

(Aus dem Institut für Gerichtliche Medizin der Universität Göttingen.
Direktor: Prof. Dr. B. Mueller.)

Untersuchungen über die Nachweismethoden und über die Verteilung des Bleis im Schußfeld.

Von
cand. chem. Kurt Holsten.

Mit 2 Textabbildungen.

In meiner Arbeit „Zur Frage der Schußentfernungsbestimmung bei Verwendung von Sinoxymunition“ berichtete ich über die Anwendung des chemischen Reagenzes Diphenylthiokarbazon (Dithizon) zur Bestimmung des Bleis im Schußfeld. Die vorliegende Arbeit bringt eine *Änderung in der Methodik* der Bestimmung des Bleis und eine weitere *Gesetzmäßigkeit über die Verteilung des Bleis im Schußfeld*.

Die bisherigen Feststellungen über das Verhalten des Bleis im Schußfeld sind inzwischen von *Volger* im hiesigen Institut nachgearbeitet worden. Er verwandte bei seinen Untersuchungen dieselbe Methode, benutzte aber zur Herstellung seiner Schüsse einen anderen Stoff und eine andere Waffe (Browning Kal. 7,65). Er fand auch bei Schüssen mit zunehmender Entfernung zuerst ein Ansteigen der Bleihalbmesser, die bei einer Entfernung aus 8 cm das Maximum erreichen und dann wieder abfallen. Seine Bleihalbmesser zeigten jedoch alle etwas höhere Werte auf. Auch er stellte Bleischmauchringe fest, deren Anzahl jedoch geringer war. Ihre Lage zum Einschuß deckte sich mit denen, die ich gefunden hatte, mit Ausnahme von zweien, die vom Einschuß weiter weg lagen. *Volger* wies darauf hin, daß diese Verschiebungen von einem Flattern des Tuches, welches beim Beschießen beobachtet wurde, herrühren könnte. Die gefundene Gesamtzahl von Ausschüttelungen für jedes untersuchte Segment bei einem Schuß, die ein Maß für die vorhandene Bleimenge angibt, beträgt in *Volgers* Arbeit ungefähr das Doppelte, und nimmt auch bei Schüssen mit zunehmender Entfernung ab.

Volger macht in seiner Arbeit darauf aufmerksam, daß die Abweichungen der Resultate einerseits auf der Verwendung einer anderen Waffe und eines anderen Stoffes, auf der anderen Seite aber auf dem Verhalten der Kaliumcyanidlösung beruhen. Die von ihm verwendete Kaliumcyanidlösung war oft 14 Tage alt und hatte dann bereits an Reaktionsfähigkeit abgenommen. Dies war an den höher ausfallenden Blindwerten zu sehen.

Da die Fehlerquellen, die das Cyan verursacht, und andere subjektive Fehlerquellen, die sich aus der Art der Versuchsanordnung

ergeben, sehr wichtig für die Ergebnisse und deren Auswertung sind, wurden systematische Untersuchungen darüber angestellt. Zu diesem Zweck wurden folgende Lösungen hergestellt: eine Bleilösung mit einer Konzentration von 1γ pro Kubikzentimeter, eine halbprozentige Kaliumcyanidlösung und eine Lösung von einigen Körnern Dithizon in Tetrachlorkohlenstoff; die entstandene Farblösung ließ das Licht noch gut durch. Von folgender Versuchsanordnung wurde dann ausgegangen.

Eine bestimmte Menge Bleilösung wurde mit 2 ccm der angesetzten Dithizonlösung durchgeschüttelt. Es bildete sich dabei das Bleikomplexsalz des Dithizons, welches sich mit roter Farbe im Tetrachlorkohlenstoff löst. Durch wiederholtes 10 Sekunden langes Ausschütteln mit je 2 ccm der halbprozentigen Kaliumcyanidlösung wurde die rote Bleidithizonverbindung wieder zersetzt. Die Zahl der Ausschüttelungen wurde notiert.

In den folgenden Versuchsreihen wurde einmal die verwandte Bleimenge, dann die Menge der Kaliumcyanidlösung für jede Ausschüttelung, hierauf die Menge des Wassers in dem das Kaliumcyanid gelöst war und zum Schluß die Menge des Tetrachlorkohlenstoffs, in dem sich das Dithizon gelöst befindet, geändert. Die Versuche wurden an einem Tage durchgeführt, damit sie nicht durch eine Veränderung der Kaliumcyanidlösung beeinflusst würden. Die Resultate befinden sich in den Tab. 1, 2, 3 und 4.

In der Tabelle, in der die Bleimenge geändert wurde (Tab. 1) sieht man an den 3 Serien, die für jede Bestimmung durchgeführt wurden, daß die Ausschüttelungszahl für jede Bleimenge konstant ist. Die Ausschüttelungszahl für 1γ Blei ist sehr groß und beträgt 5 Ausschüttelungen, für jedes weitere γ Blei ist dann nur noch eine weitere Ausschüttelung nötig. Von 10γ Blei an, sind die Ausschüttelungszahlen nicht mehr ganz konstant. Dies beruht wohl auf einen Tropfenverlust der Tetrachlorkohlenstoffphase, der sich beim Abtrennen der Flüssigkeiten ergibt. Von 25 Ausschüttelungen an wird die Bestimmung durch den Tropfenverlust unmöglich.

Tabelle 1. Das Verhältnis der Ausschüttelungszahlen bei verschiedenen Bleimengen bei sonst gleicher Versuchsanordnung.

Bleimenge in γ	Ausschüttelungszahlen von 3 Serien			Bleimenge in γ	Ausschüttelungszahlen von 3 Serien		
	I.	II.	III.		I.	II.	III.
1	5	5	5	6	10	10	10
2	6	6	6	10	16	17	16
3	7	7	7	13	20	19	21
4	8	8	8	15	19	25	23
5	9	9	9				

Tabelle 2. Verhältnis der Ausschüttelungszahl zu der Anzahl Kubikzentimeter von Kaliumcyanidlösung, die für jede Ausschüttelung bei Bestimmung von 4 γ Blei benutzt wurde.

Anzahl der ccm Kaliumcyanidlösung	Ausschüttelungszahl	Produkt aus Spalte 1 und 2	Anzahl der ccm Kaliumcyanidlösung	Ausschüttelungszahl	Produkt aus Spalte 1 und 2
2	8	16	6	3	18
3	6	18	8	2	16
4	4	16	12	1½	18

Aus der Tab. 2, in der beim Serienversuch die Menge der Cyanikalilösung für jede Ausschüttelung geändert worden ist, sieht man, daß die verwandte Kaliumcyanidmenge zur Ausschüttelungszahl in einem reziproken Verhältnis steht. In Spalte 3 der Tab. 2 befindet sich das Produkt aus der Ausschüttelungszahl und aus der Anzahl der Kubikzentimeter der verwandten Kaliumcyanidlösung. Es bewegt sich zwischen den Zahlen 16 und 18. Daß es nicht ganz konstant ausfällt, beruht darauf, daß bei der letzten Ausschüttelung nur ein Teil von der Kaliumcyanidlösung nötig gewesen wäre. Es folgt daraus, daß es bei einer Bestimmung gleichgültig ist, ob die gesamte Kaliumcyanidmenge auf einmal oder in mehreren Teilen zugesetzt wird.

Wurde die Menge des Wassers, in der sich das Kaliumcyanid gelöst befand (Tab. 3) vermehrt, so sind die Resultate der Ausschüttelungszahlen konstant. Nur bei Zugabe von größeren Wassermengen sinkt die Ausschüttelungszahl um eins. Es wurde daraus geschlossen, daß eine größere Wassermenge eine intensivere Durchschüttelung zuläßt.

Tabelle 3. Die Ausschüttelungszahlen bei einer Bestimmung von 2 γ Blei unter einer Zugabe von verschiedenen Mengen Wasser zur Kaliumcyanidlösung.

Anzahl der ccm Wasser, die bei jeder Kaliumcyanidausschüttelung zugefügt wurde	Anzahl der Ausschüttelungen für die Serien		Anzahl der ccm Wasser, die bei jeder Kaliumcyanidausschüttelung zugefügt wurde	Anzahl der Ausschüttelungen für die Serien	
	I.	II.		I.	II.
0	6	6	4	5	6
2	6	6	5	5	5
3	6	6	10	5	5

Bei der Mengenveränderung des Tetrachlorkohlenstoffes, in dem sich das Dithizon gelöst befindet (Tab. 4, Gruppe A), steigt die Zahl der Ausschüttelungen mit der Zahl der verwandten Kubikzentimeter von Tetrachlorkohlenstoff schnell an und verhält sich dabei sehr schwankend. Da beim Ausschütteln mit der Kaliumcyanidlösung die wässrige Phase sehr klein ist gegenüber der Tetrachlorkohlenstoffphase und da die Ausschüttelungszahlen sehr schwankend ausfielen, wurde vermutet,

Tabelle 4. Auswirkungen der Volumvergrößerungen der Tetrachlorkohlenstoffphase bei gleichbleibender Dithizonmenge auf die Ausschüttelungszahlen.

Anzahl der ccm Tetrachlorkohlenstoff, in der sich das Dithizon gelöst befindet	Ausschüttelungszahlen von mehreren Serien der				
	Gruppe A.			Gruppe B.	
	I.	II.	III.	I.	II.
2	6	6	6	6	6
4	8	7	7	6	6
5	7	8	9	6	6
6	8	8	9	7	6
10	10	13	12	6	6

Gruppe A enthält die Ausschüttelungszahlen, bei denen der Cyankalilösung kein Wasser zugesetzt worden ist. — In Gruppe B ist der Cyankalilösung jedesmal 5 ccm Wasser zugesetzt worden.

daß die Ausschüttelung mit der Kaliumcyanidlösung in der Zeit von 10 Sekunden nicht vollständig beendet gewesen ist. Wie Tab. 3 gezeigt hatte, gestattete eine Zugabe von Wasser zur Kaliumcyanidlösung eine intensivere Ausschüttelung. Deshalb wurden dieselben Versuche (Tab. 3, Gruppe B) noch einmal wiederholt bei einer Zugabe von 5 ccm Wasser. Jetzt fielen die Ausschüttelungszahlen unabhängig von der Menge des verwandten Tetrachlorkohlenstoffs konstant aus.

Aus diesen Untersuchungen kann geschlossen werden, daß die Ausschüttelungszahlen nur von der Menge des Bleis und der verwandten Menge des Kaliumcyanids abhängig sind. Eine Mengenänderung der wässerigen und der Tetrachlorkohlenstoffphase beeinflußt nur die Ausschüttelungsdauer. Ist die Ausschüttelungszahl größer als 15, so ist die Bestimmung durch den Tropfenverlust beim Trennen ungenau.

Zum Schluß wurde die Beständigkeit der Kaliumcyanidlösung nachgeprüft. Es wurden Bestimmungen von 1 γ und 4 γ Blei an mehreren Tagen hintereinander unter denselben Bedingungen wiederholt. Die Resultate von 2 Serien befinden sich in Tab. 5. Man sieht auch hier wieder, daß die Ausschüttelungszahlen für jede Bleimenge an jedem Tage konstant sind, daß aber mit jedem weiteren Tag die Ausschüttelungszahl um 1 größer wird. Man kann deshalb ohne eine vorherige

Tabelle 5. Veränderlichkeit des Kaliumcyanids.

Alter des Kaliumcyanids	Ausschüttelungszahlen von 2 Serien (I. und II.)			
	für 1 γ Blei		für 4 γ Blei	
	I.	II.	I.	II.
1. Tag	5	5	8	8
2. Tag	6	6	9	9
3. Tag	7	7	11	10
4. Tag	8	8	12	12

Eichung der Kaliumcyanidlösung keinen Schluß aus der verwandten Kaliumcyanidmenge auf die Menge des Bleis in der zu untersuchenden Lösung ziehen.

Die Serienuntersuchungen haben gezeigt, daß sich ein Bleivorkommen von nur wenigen Gamma mit der Ausschüttelungsmethode bestimmen läßt. Sollen aber größere Bleimengen quantitativ mit der Ausschüttelungsmethode bestimmt werden, so fallen die Fehler sehr groß aus, wenn nicht sogar die Bestimmung unmöglich wird. Für genauere, quantitative Bleibestimmungen wählte ich daher die colorimetrische Bestimmung mit dem Dithizon, die *Fischer* angegeben hat. Die technische Durchführung der colorimetrischen Bleibestimmung ist im nachfolgenden Abschnitt beschrieben.

Einige Körner Dithizon werden in Tetrachlorkohlenstoff aufgelöst. Es bildet sich eine grüne Flüssigkeit, deren Konzentration ungefähr so groß sein muß, daß Lichtstrahlen noch gut durchfallen können. Der zu untersuchende Stoff wird in kleine Stücke geschnitten und auf einem Uhrsälchen nach Zugabe von 5 ccm 2proz. Salpetersäure auf dem Wasserbad abgeraucht. Der Rückstand wird in redestilliertem Wasser gelöst, die Flüssigkeit und die zerstörten Stoffstückchen mit einer Pipette in einen Schütteltrichter gebracht, und das Uhrsälchen nochmals mit redestilliertem Wasser abgespült, damit quantitativ die gesamte Bleimenge erfaßt wird. Hierauf gibt man 2 ccm einer halbprozentigen Kaliumcyanidlösung hinzu und fügt dann von der angesetzten Dithizonlösung soviel *genau abgemessene* Kubikzentimeter hinzu, daß nach einem längeren Durchschütteln die Tetrachlorkohlenstoffphase rot gefärbt ist und die wässrige Phase einen gelblichen Ton aufzeigt. Der gelbe Farbton zeigt die völlige Absättigung des Bleis mit dem Dithizon an und rührt von einer Verbindung des überschüssigen Dithizons mit dem Kaliumcyanid her. Befinden sich noch andere Metallsalze in der zu untersuchenden Lösung, so nimmt die Tetrachlorkohlenstoffphase keine reine rote Farbe an, man muß dann durch weitere Zugabe von Kaliumcyanidlösung die anderen Metallionen ausfällen. Die Anzahl der zugegebenen Kubikzentimeter Dithizonlösung wird notiert. Hierauf wird die rote Flüssigkeit abgetrennt, zentrifugiert und nochmals getrennt, damit sämtliche durch das Schütteln im Tetrachlorkohlenstoff verbliebenen Flüssigkeitströpfchen entfernt werden. Die Trennung braucht nicht quantitativ ausgeführt zu werden. Man gibt dann ungefähr 1 ccm einer 1proz. Salzsäurelösung hinzu und schüttelt durch. Dabei wird die Bleidithizonverbindung zersetzt und die ursprüngliche grüne Farbe des Dithizons tritt wieder auf, deren Dichte colorimetrisch bestimmt wird, da sie beständiger als die rote Bleifarbe ist. Vor der colorimetrischen Bestimmung muß die Flüssigkeit nochmals zentrifugiert werden, da Wassertröpfchen

in der Farbflüssigkeit die Bestimmung stören. Die colorimetrische Bestimmung wurde von mir mit einem *Piccolo-Colorimeter* von Hellige & Co. (Abb. 1) vorgenommen. Das Verhältnis der Dichte der zu untersuchenden Lösung gegenüber der Dichte der Standardlösung konnte bei diesem Apparat direkt abgelesen werden. Als Standardflüssigkeit wird eine Verdünnung von der Ausgangsdithizonlösung mit

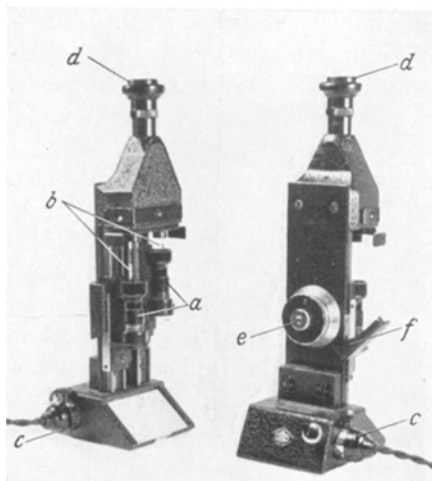


Abb. 1. *Piccolo-Colorimeter* nach Hellige & Co. (Freiburg i. B.). *a* = Becher für die Standard- und die zu untersuchende Flüssigkeit; *b* = plangeschliffene Tauchstäbe; *c* = künstliche Lichtquelle; *d* = Okular mit Filter für künstliches Licht; *e* = Trommel zum Einstellen der Becherhöhen mit Ableseskala, die das Dichteverhältnis der Farben von den Flüssigkeiten in den beiden Bechern angibt; *f* = Millimeterskala zum Ablesen der eingestellten Becherhöhen. — Das *Piccolo-Colorimeter* arbeitet nach dem Eintauchverfahren von *Duboseq*. Es ist vereinfacht in der Einstellung der Becherhöhen und gibt durch die Ablesung auf der Trommelskala direkt das Dichteverhältnis der Farbflüssigkeiten in den beiden Bechern an. Es kann außerdem durch die künstliche Beleuchtung vom Tageslicht unabhängig gemacht werden.

von dieser Lösung werden nach dem oben beschriebenen Verfahren untersucht. Die Verhältniszahl aus ihrer Dichte und der Dichte der Standardlösung wird mit der Anzahl der verwandten Kubikzentimeter Dithizonlösung multipliziert. Das Ergebnis dieser Multiplikation, das ich mit *x* bezeichnen will, entspricht einem Bleigehalt von 50 γ . Daraus ergibt sich für die Zahl des Titers:

$$\text{Titer} = \frac{50}{x}.$$

Tetrachlorkohlenstoff im Verhältnis 1:1 benutzt, die nachträglich geeicht wird. Die Standarddithizonlösung muß während des Arbeitens mit einer 1 proz. Salzsäurelösung überschichtet sein, um ein Verdunsten des Tetrachlorkohlenstoffs und damit eine Änderung des Titers zu vermeiden. Die abgelesene Zahl am Colorimeter multipliziert mit der Anzahl der verwandten Kubikzentimeter Dithizonlösung, multipliziert mit dem Titer der Standardlösung ergibt die gesuchte Bleimenge.

Eichung des Titers.

1,599 g Bleinitrat (chemisch rein) werden auf der Analysenwaage abgewogen und in einem 100 ccm fassenden quantitativen Meßkolben in redestilliertem Wasser gelöst. Diese Lösung wird auf 1:1000 mit redestilliertem Wasser verdünnt. Die neue Lösung enthält pro Kubikzentimeter 10 γ Blei. 5 cm

Man führt etwa 4 Eichbestimmungen aus und nimmt davon den Mittelwert.

Bei der Bleiuntersuchung mit dem Dithizon ist darauf zu achten, daß sämtliche benutzten Glassachen mit Salpetersäure und einem Nachspülen mit redestilliertem Wasser gereinigt werden. Die Dithizonlösungen dürfen beim Arbeiten nicht dem direkten Sonnenlicht ausgesetzt werden (Zersetzungsgefahr). Alle Lösungen müssen mit redestilliertem Wasser angesetzt werden (Dithizon reagiert mit käuflichem destilliertem Wasser).

Mit der oben beschriebenen Methode lassen sich größere Bleimengen quantitativ sehr gut bestimmen. Deshalb wurden die Bleibestimmungen von den Schüssen aus den ganz nahen Entfernungen, die mit der Ausschüttelungsmethode nicht mehr möglich waren, colorimetrisch durchgeführt.

Zu diesem Zweck wurden 40 Schüsse aus den Entfernungen von 1—8 cm auf weißen Baumwollstoff abgegeben. Die benutzte Waffe war eine Browning mit dem Kaliber 7,65. Die dazugehörige Munition stammte aus den Fabriken der Rheinisch-Westfälischen Sprengstoff-A.G. und führte den technischen Namen „Sinoxid“. Die Waffe war nicht eingespannt, ruhte aber auf einer festen Unterlage. Es wurde darauf geachtet, daß die Schüsse senkrecht zur Schußfläche auftrafen. Zwischen den einzelnen Schüssen wurde die Waffe nicht gereinigt. Ein Viertelsegment der beschossenen Tücher wurde in Ringfelder aufgeteilt (siehe *Holsten*, Dtsch. Z. gerichtl. Med. 26, 395), und nach der oben beschriebenen Methode das Blei quantitativ bestimmt. Das erste Ringfeld wurde auch hier nicht mituntersucht.

Bei den Untersuchungen zeigte es sich, daß bei einem Bleivorkommen von nur wenigen Gamma die Bestimmungen durch das Auftreten von gelben Farbtönen im Tetrachlorkohlenstoff, die von Verbindungen des Dithizons mit organischen Stoffen herrühren, sehr schwierig auszuführen waren und dabei sehr ungenau ausfielen. War deshalb das Bleivorkommen in dem zu untersuchenden Ringfeld geringer als 10 γ , so wurde die Bestimmung nicht mehr durchgeführt.

Um die Gesetzmäßigkeiten der Bleiverteilung besser zu erkennen, wurden für die einzelnen Ringfelder aus den untersuchten Schüssen aus gleicher Entfernung Mittelwerte errechnet. Diese Werte befinden sich nach Abzug des Blindwertes in Höhe von 10 γ in Tab. 6. Man sieht, daß die Bleimenge um den Einschuß am größten ist und nach außen hin abnimmt. Der Abfall ist nur bei den ersten Schüssen gleichmäßig. Dies ändert sich, wenn Bleischmauchringe auftreten. Sie sind in Tab. 6 zu sehen bei den Schüssen aus 7 und 8 cm Entfernung an den Ringfeldern, die einen höheren Bleigehalt als ihre Umgebung aufweisen. Die Bleischmauchringe treten unregelmäßig auf. Bei den untersuchten

Tabelle 6. Mittelwerte der Bleimengen in γ in den Ringfeldern von den Schüssen aus 1—8 cm Entfernung.

Ringfelder	1 cm	2 cm	3 cm	4 cm	5 cm	6 cm	7 cm	8 cm
2.	460	475,2	470	417,5	301	202	132	118,8
3.	116,6	314	377	353	279	160	101	83,6
4.	27,5	126,4	287	238	206	145	126	70
5.	18,4	51,6	141	112,5	110	101,5	101,6	103
6.	5	26,2	49,2	65,2	87	67,5	56	66,4
7.	—	9,5	21	37	51	50	32	38
8.	—	—	10	26	27	21	36	30
9.	—	—	—	11	11,5	14	28	42
10.	—	—	—	—	—	8	15,2	31,8
11.	—	—	—	—	—	—	12,5	20
12.	—	—	—	—	—	—	—	14

Schüssen waren bei 11 Schüssen Bleischmauchringe zu finden. Diese verteilten sich auf die Entfernung wie folgt:

Schußentfernung	2 cm	4 cm	5 cm	6 cm	7 cm	8 cm
Zahl der Schüsse mit Bleischmauchringen . .	1	1	3	1	3	2

Davon zeigten je 2 Schüsse aus den Entfernungen von 5 cm und 8 cm je 2 Bleischmauchringe, deren Abstand bis auf einen Schuß aus 7 cm Entfernung 4 cm betrug. Bei dem einen Schuß aus 7 cm Entfernung maß der Abstand 5 cm.

An der Tab. 6 sieht man weiter, daß die Bleihalbmesser bei Schüssen mit zunehmender Entfernung größer werden. Die Variationsbreite der Halbmesser ergibt sich aus Tab. 7. Hier sind von sämtlichen untersuchten Schüssen die Bleihalbmesser für jede Entfernung zusammengetragen worden. Die größte Differenz beträgt 2 cm und verteilt sich ziemlich gleichmäßig über sämtliche Schußentfernungen.

Tabelle 7.

Bleihalbmesser von 40 Schüssen aus den Entfernungen von 1—8 cm.

Nr. der Serien	1 cm	2 cm	3 cm	4 cm	5 cm	6 cm	7 cm	8 cm
1	6	7	8	9	9	9	10	13
2	7	7	8	9	9	10	12	12
3	6	7	8	8	11	10	11	12
4	6	8	8	9	10	9	—	—
5	5	7	8	8	9	11	—	—
6	5	8	8	10	—	—	—	—

Die Gesamtbleimengen von den untersuchten Viertelsegmenten von 36 Schüssen sind in Tab. 8 angeführt. Bei einer flüchtigen Betrachtung sehen sie ziemlich regellos aus. Es wurden deshalb auch hier die

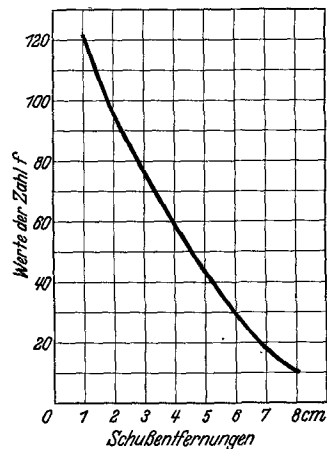
Tabelle 8. Bleimengen in γ aus Einviertelsegmenten von 36 Schüssen aus Entfernungen von 1—8 cm.

Nr. der Serien	1 cm	2 cm	3 cm	4 cm	5 cm	6 cm	7 cm	8 cm
1	673	1206	1823	798	1083	585	539	505
2	522	981	1341	1416	1004	935	708	590
3	483	1086	1539	1402	912	722	473	423
4	747	795	1254	1034	693	701	—	—
5	630	1701	1242	1375	1491	812	—	—
Mittelwerte:	611	1155	1440	1205	1037	751	573	506

Mittelwerte für jede Schußentfernung errechnet. Sie befinden sich in Tab. 8 in der untersten Spalte. Man sieht hier, daß die Bleimenge zuerst bis zu 3 cm Schußentfernung ansteigt und dann abfällt. Das Ansteigen der ersten Werte beruht darauf, daß das erste Ringfeld, in dem sich die Hauptbleimengen befinden, nicht mituntersucht worden ist. Wenn man diese Mittelwerte für die Bleiabnahme zugrunde legt, so ergibt sich beim Einordnen der Bleimengen aus den Serien von 1 bis 5 für die Schußentfernung eine Abweichung bis zu 4 cm. Erwähnen möchte ich noch, daß die Bleimengen der 4 Einviertelsegmente bei demselben Schuß nicht gleich groß sind.

Aus der Tab. 6 ist zu ersehen, daß einerseits die Bleimenge des zweiten Ringfeldes mit zunehmender Entfernung abnimmt. Auf der anderen Seite die Bleihalbmesser mit zunehmender Entfernung größer werden. Dividiert man die Bleimenge durch die Anzahl der Zentimeter der Bleihalbmesser, so ergibt sich eine Zahl f , die nur abhängig ist von der Entfernung, aus der der Schuß abgegeben wurde, und von der Größe der Mündungsöffnung der Waffe. Wie die Untersuchungen gezeigt haben, ist dabei diese

Zahl unabhängig von der Größe der Bleimenge, die sich im Schußfeld befindet. Die Zahl f wurde für jede Schußentfernung aus der Tab. 6 berechnet und ihre Abhängigkeit von der Schußentfernung in einer Kurve (Abb. 2) graphisch dargestellt. Bei der Berechnung der Zahl f wurde von mir für die Bleihalbmesser die Anzahl von Zentimetern angenommen, die gemessen wurde von der Mitte des Einschusses bis zu einem Ringfeld, das noch 30 γ Blei aufwies. Dies erwies sich als nötig, da bei einem Bleivorkommen von nur wenigen Gamma die colorimetrische Bestimmung, wie schon oben erwähnt, ungenau wird. In

Abb. 2. Abnahme der Zahl f bei Schüssen mit zunehmender Entfernung.

der graphischen Darstellung befinden sich auf der Abszisse die Schußentfernungen und auf der Ordinate die dazugehörigen errechneten Zahlen f . Wie ersichtlich, fällt die Kurve mit zunehmender Entfernung gleichmäßig ab. Von sämtlichen untersuchten 40 Schüssen wurde die Zahl f wie oben ermittelt. Suchte man diese Zahlen in der Kurve der graphischen Darstellung auf, so ergab sich eine Entfernung, die weniger als 1 cm von der Entfernung, aus der der Schuß tatsächlich abgegeben worden war, abwich.

Die Größen für die Zahl f würden noch unterschiedlicher sein und damit noch günstiger für eine Entfernungsbestimmung, wenn man von der Bleimenge des ersten Ringfeldes, das von mir nicht mituntersucht worden war, ausgehen würde.

Zusammenfassung.

1. Für die Bleibestimmung im Schußfeld mit dem chemischen Reagens Dithizon kommen 2 Methoden in Frage. Die Bestimmung von nur wenigen Gamma Blei läßt sich nur mit der stufenweisen Ausschüttelung mit einer Cyankalilösung ausführen. Bei einem großen Bleivorkommen kann dagegen nur die colorimetrische Methode benutzt werden. Die Ausschüttelungsmethode eignet sich daher nur für größere Schußentfernungen (ungefähr über 25 cm), die colorimetrische Methode für die geringeren Entfernungen (1—25 cm).

2. Für die Schußentfernungsbestimmung ergibt sich eine weitere Gesetzmäßigkeit in der Zahl f , die gebildet wird durch die Division der Bleihalbmesser durch die Bleimenge des ersten dazugehörigen Ringfeldes. Diese Zahl nimmt für die bisher untersuchten Schußentfernungen (1—8 cm) mit zunehmender Entfernung regelmäßig ab.

3. Es wird nötig sein, die vorliegenden Untersuchungen nachzuprüfen und weiter fortzuführen, ehe sie in der Praxis Anwendung finden können.

Literaturverzeichnis.

¹ Fischer, H., Angew. Chem. **47**, 90 u. 685 (1934). — ² Holsten, Dtsch. Z. gerichtl. Med. **26**, 389. — ³ Volger, Chemische Methoden zur Bestimmung der Schußentfernung unter besonderer Berücksichtigung der Sinoxid-Munition. Inaug.-Diss. Göttingen 1937.
