

Untersuchung

über die

Vibration des Gewehrlaufes

(Schluss)

von

C. Cranz und **K. R. Koch.**

II. Schwingungen in horizontaler Ebene.

(Mit 3 Tafeln.)

Untersuchung

über die

Vibration des Gewehrlaufes

(Schluss)

von C. Grass und K. R. Kohn.

II. Schwingungen in horizontaler Ebene.

(Mit 3 Tafeln)

Verlag von Julius Springer, Berlin.

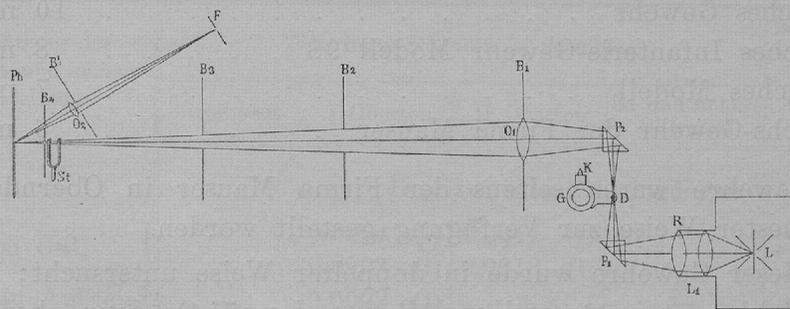
Wenn man irgend einen stabförmigen cylindrischen elastischen festen Körper durch einen nahezu axial geführten Stoss in elastische Vibrationen versetzt, so werden im allgemeinen die entstehenden Schwingungen nicht in irgend einer bestimmten Ebene stattfinden, sondern es werden elliptische Schwingungen auftreten. Durch einen Versuch mit einem einseitig festgeklemmten Stabe, den man mit einem Hammer an seiner Stirnfläche anschlägt, kann man sich leicht durch directe Beobachtung von der Richtigkeit dieser Behauptung überzeugen. Da bei den durch den Explosionsstoss hervorgegerufenen Schwingungen des Gewehrlaufes die Verhältnisse ähnlich liegen, so wird die Annahme gerechtfertigt sein, dass auch die Schwingungen des Laufes elliptisch sind. Zur genauen Beschreibung dieser Schwingungen würde man nicht nur die jeweiligen Grössenverhältnisse der Axen dieser von den einzelnen Punkten beschriebenen Ellipsen, sondern auch die räumliche Orientirung derselben feststellen müssen; dies würde sich erreichen lassen, wenn man die schwingenden Punkte in der Richtung der Axe beobachten bzw. photographisch fixiren würde. Es würde sich dann wohl auch beim Gewehrlauf zeigen, dass ebenso wie bei einem festen cylindrischen Stab diese Axen der Schwingungs-Ellipsen nicht nur ihre Grössenverhältnisse, sondern auch ihre Lage im Raum ändern würden. Die Schwierigkeit derartiger Beobachtungen in axialer Richtung liess es uns, zumal solche bei den durch einen scharfen Schuss in Vibration gesetzten Gewehrläufen sowohl für die Beobachter wie für die Apparate nicht ganz harmlos sind, gerathener erscheinen, die auftretenden Schwingungen durch Messung und photographische Fixirung der in zwei aufeinander rechtwinkligen Richtungen (vertical und horizontal) stattfindenden Elongationen zu untersuchen. Die Untersuchung der in verticaler Richtung hierbei auftretenden Schwingungen bildete den Inhalt unserer früheren Mittheilungen (vergl. Abh. d. k. bayer. Akademie II. Cl. XIX. Bd. III. Abth. Seite 754 und XX. Bd. III. Abth. Seite 593 ff.; diese mögen im Folgenden mit l. c. I und l. c. II bezeichnet werden); die vorliegende betrifft die in horizontaler

Ebene stattfindenden Vibrationen. Für die etwaige praktische Verwerthung dieser Versuchsergebnisse wird eine Untersuchung solcher Art auch vollkommen ausreichend sein, da man das Beschußresultat immer durch die im verticalen und horizontalen Sinne auftretenden Abweichungen vom Zielpunkt auszudrücken pflegt.

Methode: Wir verfahren im allgemeinen ebenso wie früher beschrieben. Die in horizontalem Sinne auftretenden Schwingungen wurden wie sonst photographisch fixirt, die Auslösung des Schusses geschah auf pneumatischem Wege, automatisch beim Vorüberziehen der photographischen Platte am Spaltbild. Das Gewehr war hierbei in Aufstellung *B* (vergl. idem XIX. Bd. Seite 754) in Kork eingeklemmt, jedoch war die hintere Platte *F* (Fig. V eodem loco) um 90° gedreht, so dass das Gewehr auf der Seite lag, also die bei gewöhnlicher Haltung des Gewehres in horizontaler Richtung erfolgenden Schwingungen jetzt in verticaler vor sich gingen. Bei dieser Beobachtungsart konnten alle unsere sonstigen Vorrichtungen dieselben bleiben; trotzdem glaubten wir doch diese bequeme Beobachtungsmethode verlassen zu sollen, da möglicherweise der Einwurf gemacht werden könnte, dass, da die Schwingungen bei dieser Stellung unter dem Einfluss der continuirlich wirkenden Schwerkraft erfolgten, dieselben in Bezug auf Amplitude etc. andere sein könnten, als wenn das Gewehr in gewöhnlicher Weise gehalten wäre; namentlich beim Schiessen mit aufgepflanztem Seitengewehr möchte diesem Einwurf eine gewisse Berechtigung nicht abzuspochen sein, da das freie Ende des eingespannten Gewehres sich hierbei durch die Schwere um 1,6 mm senkte. Um derartigen Einwendungen von vornherein zu begegnen, kehrten wir zur alten Aufstellung zurück d. h. wir befestigten das Gewehr in gewöhnlicher Lage in Aufstellung *B* (cf. oben) in Kork; indem wir das Drähtchen (l. c. I p. 755), dessen Bewegung uns die Schwingungscurve aufzeichnen sollte, jetzt seitlich vom Kork an Klebwachsälchen befestigten.

Die optische Einrichtung musste dementsprechend anders gestaltet werden. Die nebenstehende Figur giebt eine Skizze derselben. Das Licht der el. Bogenlampe *L* fällt durch eine runde Blendenöffnung *R*, durch ein Linsensystem *L'* convergent gemacht und vermittelst des Reflexionsprismas *P*₁ nach oben geworfen auf das am Gewehrlauf *G* befestigte Drähtchen *D*, das sich hierdurch in einem hellen Lichtkegel befindet; von hier aus geht das etwas divergirende Strahlenbündel zum Reflexionsprisma *P*₂, erleidet hier eine abermalige Reflexion und verläuft nun horizontal durch das abbildende photographische Objectiv *O*₁ und gelangt durch mehrere Blenden *B*₁ bis *B*₃ auf die Spaltblende *B*₄, durch diese hindurch entsteht auf der photographischen

Platte *Ph* ein scharfbegrenzter verticaler Lichtstreif, in den hinein das durch das Objectiv *O* erzeugte Silhouettenbild des Drahtes *D* fällt. Dicht vor *B₄* befindet sich dann die Stimmgabel, die einen Draht trägt, dessen Schatten ebenfalls in jenem Lichtstreifen erscheint. Auf der Platte entsteht mithin wiederum die l. c. I p. 755, Fig. VIa skizzirte Schattenfigur. Wie aus dieser Beschreibung ersichtlich, haben wir den optischen Theil etwas abgeändert. Während wir früher l. c. I p. 755 Fig. VI in die Ebene des Drahtes *D* ein Bild eines von der Lampe beleuchteten Spaltes projecirten und dies reelle Spaltbild sammt dem in derselben Ebene befindlichen Draht durch das photographische Objectiv auf der Platte *Ph* abbildeten, haben wir diesmal auf den Spalt gänzlich verzichtet, da zur Abblendung der Beugungsbilder doch noch



Blenden (speciell Blende *B₄*) nothwendig waren. Wir konnten auf diese Weise einen bedeutend helleren Lichtstreif auf der Platte als früher erzeugen, dies war um so nothwendiger, als durch Anwendung der zwei Reflexionsprismen eine gewisse Abnahme der Lichtsensität unvermeidlich war;¹⁾ auf diese Weise gelang es uns einen circa nur 1 mm breiten Lichtstreif ohne wesentlichen Hof hervorzurufen. (*F*) ist eine Funkenstrecke, von der durch das Objectiv *O₂* ein Bild in der Mitte des Lichtstreifs entworfen wird; zwischen *F* springt, wie (l. c. I p. 762) beschrieben ist, in dem Moment, in welchem das Geschoss die Mündung des Laufes verlässt, ein Funke über, so dass dieser Moment wiederum auf der vorübergezogenen Platte *Ph* zeitlich in Bezug auf die Schwingungen des Laufes fixirt ist; in unseren Photographien ist dieser Punkt mit γ bezeichnet. Die electromagnetisch erregte Stimmgabel befindet sich, wie erwähnt, unmittelbar vor dem Spalt *B₄*, und es zeichnet entweder der

¹⁾ Besonders wichtig für die Schärfe bzw. die Dunkelheit der Schatten ist die circa 15 cm hinter dem Objectiv befindliche Blende von 1 cm Oeffnung, die das durch die innere Reflexion im Objectiv hervorgerufene Nebenlicht beseitigt.

schwingende Stimmgabelzinken selber oder ein an ihm befestigter horizontaler Draht auf der vorübergezogenen Platte ihre Schwingungen auf und giebt, wenn die Schwingungsdauer bekannt ist, ein Zeitmass für die auf der Platte abgebildeten Schwingsvorgänge. Die Vergrösserung, die durch das Objectiv *O* hervorgerufen wurde, war ungefähr 14fach (schwankte zwischen $13\frac{1}{2}$ — $14\frac{1}{2}$ fach); die Amplituden der Schwingungen auf den beigegebenen Figuren-Tafeln besitzen mithin sämtlich ungefähr die nämliche Vergrösserung.

Versuche.

Benutzt wurden für die Versuche:

- | | | |
|--|-------|------|
| 1) Gewehr vom Typus des Mauser-Gewehrs Modell 71 | 11 mm | Cal. |
| 2) Serbisches Gewehr | 10 mm | „ |
| 3) Deutsches Infanterie-Gewehr Modell 98 | 8 mm | „ |
| 4) Spanisches Modell | 7 mm | „ |
| 5) Versuchs-Gewehr der Firma Mauser | 6 mm | „ |

Diese Gewehre waren seitens der Firma Mauser in Oberndorf a/N. in dankenswerthester Weise zur Verfügung gestellt worden.

Jedes dieser Gewehre wurde in doppelter Weise untersucht; einmal fest in Kork eingeklemmt in Aufstellung *B* (l. c. I p. 754), dann aber, um unter denselben Verhältnissen zu beobachten, wie dieselben beim freihändig abgegebenen Schuss vorliegen, mittelst des (l. c. II p. 603) beschriebenen „künstlichen Schützen“. Bei dieser letzteren Beobachtungsart findet natürlich ein starker Rückstoss sowie ein sogenanntes „Bocken“ (Aufwärtsbewegung der Mündung) statt; hierbei ist es dann kaum zu vermeiden, dass bald nachdem das Geschoss den Lauf verlassen hat, entweder die Klebwachssäulchen, die den Draht tragen, oder Theile des Laufes selber in Folge des Rücklaufs oder des Bockens ins Gesichtsfeld kommen und dadurch eine Beschattung des Lichtstreifens auf der Platte hervorrufen; derartig mit dem künstlichen Schützen hergestellte Photographien werden deshalb in der Regel nur die ersten Schwingungszustände geben, die nicht direct erlauben festzustellen, mit welcher Art von Schwingungen wir es zu thun haben.¹⁾ Um diese Schwierigkeit (in

¹⁾ Dieser verhältnissmässig starke Rücklauf wurde dadurch hervorgerufen, dass wir, um den Verhältnissen beim freihändigen Schuss möglichst nahe zu kommen, die eiserne Platte, gegen die das Gewehr sich stützte, (die also die Schulter des Schützen ersetzte) *F* (Fig. V l. c. I p. 753) mit einem Polster belegt hatten. Da nun die Länge des Drähtchens ebenfalls wegen der Kürze der vordersten schwingenden Abtheilung des Laufes beschränkt war, so gelangten dann bei dem unvermeidlichen Rücklauf des Gewehres, wie oben erwähnt, die Klebwachssäulen in das Gesichtsfeld.

der Erkenntniss der Schwingungsart) zu heben, stellten wir deshalb, wie erwähnt, mit jedem der Gewehre Versuche bei fester Einklemmung in Kork in Aufstellung (*B*) an; die so erhaltenen Photographien geben dann entsprechend der Länge der Platte ein vollkommenes Bild der Schwingungen und erlauben die Schwingungsdauern und Amplituden der auftretenden Grund- und Obertonschwingungen auszumessen. Es ergab sich nun für die verschiedenen Gewehrtypen Folgendes:

Tabelle I.

Nummer des Versuches	Bezeichnung des Gewehres und seiner Aufstellung	Schwingungsdauern in Secunden				Beim Geschossaustritt führt die Mündung Schwingungen aus	
		Grundton	I Oberton	II Oberton	III und höhere Obertöne	bestehend aus	nach
Horizontale Schwingungen							
1	11 mm Cal. Gewehr in Aufstellung <i>B</i> in Kork festgeklemmt	v	0:0094 (1)	0:0017 (1)	—	C: I II	(r)
2		v	0.0093 (1)	0.0013 (1)	—	C: I II	(r)
8		v	0.0092 (1)	v	—	C: I II	(r)
10		v	0.0105 (1)	0.0017 (1)	—	C: I II	(r)
11		v	0.0093 (1)	0.0017 (1)	—	C: I II	(r)
	Mittelwerthe . .	v	0.0095 (1)	0.0016 (1)	—	C: I II	(r)
Vergl. hierzu Tafel I Fig. 1.							
15	Gewehr durch künstlichen Schützen gehalten	v	0.0029 (1)	v (1)	} viele höhere Obertöne	?	(?)
15 _a		v	v (1)	v (1)		C: I II	(r)
16		—	v (1)	v (1)		C: I II III	(r)
						Im Ganzen praevalirt der II Oberton.	
Vergl. hierzu Tafel I Fig. 2.							

Tabelle II.

Nummer des Versuches	Bezeichnung des Gewehres und seiner Aufstellung	Schwingungsdauern in Secunden				Beim Geschossaustritt führt die Mündung Schwingungen aus	
		Grundton	I Oberton	II Oberton	III und höhere Obertöne	bestehend aus	nach
	10 mm Cal.	Horizontale Schwingungen					
20	Aufstellung B	v (l)	0:0076 (r)	0:0034 (l)	—	C: Gr. I II	(r)
21	Gewehr in Kork festgeklemmt	v (l)	0.0079 (r)	0.0029 (l)	—	C: Gr. I II	(r)
	Mittelwerthe . .	v (l)	0.00775 (r)	0.00315 (l)	—	C: Gr. I II	(r)
		Vergl. hierzu Tafel I Fig. 3.					
36	Gewehr durch künstlichen Schützen gehalten	v (l)	v (r)	0.0021 (l)	v (r)	?	(r)
37		v (l)	v (r)	0.0019 (l)	v (r)	?	(r)
	Mittelwerthe . .	v (l)	v (r)	0.0020 (l)	v (r)	?	(r)
		Es praevalirt der II Oberton					
		Vergl. hierzu Tafel I Fig. 4.					
		Verticale Schwingungen					
28	Aufstellung B	0.0300 (u)	0.00575 (u)	v (o)	v —	C: I II	(o)
29	Gewehr in Kork festgeklemmt	0.0279 (u)	0.00564 (u)	v (o)	v —	C: I II	(o)
	Mittelwerthe . .	0.0290 (u)	0.00570 (u)	v (o)	v —	C: I II	(o)
30	Gewehr durch künstlichen Schützen gehalten	v (u)	v (u)	v (o)	v —	C: I II	(o)
31		v (u)	v (u)	v (o)	v —	C: I II	(o)
		Es praevalirt der I Oberton.					

Tabelle III.

Nummer des Versuches	Bezeichnung des Gewehres und seiner Aufstellung	Schwingungsdauern in Secunden				Beim Geschossaustritt führt die Mündung Schwingungen aus	
		Grundton	I Oberton	II Oberton	III und höhere Obertöne	bestehend aus	nach
Horizontale Schwingungen							
66	8 mm Cal. Aufstellung B Gewehr in Kork festgeklemmt	v	0:0088	—	—	C: I II	(r)
67		0:045	0.0092	v	—	—	—
68		v	0.0088	0:0022	—	C: I II	(r)
69		0.041	0.0083	—	—	—	—
70		v	0.0091	0.0024	—	C: I II	(r)
71		v	0.0085	0.0023	—	—	—
72		v	0.0089	0.0024	—	C: II III	(r)
	Mittelwerthe . .	0.043	0.0088	0.0023	—	C: I II	(r)
Vergl. hierzu Tafel II Fig. 5.							
75	Gewehr durch künstlichen Schützen gehalten	v	0.0092	v	v	III	(l)
76		—	v	v	v	III	(l)
77		—	—	—	v	III	(r)
78		—	v	v	v	III	(l)
40		—	—	v	0.00106 (?)	III	(r)
41		—	—	v	0.00114 (?)	III	(r)
Vergl. hierzu Tafel II Fig. 6.							

Tabelle IV.

Nummer des Versuches	Bezeichnung des Gewehres und seiner Aufstellung	Schwingungsdauern in Secunden				Beim Geschossaustritt führt die Mündung Schwingungen aus		
		Grundton	I Oberton	II Oberton	III und höhere Obertöne	bestehend aus	nach	
Horizontale Schwingungen								
55	7 mm Cal. Aufstellung B Gewehr in Kork festgeklemmt	v (1)	0:0077 ₅ (1)	0:0023 ₆ (1)	—	C: I II	(1)	
56		—	v	v	—	C: I II	(1)	
57		v (1)	0.0079 (1)	0.0023 (1)	—	C: I II	(1)	
58		v (1)	0.0074 (1)	0.0021 (1)	—	C: I II	(1)	
59		v (1)	0.0072 (1)	0.0021 (1)	—	C: I II	(1)	
60		v (1)	0.0072 (1)	v	—	I	(1)	
61		v (1)	0.0081 (1)	0.0021 (1)	—	C: I II	(1)	
63		v (1)	0.0074 ₅ (1)	0.0021 (1)	—	C: I II	(1)	
64		v (1)	0.0076 (1)	0.0020 (1)	—	C: I II	(1)	
65		v (1)	0.0073 (1)	v (1)	—	C: I II	(1)	
82		v (1)	0.0081 (1)	v (1)	—	—	—	
83		v (1)	0.0086 (1)	v (1)	v	höheren	} Obertönen	(1)
84		v (1)	0.0083 (1)	v (1)	höhere v	höheren		(1)
85		v (1)	0.0086 (1)	v (1)	höhere v	höheren		(1)
		Mittelwerthe . .	v (1)	0.0078 (1)	0.00215 (1)	—	—	(1)
Vergl. hierzu Tafel II Fig. 7.								
43	Gewehr durch künstlichen Schützen gehalten	—	—	—	—	C: I II	(r)	
44		—	—	—	—	C: I II	(r)	
45		—	—	—	—	C: I II	(r)	
46		—	—	—	—	C: I II	(r)	
79		v	—	—	höhere v	höheren	} Obertönen	(1)
80		v	v	v	höhere v	höheren		(1)
81		—	—	—	höhere v	höheren		(1)
94		—	v	v	III v	III	(r)	
95		v	v	v	III v	III	(r)	
Vergl. hierzu Tafel II Fig. 8.								

Tabelle V.

Nummer des Versuches	Bezeichnung des Gewehres und seiner Aufstellung	Schwingungsdauern in Secunden				Beim Geschossantritt führt die Mündung Schwingungen aus	
		Grundton	I Oberton	II Oberton	III und höhere Obertöne	bestehend aus	nach
Horizontale Schwingungen							
86	6 mm Cal. Aufstellung B Gewehr in Kork festgeklemmt	0:0390 (l)	0:0098 (r)	v (l)	—	noch keine vorhanden	
87		v (l)	0.0100 (r)	0:0021 (r)	—	II (l)	
88		v (l)	v (r)	v (l)	—	noch keine vorhanden	
89		0.0383 (l)	0.0092 (r)	0.0023 (l)	—	II (l)	
90		0.0380 (l)	0.0092 (r)	v (l)	—	II (l)	
91		v (l)	0.0097 (r)	v (?)	—	noch keine vorhanden	
	Mittelwerthe . .	0.0385 (l)	0.0096 (r)	0.0022 (l)	—	—	—
Vergl. hierzu Tafel III Fig. 9.							
92	Gewehr durch künstlichen Schützen gehalten	v (l)	v (r)	0.0021 (r)	—	II in Bewegung (l → r)	
93		v (l)	0.0115 (r)	0.0019 (l)	—	noch keine vorhanden	
Vergl. hierzu Tafel III Fig. 10.							

Anmerkung. Die Fig. 9 und 10 zeigen ausser der vom Draht gegebenen Schwingungcurve noch die Schwingungen des Laufes selber (mit *L* bezeichnet); derartige Versuche haben wir hier und da zur Controlle angestellt, um sicher zu sein, dass die beobachteten Schwingungen kürzerer Dauer nicht etwa Eigenschwingungen des am Laufe befestigten Drähtchens sein möchten.

Zu diesen in vorstehenden Tabellen niedergelegten Versuchsergebnissen wäre Folgendes zu bemerken. Die zum Theil benutzten Abkürzungen bedeuten Folgendes: Der Buchstabe v (= vorhanden) soll ausdrücken, dass die Schwingung zwar vorhanden ist, dass jedoch eine Ausmessung der Schwingungsdauer nicht möglich war. Die in () gesetzten Buchstaben (l) und (r) geben an, ob die erste auftretende Elongation der betreffenden Schwingung (vom

Schützen aus gesehen) nach links oder nach rechts hin stattfindet. Ein (—) bedeutet, dass die betreffende Schwingung nicht bemerkbar war oder wenigstens nicht mit Sicherheit constatirt werden konnte. Der Buchstabe (C:) in der vorletzten Columne bedeutet „Combination“, so dass z. B. C: Gr. I. II bedeuten würde: Der Schwingungszustand der Laufmündung im Moment, in dem das Geschoss den Lauf verlässt, ist eine Combination der Grundtonschwingung mit der des I und II Obertons; die Bezeichnung (r) und (l) in Verbindung damit giebt dann an, nach welcher Richtung im Moment des Geschossaustritts diese combinirte Schwingung stattfindet; hierbei pflegt eine dieser Schwingungen durch die Grösse ihrer Amplitude zu praevaliren und damit die für den Vibrationsfehler maassgebende Schwingung darzustellen.

Zu bemerken ist auch, dass bei den horizontalen Schwingungen häufig, aber nicht immer den eigentlichen durch die Explosion hervorgerufenen Schwingungen andere nach unseren früheren Festsetzungen vom Schlagbolzen herrührende Schwingungen vorausgehen, die dann zu einer I Verbiegung, wie wir es früher genannt haben, Veranlassung geben, speciell beim Gewehr 8 mm und 6 mm Caliber waren dieselben häufig wahrnehmbar.

Bei allen kleincalibrigen Gewehren, wenn mit rauchlosem Pulver beschossen, sind die horizontalen Schwingungen im Moment des Geschossaustrittes äusserst gerinfügig, so dass bei diesen Gewehren und zwar mit kleinerem Caliber mehr und mehr abnehmend der Vibrationsfehler der horizontalen Vibrationen unmerklich wird.

Ferner erscheint Folgendes bemerkenswerth zu sein. Bei den horizontalen Schwingungen treten die höheren Obertöne mehr hervor als bei den verticalen. Während z. B. beim 11 mm Cal.-Gewehr bei den verticalen Schwingungen selten höhere Obertöne als der I Oberton zu bemerken waren, praevalirt beim Schiessen mit dem künstlichen Schützen für die horizontalen Schwingungen der II Oberton und ist damit für den auftretenden Vibrationsfehler maassgebend. Ebenso treten auch bei den kleineren Calibern unter den horizontalen Schwingungen die höheren Obertöne stärker hervor als unter den verticalen. Es wäre vielleicht nicht undenkbar, dass der dem Laufe unterliegende Schaft die Ausbildung der höheren Obertöne in verticaler Richtung verhinderte. Der Sinn der ersten Elongation ändert sich, wie aus den Tabellen ersichtlich, unter Umständen, je nach der Haltung des Gewehres (ob frei, ob festgeklemmt).

Man kann ferner die Schwingungsdauern der verticalen und horizontalen Schwingungen miteinander vergleichen und kommt dabei zu folgenden bemerkenswerthen Resultaten.

In nachstehender Tabelle ist eine diesbezügliche Zusammenstellung für die verschiedenen Gewehrtypen gegeben. Da für das Caliber 10 mm bisher die verticalen Schwingungen von uns noch nicht untersucht waren, so waren zunächst diese Versuche nachzuholen. Diese Ergebnisse sind oben in Tabelle II mit aufgeführt.

Es ergaben sich für die Dauern der verticalen und horizontalen Schwingungen folgende Werthe:

A. Verticale Schwingungen.

	Grundton	I Oberton	II Oberton
11 mm Cal.	0.0363	0.0072	—
10 mm "	0.0290	0.0057	—
8 mm "	0.0418	0.0083	0.0022
7 mm "	0.0310	0.0073	0.0024
6 mm "	0.0320	0.0069	0.0016

B. Horizontale Schwingungen.

	Grundton	I Oberton	II Oberton
11 mm Cal.	0.0470 ¹⁾	0.0095	0.0016
10 mm "	0.0390 ¹⁾	0.00775	0.0020
8 mm "	0.0430	0.0088	0.0023
7 mm "	0.0410	0.0078	0.0022
6 mm "	0.0385	0.0096	0.0022

Wie die Einzelbeobachtungen ergeben, ändern sich allerdings von Schuss zu Schuss diese Zahlen; trotzdem zeigen aber die in vorstehender Tabelle gegebenen Mittelwerthe doch, dass wenigstens für den Grundton und I Oberton die Schwingungsdauern für die horizontalen Schwingungen im Allgemeinen etwas grösser sind. Hiermit geht Hand in Hand eine zeitliche Aenderung der Schwingungsdauer sowohl der horizontalen als auch der verticalen Schwingungen selbst; d. h. die Schwingungsdauern der verticalen und horizontalen Schwingungen sind nicht constant, sondern zeitlichen periodischen Aenderungen unterworfen; dies ergab sich bei Anwendung eines langen Filmstreifens an Stelle der gewöhnlichen Platte und langsamerer Bewegung desselben am

¹⁾ Diese Werthe sind durch besondere Versuche ermittelt.

Spaltbild vorüber, so dass ein Dutzend und mehr Grundtonschwingungen auf ihm fixirt wurden.

Auffällig war das verhältnissmässige lange Andauern der durch den Schuss eingeleiteten Schwingungen; dies legt die Vermuthung nahe, dass bei rascher Aufeinanderfolge der Schüsse (Maschinengewehr, Rückstosslander etc.) möglichen Falls bei Auslösung des folgenden Schusses die Vibrationen des vorhergehenden noch nicht abgelaufen sind und dadurch die Praecision beeinträchtigt werden könnte.

Versuche mit verminderten Ladungen ergeben keine principiell anderen Resultate als die bei den verticalen Schwingungen erhaltenen, denn auch hier wird durch die Verminderung der Ladung der Austritt verzögert und zu einer relativ späteren Zeit stattfinden, also während eines fortgeschritteneren Schwingungszustandes; mithin wird auch der seitliche Vibrationsfehler eine Function der Grösse der Ladung sein.

Ebenso schien es uns überflüssig zu sein, die in horizontaler Richtung stattfindenden im Moment des Austritts vorhandenen Biegungsdeformationen des Laufes auszumessen, zumal durch den am Lauf seitlich übergreifenden Schaft eine solche Untersuchung erschwert, wenn nicht unmöglich gemacht wird; es sind offenbar auch hierbei neue Resultate im Vergleich zu den bei den verticalen Schwingungen erhaltenen nicht zu erwarten, da die Schwingungsbewegungen der Mündung genügenden Aufschluss über die Art der Schwingungen, mithin auch über die zu erwartende ungefähre Lage der Knotenpunkte und ihre Anzahl geben.

Einfluss der Anordnung des Verschlusses auf die Vibrationen.

Interessant und lohnend schien es uns ferner zu sein, zu untersuchen, ob in Folge der bei nahezu allen modernen Gewehren vorhandenen Asymmetrie der hinteren Theile des Laufes durch den Hülsenausschnitt, die Kammer und Kammerleitschiene eine Beeinflussung der Vibrationen bezw. des Sinnes derselben nachweisbar sein möchte. An der Seite (an der Stelle des Hülsenausschnittes) hat der Lauf gleichsam eine schwache Stelle, in Folge dessen wird bei der Ausbildung der Schwingungen durch den Explosionsstoss eine gewisse Einseitigkeit vorhanden sein; es kann mithin die Richtung der (horizontalen) Anfangsschwingung und damit auch der Sinn der folgenden je nach der Lage dieser schwachen Stelle — ob rechts-, ob linksseitig befindlich — möglicherweise ebenfalls verschieden sein. Dadurch würden sich also beispielsweise zwei sonst ganz genau gleiche Gewehre, das eine mit Rechtsverschluss (wie gewöhn-

lich), das andere mit Linksverschluss, sowohl im Beschuss in Bezug auf die Lage des Treffpunktes wie in der Richtung (dem Vorzeichen) der für den Vibrationsfehler maassgebenden Schwingungen entgegengesetzt verhalten.

Seitens der Firma Mauser in Oberndorf waren uns in der That zwei vollkommen gleich gebaute Gewehre (10 mm Cal.) nur mit dem Unterschiede, dass die Kammerleitschiene des einen rechts, die des anderen links lag, überlassen. Unsere Vermuthung wurde durch die Versuche mit denselben bestätigt. Es ergab sich in Bezug auf den Beschuss ein Resultat, das in der Waffentechnik, soviel wir wissen, schon bekannt ist; bei der Construction

mit Rechtsverschluss trat eine Rechtsabweichung von 7 mm,
 „ Linksverschluss „ „ Linksabweichung „ 4 mm
 in 4,5 Meter Entfernung ein.

Die Untersuchung der bei einem derartig construirten (Kammerleitschiene links) Gewehr auftretenden Schwingungen ergab folgendes Resultat:

	Schwingungsdauern in Secunden				Beim Geschossaustritt führt die Mündung Schwingungen aus	
	Grundton	I Oberton	II Oberton	III und höhere Obertöne	bestehend aus	nach
Horizontale Schwingungen						
Gewehr 10 mm Cal. in Kork festgeklemmt Aufstellung B . . .	v (r)	0:00556 (l)	v (r?)	v (?)	C: I II	(l)
	v (r)	0.00560 (l)	v (r?)	v (?)	C: I II III	(l) Es praevalirt der II Oberton
Mittelwerthe . . .	v (r)	0.00558 (l)	v (r?)	v (?)	—	(l)
Vergl. hierzu Tafel III Fig. 11.						
Gewehr durch künstlichen Schützen gehalten	—	—	0:00214 (r)	—	II	(l)
	—	—	0.00178 (r)	—	II	(l)
Mittelwerthe . . .	—	—	0.00196 (r)	—	II	(l)

Folgende Zusammenstellung der erhaltenen Mittelwerthe bei den horizontalen Schwingungen der festgeklemmten Gewehre mit Kammerleitschiene rechts und bezw. links giebt über den Sinn der auftretenden ersten Schwingungen

sowie der für den Fehler der seitlichen Vibration maassgebenden Phase der Schwingung Aufschluss.

	Grundton	I Oberton	II Oberton	III Oberton	Phase beim Austritt	
Gewehr 10 mm Cal.						nach
K. L. Sch. rechts . . .	(l)	(r)	(l)	(r)	C: Gr. I II	(r)
K. L. Sch. links . . .	(r)	(l)	(r?)	(l)	C: I II	(l)

Vergl. hierzu Tafel I Fig. 3 und Tafel III Fig. 11.

Es zeigt sich also, dass thatsächlich der Sinn der jeweiligen ersten Schwingung bei beiden Gewehren der entgegengesetzte ist, sowie dass ebenso die Phase, in der der Austritt des Geschosses stattfindet, entsprechend sich ändert; beides in Uebereinstimmung mit dem thatsächlichen Resultat des Besusses.

Der Vibrationsfehler bei aufgepflanztem Seitengewehr.

Es ist hinreichend bekannt, dass ein Gewehr mit aufgestecktem Bayonett einen anderen Treffpunkt besitzt als ohne dasselbe. Wir haben die hierher gehörigen Versuche mit Gewehr 11 mm Cal. (Modell 71) ausgeführt. Bei diesem Gewehr ist das Seitengewehr noch seitlich am Lauf befestigt; die modernen kleinalibrigen Gewehre haben dasselbe am Schaft und in der Regel nicht mehr seitlich, sondern unterhalb befestigt; der Einfluss des Bayonetts bei dieser Anordnung, (wie bei den kleinalibrigen Gewehren,) wird deshalb ein geringerer sein, was bekanntlich durch die Erfahrung bestätigt wird; wir haben deshalb unsere Versuche auf Modell 71 (11 mm Cal.) beschränkt.

Da das Seitengewehr als eine an der Spitze des schwingenden Körpers befestigte Masse wirkt, so wird die Schwingungsdauer durch das Aufpflanzen des Bayonetts vergrössert werden müssen, es wird mithin das Geschoss in einer relativ früheren Schwingungsphase den Lauf verlassen; ebenso ist hierdurch die Möglichkeit gegeben, dass die combinirten Schwingungen in ihrer Zusammensetzung Aenderungen erfahren können, indem etwa der eine oder andere der begleitenden Obertöne mehr oder weniger stark hervortritt. Dass Derartiges in der That vor sich geht, lehrt die folgende Zusammenstellung:

Horizontale Schwingungen.

	Schwingungsdauern in Secunden				Beim Geschossaustritt führt die Mündung Schwingungen aus	
	Grundton	I Oberton	II Oberton	III Oberton	bestehend aus	nach
Gewehr Modell 71 in Kork geklemmt						
ohne Bayonett . . .	v	0.0095 (l)	0.0016 (l)	—	C: I II	(r)
mit Bayonett . . .	v	0.0130 (r)	0.0036 (l)	0.0011	C: II III	(l)

Vergl. hierzu Tafel III Fig. 12 mit Tafel I Fig. 2.

Es zeigt sich also, dass einestheils thatsächlich die Schwingungsdauern durch Aufpflanzung des Seitengewehres nicht unbedeutend vergrößert werden, andernteils sehen wir, dass ausser dem I und II Oberton noch der III Oberton hinzugekommen ist und dass der Austritt in einer anderen Schwingungsphase stattfindet. Es handelt sich also bei der Aenderung der Treffpunktslage je nachdem mit oder ohne aufgepflanztes Bayonett geschossen wird, nicht, wie zum Theil angenommen wird, um eine Einwirkung des letzteren auf die austretenden Pulvergase, wobei man von der Vorstellung einer Art Reflexion derselben am Seitengewehr und damit einer Einwirkung auf das Geschoss ausgeht, auch nicht, wie längere Zeit geglaubt wurde, um eine Drehung des Gewehrs um den seitlich von der Laufachse liegenden Gesamtschwerpunkt (denn das festeingespannte Gewehr zeigt dieselbe Erscheinung), sondern um eine einfache Aenderung des Schwingungszustandes im Moment des Geschossaustritts.¹⁾

Die Hauptresultate der von uns ausgeführten Untersuchungen über die Vibration des Gewehrlaufes möchten wir in folgenden Sätzen nochmals zusammenfassen:

- 1) Die Schwingungen des Gewehrlaufes sind im allgemeinen elliptische, d. h. jeder Punkt beschreibt während einer Schwingungsperiode eine kleine Ellipse.
- 2) Das Gewehr verhält sich im allgemeinen wie ein an einem Ende befestigter elastischer Stab. Es treten schon durch Vorschnellen des Schlag-

¹⁾ Hierauf ist bereits 1897 in einem Vortrag auf der Versammlung d. Naturf. u. Aerzte, Braunschweig, von einem von uns (Cranz) hingewiesen worden (vergl. Verhandl. II p. 6, 1897. Leipzig 1898).

bolzens, aber namentlich durch den Explosionsstoss Schwingungen auf, sowohl des Grundtons wie des I., II. und höherer Obertöne.

3) Die den Obertönen entsprechenden Knotenpunkte scheinen periodisch mit der Schwingung ihren Ort etwas zu ändern.

4) Der bei der Berechnung der Schusstafeln für den Vibrationswinkel in Betracht kommende Scheitelpunkt liegt nicht, wie früher angenommen wurde, in der Kreuzschraube, sondern an einem vorderen Knotenpunkt in der Nähe der Mündung, da für den Vibrationszustand im Moment des Geschossaustritts hauptsächlich einer der auftretenden Obertöne in Betracht kommt; und zwar wird er um so näher an der Mündung liegen, ein je höherer Oberton maassgebend ist. Es scheint, dass mit Abnahme des Calibers successiv höhere Obertöne auftreten und mithin für den Vibrationsfehler die maassgebenden sind.

5) Da diese Schwingungen eine gewisse Zeit gebrauchen, bis sie sich ausgebildet haben, so wird die zur Zeit des Geschossaustritts vorhandene Elongation und Verbiegung des Laufes und damit auch der Vibrationsfehler um so kleiner sein, je grösser die Geschwindigkeit des Geschosses im Lauf ist (also im allgemeinen je kleiner das Caliber des Gewehres ist). Bei dem von uns benutzten 6 mm Cal.-Gewehr der Firma Mauser scheint diese Grenze, wenigstens für die horizontale Componente der Schwingungen, schon nahe erreicht zu sein. Auf diesen Umständen scheint, abgesehen von der gestreckten Form der Flugbahn, ein grosser Theil der Treffsicherheit der klein-calibrigen Gewehre zu beruhen.

Stuttgart. Physikal. Institut der K. Technischen Hochschule

1901 Juli 4.

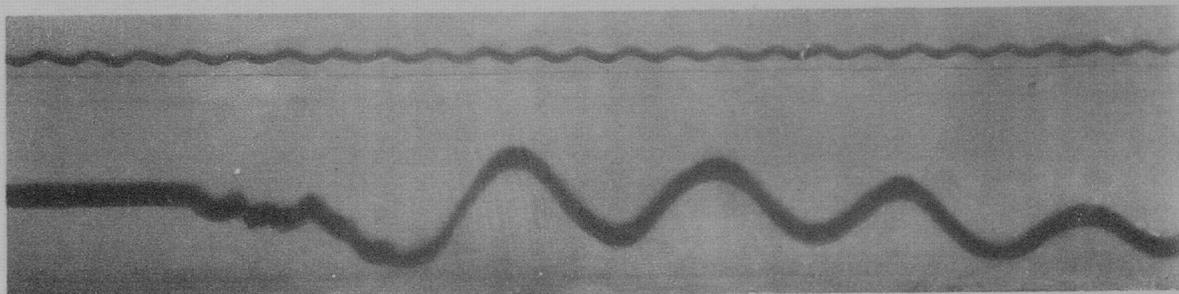


Fig. 1.

γ Gewehr 11 mm Cal. (Mod. 71), in Kork eingeklemmt; γ Auslösungspunkt für den Moment, in dem das Geschoss den Lauf verlässt.

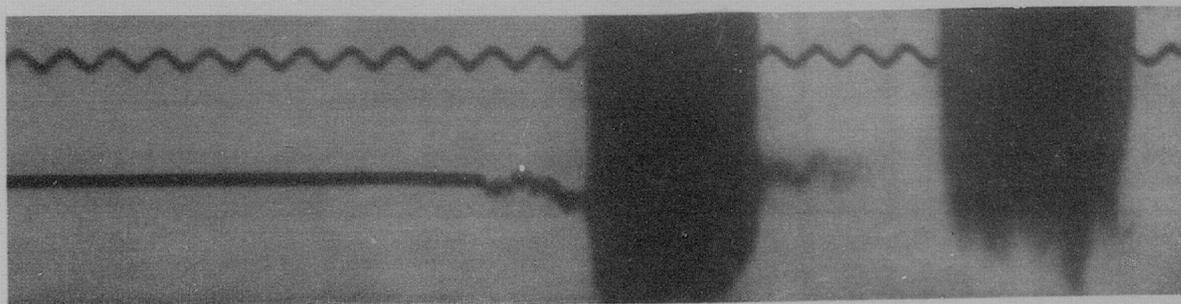


Fig. 2.

γ
Gewehr 11 mm Cal. (Mod. 71), Haltung durch künstlichen Schützen; γ wie Fig. 1.

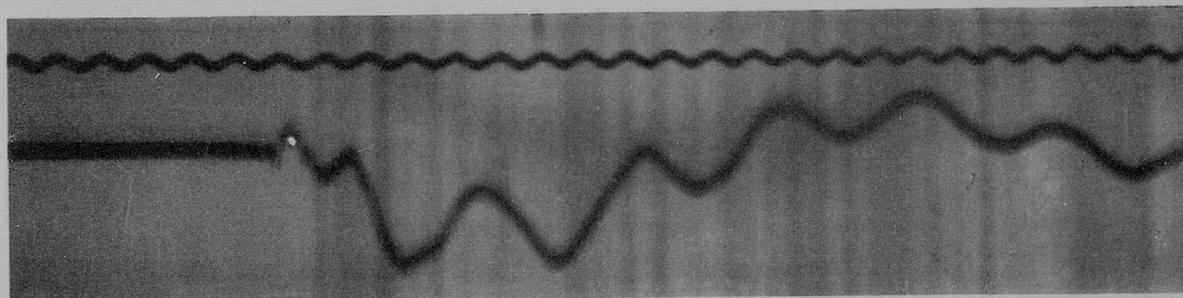


Fig. 3.

γ Gewehr 10 mm Cal. (Rechtsverschluss), in Kork geklemmt; γ wie Fig. 1.

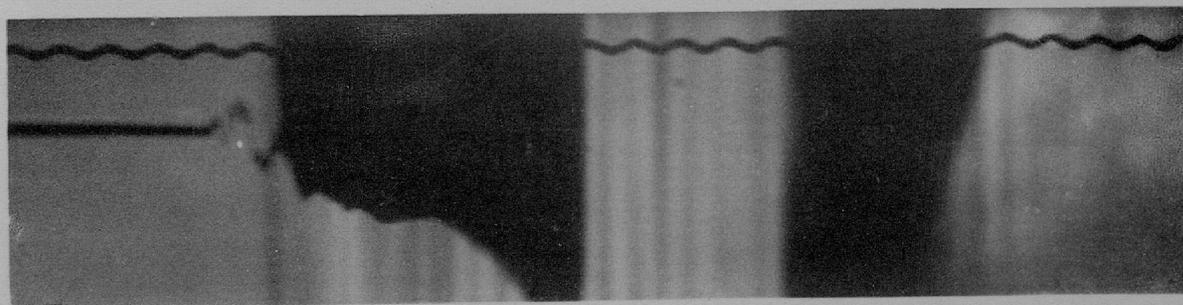
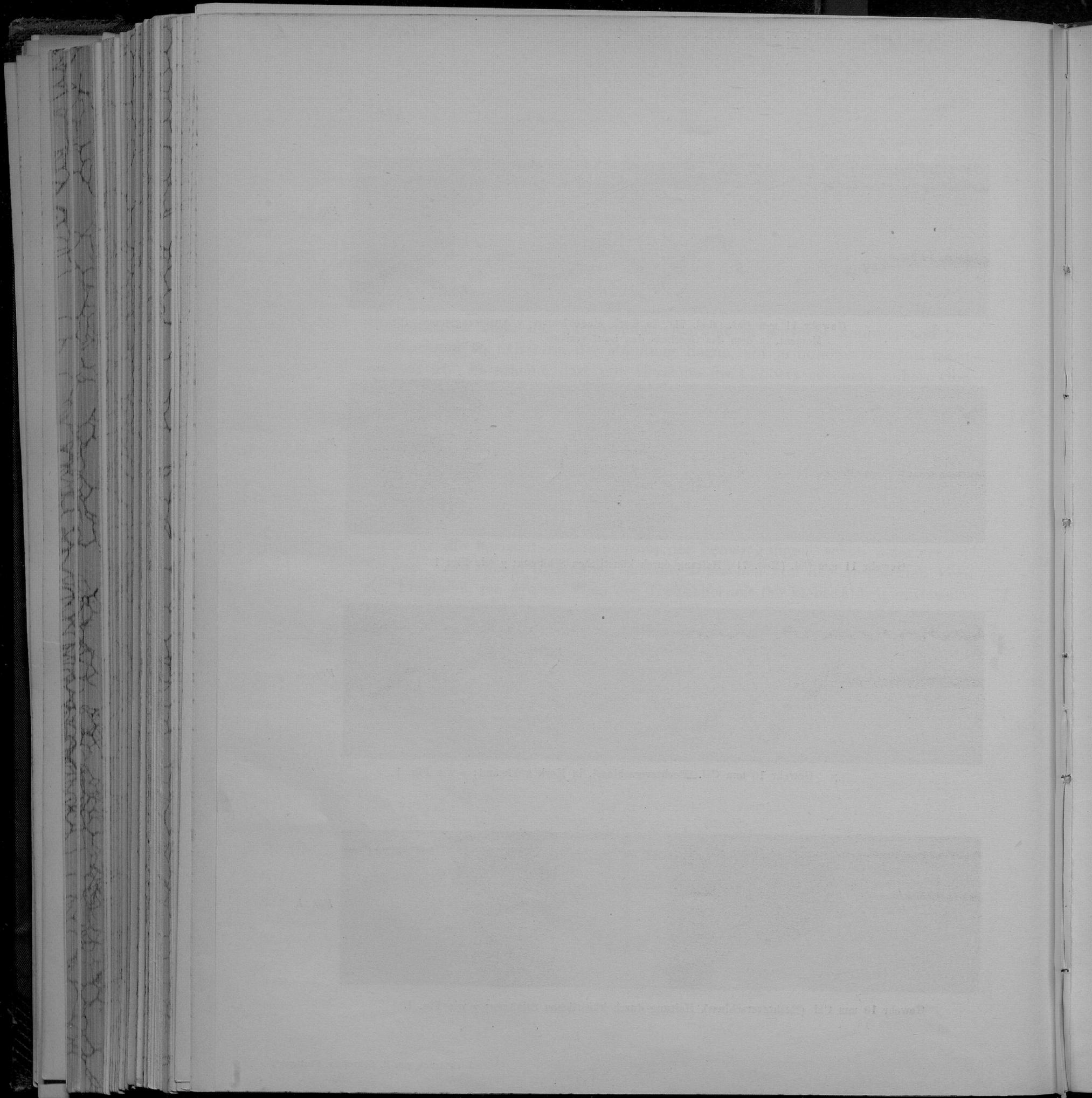


Fig. 4.

γ
Gewehr 10 mm Cal. (Rechtsverschluss), Haltung durch künstlichen Schützen; γ wie Fig. 1.



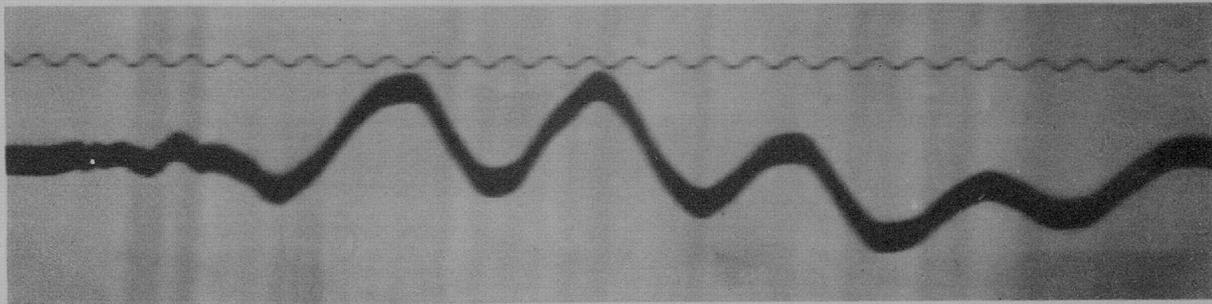


Fig. 5.

γ Gewehr 8 mm Cal., in Kork geklemmt; γ wie Fig. 1

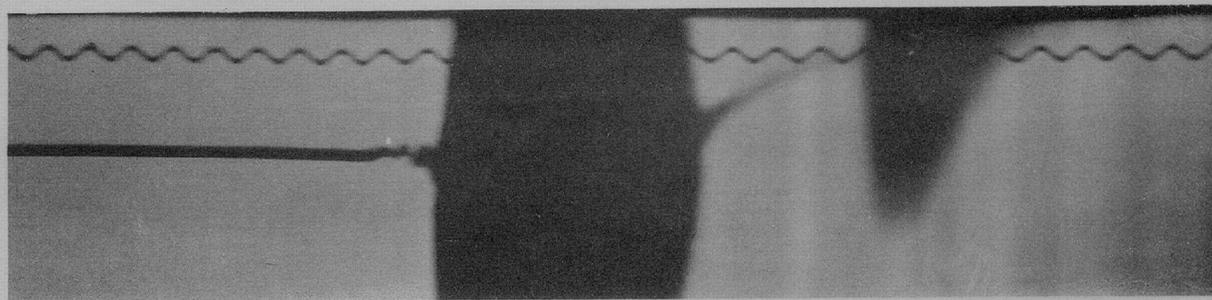


Fig. 6.

γ Gewehr 8 mm Cal., Haltung durch künstlichen Schützen; γ wie Fig. 1

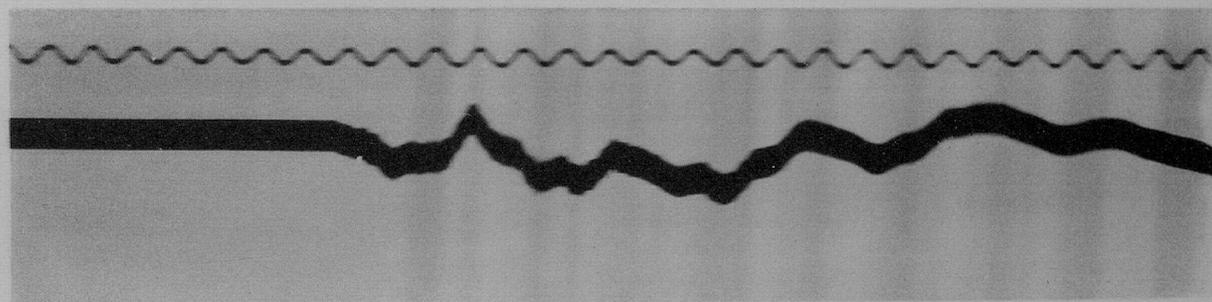


Fig. 7.

γ Gewehr 7 mm Cal., in Kork geklemmt; γ wie Fig. 1.

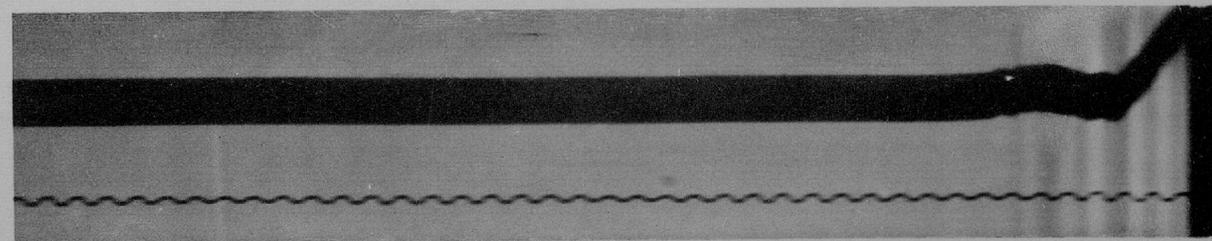
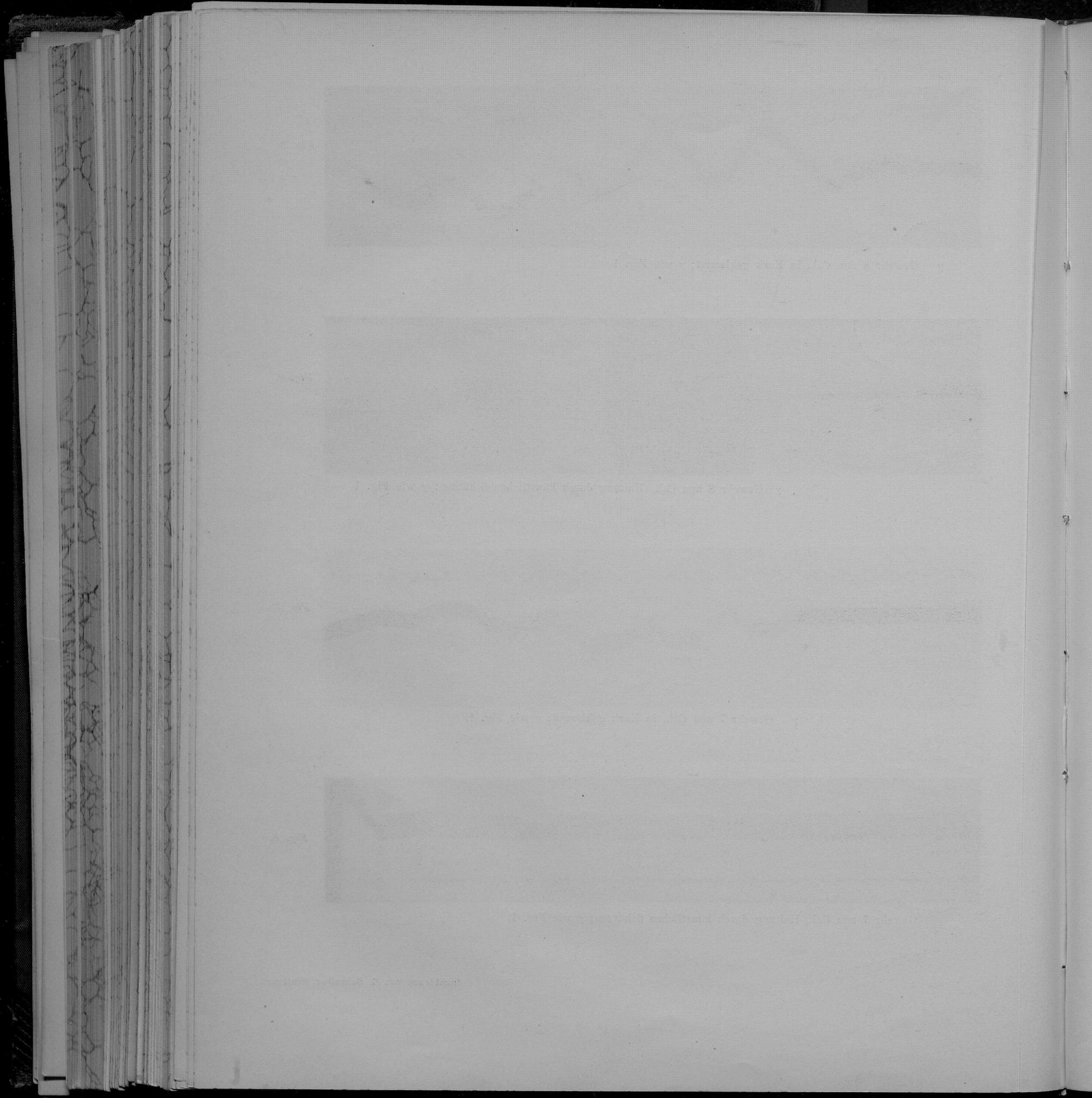


Fig. 8.

Gewehr 7 mm Cal., Haltung durch künstlichen Schützen; γ wie Fig. 1.

γ



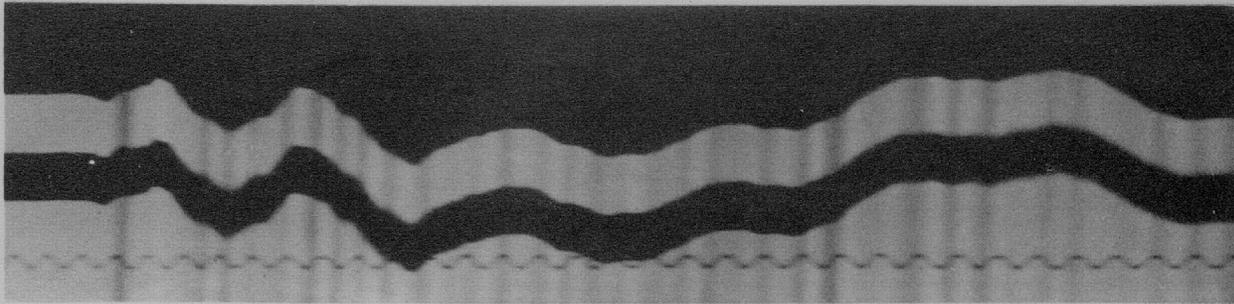


Fig. 9.

γ Gewehr 6 mm Cal., in Kork geklemmt; γ wie Fig. 1.

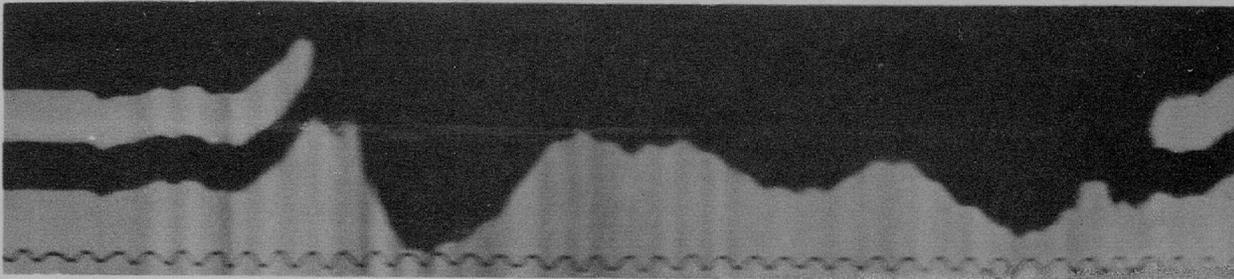


Fig. 10.

γ Gewehr 6 mm Cal., Haltung durch künstlichen Schützen; γ wie Fig. 1.

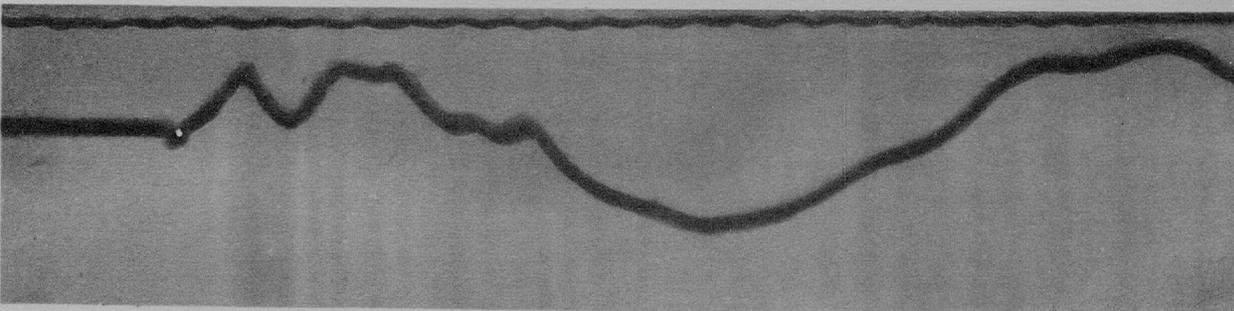


Fig. 11.

γ Gewehr 10 mm Cal., in Kork geklemmt (Linksverschluss); γ wie Fig. 1.

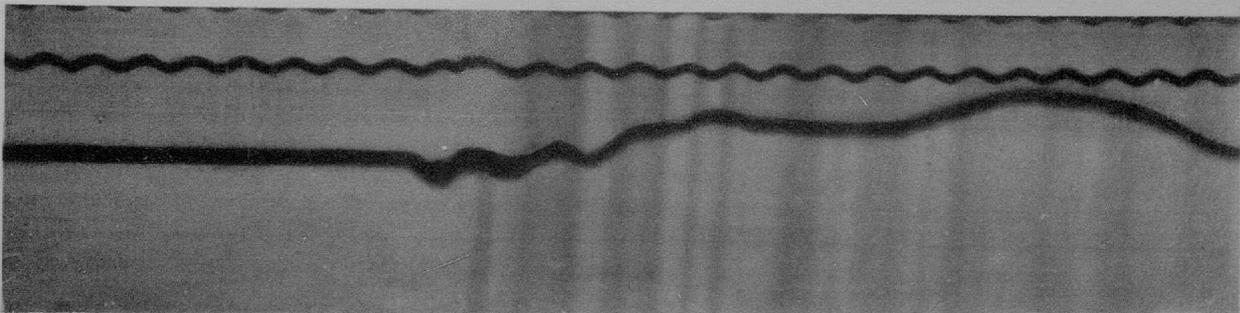


Fig. 12.

γ
Gewehr 11 mm Cal., mit aufgepflanztem Seitengewehr, künstlicher Schütze; γ wie Fig. 1.

