

## Röntgenologische Untersuchungen zur Schußentfernungsbestimmung\*

E. BÖHM, H. P. SCHREIBER und H. SUCHENWIRTH

Institut für Gerichtliche Medizin und Versicherungsmedizin der Universität München

(Direktor: Prof. Dr. med. Prof. h. c. W. Laves)  
Bayerisches Landeskriminalamt (Präsident: E. Kraus)

Eingegangen am 15. Juni 1969

Von den bekannten Methoden zur Bestimmung der Schußentfernung (eine gute Beschreibung findet sich in der Monographie von Sellier: Schußentfernungsbestimmung) besitzen die physikalisch-analystischen Verfahren den Vorteil einer hohen Empfindlichkeit und großer Genauigkeit (z.B. Spektrographie, Röntgenfluoreszenzanalyse, Neutronenaktivierungsanalyse u.a.). Demgegenüber erscheinen die morphologischen Methoden insofern günstiger, als sie einen Überblick über die Verteilung der Schmauchpartikel bieten, relativ einfach zu handhaben sind und Fehlbeurteilungen infolge von Schrägschüssen oder artefiziellen Verunreinigungen vermeiden lassen. Das apparativ aufwendige und in der Analyse schwierige Verfahren der Auswertung von Folienabdrücken des Schußbildes vermeidet die Nachteile ausschließlich physikalischer Methoden des Schmauchelementnachweises. Ein wesentlicher Bestandteil des von uns vorgeschlagenen Verfahrens übernimmt die Methode der Rotation des Schußbildes nach Leszcynski zum Ausgleich der z. B. durch die Züge und Felder der Waffe bedingten Unregelmäßigkeiten der flächenhaften Schmauchverteilung.

Die Idee der röntgenographischen Darstellung der Schmauchbestandteile (Partikel) ist nicht neu. In den Lehrbüchern der Gerichtlichen Medizin von Mueller und Prokop finden sich Hinweise, allerdings konnten wir den Initiator nicht sicher ermitteln. Im Institut für Gerichtliche Medizin in München werden — nach Laves — Schußverletzungen der Haut seit Jahren unter anderem röntgenologisch auf Nahschußzeichen untersucht. Besonders die Schmauchhöhle lässt sich auf diese Weise ausgezeichnet darstellen. Auf Hautstücken lassen sich nach dem üblichen Vorgehen vor allem die größeren Partikel gut abbilden.

Wir waren an einem Verfahren interessiert, das zerstörungsfrei arbeitet und einen guten Überblick über das Schußbild gibt. Es ist als Ergänzung physikalischer Methodik der Schmauchelementbestim-

\* Herrn Professor Dr. W. Laves zum 70. Geburtstag ergebenst gewidmet.

mung gedacht und soll bei Routineuntersuchungen schnell verwertbare Anhaltspunkte mit ausreichender Sicherheit gewährleisten. Zudem sollen auch dem Laien demonstrierbare Befunde geboten werden.

Die Schmauchelemente liegen auf einer beschossenen Fläche bekanntlich in Form tropfen- bis spritzerförmiger Partikel unterschiedlicher Größe vor (die Größenordnung der geformten Teilchen reicht bis in elektronenmikroskopische Dimensionen). Wir waren uns von vornherein darüber im klaren, daß sich röntgenologisch nur ein Bruchteil der Teilchen darstellen läßt, waren aber bestrebt, auch die feinsten, gerade eben noch mit stärkst auflösenden Filmen darstellbaren Partikel abzubilden. Die Abbildungsgrenze liegt aber auch begründet im Vergrößerungsausschnitt des erhaltenen Röntgennegativs, worauf später noch eingegangen wird.

Zu unseren Versuchen benutzen wir eine Pistole P 38, als Munition 9 mm-Parabellum-Patronen der Fa. Dynamit-Nobel.

Die Röntgendarstellung erfolgte folgendermaßen: Der beschossene Stoff wurde in der Dunkelkammer auf einen einseitig beschichteten Röntgenfilm (Kodak SR 54, auch Graphik-Film war geeignet) mit der beschossenen Fläche zur Röntgenröhre hin gelegt und in das Röntgen-(Vollschatz-)Tischgerät (der Fa. Field-Emission) eingelegt. Aufnahmedistanz: 55 cm, Belichtungszeit: 3 min bei 25 kV, Entwicklungszeit: 5 min, gleiche Fixierungszeit.

Einen ersten Eindruck über die Schmauchverteilung kann man sich also bereits ca. 10—15 min nach Untersuchungsbeginn machen. Die weitere Auswertung der getrockneten Röntgenfilme kann zum einen dadurch erfolgen, daß man sie direkt vergleichend betrachtet, wozu eine sehr starke Lichtquelle erforderlich ist. Schon der Vergleich einer Schußserie unterschiedlicher Distanz, jedoch mit gleicher Waffe und Munition, ergibt eindrucksvolle Unterschiede, so daß das zu beurteilende Schußbild der in etwa in Betracht kommenden Entfernung leicht zugeordnet werden kann.

Zum Ausgleich der bekannten Unregelmäßigkeiten der Schmauchverteilung wandten wir, wie gesagt, das von Leszczynski beschriebene Rotationsverfahren an, allerdings in einer anderen Weise. Die Modifikation bestand darin, daß wir das in Form eines Röntgenfilms vorliegende Schußbild mittels eines Vergrößerungsapparates auf eine rotierende Fläche aus Photopositivpapier projizierten und das Papier anschließend entwickelten (Belichtungszeit: ca. 10—15 min). Es traten dabei insofern Schwierigkeiten auf, als die gebräuchlichen Vergrößerungsgeräte nur bis zu einem Format von  $6 \times 9$  cm reichen, die Schmauchverteilung aber das Vielfache dieser Fläche beträgt. Anschließende Versuche mit einem Gerät für Industriephotographen, das bis zu einem

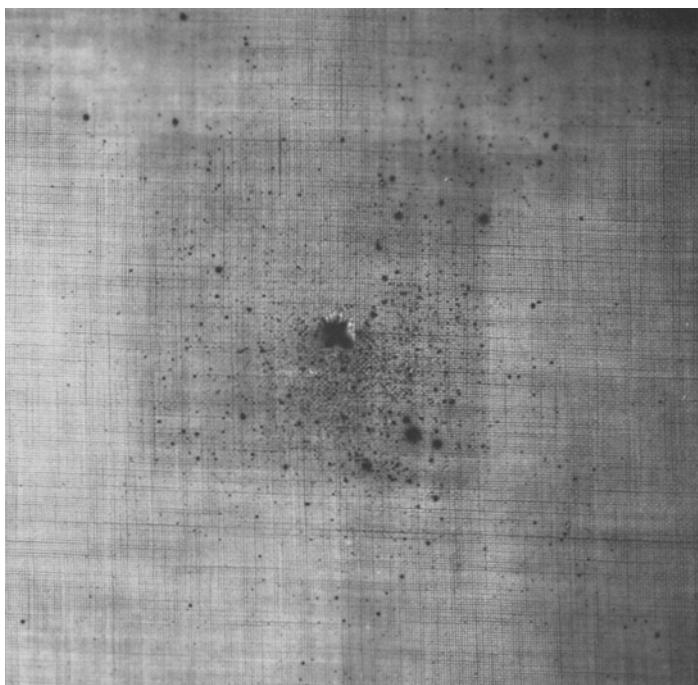


Abb. 1. Röntgenaufnahme eines beschossenen Leinenstoffes (Schußentfernung 30 cm) auf Positivpapier umkopiert, Originalgröße (keine Vergrößerung wie bei den Rotationsbildern). Schußzentrum durch Kreuz gekennzeichnet

Negativformat  $13 \times 18$  cm reicht (verwertbarer Kreisdurchmesser also 13 cm) erforderten neben sehr langen Belichtungszeiten einen hohen Materialaufwand an Photopapier, so daß wir schließlich Filmmaterial für Kleinbildkameras (Format  $24 \times 36$  cm) benutzten und somit nur einen radialen Ausschnitt des Rotationsbildes zur Darstellung brachten. Als Filmmaterial benutzten wir Kodak Tri-X mit der Empfindlichkeit von 29/10 DIN, kamen damit auf eine Belichtungszeit von 3 min und eine Entwicklungszeit von 10 min bei  $20^\circ\text{C}$  mit einem Feinkorn-Ausgleichsentwickler. Eine Vergrößerung des Schußbildes schien uns deshalb erforderlich, weil die Mehrzahl der Schmauchpartikel so klein ist, daß — wenn man keine Möglichkeit einer mikrophotometrischen Auswertung besitzt — eine Aufzeichnung im Rotationsbild nicht erkennbar ist. Eleganter und zweckmäßiger dürfte eine mikrophotometrische Auswertung sein, mit der wir uns ebenfalls beschäftigen. Bei der oben beschriebenen Anfertigung eines vergrößerten Schußspurenbildes benutzten wir zur Erzeugung der Rotationsbewegung einen Plattenspieler. Für Papierbilder, ausgehend vom Format  $6 \times 9$  cm (Radius also 6 cm)

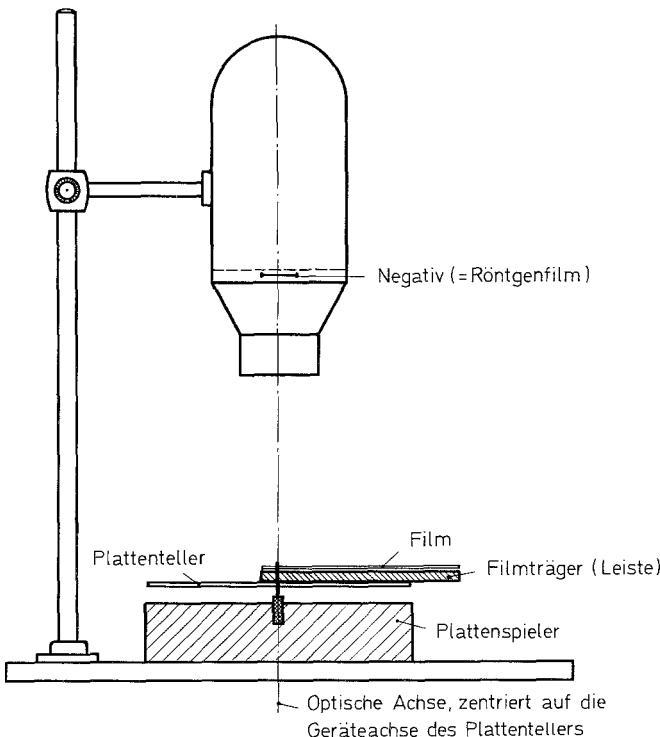


Abb. 2. Schematische Darstellung des Geräteaufbaues für die Herstellung von Rotationsbildern wie in Abb. 4 demonstriert

fixierten wir Positivpapier mit Klebestreifen auf dem Plattenteller (Umdrehungsgeschwindigkeit 33 U/pm). Die Filmstreifen für größere Formate zeigten die Neigung, sich am Rand aufzuwölben, weshalb wir eine in der Mitte durchbohrte Leiste (Zentrum im Mittelstift des Tellers) seitlich mit winkeligen Kunststoffleisten fixierten. Vor der Belichtung muß die Mitte des Plattentellers auf die Mitte des Schußloches zentriert werden. Dies ist einfach, wenn man sich die Mitte des Schußloches mit einer Nadel auf der Photoschicht des Röntgennegatives kreuzförmig markiert und die Mitte der Tellerscheibe darauf einstellt.

Bei der Auswertung von Rotationsbildern auf photometrischem Wege müssen allerdings Effekte berücksichtigt werden, die Anlaß zu Fehldeutungen geben könnten. Die den Schmauch bildenden Bleiteilchen treten auf dem Negativmaterial als helle Punkte auf. Diese werden nun, wie beschrieben, als konzentrische Ringe auf dem Positivpapierbild abgebildet, wobei Breite und Helligkeit dieser Ringe proportional der

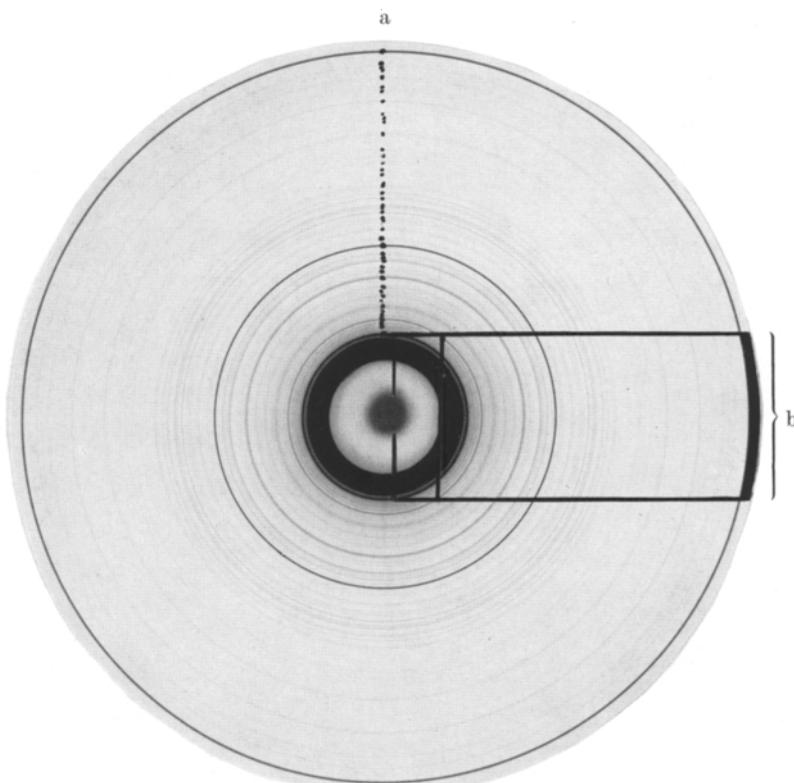


Abb. 3. Rotationsscheibe Vergr.: 2,5 × linear. a: Kreislinien durch Punkte hervorgehoben, Schmauchpartikel auf Positivpapier in Form von Kreisen dargestellt (Ausgleich von Zügen und Feldern im „Schußbild“), b: Kreisausschnitt wie in Abb. 4 zur Verdeutlichung der Methode dargestellt. Ausgangsradius des Negatives vom Schußzentrum aus 3 cm! (Die deutlich markierte innere Kreisfläche entspricht nicht exakt dem Einschußloch, die betreffende Stelle wurde herausgestanzt, der Mittelteil abgedeckt). Nachverkleinerung in der Darstellung hier 3:2

Größe der Bleipartikel sein sollen. Abgesehen von der bei stärkerer Belichtung nicht unbedingt vorliegenden Proportionalität z. B. durch Überstrahlung ist zu berücksichtigen, daß die Belichtungszeit in größeren Abständen vom Einschußloch wesentlich kürzer ist als in unmittelbarer Nachbarschaft, da ein Lichtstrahl eines Punktes auf der Außenbahn einen wesentlich größeren Weg auf dem Positivmaterial beschreibt als der gleich große Punkt auf der Innenbahn.

Nachdem der Weg eines solchen Punktes auf dem Rotationsbild

$$s = \omega \cdot r \cdot t$$

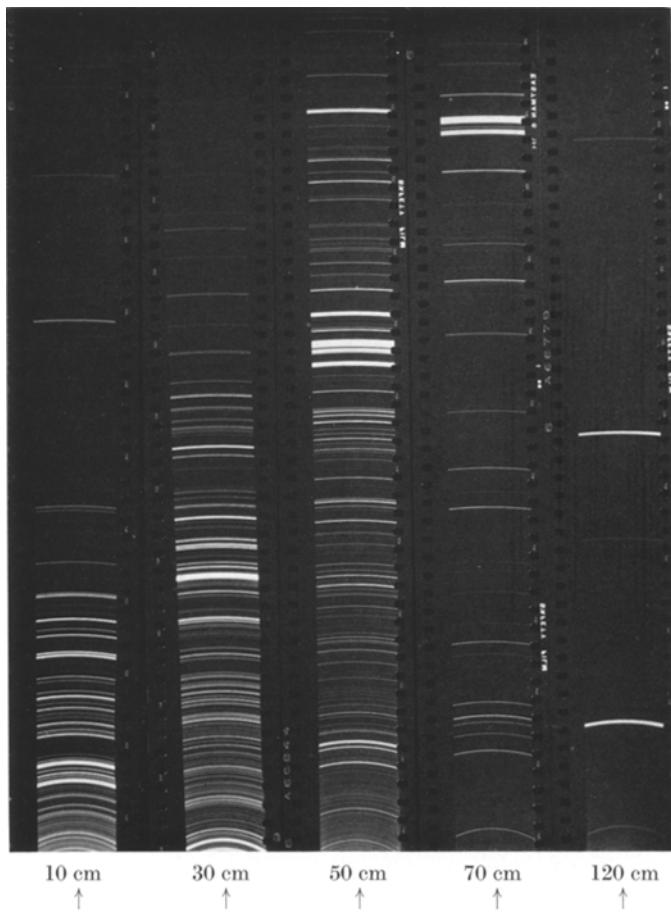


Abb. 3 b

Abb. 4. Rotationsbilder: Radialausschnitte wie in Abb. 3b eingezeichnet. Vergrößerung 4× (linear), Pfeile im gedachten Schußzentrum. Ausgangsradius des Negatives vom Schußzentrum 6,5 cm (ohne Kompensationsfilter aufgenommen). Nachverkleinerung in der Darstellung hier 2:1

beträgt, wobei

$s$  = Weg

$\omega$  = Winkelgeschwindigkeit

$r$  = Abstand des Lichtpunktes von der optischen Achse

$t$  = Belichtungszeit

ist.

Der Weg auf der Innenbahn verhält sich wie der Weg auf der Außenbahn, wie

$$\frac{s_i}{s_a} = \frac{r_i}{r_a}.$$

Da die effektive Belichtungszeit umgekehrt proportional dem in der Zeiteinheit zurückgelegten Weg ist, kann gesetzt werden:

$$\frac{T_a}{T_i} = \frac{r_i}{r_a} \quad \text{oder} \quad T_a = \frac{r_i}{r_a} T_i.$$

Aus letzter Gleichung ist zu ersehen, daß dieser Effekt nicht unbedeutend ist, nachdem eine Verdoppelung des Radius zu einer Halbierung der effektiven Belichtungszeit führt.

Gerade dieser genannte Fehler kann mittels eines einfachen Kunstgriffes eliminiert werden, indem ein selbstangefertigtes Filter auf das zu belichtende Filmmaterial aufgelegt wird. Das Filter wird wie folgt hergestellt: Anstelle des Röntgennegatives legt man einen belichteten Filmstreifen in das benutzte Vergrößerungsgerät ein, der eine vom Bildmittelpunkt nach außen verlaufende dünne gleichmäßige Linie ohne Schwärzung enthält (z.B.: ausgelegten, gespannten Faden belichten). Fertigt man nun eine Rotationsaufnahme an, so erhält man auf dem rotierenden Filmstreifen nach Entwicklung eine abfallende Schwärzung vom Mittelpunkt zum Rand, analog dem beim Rotationsbild des Schusses auftretenden peripheren Lichtabfall. Wird das so erhaltene „Kompensationsfilter“ für die Aufnahme von Rotationsbildern verwendet, so kann man sich nun mit der Belichtungszeit nach den periphersten Partikeln richten, ohne daß die zentralen Bildanteile übermäßig belichtet werden<sup>1</sup>. Bei Verwendung eines Mikrophotometers zur direkten Auswertung der Röntgennegative wäre auch eine kontinuierliche Anpassung der Rotationsgeschwindigkeit an das von zentral nach peripher wandernde Photometer möglich.

Mit der Röntgenmethode läßt sich auch der Abstreifring abbilden. Auf dem Textilgewebe erfolgt dies in ähnlicher Weise wie die Röntgendarstellung der Schmauchelementpartikel. Diese werden bei Nahschüssen auch im Bereich des Abstreifringes zusätzlich anzutreffen sein. Abweichend von der zuerst besprochenen Untersuchungsart legten wir die ausgestanzten Scheiben von Gewebe mit der beschossenen Seite nach unten direkt auf die beschichtete Seite des Films (Kodak SR 54), belichteten mit einer Spannung von 7,5 kV 30 min und hielten einen Aufnahmeabstand von 34 cm ein. (Abb. 5 zeigt Vergrößerungen der Röntgennegative.) Außer dem beschriebenen Filmmaterial wurden zu allen Versuchen auch doppelt beschichtete Röntgenfilme, Spezialfilme für die Mikroradiographie mit extrem hohem Auflösungsvermögen und Graphikfilme benutzt. Das angegebene Filmmaterial ergab jeweils die

---

1. Eine Beachtung der nichtlinearen Schwärzungskurve des Films kann erforderlich werden.

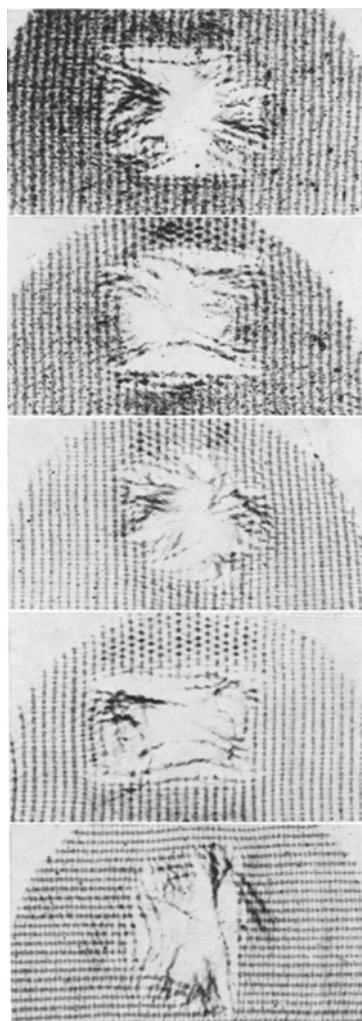


Abb. 5. Röntgenographische Darstellung des Abstreifringes bei verschiedenen Schußentfernungen. Vergr.: ca.  $2,8 \times$ . Dichte Schmauchpartikel bei 10 und 25 cm in der Darstellung

besten Ergebnisse. Mit sehr weicher Strahlung kann man auch mit niedrigerer Belichtungszeit (relativ) und entsprechend geringerer Negativschwärzung die Nitrocelluloseresiduen bzw. teil- und unverbrannte Pulverblättchen röntgenologisch erfassen.

Die ausgezeichnete Darstellung der Schmauchpartikel mit röntgenologischer Methode ist Anlaß, uns weiterhin mit einer photometrisch-statistischen Auswertung der erzielten Ergebnisse zu beschäftigen. Über die entsprechenden Untersuchungen wird in Kürze berichtet.

### Zusammenfassung

Es wird über die röntgenographische Methode der Schmauchpartikeldarstellung zur orientierenden Schußentfernungsbestimmung berichtet. Diese Methode ist zur Ergänzung physikalischer Schußentfernungsbestimmungen gedacht (Kontrollmethode). Die Darstellung der Schmauchpartikelverteilung erfolgte mittels eines Tischröntgengerätes (Fa. Field Emission), bei 25 kV und 3 min Belichtungszeit. Das erhaltene Röntgennegativ wurde zum Ausgleich der Unregelmäßigkeiten der Schmauchverteilung jeweils einem Rotationsverfahren unterworfen. Das vergrößerte Negativbild der Röntgenaufnahme wurde auf einen rotierenden Filmstreifen höchster Empfindlichkeit projiziert. Bei nachfolgender Entwicklung konnte auf Grund rein morphologischer Kriterien der Dichte und Verteilung der partikelbedingten Rotationsbilder eine orientierende Schußentfernungsbestimmung durchgeführt werden. Zur photometrischen Auswertung der Rotationsbilder ist ein Kompensationsfilter wegen des radialen Lichtabfalles bei der Herstellung der Rotationsbilder erforderlich. Die Herstellung des Filters wird kurz besprochen, hinsichtlich der photometrisch-statistischen Auswertung der Rotationsbilder wird auf eine in Kürze erscheinende Publikation verwiesen.

### Summary

The report describes the radiographic method of determining the range, from which a shot was fired, by residual smoke particle distribution. This method is intended to supplement physical determinations of range (control method). The representation of residual smoke particle distribution was effected with a table top radiation inspection unit (Messrs. Field Emission) at 25 kV and 3 min exposure time. The X-ray negative obtained was in each case subjected to a rotation process for the purpose of compensating for irregularities in the residual smoke distribution. The enlarged radiographic negative was projected on a rotating film strip having maximum sensitivity. After subsequent development range could be determined purely from morphological criteria from the density and distribution of the particles in the rotation pictures. A compensating filter is necessary for photometric evaluation of the rotation pictures, because of a radial decrease in light during picture production. The manufacture of the filter is dealt with briefly.

Attention is drawn to a publication which will shortly be published with regard to the photometric-statistical evaluation of the rotation pictures.

### Literatur

- Le Moyne-Snyder: Morduntersuchung, S. 151, 157. Hamburg: Kriminalistik-Verlag (ohne Ersch.-Jahr).
- Leszczynski, Ch.: Die Bestimmung der Schußentfernung. Kriminalistik 9, 377 (1959).
- Kasuistische Beiträge zum Thema Mord-Selbstmord Vortr. Landeskr. Nieders. Naturw. Kriminalistik 4, 91 Vertr. Hannover: Schmorl u. Seefeld 1967.
- Mueller, B.: Gerichtliche Medizin, S. 543. Berlin-Göttingen-Heidelberg: Springer 1953.
- Prokop, O.: Forensische Medizin, S. 228. Berlin: Verlag Volk und Gesundheit 1966.
- Sellier, K.: Schußentfernungsbestimmung. Lübeck: Schmidt-Römhild 1967.

Dr. med. Ekkehardt Böhm  
8 München 15, Frauenlobstr. 7