

## Charakterisierung von Mikroblutspuren

**B. Brinkmann, B. Madea und S. Rand**

Institut für Rechtsmedizin der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster,  
Von-Esmarch-Str. 86, D-4400 Münster, Bundesrepublik Deutschland

### Characterization of Micro-Bloodstains

**Summary.** The stains produced from micro-blood-drops (blood volume  $0.2\text{ }\mu\text{l}$ ) on different substrate materials were examined with respect to morphological characteristics. Micro-stains made on paper showed the same general pattern as larger (macro-)bloodstains on the same substrate. The use of shirt material as substrate, however, resulted in differences in the stain pattern, particularly a greater variation within otherwise identical series. In addition when the angle of the bloodstains was acute, a variable number of smaller stains became detached. In these cases definite criteria can still be found for a description of bloodstains and for estimating the approximate angle of impact.

**Key words:** Micro-bloodstains, form analysis – Substrate material, micro-bloodstains

**Zusammenfassung.** Die von Mikrotropfen entsprechend einem Blutvolumen von etwa  $0,2\text{ }\mu\text{l}$  verursachten Spuren werden im Hinblick auf morphologische Charakteristika bei verschiedenen Spureenträgern beschrieben. Dabei gelten für die auf Papier erstellten Mikrospuren ähnliche Gesetzmäßigkeiten wie im Makrobereich. Bei Hemdstoff als Trägermaterial ergeben sich jedoch Abweichungen des Formbildes, insbesondere eine größere Variation innerhalb einer sonst identischen Serie. Zusätzlich löst sich bei spitzen Winkeln die Blutspur in mehr oder weniger zahlreiche Einzelpuren auf. Doch konnten auch hier zweifelsfreie Kriterien zur Beschreibung der Tropfspur sowie zur Einschätzung des ungefähren Einfallwinkels erarbeitet werden.

**Schlüsselwörter:** Mikroblutspuren, Formanalyse – Spureenträger, Mikroblutspur

Während die Analyse von „Makrospuren“ – es handelt sich hierbei um die Äquivalente von Blutstropfen ( $50\text{ }\mu\text{l}$ ) und größeren Volumina – seit Beginn des

Jahrhunderts integrierter Bestandteil der Tatrekonstruktion ist (Göhringer 1941, Haberda 1914, Lochte 1933, Piotrowsky 1895, Schleyer–Oepen 1977, Svensson-Wendel 1955, Ziemke 1914) bedarf der Bereich der Mikrospuren – entsprechend Spurenvolumina von Microliter-Bruchteilen – weiterer Bearbeitung (Rand, Madea, Brinkmann 1985). Diese können, wie zwei kürzlich bearbeitete Fälle zeigen, unter Umständen die einzigen relevanten Spuren bei Kapitaldelikten sein. Die Fragen lauten u.a.: Lassen sich die für Makrospuren erarbeiteten Gesetzmäßigkeiten auf Mikrospuren übertragen? Welchen modifizierenden Einfluß hat ggf. der Spureenträger? Ist die im Makrobereich unproblematische Differenzierung zwischen Kontakt- und Spritz-/Schleuderspuren auch im diffizilen Mikrobereich möglich?

## Materialien und Methodik

Es wurde mit Mikrotröpfchen von 0,1, 0,2, 0,5 und 1,0 µl Blut gearbeitet, welche aus einer Fallhöhe von 1 m in verschiedenen Winkeln auf Schreibmaschinenpapier und glatten Hemdstoff aufprallten. Die Aufprallwinkel ( $\tau$ ) variierten zwischen 90°, d.h. senkrecht Aufprall, und 10°, d.h. fast tangentialem Aufprall mit Zwischenstufen von jeweils 10°; zusätzlich wurde als Extremwinkel 5° gewählt. Auch wurde die Fallrichtung im Verhältnis zur Kett-Richtung des Stoffes ( $\rho$ ) in Stufen von jeweils 15° variiert. In jeder Serie wurden zwischen 5 und 10 Einzelversuche durchgeführt. Aus technischen Gründen (Gerinnung!) wurde ausschließlich frisch entnommenes, durch EDTA-Zusatz (pulverisiert) ungerinnbar gemachtes Blut verwendet, welches nach MacDonell (1971) im Vergleich zu Nativ-Blut keine wesentlichen physikalischen Unterschiede aufweist. Durch Verwendung von Präzisionsspritzen (Hamilton) konnten die Tropfenvolumina beliebig variiert werden.

*Verwendeter Hemdstoff:* weißer Batist; 65% Polyester, 35% Baumwolle; Kette mit 37 Fäden/cm, Schuß mit 24 Fäden/cm; Leinenwandbindung.

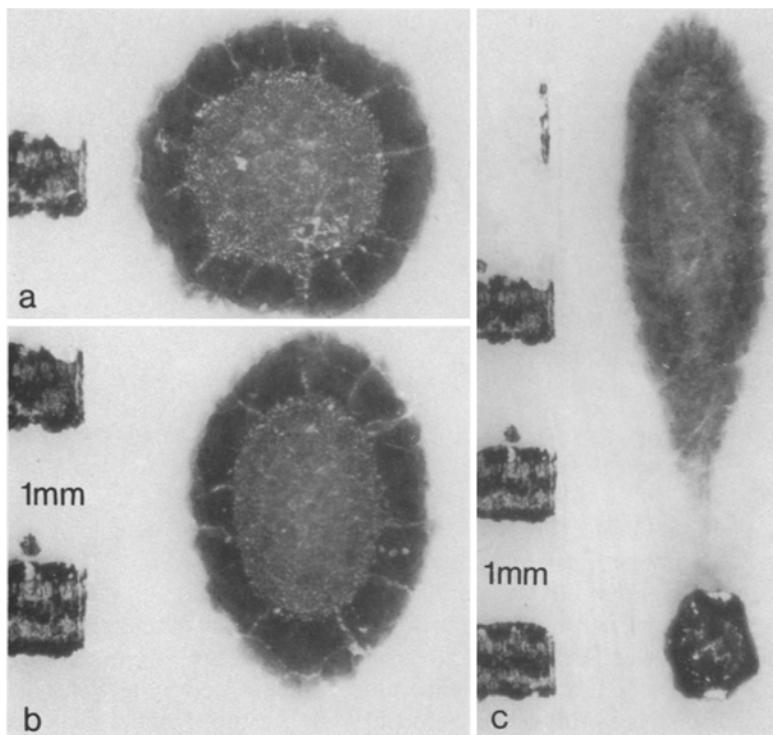
Die Auswertung und fotografische Dokumentation der produzierten Blutspuren erfolgte mit dem Makroskop M 400R (Wild).

## Ergebnisse

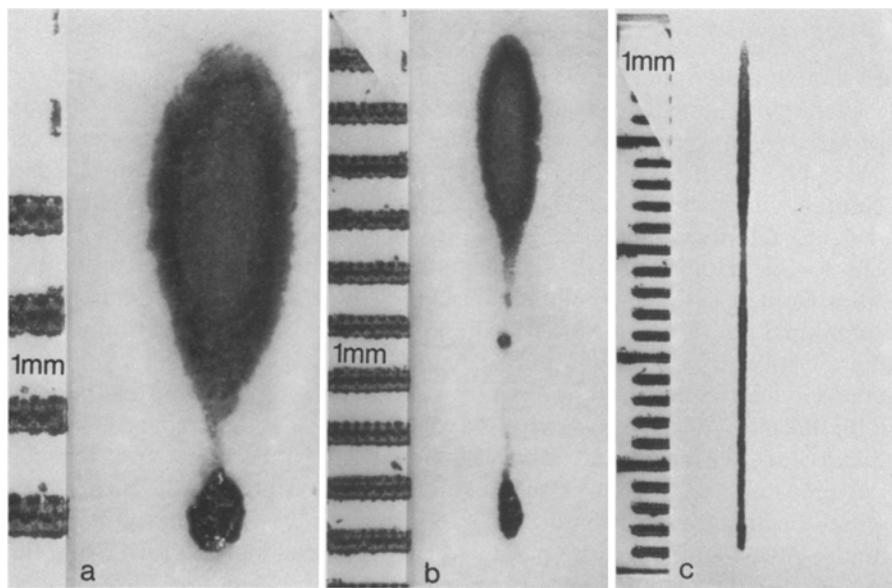
Nachfolgend wird generell von Tröpfchengrößen mit einem Volumen von 0,2 µl ausgegangen. Andere Tröpfchengrößen finden nur insoweit Erwähnung, als die Spuren signifikant abweichen.

### *Spuren auf Papier*

Bei Winkeln ( $\tau$ ) von 90° bis 70° zeigen sich runde Spuren, zwischen 60° und 30° zunehmend ovalär werdend; das Oval ist zunächst symmetrisch, später asymmetrisch, wobei das spitze Ende die Fallrichtung angibt. Unter 30° finden sich typische Ausrufezeichen (Abb. 1a–c). – Bei 0,5 µl sind Ausrufezeichen bereits ab 30° vorhanden. Diese haben bei spitzen Winkeln statt eines Einzelpunktes einen weiteren, welcher intensiver ist als der erste (Abb. 2). – Bei 1 µl treten ovaläre Formen bereits bei 70° auf, Ausrufezeichen bereits bei 50°, auch diese weisen regelhaft einen Doppelpunkt auf. Bei 5° findet sich als Besonderheit eine strichförmige Spur von lanzenähnlicher Gestalt.



**Abb. 1a–c.** Blutspuren auf Papier. Fallhöhe 1 m, Tropfenvolumen 0,2 µl. **a** 90°. **b** 50°. **c** 20°. Besondere Merkmale sind die zonale Gliederung bei verschiedenen Einfallwinkeln



**Abb. 2.a–c.** Blutspuren auf Papier. Fallhöhe 1 m, Tropfenvolumen 0,5 µl. **a** 30°, ausgeprägtes Ausrufezeichen. **b** 20°, Doppelpunkt des Ausrufezeichens mit intensivem letzten Punkt. **c** 5°, strichförmige Spur, lanzenähnliche Gestalt mit erhaltenener zonaler Gliederung

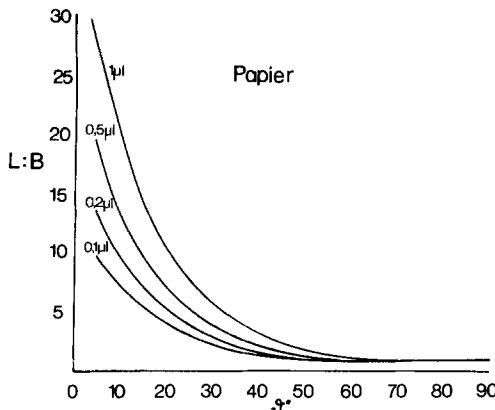
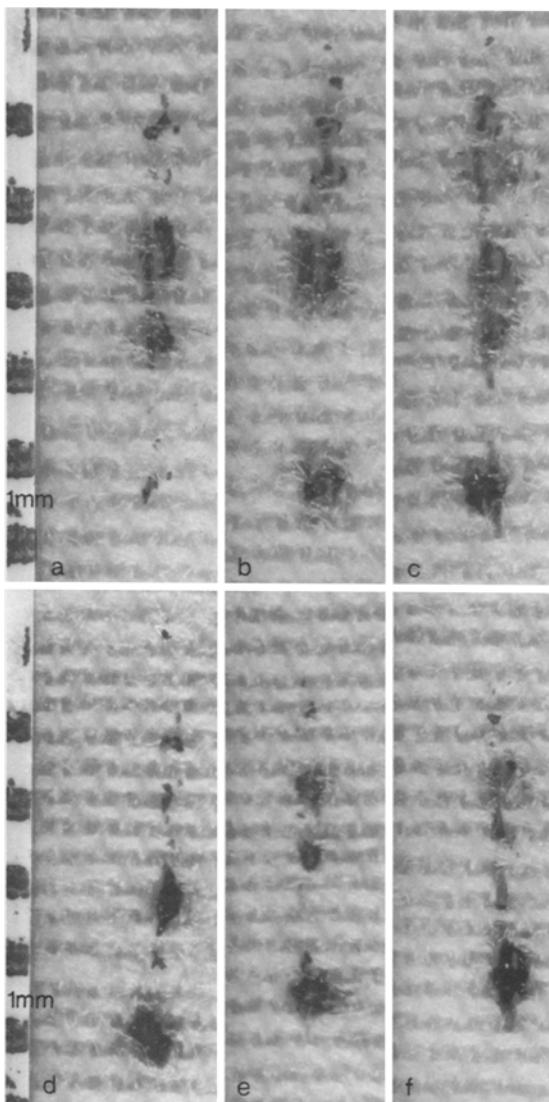


Abb. 3. Längen-/Breitenquotient bei verschiedenen Tropfengrößen in Abhängigkeit von Einfallswinkel ( $\tau$ )

Bildet man einen Quotienten zwischen Länge und Breite der Spur, so besteht eine offensichtliche Beziehung zu den Aufprallwinkeln (Abb. 3). Allerdings sind diese Quotienten u.a. von der Tröpfchengröße abhängig. – Für alle Papierspuren gilt ferner, daß bei gleichartigen Entstehungsbedingungen, also innerhalb einer definierten Serie die Formvarianz der Einzelspuren sehr gering ist. Bei mikroskopischer Betrachtung wird eine zonale Gliederung sichtbar, diese verliert sich erst bei Aufprallwinkeln unter 20°: Zentral findet sich ein blässer Hof, dann folgt ein intensiver Ring und peripher ein sehr schmaler, heller, häufig etwas unscharf und unregelmäßig begrenzter Saum.

#### *Mikrospuren auf Stoff*

Auch hier wird als Standard die Serie 0,2  $\mu\text{l}$  beschrieben. Zwischen 90° und 60° sind die Spuren annähernd rund, durch die Textur der Unterlage jedoch deformiert (Abb. 5a). Zwischen 50° und 30° werden die Spuren zunehmend ovalär (Abb. 5b), ab ungefähr 20° kommt es zu grundsätzlichen Unterschieden zu Spuren auf glatter Unterlage. Die strichförmige, ausufezeichenförmige Spur fehlt, statt dessen findet man Muster von charakteristischer Rhythmität, welche wir als „Hoppelmuster“ bezeichnen. Nach dem Primäraufschlag springt der Blutstropfen – Kugelform! – offensichtlich in definierten Rhythmen, bevor er seine kinetische Energie verliert. Die letzten Schritte dieses Rhythmus sind häufig die größten, die letzte Spur ist häufig die intensivste. In Abhängigkeit von der Geometrie des Primärkontaktees kann der Beginn des Musters manchmal pfeilförmig spitz sein. Auch sind die ersten „Sekundärspuren“ häufig schmäler und schwächer als die des letzten Drittels. Weitere Kriterien der „Hoppelmuster“: Zwischen den Sekundärspuren sind gelegentlich zarte Wischer, bedingt durch prominente Faseranteile. Zwischen und neben den Sekundärspuren finden sich häufig mikroskopisch kleine Tertiärspuren. Extremformen der „Hoppelmuster“ finden sich bei 5°; bei diesem Winkel, aber auch bei 10°, können die beschriebenen Richtungsregeln für Anfang und Ende des Musters gelegentlich untypisch ausgeprägt sein. Die bei Papierspuren

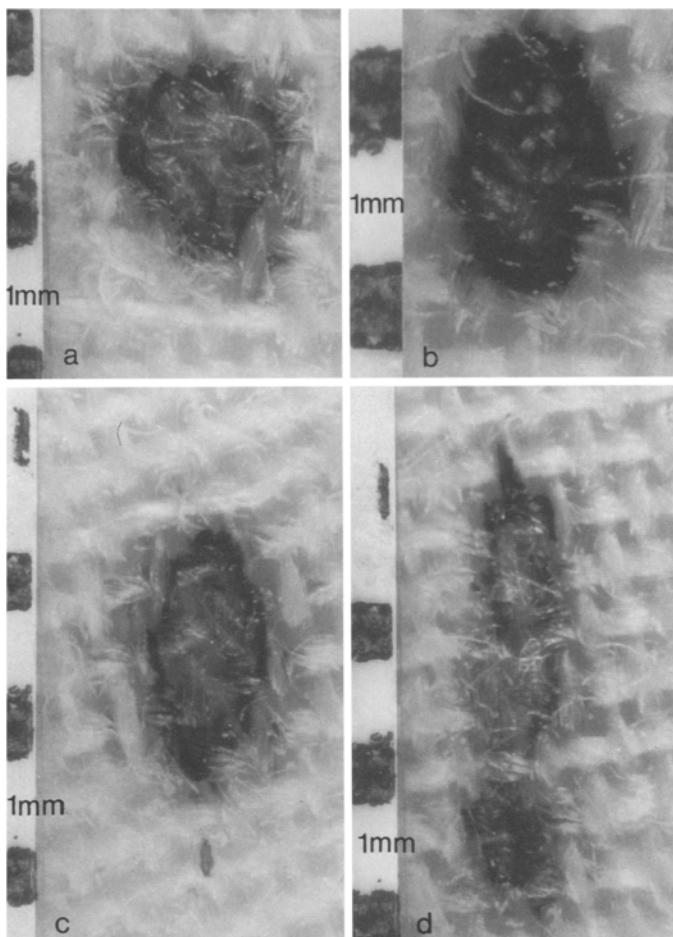


**Abb. 4a–f.** Tropfspuren auf Stoff. Fallhöhe 1 m, Tropfvolumen  $0,2 \mu\text{l}$ ,  $\rho 0^\circ$ . **a–c** Formvarianz bei einem Einfallwinkel von  $10^\circ$ . Deutlich sichtbar das „Hoppelmuster“, die Rhythmität mit letztem großen Schritt, Sekundärspuren und Wischer. **d–f** (Einfallwinkel  $5^\circ$ ) untypische Ausprägung der Richtungsregeln für Anfang und Ende des Musters

beschriebene zonale Gliederung ist bei Primärspuren regelhaft vorhanden, bei Sekundärspuren allenfalls angedeutet (Abb. 4).

#### Richtungsdeviation

Bei faserparallelem Aufschlag mit Verursachung von „Hoppelmustern“ bleibt die Spur annähernd linear. Allerdings werden hier gelegentlich, leicht bogen-



**Abb. 5a–d.** Blutspuren auf Stoff. Fallhöhe 1 m, Tropfenvolumen 0,2 µl. **a** 80°,  $\rho$  0°, durch Charakteristika des Spureenträgers deformierte runde Mikrospur. **b** 50°,  $\rho$  0°, ovaläre Blutspur mit angedeutet zonaler Gliederung. **c** 30°,  $\rho$  15°, der schräge Faserverlauf in Beziehung zum Einfallwinkel verändert die Blutspurmorphologie nur unwesentlich. **d** 20°,  $\rho$  15°, Richtungsdeviation der Blutspur

förmig gekrümmte Verlaufsformen oder angedeutete Winkelbildungen beobachtet. Bei schrägem Aufprall im Vergleich zur Kettrichtung finden sich die gleichen „Hoppelmuster“ wie bei faserparallelem Aufprall. Zusätzlich finden sich, insbesondere bei Aufprallwinkeln ( $\tau$ ) von 20° und darunter, deutlichere bogenförmige Verläufe und Winkelbildungen als vorher beschrieben (Abb. 5d). Diese sind weitestgehend unabhängig von der Größe des Winkels zwischen Kettrichtung und einfallendem Bluttropfen. Auf diese Phänomene ist auch die Variation der Tröpfchengröße ohne wesentlichen Einfluß. Winkelbildungen und bogenförmige Verläufe bis hin zu leicht sigmoidal gekrümmten Verläufen treten jedoch auch bei schrägem Auffall (im Vergleich zur Faserrichtung) nicht regelhaft auf.

## Diskussion

Mikroblutspuren auf glatten Oberflächen (Papier) weisen die für „Makrospuren“ bekannten Charakteristika auf. Durch Bestimmung des Längen-/Breitenquotienten lässt sich der Einfallswinkel bestimmen. Allerdings ist dieses nur ab bzw. unter  $40^\circ$  möglich. Auch ist zu beachten, daß die Quotienten vom Tröpfchenvolumen abhängig sind und ferner – in der hiesigen Untersuchung nicht systematisch dargestellt – in bestimmten Grenzen auch von der Fallhöhe. Mit anderen Worten: Die Bestimmung „präziser“ Einfallswinkel (wie es im amerikanischen Schrifttum für möglich gehalten wird – MacDonell 1971 – und wie es nach unséerer Erfahrung auch in der Bundesrepublik zumindest im Einzelfall praktiziert wurde), ist nicht möglich. Andererseits kann man aus den erarbeiteten morphologischen Kriterien durchaus Schätzwerte (z. B. „etwa  $10^\circ$  bis  $20^\circ$ “) ableiten. Auch ist bei ovalären und weiter ausgezogenen Spuren die Spritzrichtung feststellbar. Die Abgrenzung gegen Kontaktspuren ist durch zahlreiche Kriterien möglich: Symmetrie, Formung, zonale Gliederung.

Komplizierter ist die Analyse entsprechender Spuren auf Stoff. Während sich bei senkrechtem und schrägem Aufprall bis zu Winkeln von etwa  $20^\circ$  bis  $25^\circ$  die gleichen Merkmale wiederfinden – die Spuren sind allerdings in der Form variabler und „unruhiger“ – finden sich bei spitzen Winkeln neue und abweichende Kriterien: Es fehlt eine – ausgeprägte – „Primärspur“, statt dessen löst sich die Spur in ein rhythmisch angeordnetes Muster von Sekundärspuren auf. Zusätzliche Aspekte: Es kommt zu Bogen- und Winkelbildungen, bedingt durch Abpralleffekte, dieses Phänomen ist besonders ausgeprägt bei schrägem Einfall im Vergleich zur Faserrichtung. Die Ursache wird klar, wenn man sich vergegenwärtigt, daß die Tröpfchen etwa gleiche Durchmesser haben, wie die Stofffasern. Weitere Gemeinsamkeiten dieser „Hoppelmuster“ sind die Kriterien der Rhythmisität, der Intensitätsvariation, der Sekundärspuren innerhalb eines Musters, der Spurengröße und Spurenbreite. – Die erarbeiteten Kriterien zu den Längen-/Breitenquotienten zwingen zu noch größerer Zurückhaltung als bei Spuren auf Papier. Lediglich ungefähre Winkelbereiche sollten vorsichtig angegeben werden. Auch ist es wegen der ausgeprägten Textur-Variation bei Stoffen im gegenständlichen Fall sicherlich hilfreich, Vergleichsuntersuchungen anzustellen. Darüber hinaus sind systematische Studien über den Einfluß anderer Gewebsklassen sicherlich nützlich. Für Mikrospuren auf glattem Stoff lässt sich feststellen: Trotz ausgeprägterer Unregelmäßigkeiten und Variationen, trotz morphologischer „Unruhe“ und der Bildung neuer Spurenformen („Hoppelmuster“ mit Winkelbildungen) dürfte unter sorgfältiger Beachtung der obigen Kriterien eine Unterscheidung zu Kontaktspuren in der Praxis möglich sein. Ähnliches gilt für die Spritzrichtung und die Einschätzung des ungefähren Einfallwinkels. Der forensische Sicherheitsgrad entsprechender Aussagen wird mit der Zahl analysierbarer Einzelspuren zunehmen; wenigstens etwa 2 bis 3 Einzelspuren sind als Grundlage für die Bewertung wünschenswert.

Darüber hinaus weisen wir nochmals auf die wichtige, vielerorts vernachlässigte Analyse der Formspur hin: Die Formanalyse ermöglicht es, eine Beziehung zu einem Geschehen herzustellen und erst die serologische die Beziehung zum Individuum.

## Literatur

- Göhringer J (1941) Kann aus dem Blutbild auf verschiedenen Unterlagen die Fallhöhe und -richtung des gefallenen Tropfens ermittel werden? Med Diss Heidelberg
- Haberda A (1914) Eine besondere Form von Blutspritzen. Vjschr Gerichtl Med 47:380
- Lochte Th (1932) Über die Kronenbildung des auffallenden Bluttropfens und ihre Beziehung zu sekundären Blutspritzen. Dtsch Z für Gerichtl Med 22:387–396
- MacDonell H (1971) Flight characteristics and stain patterns of human blood. Nile a CJ
- Messler H (1980) Untersuchung über den Einfluß textiler Spurenträger auf die Blutspur. Med Diss Köln
- Messler H, Berghaus G, Dotzauer G (1981) Der Einfluß textiltechnischer Größen eines Spurenträgers auf das Erscheinungsbild einer Blutspur. Kriminalistik und forensische Wissenschaften 44:125–137
- Piotrowski E (1985) Über Entstehung der Blutspuren nach Hiebwunden des Kopfes. Virch Jahresber I, S 449
- Rand S, Madea B, Brinkmann B (1985) Zur Morphologie von Blutspuren. Beitr Gerichtl Med (im Druck)
- Schleyer F, Oepen I (1977) Leitfaden der gerichtlich-medizinischen Blutspurenuntersuchung. 2. Aufl. Schmidt-Römhild, Lübeck
- Svensson A, Wendel O (1955) Tatortuntersuchung. Schmidt-Römhild, Lübeck
- Ziemke E (1914) Die Untersuchung von Blutspuren. In: Lochte Th (Hrsg) Gerichtsärztliche und polizeiärztliche Technik. Bergmann-Verlag, Wiesbaden

Eingegangen am 12. Februar 1985