

(Aus der Anstalt für Gerichtliche Medizin und Naturwissenschaftliche Kriminalistik
der Universität Jena. — Vorstand: Prof. Dr. G. Buhtz.)

Der Einfluß der Witterung auf den Nachweis von Blutspuren.

Von
H. Scheller.

Mit 4 Textabbildungen.

Der gerichtsärztliche Nachweis von Blutspuren wird allgemein am einfachsten spektroskopisch erbracht. Die zahlreichen chemischen Verfahren erleichtern zwar die Auffindung von veränderten Spuren und bedeuten bei negativem Ausfall den sicheren Blutausschluß. Doch sind sie nur als Vorproben anzuerkennen, weil sie auch auf andere organische Stoffe reagieren können. Die als blutspezifisch bekannte Darstellung von Blutkrystallen versagt dagegen häufig bei verwitterten Blutspuren, vor allem, wenn nur geringe Mengen vorhanden sind. Noch geringer ist die Möglichkeit, Blutkörperchen mikroskopisch zu erkennen, zumal wenn der Blutfleck nicht frisch und unverändert ist.

In der spektroskopischen Technik wird zumeist für kleinste Spuren ein Mikrospektroskop zum Aufsetzen auf ein Mikroskop verwendet. Dessen geringe Meßgenauigkeit wird zwar dadurch ausgeglichen, daß man ein Vergleichsspektrum einschalten kann. Aber für genauere Untersuchungen und für die photographische Festlegung der Absorptionsbanden ist ein größeres Gerät unerlässlich. — Um nun mit einem großen Spektroskop auch kleinste Spuren prüfen zu können, hat sich eine neuartige Apparateanordnung bewährt (Abb. 1 und 2).

Hierbei gelangt das Licht einer Wolfram-Bogenlampe L durch ein Mikroskop M über ein kleines Projektionsprisma P in das Zeissche Gitterspektroskop (nach Löwe-Schumm) Sp . Die auf dem Objektträger in einem Tropfen Lösungsmittel liegenden Teilchen werden bei etwa 100facher Vergrößerung mit ausreichender Helligkeit auf dem Spalt des Spektroskops scharf abgebildet. Bei einer normalen Spalthöhe von 1,6 mm genügt also bereits ein Teilchen von 0,16 mm Durchmesser, um die ganze Höhe des Spektrums zu erfüllen. Bei starken Banden lassen sich sogar noch Teilchen von etwa 0,05 mm Durchmesser deutlich spektroskopieren.

Wesentlich bei dieser Technik ist, daß die Blutspuren gut durchscheinend sind. Das läßt sich durch Abschaben in feiner Schicht vom Untersuchungsmaterial erreichen. Wenn nötig, muß man die Teilchen auf dem Objektträger mit einem Glasstab oder einem zweiten Objektträger zerdrücken, sobald sie in der Flüssigkeit aufgequollen sind. Man umgeht mit diesem Verfahren das oft langdauernde Lösen des Blut-

farbstoffes und seine zu starke Verdünnung, die zuweilen — auch bei Verwendung von Capillarküvetten — noch keine Absorptionsbanden erkennen läßt. Deshalb kann der Bedarf an Material äußerst gering gehalten werden.

Außerdem wurde beobachtet, daß bereits gebildetes Methämoglobin bei längerem Lösen in Wasser manchmal durch den Luftsauerstoff

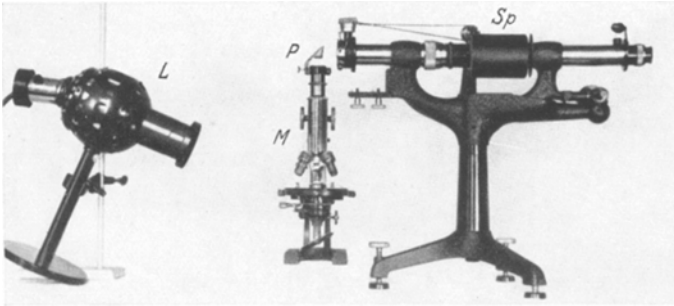


Abb. 1. Zusammenstellung von Mikroskop und Gitterspektroskop.

zu Oxyhämoglobin oxydiert wird. Spektroskopiert man dagegen unmittelbar Blutteilchen, die in wenigen Minuten aufgequollen sind, so erscheint die Methämoglobinbande im Rot, während bei einer

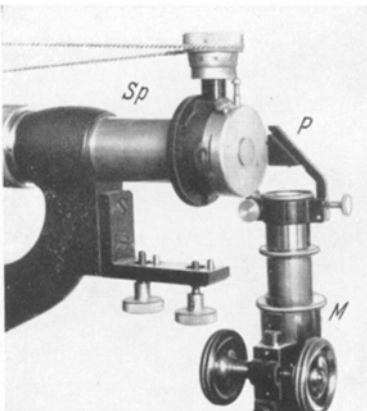


Abb. 2. Projektion auf die Spaltkappe.

entsprechend konzentrierten Lösung gleichalten Blutes nur die Oxyhämoglobinstreifen zu erkennen sind. Nach dem oben beschriebenen Verfahren fallen demnach Schätzungen über das Blutalter sicherer aus. Derselbe Vorteil bietet sich bei Blutspuren, die an der Grenze der Wasserlöslichkeit stehen. Bei dem Versuch, den Blutfarbstoff zu lösen, muß man in diesem Fall häufig zu Säuren oder Basen greifen, wie bei älteren Spuren. Man übersieht dabei den noch vorhandenen wasserlöslichen Farbstoff, der nur beim Aufquellen mit schwachen, das Methämoglobin nicht ver-

¹ E. Ziemke, Blutuntersuchungen. Handbuch der biologischen Arbeitsmethoden. 1924.

Ist der Blutfarbstoff infolge von starker Verwitterung nicht mehr als Oxy- oder Methämoglobin zu erkennen, sondern bereits in wasserunlösliches Hämatin umgewandelt, so ist die Darstellung des Hämochromogenspektrums der empfindlichste Nachweis. Am besten hat sich dabei Pyridin als Lösungsmittel bewährt. Man verreibt einige Tropfen davon mit dem zu untersuchenden Teilchen auf dem Objektträger, reduziert mit einem Tropfen frischer, konzentrierter Na-Hypo-sulfitlösung und legt ein Deckglas auf. Die Bluteilchen heben sich dann meist durch die hellrote Farbe des Hämochromogens von Verunreinigungen ab. Ist ihre Einstellung auf die metallgrauen Spaltbacken zu undeutlich, so kann man das Präparat auf einem weißen Schirm vor dem Spalt einstellen und durchmustern.

Bei besonders stark veränderten Spuren, vor allem, wenn sie verschmutzt sind oder sich vom Untergrund nicht trennen lassen, verwendet

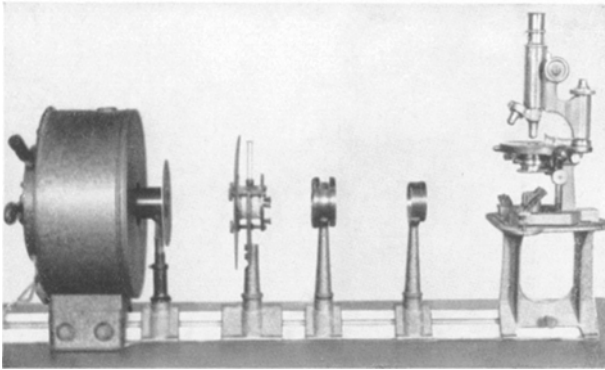


Abb. 3. Luminiscenzmikroskop von Zeiss, Jena.

man am zweckmäßigsten wenige Tropfen konzentrierte Schwefelsäure als Lösungsmittel. Den Nachweis für Blut bildet dabei das Spektrum des sauren Hämatoporphyrins. Weit empfindlicher und ebenfalls eindeutig für Blut ist dann allerdings die Beobachtung der orange Fluorescenz des Hämatoporphyrins im ultravioletten Licht. In der Anordnung eines Luminiscenzmikroskops (Abb. 3) erkennt man im auf- oder durchfallenden filtrierten Licht eines Quarz-Quecksilberbrenners die Fluorescenz auch dann noch deutlich, wenn mit bloßem Auge die Leuchterscheinung unter der Quarzlampe nicht mehr festzustellen ist.

Zur genaueren Identifikation kann man das Fluorescenzlicht in einem Mikrospektroskop, das auf das Mikroskop aufgesetzt wird, zerlegen und die Emissionsbande im Orange und Rot von etwa 5900 bis 6370 AE bestimmen. Entfernt man die Schwefelsäure vorsichtig mit Fließpapier, wäscht mit einigen Tropfen Wasser aus und ersetzt die

Säure durch starke Kalilauge, so beobachtet man zur weiteren Sicherstellung die rote Fluoreszenz des alkalischen Hämatoporphyrins. Im Mikrospektroskop erkennt man dann einen schmalen, roten Streifen bei etwa 6250 AE.

Daß durchscheinende Blutteilchen auch bei der Fluoreszenzmethode am sichersten zu finden sind und in leuchtendem Orange oder Rot hervortreten, ist selbstverständlich. Aber auch dickere oder verschmutzte oder an der Unterlage haftende Krusten leuchten im durchfallenden Ultraviolett am Rande noch stark genug, um den Blutnachweis führen zu können. Vor allem die Farbänderung beim Übergang von saurem in alkalisches Hämatoporphyrin macht diesen Blutnachweis ebenso empfindlich und eindeutig wie den spektroskopischen. Denn es gibt keinen Stoff, dessen Fluoreszenz unter den gegebenen Versuchsbedingungen gerade denselben Farbumschlag zeigt wie Hämatoporphyrin. Zu bemerken ist, daß das mikrospektroskopische und das fluoreszenzanalytische Verfahren auch dann noch den Blutnachweis zuläßt, wenn Blutspuren an verdächtigen Stellen mit einer der mikrochemischen Methoden (Mikro-Benzidin-Probe auf Filtrierpapier oder Chemilumineszenz nach *Specht* u. a.) aufgesucht worden sind. Da diese Vorproben den Blutfarbstoff höchstens an der Oberfläche etwas verändern, sind die nachstehend beschriebenen Untersuchungen auch für spuren-technisch gefundene Blutflecken ohne Einschränkung anwendbar.

Die Brauchbarkeit der beiden erläuterten Nachweisverfahren wurde für Blutspuren, die unter verschiedenen Verhältnissen verwittert sind, bisher an 3 Versuchsreihen bestätigt.

1. Um die Nachweisbarkeit von alternden Blutflecken unabhängig vom Einfluß der Unterlage zu untersuchen, wurde frisches, venöses Blut auf Glasschalen

- a) im Freien, jeder Witterung ausgesetzt,
- b) in einem luftigen, aber trockenen Schuppen,
- c) im Keller, der später durch eine feuchte Kammer ersetzt wurde, und
- d) im Zimmer aufgestellt.

Nach Tagen, Wochen und Monaten wurden dann die Blutflecken wiederholt mikroskopisch, chemisch, krystallochemisch, spektroskopisch und fluoreszenz-analytisch untersucht. Aus den eingangs erwähnten Gründen beschränkte man sich jedoch später, stets unter Verwendung kleinster Mengen, auf die beiden letztgenannten Methoden.

Bei Blut im Zimmer und trockenen Schuppen ergaben sich natürlich keinerlei Nachweisschwierigkeiten: neben dem Oxyhämoglobinspektrum war nach etwa 3 Tagen der Absorptionsstreifen des Methämoglobins im Rot erkennbar; jetzt nach über 12 Monaten ist der Farbstoff noch nicht vollständig in das wasserunlösliche Hämatin über-

gegangen. Die beiden Oxyhämoglobinstreifen sind fast nicht mehr sichtbar, während die Methämoglobinbande im Rot bei Verwendung eines aufgequollenen, nicht zu dünnen Blutteilchens noch gut zu erkennen ist.

Das Blut im Keller ist infolge hoher Luftfeuchtigkeit selbst nach über einem Jahr nicht vollständig eingetrocknet. Ungefähr 8 Tage lang machte es mit hellrotem Aussehen und feuchtklebrigem Zustand den Eindruck eines ganz frischen Blutflecks. Die Methämoglobinbildung setzte erst 14 Tage später ein als bei den eingetrockneten Spuren. Unter dem Einfluß der Schimmelbildung ging dann die Verwitterung schneller vor sich, so daß nach 8 Monaten der Blutnachweis nur durch das Hämochromogenspektrum erbracht werden konnte. Trotz weitgehender Fäulnis ist der mikrospektroskopische Blutnachweis auch noch jetzt nach über 12 Monaten einwandfrei möglich.

Die Blutflecke im Freien waren außer Regen und Schnee, Sonne und Frost noch einer äußerst starken Verschmutzung mit anorganischen und organischen Bestandteilen ausgesetzt. Trotzdem gelang der Blutnachweis mit den beschriebenen Methoden nach einem halben Jahr in Material, das mehrfach vom Regen ausgewaschen war, und in dem man durchaus keinen Blutgehalt mehr hätte vermuten können.

In jedem dieser 4 Fälle war der Blutnachweis durch Fluorescenz des Hämatoporphyrins positiv. Diese Reaktion empfiehlt sich besonders dann, wenn man geringe Blutreste unter einer überwiegenden Menge Verunreinigungen herauszufinden hat. Sie fallen bei der Durchsicht unter dem Luminescenzmikroskop mehr ins Auge als verwitterte Blutteilchen im weißen Licht. Es hat sich also gezeigt, daß die beiden Verfahren des Blutnachweises trotz ihrer einfachen Ausführung den Forderungen der Empfindlichkeit und Eindeutigkeit genügen.

2. Eine weitere Versuchsreihe von Blutflecken auf Hölzern bestätigt dieses Ergebnis: Auf unbearbeitete Stücke von Fichte, Kiefer, Buche und Eiche in trockenem und grünem Zustand wurde frisches, venöses Blut teils aufgetropft, teils aufgestrichen. Ebenfalls im Freien, im Schuppen, im Keller und im Zimmer wurden sie der Verwitterung überlassen.

Ein Zusammenhang zwischen Holzart und Blutveränderung konnte nicht festgestellt werden. Aber von Bedeutung für den Blutnachweis ist die Saugfähigkeit des Holzes: An Stellen, an denen Blut nur dünn aufgestrichen war, bekommt man beim Abschaben einer Probe stets Holz als Verunreinigung. Die als mikroskopisch kleine, äußerst dünne Stäubchen erscheinenden Blutteilchen lassen nur die gutausgeprägten Spektren des Oxyhämoglobins und Hämochromogens deutlich erkennen. Das durch den Streifen im Rot gekennzeichnete Methämoglobinspektrum wird erst bei etwas dickeren Blutkrusten sichtbar, die sich ohne Holz ablösen lassen.

Das Eindringen des Blutes zwischen die Fasern erschwert zwar das Auffinden der Spur neben dem Holzmehl. Aber die Blutflecken werden gerade dadurch vor der Verwitterung, besonders vor dem Auswaschen weitgehend geschützt.

Der Nachweis von Blutspuren auf Hölzern im Zimmer und Schuppen gestaltet sich mikrospektroskopisch wenig schwieriger als auf Glas. An aufgetropften Flecken findet man nach einigen Tagen das Methämoglobinspektrum. Jetzt nach 8 Monaten ist der Streifen im Rot noch erkennbar, die Streifen im Gelb und Grün nicht mehr. Mit Holzstaub vermengte Proben zeigen einige Tage lang das Hämoglobinspektrum; später muß man den Blutfarbstoff, um ein deutliches Spektrum zu erhalten, als Hämochromogen nachweisen; sogar durch dünne Holzfasern hindurch gelingt das noch teilweise.

Auf Hölzern im Keller bleiben die Blutflecken dauernd feucht; sie sind ein guter Boden für Schimmelbildung. Auch hier beobachtet man nur 2 Monate lang Methämoglobin. Während Schimmel und Fäulnis eine dünne, äußere Schicht der Flecken bald völlig zersetzt haben, findet man noch stets Blutfarbstoff, wenn man die Proben etwas tiefer aus dem Holz schabt. Auf diese Weise ist der Blutnachweis beim Abschluß der Untersuchungen an Flecken, die sich äußerlich nur durch eine schmutziggraue Farbe von nicht blutgetränkten Stellen unterscheiden, noch zu führen.

Ebenso gelingt der Nachweis von Blut nach 8 Monaten noch auf Hölzern, die im Freien gelegen haben. Über 4 Wochen lang kann man an dickeren Krusten Methämoglobin beobachten. Mit zunehmender Verwitterung findet man erst unter einer obersten Schicht noch erhaltenen Blutfarbstoff als Hämochromogen. Bemerkenswert ist, daß von glatter Buchenrinde alles Blut abgewaschen ist, daß aber Proben, die von kleinen Rauigkeiten der Rinde entnommen sind, ein Hämochromogenspektrum zeigen.

Der Nachweis des Blutes als Hämatoporphyrin unter dem Lumineszenzmikroskop bei Spuren auf Holz kann ebenso, wie der spektroskopische unter der Menge der Verunreinigungen unsicher werden. Das von der konz. Schwefelsäure verkohlte Holz hat an durchscheinenden Stellen im filtrierten Ultraviolett eine dunkelrotbraune Farbe, die allerdings nicht mit dem Fluoreszenzlicht des Hämatoporphyrins zu verwechseln ist. Aber das Holz kann die Blutteilchen verdecken. Dieser Nachteil läßt sich jedoch meistens durch Ausbreiten der Probe auf dem Objekträger weitgehend vermeiden. Ein bedeutender Vorteil des Verfahrens besteht darin, daß die zu feinstem Staub zerriebenen Blutteilchen sich ungemein deutlich vom dunklen Untergrund abheben; man erkennt noch mikroskopisch kleine Spuren, deren Abbildung auf dem Spektroskopspalt schwierig sein würde.

Bei Verwendung eines Vertikal-Illuminators erscheint fast ebenso deutlich im auffallenden Ultraviolett die Hämatoporphyrin-Fluorescenz an undurchsichtigen oder auf Holz haftenden Blutteilchen. Es zeigt sich also, daß der Blutnachweis nach dem Fluorescenzverfahren durch das in Schwefelsäure verkohlte Holz nicht wesentlich gestört wird. Alle der Verwitterung ausgesetzten Blutspuren auf Hölzern sind nach 8 Monaten noch als Hämatoporphyrin nachzuweisen.

3. Die dritte Versuchsreihe befaßt sich mit dem Nachweis von Blutspuren auf einigen Metallen. Kleine Stücke von Eisen, Stahl, Aluminium und verzinktem Eisenblech werden mit frischem, venösem Blut betropft und wie früher im Freien, im Schuppen, im Keller und im Zimmer der Verwitterung überlassen.

Die Blutflecken auf den Metallen im Zimmer und Schuppen verhalten sich ähnlich wie auf Glas: Sie heben sich nach dem Antrocknen von der Unterlage ab, besonders an dick aufgetropften Stellen. Auf Eisen und Stahl im Zimmer geht von den Flecken eine leichte Rostbildung aus, die sich im Gegensatz zu Eisen und Stahl im Schuppen nicht über die ganzen Metallstücke ausbreitet. Aluminium und verzinktes Blech reagieren unter diesen Bedingungen überhaupt nicht mit dem Blut. Alle mikrospektroskopisch untersuchten Proben zeigen trotz Rostbildung nach einem Jahr noch ein Methämoglobinspektrum.

Die Spuren auf Metallen im Freien können wegen Verrostens und starken Verschmutzens nach einigen Tagen nur als Hämochromogen nachgewiesen werden. Zahlreiche Regenfälle haben sie ausgewaschen, bevor sie wasserunlöslich geworden sind. Deshalb ist nach etwa 3 Monaten spektroskopisch kein Blutnachweis mehr möglich.

Bemerkenswert ist die Reaktion der Blutflecken mit den Metallen im Keller. Infolge des langdauernden Feuchtbleibens geht die Metallverwitterung an den blutbefleckten Stellen besonders schnell und heftig vor sich. Daß Stahl und Eisen unter dem Einfluß von Blutbeschmutzung schneller rosten, ist bekannt und ausführlich bewiesen¹. Weit schneller als Eisen aber reagiert das verzinkte Blech. Schon nach einem Tag ist eine Zinkverbindung durch die Blutschicht gedrunken und bildet rundliche, grauweiße, knetbare Flecken in der hellroten, feucht-klebrigen Blutmasse (Abb. 4).

Chemisch wurde diese Ausblühung als Zinkcarbonat bestimmt, das sich wahrscheinlich über das Zinkhydroxyd infolge basischer Reaktion des Blutes gebildet hat.

Auch auf Aluminium tritt nach etwa 3 Wochen eine starke Oxydation des Metalls am Rande der Blutflecken auf. Allmählich wird das Blut vollständig mit einem krystallinen Pulver von Al-hydroxyd durchsetzt.

¹ Siehe *G. Buhtz*, Z. gerichtl. Med. **1933**, 570: Blutbeschmutzung und Rostbildung.

Demnach rosten also in feuchter Umgebung nicht nur Eisen und Stahl besonders schnell unter dem Einfluß von Blutbeschmutzung, sondern auch andere Metalle verwittern schneller als in sauberem Zustand. Obgleich der Blutnachweis dadurch erschwert wird, kann man mikrospektroskopisch noch einwandfrei Blutfarbstoff finden, auch an Flecken, die mit den entstandenen Metallverbindungen vollständig vermengt sind.

Auf Aluminium und Zink im Keller beobachtet man nach etwa 3 Wochen den Übergang von Oxy- in Methämoglobin. Bei Eisen und Stahl muß man wegen des Rostes schon nach 1 Monat das Blut als Hämochromogen nachweisen. Zum Abschluß der Untersuchungen,



Abb. 4. Zn-Carbonatausblüfung auf feuchtgehaltener Blutlache (nat. Größe).

nach 12 Monaten, ist jedoch bei allen Proben trotz starker Veränderungen sehr deutlich ein Hämochromogenspektrum mit kleinsten Spuren zu erhalten.

Ebenso gelingt der Blutnachweis durch Hämatorporphyrin-Fluoreszenz bis zur Zeit noch ganz einwandfrei an allen Spuren. Nur bei Blut auf Eisen und Stahl im Keller muß man etwas sorgfältiger beobachten. Infolge der großen Rostmengen, die die Blutreste durchsetzen, kommt die Fluoreszenz nicht genügend zum Vorschein. Die Blutteilchen fluorescieren rotbraun, während Rost schwarz bleibt. Zur genaueren Identifizierung dient auch hier die Darstellung des alkalischen Hämatorporphyrins, das mit Rost verunreinigt zwar nicht leuchtend rot fluoresciert; aber das Rotbraun des sauren Hämatorporphyrins geht deutlich in ein dunkles, teils helles Rot über. Bei diesen Proben erwies sich der Blutnachweis durch das Hämochromogenspektrum als sicherer.

Zusammenfassung.

Für Blutspuren auf Glas, mehreren Hölzern und Metallen, die verschiedenen Witterungseinflüssen ausgesetzt waren, wird die Nachweisbarkeit nach 2 als geeignet und einfach erkannten Verfahren untersucht: Vorwiegend wird die mikrospektroskopische Methode des Blutnachweises angewandt. Eine neuartige Zusammenstellung von Mikroskop und großem Gitterspektroskop bietet gewisse Vereinfachungen bei gesteigerter Meßgenauigkeit und ausreichender Empfindlichkeit.

Als ebenso empfindlich und für manche Untersuchungsproben geeigneter erweist sich der fluorescenz-analytische Nachweis des Hämatoporphyrinfarbstoffs im filtrierten ultravioletten Licht.

In 3 Versuchsreihen bewähren sich die beiden Verfahren, auf die man sich nach genauer Prüfung beschränkt hat. Selbst bei stark verwitterten Blutspuren ergeben sich keine wesentlichen Schwierigkeiten für den Nachweis geringster Mengen. Im Zimmer und trockenen Schuppen kann man nach 8—12 Monaten Beobachtungsdauer noch das Methämoglobinspektrum finden. Im Freien erhalten sich nur die Spuren auf Holz wegen dessen Saugfähigkeit länger als 8 Monate als Hämochromogen nachweisbar. Auf Glas und Metall sind sie nach etwa 4 Wochen ausgewaschen. Die Blutspuren im feuchten Keller gehen durch Fäulnis schneller in wasserunlösliches Hämatin über als Proben im Trockenem. Blut reagiert in feuchter Umgebung nicht nur mit Stahl und Eisen besonders schnell, sondern bereits nach einem Tag mit verzinktem Eisenblech unter Bildung von Zinkcarbonat. Die entstandenen Metallverbindungen beeinträchtigen den mikrospektroskopischen und fluorescenz-analytischen Blutnachweis nicht wesentlich.

(Aus der Universitätsanstalt für Gerichtliche Medizin und Naturwissenschaftliche Kriminalistik Jena. — Direktor: Prof. Dr. G. Buhtz.)

**Die Chemiluminescenz des Hämins,
ein Hilfsmittel zur Auffindung und Erkennung forensisch
wichtiger Blutspuren¹.**

Von

Dr. habil. **W. Specht,**

Chemiker der Anstalt.

Mit 7 Textabbildungen.

Bei der Aufklärung von Kapitalverbrechen spielt die Auffindung und sachgemäße Auswertung einer Blutspur, der Nachweis des Blutes als solchem sowie die Feststellung der Blutart eine bedeutende, ja

¹ In Anlehnung an einen Vortrag, gehalten auf der Tagung der Dtsch. Ges. f. gerichtl. u. soz. Med., im September 1936 in Dresden.