

Originalarbeiten/Original Works

Die Anwendung der Remissionsanalyse zur direkten farbmetrischen Bestimmung des Blutfleckenalters*

Günther Lins¹ und Vladimir Blazek²

¹Zentrum der Rechtsmedizin, Abteilung I im Klinikum der Johann Wolfgang Goethe-Universität, Kennedy-Allee 104, D-6000 Frankfurt/Main 70, Bundesrepublik Deutschland

²Institut für Hochfrequenztechnik der Rhein.-Westf. Techn. Hochschule Aachen, Alte Maastrichter Straße 25, D-5100 Aachen, Bundesrepublik Deutschland

**The Use of Remission Analysis
for Direct Colorimetric Determination of Age of Blood Stains**

Summary. A review is given of the conventional methods of determining the age of blood stains by forensic examination of trace evidence. Detailed analysis of the samples in several steps, which destroyed the traces, and the widely differing results do not appear satisfactory with regard to their use in forensic investigations.

Considering the change in color with increasing age the three coloric parameters (chroma, hue, and value of the blood stain) can yield exact numerical measurements which allow to draw relatively reliable conclusions as to the age of the blood stain.

Of the three colorimetric methods, based on equalization, three regions, and spectral analysis, respectively, only the last may be considered really satisfactory and up to the requirements of forensic medicine. It has the additional advantage of being independent of the visual acuity of the examiner and of the type and quality of the source of illumination. The aging of freshly taken venous blood, which has been deposited on filter paper or linen, can last up to 33 days, either in the dark or in day light, with due regard to temperature and humidity. The spectrophotometric color measurements take place on the immediate surface of the blood stain in the range of the visual spectrum between 400 and 600 nm. The continuously drawn spectral curves are then subject to remission analysis as the first step. The second step consists in a mathematical computer analysis of color valence measurements.

Key words: Age of blood stains, analysis of remission spectra – Trace examination, age of blood stains, colorimetrics

Zusammenfassung. Es wird zunächst eine Übersicht der bislang gebräuchlichsten Verfahren zur Altersbestimmung an Blutflecken im Rahmen der rechts-

* Herrn Prof. Dr. med. J. Gerchow zum 60. Geburtstag gewidmet

medizinischen Spurenuntersuchung gegeben. Die Probenaufbereitung in mehreren Arbeitsgängen und die damit verbundene Zerstörung des Spurenmaterials sowie die enorme Schwankungsbreite der Meßergebnisse sind im Hinblick auf die Verwertbarkeit in der forensischen Praxis kaum zufriedenstellend.

Unter Berücksichtigung des mit zunehmendem Alter sich ändernden Farbtons, der Sättigung und der Helligkeit einer Blutspur können diese drei Parameter in der Farbmeterik exakte Meßdaten liefern, aus denen relativ zuverlässige Rückschlüsse auf das Alter einer Blutspur gezogen werden können.

Von den drei farbmeterischen Methoden, dem Gleichheitsverfahren, dem Dreibereichsverfahren und dem Spektralverfahren, ist nur das letztere zufriedenstellend geeignet, den gerichtsärztlichen Anforderungen zu genügen. Es hat darüber hinaus den Vorteil, unabhängig von der Gesichtsempfindung des Untersuchers von der Art und der Energieverteilung der beleuchtenden Lichtquelle zu sein. Frisch entnommenes Venenblut, das auf Filterpapier und Leinentextil aufgetropft worden ist, altert unter Berücksichtigung von Temperatur, Luftfeuchte unter Lichtabschluß oder Tageslichteinwirkung bis zu 33 Tagen. Die spektralphotometrische Farbmessung erfolgt unmittelbar an der Oberfläche der Blutspur im Bereich des sichtbaren Lichtes zwischen 400 und 600 nm. Die fortlaufend aufgezeichneten 52 Spektralwertkurven werden dann durch einen ersten Schritt der Remissionsanalyse unterzogen. Auf die mathematische farbvalenzmetrische Computerauswertung durch einen zweiten Schritt wird hingewiesen.

Schlüsselwörter: Blutfleckenalter, Remissionsanalyse – Spurenuntersuchung, Blutfleckenalter, Farbmeterik

Einleitung

Auf die Schwierigkeiten, die bei der exakten Bestimmung des Alters einer Blutspur in der rechtsmedizinischen Praxis unter methodischen Gesichtspunkten auftreten, wird immer wieder von den Autoren, die sich mit dieser Problematik befassen, hingewiesen. Der überwiegende Teil der Methoden zur Altersbestimmung von Blutflecken basiert auf Farb- und Löslichkeitsveränderungen des roten Blutfarbstoffes und seiner Abbauprodukte. Ausführliches Schrifttum ist u. a. bei Leers [5], Schwarzacher [9], Rauschke [8] sowie Kind zusammen mit Patterson und Owen [2] zu finden. Dabei handelt es sich in den meisten Fällen um *indirekte* Verfahren, in denen auf das Trägermaterial (Filterpapier, Leinen) aufgebrachte Blutflecken schrittweise durch unterschiedliche Maßnahmen für die zu messende Probe aufbereitet werden. So haben Kleihauer, Stein und Schmidt [3] 0,1 ml Erwachsenen- und Nabelschnurblut auf Leinen aufgetragen und unter bekannten Umweltbedingungen altern lassen. Um einen Blutfleck zur spektralphotometrischen Messung vorzubereiten, wurde die aus Leinen herausgeschnittene Probe in einer speziell zusammengesetzten Transformationslösung unter zeitweiligem Umrühren 2 h lang eluiert. Danach wurde das Eluat mit Tetrachlorkohlenstoff 4 min lang ausgeschüttelt und 10 min lang zentrifugiert. Die Konzentration der so erhaltenen Cyanmethämoglobinlösung wurde dann nach fünffacher Verdünnung

mit Transformationslösung im Zeiss-Spektralphotometer durch Aufzeichnen der in *Transmission* gemessenen Extinktionskurven ermittelt.

Auch die etwas weniger aufwendige Methode von Kind [2] ist ein indirektes Verfahren, bei dem gleichfalls erst über den Umweg der Eluation die Extinktion im durchfallenden Licht gemessen wird. Auf die damit verbundenen Nachteile — die erhebliche konzentrationsbedingte Fehlerquote und die Zerstörung des mitunter nur in kleinen Mengen vorhandenen Materials — haben Köhler und Oepen [4] hingewiesen.

Rauschke [8] führte vergleichende Löslichkeitsuntersuchungen durch, indem er Testflecke herstellte, bei denen sowohl Alter als auch Umwelteinflüsse bekannt waren. Aussehen und Löslichkeit der Testflecke wurden dann mit dem fraglichen Blutfleck verglichen.

Das menschliche Auge nimmt die Veränderungen einer frischen Blutspur am deutlichsten an der Farbveränderung des roten Blutfarbstoffes wahr. Auf dieser Beobachtung beruhen die ältesten Methoden der Altersbestimmung von Blutflecken, die Tomellini und Lecha-Marzo [10] zugeschrieben werden. Tomellini hat in bestimmten Zeitabständen Blut auf Leinenmaterial aufgetropft und die einzelnen Altersstufen in einer von ihm selbst angefertigten Farbenskala festgehalten. Das Alter des zu untersuchenden Blutfleckens wurde sodann durch visuellen Farbvergleich bzw. durch Abmusterung bestimmt. Lecha-Marzo [10] empfehlen, derartige „Farbmessungen“ so durchzuführen, daß ein nicht beflecktes Stück Trägermaterial mit frischem Blut betropft und so lange gewartet wird, bis der Frischblutfleck mit der Farbtönung des fraglichen Objektes in etwa übereinstimmt.

Die Farbmessung durch unmittelbaren direkten Vergleich ist das einfachste, aber auch das größte Verfahren zur Messung von Körperfarben. Da das menschliche Auge zu der zu messenden Farbe eine genau oder annähernd gleich aussehende Farbe aussucht, wird diese rein visuelle Methode in der Farbmetrik als *Gleichheitsverfahren* bezeichnet. Diese Art des Abmusters macht weder eine Aussage über die drei Bestimmungsstücke einer Farbe — Farbton, Sättigung und Helligkeit —, noch berücksichtigt es bestimmte Meßgeometrien, Normlichtarten oder die Bedingungen des Normalbeobachters, verständlich, daß die von Tomellini und Lecha-Marzo [10] empfohlene visuelle Methode den heutigen Anforderungen in der forensischen Praxis kaum genügt.

Um die subjektiven Einflüsse bei Farbvergleichen durch das menschliche Auge auszuschalten, hat Patterson [7] 1960 das *Dreibereichsverfahren* (Tristimulus-Methode) zur Altersbestimmung von Blutflecken eingeführt. Es ist ein dem Schvorgang ähnliches Verfahren, bei dem die drei Farbwerte der zu messenden Farbe (Farbvalenz) durch photometrische Messungen bestimmt werden. Es beruht darauf, daß in den Strahlengang vor der Photozelle nacheinander drei Farbmeßfilter, Rot, Grün und Blau, vorgeschaltet und die abgegebenen Photoströme gemessen werden. Aus den erhaltenen Meßdaten können dann die Normfarbwerte X, Y, Z für Rot, Grün und Blau bestimmt werden. Damit diese Messungen in der Praxis zu den geforderten Farbwerten führen, müssen die das Auge ersetzenden physikalischen Meßorgane ganz bestimmte spektrale Empfindlichkeitskurven besitzen. Bislang ist es noch nicht zufriedenstellend gelungen, die optischen Filter

und photoelektrischen Empfänger so anzupassen, daß sie den Normspektralwertkurven für Rot, Grün und Blau des menschlichen Auges hinreichend entsprechen.

Von allen farbmetrischen Verfahren ist die kontinuierliche spektralphotometrische Messung im Bereich des sichtbaren Lichtes zweifellos die objektivste und exakteste. Die Vorteile des *Spektralverfahrens* beruhen in erster Linie auf der Unabhängigkeit der Meßergebnisse von den Gesichtsempfindungen jedes einzelnen Menschen, für den jeder Farbreiz seine subjektive Farbvalenz besitzt, bedingt durch die individuellen Spektralwertfunktionen der Netzhaut des Untersuchers. Das Spektralverfahren ist sowohl unabhängig von der Beleuchtung der Probe als auch von der Energieverteilung der Lichtquelle, da das Glühlampenlicht bei der Aufnahme der Remissionskurve monochromatisch spektral zerlegt wird.

Auch Kind et al. [2] machten sich die spektralphotometrische Methode zur indirekten Altersbestimmung von Blutflecken zunutze, um die Absorptionsspektren von Eluaten und paraffingetränkten Blutflecken im durchfallenden sichtbaren Licht (*in Transmission*) zu messen. Aus den Lichtschwächungsdaten bei zwei bestimmten Wellenlängen wurde ein Quotient gebildet, der die bei der Alterung zunehmende Abflachung im Bereich der Hämoglobinbande repräsentiert. Diese Methode der Blutflecken-Altersbestimmung beruht ebenso wie die eingangs erwähnten Verfahren auf Änderung der Extinktion bei bestimmten Wellenlängen, ausgedrückt in Quotienten.

Die hier von uns vorgestellte farbmetrische Methode ist ein neues und relativ einfaches Untersuchungsverfahren zur *direkten* Bestimmung des Blutfleckenalters ohne zeitraubende und aufwendige Probenaufbereitung und ohne Materialverlust bei dem Vorteil der Dokumentation exakter Resultate und der beliebigen Wiederholung des kurzen Meßvorganges.

Material und Methode

Auf unterschiedliches Trägermaterial, nämlich weißes Rund-Filterpapier MN 85/90 Dmr. 5 cm der Firma Macherey-Nagel & Co. und auf weiße Leinenläppchen mit den Abmessungen 5 × 5 cm wurden sofort nach der Entnahme aus der Vene jeweils 0,5 ml Blut aufgetropft. Die so erhaltenen Proben und auch nicht mit Blut beflecktes Trägermaterial wurden während des Alterns unterschiedlichen Umweltbedingungen ausgesetzt.

a) *Altersbedingungen im Kühlschrank.* Die Blutflecken auf weißem Filterpapier und Leinen wurden bei einer ziemlich konstanten Temperatur zwischen 1 und 2°C unter Lichtabschluß bei einer relativen Luftfeuchtigkeit zwischen 30 und 40% aufbewahrt.

b) *Alterungsbedingungen im Raum unter Luft- und Lichtabschluß.* Die Proben wurden in einer dicht schließenden Blechdose unter Ausschalten der Luftzirkulation und des Lichteinfalls bei einer durchschnittlichen Raumtemperatur von 20°C aufbewahrt.

c) *Alterungsbedingungen im Raum.* Es wurden Blutflecken auf Filterpapier und Leinen im Raum bei einer durchschnittlichen Zimmertemperatur von 20°C und einer relativen Luftfeuchtigkeit zwischen 40 und 50% den normalen Tageslichtschwankungen am Fenster ausgesetzt.

d) *Alterungsbedingungen im Freien.* Hier wurde das Untersuchungsmaterial bei winterlichen Temperaturen zwischen -2 und -8°C und einer relativen Luftfeuchtigkeit zwischen 50 und 60% den Tageslichtschwankungen unter einem Dachvorsprung ausgesetzt.

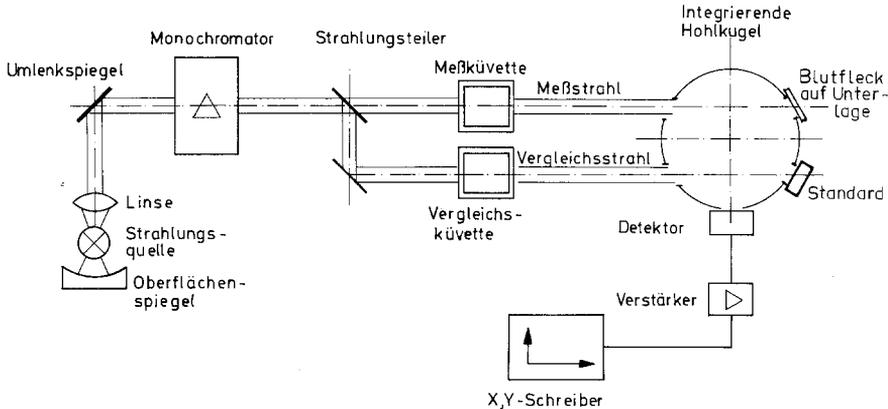


Abb. 1. Meßanordnung zur farbmetrischen Remissionsanalyse

Meßaufbau

Die Farbmessungen erfolgten durch fortlaufende Registrierung der Remissionspektren zwischen 400 und 700 nm mit Hilfe des von uns verbesserten Spektralphotometers Spectronic 600 der Firma Bausch & Lomb, dessen Meßaufbau in Abb.1 schematisch dargestellt ist.

Das weiße Licht einer Wolframlampe wird von einem Gitter-Monochromator spektral zerlegt. Die quasi-monochromatische Strahlung wird dann entsprechend dem Zweistrahl-Meßprinzip geteilt und fällt bei der Remissionsmessung in einer Ulbrichtschen Kugel abwechselnd auf den an der Probenöffnung (2 cm \varnothing) angebrachten Blutfleck mit Trägermaterial und zum Vergleich auf ein möglichst ideales Weiß, den sog. Weißstandard. Wir haben entsprechend der DIN-Vorschrift 5033 [1] gepreßtes Bariumsulfatpulver als Vergleichsprobe verwendet. Während der Weißstandard nahezu alles auffallende Licht remittiert, wird von den zu messenden Blutflecken das annähernd senkrecht auffallende monochromatische Spektrallicht (Meßgeometrie $8^\circ/d$) nur zu einem bestimmten Anteil diffus zurückgeworfen und in der innen weiß beschichteten Hohlkugel optisch aufintegriert. Durch einen Photodetektor wird das remittierte Licht erfaßt und in ein elektrisches Signal umgesetzt. Nach entsprechender Verstärkung wird dieses Signal einem Kurvenschreiber (Beckman-Streifenblattschreiber) zugeführt, der die Remissionskurven fortlaufend aufzeichnet.

Die Farbmessungen der Blutflecken wurden unmittelbar nach der Entnahme sowie nach Ablauf von 3, 7 und 24 h (= 1 Tag), nach 48 h (2 Tage), nach 192 und 792 h (= 8 bzw. 33 Tage) durchgeführt.

Remissionsanalysen und Besprechung

In den Abb. 2–9 sind insgesamt 52 Remissionskurven aufgezeichnet, die die farblichen Veränderungen der Blutflecken auf unterschiedlichem Trägermaterial

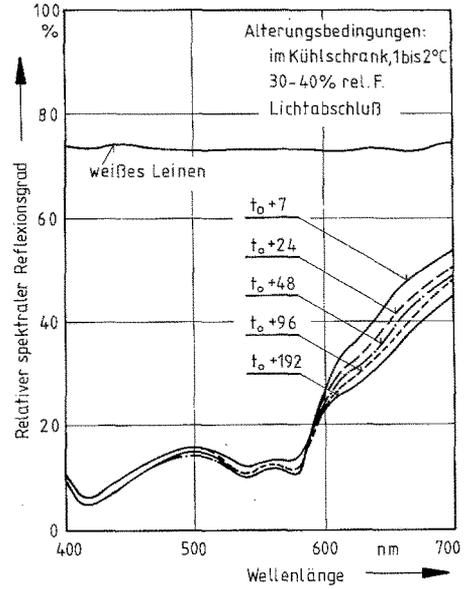
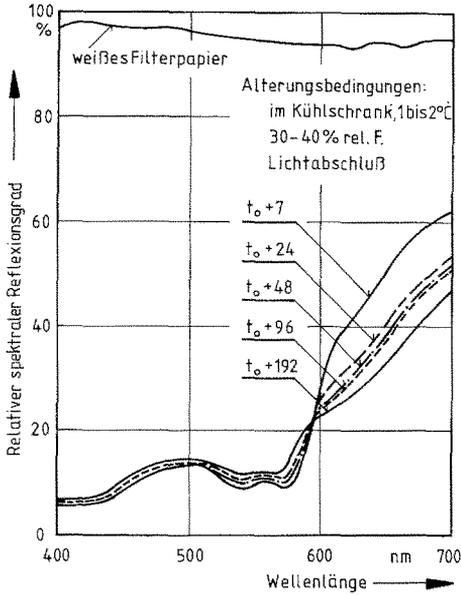


Abb. 2 und 3. Kurvenverlauf bei Blutflecken-Altersbedingungen über 7 bis 192 h im Kühlschrank. Umweltbedingungen: konstante Temperatur zwischen 1 und 2°C, 30 bis 40% relative Luftfeuchte, Lichtabschluß

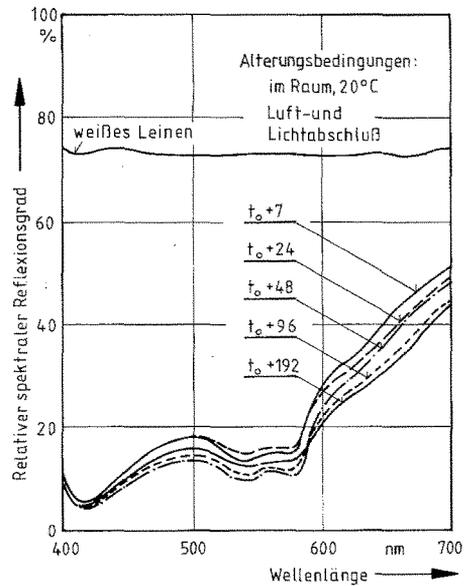
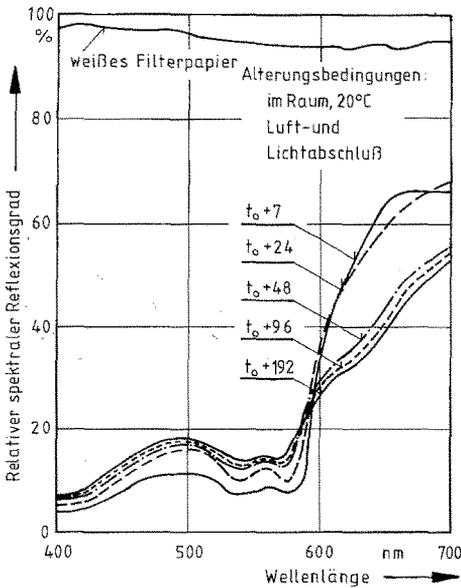


Abb. 4 und 5. Kurvenverlauf bei Blutflecken-Altersbedingungen über 7 bis 192 h im Raum. Umweltbedingungen: Durchschnittstemperatur um 20°C, Luft- und Lichtabschluß

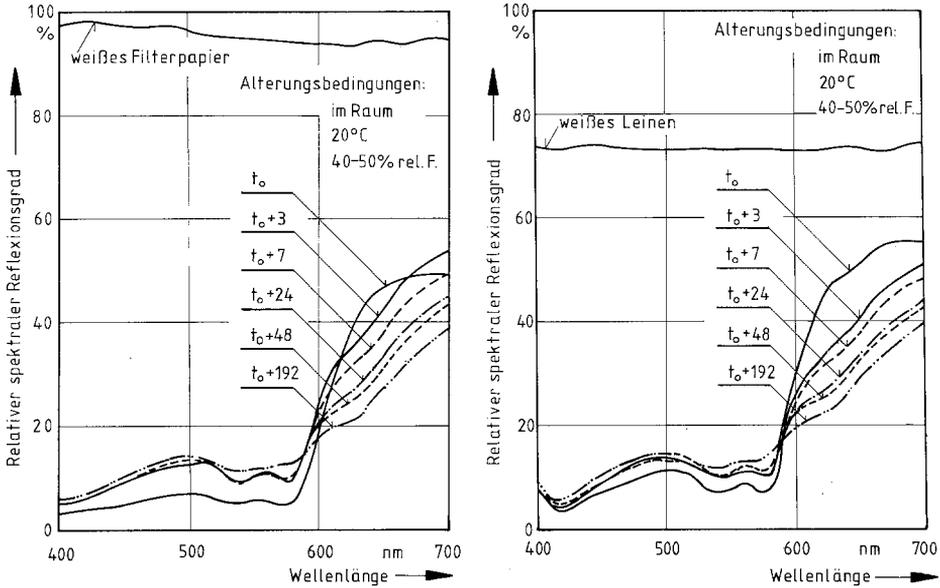


Abb. 6 und 7. Kurvenverlauf bei Blutflecken-Altersbedingungen über 0 bis 192 h im Raum. Umweltbedingungen: Durchschnittstemperatur um 20°C, 40 bis 50% relative Luftfeuchtigkeit, Tageslichteinwirkung

unter definierten Umweltbedingungen in Abhängigkeit vom Alter dokumentieren. Das unbefleckte Trägermaterial zeigt keine bemerkenswerten Veränderungen der Remissionskurven innerhalb der von uns untersuchten Zeiträume von bis zu 33 Tagen. Gleichwohl ist ein Unterschied im Remissionsgrad von weißem Filterpapier — im Mittel etwa 95% Remission — und weißem Leinen — durchschnittlich etwa 74% Remission — zu erkennen.

Darüber hinaus zeigen im allgemeinen sämtliche Remissionskurven am Anfang des sichtbaren Spektrums bei 400 nm im Violettbereich den niedrigsten Remissionsgrad zwischen 5 und 10%, um dann am Ende des sichtbaren Spektrums im Rotbereich bei 700 nm je nach Umweltbedingung Werte zwischen 18 und 68% Remission zu erreichen. Im Bereich der Hämoglobinbande weisen gleichfalls alle Kurven ein Abflachen bzw. Verstreichen der Minima bei 540 nm (Alpha-Bande) und bei 678 nm (Beta-Bande) mit zunehmender Alterung auf. Wie wir in früheren Untersuchungen (Lins 1968 [6]) zeigen konnten, ist das Verstreichen der Hämoglobinbande auf das Nachlassen der Oxydationsfähigkeit des roten Blutfarbstoffes zurückzuführen, was Kind et al. [2] 1972 bestätigt haben. Dabei ist darauf hinzuweisen, daß bei Absorptionsmessungen von Blutfarbstofflösungen im durchfallenden Licht (Transmission) die Extinktionskurven gegenüber den im auffallenden und reflektierten Licht gemessenen Remissionskurven sozusagen auf dem Kopf stehen, d. h. die Kurvenmaxima bei Transmissionmessungen imponieren bei den Remissionsmessungen als Kurvenminima und umgekehrt. Schließlich ist allen Remissionskurven ein flaches Maximum im Grünbereich um 500 nm gemeinsam, dem mit zunehmendem Zeitablauf ebenfalls eine Abflachung widerfährt.

Unter speziellen Umweltbedingungen ergeben sich die nachfolgenden Kurvenverläufe.

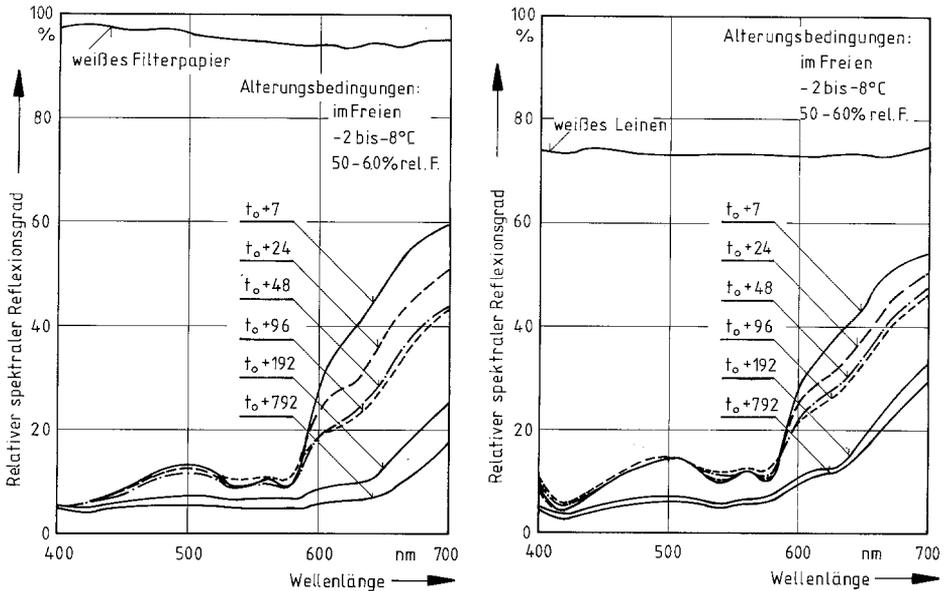


Abb. 8 und 9. Kurvenverlauf bei Blutflecken-Altersbedingungen über 7 bis 792 h im Freien. Umweltbedingungen: Temperatur zwischen -2 und -8°C , 50 bis 60% relative Luftfeuchtigkeit, Tageslichteinwirkung

a) Kurvenverlauf bei Blutflecken-Altersbedingungen im Kühlschrank über 7 bis 91 h bei 1 bis 2°C , einer relativen Luftfeuchtigkeit von 30 bis 40 vol% und unter Lichtabschluß (Abb. 2 und 3). Zwischen 400 und 600 nm ist der Kurvenverlauf für beide Trägermaterialien annähernd gleich mit der Ausnahme, daß die Blutflecken auf Leinen gegenüber dem Filterpapier ein deutliches Minimum bei etwa 412 nm im Violettbereich aufweisen, das auch gegenüber den veränderten Umweltbedingungen beibehalten wird. Die Remissionskurven liegen noch eng beieinander. Im Grünbereich bei 500 nm beträgt der maximale Remissionsgrad zwischen 15 und 16% und die Differenz zwischen den äußeren Hüllkurven etwa 1 bis 2%. Die Hämoglobinbande ist auch nach Ablauf von 192 h (8 Tagen) noch gut ausgeprägt. Im weiteren Verlauf kreuzen alle Kurven im Orangebereich bei etwa 590 nm. Der relative spektrale Remissionsgrad beträgt um 20%. Danach erfolgt im Rotbereich ein steiler Anstieg und Auseinanderlaufen der Remissionskurven; dabei wird die Farbe des roten Blutfarbstoffes um 700 nm am stärksten remittiert. Die Werte liegen nach 7 h (Filterpapier) bei maximal 62% und nach 192 h (Leinen) bei etwa 45% relativem spektralem Remissionsgrad.

b) Kurvenverlauf bei Blutflecken-Altersbedingungen über 7 bis 192 h im Raum und einer Durchschnittstemperatur von 20°C unter Licht- und Luftabschluß (Abb. 4 und 5). Ändern sich die Umweltbedingungen dahingehend, daß die Temperatur im Durchschnitt auf 20°C ansteigt und Licht- und Luftwirkungen vermieden werden, dann ist zu erkennen, daß die von den Hüllkurven nach 7 und 192 h umschlossene Fläche deutlich breiter geworden ist. Um 500 nm ist im Grünbereich der relative spektrale Reflektionsgrad auf etwa 18% angestiegen; die Differenz zwischen den äußeren Hüllkurven beträgt jetzt etwa 5% (Leinen) und 7%

Remission (Filterpapier). Die Kreuzungsstelle um 450 nm erscheint etwas verbreitert. Die Hämoglobinbande ist auch nach Ablauf von 192 h noch nicht verstrichen. Im Rotbereich zwischen 600 und 700 nm ist bei Filterpapier eine Remissionszunahme bis zu 68% zu beobachten.

c) Kurvenverlauf bei Blutflecken-Altersbedingungen über 0 bis 192 h bei einer durchschnittlichen Raumtemperatur von 20°C, einer relativen Luftfeuchtigkeit zwischen 40 und 50% und winterlichen Tageslichtschwankungen (Abb. 6 und 7). Unter diesen Umweltbedingungen, die in der Praxis am nächsten kommen, ist wie auch bei den zuvor gezeigten Kurvenverläufen zwischen 600 und 700 nm — also im Rotbereich des sichtbaren Spektrums — eine regelhafte Minderung des relativen spektralen Remissionsgrades festzustellen. So beträgt z.B. der Reflektionsgrad sofort nach Auftropfen des Blutes auf Leinen bei einer Wellenlänge von 700 nm etwa 57% und nach einem Zeitablauf von 192 h nur noch 40%. Demgegenüber kann es bei den Wellenlängen zwischen 400 und 590 nm auch zu einem Ansteigen des spektralen Remissionsgrades kommen. In den ersten 24 bis 48 h nach der Probenbereitung schreiten die farblichen Veränderungen am raschesten voran.

d) Kurvenverlauf bei Blutflecken-Altersbedingungen im Freien über 7 bis 792 h (33 Tage) bei Frost zwischen -2 und -8°C, einer relativen Luftfeuchtigkeit von 50 bis 60% und winterlichen Tageslichtschwankungen (Abb. 8 und 9). Bis zum Ablauf von 96 h entsprechen die Kurven ungefähr dem Verlauf der Remissionskurven wie in den Abb. 2 und 3, bei denen die Blutflecken unter Lichtabschluß bei einer Temperatur von 1 bis 2°C im Kühlschrank gealtert waren. Es hat hier den Anschein, daß nicht, wie u. a. von Schwarzacher [9] angenommen, „vor allem die Lichteinwirkung den Charakter und die Geschwindigkeit des Alterungsprozesses bedingen“, sondern daß in erster Linie ein Ansteigen der Temperatur auf durchschnittlich 20°C die farblichen Veränderungen auslöst, was im Vergleich mit den Remissionskurven in den Abb. 4 bis 7 auffällt. Wie auch bei den zuvor gezeigten Remissionskurven kann festgestellt werden, daß mit zunehmender Zeit die farblichen Veränderungen immer langsamer fortschreiten. So ist zwischen dem Ablauf von 192 h (8 Tagen) und 792 h (33 Tagen) kein allzugroßer Unterschied mehr festzustellen. Die Remissionskurven erscheinen deutlich gestreckt, und die Hämoglobinbande ist verstrichen. Der relative spektrale Remissionsgrad ist zum Teil um mehr als die Hälfte der Ausgangswerte in bezug auf die Nativblutflecken abgesunken.

Mit der visuellen Bewertung der fortlaufend physikalisch aufgezeichneten spektralen Remissionskurven definiert gealterter Blutflecken ist nur der erste Schritt für die Farbmessungen durchgeführt. Welche Schlußfolgerungen der zweite Schritt in der Farbmetrik zuläßt, nämlich die rechnerische farbvalenzmetrische Auswertung nach dem Gewichtsordinatenverfahren, die zu den Normfarbwerten X, Y und Z und zu den Normfarbwertanteilen x, y, z des 2°- und/oder des 10°-Normvalenzsystems führen, ist weiteren Veröffentlichungen vorbehalten.

Literatur

1. DIN 5033 (1968) Farbmessung Bl 1-9
2. Kind SS, Patterson D, Owen GW (1972) Estimation of the age of dried blood stains by a spectrophotometric method. *Forens Sci* 1:27-54

3. Kleihauer E, Stein G, Schmidt G (1967) Beitrag zur Altersbestimmung von Blutflecken. Arch Kriminol 140:84-94
4. Köhler U, Oepen I (1977) Über die Eignung spektralanalytischer Methoden zur Bestimmung des Blutfleckenalters. Z Rechtsmed 79:183-187
5. Leers O (1910) Die forensische Blutuntersuchung. Berlin, Springer, 212 S
6. Lins G (1968) Die Remissionsanalyse zur farblichen Charakterisierung der Leichenhaut. Beitr Ger Med 24:162-166
7. Patterson D (1960) Use of reflectance measurements in assessing the colour changes of ageing blood stains. Nature 187:688-689
8. Rauschke J (1951) Beitrag zur Frage der Altersbestimmung von Blutspuren. Dtsch Z Ges Ger Med 40:578-584
9. Schwarzacher W (1930) Altersbestimmungen von Blutspuren. Z Ges Ger Med 15:119-124
10. Tomellini O, Lecha-Marzo (zit nach Leers O) Die forensische Blutuntersuchung

Eingegangen am 1. Juni 1981