

# Über die Kronenbildung des auffallenden Blutropfens und ihre Beziehungen zu sekundären Blutspritzern.

Von  
Prof. Dr. **Lochte**, Göttingen.

Mit 8 Textabbildungen.

Am 11. XII. 1932 ging durch die Zeitungen die Abbildung eines fallenden Milchtropfens, aufgenommen mit einem Spezialapparat des Edgerton-Stroboskops, das 500 Bilder in der Sekunde macht. Es ergab sich, daß beim Auffallen des Tropfens auf der Unterlage das Bild einer Krone zustande kam, mit etwa 24 Zacken. An der Spitze jeder Zacke war ein feinstes Milchtröpfchen sichtbar. Beim Zusammenfallen der

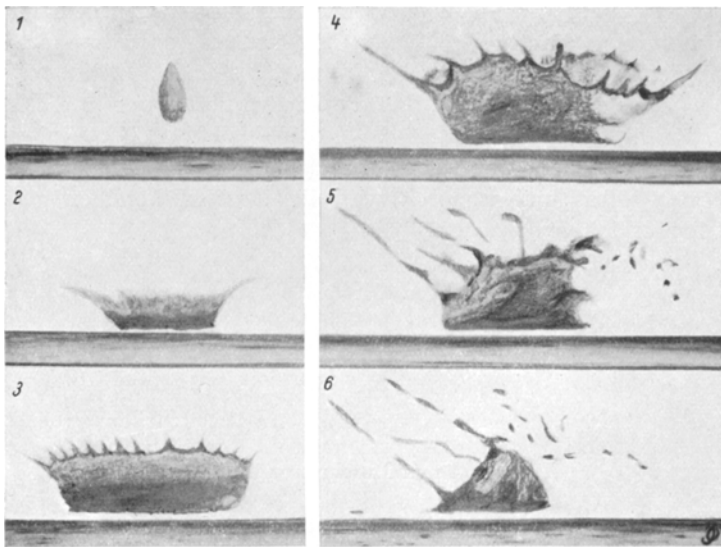


Abb. 1. Die Abbildungen stellen einzelne vergrößerte Filmaufnahmen des auf Karton auffallenden Blutropfens dar. Die Abbildungen sind mit Bleistift nachgezeichnet. Man erkennt die Kronenbildung; in Abb. 5 und 6 die Entstehung der sekundären Spritzer.

Krone zeigte sich, daß die Tröpfchen über den Zacken nach außen fielen und daß die gesamte Flüssigkeit einen kreisrunden Fleck bildete, dessen Hauptmasse in der Peripherie des Kreises angehäuft war.

Dieses Bild erweckte in mir die Vermutung, daß beim fallenden Blutropfen ähnliche Verhältnisse vorliegen könnten. Es wurde deshalb die Firma Carl Fink, Dresden, die im Besitz von Spezialapparaten des Kino-Photo-Bildwesens sich befindet, Dresden A 24 (Altstadt, Reichs-

straße 8), um Aufnahmen eines fallenden Blutstropfens gebeten, und zwar aus 1 m Fallhöhe auf Karton. Die Filme sind von der Firma Fink mit Zeiss-Ikon-Zeitlupe geliefert worden. Es zeigte sich, daß ein auf Karton auffallender Blutropfen eine deutliche Krone bildet, ebenso wenn auf einen Kleiderstoff ein zweiter Blutropfen auf den ersten Blutropfen auffällt. Damit war dargetan, daß die Beobachtungen beim Milchtropfen auch für den Blutropfen gelten (Abb. 1).

Das Studium der Krone bei verschiedener Fallhöhe und Unterlage hatte einer großen Anzahl kinematographischer Aufnahmen bedurft. Eine solche Untersuchung wäre sehr teuer geworden und war deshalb ausgeschlossen.

Wir gingen daher so vor, daß wir Blutropfen gleicher Größe aus verschiedener Höhe auf gelbes Konzeptpapier fallen ließen. Da frisches Menschen- oder Tierblut zu schnell gerinnt, nahmen wir die Versuche mit durch Schlagen defibriniertem Tierblut (Schweineblut) vor, das wir tropfenweise aus dem unteren Ende einer mit einem Glashahn versehenen kurzen Bürette herabfallen ließen. Das fazettierte Bild des Blutropfens dürfte demjenigen der Krone am nächsten kommen. Man braucht sich nur vorzustellen, daß die Zacken der Krone in die Ebene projiziert werden, auf der sich die Krone bildet.

Es fragt sich nun, was wissen wir über die Entstehung der Krone, die Krone selbst und wodurch wird ihr Zustandekommen gestört?

I. Wir erhielten bei einer

Fallhöhe von	einen Tropfen von	
5 cm .	8,0 mm Durchmesser	
10 „ .	9,5 „ „	
25 „ .	11,5 „ „	
50 „ .	13,0 „ „	
75 „ .	14,0 „ „	
100 „ .	15,0 „ „	(Fazettenbildung vollkommen deutlich, Abb. 2)
150 „ .	15,5 mm Durchmesser.	

Die Werte stützen sich auf je 10 Tropfbilder der einzelnen Fallhöhe. Alle Versuche wurden unter gleichen Bedingungen angestellt. Es ergibt sich daraus, daß aus dem Tropfbilde die Fallhöhe würde erkannt werden können, vorausgesetzt, daß die Tropfengröße bekannt wäre<sup>1</sup>.

Die Fazettenbildung beginnt erst bei einer Fallhöhe von etwa 25 cm. Kleinere Tropfen zeigen keine Fazetten, wovon man sich leicht überzeugen kann, wenn man das Blut mit einer Pravaz-Spritze mit feiner Nadel aufnimmt und dann senkrecht in die Luft spritzt. Es entsteht

<sup>1</sup> Die von uns angestellten Versuche stellen in dieser Beziehung keine Wirklichkeitsversuche dar. Zu dem Zwecke wäre es erforderlich gewesen, Tropfbilder z. B. einer blutenden Fingerwunde oder bei Nasenbluten von Personen verschiedenen Alters aufzunehmen.

ein Sprühregen von Bluttröpfchen verschiedenster Größe. Fängt man diese auf einem Bogen glatten Papiers auf, so ergibt sich, daß die Tropfen unter 10 mm Durchmesser keine Fazetten zeigen.

Für die Fazettenbildung kommt es augenscheinlich auf die Tropfengröße, die Fallhöhe und außerdem auf die Art der Unterlage an.

Wenn nämlich die Bluttröpfchen aus der Luft auf eine raue Unterlage auffallen, wie z. B. auf feines Sandpapier, so zeigen auch sehr kleine Tröpfchen noch Fazettenbildung.

Neben diesen äußeren Faktoren spielen innere Faktoren, die Kohäsion der einzelnen Tropfenteile, eine Rolle.

Herr Dr. *Kyropoulos* machte mich darauf aufmerksam, daß man die Oberflächenspannung eines Tropfens Chlorecalciumlösung durch Zusatz von Äther zu ändern vermag.

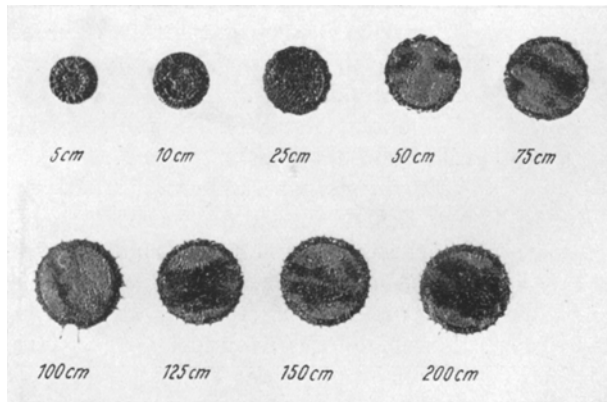


Abb. 2. Abbildungen gleich großer Bluttröpfen aus verschiedener Fallhöhe.

Ein Tropfen wässriger konzentrierter Chlorecalciumlösung läßt beim Herabfallen keine Fazettenbildung erkennen, sobald aber dieser Lösung Äther zugesetzt wird, tritt bei steigender Menge dieses Zusatzes allmählich Fazettenbildung ein. Luftbewegung, höhere Temperatur, die Verdunstungsgeschwindigkeit des Äthers usw. werden in einem solchen Falle das Resultat beeinflussen.

Die weitere Verfolgung dieser mikrophysikalischen Probleme ist an dieser Stelle nicht beabsichtigt. Es sollen hier nur die kriminalistisch wichtigsten Gesichtspunkte erörtert werden.

Es ist beachtlich, daß mit steigender Fallhöhe die Zahl der Fazetten eines Bluttröpfens steigt.

Wir zählten in	50 cm	Fallhöhe	durchschnittlich	22 Fazetten.
„ „ „	75 „	„	„	25 „
„ „ „	100 „	„	„	29 „
„ „ „	125 „	„	„	33 „
„ „ „	150 „	„	„	36—37 „

Man kann also nicht nur aus dem Auftreten von Fazetten, sondern auch aus ihrer Zahl gewisse Schlüsse auf die Fallhöhe ziehen, natürlich unter Berücksichtigung der Unterlage, auf die der Tropfen fällt.

Wie schon dargelegt, ist die Rauhigkeit der Fläche, auf die der fallende Blutropfen auftrifft von entscheidender Bedeutung für das Blutbild.

Wir haben das an den verschiedensten Unterlagen festgestellt. Auf Glas erhielten wir keine Fazettenform des Blutropfenbildes. Auf gefetteter Unterlage, z. B. eingefettetem Papier, ziehen sich die auf-, gefallenen Blutropfen sichtlich zusammen und streben der Kugelgestalt zu.

Auf Linoleum, Strohnappe, Papier mit Kreide bestrichen, Schmirgelpapier, einem Ziegelstein, Sandpapier erhielten wir alle nur denkbaren Grade des Zerspritzens einzelner Blutropfen.

Dasselbe gilt von einzelnen Kleidern Stoffen, Tüll, Mull, Leinen, Baumwolle und Wollstoffen, Sommer- und Winterkleidung.

Je rauher der Stoff ist, um so mehr wird der auffallende Tropfen zerspritzen.

Ein ungefähres Bild kann man sich von der Wirkung des Kleidern Stoffes machen, wenn man ein Papier mit einer starken Nadel durchsticht, so daß die Papierfasern alle nach einer Seite herausstehen; das würde etwa den Fasern eines Plüschstoffes entsprechen, nur daß die Fasern weniger dicht stehen. Läßt man den Tropfen auf die andere Seite des Papiers fallen, auf der nur die Vertiefungen der Stichstellen zu sehen sind, so entspricht eine derartige Unterlage etwa einem gespannten Mullstoff.

Natürlich ist der Spannungszustand des Gewebes von Einfluß auf das Bild des Blutropfens.

Zwischen den Bildern von Blutropfen, die man von solchen gestichelten Unterlagen erhält, liegt die ganze Reihe von Tropfenbildern auf verschiedenen Kleidern Stoffen, deren Oberfläche sich aus einzelnen mehr oder minder hervorstehenden Fasern und dazwischen liegenden Vertiefungen zusammensetzt.

Gelegentlich beobachteten wir, daß dem Bilde des Blutropfens ein oder mehrere sektorenförmige Ausschnitte fehlten (Abb. 3).

Es muß also hier an bestimmter Stelle zu einer Störung in der Entwicklung der Krone gekommen sein. Welcher Art sind diese Störungen?

Wir haben zunächst dem an der Spitze der Pipette sich bildenden Tropfen einen kleinen Holzsplitter angehängt. Das Tropfenbild zeigte aber nicht den gesuchten sektorenförmigen Ausschnitt; denn es ist natürlich ganz ungewiß, an welche Stelle des Tropfens der Holzsplitter fällt.

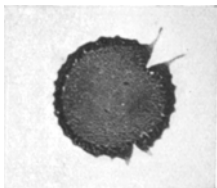


Abb. 3. Blutropfenbild mit sektorenförmigen Ausschnitten.

Fällt er in die Mitte des Tropfens, so braucht die Kronenbildung nicht gestört zu werden. Wir haben diese Versuche zunächst nicht weiter verfolgt, weil wir vermuteten, daß vielleicht kleine Gerinnsel im Blute oder Unebenheiten der Papieroberfläche an der unvollständigen Bildung der Krone schuld seien.

Später haben wir die Versuche wieder aufgenommen und haben zunächst die Größe des Winkels, des Sektors gemessen, um festzustellen, ob dieser Winkel gleiche oder verschiedene Größe hätte. Die Meßresultate an kleinen Tropfen waren recht ungenau. Sie schwankten zwischen  $63^{\circ}$  und  $104^{\circ}$ . Jedenfalls ergab sich, daß die Winkel nicht immer gleich groß waren. Daraus war zu schließen, daß der störende Faktor von verschiedener Größe sein mußte. Ich vermutete, daß Luftbläschen im Blute die Aussparungen hervorrufen könnten. Zu dem Zwecke haben wir dem an der Öffnung der Pipette hängenden Blutropfen mit einer feinen Glascapillare Luft eingeblasen. Wir erhielten aber mit solchen Tropfen nicht den sektorenförmigen Ausschnitt.

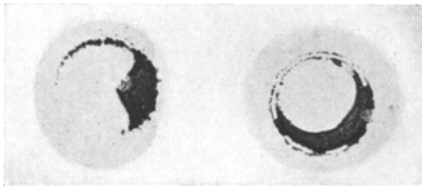


Abb. 4.

Abb. 4. Bilder von 2 Blutropfen, die gleichzeitig flüssiges Fett enthalten.

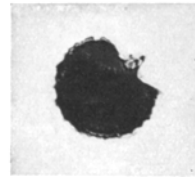


Abb. 5.

Abb. 5. Blutropfen, der Gehirnteilchen enthält. Breiter sektorenförmiger Ausschnitt.

In einer zweiten Reihe von Fällen haben wir dem Blutropfen Fett zugesetzt, und zwar zunächst Knochenöl. Injiziert man mit der Capillare in einen sich bildenden Blutropfen flüssiges Fett, so überzieht sich die Oberfläche des Tropfens mit Fett, bei größerer Fettmenge hängt das Fett unten dem Blutropfen an.

Die Bilder, die wir auf Papier erhielten, zeigen natürlich nur den Blutanteil des Tropfens, der sich teils als mondsichelähnlicher Streifen, teils in Siegelringform dem Auge darbietet, während das Fett sich im Papiere ausbreitet (Abb. 4).

Setzt man dem Blutropfen eine Fettemulsion zu, so ändert sich dadurch die Oberflächenspannung des Tropfens. Man erhält etwas größere Tropfen als bei Blut ohne Fettzusatz. Die Art der Fazettenbildung bleibt dieselbe.

Schließlich haben wir Gehirnschubstanz (Schweinehirn) in kleinen Mengen dem Blutropfen (vom Schwein) zugesetzt (Abb. 5). Der Effekt ist verschieden, je nachdem das Gewebsstück in die Mitte oder in die Randzone des Blutropfens fällt.

Fällt das Gewebstück an den Rand, so wird hier das Zustandekommen der Krone verhindert. Es ergeben sich dann mehr oder minder deutliche sektorenförmige Ausschnitte. Sehr kleine Gehirnteilchen fanden wir gelegentlich in den Begrenzungen einer Fazette liegen.

II. Um die Höhe der sekundären Spritzer festzustellen, haben wir die Blutropfen ebenfalls auf die Unterlage fallen lassen, aber durch eine Öffnung in einem zweiten darüber aufgespannten Bogen Papier. Durch Abstufung der Höhe des durchlochten Papiers von der Unterlage gelang es, an der Unterfläche dieses Papierbogens die feinen Spritzer der Kronenzacken aufzufangen und genau festzustellen, wie hoch die sekundären Spritzer fliegen.

Es ergab sich, daß bei Papierunterlage nur sehr selten einzelne Kronentropfen abspringen.

Auch bei Linoleumunterlage erhielten wir bei Fallhöhe eines Blutropfens aus 40 cm Höhe sekundäre Spritzer nur bis 1 mm Höhe; bei 80 cm Fallhöhe erhielten wir in 2 mm Abstand sekundäre Spritzer; 2 kleine Spritzer waren weniger als 2 mm in die Höhe geflogen.

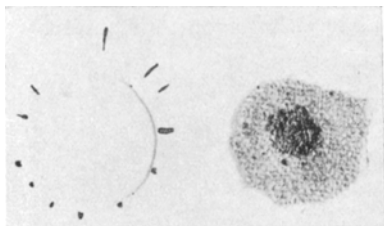


Abb. 6. Abbildung eines Blutropfens aus 50 cm Fallhöhe auf Kleiderstoff. Die Kronenspitzen sind in 1 mm Abstand auf der Unterseite eines durchlochten Papierblattes aufgefangen; an 2 Stellen haben die Tröpfchen die Unterfläche des Papiers erreicht. Die Tröpfchen stellen sich teils als Punkte, teils als Linien dar, weil entweder die Krone nicht überall gleich hoch war oder das Papier trotz Anwendung der Wasserwaage eine leichte Unebenheit aufwies.

Versuchemit rauheren Unterlagen wurden mit Fließpapier, Schmirgelpapier und mit verschiedenen Stoffproben angestellt. Bei Stoffproben erreichten wir bei Fallhöhe bis 150 cm sekundäre Spritzer bis 5 mm Höhe, einige reichten noch höher (Abb. 6).

Bei Schmirgelpapier spritzten aus 1 m Fallhöhe die sekundären Spritzer 1 cm hoch, wahrscheinlich reichen diese Spritzer aber noch höher.

Es geht daraus hervor, daß für die Höhe der sekundären Spritzer weniger die Fallhöhe, als vielmehr die Rauigkeit der Unterlage von entscheidender Bedeutung ist.

Wählt man die Lage des durchlochten Papierbogens zu tief, so erschienen die Spitzen der Krone nicht als Punkte, sondern als Linien, die von den fortgeschleuderten Spritzern der Kronenzacken durch Fortrollen gebildet werden.

Mitunter sieht man, daß einzelne Spritzer durch die Öffnung des Papiers ziemlich senkrecht nach oben steigen und an der Oberfläche des oberen Bogens niederfallen.

Man kann nun auch feststellen, wie weit in *horizontaler* Richtung die Spritzer reichen. Wir haben diese Versuche auf Papier ausgeführt

und festgestellt, daß die Spitzer ganz vereinzelt bis 7,1 cm weit flogen; bei Kleiderstoffen haben wir festgestellt, was bereits bekannt war, daß die sekundären Spritzer bis 17,6 cm weit fortfliegen können.

Es erscheint mir nun sehr beachtlich, daß die sekundären Blutspritzer vielfach so klein sind, daß sie an der Grenze der Sichtbarkeit für das bloße Auge stehen.

Die Tröpfchen an der Spitze der Krone, bis 50 cm Fallhöhe auf Stoff hatten in 1 mm Höhe eine Größe von 0,11—0,14 mm. Daneben findet man aber noch kleinere Tropfen bis herab zur Größe von 0,04 mm. Es ist denkbar, daß diese kleinsten Tropfen durch Absprengungen und Zerreißung der Kronenzacken entstehen. Es ist aber auch damit zu rechnen, daß kleine Tröpfchen auf rauher Unterlage noch weiter zerplatzen, gewissermaßen explodieren können. Letzten Endes müssen Spritzer entstehen, die so klein sind, daß sie dem bloßen Auge entgehen. In einigen gerichtlichen Fällen, in denen ich früher einen Anzug oder einen Filzhut auf Blutspuren zu untersuchen hatte, bin ich in dem ausgeklopften oder ausgebürsteten Staube gelegentlich minimalen Stäubchen Blut begegnet, die so klein waren, daß an ihnen der spektroskopische Blutnachweis nicht gelang und an denen es ganz ausgeschlossen war, die Uhlenhuthsche Reaktion oder die Blutgruppenuntersuchung vorzunehmen.

Ich war gelegentlich in solchen Fällen geneigt, anzunehmen, daß die mangelhafte Verpackung gerichtlicher Objekte zu einer Verunreinigung mit eingetrocknetem Blutstaub geführt haben möchte.

Nach meinen jetzigen Versuchen steht nun aber fest, daß die Blutspuren so winzig sein können, daß sie der makroskopischen Erkennung entgehen können.

Gegebenenfalls wird man daher gut tun, zwischen sichtbaren und unsichtbaren Blutspuren zu unterscheiden (etwa in Fällen, in denen nach Lage der Sache Blutspuren zwar zu erwarten sind, solche aber nicht gefunden werden) und wird versuchen müssen, sich die letzteren evtl. durch Auflegen von Fließpapierstreifen, die mit physiologischer Kochsalzlösung getränkt sind, sichtbar zu machen unter Zuhilfenahme des Leukomalachitgrüns oder eines anderen Mittels oder in geeigneten Fällen mit Hilfe des infraroten Lichtes. Wir stehen hier an der Grenze der Leistungsfähigkeit der dem Blutnachweis dienenden Methoden.

Wir haben uns dann noch der Frage zugewendet, welche Form das Bild des Bluttröpfens annimmt, wenn sich in dem Bluttröpfen eine Luftblase befindet. Wir haben mittels einer Glaspapillare bis etwa hanfkorngroße Luftblasen in den Bluttröpfen vor dem Herabfallen einblasen können. Größere Blasen pflegen zu zerplatzen. Was war der Erfolg? Die platzende Luftblase schleudert beim Auffallen aus dem Innern des

Tropfens einen oder mehrere sekundäre Blutropfen heraus. Der stechapfelförmige Hauptfleck fällt dem Verluste der herausgeschleuderten Tropfen entsprechend etwas kleiner aus als ohne Luftblase. Oft ist das Bild so, daß der Haupttropfen Fazettenform aufweist; am weitesten entfernt liegt ein kleinerer runder Fleck ohne Fazetten, von hier aus gehen zum Hauptfleck eine Reihe an Größe allmählich abnehmender kleinerer Flecke. Es ist beachtlich, daß die sekundären Flecke, falls sich in dem Blutropfen ein Luftbläschen befand, bis etwa 20 cm hoch springen können (Abb. 7).

Man kann diese Höhe noch mit bloßem Auge verfolgen. Man muß also nach allen Richtungen hin in einem Umkreis von 20 cm nach sekundären Blutspuren suchen, wenn man den Lokalbefund wirklich sorgfältig aufnimmt.

III. Schließlich haben wir die Bilder untersucht, die sich ergeben, wenn 2 Blutropfen aufeinanderfallen. Daß auf Kleiderstoffen hierbei



Abb. 7. Abbildung eines Blutropfens, der eine Luftblase enthält, aus 100 cm Fallhöhe.  
(Erklärung im Text.)

das Bild einer Krone entsteht, ist eingangs kinematographisch bereits festgestellt.

Gelegentlich kommt es nun auf sauberer Unterlage bei ersten Tropfen zur Bildung eines Kranzes sekundärer Spritzer, beim zweiten Tropfen vereinigen sich die sekundären Spritzer untereinander und bilden eine Art Rad. Solche Bilder hat Herr Dr. *Völler* wiederholt auf gestreiften alten Tapeten erhalten, die er zur Ausführung einiger Versuche verwendete, ganz vereinzelt gelang es, auf gelbem Konzeptpapier Andeutungen von solchen Wagenrädern zu erhalten. Wenn in der Kriminalistik solche Bilder bisher nicht bekannt geworden sind, so mag das darin liegen, daß die Vorbedingungen nur selten erfüllt sein werden, daß ferner in der Praxis die Tropfen nicht immer genau an dieselbe Stelle fallen und daß mit steigender Tropfenzahl das Bild des Rades wieder verschwindet. Es ist aber doch geboten, auf diese Dinge zu achten (Abb. 8 a—c).

Die Höhe und Weite der sekundären Spritzer bei mehreren Tropfen haben wir nur in wenigen Versuchen bestimmt, in denen wir in ein



Schälchen mit Blut einen Tropfen Blut aus verschiedener Höhe hineinfallen ließen.

Es ergab sich dabei, daß zum Teil sehr große, zum Teil sehr kleine Spritzer entstehen. Die großen sind offenbar mitgerissene Flüssigkeitsteile, die kleineren wird man ohne weiteres als Kronenspritzer deuten können. Bei 1 m Fallhöhe erreichten die Spritzer 2 cm Höhe, in horizontaler Richtung folgen die Spritzer etwa 15 cm weit.

Man kann gegen diese Versuche den Einwand erheben, daß sie nicht mit Menschenblut vorgenommen wurden, sondern mit defibriniertem Tierblute und insofern keine ganz natürlichen Bilder ergeben. Ich erkenne diesen Einwand gerne an. Ich hätte aber dann die Versuche

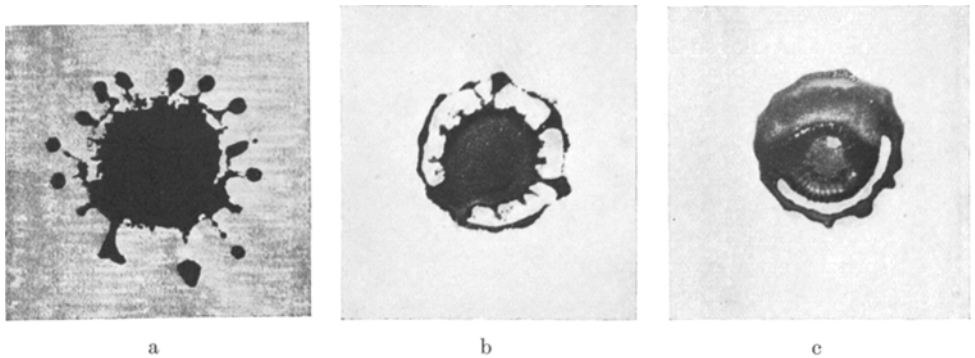


Abb. 8a—c. Abbildungen von 2 Blutropfen, die aufeinanderfielen. a) Fallhöhe 50 cm auf Tapetenpapier, nicht gemustert; b) Fallhöhe 25 cm auf Tapetenpapier, nicht gemustert; c) Blutropfen auf gelbes Konzeptpapier herabgefallen.

in der chirurgischen Klinik oder Poliklinik, wo sie störend gewirkt hätten, ausführen müssen.

Ich gebe auch zu, daß man die Versuche nach verschiedenen Richtungen ergänzen und erweitern kann; wir hätten dem Blutropfen auch Speichel oder Magensaft zusetzen können, um Blutungen aus dem Munde oder Magen nachzuahmen, wir hätten auch die Technik noch variieren können, insofern wir den Blutropfen nicht auf ganz festen, sondern auf elastischen Unterlagen hätten auffangen können. Man kann also die Versuche noch fortsetzen, variieren und ihre Wirklichkeitsnähe vergrößern. Mir lag nur daran, einige Beobachtungen mitzuteilen, die für die Deutung eines Tatbestandes von Wichtigkeit werden können.

Einwandfrei hat sich aus unseren Versuchen ergeben, daß das Blutropfenbild nur unter Berücksichtigung des Kronenbildes verstanden werden kann.

Als wesentliches Ergebnis unserer Untersuchungen betrachte ich die Feststellung:

1. Daß das Tropfbild abhängig ist von der Tropfengröße, der Fallhöhe und der Beschaffenheit der Unterlage.
2. Beimengungen von Fett zum Blutropfen ergeben mondsichelförmige oder ringförmige Blutspuren.
3. Beimengungen von Hirnsubstanz können sektorenförmige Ausschnitte des Tropfenbildes zur Folge haben.
4. Bei Vorhandensein einer Luftblase im Blutropfen spritzen beim Auffallen infolge Platzens der Luftblase eine Reihe sekundärer Tropfen aus dem Blutropfen heraus, und zwar bis etwa 20 cm Höhe.
5. Bei Auffallen von Blutropfen auf Kleiderstoffe spritzen die sekundären Spritzer aufwärts bis etwa 1 cm Höhe; in horizontaler Richtung bis 17,6 cm Weite.
6. Beim Zerspritzen einzelner Blutropfen beim Herabfallen auf rauhe Unterlagen können sehr kleine Spritzer entstehen, die an der Grenze der Sichtbarkeit liegen.
7. Fällt ein zweiter Blutropfen auf den ersten, bei fester Unterlage (Papier), so können in seltenen Fällen wagenradähnliche Bilder zustande kommen.
8. Fällt ein Tropfen Blut in flüssiges Blut, so erreichen die senkrechten Spritzer 2 cm Höhe, in horizontaler Richtung reichen die Spritzer etwa 15 cm weit.

Herrn Medizinalpraktikant Dr. *Völler* und Frl. *El. Feldmann* spreche ich für ihre Hilfe bei Ausführung der Versuche meinen herzlichen Dank aus.