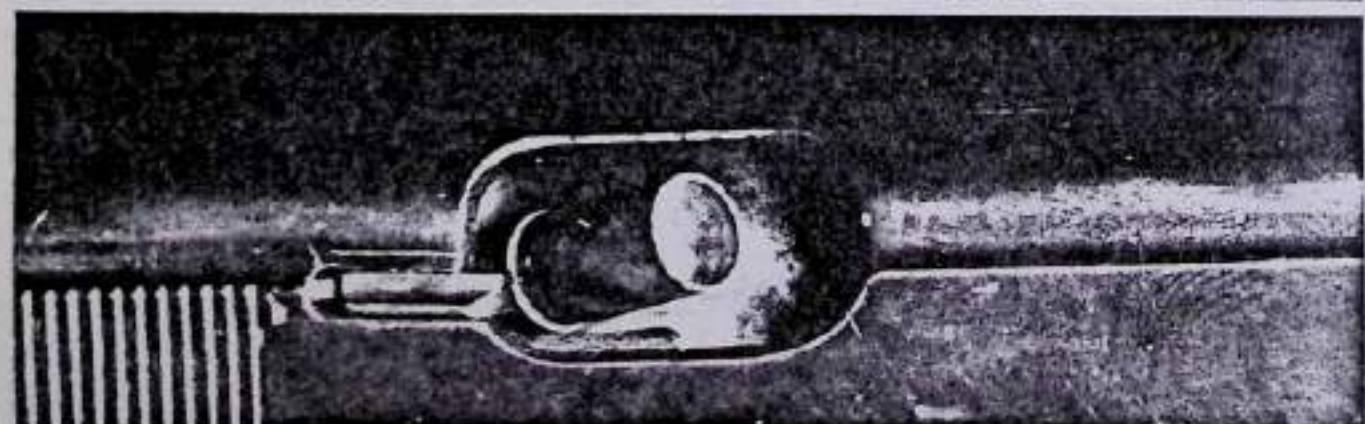
1



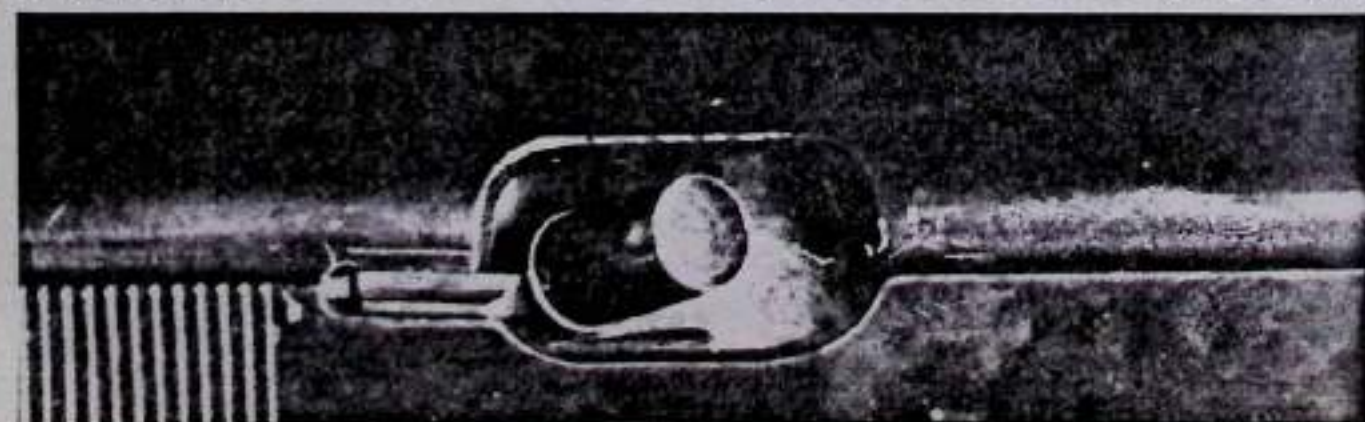
2



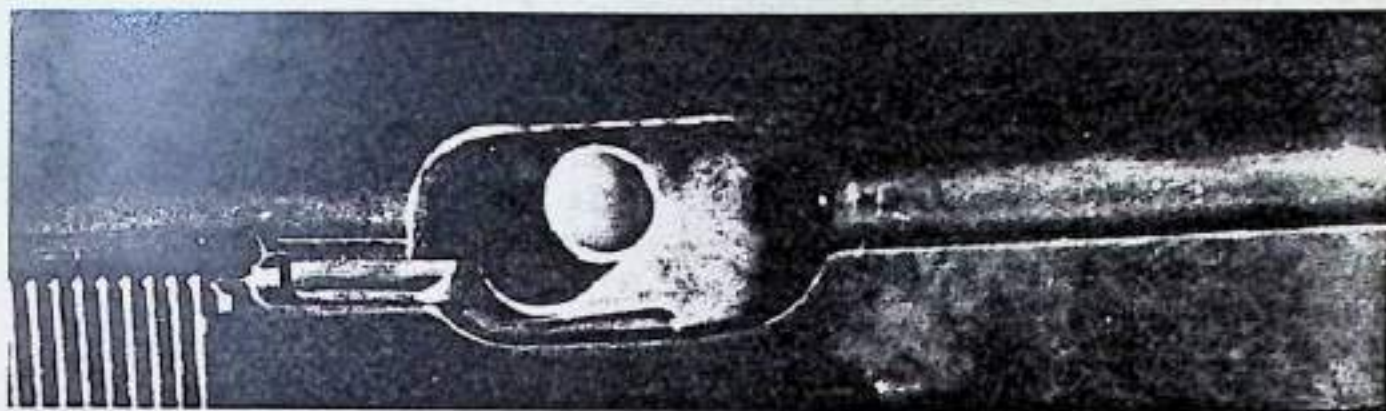
3



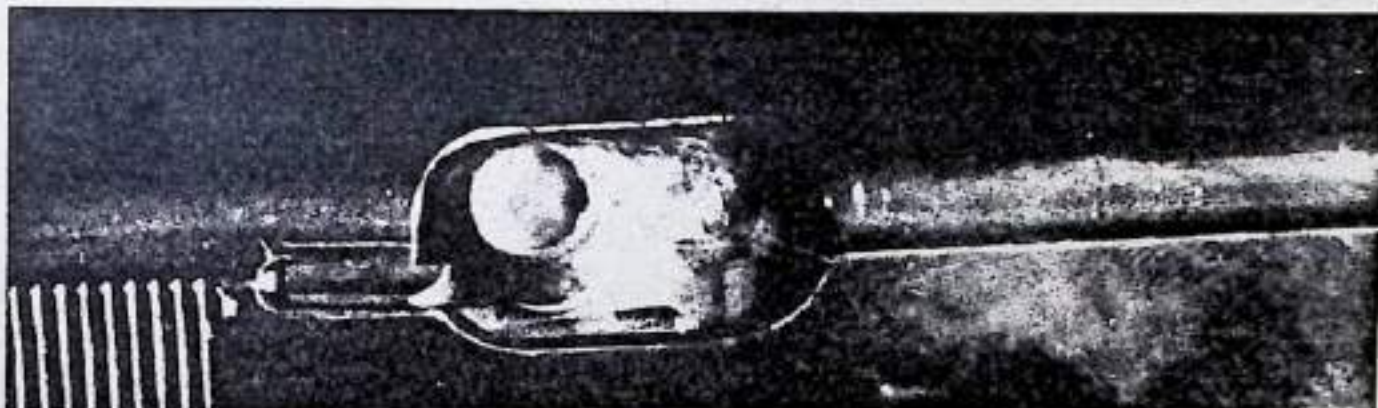
4



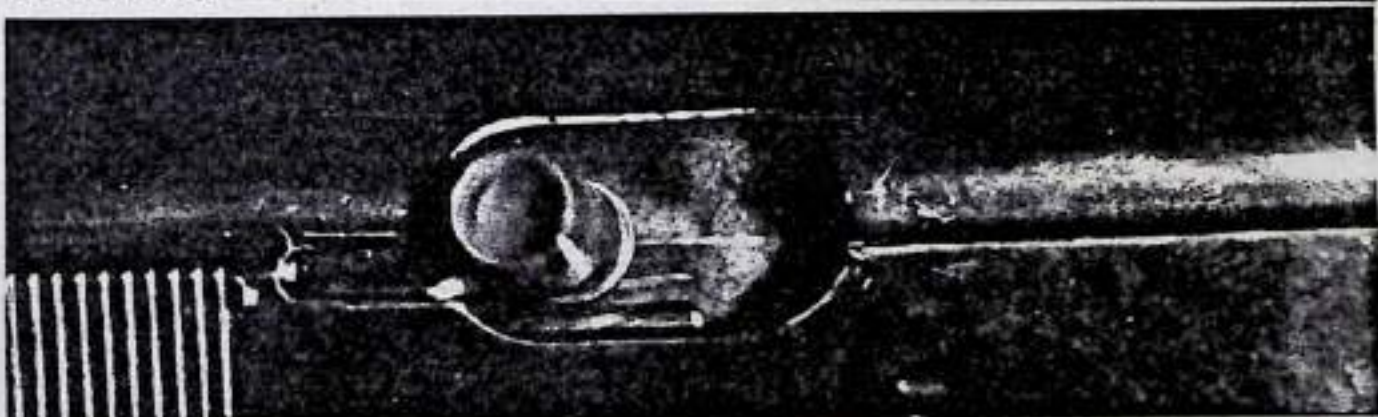
5



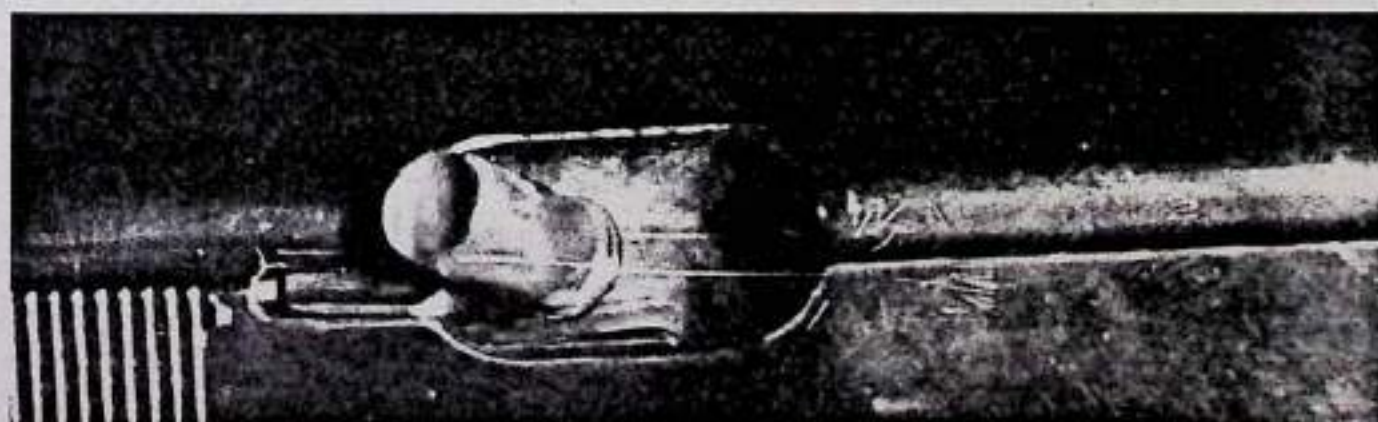
6



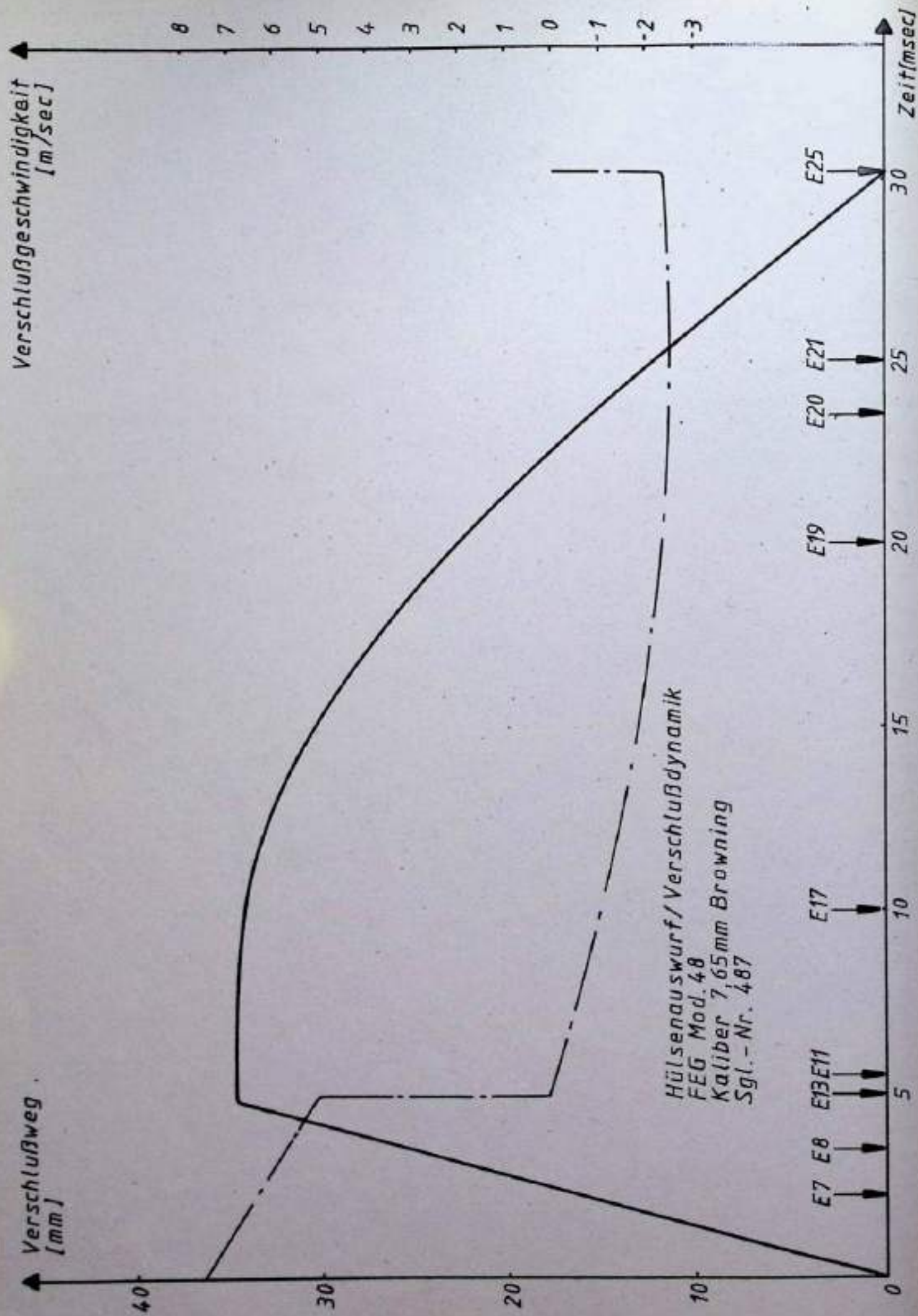
7



8



9



Walther PPK

Spurenbeschreibung:

Der Auszieher erscheint auf Pos. 2, der Auswerfer auf Pos. 8. Die Schürfspur S 12 kann unterschiedlich stark ausgeprägt sein. Auf dem Hülsenboden kann bei Pos. 12 der Abdruck der Stoßbodenaussparung für den Ladeanzeiger vorgefunden werden.

Die Verschlußstückspuren am Hülsenmund und insbesondere am Hülsenrand sind bei Pos. 11 und Pos. 1 stark ausgeprägt, die Magazinlippen Spuren jedoch nur schwach.

Auf dem zylindrischen Teil findet man eine Reihe besonderer Spuren: Etwa in der Hülsenmitte bei Pos. 10 liegt eine Schürfspur (Spur ①) mit schräg zur Hülsenlängsachse verlaufenden feinen Riefen. Bei einigen Hülsen ist diese Spur nicht vorhanden. Fast auf Pos. 12 und näher zum Hülsenboden gelegen findet sich eine Prägespur (Spur ②). Auch diese Spur tritt oft nicht auf. Bei den untersuchten Hülsen wurde festgestellt, daß die besonderen Spuren ① und ② nur in Ausnahmefällen gemeinsam auftreten. Überwiegend tritt Spur ① alleine auf, in ca. 25 % der Fälle jedoch nur Spur ②.

Ungefähr bei Pos. 2 oder 3 liegt eine kräftige Prägespur (Spur ③). Sie besitzt die Form einer länglichen Kerbe. Ihre Form und Lage variieren stark von Hülse zu Hülse, gelegentlich fehlt sie völlig.

Als auffälligste Spur findet man bei Pos. 4 die sog. "Walther-Fahne". (Spur ④). Die Spur verläuft anfänglich parallel zur Hülsenlängsachse, fächert sich dann seitwärts auf. Auch diese Spur fehlt gelegentlich.

Am Hülsenmund bei Pos. 4 findet man eine Schürspur (Spur ⑤), die oft nicht vorhanden ist bzw. bezüglich ihrer Form stark variiert.

Spurenentstehung:

Nachdem die Hülse das Patronenlager verlassen hat (Bild 2) ist zunächst ein erhebliches Absinken des Hülsenmundes festzustellen (Bild 3). Die Hülsenlängsachse nimmt somit zu Beginn des Verschlußrücklaufs eine Schräglage ein. Ob auch eine seitliche Neigung vorhanden ist, konnte anhand der Filmaufnahmen nicht festgestellt werden. Nach dem Auftreffen auf den Auswerfer (Bild 4) dreht die Hülse nach rechts, wobei sich gleichzeitig der Hülsenmund aus seiner abwärts gerichteten Lage hebt (Aufstehbewegung).

Hierbei schürft die Hülse mit dem zylindrischen Teil über die rechte Magazinlippe, wobei die sog. "Walther-Fahne" entsteht. Auf Bild 4 ist deutlich erkennbar, daß die rechte Magazinlippe mit dem zylindrischen Teil der ausgeworfenen Hülse in Berührung kommt. Zahlreiche zusätzliche Versuche bestätigten die anhand der Hochgeschwindigkeitsfilme gemachten Beobachtungen zur Entstehung der Spur ④. Unter anderem kann an der rechten Magazinlippe Messingabrieb festgestellt werden.

Infolge der an der Magazinlippe erfolgten Ablenkung der Hülse erfährt die Aufstehbewegung eine Beschleunigung, so daß sich der Hülsenmund schneller als zuvor hebt. Schließlich zeigt die Hülsenlängsachse schräg nach oben (Bild 5). Während die Auszieherkralle aus der Rille auskoppelt, ist die Aufstehbewegung der Hülse so weit fortgeschritten, daß der zylindrische Teil der Hülse etwa bei Pos. 10 an der Kante im oberen Bereich des Auswurfffensters anschlägt (etwa bei Bild 6). Oft ist auch nur ein Entlangschürfen ohne heftige Reflexion der Hülse zu beobachten. Hierbei entsteht die besondere Spur ①. Infolge des Befundes, daß Spur ① und Spur ② in der Regel nicht gemeinsam auftreten, wird vermutet, daß je nach Schräglage der Hülsenlängsachse und Fortschritt der Drehung entweder Spur ① oder Spur ② an der Oberkante des Auswurfffensters gelegt wird. In jedem Fall erkennt man nach dem Anschlagen ein Absinken des Hülsenmundes infolge der Reflexion. Während sich die Hülse weiter dreht, ist der Verschlußrücklauf beendet und die Hülse trifft von oben auf die in das Auswurfffenster hineinragende Auszieherkralle (Bild 8), wobei Spur ③ entsteht. Dieses Anschlagen ist i. a. sehr deutlich zu erkennen. Auf der Auszieherkralle ebenso wie an der Oberkante des Auswurfffensters findet man Messingabrieb.

Nach Entstehung der Spur ③ verläßt die Hülse endgültig die Waffe und fliegt frei.

Bei einer anderen Waffe des gleichen Systems wurde beobachtet, daß die Hülse nach schwacher Reflexion an der Oberkante des Auswurfffensters auch gegen die Kante des Auswurfffensters oberhalb der Auszieherkralle anschlagen kann. In diesem Falle äußert sich Spur 3 als längliche Kerbe etwa bei Pos. 1 oder 2. Die Hülse wird in diesen Fällen nach dem Anschlagen nach unten reflektiert. Die Hülsenablenkung bei der Entstehung von Spur ① bzw. Spur ② kann jedoch auch so stark sein, daß die Hülse gegen die Auszieherkralle frontal aufschlägt. Diese unterschiedlichen Bewegungsmöglichkeiten erklären die verschiedenen Erscheinungsweisen von Spur ③.

Bei anderen untersuchten Waffen des gleichen Systems wurde ein etwas modifizierter Bewegungsablauf bei Hülsenauswurf beobachtet. Nachdem die Hülse das Patronenlager verlassen hat, sinkt sie nicht nach unten ab, sondern behält auch während des weiteren Verschlußrücklaufs ihre waagrechte Lage bei. Dies gilt weitestgehend auch während der gesamten Drehbewegung, so daß ein Anschlagen an der Oberkante des Auswurfffensters nicht erfolgen kann (da keine Aufstehbewegung vorliegt). Die Hülse schlägt dann von vorne auf den Auszieher auf. Tatsächlich findet man bei den aus diesen Waffen verfeuerten Hülsen nur die besondere Spur ③, während ①②④ nie auftreten.

Eine fundierte Aussage zur Entstehung der Spur ⑤ kann nicht getroffen werden. Es wird jedoch vermutet, daß diese Spur beim Patronenzuführungsprozeß entsteht, wenn der Hülsenmund mit einer Kante der für den Auszieher vorgesehenen Aussparung am hinteren Laufende in Berührung kommt.

Spurenauswertung:

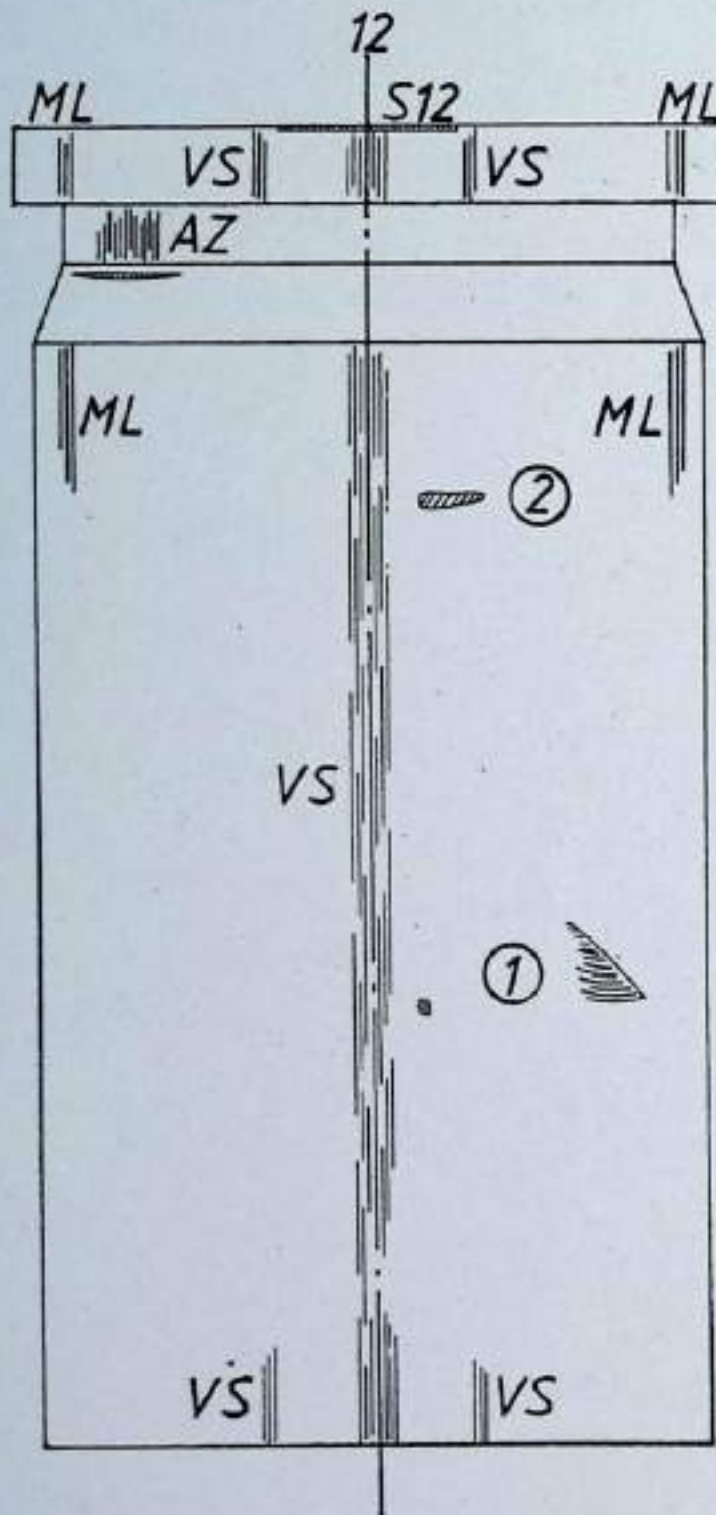
Maßstab: ca. 10:1

Waffe: *Walther PPK*

Kaliber: *7,65 mm Browning*

Sgl.Nr.: 677

Besondere Spuren: ① ②



Spurenauswertung:

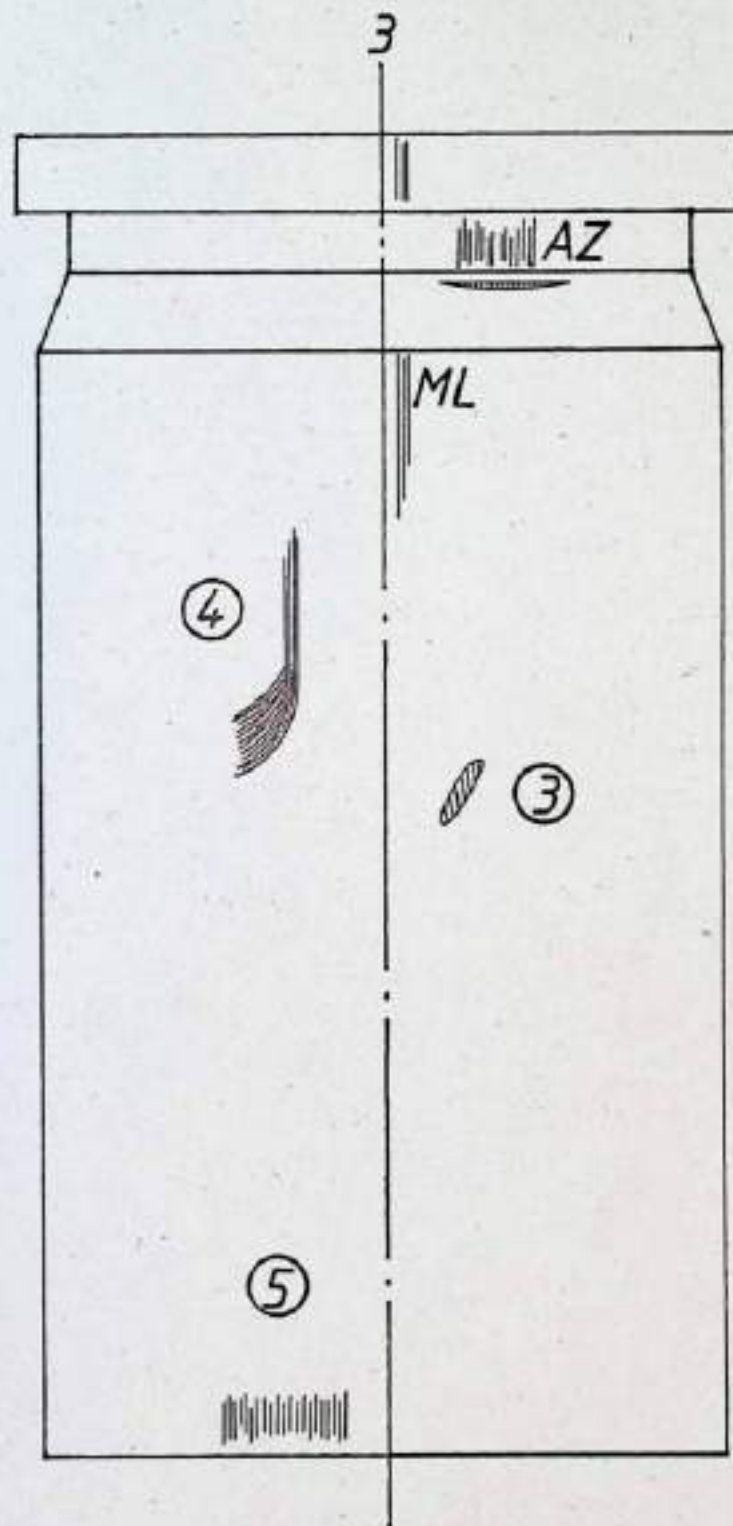
Maßstab: ca. 10:1

Waffe: *Walther PPK*

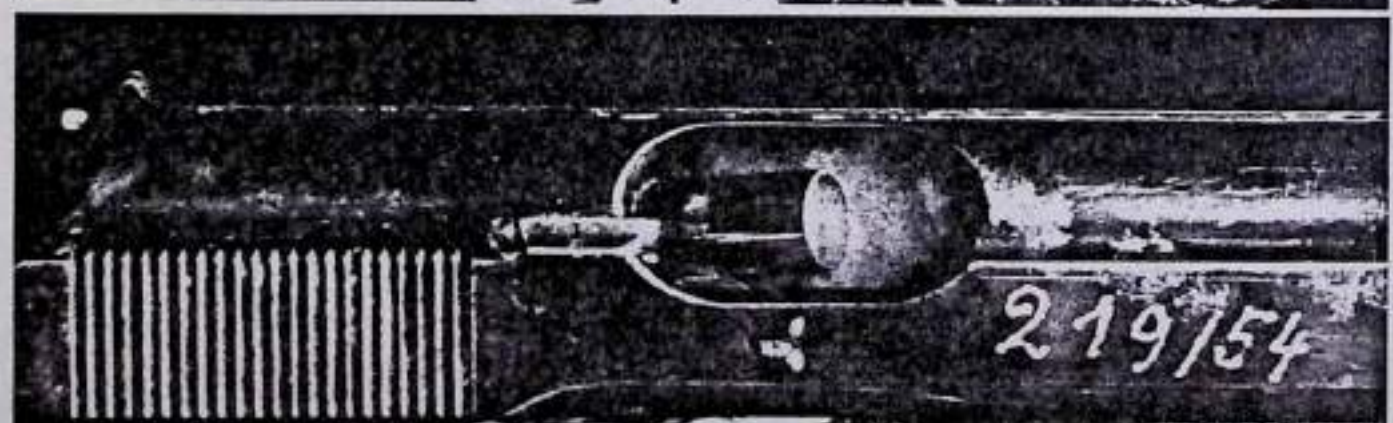
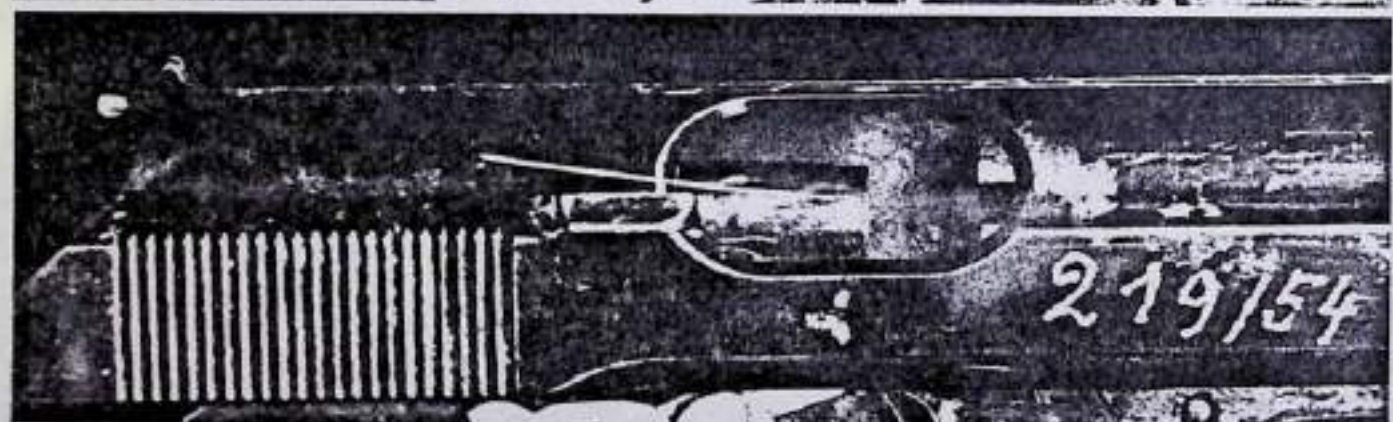
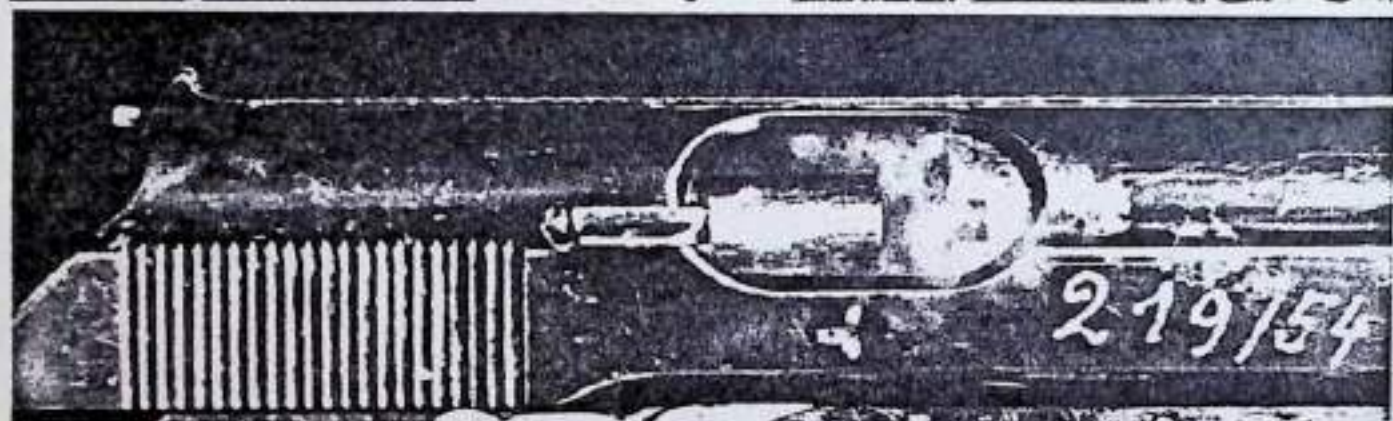
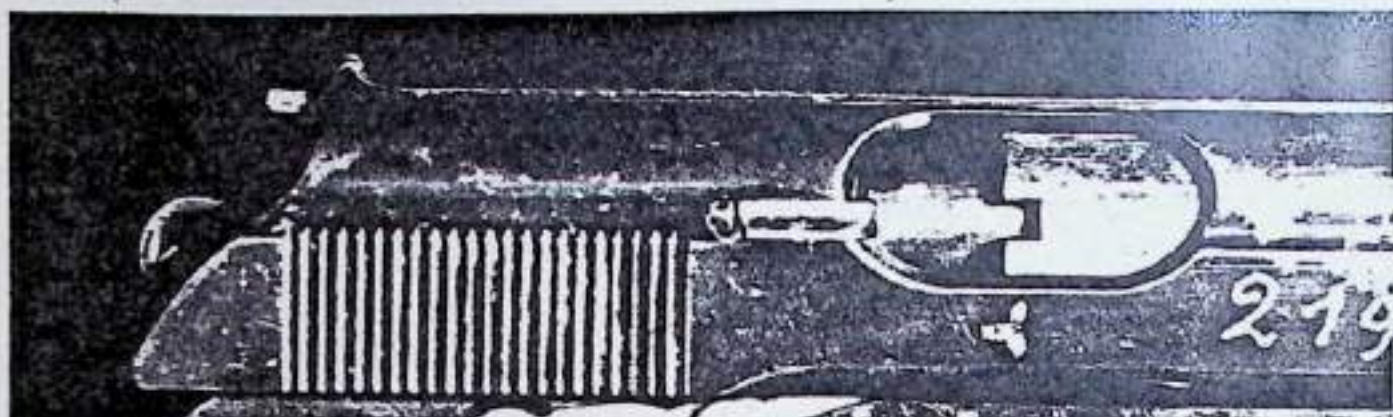
Kaliber: *7,65 mm Browning*

Sgl.Nr.: 677

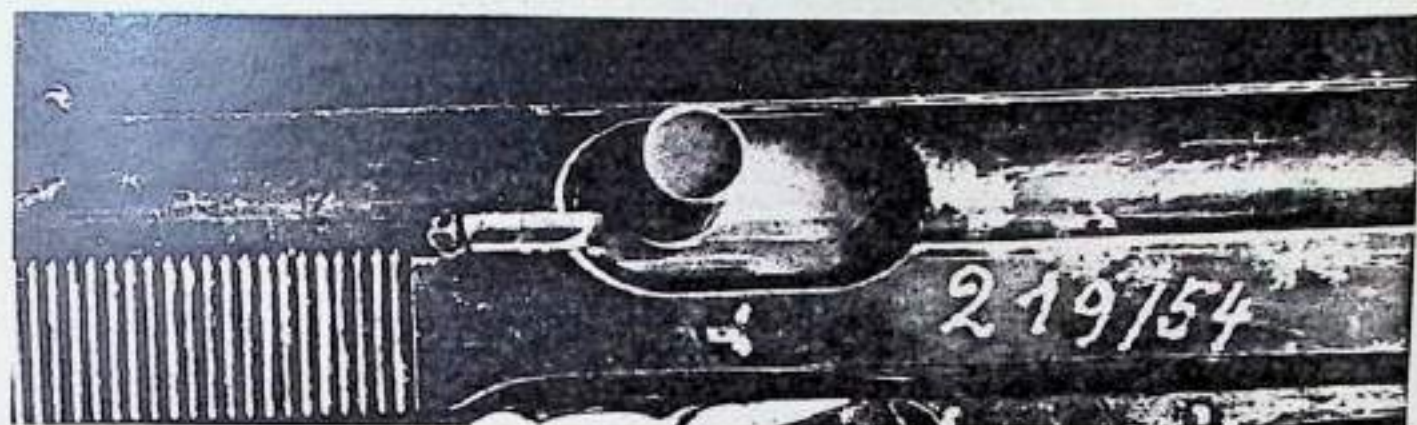
Besondere Spuren: ③ ④ ⑤



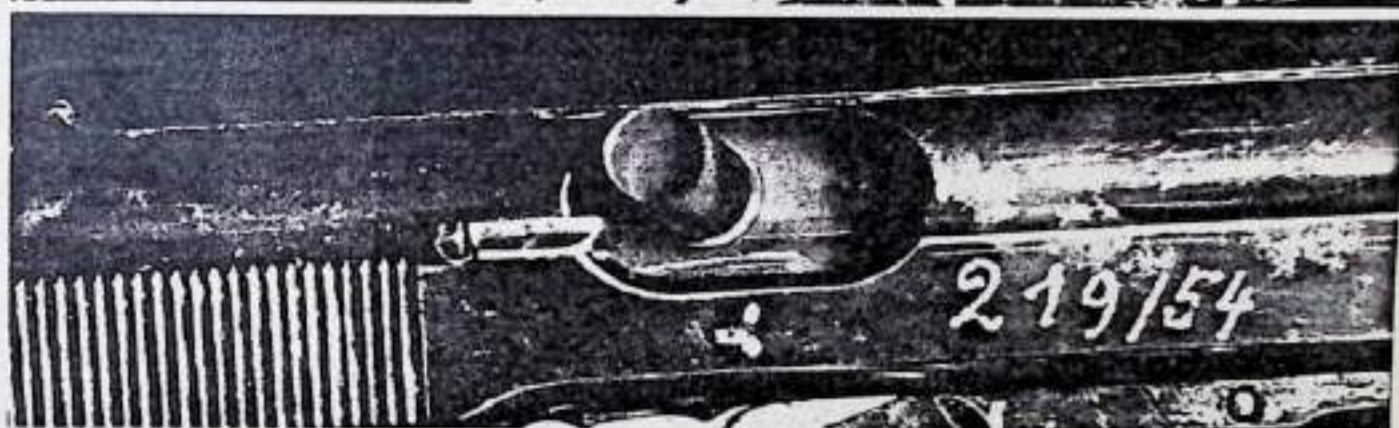
Funkenblitzaufnahmen : Hülsenauswurf Walther PPK



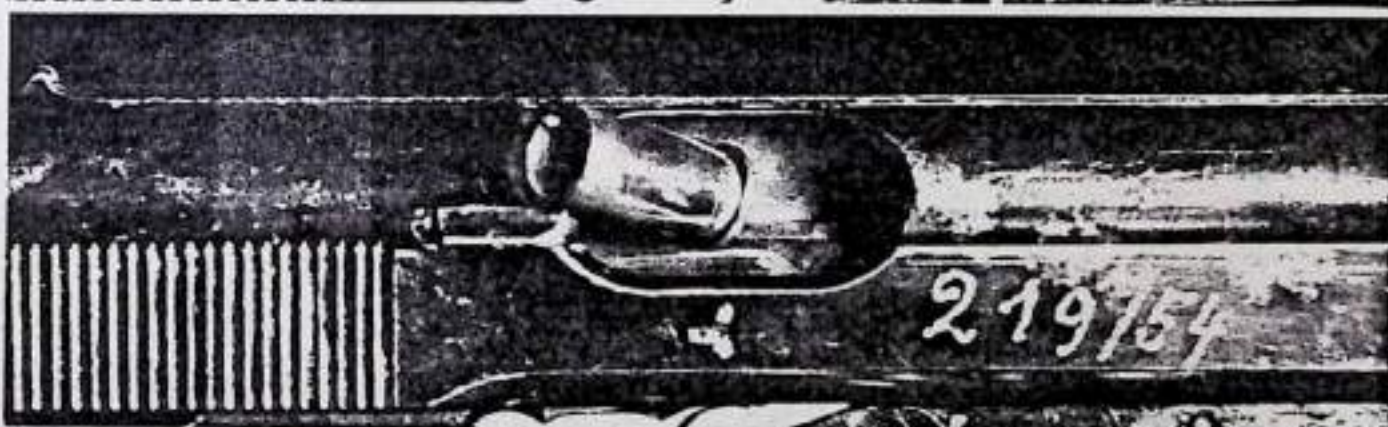
Funkenblitzaufnahmen : Hülsenauswurf Walther PPK



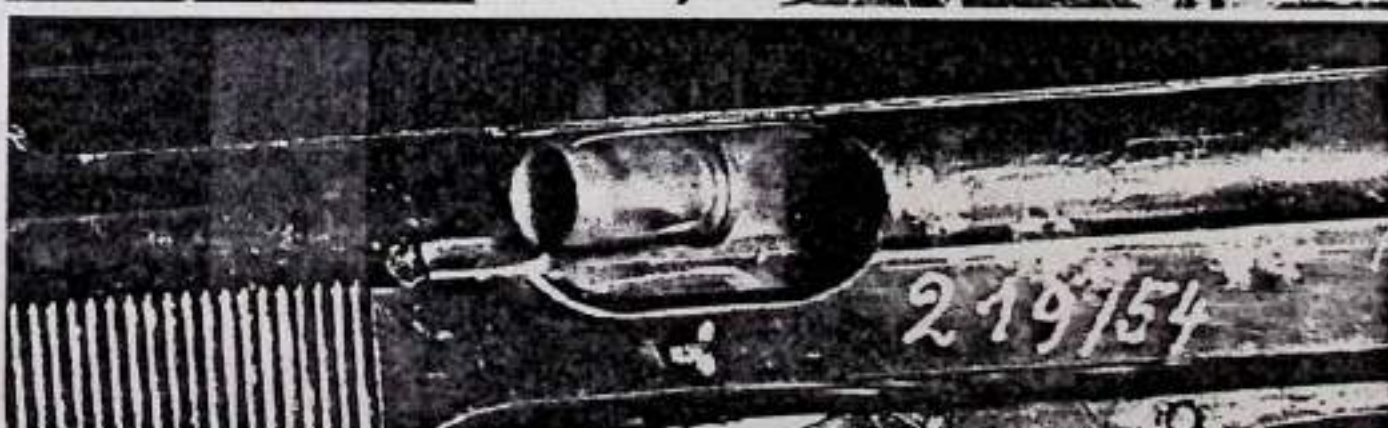
6



7



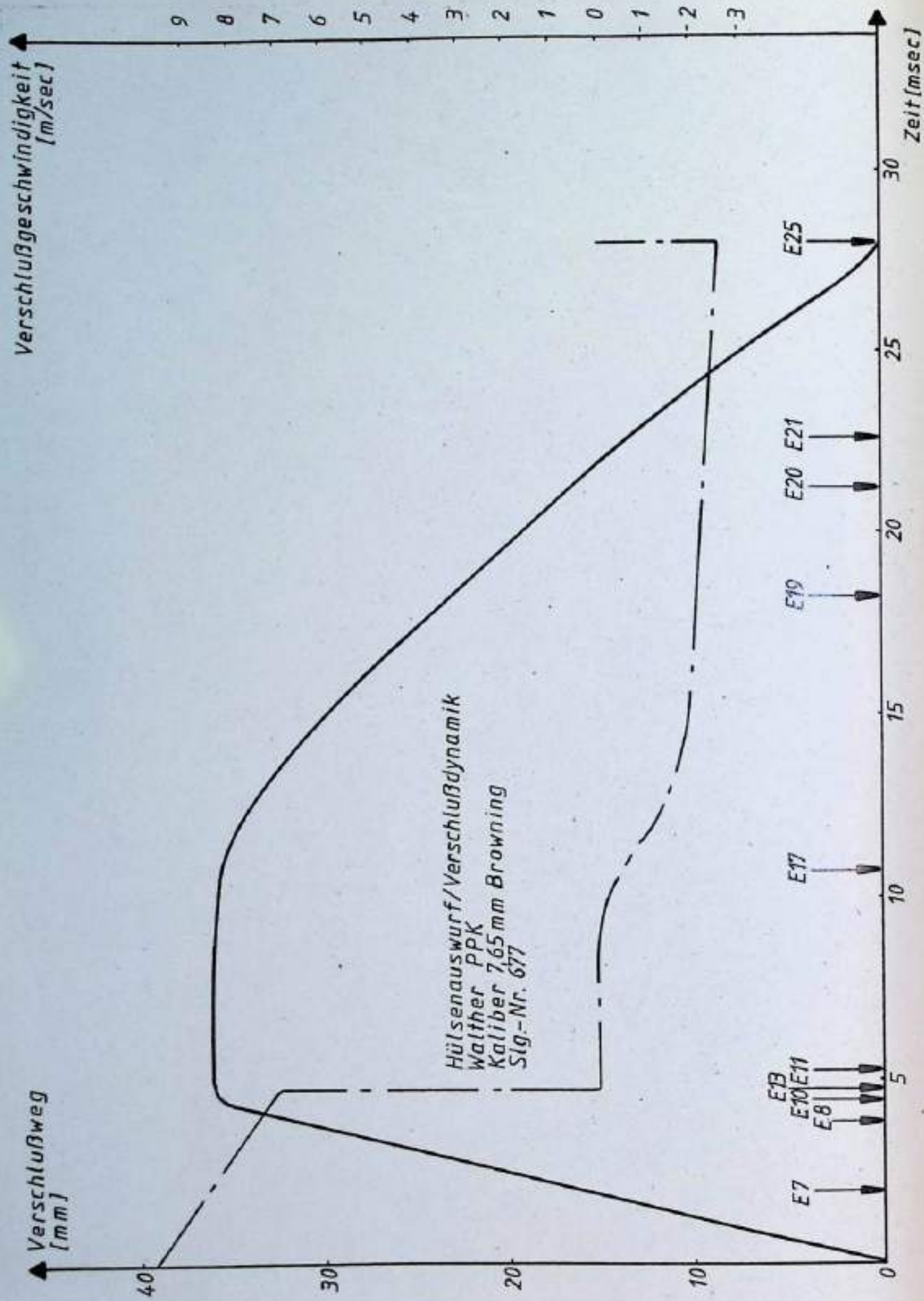
8



9



10



Kal. 9 x 18 Ultra

PM 63 (polnische Maschinenpistole)

Da die für die Waffe eigentlich vorgesehene Originalmunition 9 mm Makarov nicht in ausreichendem Maße vorhanden war, wurden für die Versuche Patronen 9 x 18 Ultra verwendet. Diese Munition läßt sich ohne Beanstandungen laden und verfeuern, es ist jedoch festzuhalten, daß alle getroffenen Feststellungen nicht auf die Verhältnisse mit Originalmunition im richtigen Kaliber übertragbar sind.

Spurenbeschreibung:

Die Auswerferspur erscheint kräftig auf Pos. 8, während die Auszieherspur zwar meist bei Pos. 2 gut zu erkennen ist, manchmal jedoch auch fehlt. Eine am Hülsenrand nahe bei der Auszieherspur liegende Deformierung des Hülsenrandes mit Schürfspuren ist jedoch immer vorhanden.

Auffällig ist eine kräftige Magazinlippenspur etwa bei Pos. 11, die von der als Auswerfer fungierenden Magazinlippe verursacht wird. Stoßbodenbearbeitungsspuren drücken sich auf dem Patronenboden ab, die Aussparung für den Auswerfer kommt teilweise sehr gut zum Abdruck, ebenso wie Begrenzungslinien einer im Zentrum des Stoßbodens liegenden Erhöhung innerhalb der sich der feststehende Schlagbolzen befindet.

Als besondere Spuren findet man auf dem zylindrischen Teil etwa bei Pos. 1 bzw. Pos. 2 Eindruckspuren und/oder Schürfspuren, die in Form und Lage von Hülse zu Hülse erheblich variieren und manchmal völlig fehlen. Es kann sich um eine längliche Kerbe handeln, um eine Schürfspur oder auch um einen dreieckförmigen Eindruck. In der Regel ist die besondere Spur ① nicht stark ausgeprägt.

Spurenentstehung:

Nach Freigabe des am hintern Anschlag befindlichen Verschlusses durch Betätigung des Abzugs bewegt sich dieser nach vorn und erfaßt hierbei die im Magazin befindliche Patrone. Bemerkenswert ist eine konstruktionsbedingte Bremsung der Verschlußbewegung ca. 12 msec nach Beginn des Verschlußvorlaufs, die auch in den Verschlußdiagrammen deutlich zum Ausdruck kommt.

Während des Einschlebens in das Patronenlager beschreibt die Patrone eine schlingende Bewegung. Die Patronenspitze wandert nach rechts, nach links, wieder nach rechts und nach links, bevor die Patrone endgültig ins Patronenlager eingeführt wird.

Es ist deutlich zu beobachten, daß bei diesem Zuführprozeß die Patrone eine Linksdrehung um ihre eigene Achse vollführt. Nach der Zündung kann am hinteren Laufende entweichender Schmauch beobachtet werden, beim Ausziehen der Hülse werden unverbrannte Pulverteilchen ausgestoßen. (Bilder 1 u. 2).

Im weiteren Verlauf des Auswurfprozesses zeigen sich eine Reihe unterschiedlicher Möglichkeiten:

1. Die Hülse löst sich recht früh aus der Kralle und beginnt nach dem Auftreffen auf den Auswerfer eine Aufstehbewegung. Nach einer Drehung um ca. 180° , der Hülsenmund zeigt zum Schützen hin, stößt der noch im Rücklauf befindliche Verschuß gegen den Hülsenboden (vgl. Bild 9). Daraufhin wird die Hülse nach hinten reflektiert.
2. Es ist möglich, daß die eben beschriebene Bewegung ohne Anschlagen des Hülsenbodens am Schlitten erfolgt. Die Hülse dreht sich dann unbehindert weiter.
3. Es ist möglich, daß die Hülse nach einer Drehung um 180° mit dem Hülsenmund nach unten absinkt und auf der rechten Waffen-seite im Auswurfbereich aufschlägt und dort reflektiert wird.
4. Wenn die Hülse sich spät von der Auszieherkralle löst, kann sie bei der Drehbewegung seitlich vom Stoßboden am Verschuß anstoßen. Hierdurch wäre eine Erklärung für die Entstehung der mit ① bezeichneten besonderen Spuren gegeben.
5. Mehrfachreflexionen mit dem Hülsenboden und dem zylindrischen Teil am Verschußstück kommen ebenfalls vor.

Insgesamt zeigen sich beim Auswurfprozeß eine Reihe unterschiedlicher Bewegungsarten der Hülse. Auf dem Hülsenboden und dem zylindrischen Teil findet man Spuren, die durch die oben beschriebenen Reflexionen entstanden sein können, jedoch variieren sie in Form und Lage erheblich, so daß auf ihre Wiedergabe verzichtet wurde. Sie erscheinen für Zwecke der Systembestimmung nicht geeignet.

Spurenauswertung:

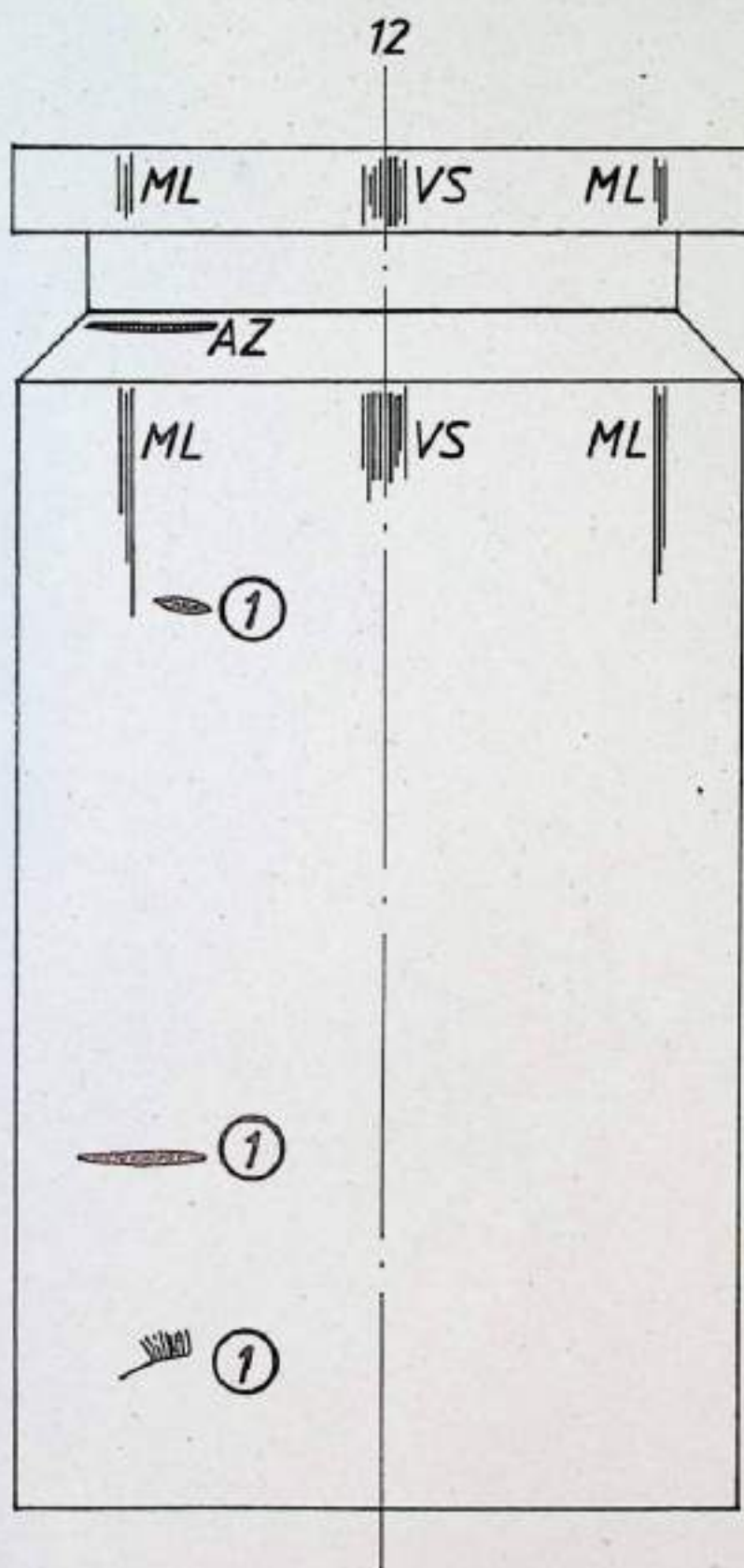
Maßstab: ca. 10:1

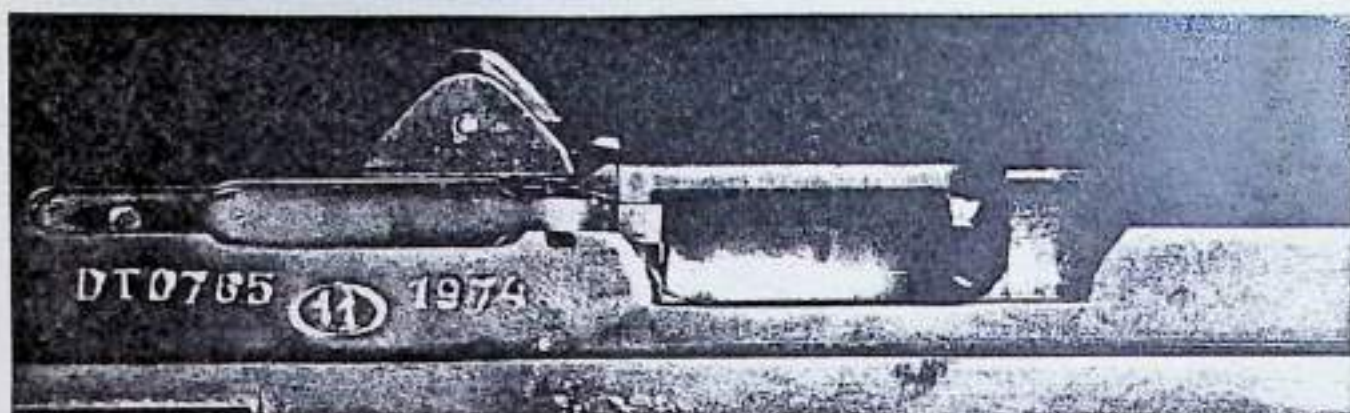
Waffe: *PM63*

Kaliber: *9mm Makarov*

Sgl.Nr.: *3261*

Besondere Spuren: ①

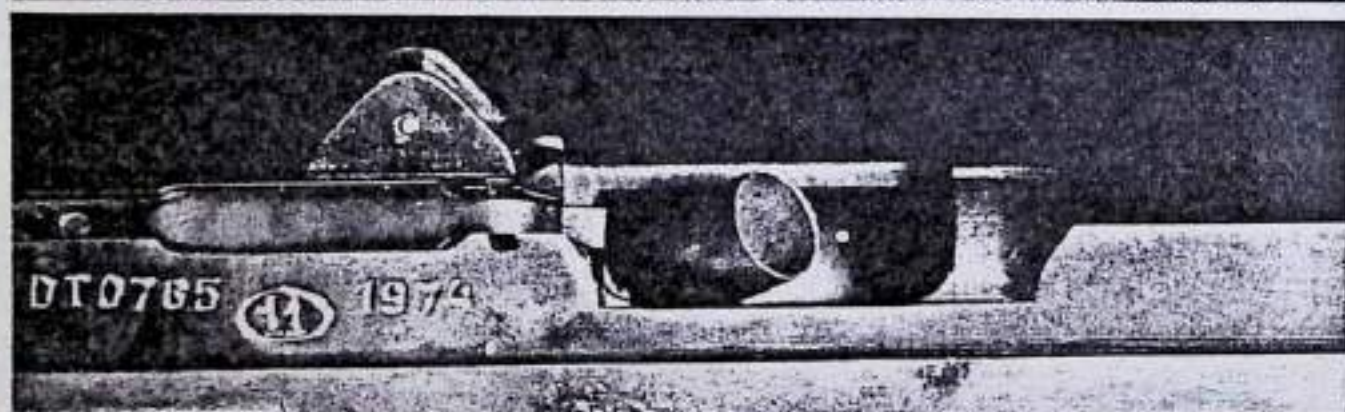




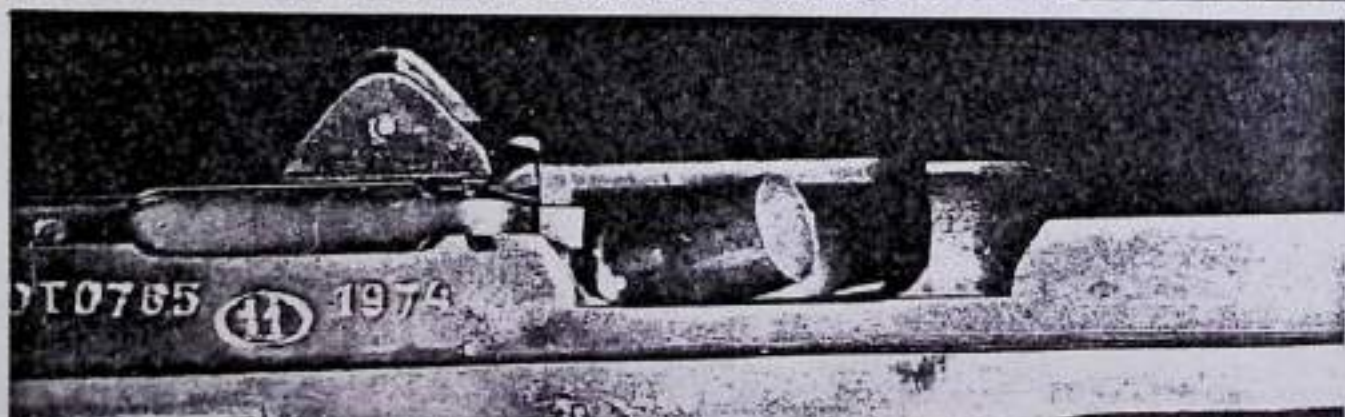
1



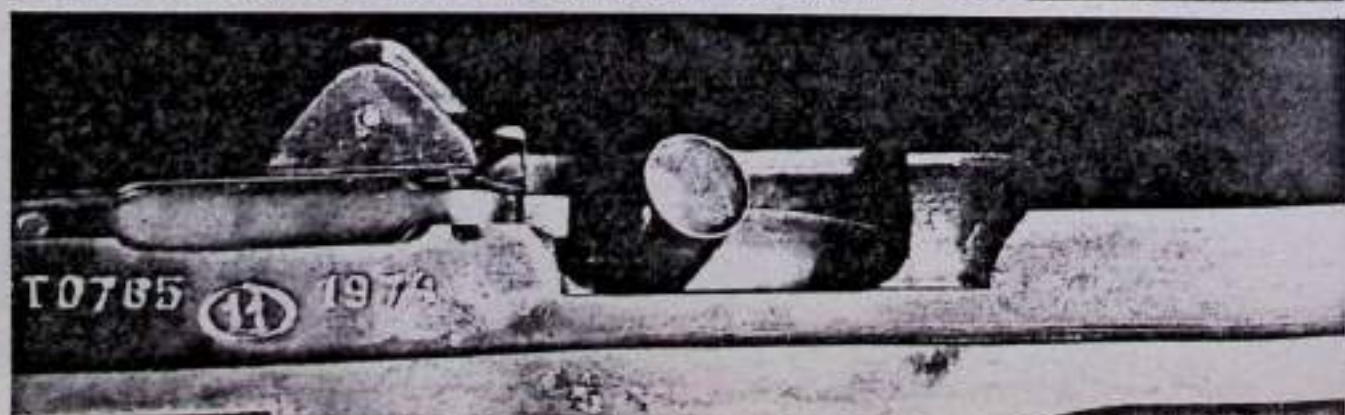
2



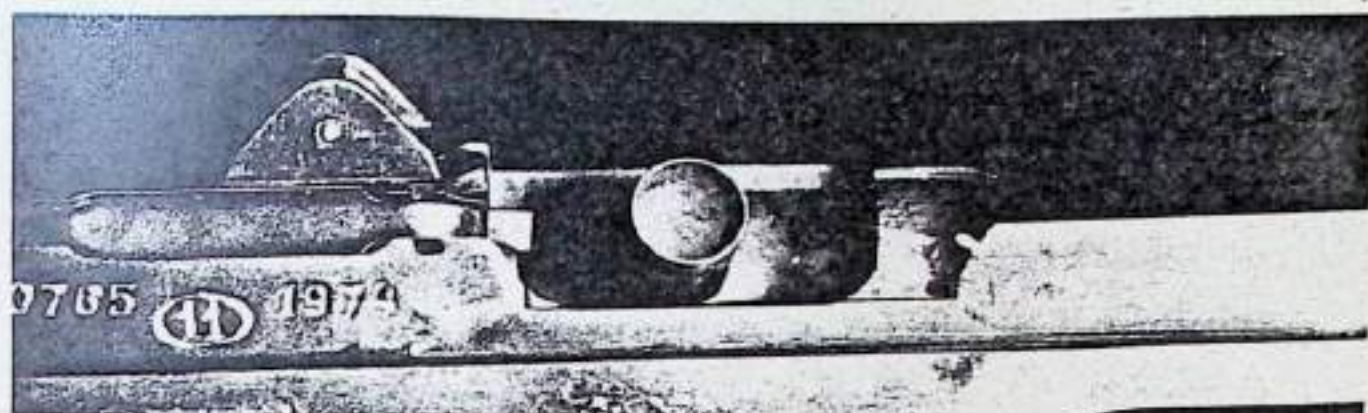
3



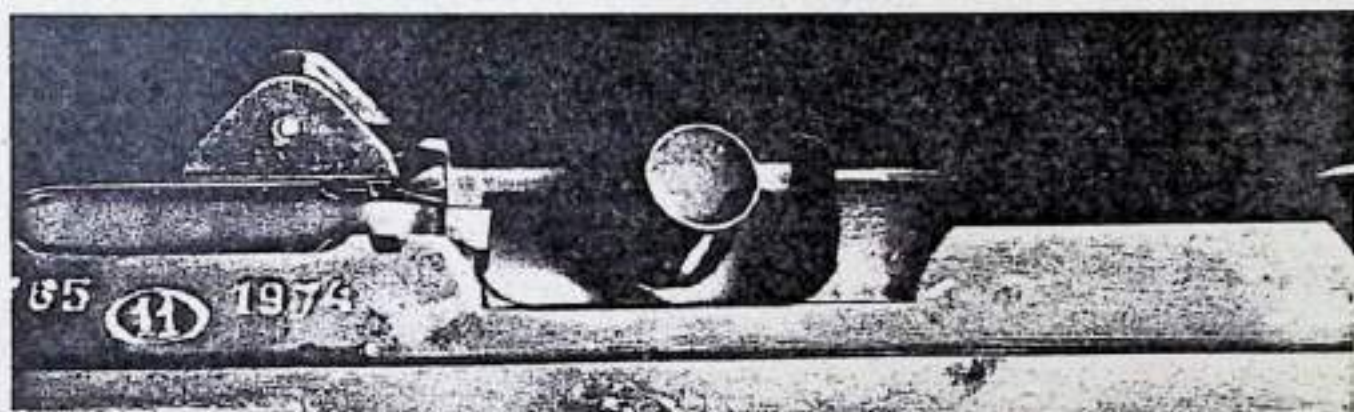
4



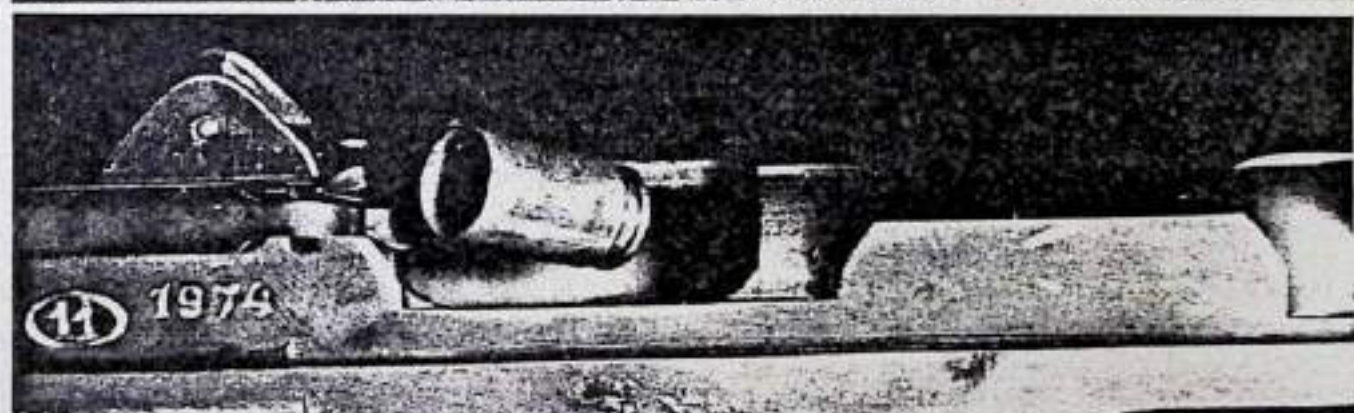
5



6



7



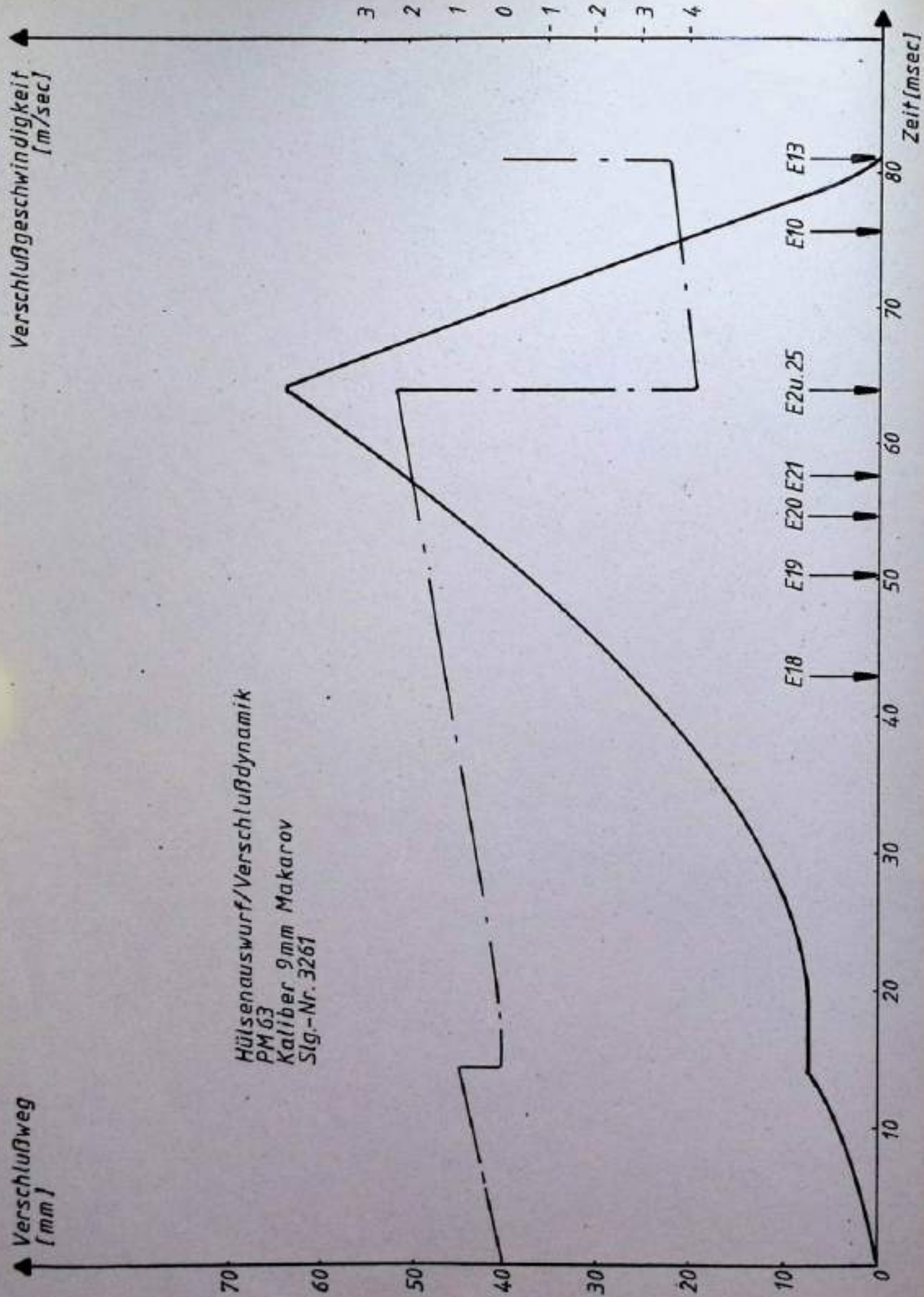
8



9



10



SIG Sauer P 230

Spurenbeschreibung:

Der Auszieher befindet sich auf Pos. 2, der Auswerfer wenig unterhalb Pos. 9 kommt etwa in Form eines Dreiecks kräftig zum Abdruck. Die Stoßbodenaussparungen im linken und rechten unteren Bereich sind auf dem Hülsenboden meist gut zu erkennen. Die Schürfspur S 12 ist manchmal nicht vorhanden, dagegen befinden sich auf dem Hülsenboden symmetrisch zu Pos. 12 nahe am Hülsenrand oft Spuren vom Verschlusskopf, die beim Einführen der Patrone ins Patronenlager entstehen.

Die Waffe zeigt auf dem zylindrischen Teil eine Reihe von Besonderheiten.

Um die gesamte Hülse läuft nahe am Hülsenmund eine Einschnürung (Spur ①), die sich durch die Gestaltung des Patronenlagers erklärt. Auch die Spur ④, die von Pos. 4 bis Pos. 8 reicht, entsteht im Patronenlager.

Bei Pos. 3 befindet sich auf dem zylindrischen Teil eine kräftige Prägespur (Spur ②), die in seltenen Fällen jedoch fehlen kann. Sie besitzt annähernd die Form eines Dreiecks, wobei zwei Seiten scharf eingeprägt sind.

Etwa bei Pos. 8 findet sich eine kräftige Schürfspur (Spur ③), die sich über den Hülsenrand bis auf den zylindrischen Teil erstreckt. Gelegentlich findet man nahe bei Pos. 12 am Hülsenmund neben der vom Verschlussstück verursachten Spur eine wenig prägnante Schürfspur (Spur ⑤) mit gebogenem Spurenverlauf. Sie fehlt jedoch häufig.

Spurenentstehung:

Die Hülse behält während des Verschlussrücklaufs meist ihre waagerechte Lage bei (Bild 2). Hierbei schürft der Hülsenrand über den in diesem Bereich kantig ausgebildeten Verschlussfanghebel, wobei die besondere Spur 3 auf Pos. 8 erzeugt wird. Auf der spurenerzeugenden Kante des Verschlussfanghebels findet man Messingabrieb von der Hülse.

Nach dem Auftreffen auf den Auswerfer beginnt die Hülse eine Rechtsdrehung mit gleichzeitiger Aufstehbewegung des Hülsenmundes (Bild 3). Die Hülse dreht mit nach oben geneigter Längsachse (Bild 5), bis sie mit dem zylindrischen Teil an einer Ecke der Oberkante der in das Auswurffenster hineinragenden Auszieherkralle anschlägt (Bild 9). Hierbei entsteht die besondere Spur ② auf Pos. 3.

Beim Patronenzuführungsprozeß fällt auf, daß der Verschluß nach dem Erfassen der Patrone aus dem Magazin und Einführen ins Patronenlager manchmal stark abgebremst wird, da die Patrone offensichtlich klemmen kann, während sie schrägliegend ins Patronenlager hinaufgleitet.

Gelegentlich wurde beim Auswurf eine Hülsenbewegung beobachtet, die von der obigen Darstellung etwas abweicht.

Wahrscheinlich infolge der Berührung der Verschlußfanghebelkante mit dem Hülsenrand bei Pos. 8 während des Rücklaufs, kann die Hülse schon vor dem Auftreffen auf den Auswerfer gleich nach Verlassen des Patronenlagers eine Aufstehbewegung beginnen (Bild 3). Die Aufrichtung der Hülsenlängsachse nach dem Auftreffen auf den Auswerfer kann so stark sein, daß der Hülsenmund mit der Oberkante des Auswurffesters in Berührung kommt, dort reflektiert wird, die Hülse an der Unterkante des Auswurffesters aufschlägt und schließlich erst nach weiterer Drehung an der Auszieherkralle aufprallt. Auf diese Weise erklärt sich die Entstehung der besonderen Spur ⑤. Vom Auftreffen der Hülse am unteren Rand des Auswurffesters findet man gelegentlich eine Prägespur (Kerbe) bei Pos. 6 auf dem zylindrischen Teil, die jedoch bei der Spurenbeschreibung nicht berücksichtigt wurde. Selbst bei Vorhandensein der Spur ⑤ ist diese Spur jedoch nicht immer vorzufinden.

Spurenauswertung:

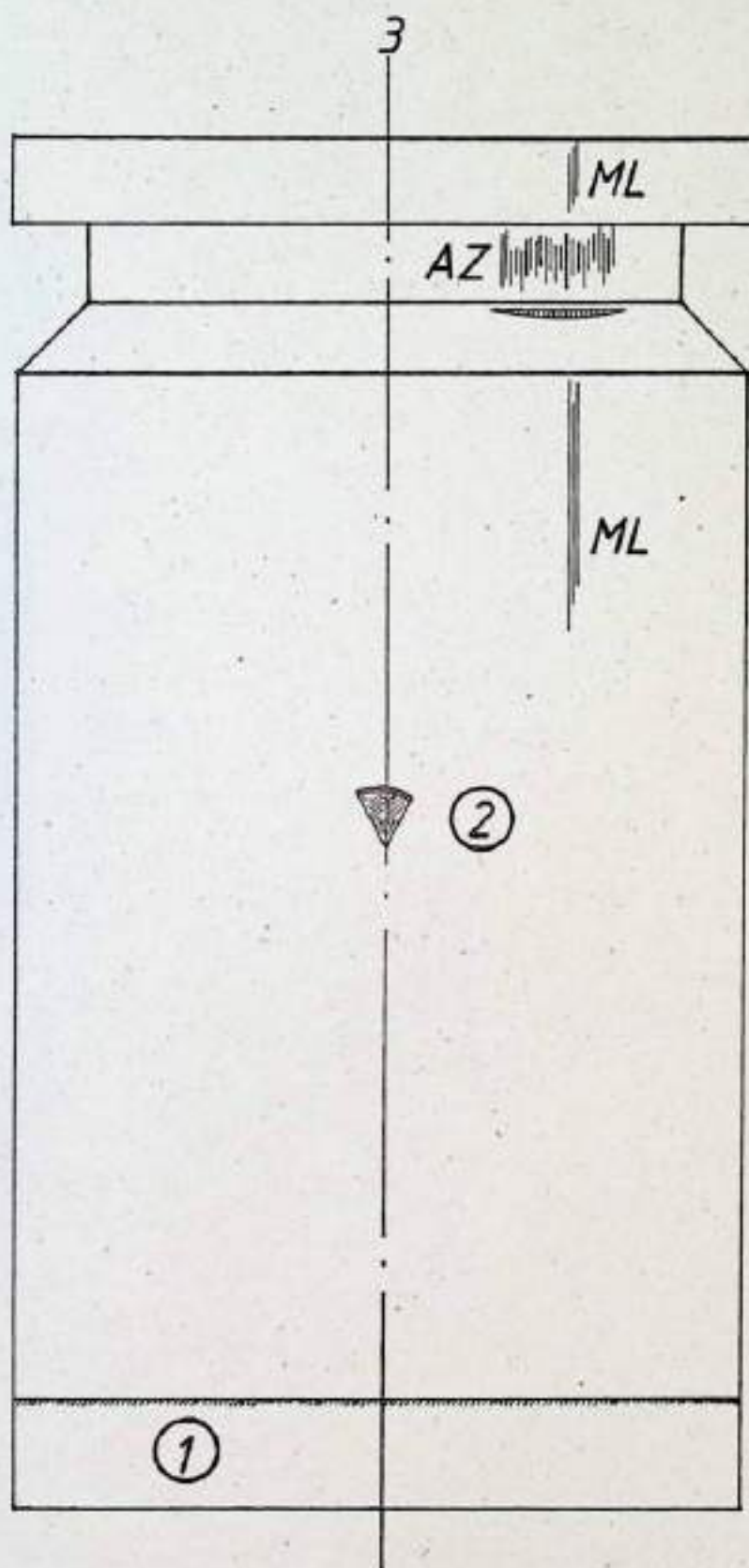
Maßstab: ca. 10:1

Waffe: *SIG Sauer P230*

Kaliber: *9mm Ultra*

Sgl.Nr.: 901

Besondere Spuren: ① ②



Spurenauswertung:

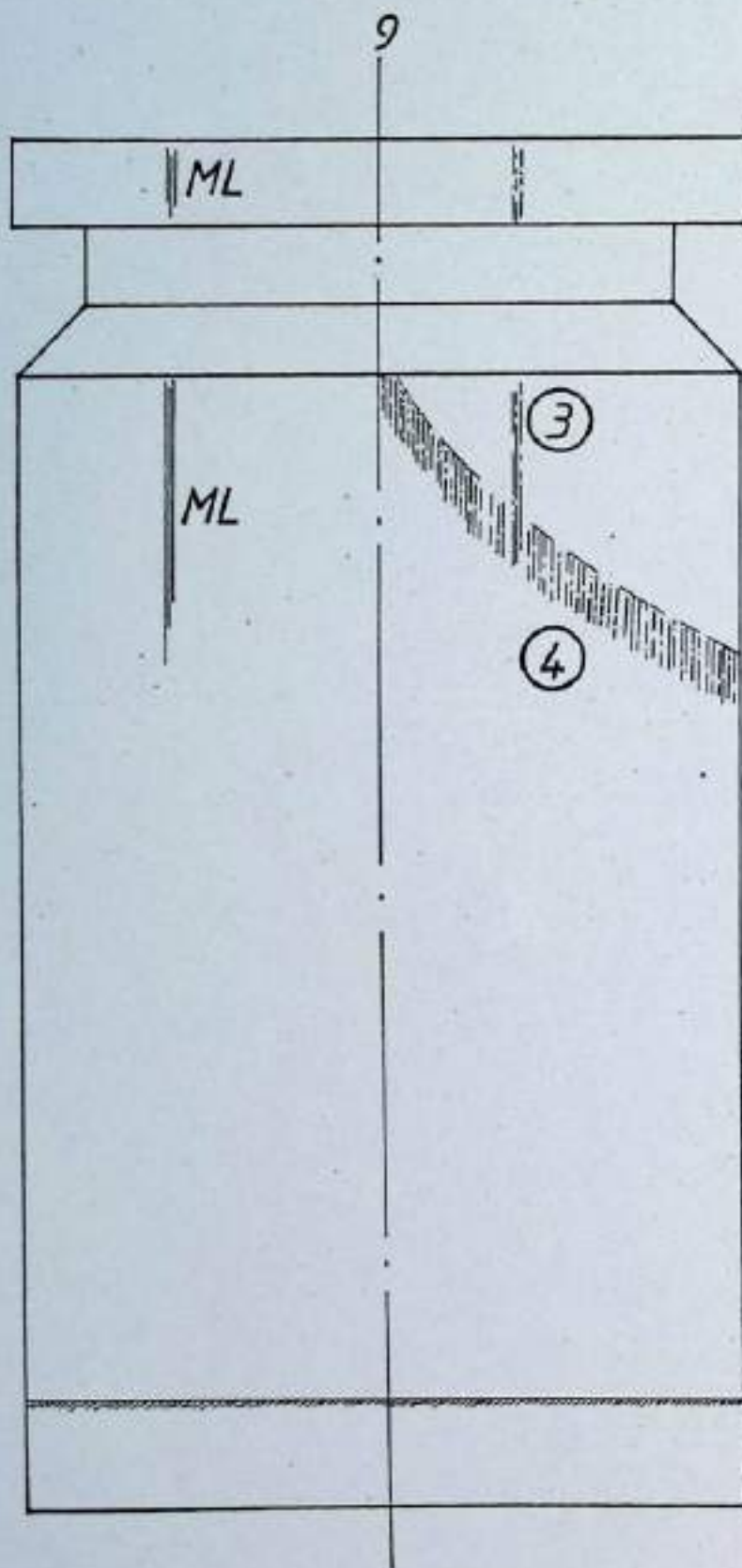
Maßstab: ca. 10:1

Waffe: *SIG Sauer P230*

Kaliber: *9mm Ultra*

Sgl.Nr.: 901

Besondere Spuren: ③ ④



Spurenauswertung:

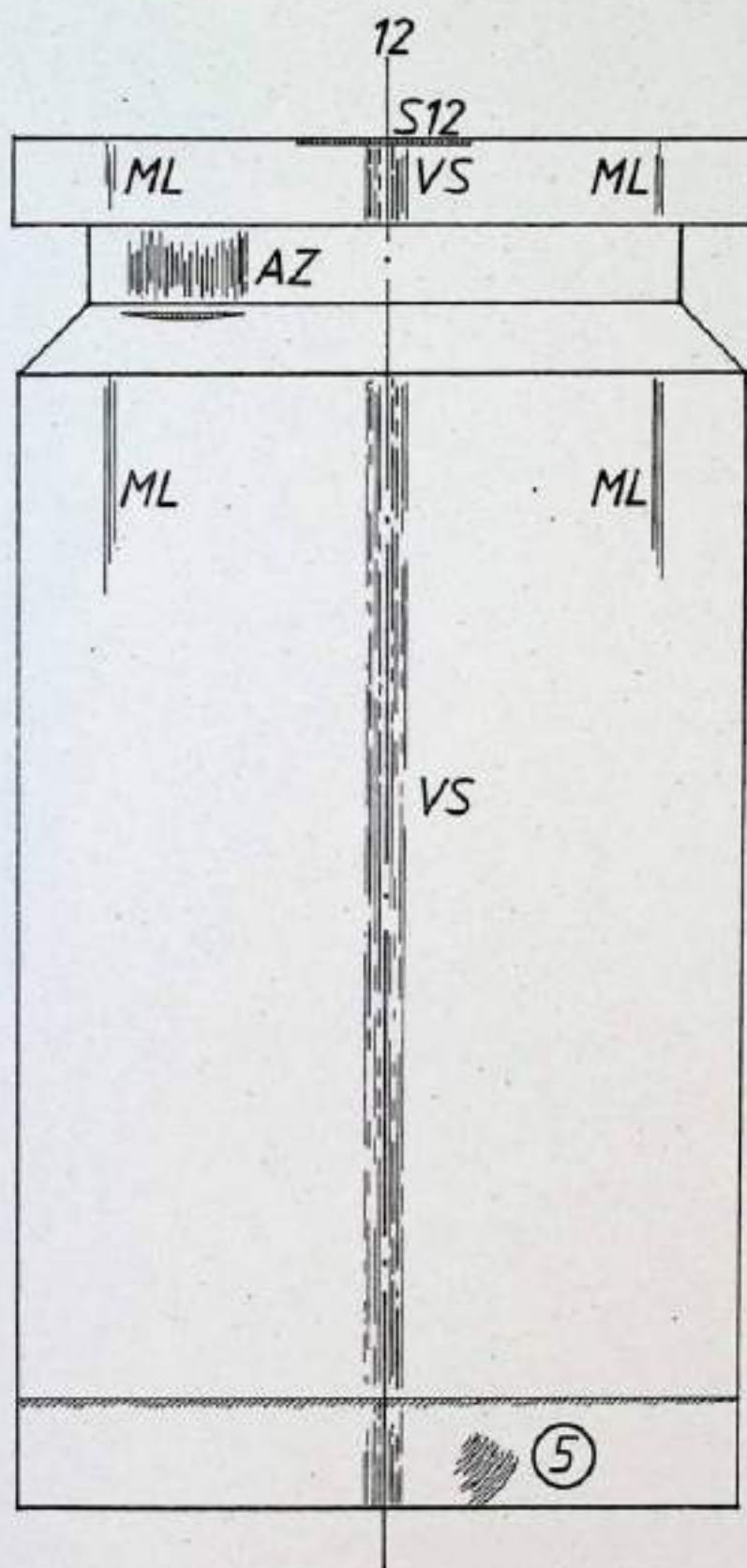
Maßstab: ca. 10:1

Waffe: *SIG Sauer P230*

Kaliber: *9mm Ultra*

Sgl.Nr.: 901

Besondere Spuren: ⑤



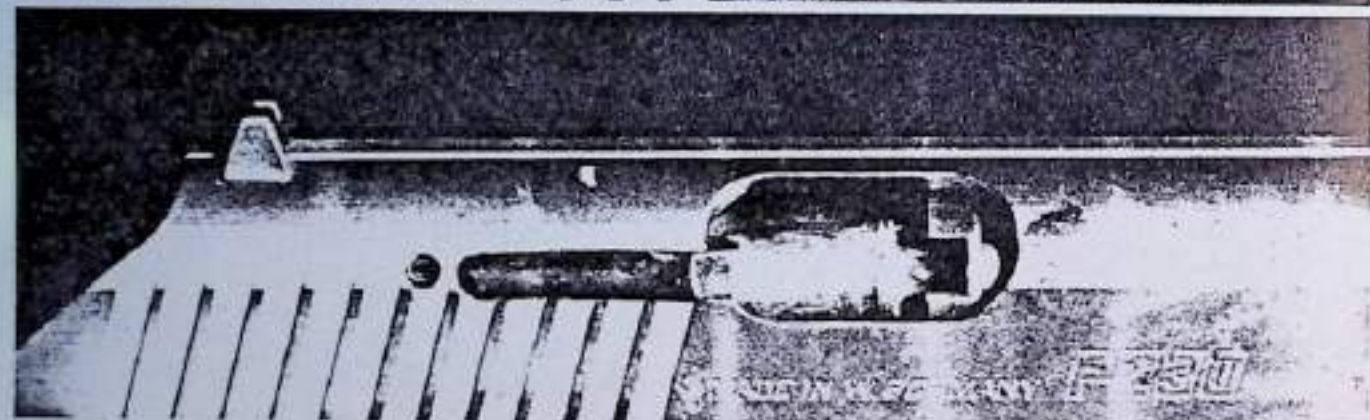
Funkenblitzaufnahmen: Hülsenauswurf SIG Sauer P 230



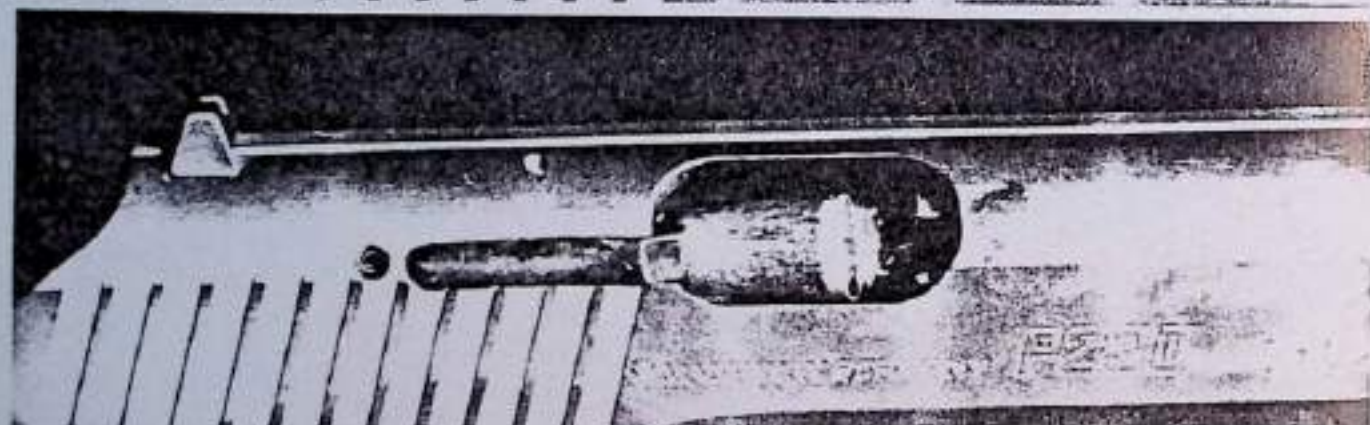
1



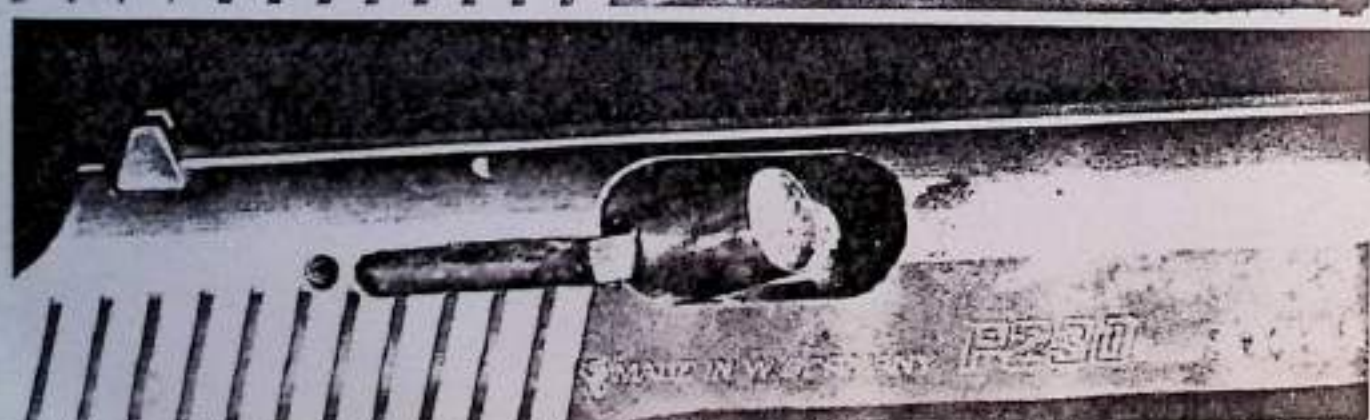
2



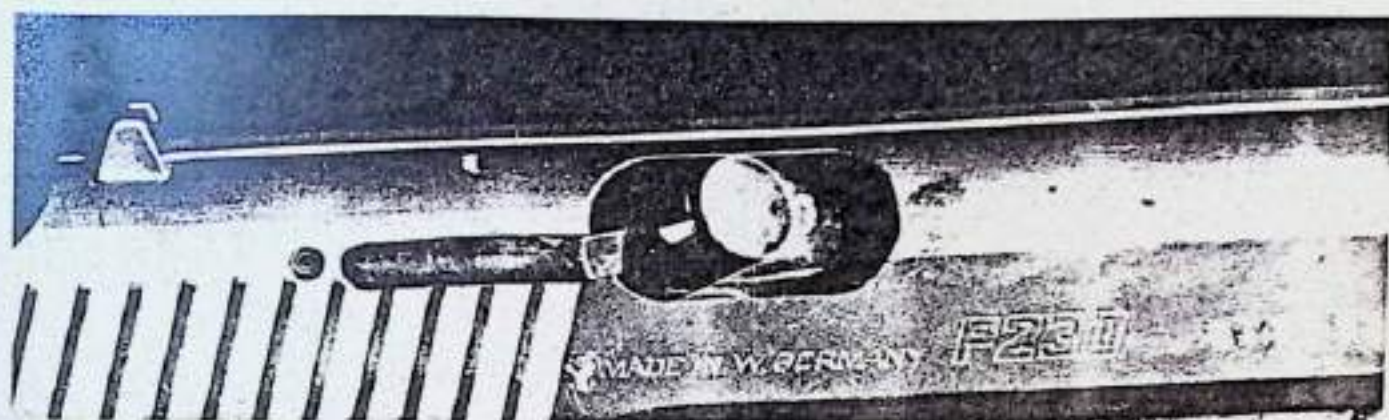
3



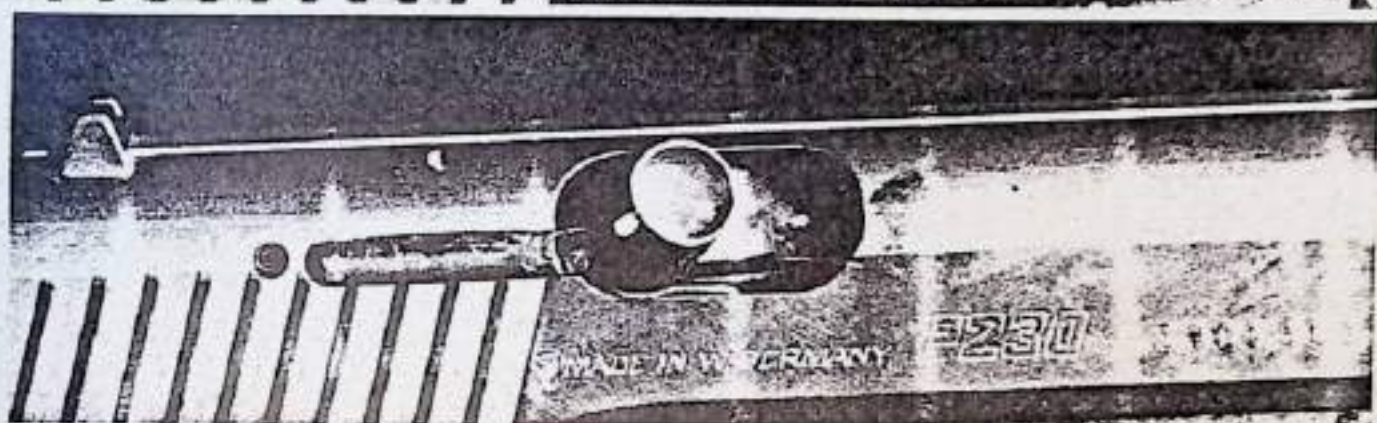
4



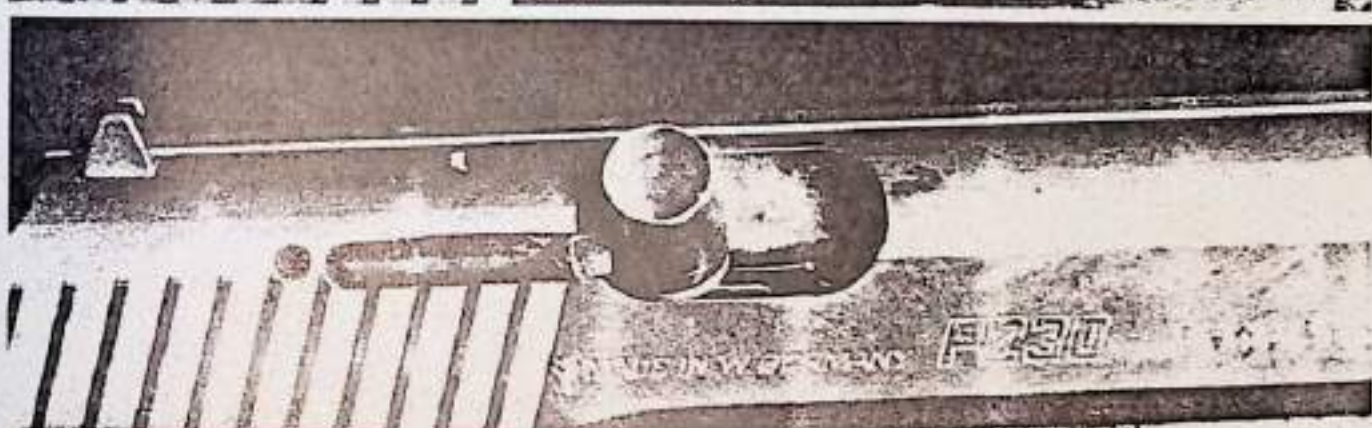
5



6



7



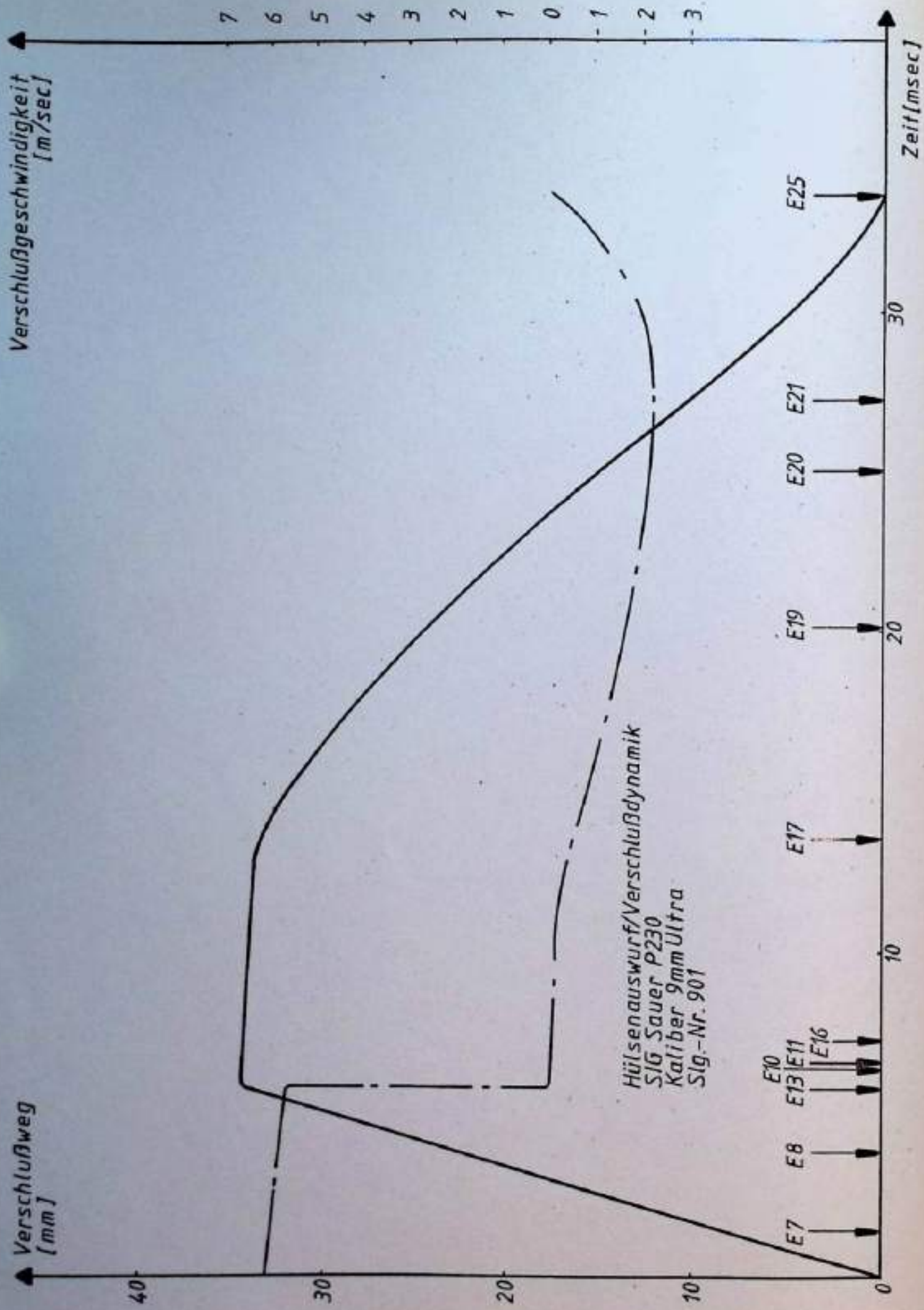
8



9



10



- 87 -

Kal. 9 mm kurz

Heckler und Koch HK 4

Spurenbeschreibung:

Die Waffe zeigt eine Reihe von Besonderheiten.

Der Auswerfer kommt etwas unterhalb von Pos. 9 relativ nahe zur Hülsenmitte zum Abdruck. Er erscheint als strichförmige Struktur mit zwei zueinander senkrecht stehenden Schenkeln.

Der Auszieher ist auf Pos. 2 gut zu erkennen.

Charakteristisch für die Waffe ist der rechteckige Schlagbolzen-einschlag. Die Schürfspur S 12 ist oft von kräftigen Prägespuren überlagert. Magazinlippenspuren finden sich am Hülsenrand und dem zylindrischen Teil.

Drei ca. 2 mm breite Prägungen am zylindrischen Teil in der Nähe des Hülsenmunds (Spur ①) bei den Pos. 12, 4 und 8 erklären sich durch entsprechende Ausfräsungen im Patronenlager. Sie sollen beim Hülsenauszug aus dem Patronenlager eine Erhöhung des Auszugwiderstandes bewirken.

Eine nur schwach sichtbare Schürfspur etwa bei Pos. 11 (Spur ②) befindet sich unmittelbar am Hülsenmund neben Spur 1. Sie fehlt bei manchen Hülsen. Die Schürfungen verlaufen leicht gebogen und schräg zur Hülsenlängsachse.

Eine weitere besondere Spur (Spur ③) befindet sich etwa bei Pos. 4 bzw. 5 im vorderen Bereich der Hülse unmittelbar neben Spur 1. Es handelt sich um eine Schürfspur mit gebogenem Spurenverlauf, die gelegentlich eine gewisse Ähnlichkeit mit der sog. "Walther-Fahne" aufweist. Teilweise beginnen die Schürfspuren schon innerhalb Spur ①. Auch Spur ③ kann völlig fehlen. Bei Pos. 2 bzw. 3 auf dem zylindrischen Teil erkennt man eine kräftige Prägespur (Spur ④). Ihre Lage und Form variieren stark. Sie kann auch als längliche Kerbe nahe bei Pos. 12 auftreten und besitzt dann die Form der Spur ⑤. Spur ④ und Spur ⑤ treten nie gemeinsam auf.

Schließlich befindet sich am Hülsenrand bei Pos. 8 eine reproduzierbar auftretende Prägespur (Spur ⑤).

Spurenentstehung:

Nachdem die Hülse das Patronenlager verlassen hat, ist oftmals ein leichtes Absinken des Hülsenmundes zu beobachten (Bild 1). Nach dem Auftreffen auf den Auswerfer beginnt die Hülse eine Rechtsdrehung, wobei sich gleichzeitig der Hülsenmund hebt (Bild 2).

Die besondere Spur ⑤ entsteht bereits vor dem Auftreffen auf den Auswerfer. Beim Verschußrücklauf schürft der Hülsenrand an der linken Magazinlippe, wobei auf Pos. 8 die besondere Spur ⑤ entsteht.

Bei der Rechtsdrehung der Hülse kann der zylindrische Teil mit der linken Magazinlippe in Berührung kommen (Bild 2). Ist dies der Fall, so entsteht die Spur ③. An der Magazinlippe findet sich Messingabrieb. Auf die Ähnlichkeit der Spurenentstehung der "Walther-Fahne" wird in diesem Zusammenhang hingewiesen. Durch diese Ablenkung an der Magazinlippe wird die Aufstehbewegung der Hülse noch verstärkt. Die Hülsenlängsachse richtet sich immer weiter auf (Bild 3). Schließlich kommt die Hülse nahe am Hülsenmund mit der oberen Kante des Auswurffensers in Berührung (Bild 3) und wird von dort wieder nach unten reflektiert. Hierbei entsteht die besondere Spur ② am Hülsenmund. Die Reflexion kann so stark sein, daß die Hülsenlängsachse bald wieder abwärts gerichtet ist, sie kann aber auch sehr gering oder nicht beobachtbar sein. Dies erklärt das oftmalige Nichtvorhandensein der Spur ②.

Liegt die Hülsenlängsachse ungefähr waagrecht, so schlägt die Hülse bei ihrer weiteren Drehung im Bereich des Ausziehers an (Bild 7), wobei Spur ④ erzeugt wird. Je nach vorheriger Lage der Hülse erfolgt dies an verschiedenen Stellen im Auswurfbereich. Bei leicht nach oben gerichteter Hülsenlängsachse kann das Anschlagen in der Biegung des Auswurffensers oberhalb der Krallen erfolgen, worauf der Hülsenmund nach unten reflektiert wird. In diesem Fall wird die erzeugte Spur die Form der Spur ⑥ besitzen. Spur ④ und Spur ⑥ sind somit lediglich zwei Erscheinungsweisen einer Spur, die durch denselben Entstehungsprozeß bedingt ist und durch unterschiedliche Orientierung der Hülse und unterschiedliche Spurenerzeuger an der Waffe entsteht.

Das Anschlagen der Hülse erfolgt meist mit erheblicher Wucht und ist bei laufendem Film gut zu erkennen.

Nach dem Anschlagen ist zu beobachten, wie die Hülse unverbrannte Pulverteilchen entleert.

Spurenauswertung:

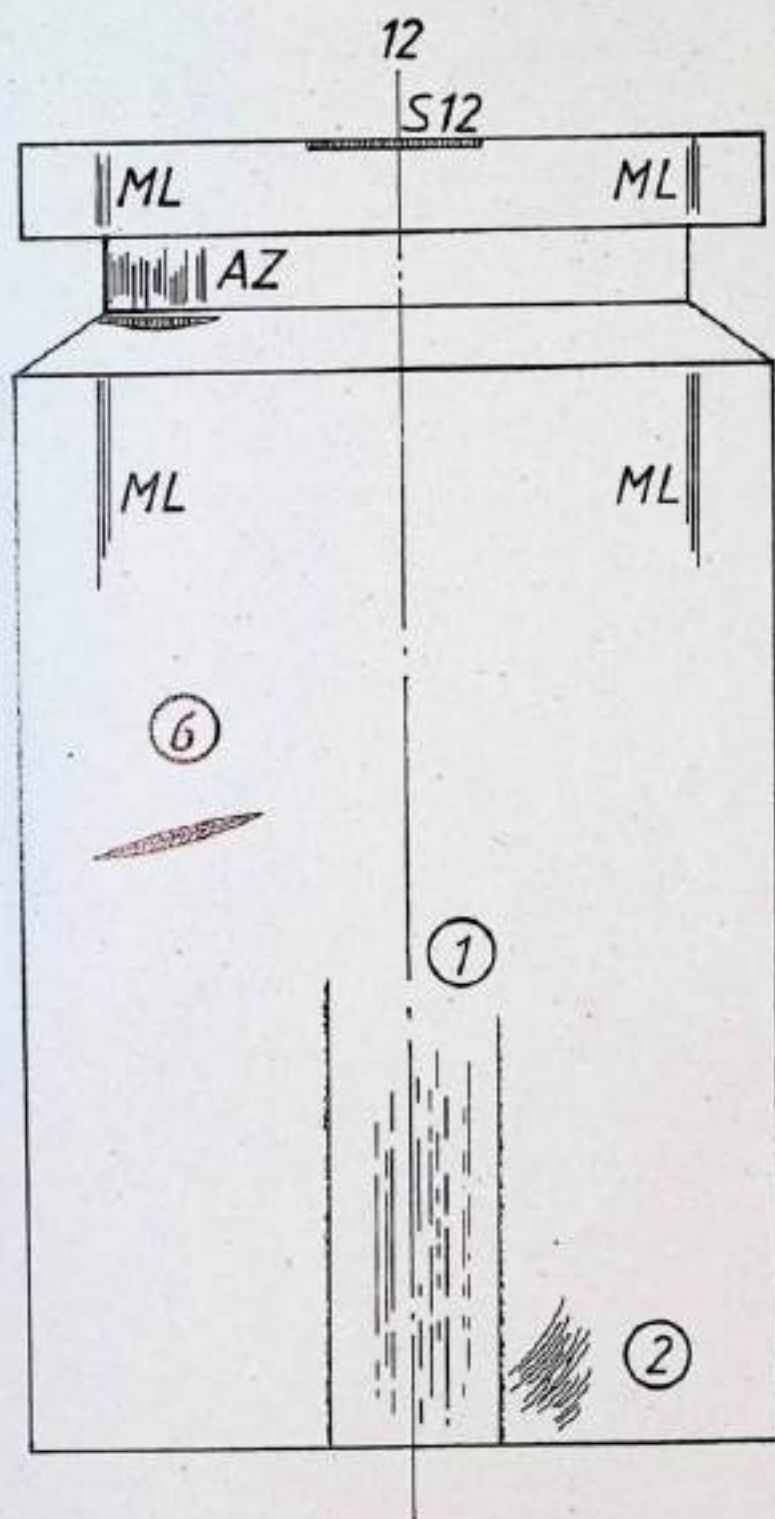
Maßstab: ca. 10:1

Waffe: Heckler u. Koch HK 4

Kaliber: 9mm kurz

Sgl.Nr.: 1131

Besondere Spuren: ① ② ⑥



Spurenauswertung:

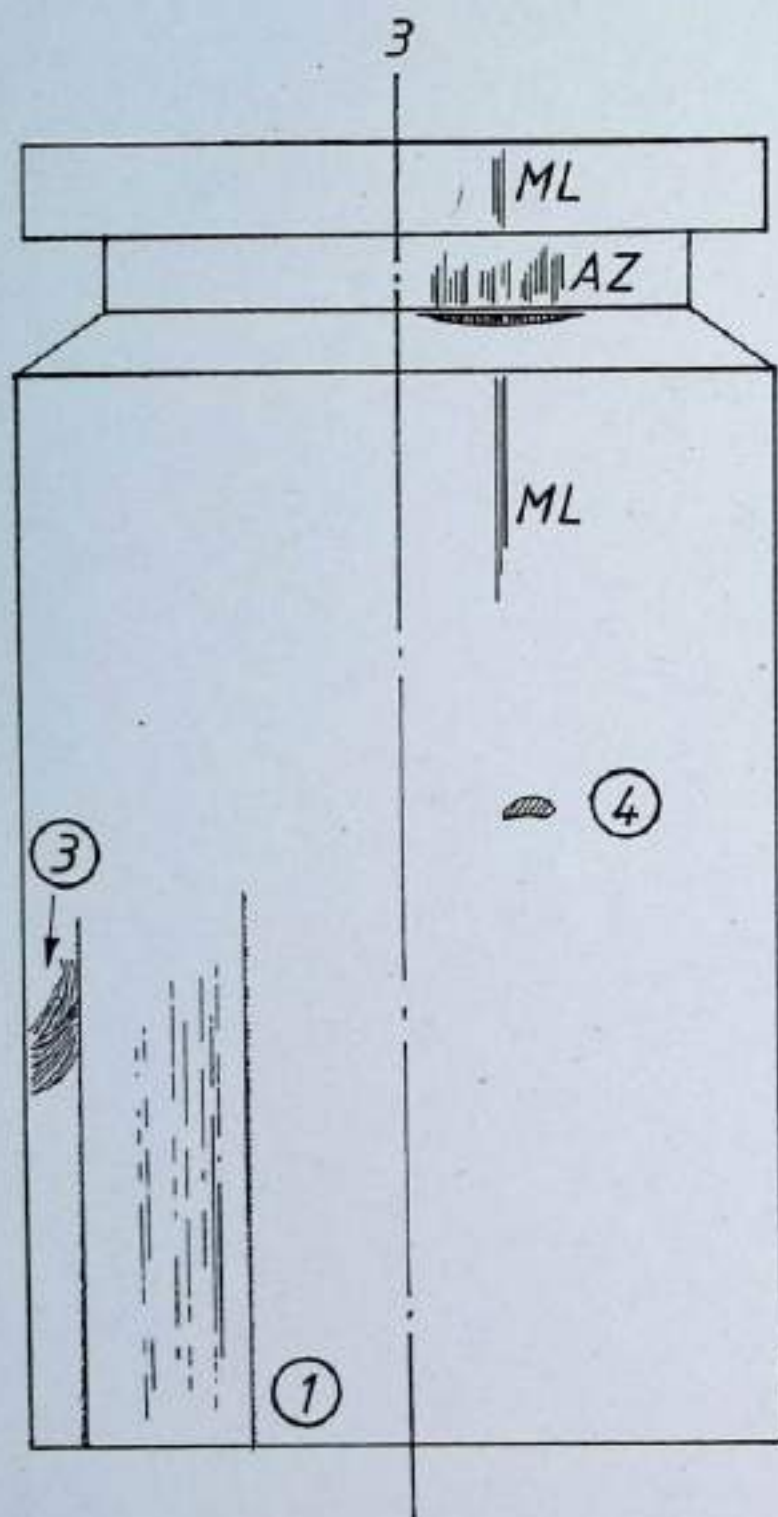
Maßstab: ca. 10:1

Waffe: *Heckler u. Koch HK 4*

Kaliber: *9mm kurz*

Sgl.Nr.: *1131*

Besondere Spuren: ① ③ ④



Spurenauswertung:

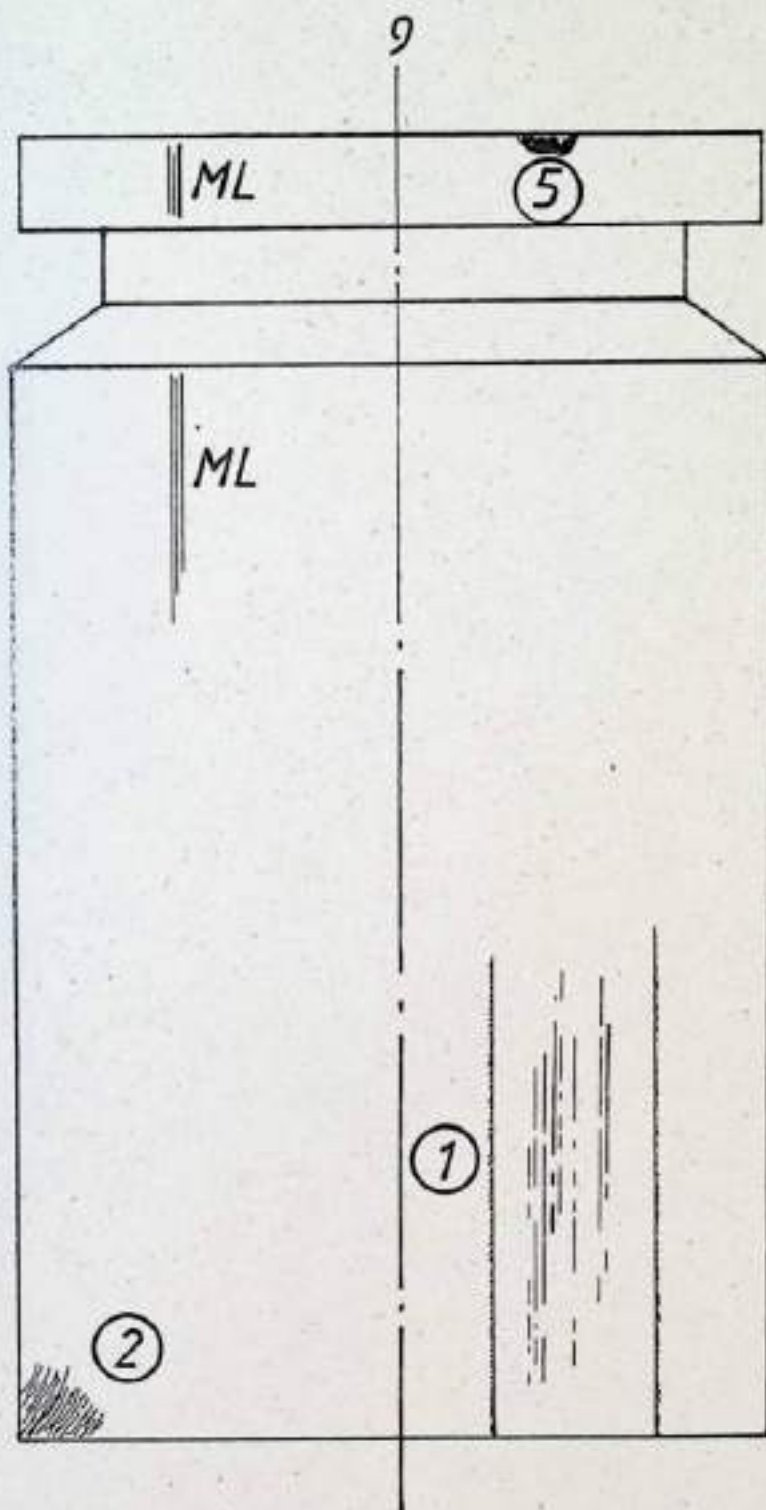
Maßstab: ca. 10:1

Waffe: *Heckler u. Koch HK 4*

Kaliber: *9 mm kurz*

Sgl.Nr.: *1131*

Besondere Spuren: ① ② ⑤



Funkenblitzaufnahmen : Hülsenauswurf Heckler u. Koch HK 4



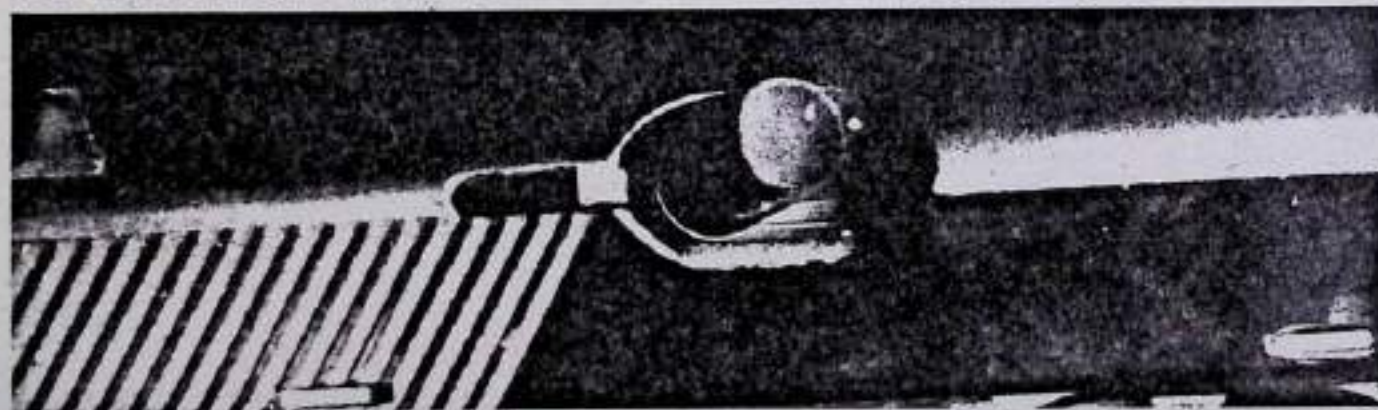
1



2



3

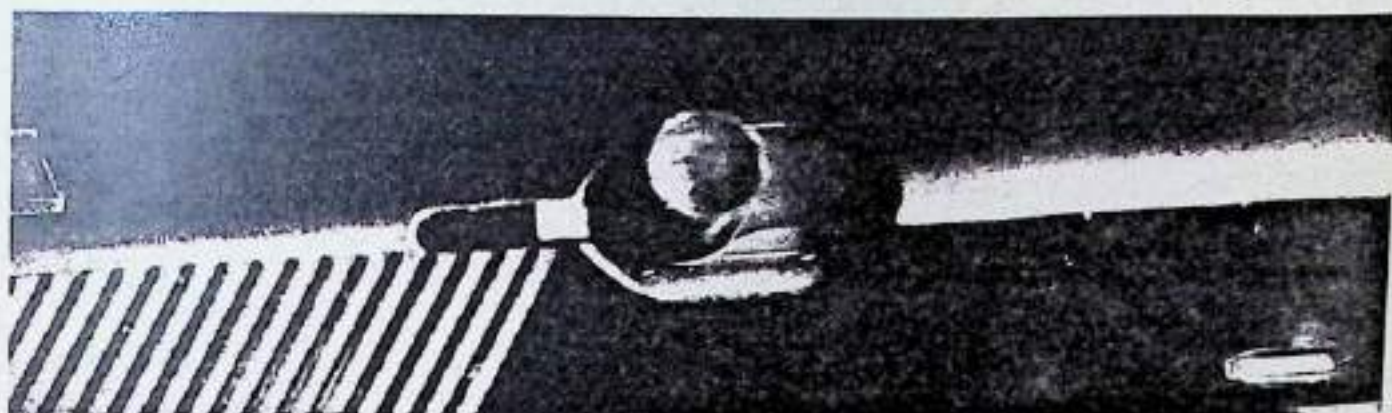


4

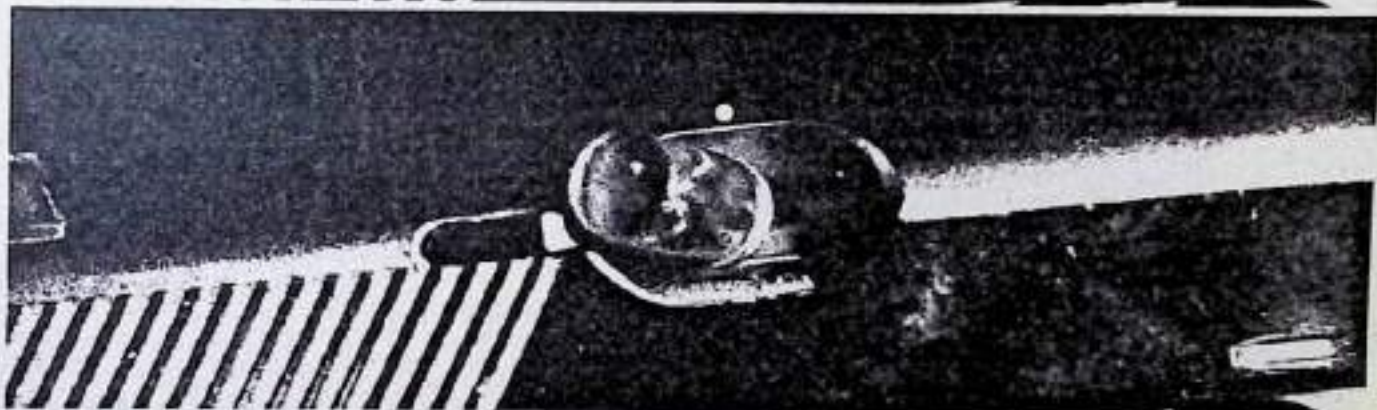


5

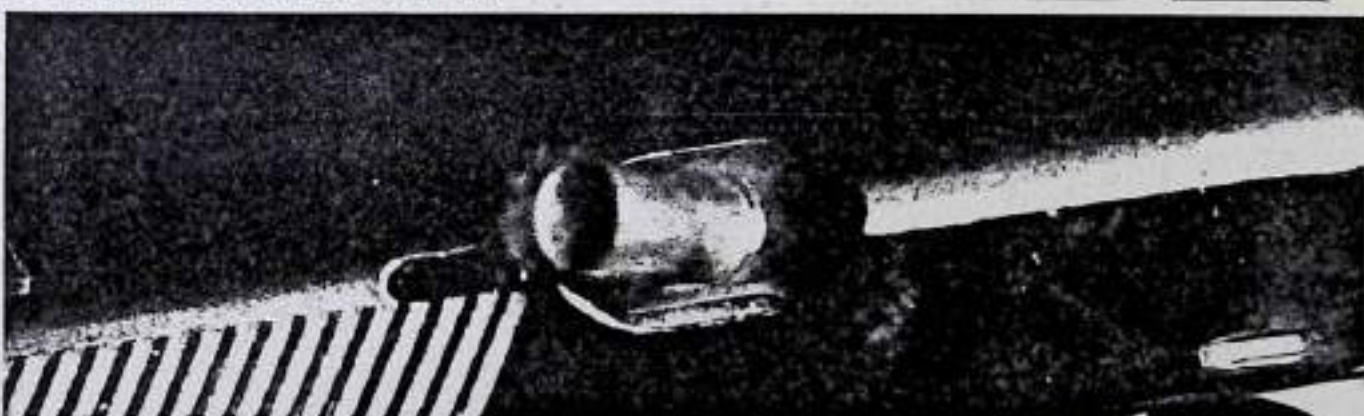
Funkenblitzaufnahmen : Hülsenauswurf Heckler u. Koch HK 4



6



7



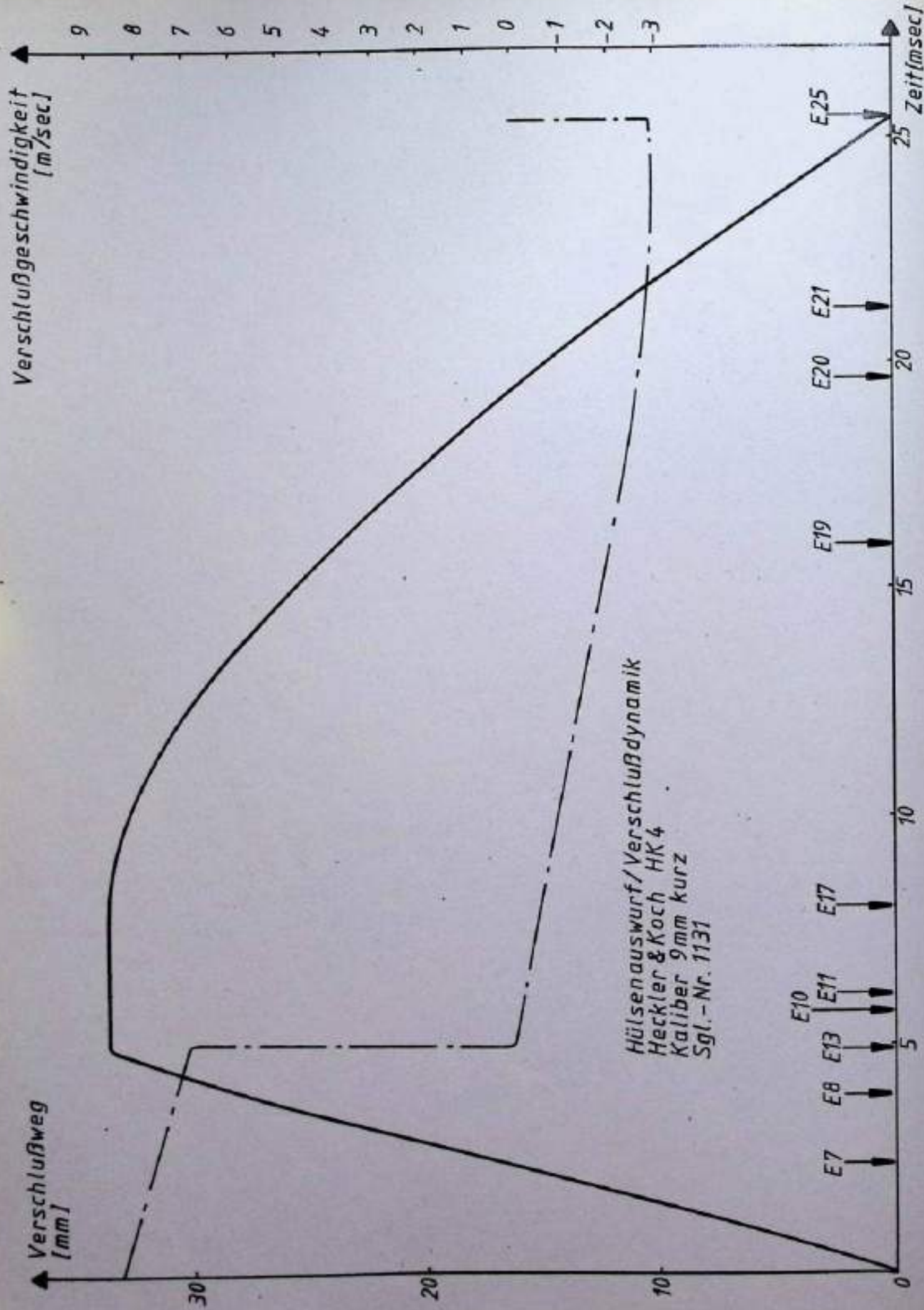
8



9



10



MP MAC M II

Spurenbeschreibung:

Der Auszieher erscheint auf Pos. 1 oder Pos. 2 sehr stark ausgeprägt. Bei Pos. 9 findet man meist recht deutlich in Erscheinung tretend den runden Abdruck einer Stoßbodenaussparung, innerhalb derer gelegentlich die Auswerferspur zu finden ist. Eine weitere Stoßbodenaussparung im Bereich der Auszieherspur ist nur in wenigen Fällen gut zu erkennen.

Auf dem Hülsenboden bei Pos. 12 erscheinen Prägespuren vom Verschlusskopf, die gesetzt werden, wenn eine Patrone aus dem Magazin erfaßt und ins Patronenlager geschoben wird. Häufig sind 2 oder 3 übereinanderliegender Eindrücke des Verschlusskopfes auf dem Hülsenboden zu sehen.

Schürfspuren vom Verschluss auf dem zylindrischen Teil sind - wenn überhaupt - nur am Hülsenmund nachweisbar.

Als besondere Spur liegt bei Pos. 1 nahe am Hülsenmund eine intensive Prägespur mit geringen Schürfspuren, die in der tiefsten Stelle des Einschlags eine starke Biegung aufweisen (Spur ①). Die Spur ist in Form und Lage weitestgehend reproduzierbar und leicht mit bloßem Auge zu erkennen.

Spurenentstehung:

Nach der Betätigung des Abzugs wird der Verschluss freigegeben. Er bewegt sich unter Federkraft nach vorn und erfaßt hierbei die im Magazin befindliche Patrone. Diese wird in das Patronenlager geschoben, wobei sie zunächst während des Zuführens eine Schräglage einnimmt. Ist sie weit genug ins Patronenlager eingeführt, so rutscht der Hülsenboden nach oben. Die Patrone schwingt hierbei etwas über die waagerechte Lage hinaus, nimmt jedoch beim weiteren Verschlussvorlauf bald eine waagerechte Lage ein. Am Ende des Verschlussvorlaufs nach etwa 25 ms (siehe Verschlussdiagramm) wird die Patrone gezündet.

Beim Verschußrücklauf liegt die Hülse zunächst noch waagrecht. Nach dem Auftreffen auf den Auswerfer beginnt sie eine Rechtsdrehung mit gleichzeitiger Aufstehbewegung des Hülsenmundes. (Bilder 2 und 3). Während der Drehung zeigt die Hülsenlängsachse geringfügig nach oben. Die Hülse schlägt mit großer Wucht an die hintere Begrenzungskante des Auswurfffensters an (Bild 4). Hierbei entsteht die besondere Spur ①. Nach der Reflexion verläßt die Hülse die Waffe endgültig. Sie fliegt seitlich nach rechts, jedoch in Richtung zur Laufmündung.

Insgesamt ist der Hülsenauswurf bei der Waffe weitgehend reproduzierbar, große Unterschiede im Bewegungsablauf von Hülse zu Hülse sind nicht feststellbar.

Spurenauswertung:

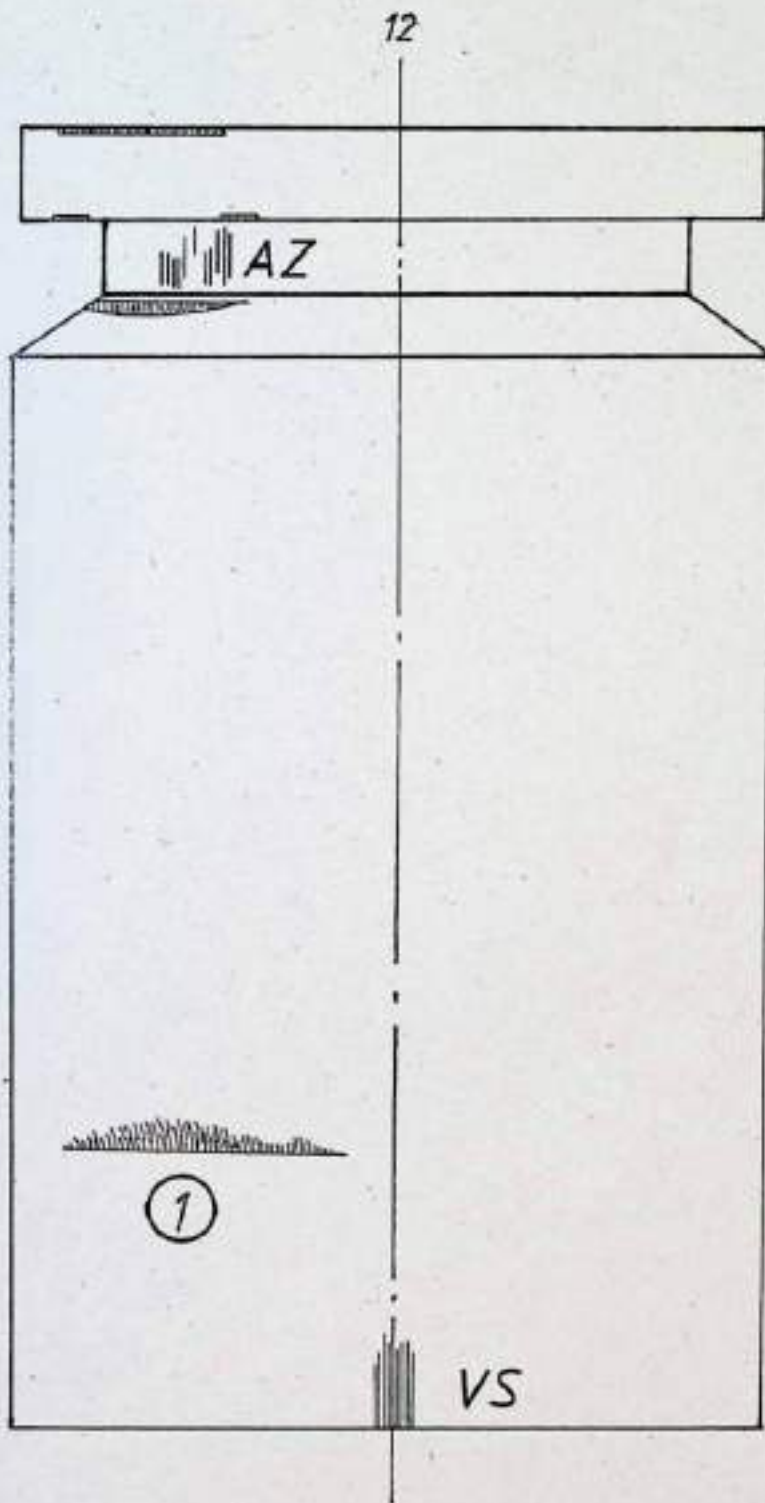
Maßstab: ca. 10:1

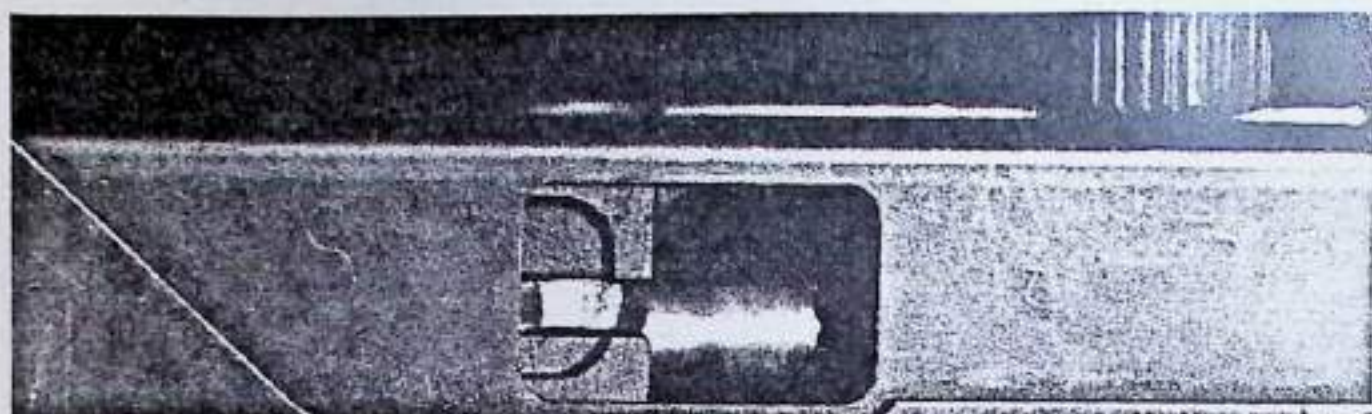
Waffe: *MP MAC M II*

Kaliber: *9mm kurz*

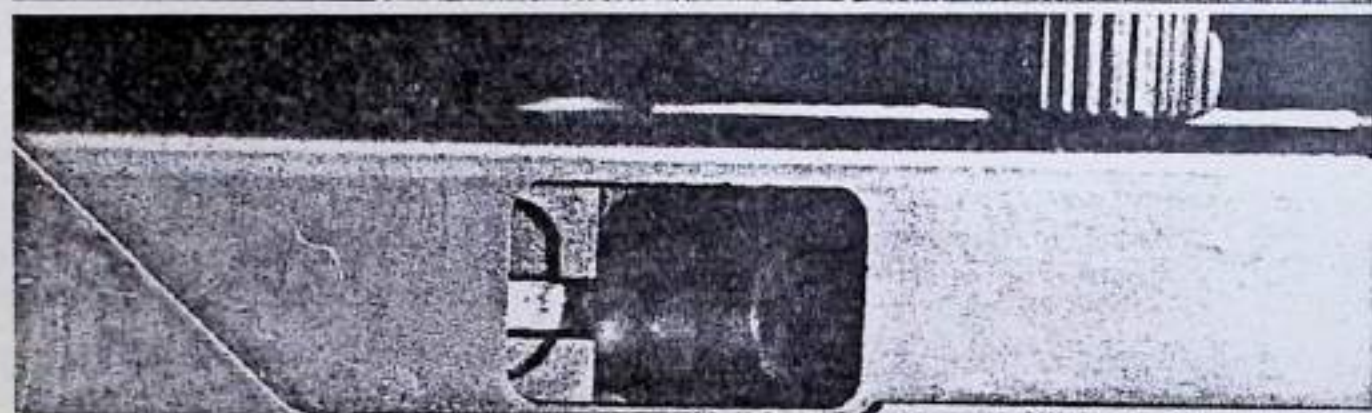
Sgl.Nr.: *3260*

Besondere Spuren: ①





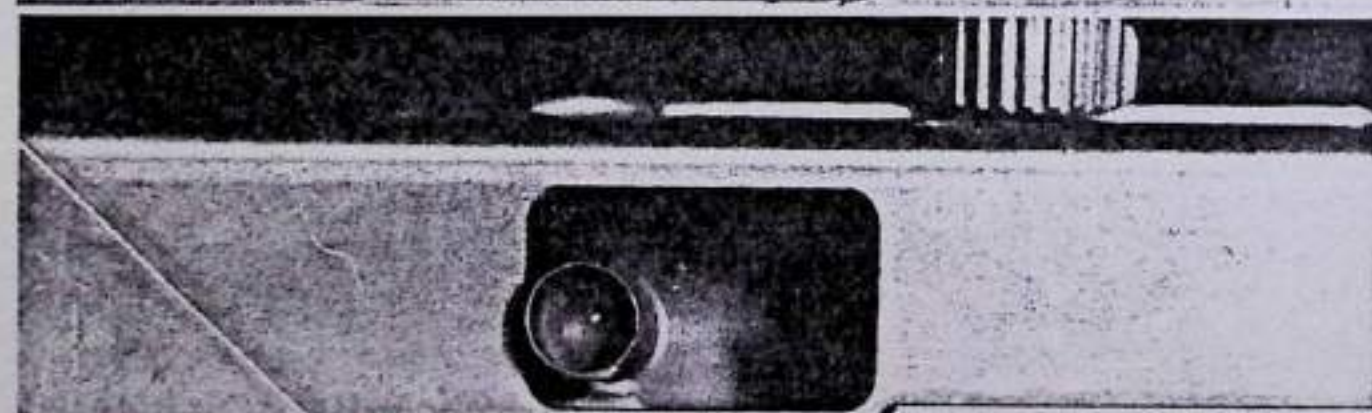
1



2



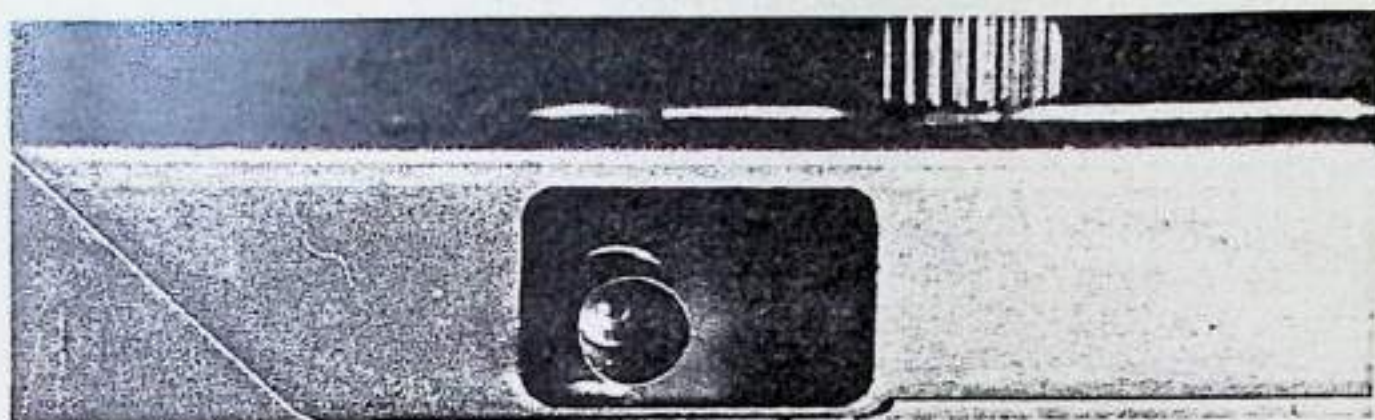
3



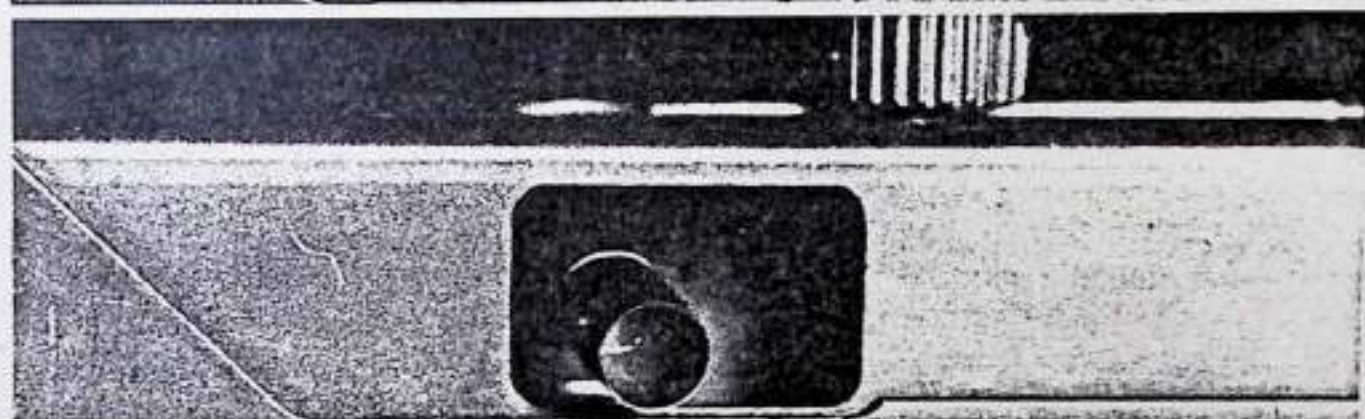
4



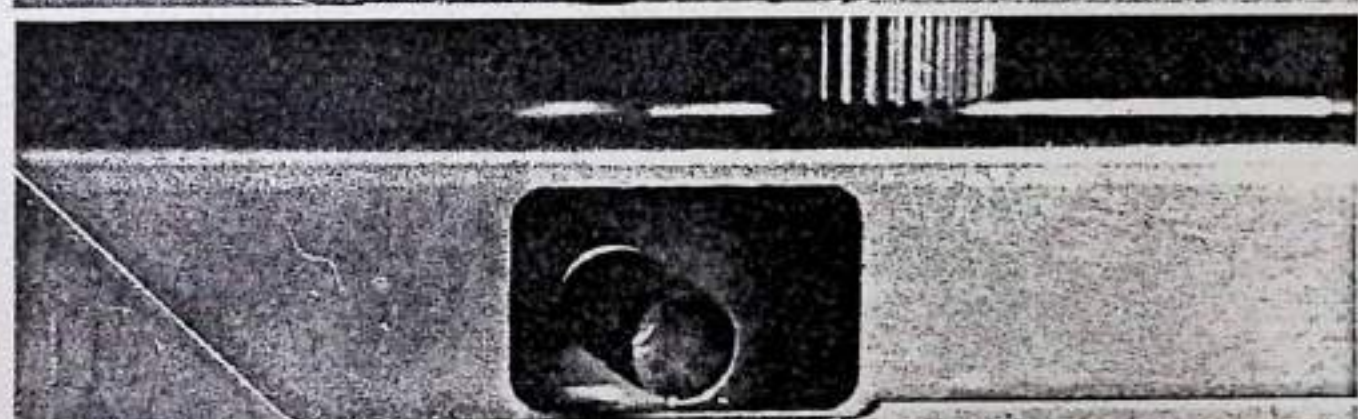
5



6



7



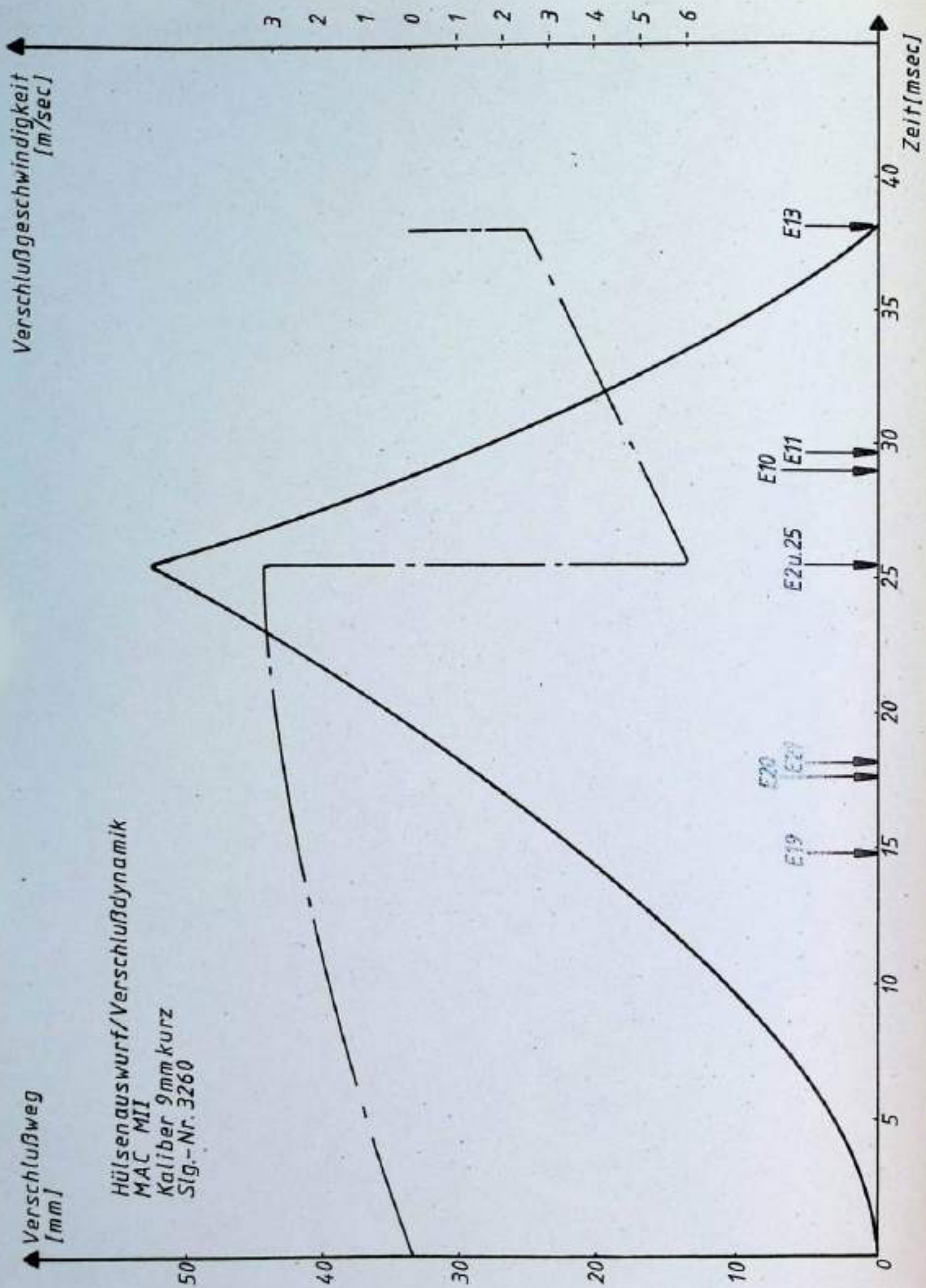
8



9



10



Kal. 9 mm Parabellum

Beretta Mod. 92

Spurenbeschreibung:

Von den untersuchten Hülzen tragen nahezu alle eine meist schwach ausgeprägte Prägespur auf dem zylindrischen Teil, ungefähr in Verlängerung zur Auszieherspur auf Pos. 2 (Spur ①). Die Lage dieser Spur kann jedoch variieren.

Bei Pos. 2 und Pos. 10 finden sich Magazinlippenspuren, bei Pos. 12 Verschlußstückspuren. Auf dem Hülzenboden kann S 12 stets gut nachgewiesen werden.

Der Auswerfer ist, wenn überhaupt, nur schwer erkennbar.

Weitere erwähnenswerte Spuren sind:

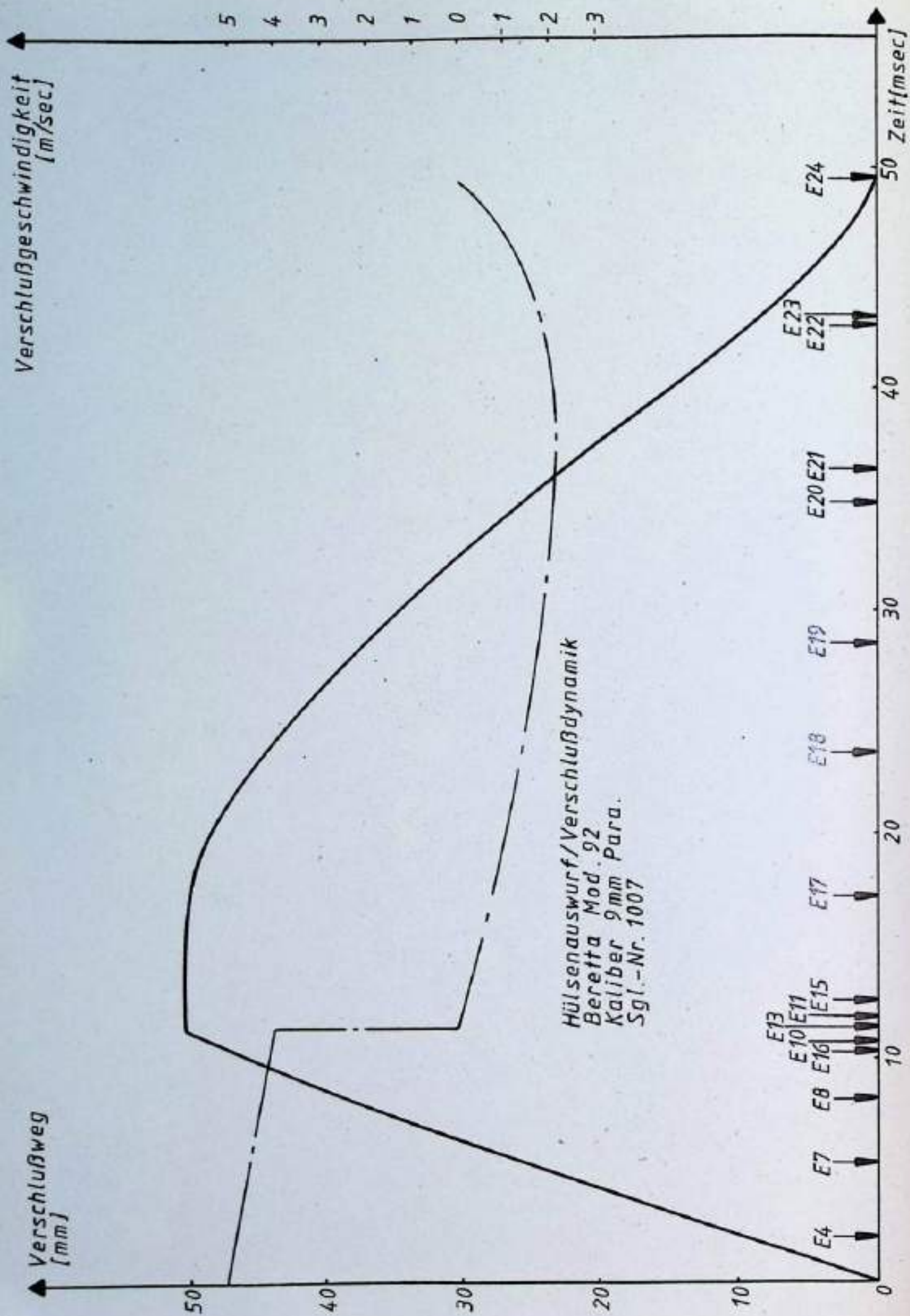
- Stoßbodenbearbeitungsspuren auf dem Zündhütchen
- Wulst um den Schlagbolzeneinschlag

Spurenentstehung:

Nach der Schußabgabe bewegen sich Lauf und Verschluß bis zur Entriegelung gemeinsam rückwärts. Teilweise kann auf den ersten Bildern nach der Schußabgabe Schmauchaustritt am hinteren Laufende beobachtet werden. Nachdem die Hülse das Patronenlager verlassen hat (Bild 2), entweichen dort unverbrannte Pulverteilchen. Im weiteren Verlauf vollführt die Hülse meist nur eine geringe Aufstehbewegung, d. h. sie behält nahezu ihre waagrechte Lage bei. Dies gilt weitgehend auch nach dem Auftreffen auf den Auswerfer (Bild 3). Die Hülse dreht nahe der Auszieherkralle nach rechts (Bilder 4 - 8) und schlägt dort bei ihrer Drehung mit dem zylindrischen Teil an (Bilder 9, 10). Teilweise ist ein Stoß erkennbar, manchmal aber auch nur ein leichtes Berühren ohne merkliche Änderung der Rotationsfrequenz. Hierbei entsteht die mit ① bezeichnete Spur. Beim Anschlagen ist gelegentlich zu beobachten, daß die Hülse unverbrannte Pulverteilchen entleert.

Im Anschluß fliegt die Hülse nahezu waagrecht etwa unter einem Winkel von 90 Grad zur Schußrichtung nach rechts.

Anhand von "Stereoaufnahmen" konnte beobachtet werden, daß nach dem Verschlußrücklauf die im Magazin befindliche nächste Patrone nicht parallel zur Schußrichtung liegt, sondern leicht nach rechts geneigt ist. Wird sie vom rücklaufenden Verschluß freigegeben, so "schwingt" sie aus ihrer Schräglage in eine zur Schußrichtung parallele Position.



Spurenauswertung:

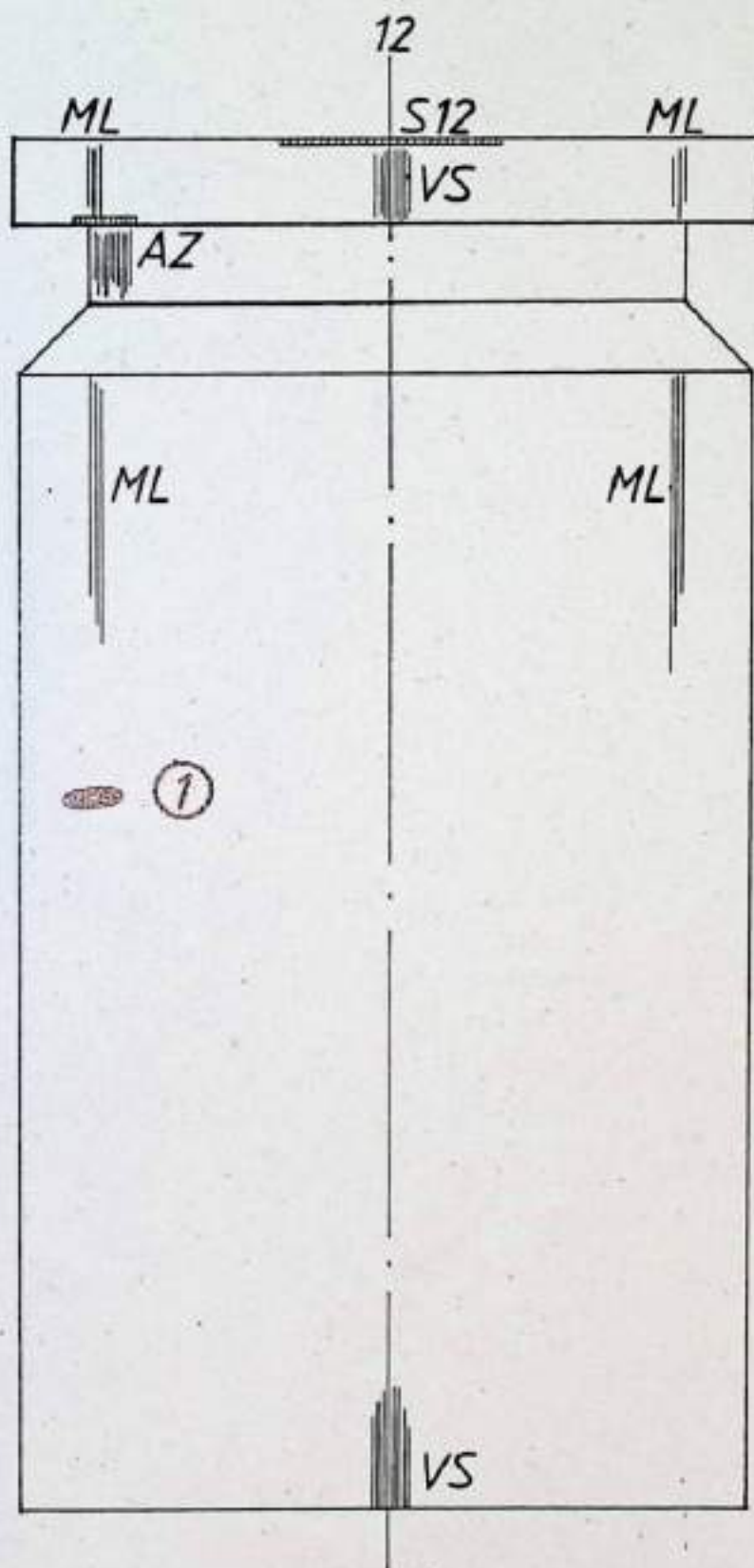
Maßstab: ca. 10:1

Waffe: *Beretta Mod.92*

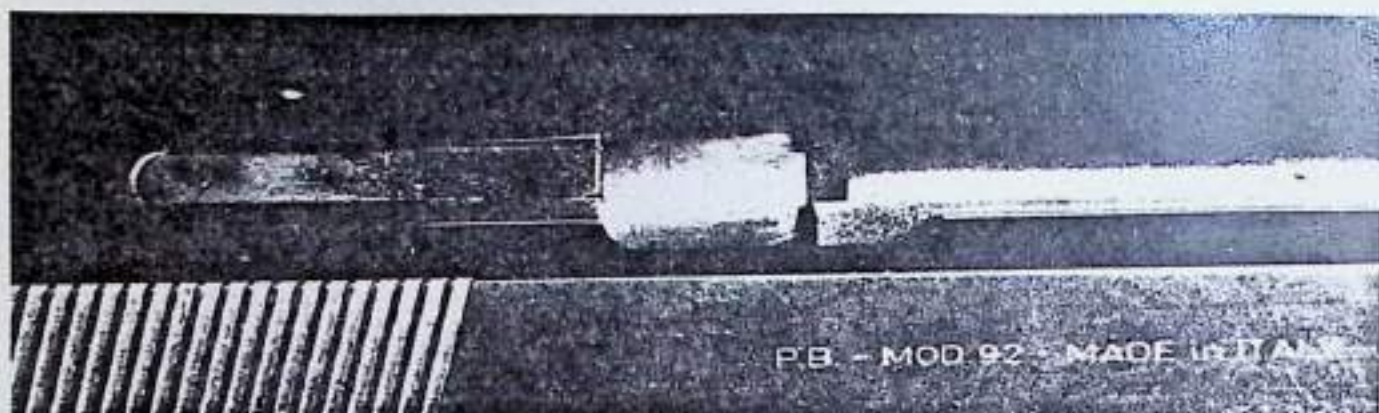
Kaliber: *9mm Para.*

Sgl.Nr.: 1007

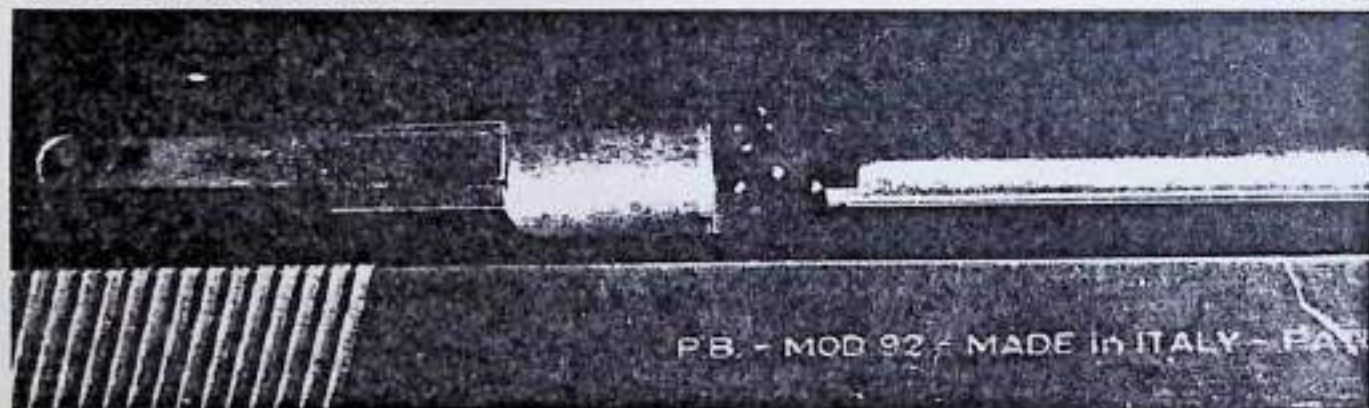
Besondere Spuren: ①



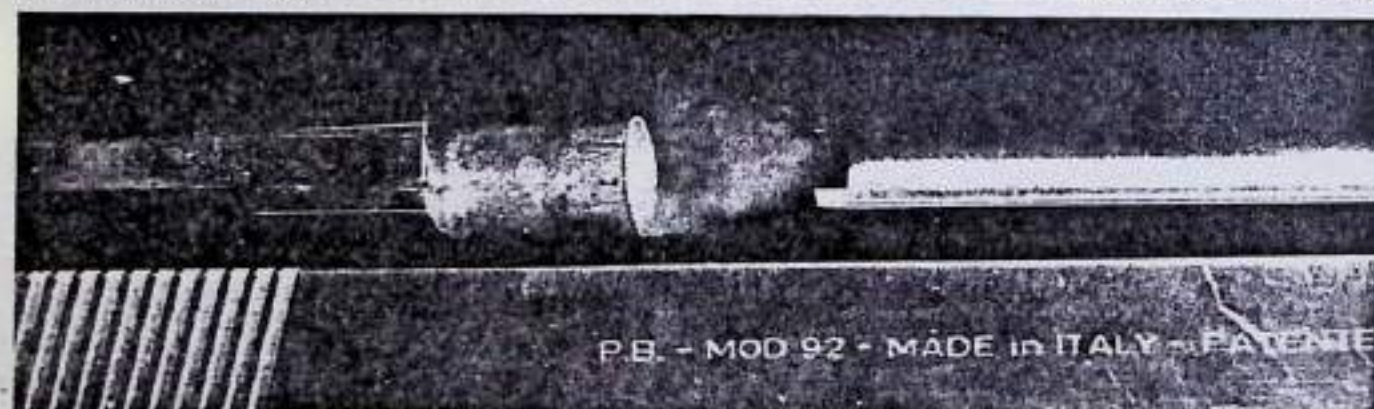
Funkenblitzaufnahmen : Hülsenauswurf Beretta Mod. 92



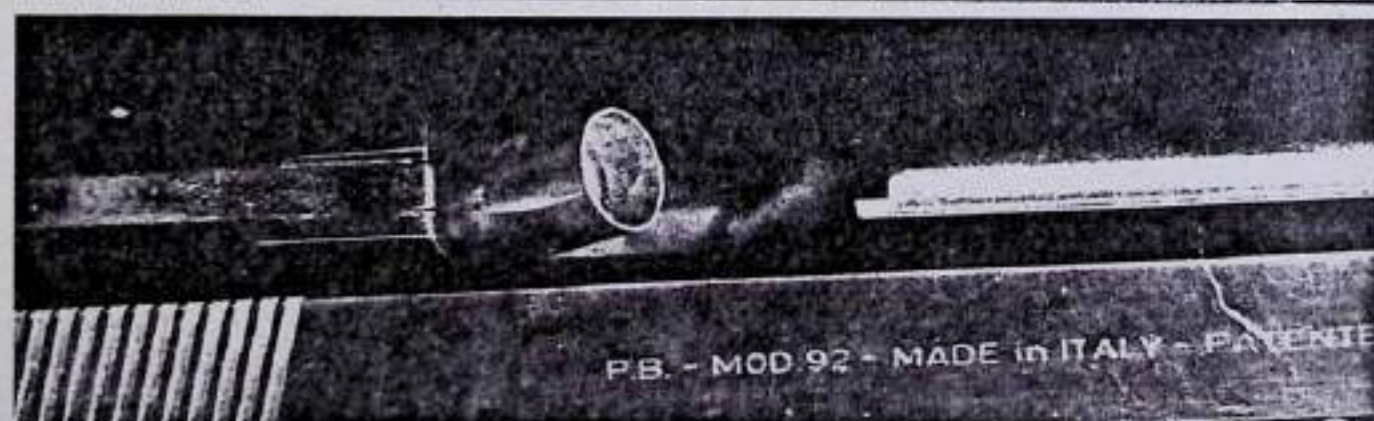
1



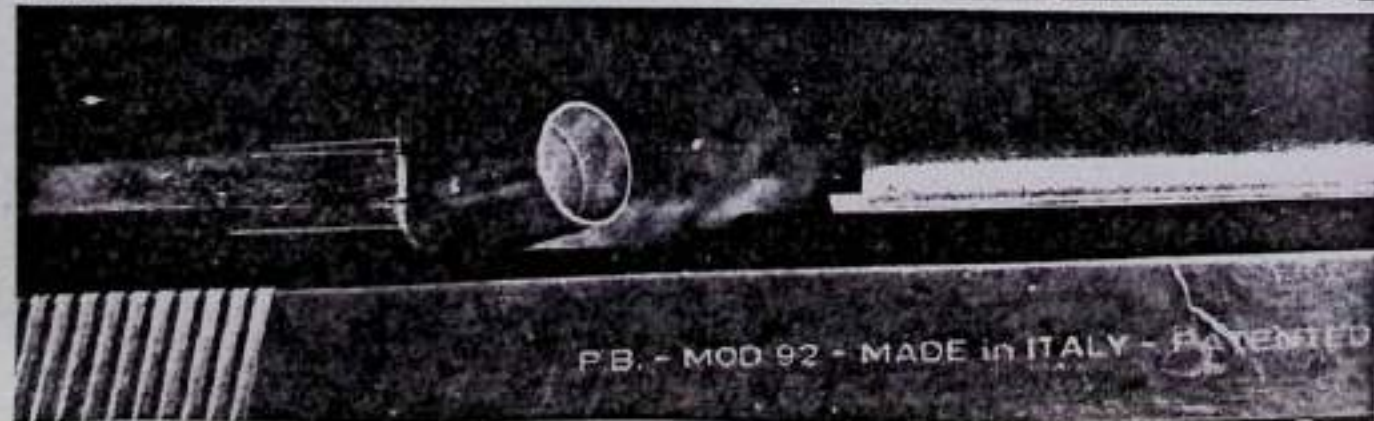
2



3

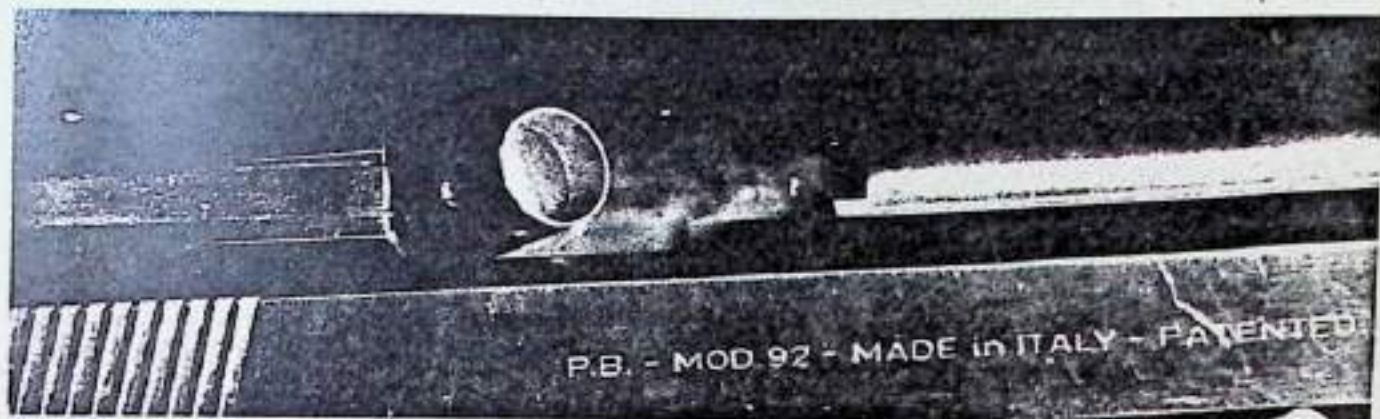


4



5

Funkenblitzaufnahmen : Hülsenauswurf Beretta Mod. 92



6



7



8



9



10

FN GP

Spurenbeschreibung:

Der Auszieher auf Pos. 3 und der Auswerfer auf Pos. 8 sind deutlich erkennbar, ebenso Magazinlippenspuren am Hülsenrand und auf dem zylindrischen Teil. Die Schürfspur S 12 ist in der Regel gut zu erkennen, ebenso die Verschlußstückspuren. Ansonsten zeigen sich keine Besonderheiten.

Spurenentstehung:

Beim Hülsenauswurf ist ein festes Anstoßen der Hülse an der Begrenzung des Auswurfffensters nicht festzustellen. Nach dem Auftreffen auf den Auswerfer (ab Bild 2) beobachtet man eine gleichförmige Drehbewegung, d. h. eine plötzliche Änderung der Rotationsfrequenz bedingt durch ein Anschlagen ist nicht feststellbar.

Gelegentlich ist jedoch zu beobachten, daß die Hülse im hinteren oberen Bereich des Auswurfffensters anschlägt. Dies bewirkt eine bei Pos. 1 oder 2 auf dem zylindrischen Teil befindliche Spur, die auch vorgefunden wird. Sie ist jedoch äußerst schwach ausgeprägt und nicht reproduzierbar vorhanden. Beim Auftreffen wird der Hülsenmund nach unten reflektiert (Bilder 9, 10), wodurch sich eine Taumelbewegung der Hülse ergibt.

Das Anschlagen der Hülse hängt u. a. auch von der Neigung der Hülse nach dem Auftreffen auf den Auswerfer ab. Manchmal dreht sich die Hülse in waagrecht Lage (Bild 4), wonach kein Anschlagen zu bemerken ist, es kommt jedoch auch vor, daß der Hülsenmund leicht nach oben gerichtet ist (Bilder 2, 3), so daß ein Anstoßen an der Begrenzung des Auswurfffensters möglich wird. Weiterhin ist bei der Waffe die relativ geringe Verschlußvorlaufgeschwindigkeit bemerkenswert. Der Zuführungsprozeß einer neuen Patrone aus dem Magazin scheint mit einem sichtbaren Geschwindigkeitsverlust des vorlaufenden Verschlußstücks einher zu gehen. In einem Fall wurde die Patrone nur zur Hälfte ins Patronenlager geschoben, wonach der Verschluß zum Stillstand kam. Weitere Schüsse konnten dann nicht mehr ausgelöst werden.

Spurenauswertung:

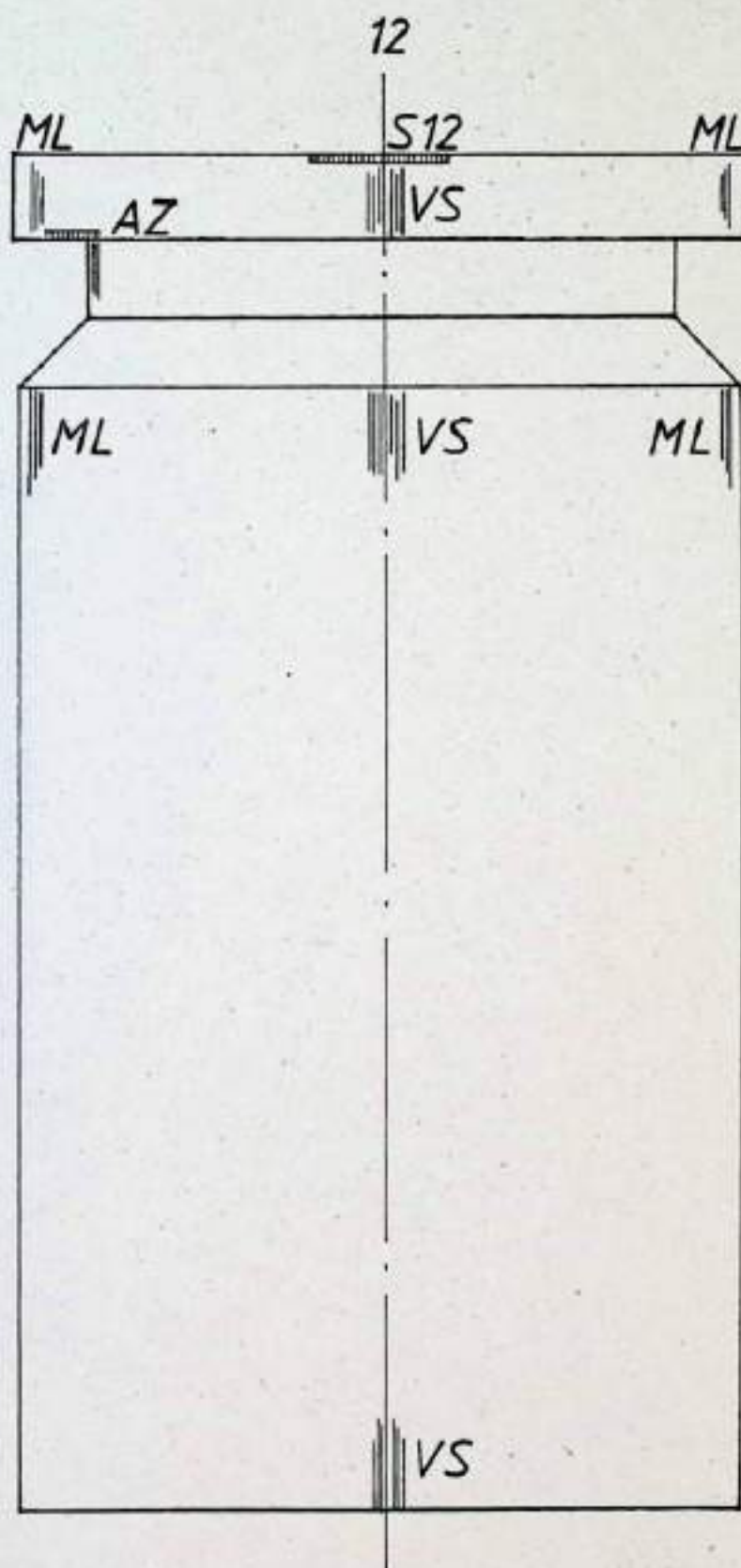
Maßstab: ca. 10:1

Waffe: *FN „GP“*

Kaliber: *9 mm Para.*

Sgl.Nr.: *1018*

Besondere Spuren: *keine*



Funkenblitzaufnahmen : Hülsenauswurf FN GP



1



2



3



4



5

Funkenblitzaufnahmen : Hülsenauswurf FN GP



6



7



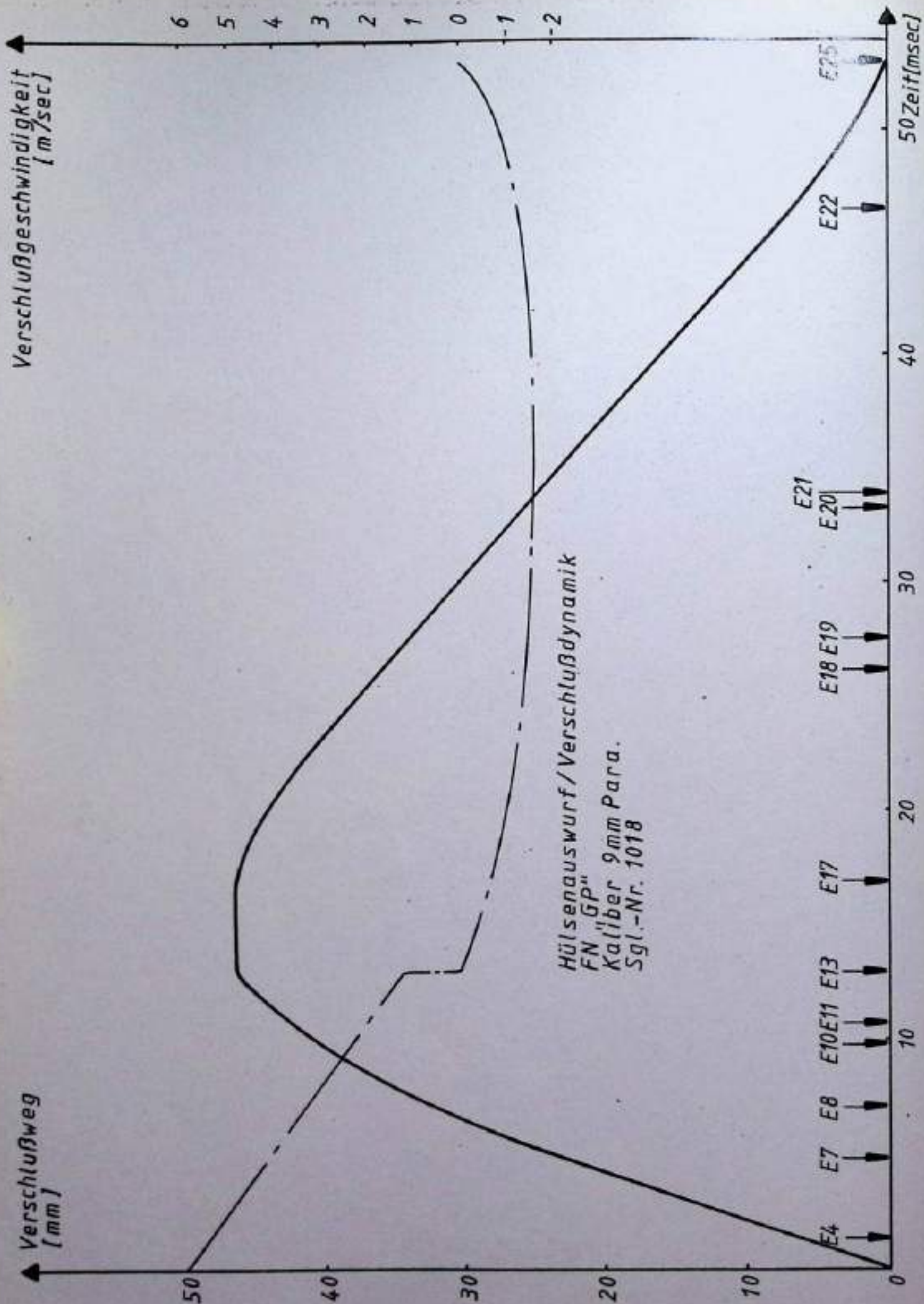
8



9



10



Heckler u. Koch "PSP"

Spurenbeschreibung:

Der Auswerfer auf Pos. 7 bzw. 8 tritt deutlich in Erscheinung, der Auszieher auf Pos. 1 ist an der Hülsenbodenunterseite gut zu erkennen und hinterläßt auch in der Rille eine deutliche Schürfspur. S 12 ist manchmal nur schwer feststellbar. In der Regel sind Magazinlippenspuren auf dem Hülsenbodenrand vorhanden. Verschlußstückspuren finden sich auf dem Hülsenbodenrand, teilweise auch auf dem zylindrischen Teil.

Das Waffensystem ist anhand der Spuren zu erkennen, die von den Entlastungsrillen des Patronenlagers auf dem zylindrischen Teil hinterlassen werden. Besonders deutlich sind diese Spuren am Hülsenmund ausgeprägt (Spur ②).

Auf der Hülsenunterseite finden sich Prägespuren, die parallel zur Hülsenlängsachse verlaufen und entlang einer gebogenen Linie beginnen (Spur ③).

Als weitere besondere Spur ist eine Prägespur unmittelbar am Hülsenmund bei Pos. 1 anzusprechen (Spur ①). Sie ist nur schwach ausgeprägt und kann auch gänzlich fehlen.

Spurenentstehung:

Auf den Funkenblitzaufnahmen (Bilder 1 - 3) sind die im Patronenlager entstandenen und von den Entlastungsrillen herrührenden Prägespuren ② gut erkennbar.

Trifft die Hülse beim Verschlußrücklauf auf den Auswerfer, so wird hierbei ihre Drehbewegung eingeleitet (Bild 3). Sie trifft mit dem Hülsenmund auf das Verschlußstück im Bereich der federnd gelagerten Auszieherkralle (Bilder 5 und 6). Das Anschlagen kann bei den Filmaufnahmen anhand einer plötzlichen Änderung der Umdrehungsgeschwindigkeit der Hülse beobachtet werden. Hierdurch erklärt sich die Herkunft der leichten Prägespur ① am Hülsenmund. Gelegentlich erfolgt die Drehung jedoch auch ohne merkliche Reflexion, wodurch sich das Fehlen der Spur ① erklärt.

Die Prägespuren auf der Hülsenunterseite 3 entstehen im Patronenlager. Sie sind auf den Bildern 6 - 9 deutlich erkennbar. Ihre Form (Beginn entlang einer bogenförmigen Linie) erklärt sich durch eine entsprechende Ausfräsung im Patronenlager.

An der Waffe ist vor allem die hohe Verschußrücklaufgeschwindigkeit bemerkenswert. Der Verschußweg von ca. 42 mm wird in ca. 6.4 ms zurückgelegt. Der gesamte Repetierprozeß ist in weniger als 30 ms beendet. Dies stellt, verglichen mit anderen untersuchten Waffensystemen im Kaliber 9 mm Parabellum, eine äußerst kurze Zeit dar.

Spurenauswertung:

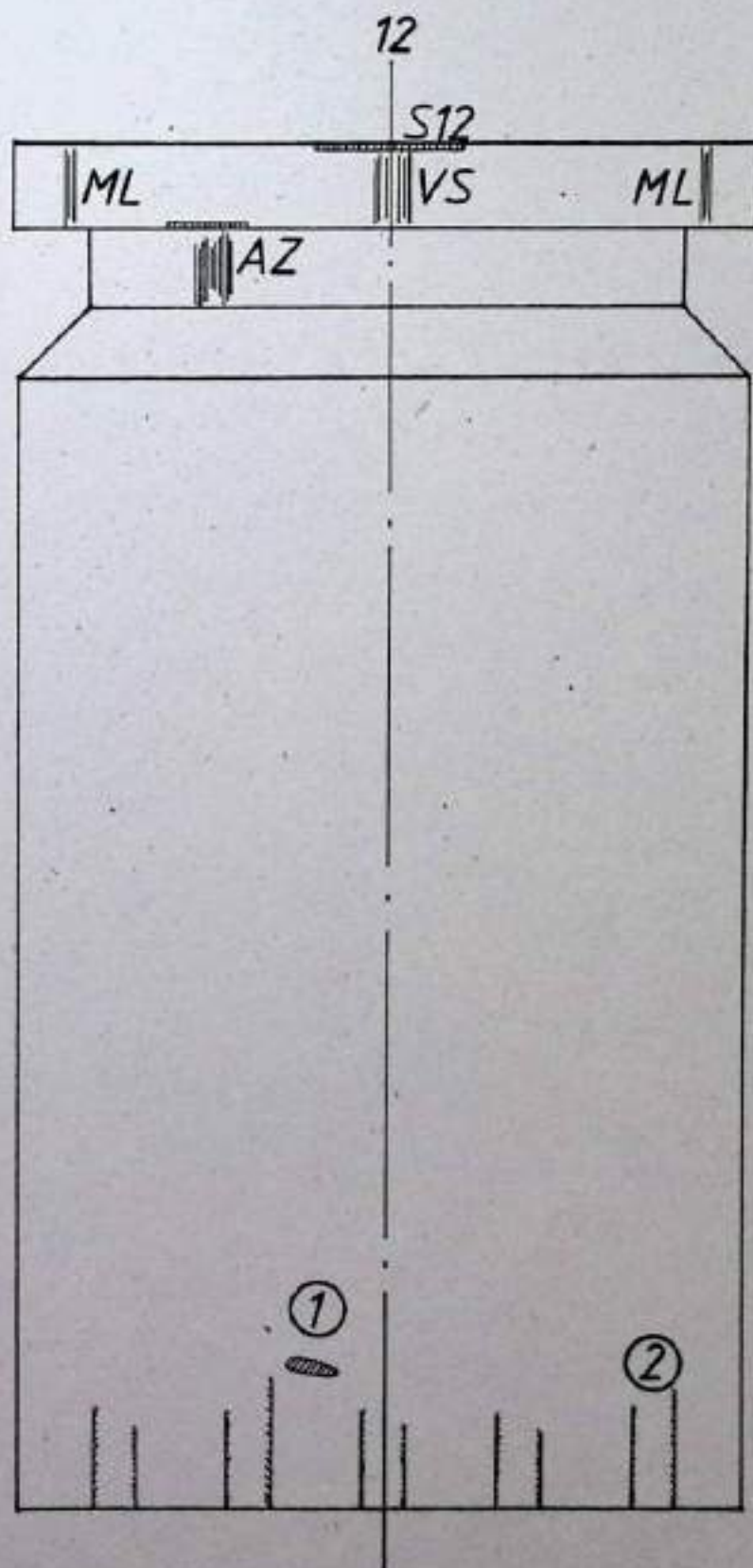
Maßstab: ca. 10:1

Waffe: Heckler u. Koch „PSP“

Kaliber: 9 mm Para.

Sgl.Nr.: 1023

Besondere Spuren: ① ②



Spurenauswertung:

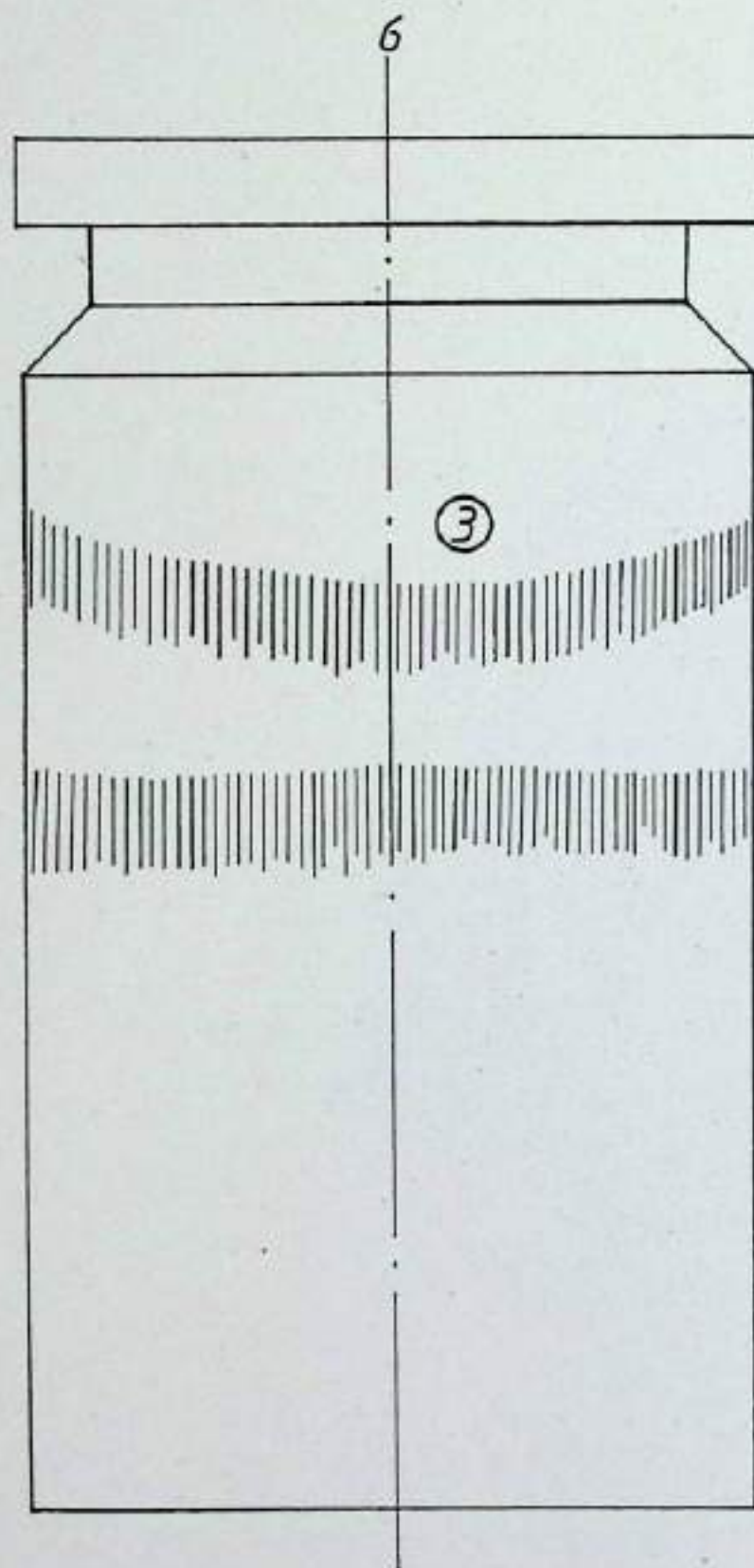
Maßstab: ca. 10:1

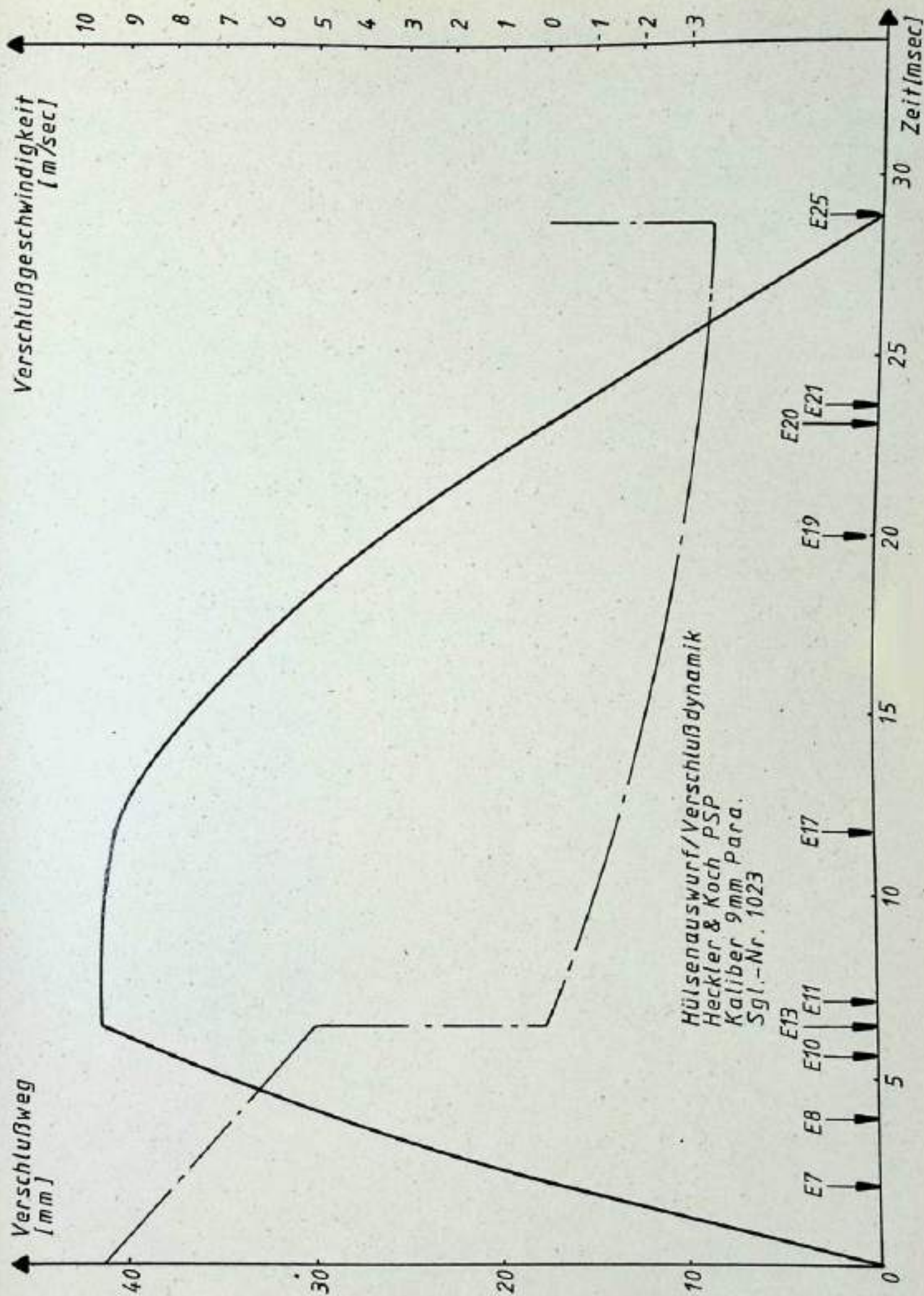
Waffe: Heckler u. Koch „PSP“

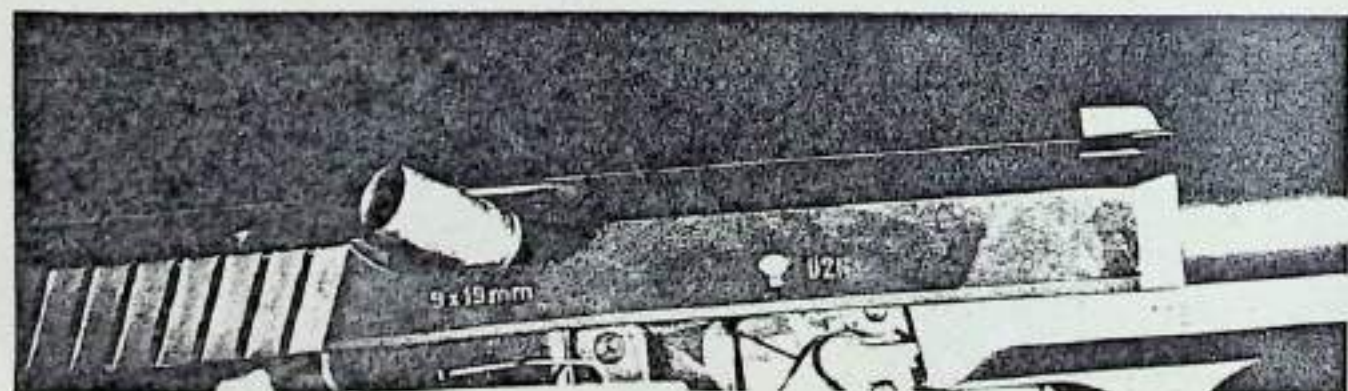
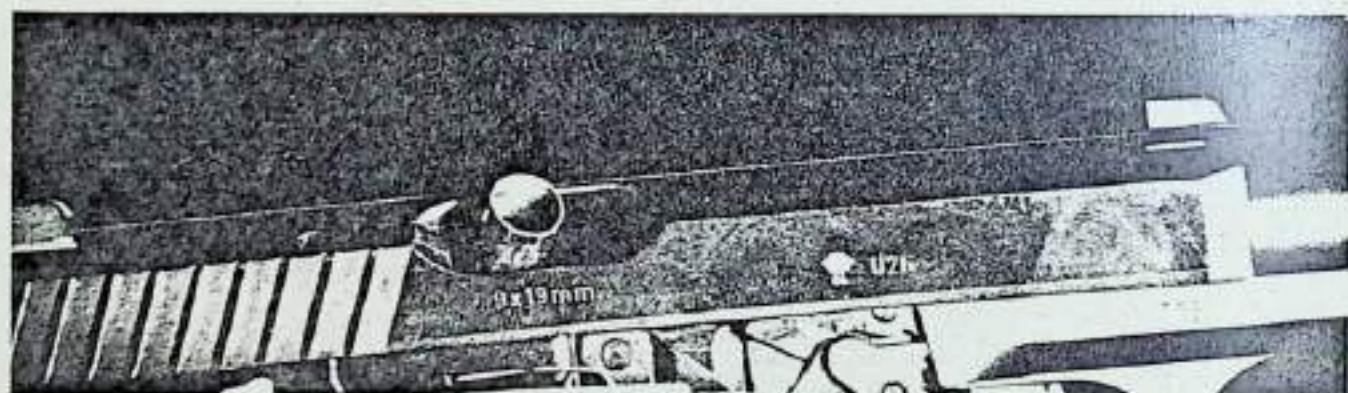
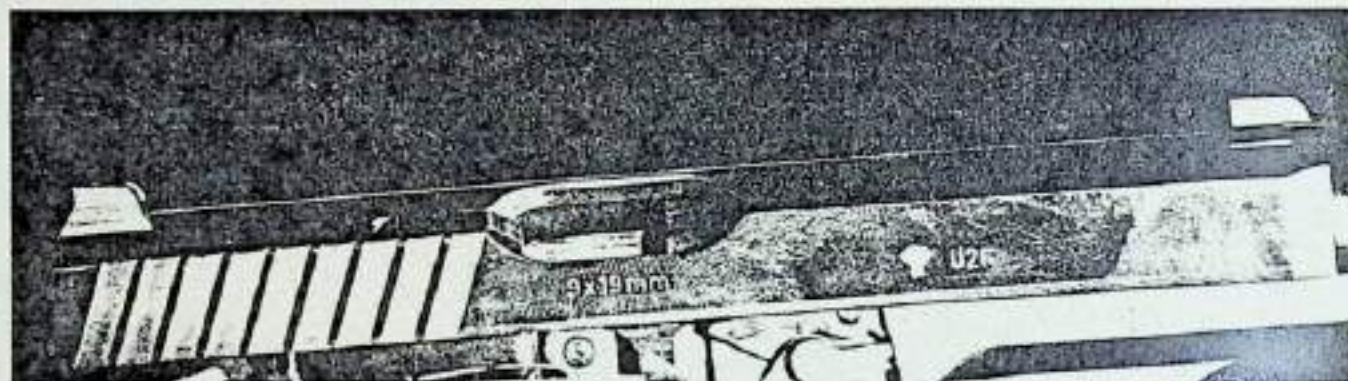
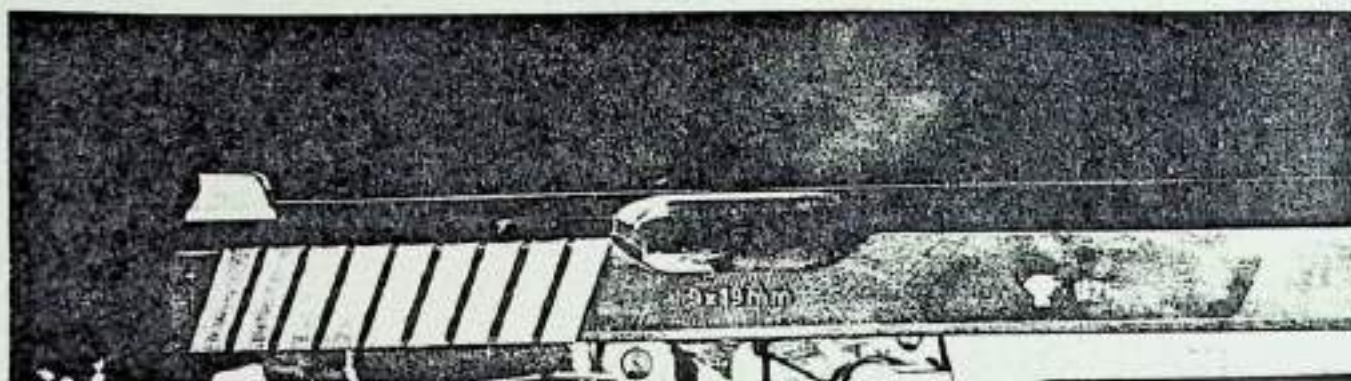
Kaliber: 9 mm Para.

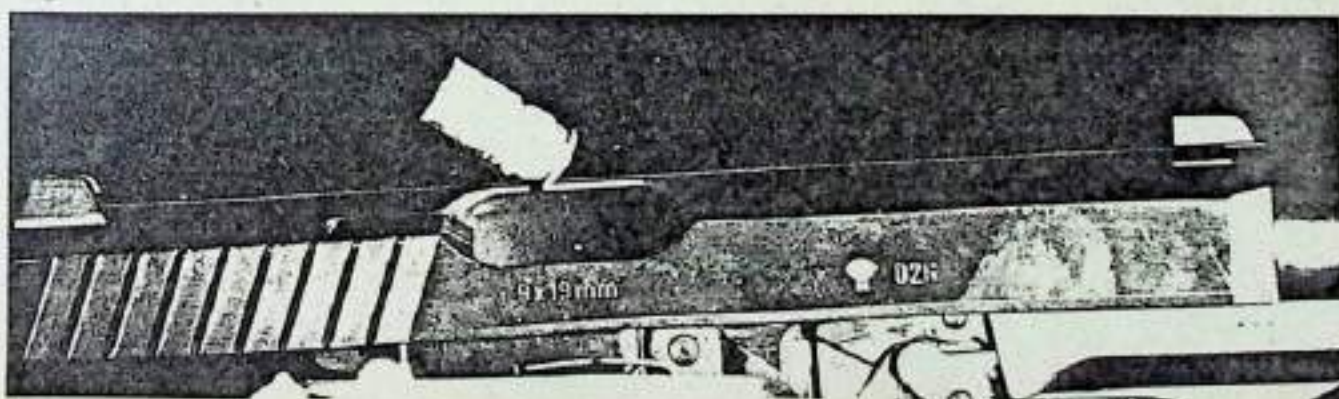
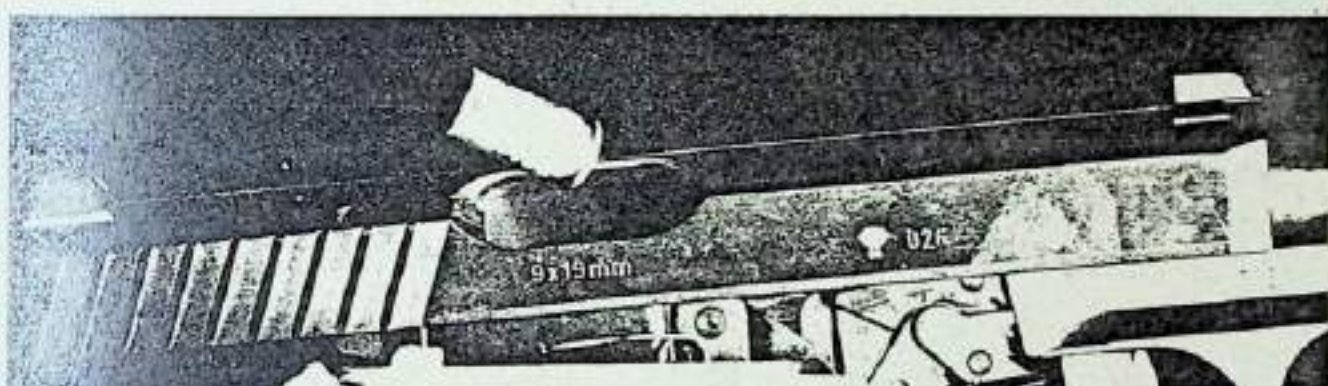
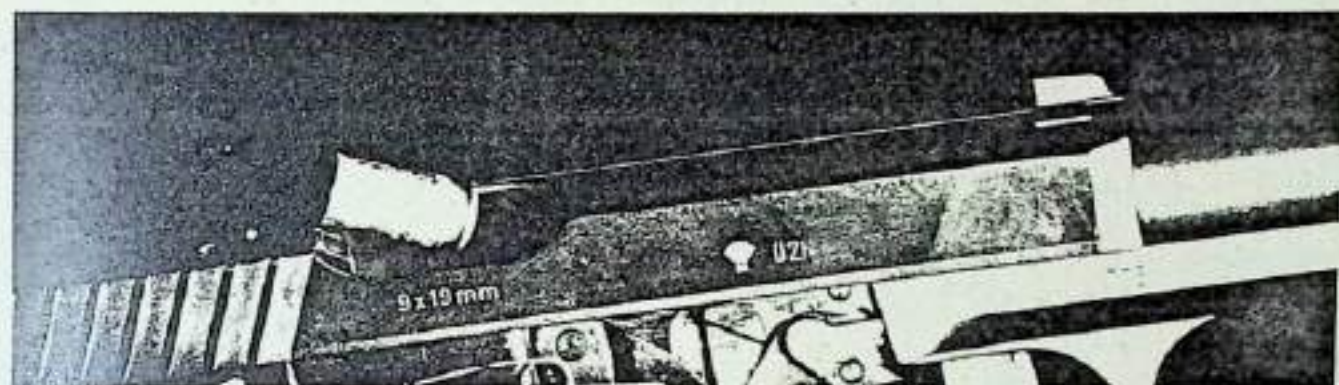
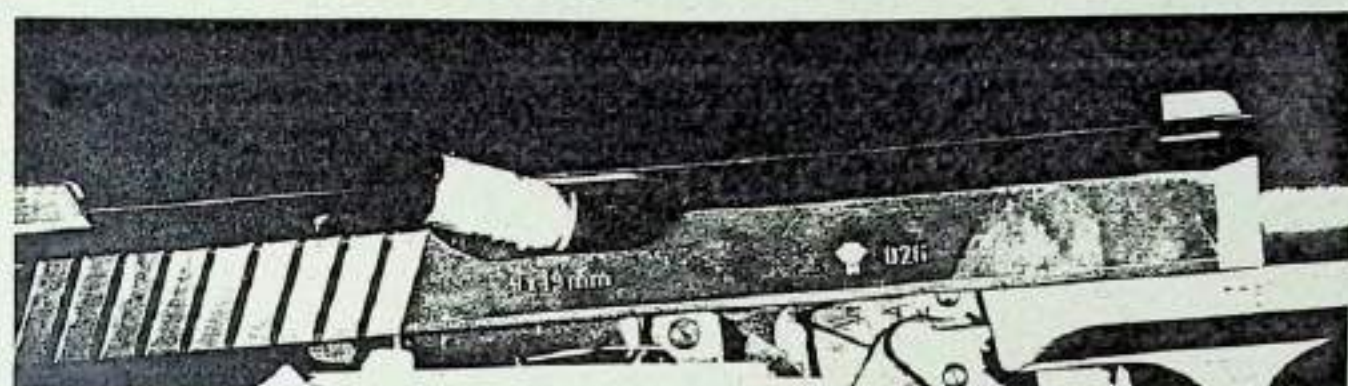
Sgl.Nr.: 1023

Besondere Spuren: ③









Mauser "08"

Spurenbeschreibung:

Der Auszieher auf Pos. 12 und der Auswerfer auf Pos. 4 erscheinen in der Regel sehr deutlich. S 12 wurde nicht vorgefunden. Statt dessen befinden sich auf dem Hülsenboden bei den Pos. 1 und 11 Prägespuren, die vom Verschlusskopf verursacht werden, wenn dieser beim Ladevorgang die Patrone aus dem Magazin erfaßt und ins Patronenlager schiebt. Teilweise erscheinen diese Eindrücke nicht symmetrisch zur Pos. 12. Spuren vom Verschlussstück sind nicht immer vorzufinden, jedoch schwach ausgeprägte Spuren von den Magazinlippen auf dem zylindrischen Teil und dem Hülsenrand.

Als besondere Spur ist das bekannte "08-Dreieck" (Spur ①) am Hülsenmund bei Pos. 9 anzusprechen. Es handelt sich um eine dreieckförmige, mit bloßem Auge zu erkennende Spur mit nahezu senkrecht zur Hülsenlängsachse verlaufenden Riefen. Meist ist die Hülse an der betreffenden Stelle deformiert.

Variierend bei den Pos. 1 oder 2 in der Nähe des Hülsenmundes befindet sich eine Prägespur mit schräg zur Hülsenlängsachse verlaufenden Riefen. (Spur ②).

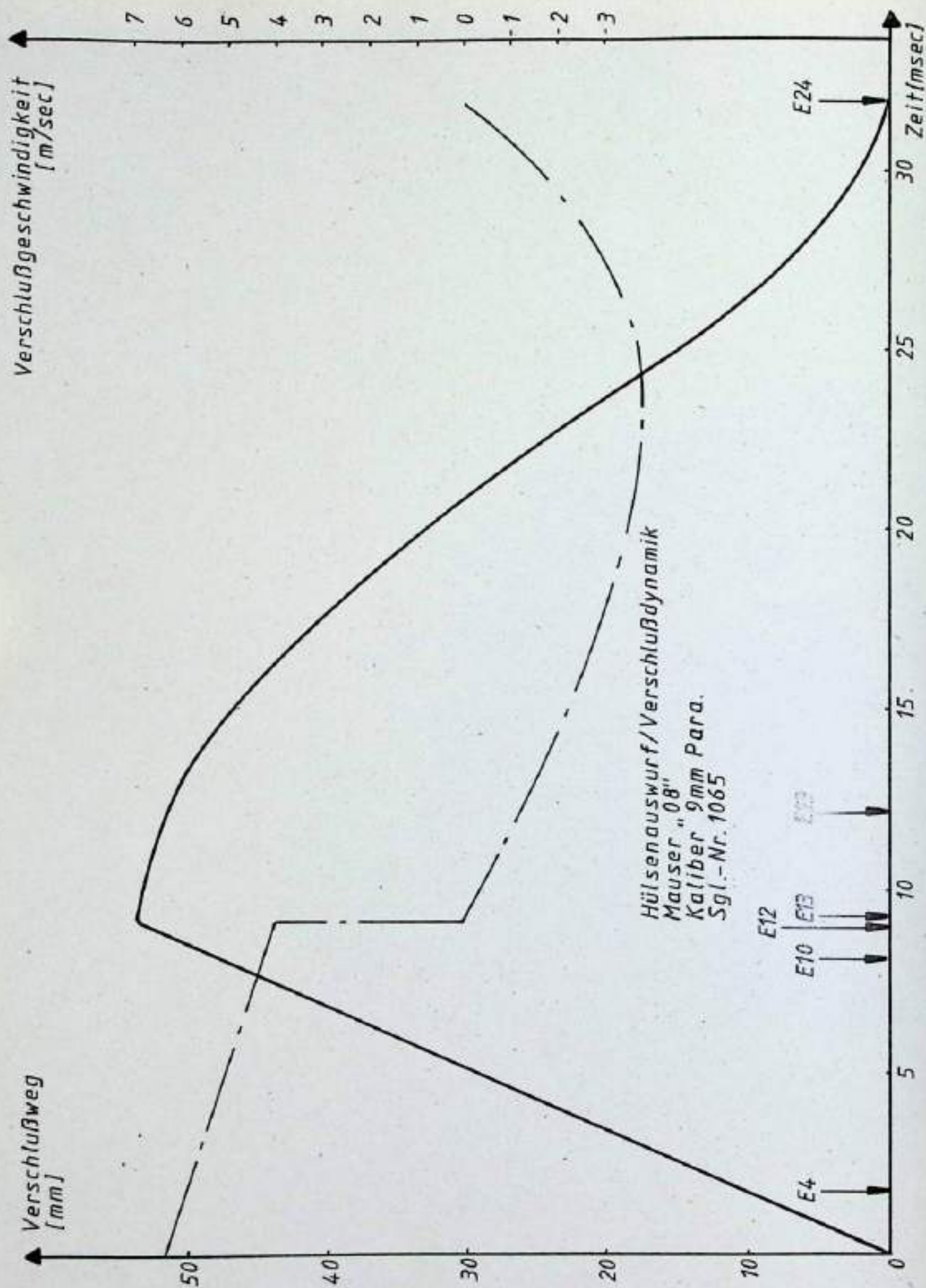
Um die gesamte Hülse verläuft ein Spurenmuster (Spur ③) im vorderen Bereich der Hülse. Die Spur ist auf den Funkenblitzaufnahmen 3 - 10 gut zu erkennen und entsteht bereits im Patronenlager.

Spurenentstehung:

Nach der Schußabgabe bewegen sich Verschluss und Lauf zunächst bis zur Entriegelung gemeinsam rückwärts. Die Hülse verläßt das Patronenlager und trifft schließlich auf den Auswerfer (Bild 1). Infolge der relativen Anordnung von Auszieher und Auswerfer wird ein Abkippen des Hülsenmundes nach links eingeleitet bei einer gleichzeitigen Aufstehbewegung. Die Linksbewegung führt dazu, daß der Hülsenmund im Innern des Gabelstücks mit der Oberkante der Führungsnut für den Verschlusskopf in Berührung kommt. Durch die gleichzeitige Aufstehbewegung entsteht eine dreieckförmige Spur bei Pos. 9 (Spur ①). Auf den Funkenblitzaufnahmen ist deutlich zu erkennen, daß Spur ① bereits vorhanden ist, wenn der Hülsenmund aus dem Gabelstück auftaucht (Bilder 2, 3). Der Ort der Spurenlegung innerhalb des Gabelstücks läßt sich anhand des dort befindlichen Messingabriebs nachweisen.

Schließlich entkoppeln Hülse und Auszieherkralle, die Hülse setzt ihre Drehung fort und schlägt schließlich in der Nähe des Hülsenmundes auf die Auszieherkralle von oben auf (Bild 6). Hier erfolgt eine Reflexion (Bild 7). Beim Anschlagen entsteht die mit ② bezeichnete Spur bei Pos. 1.

Im Anschluß fliegt die Hülse frei etwa senkrecht nach oben (Bilder 7 - 10).



Spurenauswertung:

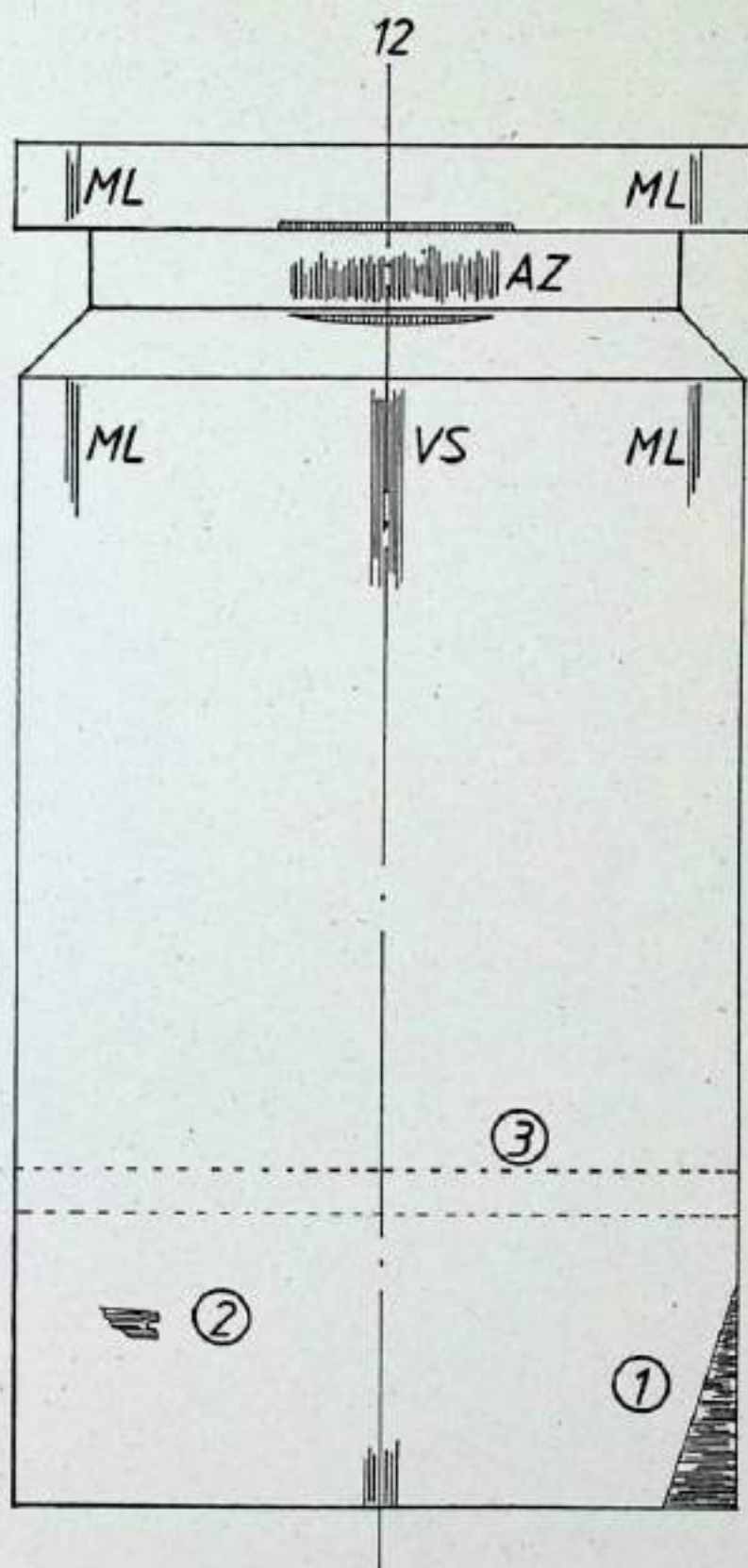
Maßstab: ca. 10:1

Waffe: *Mauser „08“*

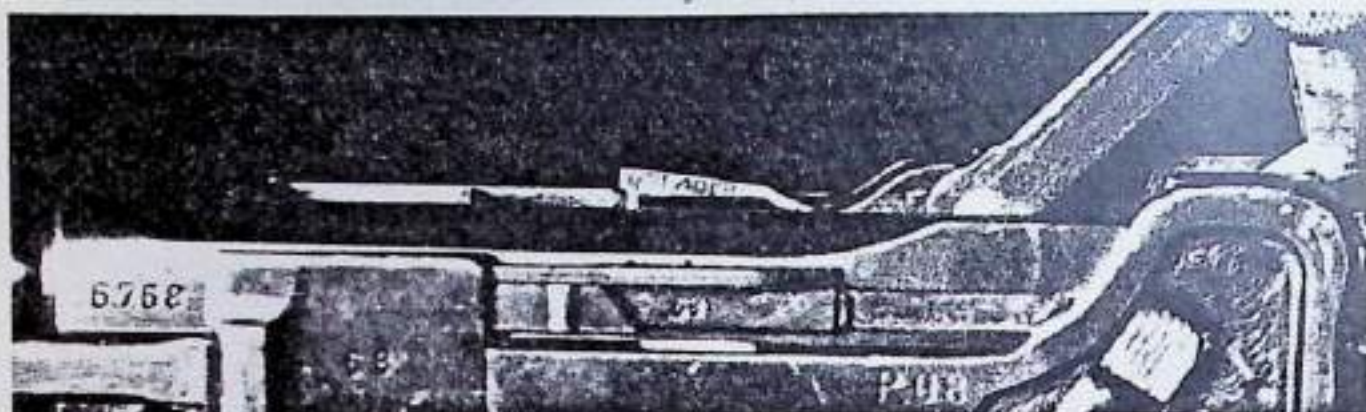
Kaliber: *9mm Para.*

Sgl.Nr.: 1065

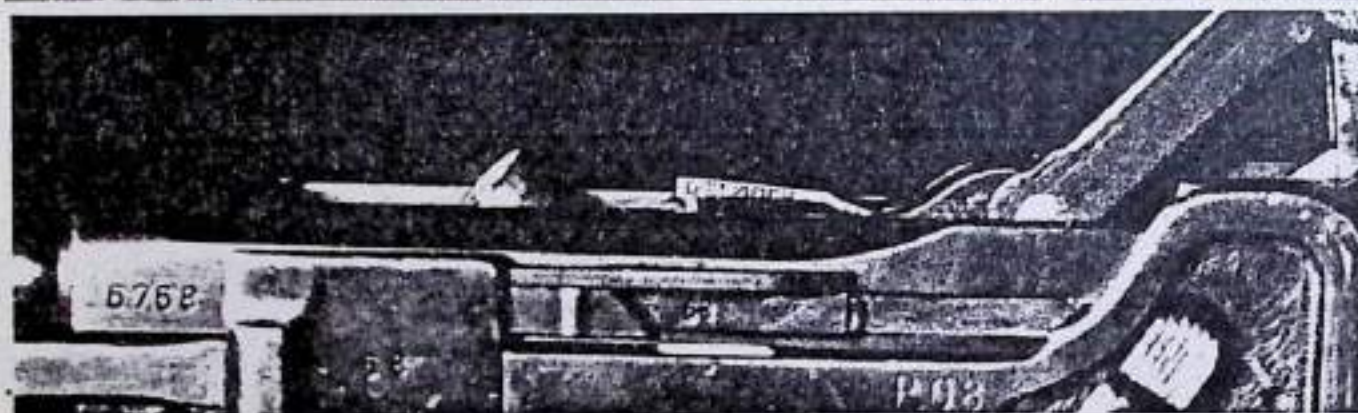
Besondere Spuren: ① ② ③



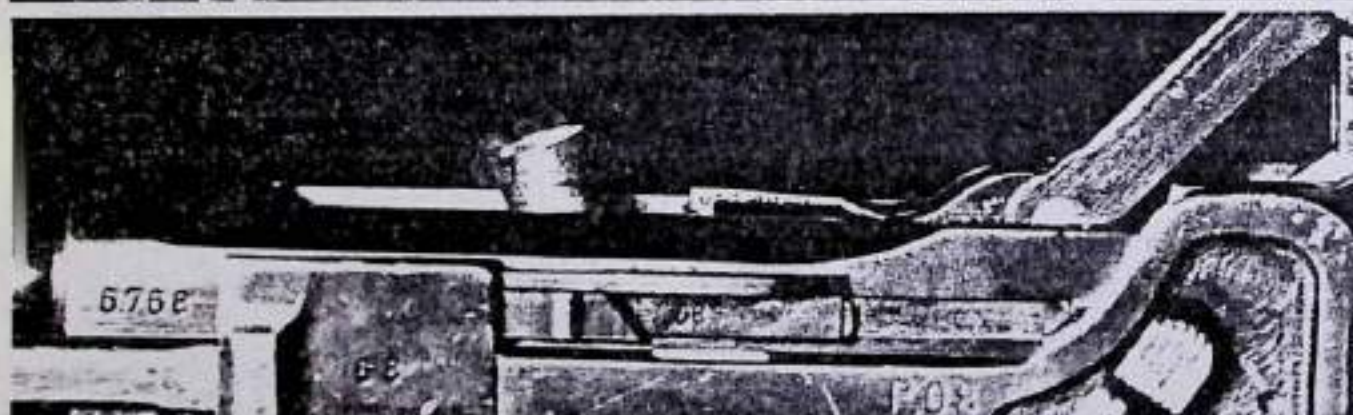
Funkenblitzaufnahmen : Hülsenauswurf Mauser "08"



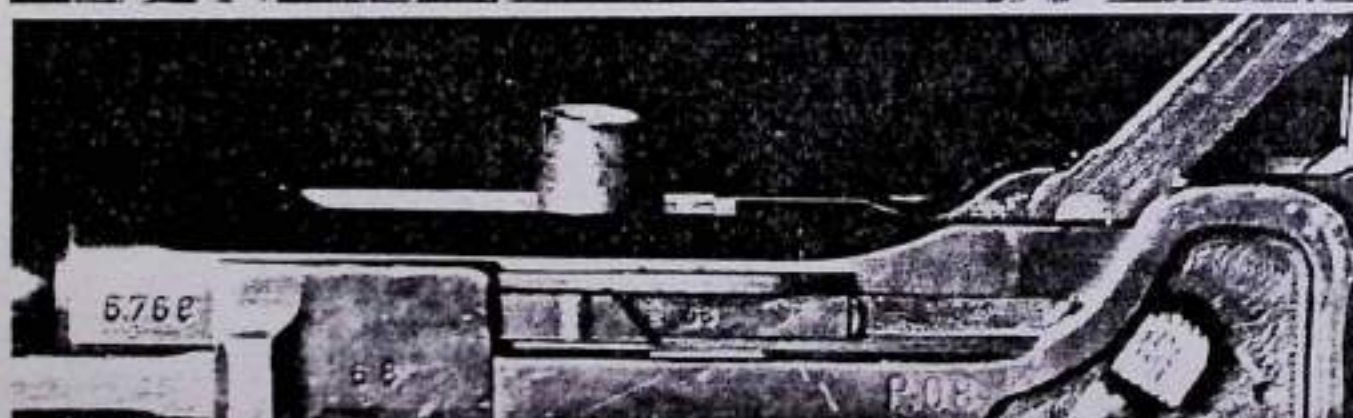
1



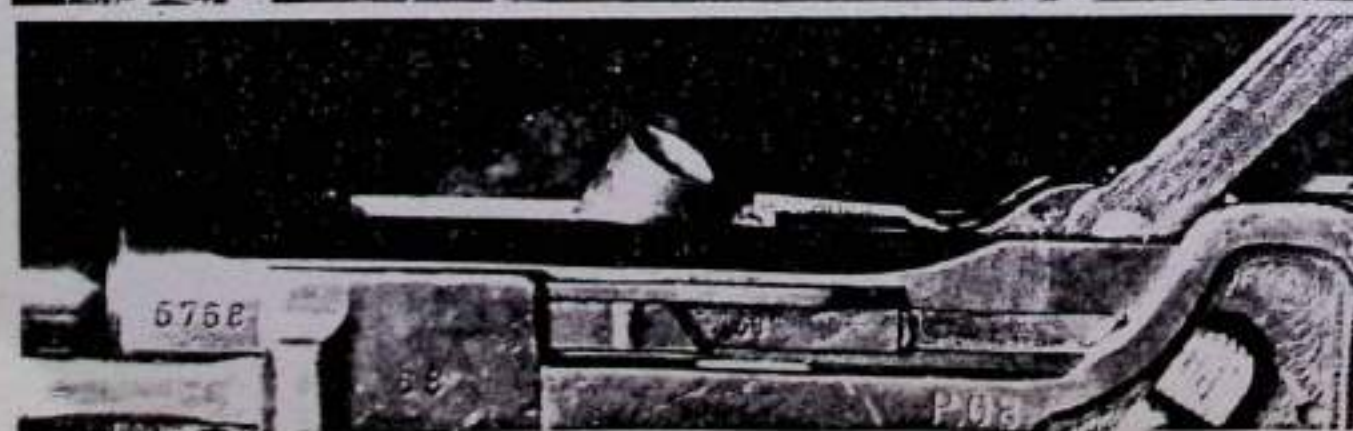
2



3

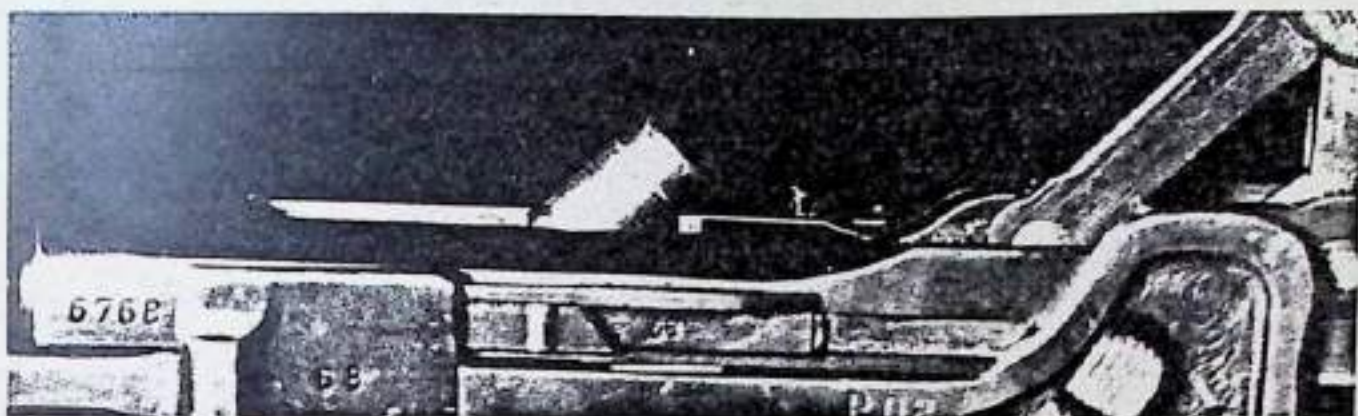


4

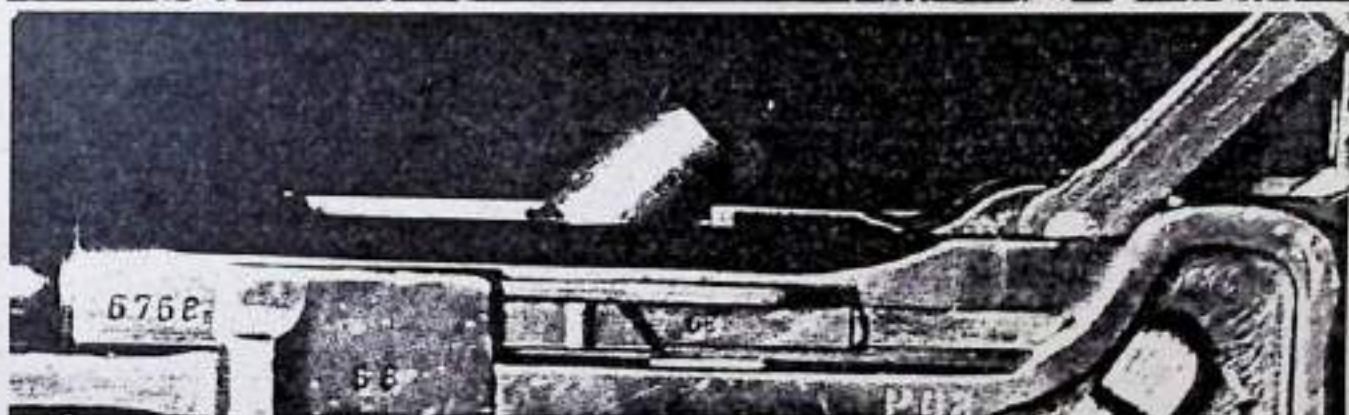


5

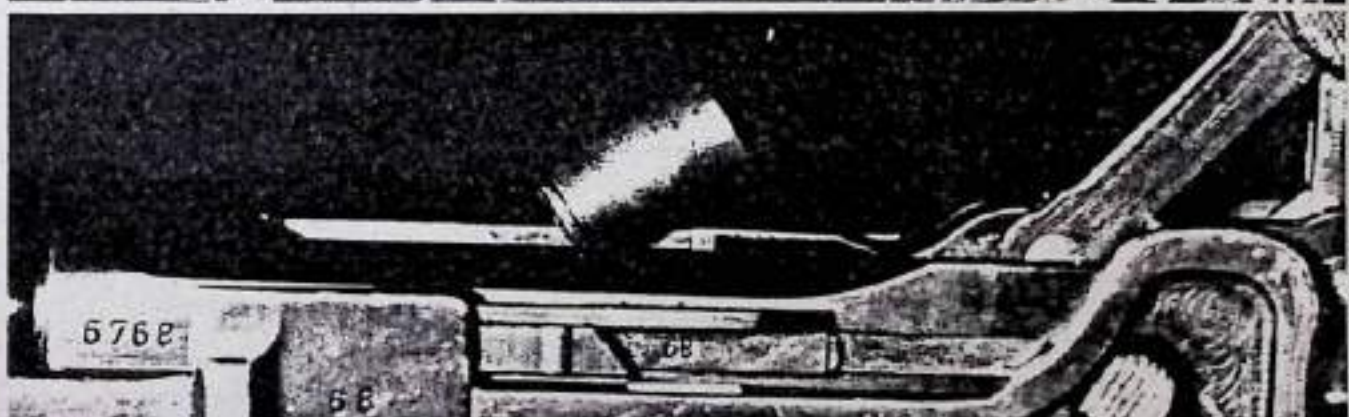
Funkenblitzaufnahmen : Hülsenauswurf Mauser "08"



6



7



8



9



10

SIG Sauer P 220

Spurenbeschreibung:

Der Auszieher auf Pos. 3 und der Auswerfer auf Pos. 8 sind meist gut zu erkennen. Oftmals nehmen sie jedoch auch die Pos. 2 bzw. 9 ein. Im Zündhütchen fällt eine vom Schlagbolzen verursachte Ausschleifung des Einschlags in Richtung zu Pos. 12 auf, die bei der Entriegelung entsteht, wenn der Lauf nach unten absinkt. In keinem Fall konnten auf der Hülse Verschußstückspuren oder Magazinlippen Spuren vorgefunden werden. Diese wurden jedoch bei Hülsen beobachtet, die aus anderen Waffen des gleichen Systems verfeuert wurden.

Eine besondere Spur befindet sich am Hülsenmund bei Pos. 4. Es handelt sich um eine schräg zur Hülsenlängsachse verlaufende Schürfspur ①. Teilweise sind die Hülsen an der betreffenden Stelle stark deformiert bzw. eingedrückt. Variierend bei Pos. 1 bzw. Pos. 2 findet man nahe dem Hülsenmund eine Prägespur ②. Auf dem Hülsenrand bei Pos. 9 findet sich meist eine Schürfspur ③.

Spurenentstehung:

Die Waffe ist für Beobachtungen des Hülsenauswurfs besonders gut geeignet, da der Auswurf nicht durch ein Auswurffenster erfolgt, sondern der Auswurfbereich optisch gut zugänglich ist. So kann mittels "Stereoaufnahmen" die Hülsenbewegung aus zwei Blickrichtungen detailliert untersucht werden.

Zunächst fällt der Variantenreichtum des Hülsenauswurfs auf, wobei selten zwei Auswürfe einander gleichen.

Nach dem Verlassen des Patronenlagers (Bild 1) kann anhand von "Stereoaufnahmen" eine sofortige Schrägstellung der Hülse beobachtet werden. Hierbei neigt sich der Hülsenmund bereits vor dem Auftreffen auf den Auswerfer etwas zur rechten Seite. Oft behält die Hülse auch nicht ihre waagerechte Lage bei, sondern sinkt mit dem Hülsenmund nach unten. Nach dem Auftreffen auf den Auswerfer (Bild 3) beginnt die Hülse ihre eigentliche Rechtsdrehung, wobei wie o. a. schon zu Beginn der Bewegung ein gewisser Anstellwinkel vorliegt. Hierbei schürft der Hülsenmund an der Unterkante der Auswurfaussparung (Bild 4), wobei die mit ① bezeichnete Spur entsteht. Ihre Form erklärt sich durch die kombinierte Dreh-Aufstehbewegung der Hülse.

Nach ihrer weiteren Drehung (Hülse und Auszieherkralle sind bereits entkoppelt) schlägt die Hülse am Verschußstück etwa im Bereich der verdeckt liegenden Auszieherkralle (Bild 8) an. Hierdurch entsteht die Prägespur ② im vorderen Bereich des zylindrischen Teils.

Beim Anschlagen ist gut zu beobachten, wie sich Schmauch aus der Hülse entleert (Bild 9). Nach erfolgter Reflexion fliegt die Hülse frei (Bild 10). Der gesamte Repetierprozeß ist nach ca. 52 ms beendet.

Die Rechtsneigung der Hülse nach dem Verlassen des Patronenlagers kann so stark sein, daß Auszieherkralle und Hülse bereits früh entkoppeln, worauf die Drehbewegung vergleichsweise langsam verläuft.

Durch diese Variationsmöglichkeiten der Stellung der Hülse und die dadurch bedingten unterschiedlichen Reflexionen des Hülsenmundes bei Entstehung von Spur ① erklären sich auch die Variationen in Lage und Form der Prägespur ②.

Der Bereich der Auswurfaussparung innerhalb dessen der Hülsenmund schürft, kann leicht durch den dort vorhandenen Materialabrieb (Messing) nachgewiesen werden.

Vermutlich erklärt sich die oben näher bezeichnete Rechtsbewegung des Hülsenmundes nach Verlassen des Patronenlagers durch die spezielle Form des länglich ausgebildeten Auswerfers. Bevor die Hülse auf die Auswerferkante trifft, schürft sie bei der Verschußrückwärtsbewegung am Auszieher entlang, wobei die Schürfspur bei Pos. 9 (Spur ③) entsteht. An der entsprechenden Stelle des Auswerfers ist Messingabrieb erkennbar.

Eine weitere interessante Beobachtung betrifft die Patronenzuführung aus dem Magazin. Nachdem der Verschuß die Patrone erfaßt hat und diese schrägt auf der Auflauframpe liegt, schwenkt die Patrone mit dem Vorderteil nach rechts aus, schwingt dann zurück über die Parallellage zur Laufseelenachse nach links und nimmt erst dann eine zur Laufseelenachse parallele Lage ein, während sie vom Verschußkopf ins Patronenlager geschoben wird.

Spurenauswertung:

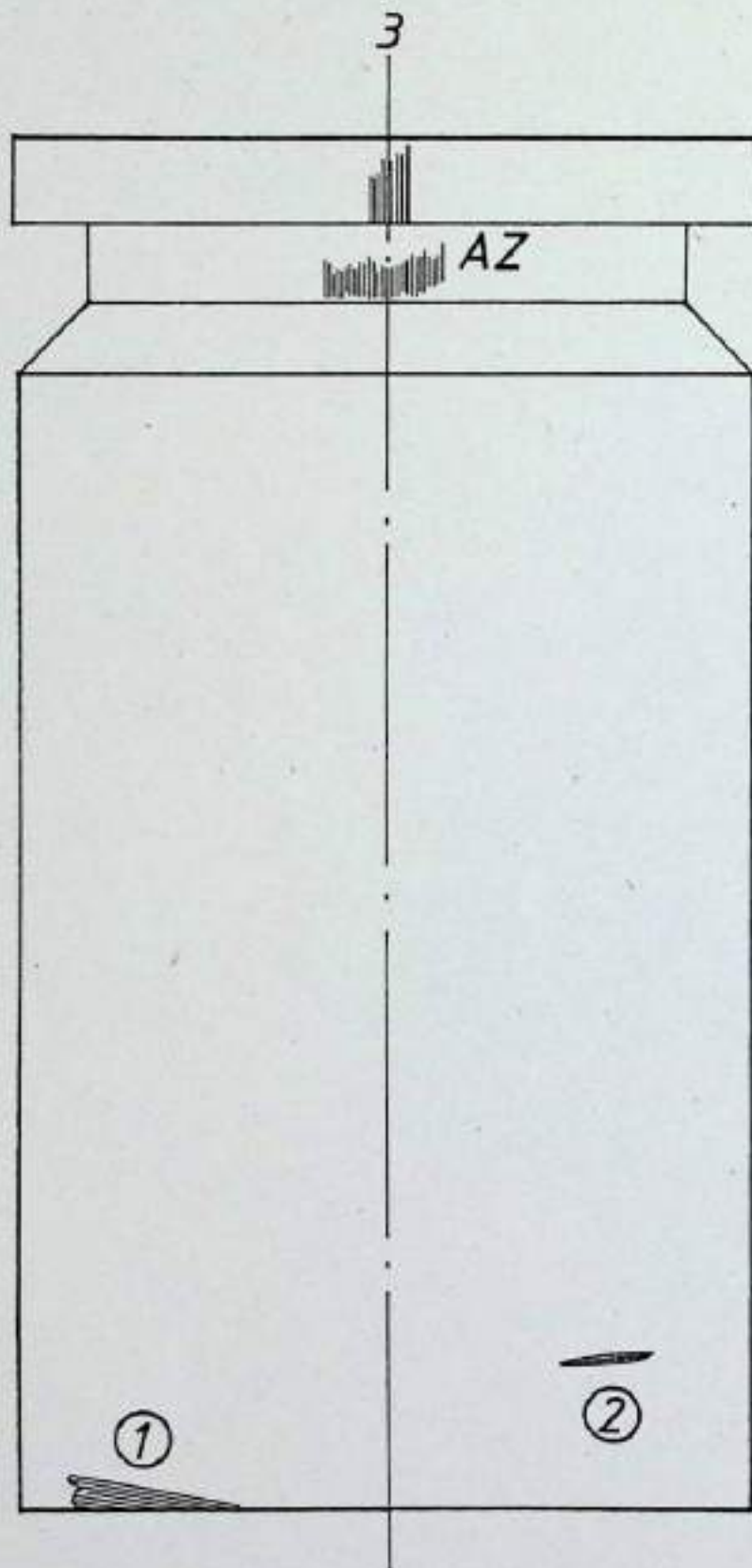
Maßstab: ca. 10:1

Waffe: *SIG Sauer P 220*

Kaliber: *9mm Para.*

Sgl.Nr.: 1076

Besondere Spuren: ① ②



Spurenauswertung:

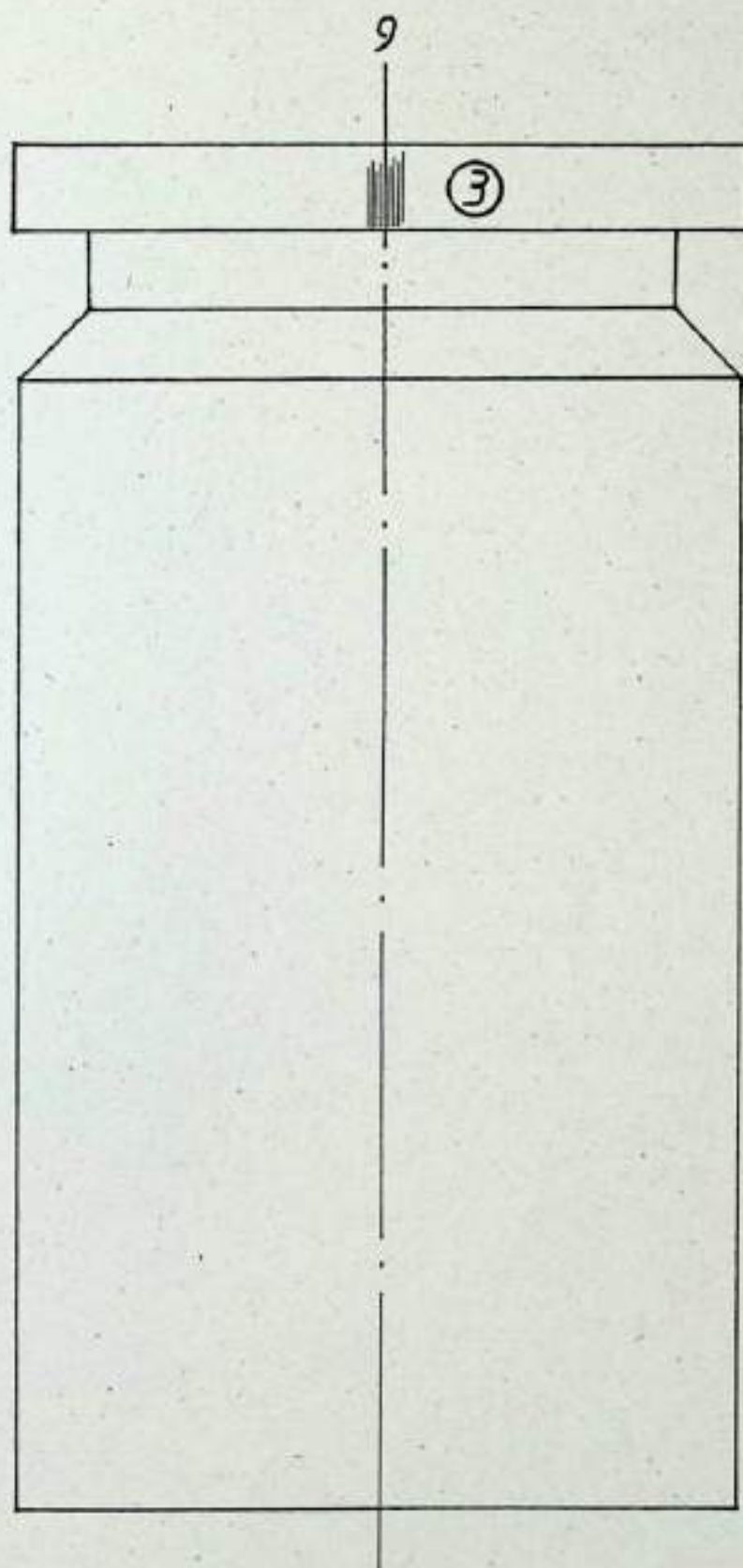
Maßstab: ca. 10:1

Waffe: *SIG Sauer P220*

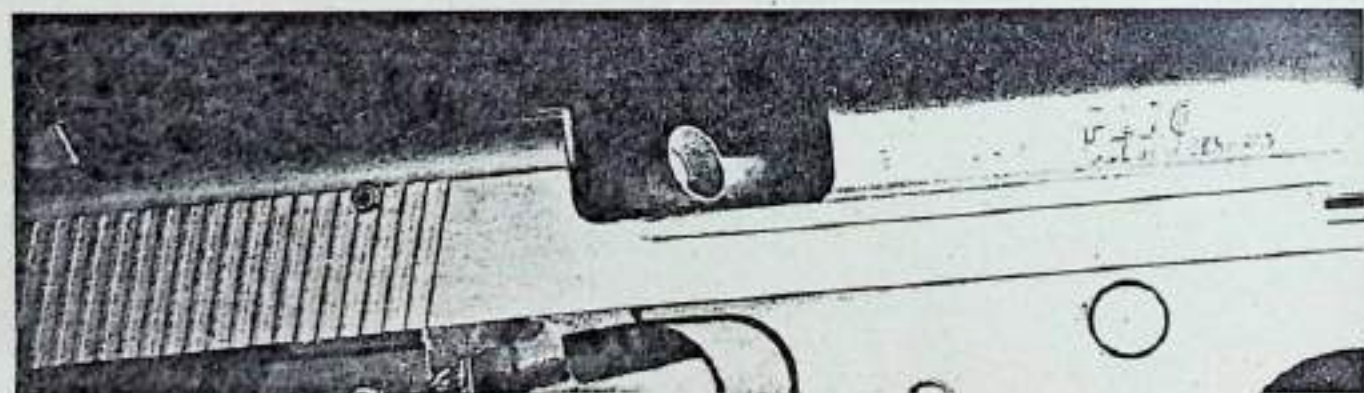
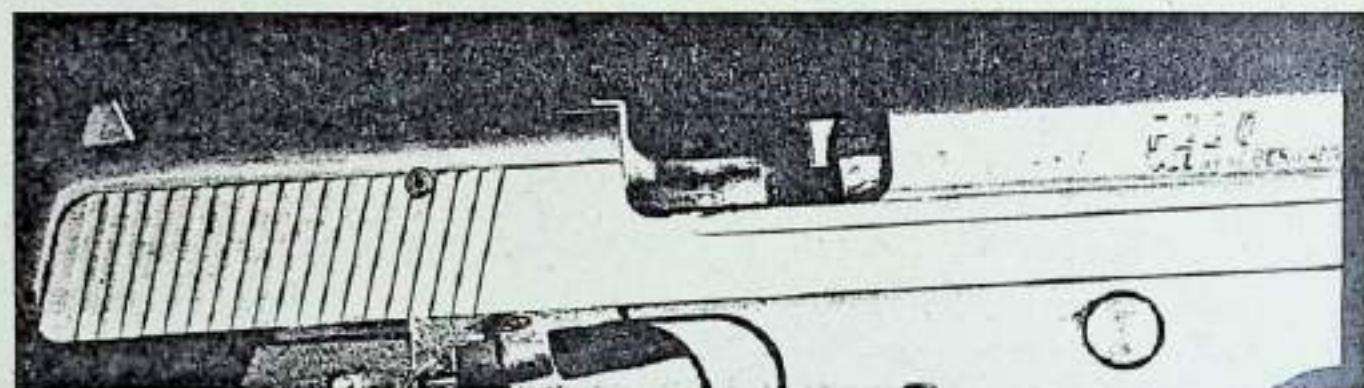
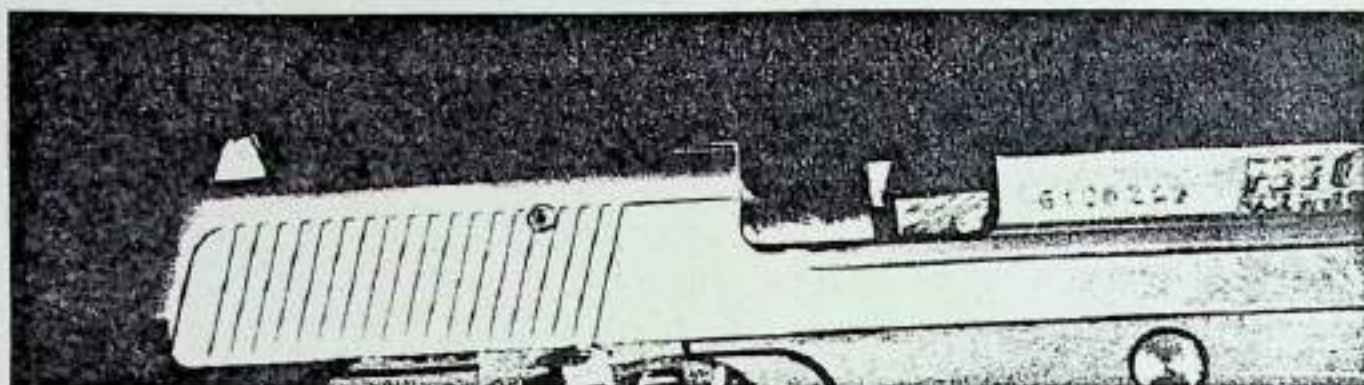
Kaliber: *9mm Para.*

Sgl.Nr.: 1076

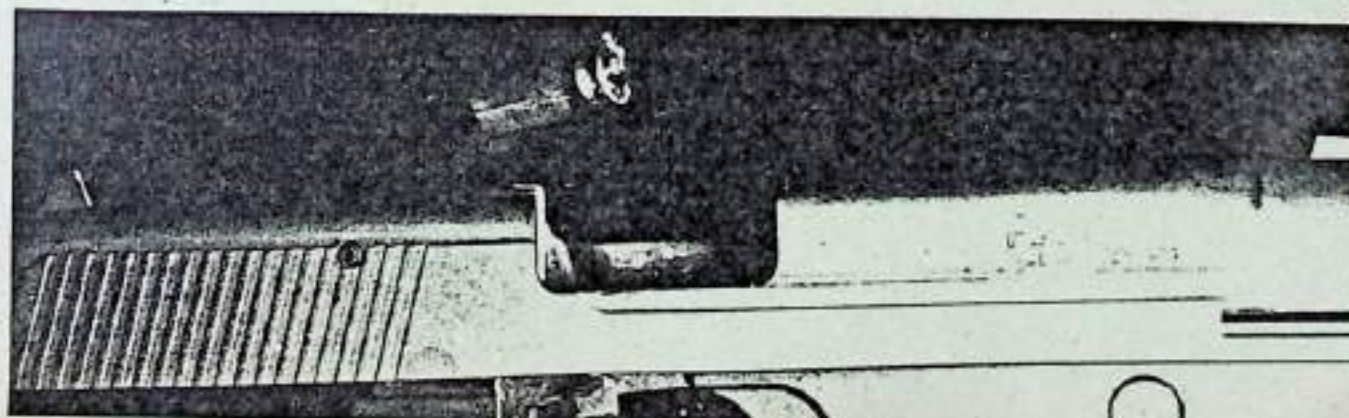
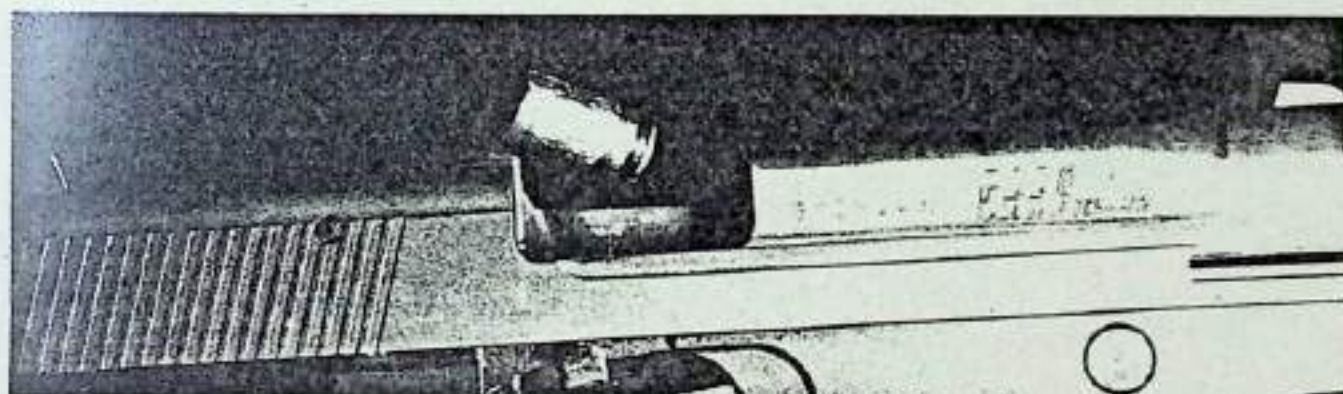
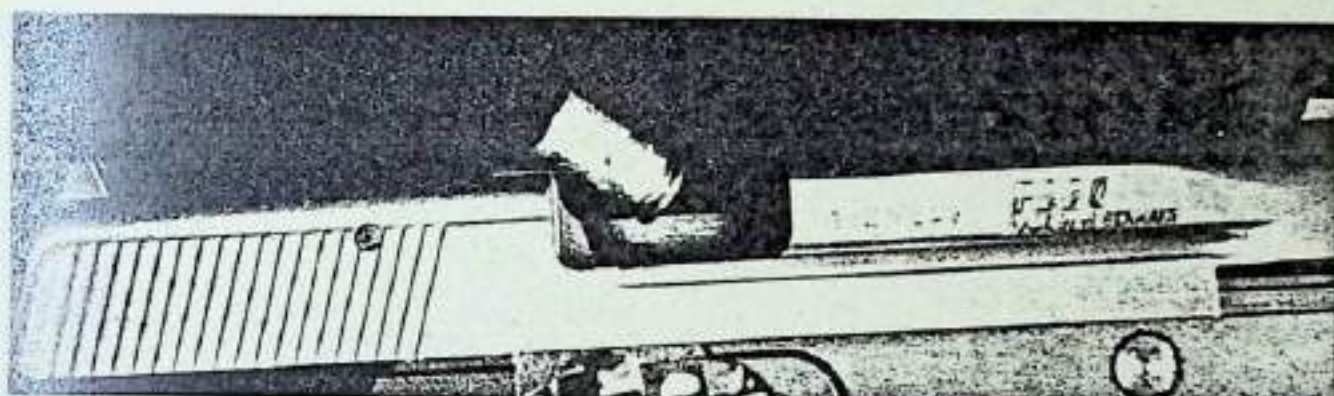
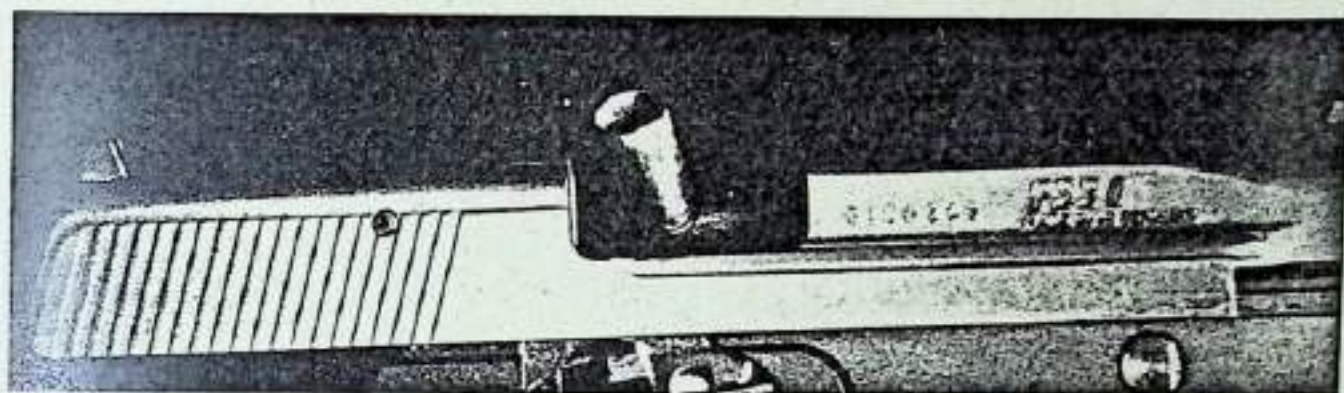
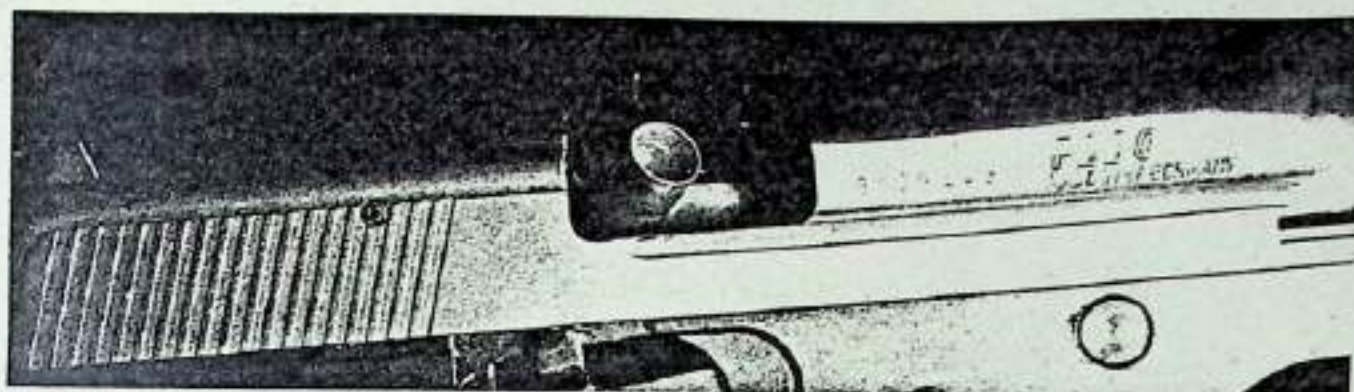
Besondere Spuren: ③

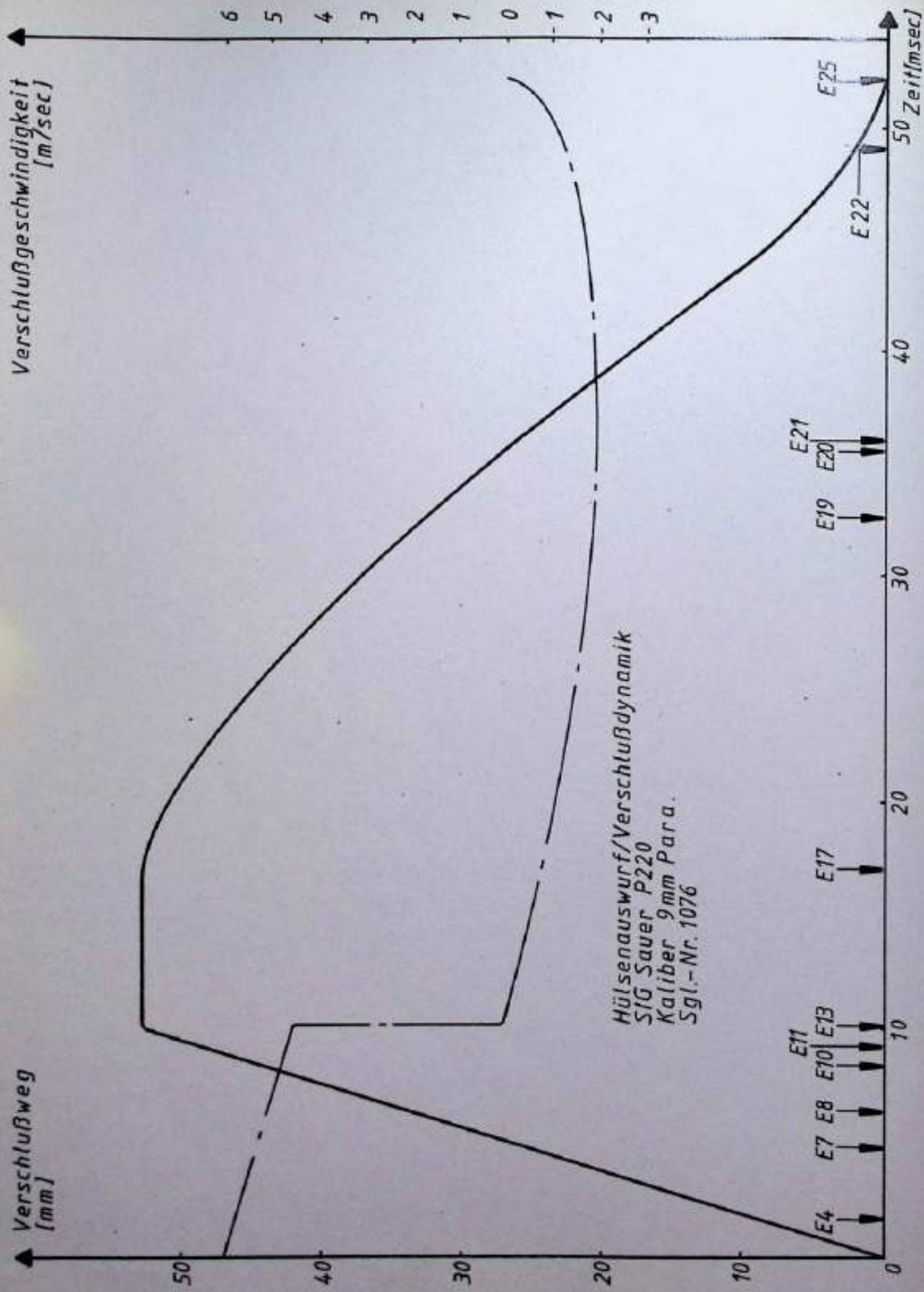


Funkenblitzaufnahmen: Hülsenauswurf SIG Sauer P 220



Funkenblitzaufnahmen: Hülsenauswurf SIG Sauer P 220





SIG Sauer P 225

Spurenbeschreibung:

Der strichförmig erscheinende Auswerfer auf Pos. 7 bzw. 8 und der Auszieher auf Pos. 3 sind deutlich erkennbar. Verschlußstückspuren und Magazinlippenspuren befinden sich hauptsächlich auf dem Hülsenrand. S 12 wurde nicht vorgefunden. Die Bearbeitungsspuren des Stoßbodens kommen auf dem Hülsenboden als senkrecht verlaufende Feilspuren gut zum Abdruck.

Als besondere Spur ist eine Prägespur etwa bei Pos. 2 nahe am Hülsenmund zu bezeichnen, die sich als senkrecht zur Hülsenlängsachse verlaufende Kerbe darstellt. Sie trat bei allen untersuchten Hülsen auf, wobei ihre Lage geringfügig variiert. Die Hülse ist an der betreffenden Stelle deformiert (Spur ①).

In wenigen Fällen findet man etwa bei Pos. 3 auf dem zylindrischen Teil eine schräg zur Hülsenlängsachse verlaufende Schürfspur, die äußerst schwach ausgeprägt ist (Spur ②).

Weiterhin befindet sich bei Pos. 9 an der der Rille zugewandten Kante des Hülsenrandes eine intensive Einprägung, die bei allen untersuchten Hülsen auftrat (Spur ③).

Spurenentstehung:

Nach der Schußabgabe ist zuerst Schmauchaustritt am hinteren Laufende zu beobachten. Nach zunächst gemeinsamer Rücklaufbewegung von Verschluß und Lauf sinkt letzterer nach unten ab und die Waffe entriegelt. Die Hülse verläßt das Patronenlager und nimmt vor dem Auftreffen auf den Auswerfer eine leichte Linksneigung ein. Nach dem Auftreffen auf den Auswerfer vollführt sie eine Aufstehbewegung nach rechts oben mit geneigter Hülsenlängsachse und schlägt mit dem zylindrischen Teil nahe am Hülsenmund am Verschlußkopf kräftig an (Bild 6). Es handelt sich hierbei um die senkrecht verlaufende Kante im Auswurfbereich des Verschlußstücks rechts neben dem Stoßboden. Hierbei entsteht die Prägespur ①, deren Form durch den Entstehungsprozeß verständlich ist.

Bei der Aufstehbewegung der Hülse besteht die Möglichkeit, daß sie mit dem zylindrischen Teil über die Oberkante des im Auswurfbereich befindlichen Verschlußausschnitts schürft (Bild 3) und hierbei die besondere Spur ② erzeugt wird. An entsprechender Stelle findet man Messingabrieb.

Die Bewegung der Hülse während des Auswurfprozesses ist weitgehend reproduzierbar.

Die besondere Spur ③ wird am Verschlußkopf erzeugt. Ihr Entstehungsprozeß konnte jedoch fotografisch nicht beobachtet werden.

Bei dem Spurenerzeuger handelt es sich um eine Kante neben der für den Auswerfer vorgesehenen Aussparung des Stoßbodens unterhalb einer kleinen Ausfräsung. Hier findet man erheblichen Messingabrieb, der schon mit bloßem Auge erkennbar ist. Es wird angenommen, daß die Spur kurz nach dem Auftreffen der Hülse auf den Auswerfer und beginnender Schrägstellung erzeugt wird, wenn der Hülsenrand mit der spurenerzeugenden Kante links neben dem Stoßboden in Berührung kommt.

Der Patronenzuführungsprozeß erfolgt ohne erwähnenswerte Besonderheiten.

Spurenauswertung:

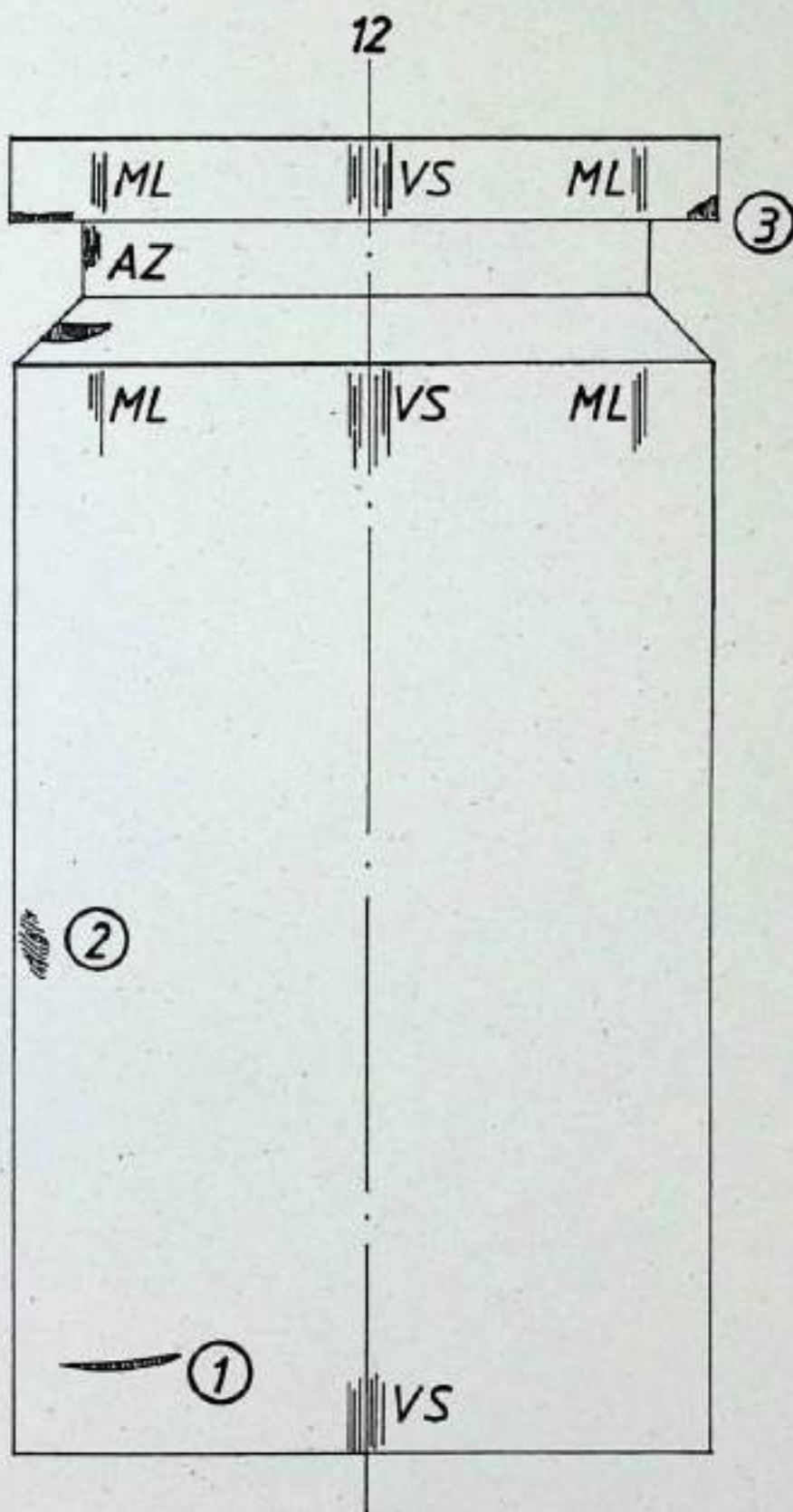
Maßstab: ca. 10:1

Waffe: *SIG Sauer P225*

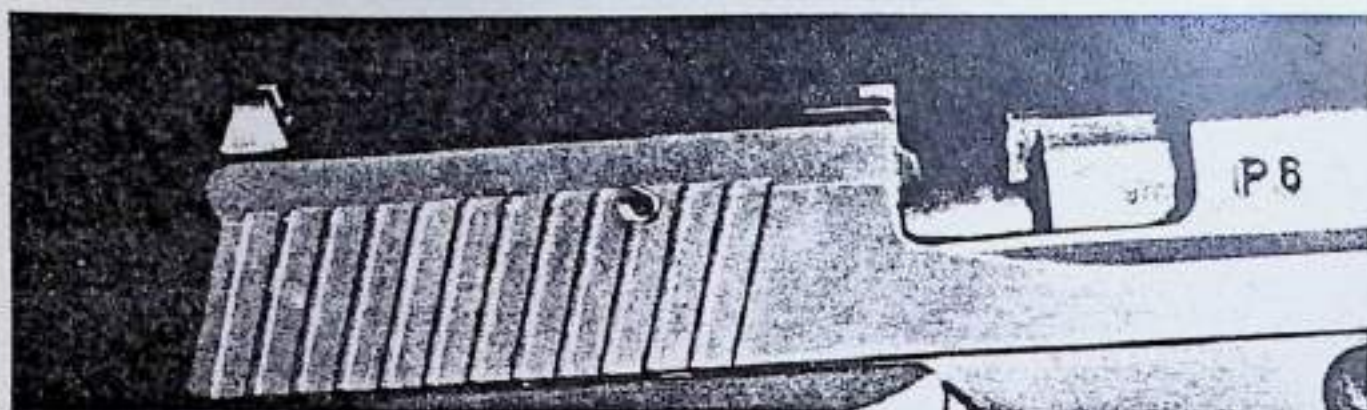
Kaliber: *9 mm Parabellum*

Sgl.Nr.: *425945*

Besondere Spuren: ① ② ③



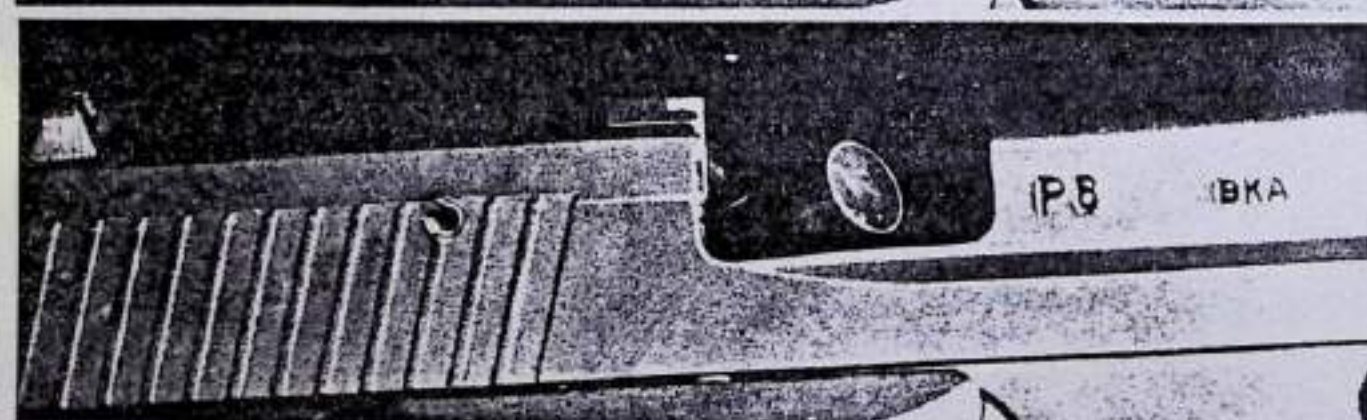
Funkenblitzaufnahmen : Hülsenauswurf SIG Sauer P 225



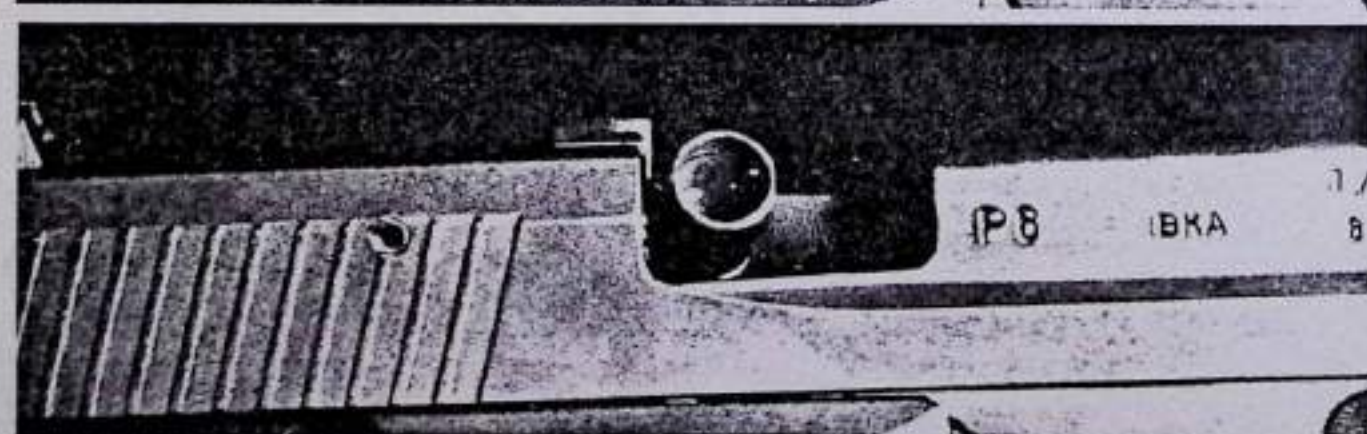
1



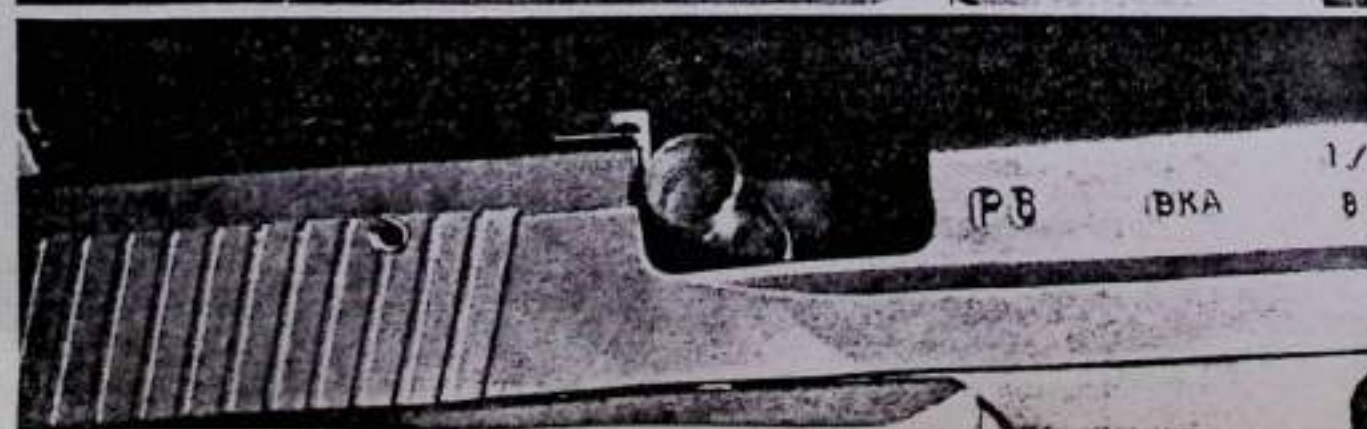
2



3

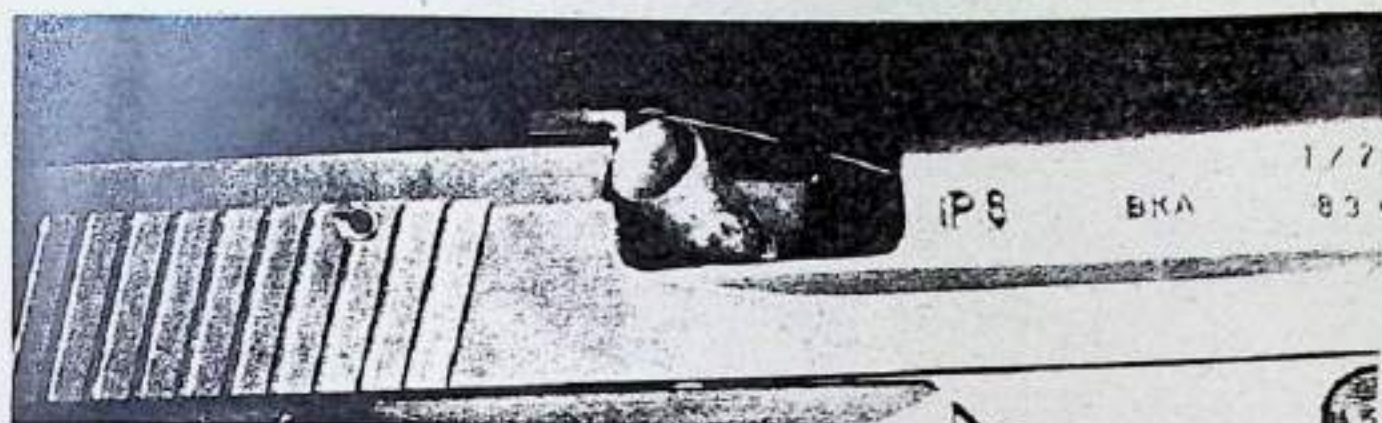


4

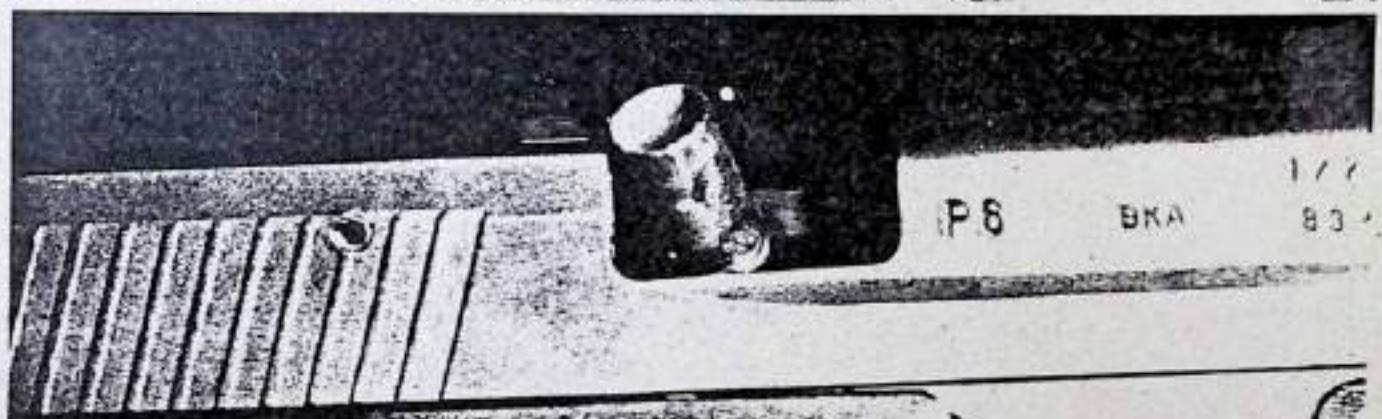


5

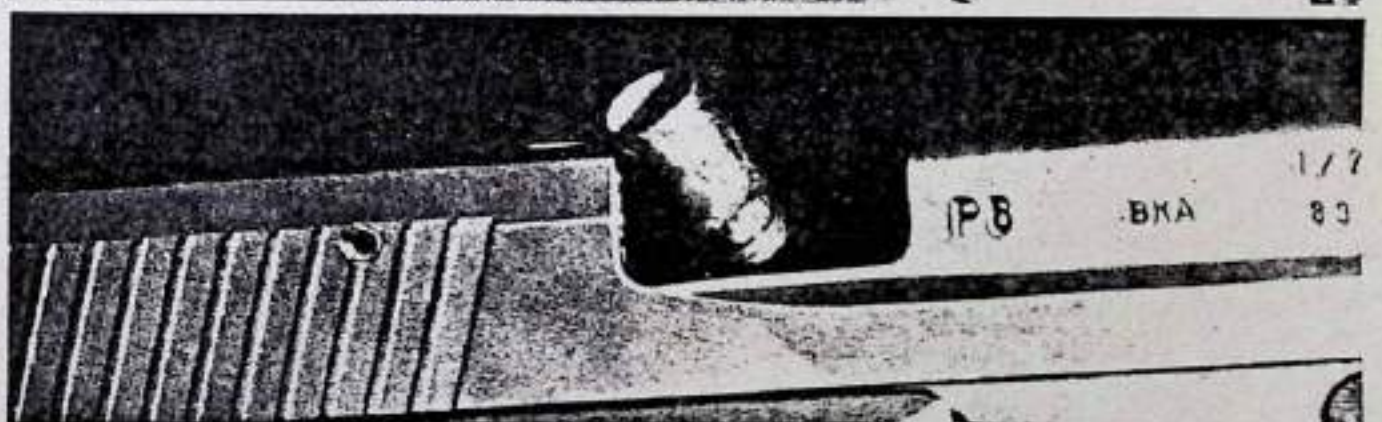
Funkenblitzaufnahmen : Hülsenauswurf SIG Sauer P 225



6



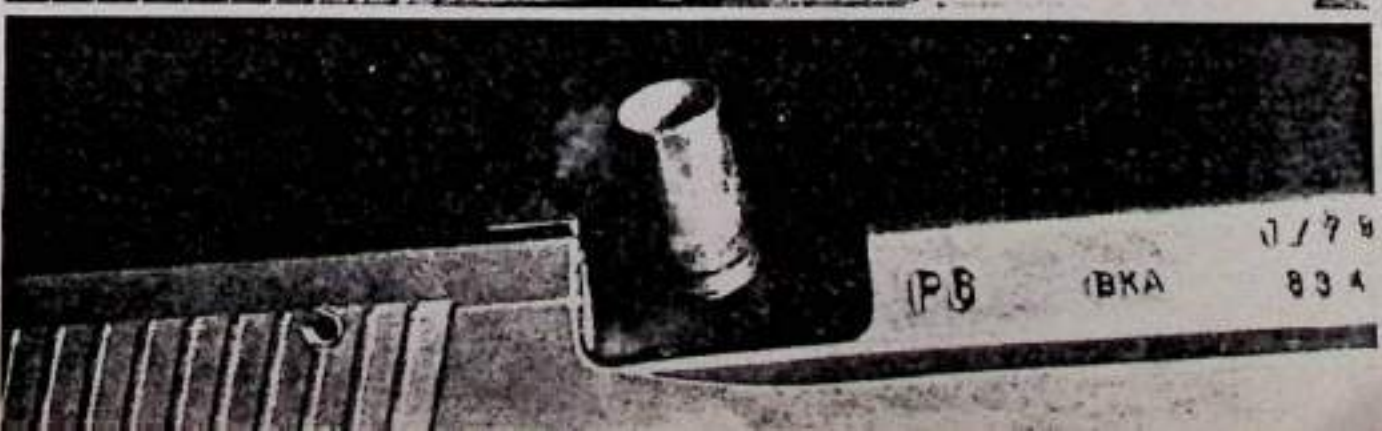
7



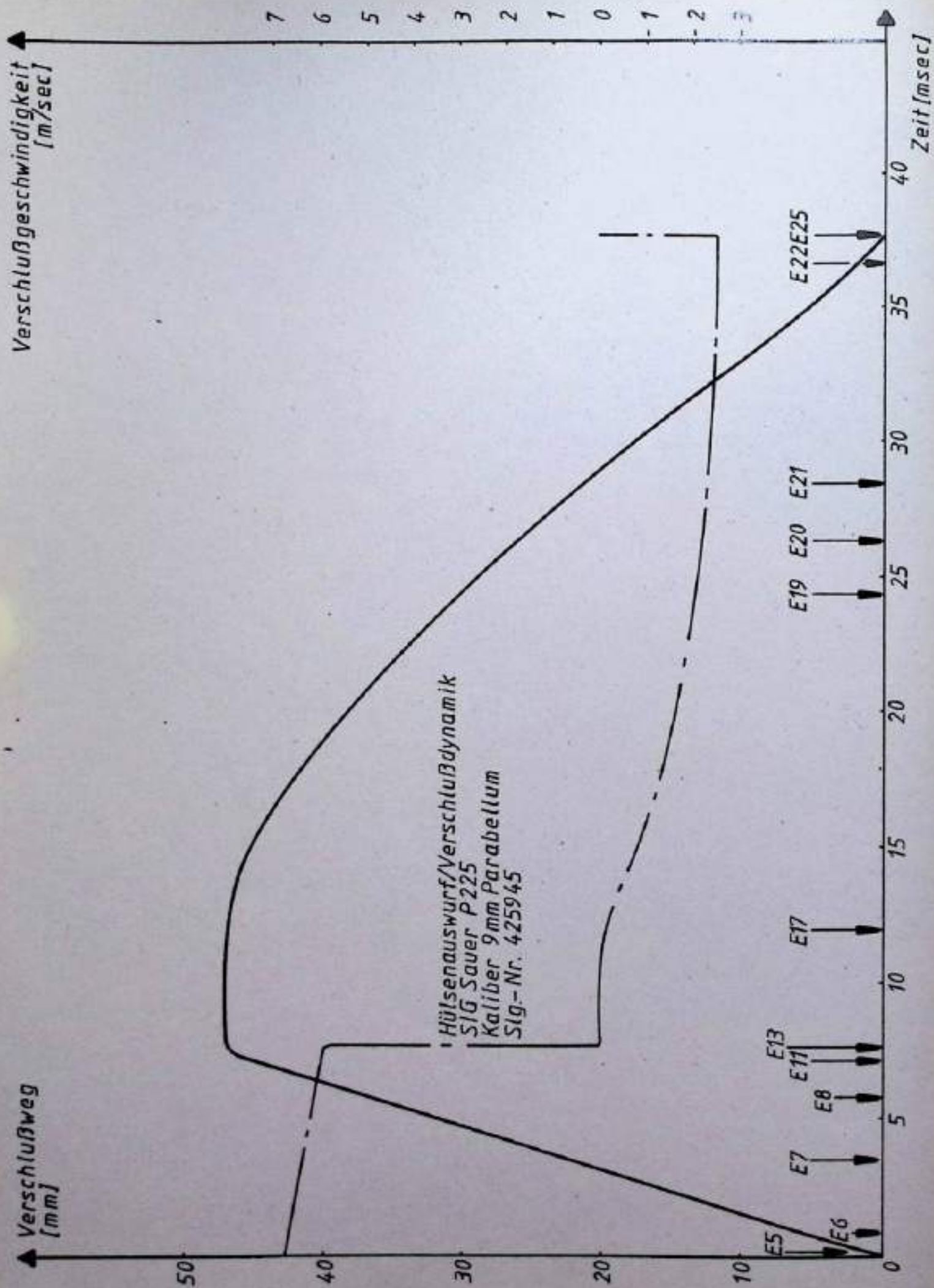
8



9



10



Walther P5

Spurenbeschreibung:

Der Auszieher auf Pos. 11 und der dreieckförmig erscheinende Auswerfer auf Pos. 4 sind in der Regel deutlich erkennbar. Die Verschlußstückspuren auf dem zylindrischen Teil und dem Hülsenrand erscheinen als zwei zueinander parallel verlaufende Schürfspurenkomplexe, die symmetrisch zur Pos. 12 liegen. Dies erklärt sich durch die Form des Verschlußstückbodens, welcher in der Mitte eine Ausfräsung besitzt, so daß die Kanten an den Seiten dieser Ausfräsung die obengenannten Spuren hinterlassen.

Die Schürfspur S 12 kann sehr stark ausgeprägt erscheinen, manchmal jedoch ist sie nicht vorzufinden. Oft sind auf dem Hülsenboden bei Pos. 11 und Pos. 1 zwei tiefe Prägespuren erkennbar. Dies erklärt sich durch die Formgebung des Verschlußkopfes, der einen eingelassenen Stoßboden besitzt. Der darunter befindliche erhabene Teil des Verschlußkopfes erfaßt beim Vorwärtsgleiten die im Magazin befindliche Patrone und verursacht hierbei die oben bezeichneten Spuren.

Als "besondere Spur" ist eine auf dem zylindrischen Teil bei Pos. 11 (Spur ①) von der Auszieherspura in axialer Richtung zum Hülsenmund gelegene Prägespur zu bezeichnen, die nur in Einzelfällen nicht erscheint.

Am Hülsenmund findet man bei Pos. 6 eine Schürfspur (Spur ②), die jedoch nicht immer vorhanden ist.

Spurenentstehung:

Nach der Schußabgabe ist zunächst Schmauchaustritt am hinteren Laufende zu beobachten. Wenn die Hülse auf den Auswerfer trifft (Bild 4) und damit ihre Drehbewegung nach links eingeleitet wird, bewegt sich der Hülsenmund nur knapp über die untere linke Begrenzungskante des Auswurfffensters hinweg und trifft bei der weiteren Drehung mit dem zylindrischen Teil auf die in das Auswurffenster hineinragende Auszieherkralle (Bild 6). Hierbei entsteht die mit ① gekennzeichnete Prägespur. Das Anschlagen der Hülse ist bei laufendem Film durch plötzliche Änderung der Umdrehungsgeschwindigkeit gut zu verfolgen, manchmal ist die Reflexion aber auch nicht deutlich zu beobachten.

Die besondere Spur ② am Hülsenmund bei Pos. 2 entsteht beim Zuführen einer neuen Patrone ins Patronenlager, wenn der Hülsenmund über eine Kante der Auflauframpe schürft.

Spurenauswertung:

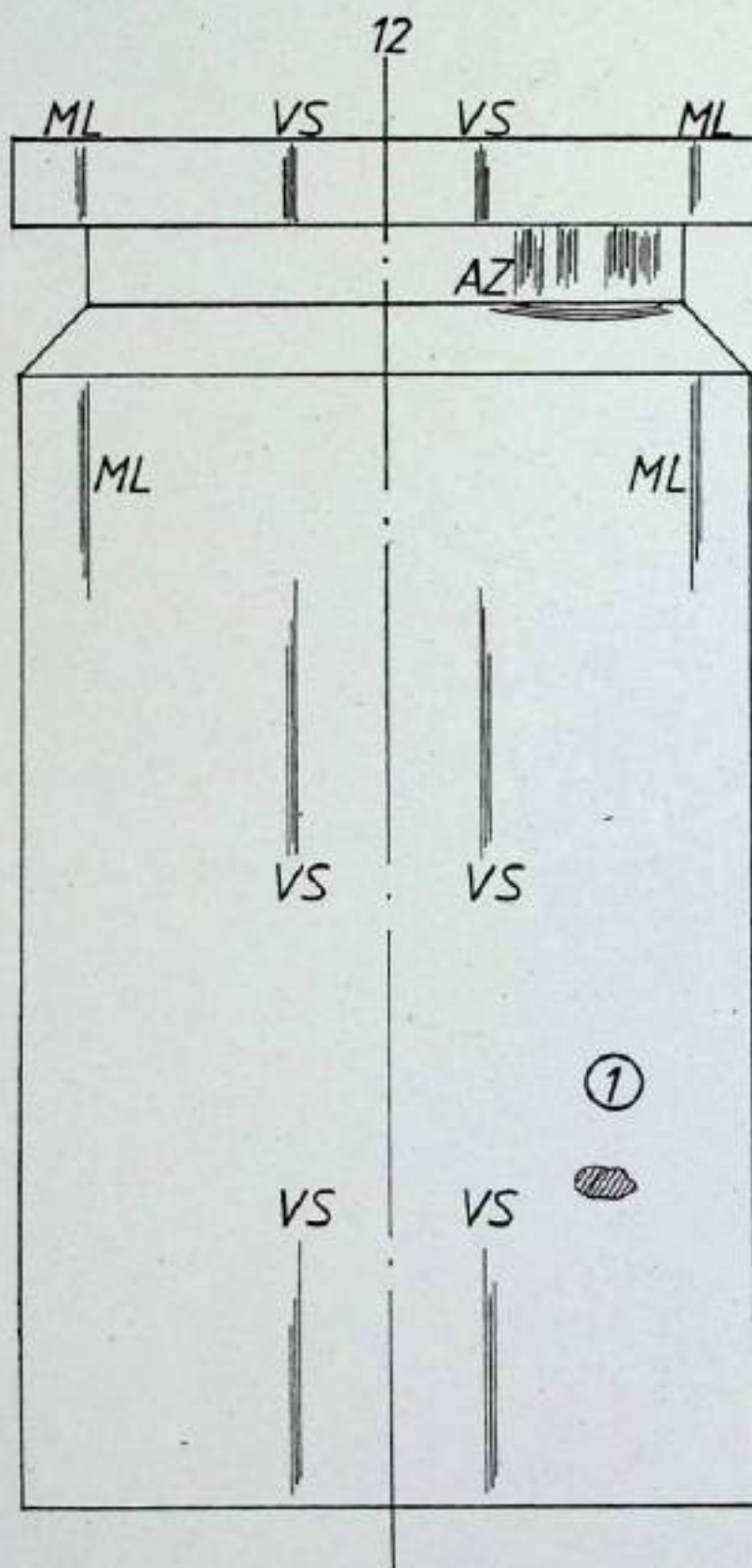
Maßstab: ca. 10:1

Waffe: *Walther „P5“*

Kaliber: *9mm Para.*

Sgl.Nr.: *1059*

Besondere Spuren: ①



Spurenauswertung:

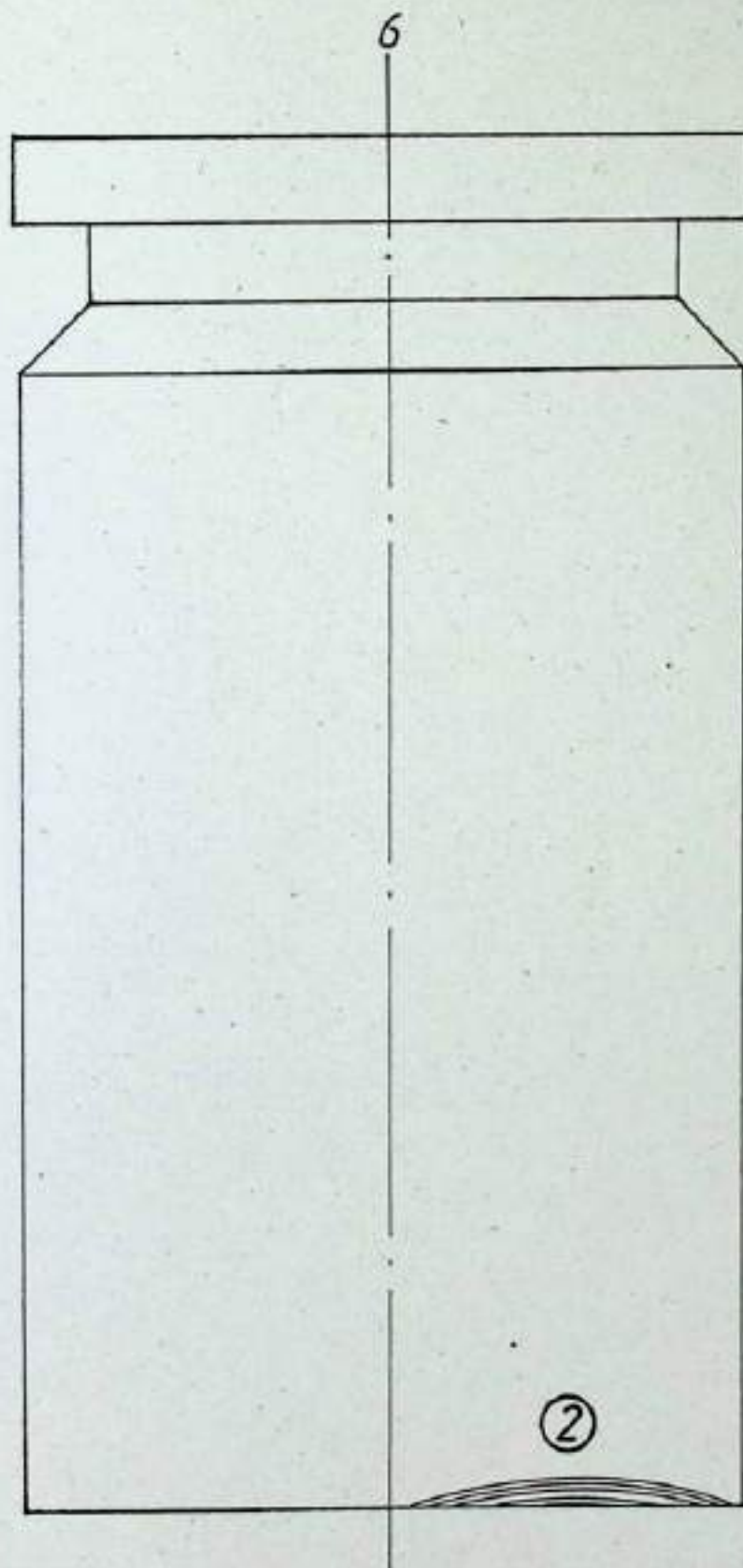
Maßstab: ca. 10:1

Waffe: *Walther „P5“*

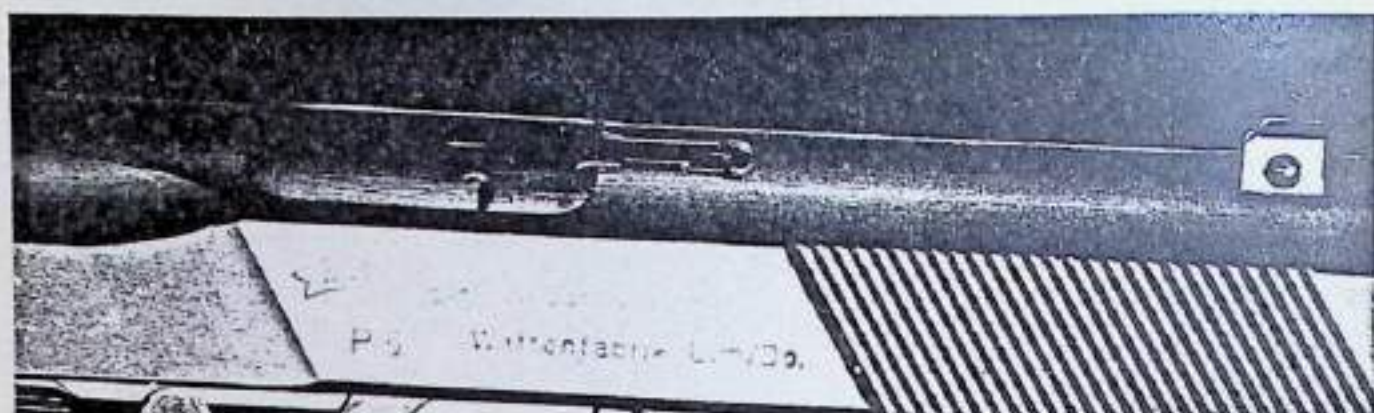
Kaliber: *9mm Para.*

Sgl.Nr.: *1059*

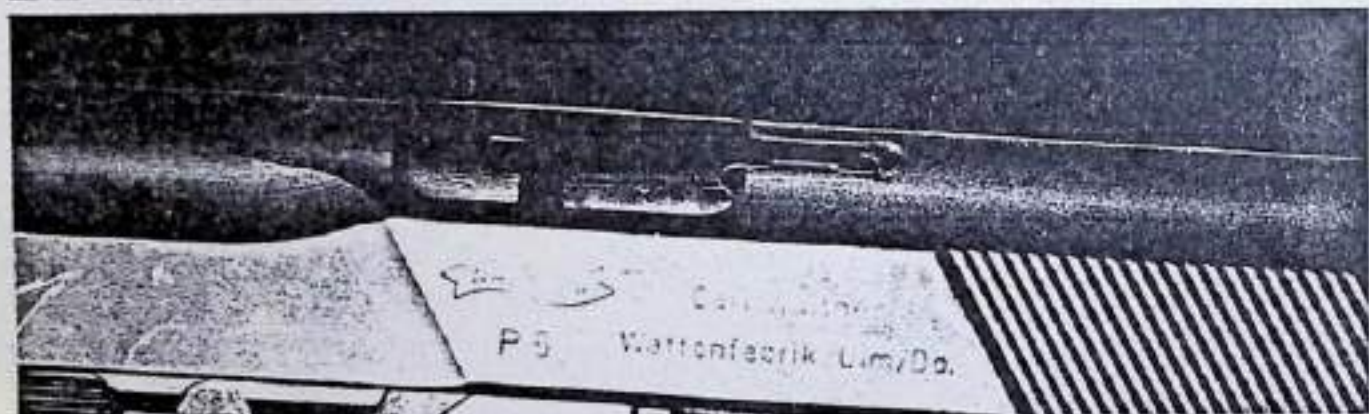
Besondere Spuren: ②



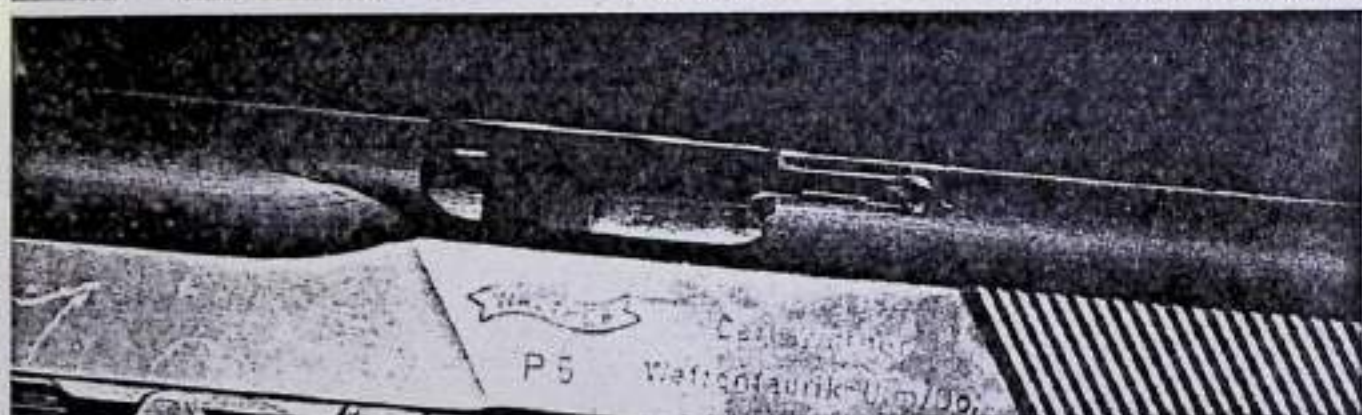
Funkenblitzaufnahmen: Walther P 5



1



2



3



4

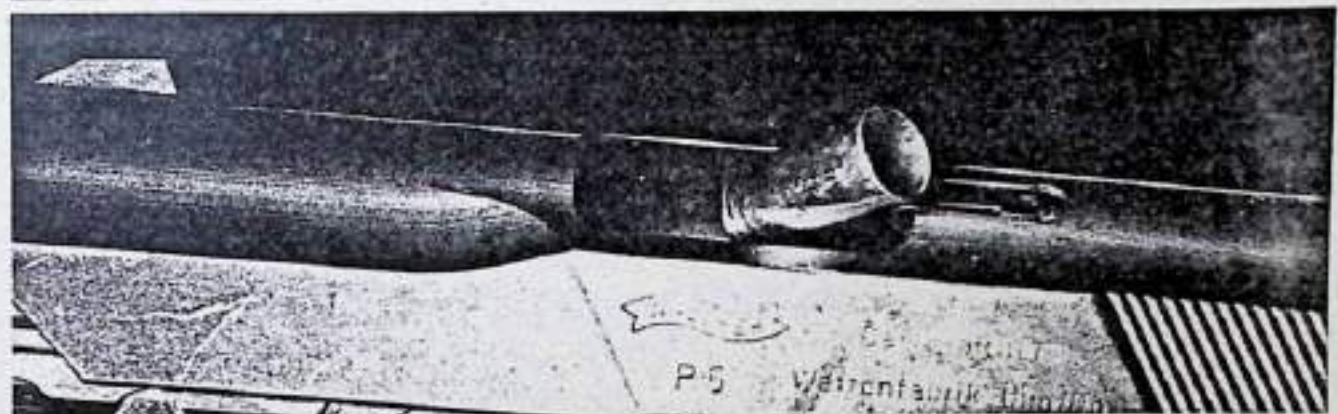


5

Funkenblitzaufnahmen: Walther P 5



6



7



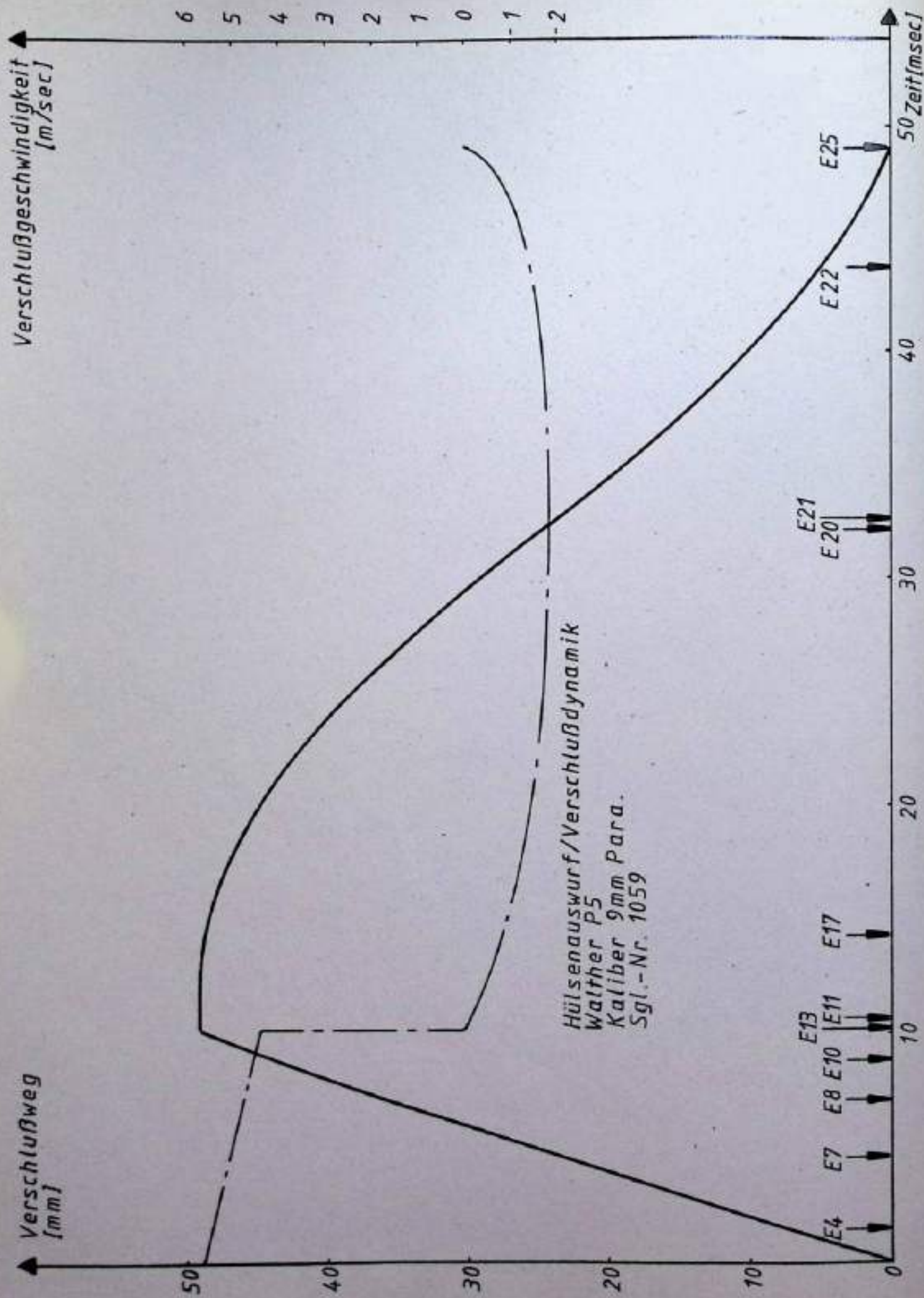
8



9



10



Walther "P 38"

Spurenbeschreibung:

Der Auszieher erscheint auf Pos. 10, der Auswerfer auf Pos. 4 oder Pos. 5. Die Schürfspur S 12 ist oft stark ausgeprägt. Bedingt durch den Ladeanzeiger findet sich auf dem Hülsenboden bei Pos. 12 meist ein deutlicher Abdruck der entsprechenden Stoßbodenaussparung. Ebenso rühren zwei zu Pos. 12 symmetrisch liegende Begrenzungslinien am Hülsenrand von dieser Ausfräsung her.

Auf dem Hülsenboden bei Pos. 12 sind oft auch Spuren vom Verschlußkopf zu erkennen, die entstehen, wenn dieser die Patrone aus dem Magazin erfaßt, um sie ins Patronenlager einzuführen.

Eine besondere Spur befindet sich auf dem zylindrischen Teil bei Pos. 9 nahe am Hülsenmund. Es handelt sich um eine Schürspur (Spur ①), die jedoch nicht regelmäßig vorzufinden ist.

Bei Pos. 10 findet man eine schwach ausgeprägte Schürfspur (Spur ②), die sich in etwas größerer Entfernung vom Hülsenmund befindet. Auch diese Spur kann völlig fehlen, es kann sich aber auch um eine Prägespur handeln.

Spurenentstehung:

Nachdem die Hülse das Patronenlager verlassen hat (Bild 1), kann man in der Mehrzahl der Fälle ein Absinken des Hülsenmundes bemerken. Die Linksdrehung der Hülse beginnt nach dem Auftreffen auf den Auswerfer (Bild 3). Anhand von "Stereoaufnahmen" kann beobachtet werden, daß die Aufstehbewegung des Hülsenmundes weniger schnell fortschreitet als die Drehbewegung. Dies führt dazu, daß die Hülse im Innern des Verschlußstücks im Bereich einer dort befindlichen rechteckigen Ausfräsung anschlagen kann, während sich der Hülsenmund hebt (etwa bei Bild 4). Somit erklärt sich die Entstehung der Spur ①.

Die weitere Drehbewegung führt nun dazu, daß die Hülse im Bereich der Auszieherkralle anschlägt (Bild 9). Teilweise ist ein festes Anschlagen zu beobachten, teilweise schürft die Hülse aber auch nur über die Auszieherkralle hinweg. Hierdurch erklärt sich die Entstehung der Spur ②.

Der Hülsenauswurf ist sehr variantenreich. So kann beispielsweise beobachtet werden, daß die Hülse nach Verlassen des Patronenlagers entweder ihre zur Laufseelenachse parallele Lage beibehält oder sogar leicht mit dem Hülsenmund nach oben geneigt ist. Sie entkoppelt schon früh mit der Auszieherkralle und dreht entweder waagerecht, wonach sie mit dem Hülsenmund auf die Auszieherkralle aufschlägt, oder sie dreht mit erheblicher Schräglage der Hülsenlängsachse, wonach sie am Verschlusßkopf oberhalb der Auszieherkralle anstößt. Abhängig vom Anschlagpunkt ergeben sich unterschiedliche Reflexionen und Flugrichtungen der Hülse.

Spurenauswertung:

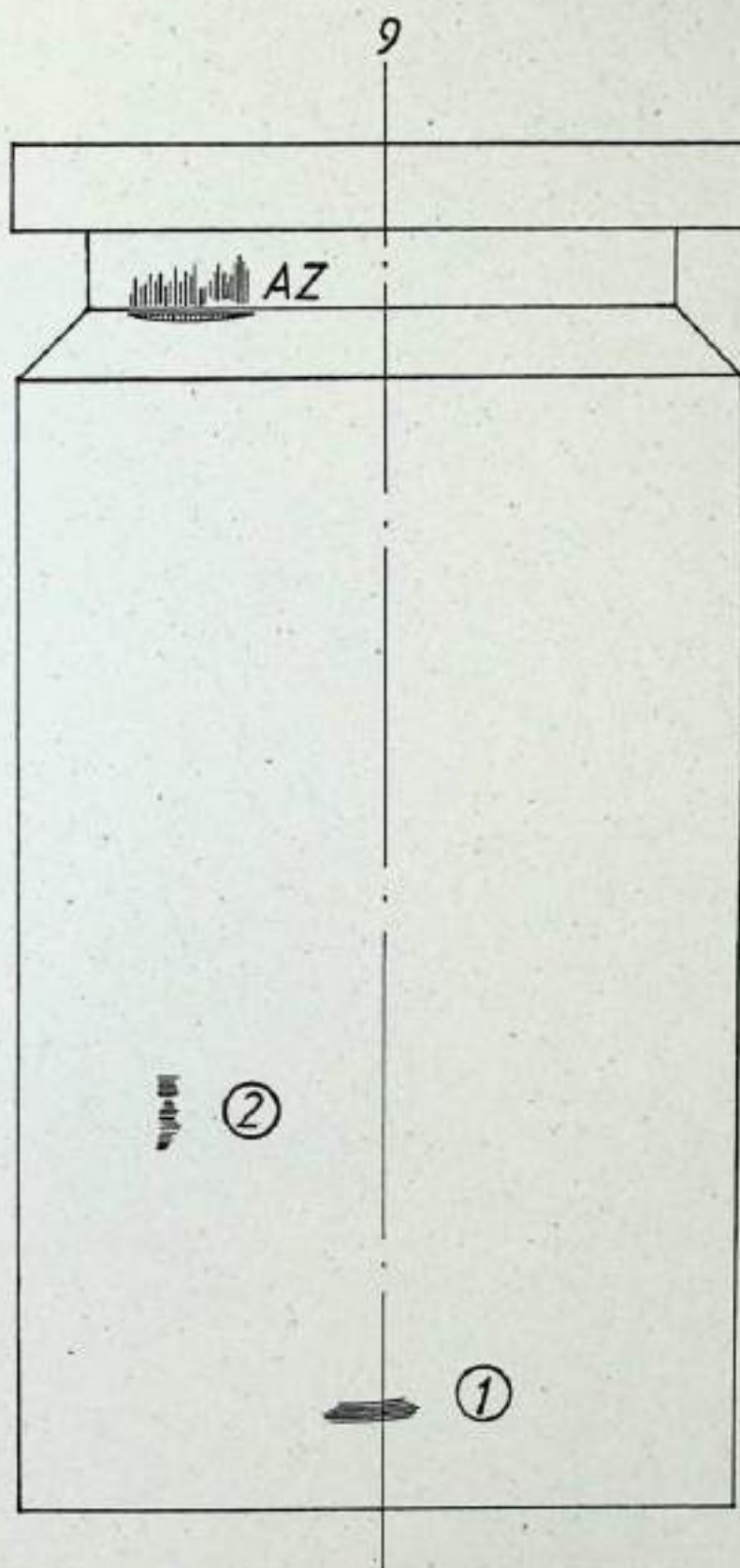
Maßstab: ca. 10:1

Waffe: *Walther „P38“*

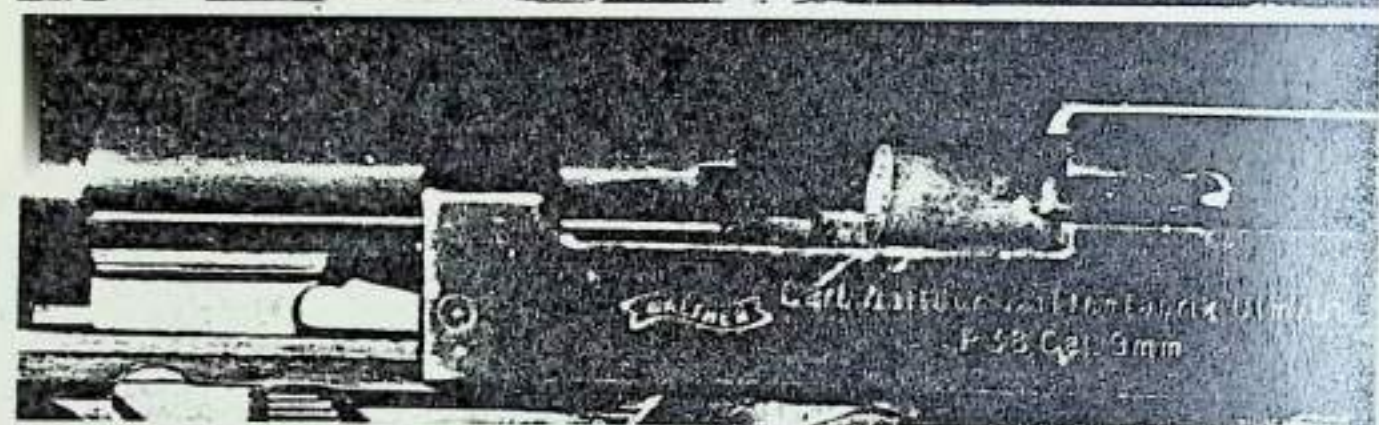
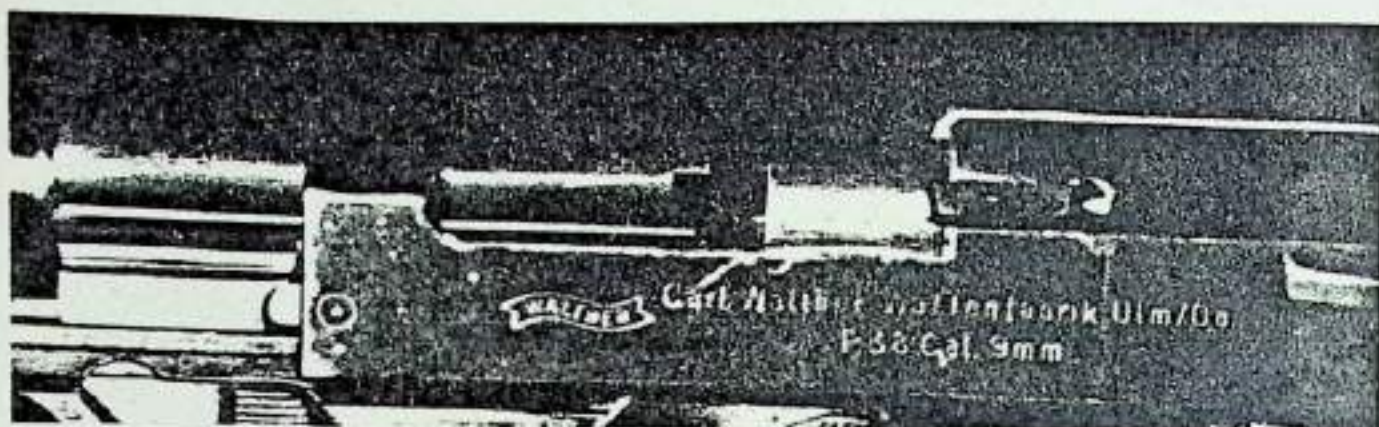
Kaliber: *9mm Para.*

Sgl.Nr.: 1056

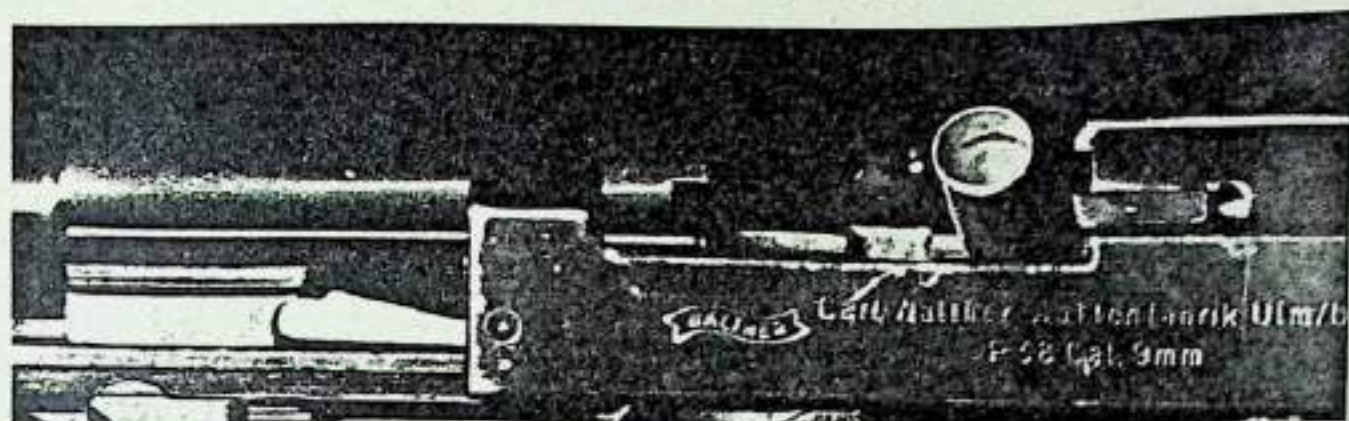
Besondere Spuren: ① ②



Funkenblitzaufnahmen : Hülsenauswurf Walther "P38"



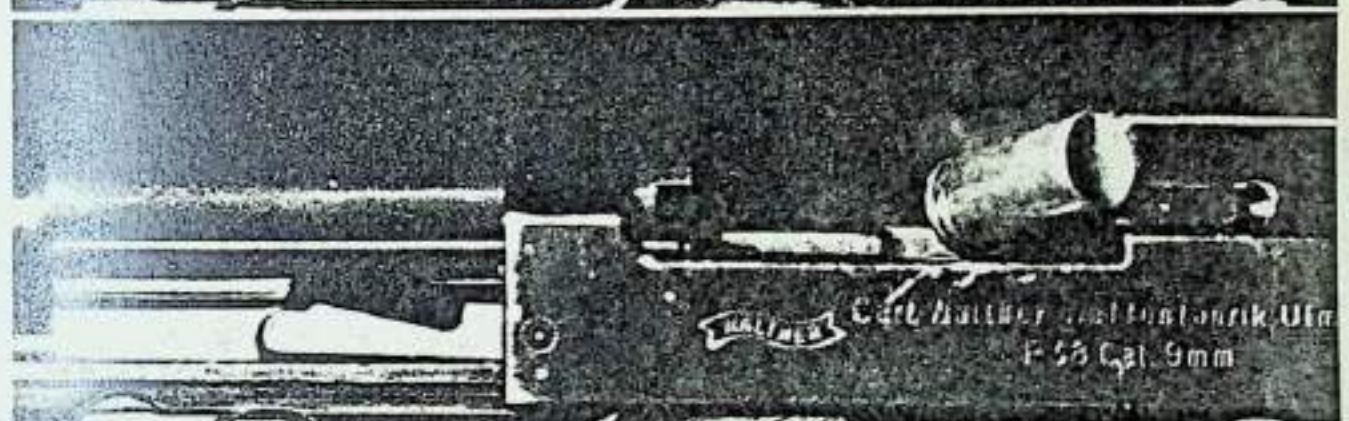
Funkenblitzaufnahmen : Hülsenauswurf Walther "P38"



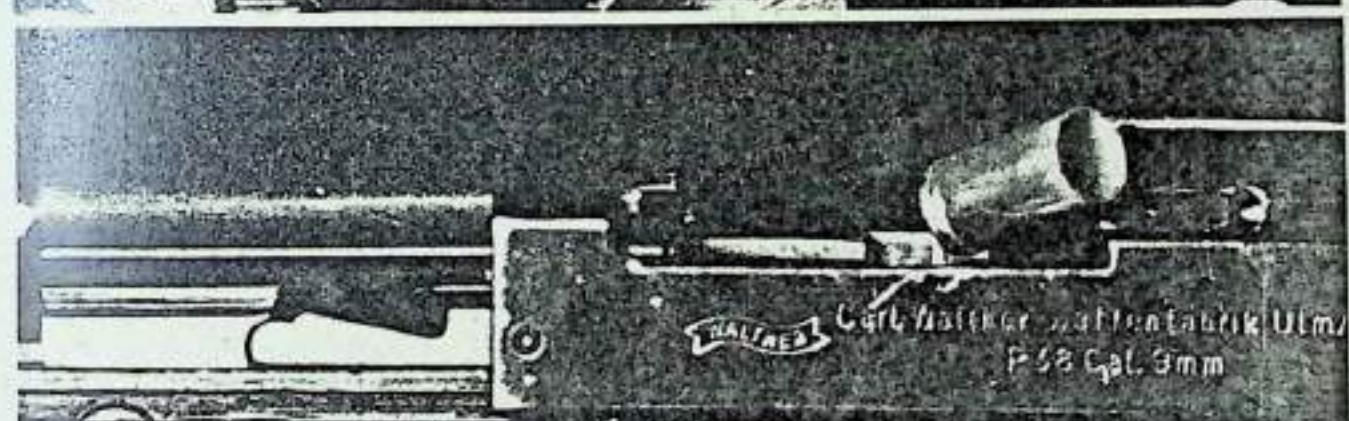
6



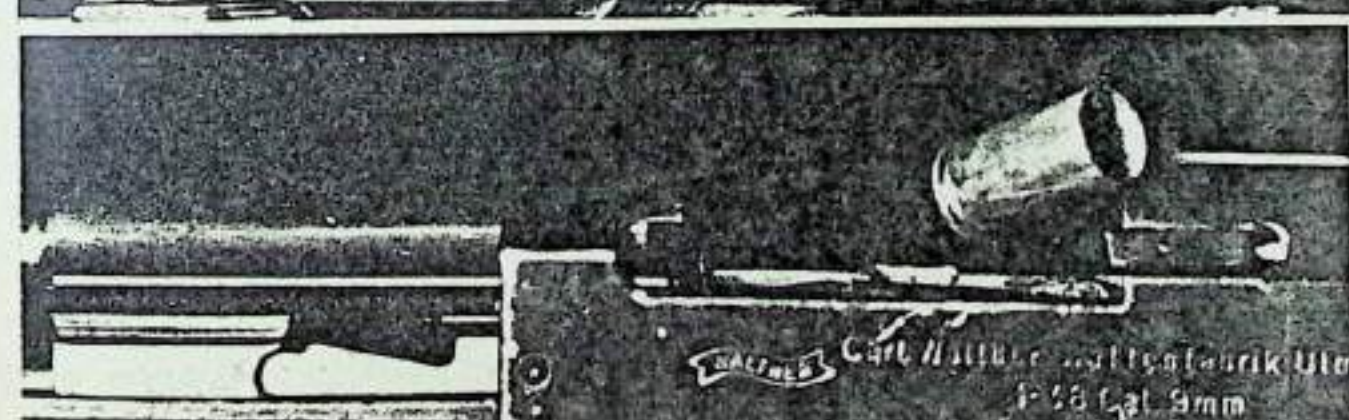
7



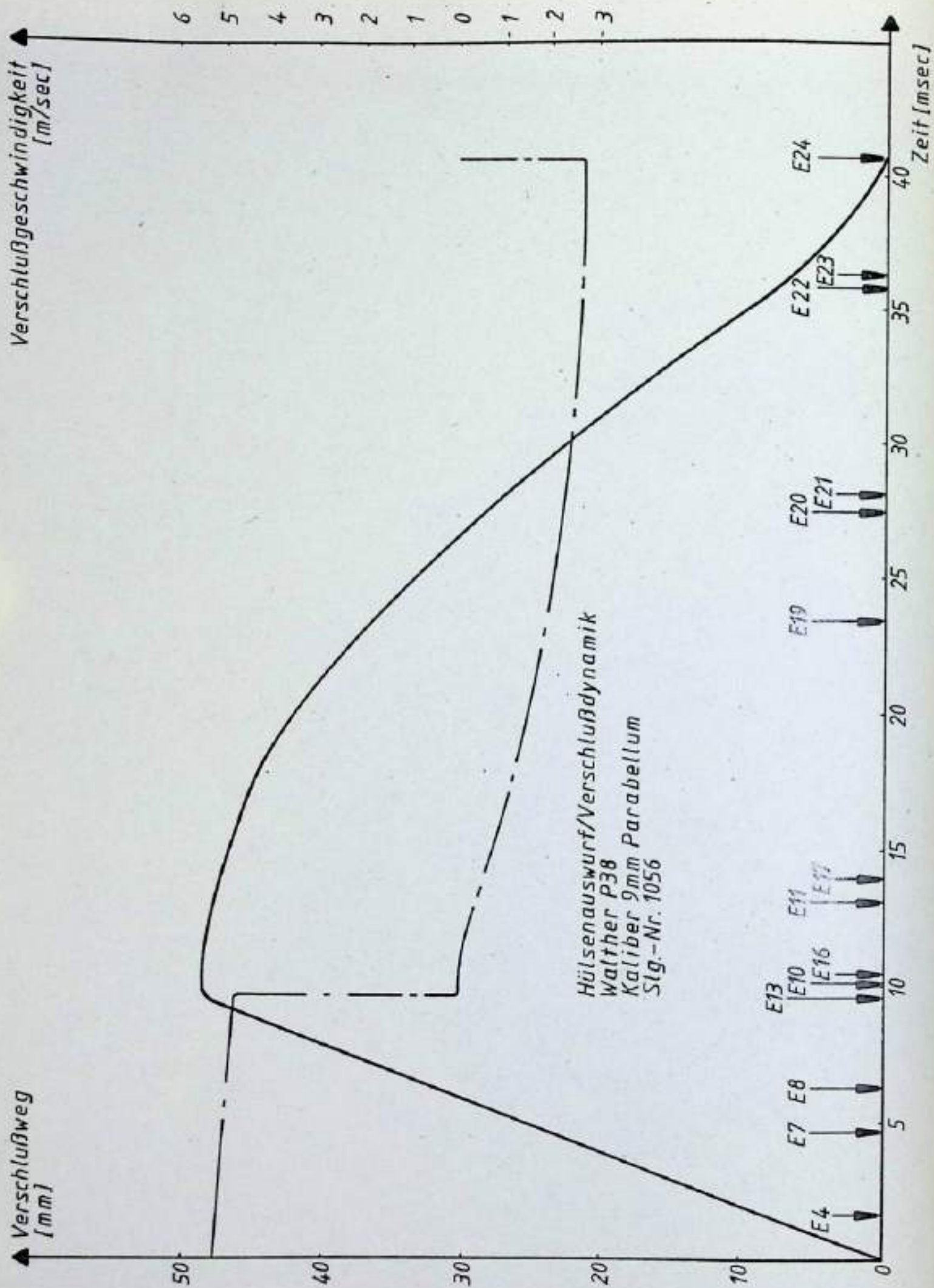
8



9



10



- 153 -

Kal. .45 ACP

Colt Mod. 1911 A 1

Spurenbeschreibung:

Der Auszieher erscheint auf Pos. 3, der Auswerfer auf Pos. 8. Die Schürfspur S 12 tritt meist gut ausgeprägt in Erscheinung. Die Stoßbodenbearbeitungsspuren sind auf dem Hülsenboden, insbesondere auf dem Zündhütchen, als senkrecht verlaufende Feilspuren zu erkennen. Die Verschlußstückspuren auf Pos. 12 am Hülsenrand sind nicht stark ausgeprägt.

Eine besondere Spur (Spur ①) befindet sich am Hülsenmund bei Pos. 3. Es handelt sich um eine Deformierung der Hülse (Hülsenmund seitlich eingedrückt) gelegentlich in Form eines Dreiecks. Innerhalb der Deformation sind feine Schürfspuren zu erkennen, die schräg zur Hülsenlängsachse verlaufen. Manchmal fehlt die Deformation und es sind nur Schürfspuren vorhanden, die auch etwas mehr in Richtung zum Hülsenboden liegen können. Die Spur ① kann jedoch auch völlig fehlen.

Eine reproduzierbar auftretende Prägespur befindet sich bei Pos. 2 auf dem zylindrischen Teil. Sie kann in Form und Lage variieren (Spur ②).

Spurenentstehung:

Nach der Schußauslösung tritt am hinteren Laufende Schmauch in Form eines feinen Gasstrahls nach oben aus (Bild 1). Beim Rücklauf entriegeln Verschuß und Lauf, wobei letzterer nach unten absinkt. Nach dem Verlassen des Patronenlagers nimmt die Hülse eine geringfügige Schräglage ein, wobei der Hülsenmund nach oben zeigt. Nach dem Auftreffen auf den Auswerfer wird eine Rechtsdrehung der Hülse und eine Aufwärtsbewegung des Hülsenmundes eingeleitet. Bei der Drehung kann die Hülse im Innern des Verschlußstücks unterhalb der Unterkante des Auswurfffensters anschlagen (Bild 2), wobei Spur ① erzeugt wird. Sie ist auf den Bildern 5, 6, 7, 10 gut zu erkennen. Oftmals schürft die Hülse aber auch nur leicht über die Unterkante des Auswurfffensters hinweg, so daß nur eine Schürfspur entsteht. Bei der weiteren Drehung schlägt die Hülse schließlich an der hinteren Begrenzung des Auswurfffensters an (Bild 6). Hierbei entsteht Spur ②. Nach der dort erfolgten Reflexion verläßt die Hülse den Auswurfbereich. Nach dem Anschlagen kann beobachtet werden, wie die Hülse sowohl unverbrannte Pulverteilchen als auch Schmauch entleert (Bilder 7 - 10).

Spurenauswertung:

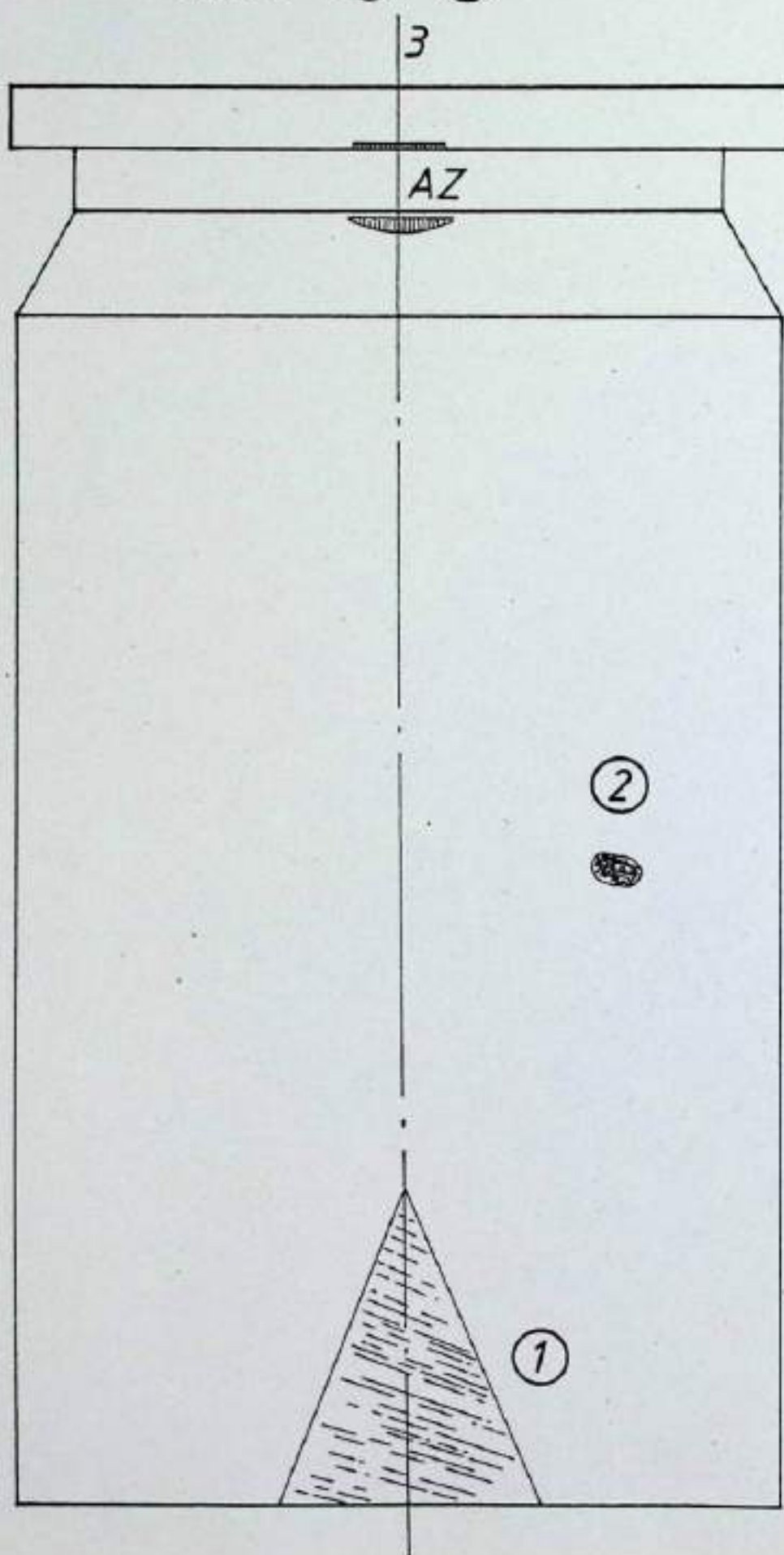
Maßstab: ca. 10:1

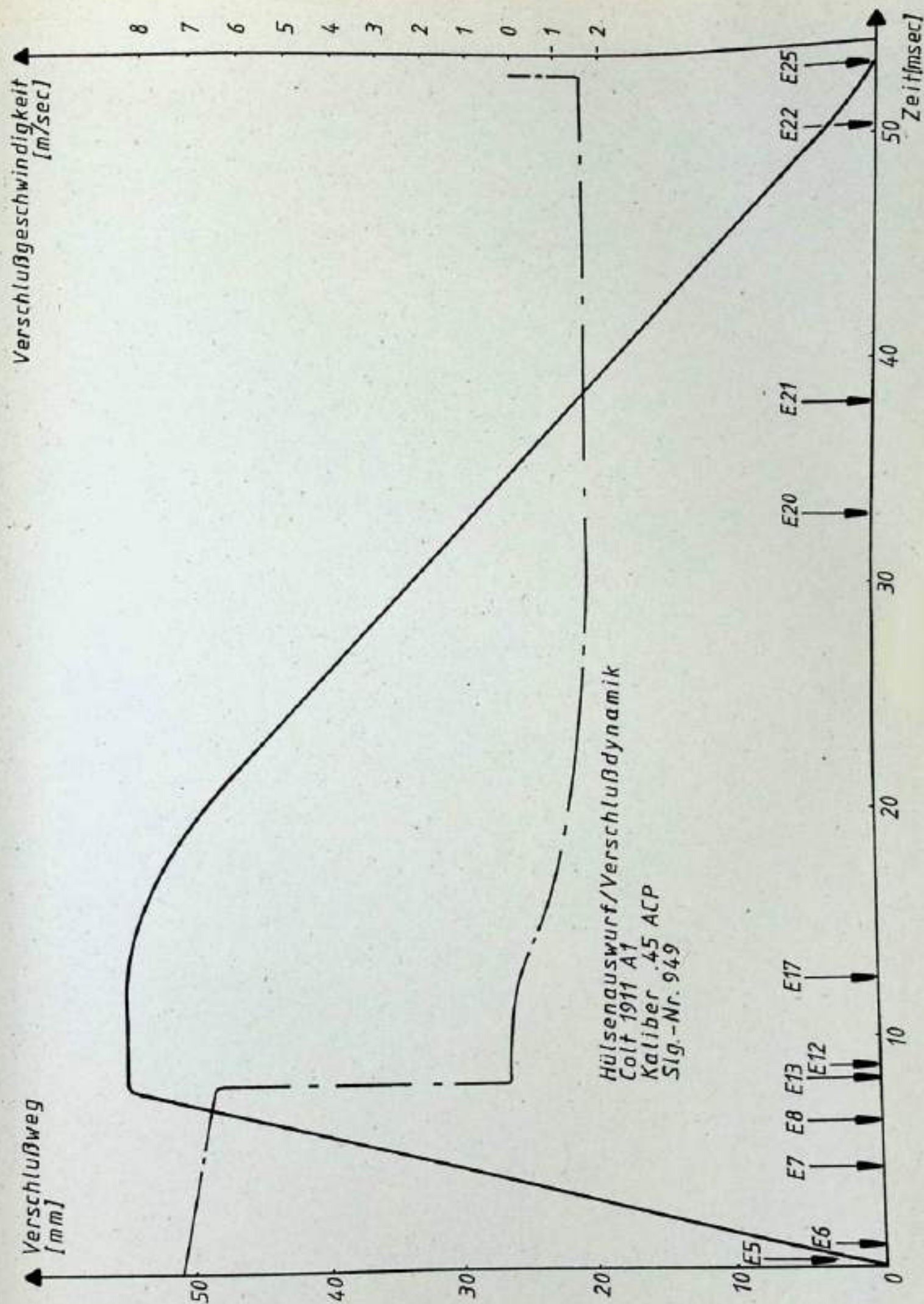
Waffe: *Colt 1911 A 1*

Kaliber: *.45 ACP*

Sgl.Nr.: 949

Besondere Spuren: ① ②

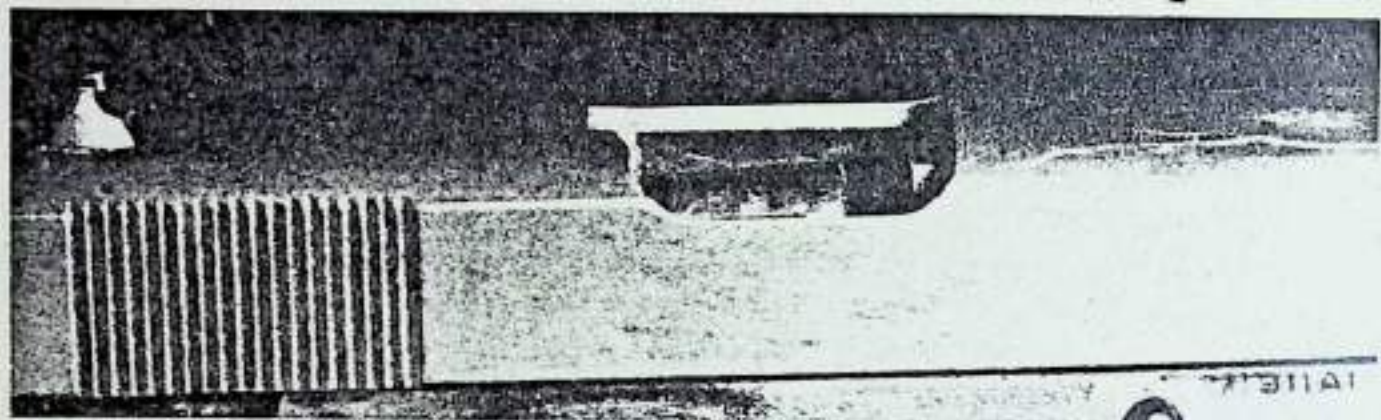




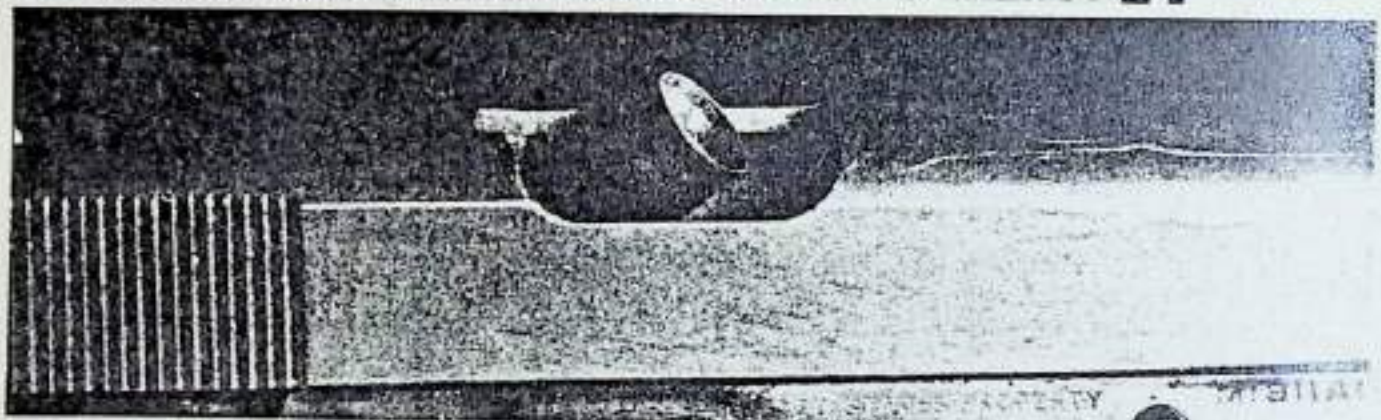
Funkenblitzaufnahmen : Hülsenauswurf Colt 1911 A 1



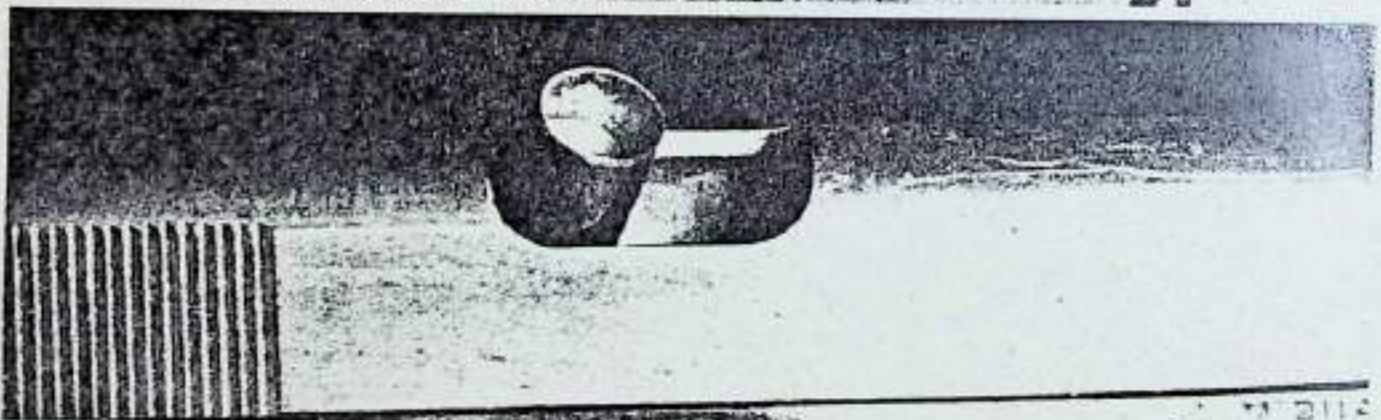
1



2



3

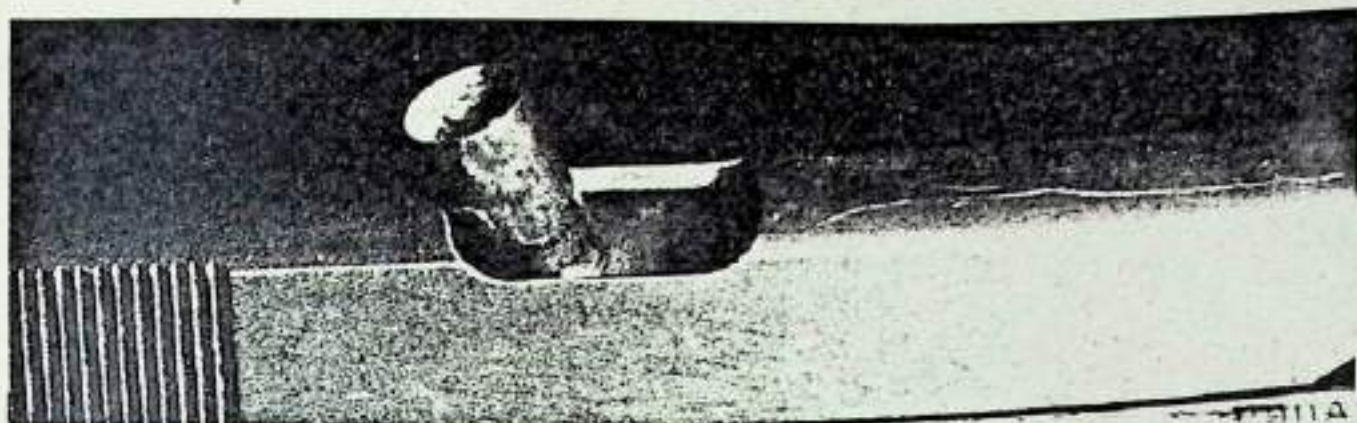


4

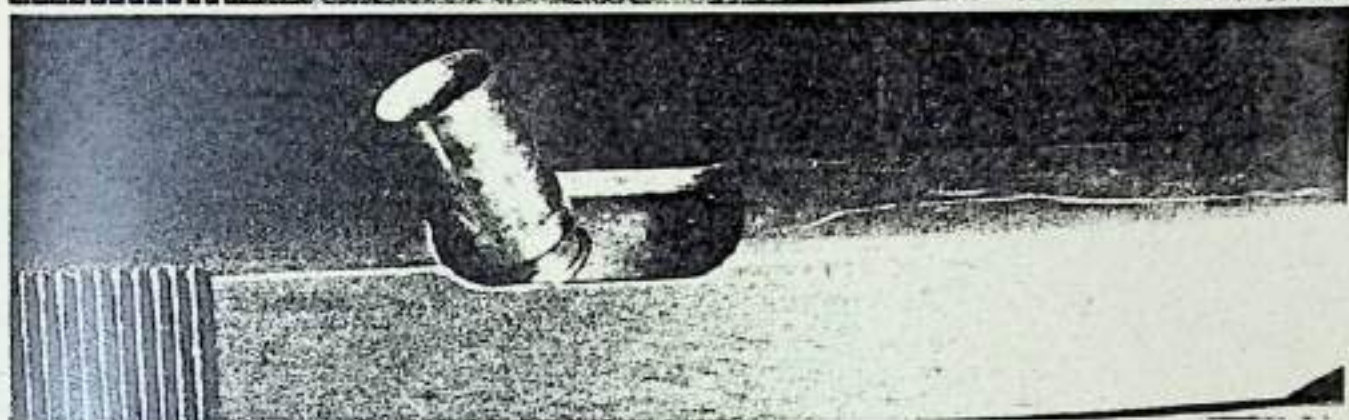


5

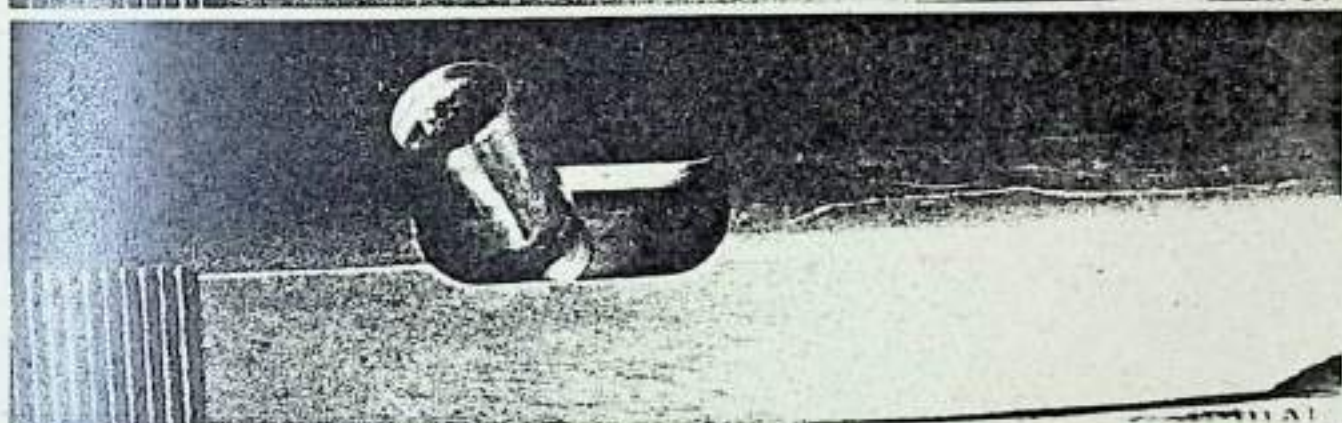
Funkenblitzaufnahmen : Hülsenauswurf Colt 1911 A 1



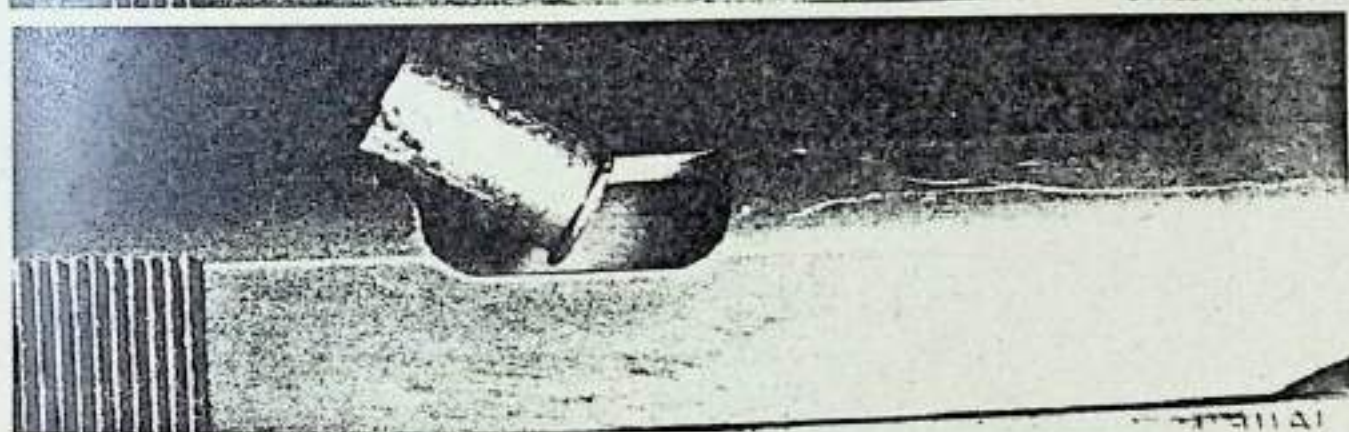
6



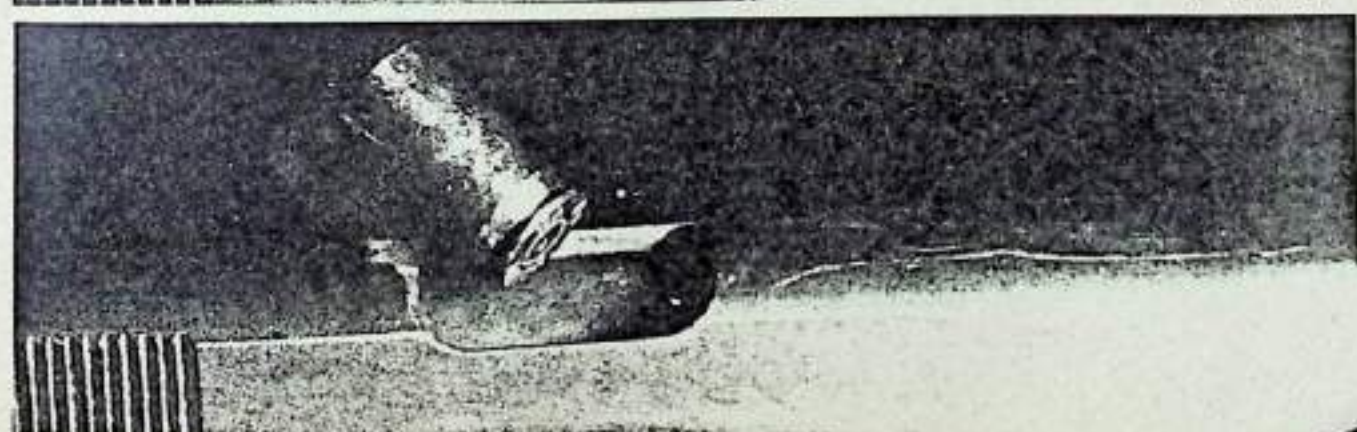
7



8



9



10

Danksagung

Zunächst möchte ich meinem Vorgesetzten, Dr. K. D. Grooß, herzlich danken für die Möglichkeit, diese nun vorliegende Arbeit überhaupt erstellen zu können.

Viele Stellen des Hauses, angefangen bei der Fotostelle über den Schreibdienst und die Druckerei, waren an der Realisierung dieses Berichtes beteiligt.

Besonders erwähnen möchte ich jedoch H. Braun (†) aus der KT-Werkstatt, der wesentlichen Anteil an der Verwirklichung der mechanischen Versuchsaufbauten hatte, H. Forster, DV 31, der die elektrischen Steuergeräte baute und H. Schneider, ZV 23, für die Durchführung einer Reihe von Schreinerarbeiten.

Last not least möchte ich meinem Mitarbeiter H. Konzack für die Mitwirkung bei der Versuchsdurchführung, die Auswertung der Filme und die gewissenhafte Anfertigung der Zeichnungen danken.

Nennstiel

V. Anhang

Ereignisliste

Die bei den Verschlußdiagrammen benutzten Abkürzungen besitzen folgende Bedeutung:

- E 1: Verschluß befindet sich in Ruhe
- E 2: Beginn des Verschlußrücklaufs
- E 3: Beginn des Rücklaufs von Verschluß und Lauf
- E 4: Entriegelung von Verschluß und Lauf
- E 5: Entweichen von Pulverschmauch
- E 6: Lauf sinkt nach unten ab
- E 7: Hülsenmund passiert Patronenlagerboden
- E 8: Hülse trifft auf den Auswerfer
- E 9: Hülse schleift über die Magazinlippe
- E 10: Hülse steht senkrecht zur Laufseelenachse
- E 11: Hülse schlägt seitlich am Verschluß an
- E 12: Hülse schlägt oben am Verschluß an
- E 13: Ende des Verschlußrücklaufs
- E 14: Entweichen von Pulverschmauch am Laufende
- E 15: Hülse entleert unverbrannte Pulverteilchen
- E 16: Neue Patrone im Magazin wird nach oben gedrückt
- E 17: Beginn des Verschlußvorlaufs
- E 18: Verschluß erfaßt neue Patrone aus dem Magazin
- E 19: Beginnende Schrägstellung der Patrone
- E 20: Maximale Schräglage der zugeführten Patrone
- E 21: Boden der Patrone rutscht über den Stoßboden
- E 22: Waffe verriegelt
- E 23: Gemeinsamer Vorlauf von Verschluß und Lauf
- E 24: Ende des Vorlaufs von Verschluß und Lauf
- E 25: Ende der Verschlußvorlaufbewegung
- E 26: Letzte Hülse: Verschluß gefangen

Programm HISPAD

Das Programm berechnet die Aufnahmedaten für Hochgeschwindigkeitsfilme mit der High-Speed Kamera HITACHI 16 HD.

Im folgenden werden die unten angegebenen Bezeichnungen verwendet:

- a Gegenstandsweite in mm
- b Bildweite in mm
- z Abstand Filmebene - Objekt in mm ($z = a + b$)
- f Brennweite des Aufnahmeobjektivs in mm
- M Vergrößerungsmaßstab
- FB Bildfensterbreite in mm (Breite des gewünschten Bildausschnitts)
- NB Breite eines Negativs auf dem 16 mm Film (NB = 10,5 mm)

Nach Eingabe der verwendeten Objektivbrennweite f und des gewünschten Bildausschnitts FB ergibt sich der Vergrößerungsmaßstab aus $M = NB/FB$ und z aus:

$$z = f * (M + 1/M + 2).$$

Die Größe z wird bevorzugt verwendet, da sie meßtechnisch besser zugänglich ist als die Gegenstandsweite a.

Ist z kleiner als der bauartbedingte kleinstmögliche Abstand $z_{\min}$ von Objekt zu Filmebene, so muß ein Zwischenring eingefügt werden. Überlicherweise ist für die verwendeten Objektive der größtmögliche Abstand $z_{\max}$ von Objektiv zu Filmebene unendlich ($z_{\max} = \infty$). Bei Einfügung eines Zwischenrings der Stärke d ändert sich der Einstellbereich der Linse. Es können dann Objekte scharf abgebildet werden, deren Entfernung zur Filmebene zwischen $z_1(d)$ und $z_2(d)$ liegt.

$$\begin{aligned} 0 < z_1(d) < z_{\min} \\ z_1(d) < z_2(d) < \infty \end{aligned}$$

Es gilt:

$$\begin{aligned} z_1(d) &= \frac{(b_{\max} + d)^2}{b_{\max} + d - f} \quad \text{mit } b_{\max} = \frac{1}{2} (z_{\min} - \sqrt{z_{\min}^2 - 4f}) \\ z_2(d) &= \frac{(f + d)^2}{d} \end{aligned}$$

Das Programm gibt Zwischenringe an, bei denen die Bedingung $z_1(d) \leq z \leq z_2(d)$ erfüllt ist.

Zur Berechnung der richtigen Objektivblenden müssen die vorhandene Leuchtdichte L , die Filmempfindlichkeit in DIN und die Kamerabetriebsdaten k , ν_A gegeben sein. Die folgenden Beziehungen werden verwendet:

ν_A	Aufnahmefrequenz in Bildern pro Sekunde (pps)
v	Objektgeschwindigkeit in mm/sec senkrecht zur optischen Achse
k	Kameraerschlußkonstante ($k = 3, 5, 10, 20, 40, 80$)
u	tolerierbarer Streukreisdurchmesser ($u = 0.02-0.05$ mm)
T	Einzelbildbelichtungszeit in s
L	Leuchtdichte des Objekts in cd/m^2
B	Kamerablendenzahl
EV	Belichtungsmesserwert für die Leuchtdichte

Ist die Objektgeschwindigkeit v ungefähr bekannt, so kann die notwendige Aufnahmefrequenz ν_A für Aufnahmen ohne Bewegungsunschärfen mit

$$\nu_A = \frac{M \cdot v}{k \cdot u} \quad \text{abgeschätzt werden.}$$

In der Praxis wird man mit einer höheren Aufnahmefrequenz arbeiten. Die Einzelbildbelichtungszeit T ergibt sich aus $T = 1/k \cdot \nu_A$

Aus dem Meßwert EV für die Leuchtdichte berechnet sich diese nach

$$L = 875 \cdot 2^{(EV-11) \cdot \frac{1}{11}}$$

und die Blendenzahl B nach

$$B = \sqrt{\frac{L \cdot T}{50 \cdot k \cdot \nu_A} \cdot 10^{(DIN/10)}} / (M+1)$$

Schließlich wird noch der Schärfentiefebereich für die so bestimmten Betriebsdaten und die von der Aufnahmefrequenz abhängige Filmdurchlaufzeit angegeben. Die Berechnungen können für frei gewählte Kamerabetriebsdaten k , ν_A und andere Filmempfindlichkeiten wiederholt werden.

```

10 NB=10.5:UU=0.95:K=3:W=0:L=0
20 DIMD(7):DIMU(7):DIMO(7)
30 DIMA(255)
40 A(25)=318:A(50)=920:A(150)=2350
50 DIMK(10):DIMS(10):DIMOI(10)
70 DIMSV(10):DIMSH(10):DIMTS(10):DIMTD(
10)
80 DIMT(12):DIMC(12)
90 FORJ=1TO12STEP1:READT(J):READO(J):NE
XTJ
100 PRINT"EINGABE: BRENNWEITE DES VERNEH
DETEN      OBJEKTIVS IN MM"
110 INPUTF
120 PRINT"EINGABE: FORMATBREITE IN MM"
130 INPUTFB
140 IFFB=CNBTHENPRINT"FORMAT ZU KLEIN":
GOTO120
150 M=NB/FB
160 Z=F*(M+1/M+2):ZA=Z
170 A=(Z+SQR(Z*(Z-4*F)))/2
180 IFZ>A(F)THENA$="ZWISCHENRING NICHT
NOTWENDIG":L=1.GOTO300
190 A$="FOLGENDE ZWISCHENRINGE KOENNEN
GENAEHLT WERDEN:":W=1
200 BM=(A(F)-SQR(A(F)*(A(F)-4*F)))/2
210 FORJ=1TO7STEP1
220 D=5*J
230 Z1=(BM+D)*(BM+D)/(BM+D-F)
240 Z2=(F+D)*(F+D)/D
250 IFZ>Z1ANDZ<Z2THENGOTO270
260 GOTO280
270 L=L+1:D(L)=D:U(L)=Z1:O(L)=Z2
280 NEXTJ
290 PRINT"S"
300 PRINT"DIE AUFNAHMEENTFERNUNG BETRÄG
E INT(Z) MM"
320 PRINTA$:IFW=0ORL=0THENGOTO430
330 PRINT"0000000000000000200000000000000
0000."
340 PRINT"J  RING(MM)  J  EINSTELLBEREI
CH  J"
350 PRINT"J              J  UNTEN (MM) OB
EN  J"

360 PRINT"+0000000000000000000000000000
00003"
370 PRINT"J              J
J"
380 FORJ=1TO1STEP1
385 D=D(J):U=U(J):O=O(J)
390 PRINT"J":TAB(4);D:TAB(13);"J":TAB(1
6);INT(U):TAB(26);INT(O):TAB(35);"J"
400 NEXTJ
410 PRINT"J              J
J"
420 PRINT"-000000000000000010000000000000
0000="
430 IFL=0THENA$="ZWISCHENRINGE BIS 35MM
SIND NICHT AUSREICHEND":PRINTA$
500 PRINT"EINGABE: GEMESSENE LEUCHTDICHT
E IN EV"
510 INPUTEV:LD=975+2*(EV-11)
520 PRINT"EINGABE: FILMENPFINDLICHKEIT I
N DIN"
530 INPUTDIN

```

```

540 PRINT"IST DIE OBJEKTGESCHWINDIGKEIT
BEKANNT?"
550 INPUT F$
560 IFF F$="NEIN" THEN PRINT"S":GOTO 880
570 PRINT"EINGABE:OBJEKTGESCHWINDIGKEIT
IN M/SEC"
580 INPUT V:K(1)=K:V(1)=V
590 Q=(M*V*1000)/U
600 FOR I=0 TO 55 STEP 1
610 VA=Q/K:VA(I+1)=VA
620 GOSUB 2200
630 S(I+1)=S:SV(I+1)=SV
640 SH(I+1)=SH:TS(I+1)=TS
650 DI(I+1)=DI:TD(I+1)=TD
660 K=2*I+5:K(I+2)=K
670 NEXT I
700 PRINT"SDATEN FÜR AUFNAHMEN OHNE BE-
WEGUNGSUNSCHÄRFEN:"
710 PRINT"000002000000000020000020000000
000200000"
720 PRINT"J K J VA(PPS) J BL J TS(MM)
J DI J"
730 PRINT"+0000100000000010000010000000
000100000"
740 PRINT"J
J"
750 FOR J=1 TO 65 STEP 1
755 K=K(J):VA=INT(VA(J)):BL=INT(10*Q(J)
)/10:TS=INT(TS(J))
760 PRINT"J";TAB(1);K;TAB(7);VA;TAB(16)
;BL;TAB(25);TS;TAB(33);DI;TAB(38)"J"
770 NEXT J
780 PRINT"J
J"
790 PRINT"-000000000000000000000000000000
000000000"
800 PRINT"EINGABE GEWÜNSCHTER AUFNAHME
DATEN"
810 PRINT"EINGABE 0 BEENDET DIE EINGABE"
"
820 FOR I=7 TO 10 STEP 1
830 PRINT"EINGABE:VERSCHLUSSKONSTANTE K"
"
840 INPUT K:K(I)=K:IF K=0 THEN GOTO 930
850 PRINT"EINGABE:AUFNAHMEFREQUENZ IN P
PS"
860 INPUT V:VA(I)=V
870 PRINT"EINGABE:FILMEMPFINDLICHKEIT I
N DIN"
880 INPUT DI:DI(I)=DI
890 GOSUB 2200
900 S(I)=S:SV(I)=SV:SH(I)=SH
910 TS(I)=TS:TD(I)=TD
920 NEXT I
930 I=I-1
950 PRINT"S":IFI=6 THEN GOTO 1050
960 PRINT"AUFNAHME DATEN"
970 PRINT"000002000000000020000020000000
000200000"
980 PRINT"J K J VA(PPS) J BL J TS(MM)
J DI J"
990 PRINT"+0000100000000010000010000000
000100000"
1000 PRINT"J
J"
1010 FOR P=7 TO 1 STEP 1

```



```

1600 Z#="DATEN FÜR AUFNAHMEN OHNE BEWE
GUNGSUNTSCHÄRFEN"
1610 GOSUB10000:GOSUB10200
1620 LM=80:GOSUB5000
1630 Z#="      VER-      AUF-      BEL-
      "
1640 Z#=Z#+"SCHARFENTIEFE
FILM"
1650 GOSUB10000:GOSUB10200
1660 Z#="      SCHLUSS      NAHME      ZEIT
      BLENDE      VON"
1670 Z#=Z#+"      BIS      TOTAL      DIN      DUR
CHLAUF"
1680 GOSUB10000:GOSUB10200
1690 Z#="      KONST.      FREQ. [FPS] [USEC]
      [MM]"
1700 Z#=Z#+"      [SEC]"
1710 GOSUB10000:GOSUB10200
1720 GOSUB5000
1730 FORV=1TO6STEP1
1740 R=6:K=0:Q=K(V):GOSUB6000
1750 R=9+FK:K=0:Q=VA(V):GOSUB6000
1760 R=7+FK:K=1:Q=10^6/(K(V)*VA(V)):GOS
UB6000
1770 R=5+FK:K=1:Q=B(V):GOSUB6000
1780 R=9+FK:K=0:Q=SV(V):GOSUB6000
1790 R=5+FK:K=0:Q=SH(V):GOSUB6000
1800 R=4+FK:K=0:Q=TS(V):GOSUB6000
1810 R=6+FK:K=0:Q=DI(V):GOSUB6000
1820 R=4+FK:K=2:Q=TD(V):GOSUB6000
1830 GOSUB10200
1840 NEXTV
1850 GOSUB5000
1860 IFI=6THENEND
1870 Z#="MÖGLICHE BETRIEBSDATEN:"GOSU
B10000:GOSUB10200
1880 IFF#="JA"THENGOTO1990
1890 LM=80:GOSUB5000
1900 Z#="      VER-      AUF-      BEL-
      "
1910 Z#=Z#+"SCHARFENTIEFE
FILM"
1920 GOSUB10000:GOSUB10200
1930 Z#="      SCHLUSS      NAHME      ZEIT
      BLENDE      VON"
1940 Z#=Z#+"      BIS      TOTAL      DIN      DUR
CHLAUF"
1950 GOSUB10000:GOSUB10200
1960 Z#="      KONST.      FREQ. [FPS] [USEC]
      [MM]"
1970 Z#=Z#+"      [SEC]"
1980 GOSUB10000:GOSUB10200
1990 GOSUB5000
2000 FORV=7TO1STEP1
2010 R=6:K=0:Q=K(V):GOSUB6000
2020 R=9+FK:K=0:Q=VA(V):GOSUB6000
2030 R=7+FK:K=1:Q=10^6/(K(V)*VA(V)):GOS
UB6000
2040 R=5+FK:K=1:Q=B(V):GOSUB6000
2050 R=9+FK:K=0:Q=SV(V):GOSUB6000
2060 R=5+FK:K=0:Q=SH(V):GOSUB6000
2070 R=4+FK:K=0:Q=TS(V):GOSUB6000
2080 R=6+FK:K=0:Q=DI(V):GOSUB6000
2090 R=4+FK:K=2:Q=TD(V):GOSUB6000
2100 GOSUB10200

```

```

2110 NEXT V
2120 GOSUB 5000:GOSUB 10200
2130 END
2200 B=SQR(LD/(50*K+VA)+10↑(DIN/10))/CM
+1)
2210 SV=A*F*F/(F*F+B*UU+(A-F))*(Z-A)
2220 SH=A*F*F/(F*F-B*UU+(A-F))*(Z-A)
2230 TS=SH-SV
2250 FOR J=1 TO 12 STEP 1
2260 IF VA=C(J) AND VA<C(J+1) THEN GOTO 2230

2270 NEXT J
2280 TD=T(J)+(VA-C(J))*(T(J+1)-T(J))/(C
(J+1)-C(J))
2290 RETURN

```

```

2500 DATA 4862, 4, 1, 48, 6, 100, 9, 7, 500, 4, 9,
1000
2510 DATA 2, 56, 2000, 1, 82, 3000, 1, 44, 4000
2520 DATA 1, 31, 5000, 1, 17, 6000, 1, 03, 7000,
0, 87, 8000, 0, 87, 100000

```

```

5000 Z$="":R$="-"
5010 FOR J=1 TO LMS STEP 1
5020 Z$=Z$+R$
5030 NEXT J
5040 GOSUB 10000:GOSUB 10200
5050 RETURN

```

```

6000 FA=1:IF K=0 THEN GOTO 6020
6010 FOR J=1 TO K STEP 1:FA=FA*10:NEXT J
6020 P=Q*FA:PQ=INT(P)
6030 IF P-PQ>=.5 THEN PQ=PQ+1
6040 Q=PQ/FA:FK=-K
6050 IF Q=INT(Q) THEN FK=1:GOTO 6090
6060 FOR J=K TO 1 STEP (-1)
6070 SQ=INT(PQ/10)
6080 IF SQ+10=PQ THEN FK=FK+1:PQ=SQ:NEXT J
6090 P=ABS(Q):FA=1:J=0
6100 IF P/FA>=1 THEN J=J+1:FA=FA*10:GOTO 61
00
6110 IF P=0 THEN J=1
6120 Z=R-J:GOSUB 10500
6130 Z=Q:GOSUB 10100

```

Anwendungsbeispiel : Programm HISPAD

BETRIESSDATENBERECHNUNG: HIGH-SPEED AUFNAHMEN MIT HITACHI 16 HD

FILM NR. 1/1981

WAFFE: PISTOLE TEST

GEWAHLTE BILDFENSTERGRÖSSE: 71 * 100 [MM]

NOTWENDIGER AUFNAHMEABSTAND (OBJEKT-FILMEBENE): 1744 [MM]

OBJEKTIVBRENNWEITE: 150 [MM]

GEMESSENE LEUCHTDICHTE EV: 17,5 = 79195,9596 [ASB]

GESCHÄTZTE OBJEKTGESCHWINDIGKEIT: 8 [M/SEC]

FOLGENDE ZWISCHENRINGE KOENNEN GEWAHLT WERDEN:

ZWISCHEN- RING [MM]	EINSTELLBEREICH VON [MM] BIS	
5	1719	4895
10	1391	2560
15	1190	1815

DATEN FÜR AUFNAHMEN OHNE BEWEGUNGSUNSCHÄRFEN

VER- SCHLUSS KONST.	AUF- NAHME FREQ. [PPS]	BEL. - ZEIT [USEC]	BLENDE	SCHAERFENTIEFE			DIN	FILM DURCHLAUF [SEC]
				VON	BIS	TOTAL		
					[MM]			
3	5600	59,5	3,5	1727	1762	35	22	1,23
5	3360	59,5	3,5	1727	1762	35	22	1,68
10	1680	59,5	3,5	1727	1762	35	22	3,31
20	840	59,5	3,5	1727	1762	35	22	6,44
40	420	59,5	3,5	1727	1762	35	22	12,48
60	210	59,5	3,5	1727	1762	35	22	27,9

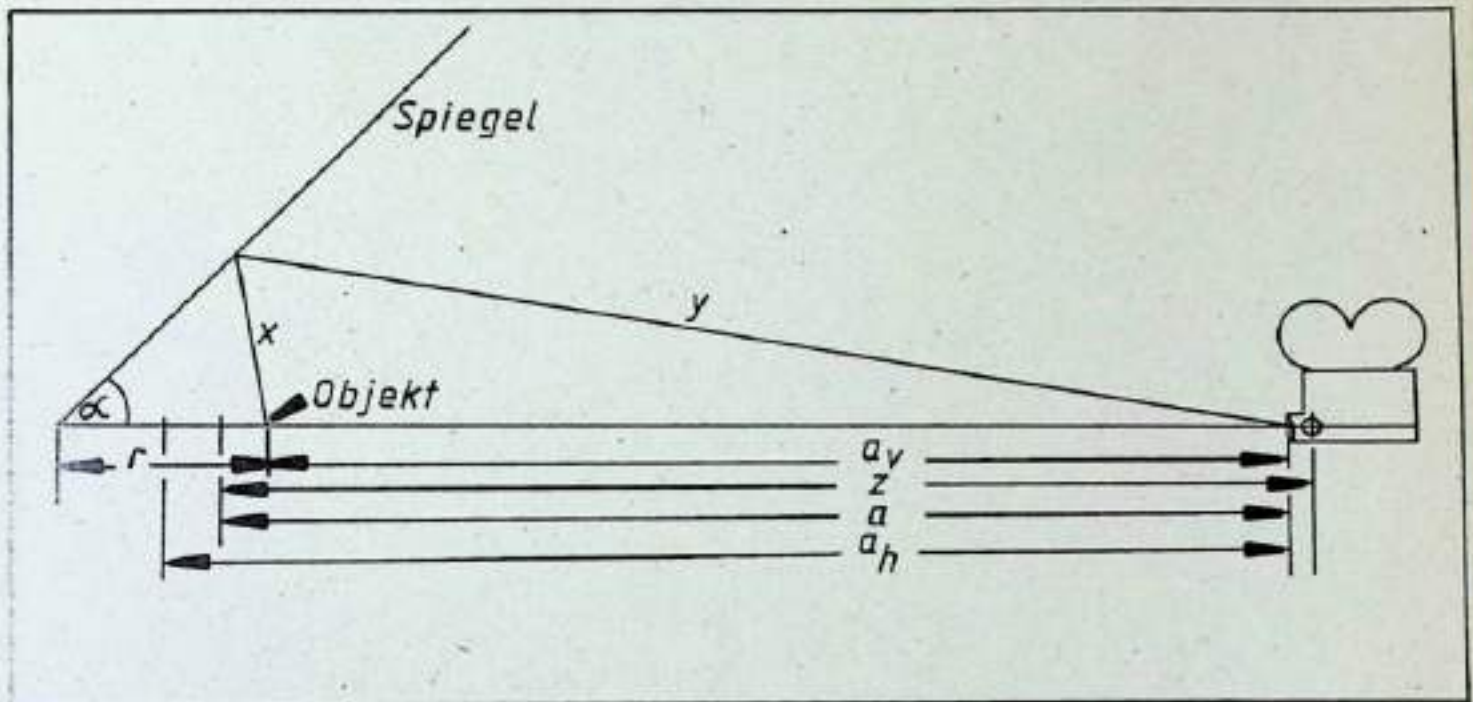
MÖGLICHE BETRIESSDATEN:

1	6000	55,6	3,4	1729	1761	34	22	1,17
3	5000	40	2,9	1730	1759	29	22	1,31
5	4000	50	4,5	1722	1767	45	23	1,44

Programm STEREO

Als wesentlichstes Berechnungsergebnis liefert das BASIC-Programm STEREO den Mindestabstand zwischen Objekt und Filmebene bei "Stereoaufnahmen". Dieser Abstand muß so gewählt werden, daß zum einen der Abbildungsmaßstab möglichst groß wird, andererseits aber sowohl das Objekt als auch dessen Spiegelbild scharf abgebildet werden.

Zum besseren Verständnis diene die folgende Zeichnung.



Die Kameralinse sei auf die Gegenstandsweite a eingestellt. Dann existiert ein Schärfetiefenbereich $a_h - a_v$. Ein innerhalb dieses Bereichs befindliches Objekt wird ebenfalls noch scharf abgebildet. Man ordnet nun die Waffe in der Entfernung a_v an. Das Spiegelbild erscheint in der Entfernung $x + y$. Es wird scharf abgebildet, wenn die Bedingung $x + y < a_h$ erfüllt ist.

$$\text{Es gilt: } a_h = \frac{a}{1 - \frac{B \cdot u}{M \cdot f}}$$

mit	M	Abbildungsmaßstab
	f	Objektivbrennweite in mm
	B	Blendenzahl
	u	tolerierbarer Streukreisdurchmesser (0.02-0.05 mm)

Aus geometrischen Überlegungen folgt:

$$x+y = a_v \cdot \sqrt{1 + 4 \cdot \frac{r}{a_v} \cdot \left(\frac{r}{a_v} + 1 \right) \cdot \sin^2 \alpha}$$

mit r Abstand Objekt-Spiegel in mm (in Richtung der opt. Achse)

α Spiegelneigungswinkel im Bogenmaß

$$a_v = \frac{a}{1 + \frac{B \cdot u}{M \cdot f}}$$

Die Bedingung $x+y < a_h$ kann dadurch erfüllt werden, daß man a groß genug wählt, denn r und α sind nur in geringem Umfang frei wählbar und auch die Objektivblende B ist wegen der zur Verfügung stehenden Lichtmenge und Filmempfindlichkeit nicht beliebig variierbar.

Das Berechnungsprogramm vergrößert deshalb beginnend bei einem Aufnahmeabstand $z = 10 \cdot f$ die Kameraentfernung in Schritten der Linsenbrennweite bis die o. a. Bedingung bei den vorgegebenen Film- und Belichtungsdaten erfüllt ist.

Man erhält auf diese Weise den Mindestabstand $z - a + a_v$ zwischen Objekt und Filmebene, der zur Erzielung einer scharfen Abbildung notwendig ist. In der Praxis wird man zweckmäßigerweise mit einem noch größeren Wert arbeiten.

```

10 K=5:UU=0.05:PRINT"S"
20 PRINT"EINGABE:VERWENDETE OBJEKTIVBRENNWEITE IN MM"
30 INPUTF:Z=9*F
40 PRINT"EINGABE:SPIEGELNEIGUNGSWINKEL IN STRICH"
50 INPUTAL:AL=AL*°/3200
60 PRINT"EINGABE:ABSTAND OBJEKT-SPIEGEL IN MM"
70 INPUTR
80 PRINT"S"
90 PRINT"IST DIE OBJEKTGESCHWINDIGKEIT BEKANNT? (J/N)"
100 INPUTJ#
110 IFJ#="J"THENGOTO180
120 PRINT"EINGABE:KAMERAVERSCHLUSSKONSTANTE"
130 INPUTK
140 PRINT"EINGABE:AUFNAHMEFREQUENZ IN PPS"
150 INPUTVA
160 Q=K*VA:V=0
170 GOTO200
180 PRINT"EINGABE:OBJEKTGESCHWINDIGKEIT IN M/SEC"
190 INPUTV
200 PRINT"S"
210 PRINT"EINGABE:FILMEMPFINDLICHKEIT IN DIN"
220 INPUTDIN
230 PRINT"EINGABE:LEUCHTDICHTE (EV-WERT)"
240 INPUTEV
250 LD=875*2^(EV-11)
260 Z=Z+F
350 A=(Z+SQR(Z*(Z-4*F)))/2
360 M=F/(A-F)
370 IFV=0THENGOTO390
380 Q=M*V*1000/UU:VA=Q/K
390 B=SQR(LD/(50+Q))*10^(DIN/10)/(M+1)
400 Y=B*UU/(M*F):E=A*2/(1/Y-Y)
410 AV=A/(1+Y):X=R/AV
420 D=AV*(SQR(1+4*X*(X+1)*(SIN(AL))^2)-1)
430 IFV<0THENGOTO260
450 PRINT"S":PRINT"AUFNAHME DATEN FÜR STEREOAUFNAHMEN"
460 IFV>0THENPRINT"DATEN FÜR AUFNAHMEN OHNE BEWEGUNGS-UNSCHÄRFE"
465 IFV=0THENPRINT:PRINT
470 FB=10.5/M:FH=7.5/M
480 PRINT"MIN. AUFNAHMEABSTAND (MM)"TAB(25);INT(Z-A+AV)
490 PRINT"FORMATBREITE (MM)"TAB(25);INT(FB)
500 PRINT"FORMATHÖHE (MM)"TAB(25);INT(FH)
510 PRINT
520 PRINT"SPIEGELNEIGUNG (STRICH)"TAB(25);INT(AL*3200/°)
530 PRINT"ABST. OBJ.-SPIEGEL (MM)"TAB(25);INT(R)
540 PRINT
545 PRINT"OBJEKTIVBRENNWEITE (MM)"TAB(25);F

```

```

550 PRINT"OBJEKTIVBLLENDE"TAB(25);INT(10
*B)/10
560 PRINT"AUFNAHMEFREQUENZ (PPS)"TAB(
25);INT(VA)
570 PRINT"VERSCHLUSSKONSTANTE"TAB(25);K

580 PRINT"FILMEMPFINDLICHK. (DIN)"TAB(
25);DIN
590 PRINT"EV-WERT"TAB(25);EV
600 PRINT
610 PRINT"NOTW. SCHARFENTIEFE (MM)"TAB(
25);INT(D)
620 PRINT"VORH. SCHARFENTIEFE (MM)"TAB(
25);INT(E)
630 PRINT
640 PRINT"WIRD DRUCKERAUSGABE GEWUENSCH
T (J/N)"
650 INPUTJ$
660 IFJ$="J"THENPRINT"DRUCKER EINSCHALT
EN!";GOSUB11000
700 PRINT"S"
700 PRINT"S"
710 PRINT"WERDEN ANDERE AUSGANGSWERTE G
EWUENSCHT? (J/N)"
720 INPUTJ$
730 IFJ$="J"THENZ=9+F:GOTO120
740 END

```

Anwendungsbeispiel : Programm STEREO

AUFNAHMEDATEN FÜR STEREOAUFNAHMEN
DATEN FÜR AUFNAHMEN OHNE BEWEGUNGS-
UNSCHÄRFE

MIN. AUFNAHMEABSTAND (MM)	2362
FORMATBREITE (MM)	146
FORMATHOEHE (MM)	104

SPIEGELNEIGUNG (STRICH)	800
ABST. OBJ. -SPIEGEL (MM)	75

OBJEKTIVBRENNWEITE (MM)	150
OBJEKTIVBLLENDE	3.6
AUFNAHMEFREQUENZ (PPS)	2297
VERSCHLUSSKONSTANTE	5
FILMEMPFLINDLICHK. (DIN)	22
EV-WERT	17

NOTW. SCHÄRFENTIEFE (MM)	76
VORH. SCHÄRFENTIEFE (MM)	76

AUFNAHMEDATEN FÜR STEREOAUFNAHMEN

MIN. AUFNAHMEABSTAND (MM)	2307
FORMATBREITE (MM)	177
FORMATHOEHE (MM)	127

SPIEGELNEIGUNG (STRICH)	800
ABST. OBJ. -SPIEGEL (MM)	75

OBJEKTIVBRENNWEITE (MM)	150
OBJEKTIVBLLENDE	2.8
AUFNAHMEFREQUENZ (PPS)	4000
VERSCHLUSSKONSTANTE	5
FILMEMPFLINDLICHK. (DIN)	22
EV-WERT	17

NOTW. SCHÄRFENTIEFE (MM)	76
VORH. SCHÄRFENTIEFE (MM)	85

Programme HUEFA-DATA, HUEFA

Die beiden Programme dienen zur Auswertung der High-Speed-Filme. Als Ergebnis erhält man Verschlußweg und Verschlußgeschwindigkeit als Funktion der Zeit mit einer Aussage zur Genauigkeit dieser Angaben, sowie einen Ausdruck zur Ereignisfolge beim Hülsenauswurf.

1. HUEFA - DATA

Das Programm dient zur Erfassung aller notwendigen Daten zur Berechnung der Verschlußdynamik. Im einzelnen bedeuten:

AZ	Anzahl ausgewerteter Bilder
RE	Bildnummer am Verschlußrücklaufende
BE	Bildnummer am Ereignisende
MO	Originalgröße des Maßstabs in mm
ME	Größe des Maßstabs in Maßeinheiten (E)
P1	Zeitmarkenabstand bei Bild 0 in mm
P2	Zeitmarkenabstand bei Bild BE in mm
DE	Meßgenauigkeit in Maßeinheiten (E) für eine Koordinate

Bei der Auswertung sind zwei verschiedene Koordinatensysteme zu beachten. Alle Messungen werden in dem durch das Filmauswertegerät festgelegten Auswertesystem durchgeführt. Hierbei werden für jedes ausgewertete Bild die Bildnummer, sowie die x,y Koordinaten von 3 Meßpunkten P1, P2, P erfaßt. P1 und P2 sind fest mit der Waffe verbundene Meßpunkte, P ist der bewegte Meßpunkt auf dem Verschlußstück. P1 und P2 definieren ein waffenfestes Koordinatensystem, ihre Verbindungslinie stellt die x-Achse, eine Senkrechte hierzu durch P1 die y-Achse dieses Systems dar. Im Auswerteprogramm HUEFA wird die Bewegung des Meßpunktes P in dem so definierten waffenfesten System berechnet.

Durch diese Vorgehensweise sind alle nicht interessierenden Bewegungen der Waffe, z. B. Schwingungen in der Halterung o. ä. ausgeschaltet.

Die Auswertung wird mit Hilfe eines Filmauswertegeräts mit Rechneranschluß vorgenommen. Hierbei wird der Film von einer 16 mm Projektionsvorrichtung auf eine Auswertefläche projiziert.

Die Meßpunkte werden mit einem Fadenkreuzsucher angefahren, die Koordinaten im vorher geeichten Auswertesystem werden digital angezeigt.

Der angeschlossene Mikrocomputer empfängt die Daten (Bildnummer, x-Koordinate, y-Koordinate) über einen IEC-Bus und schreibt sie am Ende des Programms zur späteren Auswertung auf Magnetband.

Am Programmende wird die Ereignisfolge eingegeben, d. h. Bildnummer mit der entsprechenden Ereignisnummer (vgl. Ereignisliste) werden auf Magnetband in einer neuen Datei abgelegt.

2. HUEFA

Das Programm wertet die mit HUEFA - DATA erfaßten Daten aus. Zunächst werden aus den Koordinaten P1 (X1, Y1), P2 (X2, Y2), P (X, Y) im Auswertesystem der tatsächliche Verschlußweg d und dessen Fehler berechnet.

Es gilt:

$$d(n) = M |\vec{r}(n) - \vec{r}(0)|$$

$$M = MO/MB$$

$M \cdot \vec{r}(n)$ Ortsvektor von P im waffenfesten System bei Bild n

$M \cdot \vec{r}(0)$ Ortsvektor von P im waffenfesten System bei Bild 0

mit

$$\vec{r}(n) = D \cdot (\vec{r}^A(n) - \vec{r}_1^A(n))$$

$$D = \begin{pmatrix} \cos \alpha & \sin \alpha \\ -\sin \alpha & \cos \alpha \end{pmatrix}$$

$\vec{r}^A(n)$ Ortsvektor von P im Auswertesystem bei Bild n

$$\tan \alpha = \frac{Y2 - Y1}{X2 - X1}$$

$\vec{r}_1^A(n)$ Ortsvektor von P1 im Auswertesystem bei Bild n

Da alle Koordinaten mit dem Meßfehler DE behaftet sind, resultiert hieraus ein Fehler für den Verschlußweg d(n). (auf die Wiedergabe der etwas umfangreichen Formel hier verzichtet).

Mit den bekannten Zeitmarkenabständen $p(0)$ am Ereignisbeginn und am Ereignisende $p(BE)$ berechnet sich die bis Bild n verstrichene Zeit gemäß:

$$t(n) = \frac{1}{v_A(0)} \ln (1+n \cdot \vartheta) / \vartheta \quad \text{mit} \quad \vartheta = \frac{1}{BE} \frac{p(BE)-p(0)}{p(0)}$$

$v_A(0)$ = Aufnahmefrequenz am Ereignisbeginn

Da die Messung der Zeitmarkenabstände mit Fehlern behaftet ist resultiert hieraus ein Fehler in der Zeitbestimmung (auf die Wiedergabe der etwas umfangreichen Formel wird hier verzichtet).

Am Ende dieses Berechnungsabschnitts liegen somit für jedes ausgewertete Bild mit Nummer n der Verschlußweg $d(n)$ und die seit Bewegungsbeginn (Bild 0) verstrichene Zeit $t(n)$ vor.

Zur Glättung der so berechneten Werte wird im folgenden eine stückweise Anpassung mit Polynomen wählbaren Grades durchgeführt. In der Regel genügt eine Glättung mit Geraden (Polynome 1. Grades). Die Anzahl der für die Glättung verwendeten Meßpunkte ist ebenfalls wählbar.

Differentiation des Anpaßpolynoms zu einer bestimmten Zeit liefert die Verschlußgeschwindigkeit zu diesem Zeitpunkt.

Seien z.B. $d_1, d_2, \dots, d_{2l+1}$ die gemessenen Verschlußwege und $t_1, t_2, \dots, t_{2l+1}$ die dazugehörigen Zeiten auf $2l+1$ aufeinanderfolgend ausgewerteten Bildern. Dann wird nach der Methode der kleinsten Fehlerquadrate ein Polynom n -ten Grades durch die $2l+1$ Meßpunkte gelegt:

$$p(t) = \sum_{i=0}^n a_i t^i \quad a_i: \text{Koeffizienten des Polynoms}$$

Der Polynomwert an der Stelle t_{l+1} wird als der angepaßte Wert für den Verschlußweg betrachtet, die Differentiation des Polynoms an der Stelle t_{l+1} liefert dann die Verschlußgeschwindigkeit zu diesem Zeitpunkt.

Die beschriebene Anpassung wird, außer bei den Bildern 0, RE, BE, für alle Meßwerte durchgeführt.

```

10 REM HUEFA-DATENERFASSUNG
20 PRINT"S"
30 PRINT"WIRD ANLEITUNG GEWUENSCHT (J/N
)?"
40 INPUTJ$
50 IFJ$="J"THENGOTO5000
60 PRINT"S":PRINT"BITTE AUSWERTEGERAET
EINSCHALTEN!!!"
65 PRINT:PRINT:PRINT:PRINT"EINGABE:FILM
NUMMER"
70 INPUTA$
80 PRINT"EINGABE:NUMMER DER AUSGEWERTET
EN HUELSE"
90 INPUTB$
100 AS=A$+" "+B$+" ".HUELSE"
110 DIMX(255):DIMX1(255):DIMY1(255)
120 DIMX2(255):DIMY2(255):DIMX(255):DIM
Y(255)
130 AZ=0:F=0
150 PRINT"S"
160 PRINT"EINGABE:BILDNUMMER AM RUECKLA
UFENDE (BZW. VORLAUFENDE BEI MP)"
170 INPUTRE
180 PRINT"EINGABE:BILDNUMMER AM EREIGNI
SENDE"
190 INPUTBE
200 PRINT"S":PRINT"DER ABST. ZWEIER AUS
ZUWERT. BILDER MUSS MINO. "INT(BE/255)+1"
BETR. "
210 PRINT:PRINT:PRINT:PRINT"EINGABE:ZEI
TMARKENABSTAND IN [MM]"
220 PRINT"AM EREIGNISSTART":INPUTP1
230 PRINT"AM EREIGNISENDE":INPUTP2
231 PRINT:PRINT:PRINT
232 PRINT"EINGABE:MESSGENAUIGKEIT FUER
EINE KOORD. IN [E]"
234 INPUTDE
240 PRINT"S"
250 PRINT"EINGABE:MASSTABSGROESSE"
260 PRINT"ORIGINAL IN [MM]":INPUTMO
270 PRINT"S"

```

```

290 OPEN1,6

```

```

330 PRINT"FALLS AUTO FRAME ONR DANN: SI
TTE:"
340 PRINT"AUTO FRAME THUMBWHEEL 2!!!"
345 PRINT:PRINT:PRINT
350 PRINT"PUNKT 1 DES MASSTABS ANFAHREN
UND EINLESEN!"
360 K=1:GOSUB2000
370 PRINT:PRINT:PRINT
380 PRINT"PUNKT 2 DES MASSTABS ANFAHREN
UND EINLESEN!"
390 K=2:GOSUB2000
400 MS=SQR((X1(0)-X2(0))*(X1(0)-X2(0))+
(Y1(0)-Y2(0))*(Y1(0)-Y2(0)))

```

```

500 REM DATENERFASSUNG
510 PRINT:PRINT:PRINT
515 PRINT"BEGINNEN SIE NUN MIT DER AUSW
ERTUNG BEI BILD NR. 0"

```

```

520 PRINT"(3 MESSUNGEN PRO BILD!)"
524 PRINT:PRINT
525 PRINT"AUTO FRAME THUMBWHEEL 3 FALLS
AUTO FRAME ONR"
530 AZ=AZ+1
540 FORK=1TO3STEP1
550 GOSUB2000
560 NEXTK
570 IFN(AZ)<CBETHEN530
580 CLOSE1,4

```

```

700 REM DATENAUFZEICHNUNG
710 Z=1:PRINT:PRINT:PRINT
720 PRINT"BAND IN RECORDER #2 EINLEGEN!"

```

```

730 POKE243,58:POKE244,3
740 OPENZ,2,1,A#
750 W=AZ:GOSUB1500
760 W=RE:GOSUB1500
770 W=BE:GOSUB1500
780 W=MO:GOSUB1500
790 W=MB:GOSUB1500
800 W=P1:GOSUB1500
810 W=P2:GOSUB1500
815 W=DE:GOSUB1500
820 FORJ=1TOAZSTEP1
830 W=N(J):GOSUB1500
840 W=X1(J):GOSUB1500
850 W=Y1(J):GOSUB1500
860 W=X2(J):GOSUB1500
870 W=Y2(J):GOSUB1500
880 W=X(J):GOSUB1500
890 W=Y(J):GOSUB1500
900 NEXTJ
910 CLOSEZ,2,1,A#

```

```

1000 PRINT"S":Z=2
1010 PRINT"BESTIMMUNG DER EREIGNISABLAE
UFE"

```

```

1020 POKE243,59:POKE244,3
1030 OPENZ,2,1,A#
1040 PRINT"EINGABE:BILDNUMMER"
1050 INPUTW:I=W:GOSUB1500
1060 PRINT"EINGABE:EREIGNISNUMMER"
1070 INPUTW:GOSUB1500
1080 IFI=BETHENGOTO1100
1090 GOTO1040
1100 CLOSEZ,2,1,A#
1110 END
1500 POKE39456,239
1510 T=TI
1520 IF(TI-T)>5THEN1520
1530 POKE39456,255
1540 PRINT#2,W
1550 RETURN

```

```

2000 REM DATEN
2010 INPUT#1,D#:IFST=2THEN2010
2020 IFLEN(D#)=20THEN2060
2030 PRINT:PRINT
2040 PRINT"BITTE WIEDERHOLEN!"

```

```

2050 GOTO2010
2060 J=VAL(LEFT$(D$,5))
2070 A=VAL(MID$(D$,7,6))
2080 B=VAL(RIGHT$(D$,7))
2090 PRINT"S"
2100 POKE59409,52
2110 ONKGOSUB2200,2500,2800
2120 POKE59409,60
2130 IFF=1THENF=0:GOTO2010
2140 RETURN
2200 PRINT:PRINT
2210 PRINT"  "  "      2210 PRINT"  "
2220 PRINT"  "  "
2230 PRINT"      R      BILD NUMBER:
"J
2240 PRINT"      R      X-KOORDINATE:
"A
2250 PRINT"      R      Y-KOORDINATE:
"B
2260 PRINT"      "
2270 PRINT"      "
2280 IFAZ=0THEN2380
2290 IFAZ>1THEN2320
2300 IFJ=0THEN2380
2305 A1=0
2310 GOSUB2420:RETURN
2320 IFJ>N(AZ-1)THEN2340
2330 A1=N(AZ-1)+1:GOTO2310
2340 A1=RE:GOSUB2400
2350 IFF=1THEN2390
2360 A1=BE:GOSUB2400
2370 IFF=1THEN2290
2380 N(AZ)=J:X1(AZ)=A:Y1(AZ)=B
2390 RETURN
2400 IFJ>A1ANDN(AZ-1)<A1THEN2420
2410 RETURN

```

```

2420 PRINT"S":F=1
2430 PRINT"BITTE BILD NR. "A1"AUSWERTEN
"
2440 RETURN

```

```

2500 PRINT:PRINT
2510 PRINT"  "  "
2520 PRINT"  "  "
2530 PRINT"      R))  R)      BILDNUMBER:
"J
2540 PRINT"  "  R)      X-KOORDINATE:
"A
2550 PRINT"  "  R)      Y-KOORDINATE:
"B
2560 PRINT"      R)"
2570 PRINT"      "
2580 GOSUB3000
2590 IFF=1THEN2610
2592 GOSUB3100
2595 IFF=1THEN2610
2600 X2(AZ)=A:Y2(AZ)=B
2610 RETURN

```

```

2800 PRINT:PRINT
2810 PRINT"      "
2820 PRINT"      "
2830 PRINT"      R      BILD NUMBER:
"

```

```

2850 PRINT"          R      Y-KOORDINATE
"B
2860 PRINT"          "
2870 PRINT"          "
2880 GOSUB3000
2890 IFF=1THEN2910
2892 GOSUB3200
2895 IFF=1THEN2910
2900 X(AZ)=A:Y(AZ)=B
2910 RETURN
3000 IFJ=N(AZ)THENRETURN
3010 PRINT"S":F=1
3020 PRINT"BITTE MESSUNG "K"BEI BILD "N
(AZ)"WIEDERHOLEN!"
3030 RETURN
3100 IFABS(A-X1(AZ))>2*DEANDABS(B-Y1(AZ
))>2*DETHENRETURN
3110 PRINT"S":F=1
3120 PRINT"1. MESSUNG BEREITS VORGENOMM
EN,BITTE MIT 2. MESSUNG FORTFAHREN!"
3130 RETURN

3200 IFABS(A-X2(AZ))>2*DEANDABS(B-Y2(AZ
))>2*DETHENRETURN
3210 PRINT"S":F=1
3220 PRINT"2. MESSUNG BEREITS VORGENOMM
EN,BITTE MIT 3. MESSUNG FORTFAHREN!"
3230 RETURN

5000 REM KOMMENTAR
5010 PRINT"S"
5020 PRINT"VOR DEM EINLEGEN DES FILMS
IN DAS AUSWERTEGERAET!"
5030 PRINT:PRINT:PRINT
5040 PRINT"ZEITMARKENABSTRAENDE AM EREIG
NISBEGINN UND AM ENDE MESSEN!"
5050 PRINT:PRINT:PRINT
5060 PRINT"MIT DEM MESSGITTER DAS AUSME
RTEGERAET EICHEN!"
5070 PRINT"IN X-RICHTUNG:LINKER BIS REC
HTER BILD- RAND CA. 20000 [E]"
5080 PRINT"GLEICHEN MASSTAB FUER Y-RICH
TUNG WAEHLEN"
5090 PRINT:PRINT:PRINT
5100 PRINT"W EINGEBEN WENN LESEN BEENDE
T!!!"
5110 GETF$:IFF$="W"THEN5200
5120 GOTO5110
5200 PRINT"S"
5210 PRINT"EINSTELLUNGEN AM DATENLESER
"
5220 PRINT:PRINT:PRINT
5230 PRINT"SCHALTER FUER FRAME NO.,X-KO
ORDINATE UNDY-KOORDINATE ON"
5240 PRINT"GEWUENSCHTEN BILDVORSCHUS ZW
ISCHEN ZWEI REGISTRIERUNGEN WAEHLEN!"
5250 PRINT"(MULTIPLE FRAME SELECTOR)"
5260 PRINT:PRINT:PRINT
5270 PRINT"W EINGEBEN WENN LESEN BEENDE
T!!!"
5280 GETF$:IFF$="W"THEN5400
5290 GOTO5280

```

```

5400 PRINT"S"
5410 PRINT"EINSTELLUNGEN AM STEUERGERA
ET/SPEISGER."

```

```

5415 PRINT:PRINT:PRINT
5416 PRINT"AUTO FRAME OFFR FILMTRANSPO
RT MANUELL!!!"
5417 PRINT"ODER"
5420 PRINT"AUTO FRAME ONR , THUMBWHEEL
3"
5421 PRINT"                                THUMBWHEEL 2
BEI MASS-"
5422 PRINT"                                STABSBESTIMMU
0"
5425 PRINT:PRINT:PRINT
5430 PRINT"DATENAUSGABE: AUTO, FRAME, CR. L
F                                THUMBWHEEL 1"
5440 PRINT:PRINT:PRINT
5450 PRINT"W EINGEBEN WENN LESEN BEENDE
T!!!"
5460 GETF$: IFF$="W" THEN 5600
5470 GOTO 5460

```

```

5600 PRINT"S"
5610 PRINT"VOR DEM MESSVORGANG!"
5615 PRINT:PRINT:PRINT
5620 PRINT"WAEHLEN SIE BILD NUMMER 0 =
ERSTES BILD VOR BEWEGUNGSBEGINN!"
5630 PRINT"BESTIMMEN SIE RUECKLAUFENDE U
VORLAUFENDEDES VERSCHLUSSES!"
5640 PRINT"BESTIMMEN SIE DIE MESSGENAUIG
KEIT FUER "
5650 PRINT"EINE KOORDINATE DURCH MEHRFA
CHES ANFAH- REN EINES MESSPUNKTES!"
5660 PRINT:PRINT:PRINT
5670 PRINT"W EINGEBEN WENN LESEN BEENDE
T!!!"
5680 GETF$: IFF$="W" THEN 5800
5690 GOTO 5680

```

```

5800 PRINT"S"
5810 PRINT"WAEHREND DES MESSABLAUFS!"
5820 PRINT
5830 PRINT"DIE MASSTABSMESSUNG KANN BEI
BELIEBIGER BILDNUMMER ERFOLGEN!"
5840 PRINT"BEI JEDEM AUSZUWERTENDEN BIL
D SIND DREI MESSUNGEN VORZUNEHMEN!"
5850 PRINT"                2 FESTE PUNKTE"
5860 PRINT"                1 BEWEGTER PUNKT"
5870 PRINT
5880 PRINT"BILD NR. 0 SOWIE DIE BILDER 8
EIM VORLAUF"
5890 PRINT"ENDE UND RUECKLAUFENDE MUES
SEN AUSGEWERT-ET WERDEN!"
5900 PRINT
5910 PRINT"WERDEN DATEN VOM RECHNER NIC
HT EINGELE-"
5920 PRINT"SEN BITTE NOCHMAL'S READR BE
TAEITIGEN!"
5930 PRINT"VORSICHT!! VORWAHL DER REGI
STRIERUNGEN PRO BILD BEACHTEN!!!"
5940 PRINT
5960 PRINT:PRINT:PRINT
5970 PRINT"W EINGEBEN WENN LESEN BEENDE
T!!!"
5980 GETF$: IFF$="W" THEN 60
5990 GOTO 5980

```

```

10 REM HUEFA DATENAUSWERTUNG
20 DP=.1:TP=1000:DO=.1
30 CO=0:K=0
40 PRINT"S":PRINT"KASSETTE #2 MIT DATEN
EINLEGEN!":PRINT:PRINT:PRINT
50 PRINT"EINGABE:FILMNUMMER"
60 INPUTA$
70 PRINT"EINGABE:NUMMER DER AUSGEWERTET
EN HUELSE"
80 INPUTB$
90 A$=A$+" "+B$+" ".HUELSE"
100 PRINT"EINGABE:UNTERSUCHTE WAFFE"
110 INPUTB$
120 B$=B$+" AUSWERTUNG:HUELSENAUSWURF/Y
ERSCHLUSSDYNAMIK":PRINT"S"
130 PRINT"EINGABE:GRAD DES POLYNOMS FUE
R STUECK- WEISE ANPASSUNG (1-10)"
140 INPUTN:N=INT(N)
150 IFN<10AND>10THENPRINT"S":GOTO130
160 PRINT"EINGABE:ANZAHL VERWENDETER ME
SSPUNKTE FUEER DIE ANPASSUNG 2*L+1"
165 PRINT"EINGABE:L"
170 INPUTL
180 POKE243,58:POKE244,3
190 OPEN1,2,0,A$
200 INPUT#1,AZ,RE,BE,MO,MB,P1,P2,DE
220 DIMR(AZ):DIMD(AZ):DIMF(AZ)
230 DIMAG(AZ):DIMV(AZ)
240 DIMM(N+1,N+1):DIMC(N+1,N+1):DIMS(2*
N+1)
250 DIMA(N+1):DIMB(N+1):DIMY(N+1):DIMZ(
N+1)
260 DIME$(30)
300 FORJ=1TOAZSTEP1
310 INPUT#1,I
315 INPUT#1,X1
320 INPUT#1,Y1
325 INPUT#1,X2
330 INPUT#1,Y2
335 INPUT#1,X
340 INPUT#1,Y
350 K=K+1:R(K)=I-CO
360 F1=X2-X1:F2=Y2-Y1
370 F3=X-X1:F4=Y-Y1
380 AL=ATN(F2/F1):A1=SIN(AL):A2=COS(AL)

390 XK=F3*A2+F4*A1:YK=-F3*A1+F4*A2
400 IFI=0THENX0=XK:Y0=YK
410 F5=(XK-X0):F6=(YK-Y0)
420 D(K)=SQR(F5*F5+F6*F6)*MO/MB
430 F1=ABS(F1):F2=ABS(F2):F3=ABS(F3)
440 F4=ABS(F4):F5=ABS(F5):F6=ABS(F6)
450 A1=ABS(A1):A2=ABS(A2)
460 F=(F1+F2)/((F1+F1+F2*F2))
470 DX=2*DE*(A1+A2+F*(F3*A1+F4*A2))
480 DY=2*DE*(A1+A2+F*(F3*A2+F4*A1))
490 IFI=0THENFX=DX:FY=DY
500 IFF5=0ANDF6=0THENF(K)=0:GOTO560
510 F(K)=D(K)*((F5*(DX+FX)+F6*(DY+FY))/
(F5*F5+F6*F6)+DO/MO+2*DE/MB)
520 IFD(K)>F(K)THEN560
530 IFI>RETHEN580
540 D(1)=D(K):F(1)=F(K)
550 CO=I:K=1
560 IFI=RETHENPQ=K
570 NEXTJ

```

```

500 AU=K
590 CLOSE1, 2, 0, A#
600 DINT(AU)
610 P3=P1+C0*(P2-P1)/BE
620 RH=(P2-P1)/(P3*BE):NU=P3*TP/7.6
630 P4=P3+R(AU)*(P2-P1)/BE
640 DEFFNF(I)=LOG(1+I*RH)/(RH*NU)
650 DEFFNG(I)=I*DP*(P3+P4)*ABS(1/(1+RH)-1/(1+I*RH)*LOG(1+I*RH))/(R(AU)*P3*P3)

660 IF P2>P1 THEN GOTO 690
670 DEFFNF(I)=15.2*I/((P1+P2)*TP)
680 DEFFNG(I)=0
690 FOR J=1 TO AUSTEP1
700 T(J)=1000*FNF(R(J))
710 NEXT J

```

```

800 PRINT "S":PRINT "GLAETUNG DER MESSWE
RTE DURCH POLYNOME "N"-TEN GRADES"
810 FOR I=1 TO AUSTEP1
820 IF I<(L+1) AND I<(PG-L) THEN GOTO 850
830 IF I<(PG+L) AND I<(AU-L) THEN GOTO 850
840 AG(I)=0:V(I)=0:GOTO 920
850 GOSUB 2000
860 AG(I)=Z(N+1):V(I)=Z(N+1)
870 FOR K=NT01STEP(-1)
880 AG(I)=Z(K)+AG(I)*T(I)
890 IF K=1 THEN GOTO 910
900 V(I)=AG(I)+V(I)*T(I)
910 NEXT K
920 NEXT I

```

```

1000 PRINT "S":PRINT "DRUCKER FUER ERGEBN
ISAUSGABE EINSCHALTEN"
1010 Z#=B#:GOSUB 10000:GOSUB 10200
1020 Z#="FILMNUMMER "+A#:GOSUB 10000:GOS
UB 10200
1030 GOSUB 10300:GOSUB 3500:GOSUB 10300
1040 Z#=" BNR TC[MSEC] +-[MSEC] ORTC
MM] +-[MM] "
1050 Z#=Z#+"AUSGL. [MM] VM/SEC] +-[CM
/SEC]"
1060 GOSUB 10000:GOSUB 10200
1070 GOSUB 10300:GOSUB 3500:GOSUB 10300
1080 FOR I=1 TO AUSTEP1
1090 R=3:K=0:Q=R(I):GOSUB 6000
1100 R=5+FK:K=1:Q=T(I):GOSUB 6000
1110 IF R(I)=0 THEN K1=0:GOTO 1130
1120 K1=FNG(R(I))
1130 R=7+FK:K=1:Q=T(I)*(K1+DP/P3):DT=0:
GOSUB 6000
1140 R=8+FK:K=1:Q=D(I):GOSUB 6000
1150 R=7+FK:K=1:Q=F(I):GOSUB 6000
1160 R=9+FK:K=1:Q=AG(I)
1170 IF Q=0 THEN GOSUB 6200
1180 IF Q<0 THEN GOSUB 6000
1190 R=8+FK:K=1:Q=V(I)
1200 IF Q=0 THEN GOSUB 6200
1210 IF Q<0 THEN GOSUB 6000
1220 IF V(I)=0 THEN GOTO 1260
1230 D1=T(I-L)*(FNG(R(I-L))+DP/P3)
1235 D2=T(I+L)*(FNG(R(I+L))+DP/P3)

```

```

1240 K1=ABS((D1-D2)/(T(I+L)-T(I-L)))
1250 K2=ABS((F(I+L)+F(I-L))/(AG(I+L)-AG
(I-L)))
1260 R=10+FK:K=1:Q=ABS(V(I))*(K1+K2)
1270 IFQ=0THENGOSUB6200
1280 IFQ>0THENGOSUB6000
1290 GOSUB10200
1300 NEXTI
1310 GOSUB10300:GOSUB3500:GOSUB10300
1320 Z#="DIE MESSWERTE WURDEN STUECKWEI
SE DURCH POLYNOME":GOSUB10000
1330 Z=N:GOSUB10100
1340 Z#="-TEN GRADES GEGLAETTET":GOSUB1
0000
1350 GOSUB10200:GOSUB10300
1360 Z#="HIERBEI WURDEN JEWELLS":GOSUB1
0000
1370 Z=2*L+1:GOSUB10100
1380 Z#="MESSPUNKTE VERWENDET":GOSUB10
000
1390 GOSUB10200
1400 FORJ=1TO3STEP1:GOSUB10300:NEXTJ
1410 FORJ=1TO30STEP1:READE#(J):NEXTJ
1420 GOSUB3500:GOSUB10300
1430 Z#=" T[MSEC]          EREIGNIS":GOSU
B10000:GOSUB10200
1440 GOSUB10200:GOSUB3500:GOSUB10300
1450 POKE243,58:POKE244,3
1460 OPEN2,2,0,A#
1470 INPUT#2,I
1480 INPUT#2,NR
1485 I=I-00
1490 R=4:K=1:Q=1000*FNF(I):GOSUB6000
1500 Z=10+FK:GOSUB10500
1510 Z#=E#(NR):GOSUB10000:GOSUB10200
1520 IFI=8ETHENGOTO1540
1530 GOTO1470
1540 CLOSE2,2,0,A#
1550 GOSUB10300:GOSUB3500:GOSUB10300
1560 END

```

```

2000 REM POLYNOMANPASSUNG
2010 FORJ=1TO(N+1)STEP1
2020 FORK=1TO(N+1)STEP1
2030 M(K,J)=0:C(K,J)=0
2040 NEXTK
2050 B(J)=0:Z(J)=0:A(J)=0:Y(J)=0
2060 NEXTJ
2070 FORJ=1TO2*NSTEP1
2080 S(J)=0:NEXTJ
2090 S(0)=2*L+1:SA=10↑30:P=0
2100 FORK=(I-L)TO(I+L)STEP1
2110 H=D(K):G=T(K)
2120 B(1)=B(1)+H:S(1)=S(1)+G
2130 FORJ=2TO(N+1)STEP1
2140 H=H*T(K):B(J)=B(J)+H
2150 NEXTJ
2160 FORJ=2TO2*NSTEP1
2170 G=G*T(K):S(J)=S(J)+G
2180 NEXTJ
2190 NEXTK

```

2200 REMAEQUILIBRIERUNG, SPALTENPIVOTIS-
ERUNG

```
2210 FORJ=1TO(N+1)STEP1
2220 MX=S(J-1)
2230 FORK=JTO(J+N-1)STEP1
2240 IFS(K)>MXTHENMX=S(K)
2250 NEXTK
2260 IFJ=1THENM1=MX
2270 FORK=1TO(N+1)STEP1
2280 Z=J+K-2
2290 M(J,K)=S(Z)/MX
2300 NEXTK
2310 B(J)=B(J)/MX
2320 NEXTJ
2330 MX=M(1,1):K=1
2340 FORQ=2TO(N+1)STEP1
2350 IFM(Q,1)>MXTHENMX=M(Q,1):K=Q
2360 NEXTQ
2370 FORJ=1TO(N+1)STEP1
2380 M(1,J)=M(K,J)
2390 M(K,J)=S(J-1)/M1
2400 NEXTJ
2410 REM FAKTORZERLEGUNG
2420 FORJ=1TO(N+1)STEP1
2430 C(1,J)=M(1,J)
2440 IFJ=2THENC(J,1)=M(J,1)/C(1,1)
2450 NEXTJ
2460 FORQ=2TO(N+1)STEP1
2470 S=0
2480 FORJ=1TO(Q-1)STEP1
2490 S=S+C(Q,J)*C(J,Q)
2500 NEXTJ
2510 C(Q,Q)=M(Q,Q)-S
2520 IFQ=N+1THENGOTO2640
2530 FORK=(Q+1)TO(N+1)STEP1
2540 S1=0:S2=0
2550 FORJ=1TO(Q-1)STEP1
2560 S1=S1+C(Q,J)*C(J,K)
2570 S2=S2+C(K,J)*C(J,Q)
2580 NEXTJ
2590 C(Q,K)=M(Q,K)-S1
2600 C(K,Q)=(M(K,Q)-S2)/C(Q,Q)
2610 NEXTK
2620 NEXTQ
2630 REM LINKSSYSTEM
2640 Y(1)=B(1)
2650 FORQ=2TO(N+1)STEP1
2660 S=0
2670 FORK=1TO(Q-1)STEP1
2680 S=S+C(Q,K)*Y(K)
2690 NEXTK
2700 Y(Q)=B(Q)-S
2710 NEXTQ
2720 REM RECHTSSYSTEM
2730 A(N+1)=Y(N+1)/C(N+1,N+1)
2740 NA=A(N+1)
2750 FORQ=NTO1STEP(-1)
2760 S=0
2770 FORJ=(Q+1)TO(N+1)STEP1
2780 S=S+C(Q,J)*A(J)
2790 NEXTJ
2800 A(Q)=(Y(Q)-S)/C(Q,Q)
2810 IFABS(A(Q))>NATHENNA=ABS(A(Q))
2820 NEXTQ
2830 Z(1)=Z(1)+A(1):NZ=Z(1)
2840 FORQ=2TO(N+1)STEP1
2850 Z(Q)=Z(Q)+A(Q)
2860 IFABS(Z(Q))>NZTHENNZ=ABS(Z(Q))
```

```

2870 NEXTQ
2880 SU=0
2890 FORK=(I-L)TO(I+L)STEP1
2900 S=Z(N+1)
2910 FORJ=NT01STEP(-1)
2920 S=Z(J)+S*T(K)
2930 NEXTJ
2940 PA=D(K)-S
2950 SU=SU+PA*PA
2960 NEXTK
2970 IFSAC=SUTHENGOTO3110
2980 SA=SU
2990 IFNA/NZ>=.01ANDNA/NZ<1THENGOTO3100

3000 P=P+1
3010 IFP=10THENGOTO3140
3020 FORQ=1TO(N+1)STEP1
3030 S=0
3040 FORJ=1TO(N+1)STEP1
3050 S=S+M(Q,J)*A(J)
3060 NEXTJ
3070 B(Q)=B(Q)-S
3080 NEXTQ
3090 GOTO2630
3100 PRINT"SCHLECHT KONDITIONIERTES SYS
TEM BEI BILD"R(I):GOTO3000
3110 FORQ=1TO(N+1)STEP1
3120 Z(Q)=Z(Q)-A(Q)
3130 NEXTQ
3140 RETURN

```

```

3500 Z$="":R$="-"
3510 FORJ=1TO80STEP1

3520 Z$=Z$+R$
3530 NEXTJ
3540 GOSUB10000:GOSUB10200
3550 RETURN

```

```

4000 DATA VERSCHLUSS BEFINDET SICH IN R
UHE
4010 DATA BEGINN DES VERSCHLUSSRUECKLAU
FS
4020 DATA BEGINN DES RUECKLAUFS VON VER
SCHLUSS UND LAUF
4030 DATA ENTRIEGELUNG VON VERSCHLUSS U
ND LAUF
4040 DATA ENTWEICHEN VON PULVERSCHMACH
4050 DATA LAUF SINKT NACH UNTEN AB
4060 DATA HUELSEN MUND PASSIERT PATRONEN
LAGERBODEN
4070 DATA HUELSE TRIFFT AUF DEN AUSWERF
ER
4080 DATA HUELSE SCHLEIFT UEBER DIE MAG
AZINLIPPE
4090 DATA HUELSE STEHT SENKRECHT ZUR LA
UFSEELENACHSE

```

4100 DATA HUELSE SCHLAEGT SEITLICH AM V
 ERSCHLUSS AN
 4110 DATA HUELSE SCHLAEGT OBEN AMVERSCH
 LUSS AN
 4120 DATA ENDE DES VERSCHLUSSRUECKLAUFS

 4130 DATA ENTWEICHEN VON PULVERSCHMAUCH
 AM LAUFENDE
 4140 DATA HUELSE ENGLEERT UNVERBRANNT
 PULVERTEILCHEN
 4150 DATA NEUE PATRONE IM PATRONENLAGER
 WIRD NACH OBEN GEDRUECKT
 4160 DATA BEGINN DES VERSCHLUSSVORLAUFS

 4170 DATA VERSCHLUSS ERFASST NEUE PATRO
 NE AUS DEM MAGAZIN
 4180 DATA BEGINNENDE SCHRAEGSTELLUNG DE
 R PATRONE
 4190 DATA MAXIMALE SCHRAEGLAGE DER ZUGE
 FUEHRTEN PATRONE
 4200 DATA BODEN DER PATRONE RUTSCHT UEB
 ER DEN STOSSBODEN
 4210 DATA WAFFE VERIEGELT
 4220 DATA GEMEINSAMER VORLAUF VON VERSCH
 LUSS UND LAUF
 4230 DATA ENDE DES VORLAUFS VON VERSCHL
 USS UND LAUF
 4240 DATA ENDE DER VERSCHLUSSVORLAUFBEW
 EGUNG
 4250 DATA LETZTE HUELSE:VERSCHLUSS GEFA
 NGEN
 4260 DATA 0,0,0,0

6000 FA=1:IFK=0THENGOTO6020
 6010 FORJ=1TOKSTEP1:FA=FA*10:NEXTJ
 6020 P=Q*FA:PQ=INT(P)
 6030 IFP-PQ=>5THENPQ=PQ+1
 6040 Q=PQ/FA:FK=-K
 6050 IFQ=INT(Q)THENFK=1:GOTO6090
 6060 FORJ=KT01STEP(-1)
 6070 SQ=INT(PQ/10)
 6080 IFSQ*10=PQTHENFK=FK+1:PQ=SQ:NEXTJ
 6090 P=ABS(Q):FA=1:J=0
 6100 IFP/FA=>1THENJ=J+1:FA=FA*10:GOTO61
 00
 6110 IFP=0THENJ=1
 6120 Z=R-J:GOSUB10500
 6130 Z=Q:GOSUB10100
 6140 RETURN
 6200 FK=1:Z=R:GOSUB10500
 6210 Z#="-":GOSUB10000
 6220 RETURN

Anwendungsbeispiel : Programm HUEFA

PM 63 AUSWERTUNG:HUELSEN AUSWURF/VERSCHLUSSDYNAMIK
FILMNUMMER 13/81 2. HUELSE

BNR	T [MSEC]	+- [MSEC]	ORT [MM]	+- [MM]	AUSGL. [MM]	VEL [M/SEC]	+- [M/SEC]
0	0	0	2		-	-	-
5	1.4	0	3		-	-	-
10	2.8	0	5		-	-	-
20	5.7	0	1.7		1.7	4	0
30	8.5	0	3.1		3.1	5.5	0
40	11.3	0	4.7		4.7	6.5	1
50	14.2	.1	6.6		6.4	4	1
55	15.6	.1	7.2		7.1	2	0
60	17	.1	7		7.1	1	1
65	18.4	.1	7		7	0	0
70	19.8	.1	7.2		7.1	2	1
75	21.2	.1	7.3		7.4	2	1
8	22.6	.1	8		8	4	1
85	24	.1	8.8		8.8	6	1
90	25.4	.1	9.6		9.6	6	1
100	28.3	.1	11.5		11.5	7	1
110	31.1	.2	13.5		13.5	8	1
120	33.9	.2	15.9		15.9	9	1
130	36.7	.2	18.7		18.7	1.1	1
140	39.4	.2	22		21.9	1.2	1
150	42.2	.2	25.5		25.5	1.3	1
160	45	.3	29.4		29.5	1.5	1
170	47.8	.3	33.8		33.7	1.6	1
180	50.6	.3	38.1		38.2	1.7	1
190	53.4	.3	43	4	43	1.8	1
200	56.1	.4	48	4	48	1.9	1
210	58.9	.4	53.2	4	53.2	2	1
220	61.7	.4	58.7	4	-	-	-
225	63	.4	61.8	4	-	-	-
229	64.1	.4	63.2	4	-	-	-
231	64.7	.4	68.9	4	-	-	-
233	65.2	.4	58.7	4	-	-	-
235	65.8	.4	56.1	4	56.2	1.4	1
237	66.3	.4	53.7	4	53.7	1.4	1
239	66.9	.5	51.4	4	51.4	1.4	1
241	67.3	.5	49.2	4	49.2	1.4	1
243	68	.5	47.1	4	47	1.3	1
245	68.6	.5	44.9	4	44.9	1.2	1
249	69.7	.5	40.7	4	40.6	1.3	1
253	70.8	.5	36.4	4	36.3	1.3	1
257	71.9	.5	32.4	4	32.4	1.3	1
261	73	.5	28.4	4	28.4	1.3	1
265	74	.5	24.5	4	24.4	1.3	1
269	75.1	.5	20.4	4	20.5	1.3	1
273	76.2	.5	16.7	4	16.7	1.4	1
277	77.3	.5	13	4	13	1.3	1
281	78.4	.6	9.4	4	9.4	1.3	1
285	79.5	.6	5.9	4	5.8	1.2	1
289	80.6	.6	2.6	4	-	-	-
293	81.7	.6	6	4	-	-	-
297	82.8	.6	8	4	-	-	-

DIE MESSWERTE WURDEN STUECKWEISE DURCH POLYNOME 2-ten GRADES BEGLAETET
HIERBEI WURDEN JEWELIS 5 MESSPUNKTE VERWENDET

TIMESEC]

EREIGNIS

-1. 4	VERSCHLUSS BEFINDET SICH IN RUHE
-1. 1	BEGINN DES VERSCHLUSSVORLAUFS
43. 6	VERSCHLUSS ERFASST NEUE PATRONE AUS DEM MAGAZIN
53. 4	MAXIMALE SCHRAEGLAGE DER ZUGEFUEHRTEN PATRONE
54. 7	BODEN DER PATRONE RUTSCHT UEBER DEN STOSSBODEN
58. 9	BODEN DER PATRONE RUTSCHT UEBER DEN STOSSBODEN
64. 1	ENDE DER VERSCHLUSSVORLAUFBEWEGUNG
64. 4	BEGINN DES VERSCHLUSSRUECKLAUFS
64. 4	ENTWEICHEN VON FULVERSCHMAUCH
68	HUELSEN MUND PASSIERT PATRONENLAGERBODEN
71. 9	HUELSE TRIFFT AUF DEN AUSWERFER
76. 2	HUELSE STEHT SENKRECHT ZUR LAUFSEELENACHSE
82. 8	ENDE DES VERSCHLUSSRUECKLAUFS