

Die farbmetrische Bewertung der Grünfäule der Leichenhaut im Rahmen der programmierten Farbwertintegration

Günther Lins und Jörg Kutschera

Zentrum der Rechtsmedizin der Johann Wolfgang Goethe-Universität Frankfurt am Main
(BRD)

Eingegangen am 1. Oktober 1974

Colorimetric Evaluation of Green Rot in the Skin of Corpses as Part of an Integrated Program of Colour Measurement

Summary. A method of emission analysis based on earlier research is demonstrated for the case of green rot. The colour curves of the corpses' skin are drawn physically. In order to reduce significantly the enormous time required for a computer evaluation of the trichromatic measurements from registered remission curves, a method of using selected coordinates is applied. By means of a curve tracer linked to a computer one succeeds in reducing to a minimum the time consuming calculations involved in the evaluation of the valence measures for the colour values X , Y , Z . In conclusion we point out the possibility of systematically collection data on forensically relevant colour values, in particular in the field of thanatology.

Zusammenfassung. Ausgehend von den in früheren Untersuchungen beschriebenen Verfahren der Remissionsanalyse werden am Beispiel der Grünfäule die Farbkurven der Leichenhaut physikalisch aufgezeichnet. Zur spürbaren Abkürzung des enormen Zeitaufwandes für die rechnerische Auswertung der trichromatischen Farbmaßzahlen aus den registrierten Remissionskurven wird das Auswahlordinatenverfahren angewendet. Mit Hilfe eines Kurvenfolgers, der an einen Computer angeschlossen ist, gelingt es, die zeitraubenden Rechenoperationen zur valenzmetrischen Auswertung der Normfarbwerte X , Y , Z auf ein Minimum zu reduzieren. Auf die dadurch gegebene Möglichkeit der systematischen Datensammlung forensisch relevanter Farbmaßzahlen, insbesondere auf dem Gebiet der Thanatologie, wird abschließend hingewiesen.

Key words: Fäulnis, Farbmaßzahlen — Grünfäule der Leichenhaut — Leichenhaut — Farbmaßzahlen.

Einleitung

Das Schwergewicht der Farbmessung liegt in der Rechtsmedizin bei den vitalen und postmortalen Befunderhebungen, die sich zu einem großen Teil auf die Beschreibung von Farben bzw. deren zeitabhängige Veränderungen unter besonderen äußeren und inneren Bedingungen stützen. Auf die Notwendigkeit, dem schwierigen Problem der subjektiven Farbempfindung und dem damit verbundenen dualistischen Konflikt von Objektivität und Subjektivität (Heimendahl; Born) durch objektive Farbmessungen mit Hilfe der Remissionsanalyse zu begegnen, haben wir (Lins) wiederholt hingewiesen.

Jede Farbmessung von Körperfarben nach dem Spektralverfahren wird praktisch in zwei Schritten durchgeführt. Der erste Schritt ist die fortlaufende physikalische Aufzeichnung der spektralen Remissionskurven. Nach visueller Bewertung

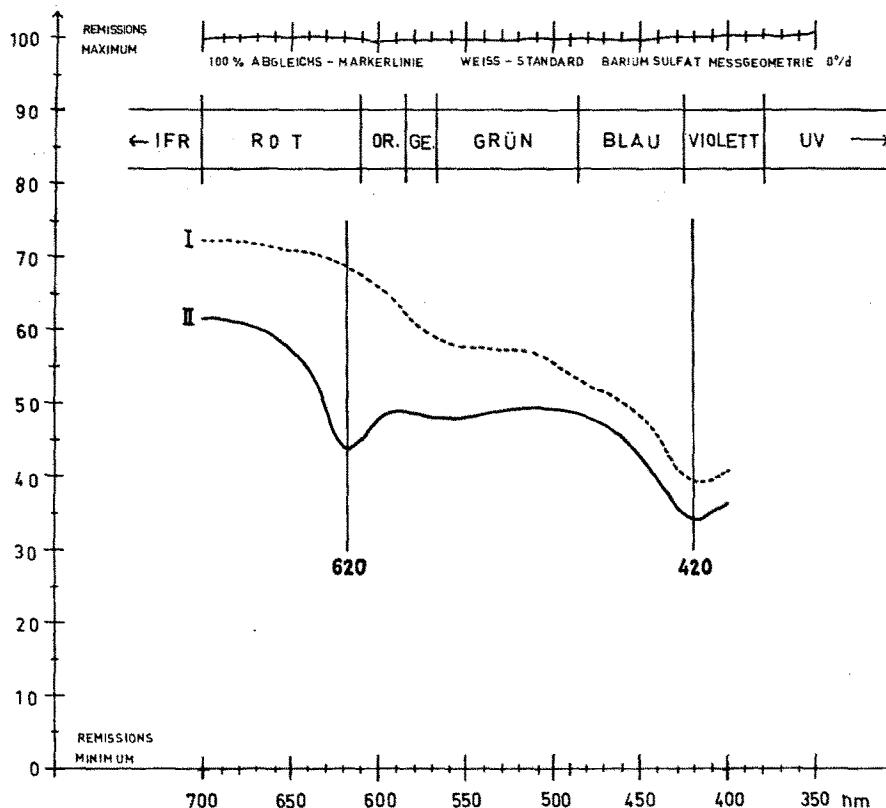


Abb. 1. Remissionskurven der Brust- und Bauchhaut einer 50 Jahre alten Frau 72 Std post mortem kontinuierlich aufgezeichnet mit dem Spektralphotometer Spectronic 600 von Bausch & Lomb. I (...) Brusthaut ohne Grünfäule. II (—) Bauchhaut mit Grünfäule. 620 nm = Remissionsminimum des Sulfhämoglobins. 420 nm = Remissionsminimum der Sorètbande

des Kurvenverlaufes folgt als zweiter Schritt die rechnerische farbvalenzmetrische Auswertung. In früheren Untersuchungen (Lins, 1972) haben wir gezeigt, wie die Farbe der Totenflecken durch die trichromatischen Maßzahlen X , Y , Z des 2°-Kleinfeld-Normvalenz-Systems unter Anwendung des Gewichtsordinatenverfahrens gekennzeichnet werden kann. Bei der Grünfäule geschieht die rechnerische Auswertung der trichromatischen Farbmaßzahlen oder auch Normfarbwerte bzw. deren Normfarbwertanteile mit Hilfe des Auswahlordinatenverfahrens.

Die zeitaufwendige und umständliche farbvalenzmetrische Auswertung der Remissionskurven zur Datenerfassung hat der routinemäßigen Anwendung des Spektralverfahrens seither im Wege gestanden. Der enorme Zeitaufwand wird deutlich, wenn man bedenkt, daß die Energiewerte der in Abb. 1 aufgezeichneten Remissionskurven der Grünfäule der Leichenhaut zwischen 400 und 700 nm Wellenlänge für Wellenlänge abgegriffen, dann sowohl mit den Normspektralwerten des energiegleichen Spektrums als auch mit den Werten der Strahlungsfunktion der gewählten Normlichtart multipliziert und die Produkte summiert werden müssen. Dies führt dazu, daß theoretisch bei jeder Wellenlänge drei Daten mit drei- bis fünfstelligen Zahlenwerten miteinander zu multiplizieren sind. Mit

anderen Worten, um die Normfarbwerte einer registrierten Remissionskurve zu ermitteln, benötigt der Geübte selbst bei Verwendung von Tabellen und einer Rechenmaschine 5 bis 6 Std. Den Umständen nach sind daher verschiedene Wege zur Abkürzung der langwierigen Auswertarbeit beschritten worden.

I. Das Auswahlordinatenverfahren

Methode

Durch mathematische Transformationen der Farbgleichungen, die hier nicht näher erörtert werden sollen, hat Luther die Spektralwertfunktionen so geändert, daß bei der Berechnung

Tabelle 1. Wellenlängen der 30 Auswahlordinaten für die Farbberechnung von Körperfarben für die Normlichtarten A (Glühlampenlicht) und C (Tageslicht). Bei Verwendung von nur 10 Auswahlordinaten sind die mit * gekennzeichneten Wellenlängen zu nehmen

A				C			
Nr.	λ_x	λ_y	λ_z	Nr.	λ_x	λ_y	λ_z
1	444,0	487,8	416,4	1	424,4	465,9	414,1
* 2	516,9	507,7	424,9	* 2	435,5	489,4	422,2
3	544,0	517,3	429,4	3	443,9	500,4	426,4
4	554,2	524,1	432,9	4	452,1	508,6	429,4
* 5	561,4	529,8	436,0	* 5	461,2	515,1	432,0
6	567,1	534,8	438,7	6	473,9	520,6	434,3
7	572,0	539,4	441,3	7	531,0	525,4	436,5
* 8	576,3	543,7	443,7	* 8	544,2	529,8	438,6
9	580,2	547,8	446,0	9	552,3	533,9	440,6
10	583,9	551,7	448,3	10	558,7	537,7	442,5
*11	587,2	555,4	450,4	*11	564,0	541,4	444,4
12	590,5	559,1	452,6	12	568,8	544,9	446,3
13	593,5	562,7	454,7	13	573,2	548,3	448,2
*14	596,5	566,3	456,8	*14	577,3	551,7	450,2
15	599,4	569,8	458,8	15	581,2	555,1	452,1
16	602,3	573,3	460,8	16	585,0	558,5	454,0
*17	605,2	576,9	462,9	*17	588,7	561,8	455,9
18	608,0	580,5	464,9	18	592,3	565,3	457,9
19	610,9	584,1	467,0	19	595,9	568,8	469,9
*20	613,8	587,9	469,2	*20	599,5	572,5	462,0
21	616,9	591,8	471,6	21	603,2	576,4	464,1
22	620,0	595,8	474,1	22	606,9	580,4	466,4
*23	623,3	600,1	476,8	*23	610,8	584,8	468,8
24	626,9	604,7	479,9	24	614,9	589,5	471,4
25	630,8	609,7	483,4	25	619,2	594,8	474,4
*26	635,3	615,2	487,5	*26	624,0	600,7	477,8
27	640,5	621,5	492,7	27	629,6	607,6	481,9
28	646,9	629,2	499,3	28	636,4	616,0	487,3
*29	655,9	639,7	508,4	*29	646,2	627,1	495,3
30	673,5	659,0	526,7	30	662,2	647,0	511,5

Faktoren							
bei 10	10,984	10,000	3,555		9,804	10,000	11,812
bei 30	3,661	3,333	1,185		3,265	3,333	3,937
Ordinaten							

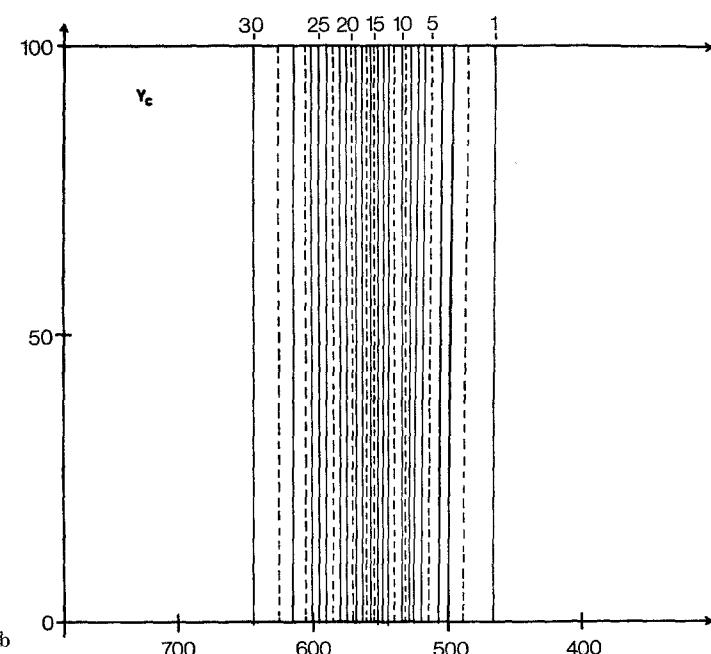
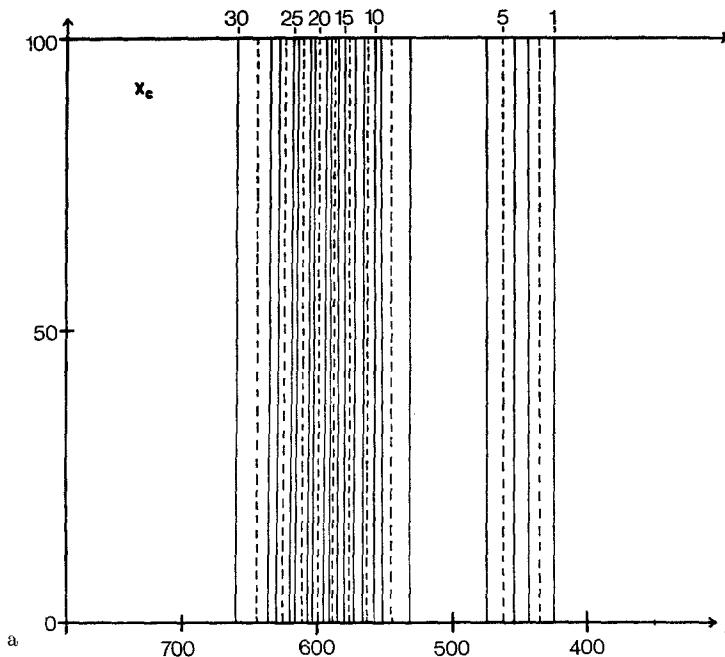


Abb. 2a—c. Strichschablonen für 30 Auswahlwellenlängen der Normlichtart C. Bei 10 Auswahlwellenlängen sind nur die gestrichelten Linien zu berücksichtigen. $R = \beta(\lambda)$ = Remissionsgrad in Prozent

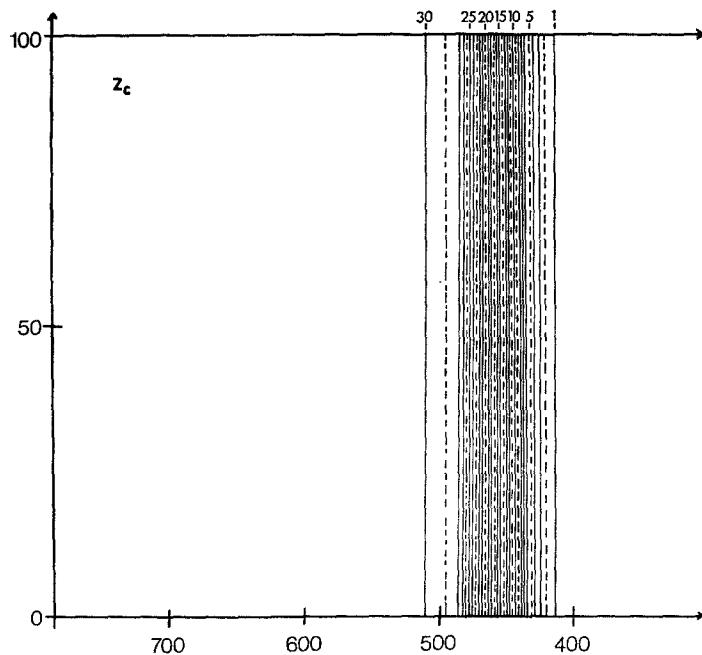


Abb. 2c

der Körperfarben nur noch der Remissionsgrad $\beta(\lambda)$ als abhängige, veränderliche Größe funktioniert. Diese Vereinfachung führt zu einer Auswahl vorbestimmter Wellenlängen im Bereich des sichtbaren Spektrums. In Tabelle 1 haben wir die Auswahlwellenlängen für die entsprechenden Abszissenabschnitte zur Ermittlung der Normfarbwerte X, Y, Z für 30 und 10 Auswahlordinaten für die Normlichtarten A und C aufgeführt. Um die zugehörigen Remissionswerte $\beta(\lambda)$ bei diesen ausgewählten Wellenlängen schneller abgreifen zu können, haben wir, wie Abb. 2 zeigt, transparente und maßstabgerechte Strichschablonen mit den Auswahlordinaten angefertigt, die einfach über die registrierten Remissionskurven gelegt werden. Wie aus der Abbildung ersichtlich, sind die Auswahlordinaten für die Normspektralwerte \bar{x}, \bar{y} und \bar{z} bzw. für die \bar{x} -, \bar{y} - und \bar{z} -Reize ausgewählt. Hardy u. Pineo haben dieses Verfahren erstmals beschrieben. Durch Addition der Remissionswerte bei den entsprechenden Auswahlwellenlängen erhält man sogleich die Normfarbwerte X, Y, Z . Die Summen sind je nach Anzahl der verwendeten Auswahlordinaten — 10, 30 oder 100 — noch mit den in den Tabellen angegebenen Faktoren für X, Y, Z der verwendeten Normlichtart zu multiplizieren. Die Wellenlängen der Auswahlordinaten für die Ermittlung von Körperfarben bei den Normlichtarten A (Glühlampenlicht) und C (Tageslicht) haben wir dem Handbook of Colorimetry entnommen.

Ergebnisse

Zur Auswertung werden die mit Hilfe der transparenten Strichschablonen abgelesenen Remissionswerte für X, Y, Z zur Addition gleich in eine Rechenmaschine gegeben. In Tabelle 2 haben wir die Daten eingetragen. Die Normfarbwerte werden hier im Gegensatz zum Gewichtsordinatenverfahren praktisch nur durch Addition erhalten. Die Ergebnisse hängen von der Anzahl der verwendeten Auswahlordinaten ab. So erhält man bezogen auf den Vergleichsstandard — die vollkommen mattweiße Fläche — bei 100 Auswahlordinaten die Summe 100 für

Tabelle 2. Farbmétrische Auswertung der Farbvalenz der Grünfäule nach dem Auswahlordinatenverfahren unter Berücksichtigung der Normlichtart C bei 10 (*) und 30 Auswahlwellenlängen

Nr.	R% X	R% Y	R% Z
1	34,9	46,3	34,5
* 2	38,0	48,5	34,0
3	40,1	49,1	34,6
4	40,4	49,2	35,4
* 5	45,8	48,9	36,3
6	47,5	48,8	37,2
7	48,8	48,7	38,0
* 8	47,9	48,6	39,1
9	47,9	48,6	40,1
10	48,1	48,6	40,8
*11	48,0	48,5	41,7
12	47,9	48,3	42,5
13	48,2	48,3	43,0
*14	48,9	48,4	43,8
15	49,0	48,4	44,0
16	49,3	48,2	44,5
*17	49,5	48,3	45,0
18	48,8	48,2	45,2
19	48,5	48,3	45,8
*20	48,0	48,4	46,1
21	47,3	48,5	46,8
22	46,2	48,8	47,1
*23	44,5	49,2	47,4
24	44,0	49,0	47,5
25	44,1	48,5	47,6
*26	47,2	48,0	47,7
27	48,3	46,8	47,8
28	52,4	43,9	48,1
*29	56,2	47,2	48,9
30	59,1	56,0	49,1
Summe 10	483,0	484,0	430,0
Summe 30	1414,8	1454,5	1289,6
Faktor 10	9,804	10,000	11,812
Faktor 30	3,265	3,333	3,937
Grünfäule	Normlichtart C		
Normfarbwerte	$X_{C10} = 47,35$ $X_{C30} = 46,20$	$Y_{C10} = 48,40$ $Y_{C30} = 48,48$	$Z_{C10} = 50,79$ $Z_{C30} = 50,77$
Normfarbwertanteile	$x_{C10} = 0,3232$ $x_{C30} = 0,3176$	$y_{C10} = 0,3304$ $y_{C30} = 0,3333$	$z_{C10} = 0,3467$ $z_{C30} = 0,3490$

jeden Normfarbwert und bei jeder Beleuchtung. Gleiches gilt für 30 und 10 Auswahlordinaten. Die erhaltenen Summen müssen also noch so reduziert werden, daß die Daten, die beim Gewichtsordinatenverfahren selbsttätig erhalten werden, richtig herauskommen. Nach der Anzahl der verwendeten Auswahlordinaten sind die Summen für X, Y, Z noch mit je einem Faktor zu multiplizieren, der sich aus

den Sollwerten für die vollkommen mattweiße Fläche (Weißstandard) bei den entsprechenden Normlichtarten ergibt. Diese Faktoren sind in der Regel in den Tabellen zur Berechnung von Körperfarben angegeben.

In unserem Beispiel der Grünfäule sind für die Normlichtart C bei 30 Auswahlwellenlängen die Summen

$$\begin{aligned} X_{C \ 30} &\text{ mit dem Faktor } 3,625, \\ Y_{C \ 30} &\text{ mit dem Faktor } 3,333 \text{ und} \\ Z_{C \ 30} &\text{ mit dem Faktor } 3,937 \end{aligned}$$

zu multiplizieren. Entsprechende Faktoren gelten bei Verwendung von 10 Auswahlordinaten. Sie betragen für die Summen

$$\begin{aligned} X_{C \ 10} &= 9,804, \\ Y_{C \ 10} &= 10,000 \text{ und} \\ Z_{C \ 10} &= 11,812. \end{aligned}$$

Danach betragen die Normfarbwerte der Grünfäule

$$\begin{array}{ll} X_{C \ 30} = 46,20 & X_{C \ 10} = 47,35 \\ Y_{C \ 30} = 48,48 & Y_{C \ 10} = 48,40 \\ Z_{C \ 30} = 50,77 & Z_{C \ 10} = 50,79. \end{array}$$

Aus den Normfarbwerten können die Normfarbwertanteile x, y, z nach der Farbgleichung

$$x = \frac{X}{X + Y + Z} \quad y = \frac{Y}{X + Y + Z} \quad z = \frac{Z}{X + Y + Z}$$

einfach errechnet werden:

$$\begin{array}{ll} x_{C \ 30} = 0,3176 & x_{C \ 10} = 0,3232 \\ y_{C \ 30} = 0,3333 & y_{C \ 10} = 0,3304 \\ z_{C \ 30} = 0,3490 & z_{C \ 10} = 0,3467. \end{array}$$

Durch das Auswahlordinatenverfahren ist der Zeitaufwand für die farbvalenzmetrische Auswertung gegenüber dem Gewichtsordinatenverfahren bereits wesentlich abgekürzt worden. Gleichwohl ist die Berechnung der trichromatischen Farbmaßzahlen selbst bei Verwendung von Strichschablonen und Rechenmaschinen noch langwierig.

II. Die programmierte valenzmetrische Farbwertintegration

Methode

Um die valenzmetrische Auswertung unserer Remissionskurven zu rationalisieren, hat Kutschera für den PDP-11/20-Computer (Digital Equipment) im Zentrum der Inneren Medizin des Fachbereiches Humanmedizin der Universität Frankfurt am Main ein Programm nach dem Gewichts- und Auswahlordinatenverfahren unter gleichzeitiger Berücksichtigung der geläufigsten Normlichtarten A und C geschrieben. Die auf Laborschreiberpapier registrierten Remissionskurven werden in diesem Programm mit Hilfe eines Kurvenfolgers in den Rechner direkt eingegeben und entsprechend den Algorithmen für das Gewichts- und Auswahlordinatenverfahren ausgewertet.

Der Kurvenfolger Nestler Positronic 1010 ist ein Gerät, das in analoger Form vorliegende Informationen, z. B. Kurven aus einem Schreiber oder Konturen aus einem Bild, in digitale Werte (Zahlenpaare) überführt. Das Vorliegen digitaler Werte ist die Voraussetzung dafür, daß

```

FORTRAN V004A          07:19:53   19-JUL-73 PAGE 1

0001      COMMON /POD/IZ,IT,IC(6000),IV(9)
0002      DIMENSION AIC(1000),AL(186),AA(6),AM(186),A(20)
0003      DATA INE/1HN/,AST/4H****/
0004      DO 36 J=1,20
0005      36  A(J)=AST
0006      IM=31
0007      AIN=31.
0008      FAK=1./2528.
0009      LS=0
0010      CALL SETFIL (4,"LINS",IV,"DK")
0011      READ(4)AM
0012      READ(4)AL
0013      WRITE(6,101)
0014      101 FORMAT(1H , "BITTE BEGINNEN")
0015      7   LS=LS+1
0016      JK=2
0017      CALL PIC
0018      JZ=IZ*2
0019      IXMA=IC(JZ-1)
0020      XMAX=IXMA
0021      FK=xMAX/AIN
0022      FK1=IZ
0023      FK1=300./FK1
0024      FK2=300./XMAX
0025      DO 9 J=1,6
0026      9   AA(J)=0.
0027      K=1
0028      IZT=IZ-2
0029      30  DO 4 J=K,IZT,2
0030      KS=JZ-J
0031      IW=IC(J)
0032      IC(J)=IC(KS)
0033      4   IC(KS)=IW
0034      IF(K=2)31,29,31
0035      31  K=2
0036      JZ=JZ+2
0037      GOTO 30
0038      29  JZ=JZ-2
0039      DO 5 J=1,JZ,2
0040      IC(J)=IXMA-IC(J)
0041      AIC(J)=IC(J)
0042      5   AIC(J)=AIC(J)*FK2+400.
0043      DO 34 J=2,JZ,2
0044      AX=IC(J)
0045      34  AIC(J)=AX*FAK
0046      EK=0.
0047      I=1
0048      IFK=FK+0.5
0049      N=6
0050      DO 2 K=2,IM
0051      EK=EK+FK
0052      IK=EK+0.5
0053      IMK=IFK
0054      DO 3 L=I,JZ,2
0055      IR=IK-IC(L)

```

Abb.3a—c. Programm für den PDP-11/20-Computer zur valenzmetrischen Farbwertintegration nach dem Gewichts- und Auswahlordinatenverfahren unter Berücksichtigung der Normlichtarten A und C. Copyright by Kutschera u. Lins (1973)

ein Digitalrechner die Werte verarbeiten kann. Der Kurvenfolger setzt sich aus einer elektronischen und einer mechanischen Baugruppe zusammen. Diese letztere besteht aus einem Tisch, auf dem das Schreiberpapier mit der Remissionskurve befestigt wird. Mit Hilfe einer Meßlupe mit Fadenkreuz, die über einen Führungsarm mit zwei Potentiometern verbunden ist, wird

```

FORTRAN V004A          07119153   19-JUL-73   PAGE   2

0056      IDK=IABS(IR)
0057      IF(IDK=IMK)6,17,17
0058      6       M1=L
0059      IMK=IDK
0060      17      IF(IR)14,3,3
0061      3       CONTINUE
0062      14      I=M1
0063      AX=AIC(I+1)
0064      DO 2 M=1,6
0065      N=N+1
0066      2       AA(M)=AA(M)+AX*AM(N)
0067      WRITE(5,102)A
0068      102     FORMAT(1H0,20A4//)
0069      WRITE(5,105)LS
0070      105     FORMAT(1H0,'DIE NORMFARBWERTANTEILE DER ',I2,'. AUSGEWERTETEN REM
ISSIONSKURVE (GEW,ORDIN,VERF.)')
0071      IND=0
0072      8       XYZA=AA(1)+AA(2)+AA(3)
0073      XAN=AA(1)/XYZA
0074      YAN=AA(2)/XYZA
0075      ZAN=AA(3)/XYZA
0076      XYZC=AA(4)+AA(5)+AA(6)
0077      XCN=AA(4)/XYZC
0078      YCN=AA(5)/XYZC
0079      ZCN=AA(6)/XYZC
0080      WRITE(5,107)AA(1),XAN
0081      WRITE(5,110)AA(2),YAN
0082      WRITE(5,111)AA(3),ZAN
0083      WRITE(5,108)AA(4),XCN
0084      WRITE(5,110)AA(5),YCN
0085      WRITE(5,111)AA(6),ZCN
0086      IF(IND)11,10,11
0087      10      M=1
0088      N=30
0089      DO 18 J=1,6
0090      AA(J)=0.
0091      I=1
0092      I1=3
0093      DO 16 K=M,N
0094      EK=AL(K)
0095      AIMK=ABS(EK-AIC(I))
0096      DO 23 L=I1,JZ,2
0097      AIR=EK-AIC(L)
0098      AIDK=ABS(AIR)
0099      IF(AIDK=AIMK)26,33,33
0100      26      M=L
0101      AIMK=AIDK
0102      33      IF(AIR)24,23,23
0103      23      CONTINUE
0104      24      I=M1
0105      I1=I+2
0106      16      AA(J)=AA(J)+AIC(I+1)
0107      M=N+1
0108      18      N=N+30
0109      K=180
0110      DO 35 J=1,6

```

Abb. 3b

die auszuwertende Kurve manuell abgefahren. Die Verschiebung der Meßlupe in Abszissen- und Ordinatenrichtung ist durch die Kopplung mit den beiden Potentiometern proportional der Widerstandsänderung in den Potentiometern. Die Elektronik des Kurvenfolgers ist so ausgelegt, daß jedesmal, wenn die Meßlupe um 0,4 mm in der Abszissen- oder Ordinatenrichtung verschoben wurde, am Ausgang des Elektronikteils ein Wertepaar (IC_i, IC_{i+1}) erscheint, das die relativen Koordinaten eines Punktes auf der auszuwertenden Kurve angibt. Die Elektronik des Kurvenfolgers liefert außerdem einen Meldeimpuls, wenn ein neues Wertepaar am Ausgang bereitsteht. Die Ausgänge des Positronic sind über ein Interface mit dem Computer verbunden. Dieses Interface enthält u. a. ein Kontroll- und Status- sowie zwei Datenregister, die durch ein Programm steuer- bzw. abfragbar sind und die Übernahme der Meßwerte in den Computer ermöglichen.

Das Programm zeigt Abb. 3. Es besteht aus zwei Teilen, einem Fortran-Hauptprogramm, in dem bei vorgegebenen Meßwerten die Auswertung der Meßwerte erfolgt, und einem As-

```

FORTRAN V004A          07:19:53   19-JUL-73   PAGE   3

0111      K*K+1
0112      35    AA(J)=AA(J)*AL(K)
0113      WRITE(S,112)LS
0114      112   FORMAT(1H0,'DIE NORMFARBWERTANTEILE DER ',I2,', AUSGEWERTETEN REM
1ISSIONSKURVE (AUSW.ORD.VERF.)')
0115      IND=1
0116      GOTO 8
0117      11    WRITE(6,103)
0118      103   FORMAT(1H , 'SOLL NOCH EINE KURVE AUSGEWERTET WERDEN ?')
0119      READ(6,104)INF
0120      104   FORMAT(A1)
0121      IF(INF.EQ.INE)GOTO 12
0122      GOTO 7
0123      108   FORMAT(1H , '(NORMLICHTART C) : X =',F6.2,3X,'LX =',F6.4)
0124      107   FORMAT(1H , '(NORMLICHTART A) SINDE X =',F6.2,3X,'LX =',F6.4)
0125      110   FORMAT(1H , '23X.'Y =',F6.2,3X,'LY =',F6.4)
0126      111   FORMAT(1H , '23X.'Z =',F6.2,3X,'LZ =',F6.4//)
0127      12    WRITE(S,102)
0128      STOP
0129      END

ROUTINES CALLED:
SEMFIL, PIC , IABS , ABS

SWITCHES = /ON,/CK

BLOCK      LENGTH
MAIN.     4415  (021176)*
POD       6011  (027366)

**COMPILER ---- CORE**
  PHASE      USED   FREE
DECLARATIVES 00539 13215
EXECUTABLES  01087 12667
ASSEMBLY    01980 14691

```

Abb. 3c

sembler-Unterprogramm, das die Meßwerte aus dem Kurvenfolger über das Interface übernimmt. Dieses Unterprogramm wandelt die im BCD-Code aus dem Kurvenfolger kommenden Meßwerte in Oktalzahlen um und speichert sie in einem „labeled common“ für das Hauptprogramm ab.

Der Ablauf des Hauptprogramms ist folgender: Im Zahlenfeld IC stehen nach dem Aufruf des Unterprogramms (PIC) die Koordinatenwerte der Kurve von 700 bis 400 nm. In AM stehen die Normspektralwerte nach Judd u. Wyszecki, wie in Tabelle 1 aufgeführt, in AL die Auswahlordinaten. Sie werden nach Definition eines Skalierungsfaktors und einem Datenereöffnungsaufruf eingelesen. Es folgt der Sprung in das Datenübernahmeprogramm PIC. Die Rückkehr in das Hauptprogramm erfolgt, sobald am Kurvenfolger ein Daten-Ende-Schalter eingeschaltet wird. Es werden dann weitere Skalierungsfaktoren berechnet. In DO-Schleife 4, 5 und 34 werden die Daten umsortiert, von 400 nach 700 nm aufsteigend, auf 400 nm als Null-Wert bezogen und in AIC für das Auswahlordinatenverfahren vorbereitet. DO-Schleife 2 enthält die Schritte für das Gewichtsordinatenverfahren. Aus der Reihe der Abszissenwerte werden diejenigen ausgewählt, für die die Normspektralwerte tabelliert sind, und es werden die zugehörigen Ordinatenwerte mit den entsprechenden Normspektralwerten multipliziert und aufaddiert (inneres DO 2). Die Ergebnisse nach dem Gewichtsordinatenverfahren stehen dann in AA und werden anschließend ausgedruckt. In DO-Schleife 18 werden aus den in Nanometer umgewandelten Abszissenwerten entsprechend der in AL gespeicherten Tabelle bestimmte Abszissenwerte ausgewählt und die zugehörigen Ordinatenwerte aufaddiert. Die Ergebnisse stehen wie zuvor in AA. Sie werden mit Faktoren korrigiert (DO 35) und dann ebenfalls ausgedruckt.

Ergebnisse und Besprechung

In Tabelle 3 haben wir die nach verschiedenen Verfahren valenzmetrisch ermittelten Normfarbwerte und Normfarbwertanteile der Grünfäule gegenüber-

Tabelle 3. Die Farbmaßzahlen der Grünfäule der Bauchhaut einer 50 Jahre alten Frau 72 Std post mortem nach methodisch verschiedener valenzmetrischer Auswertung

Normallichtart C	Grünfäule			Normfarbwertanteile		
	Normfarbwerte			<i>x</i>	<i>y</i>	<i>z</i>
	<i>X</i>	<i>Y</i>	<i>Z</i>			
Strichschablone 30 Auswahlordinaten	46,20	48,48	50,77	0,3176	0,3333	0,3490
Strichschablone 10 Auswahlordinaten	47,35	48,40	50,79	0,3232	0,3304	0,3467
Kurvenfolger 30 Gewichtsordinaten	46,61	48,87	50,60	0,3191	0,3345	0,3464
Kurvenfolger 30 Auswahlordinaten	46,85	48,96	51,09	0,3189	0,3333	0,3478

gestellt. Dabei fällt auf, daß die nach dem Auswahlordinatenverfahren berechneten Werte immer geringfügig über den Werten des Gewichtsordinatenverfahrens liegen. Dies wird dadurch hervorgerufen, daß die Wellenlängen des Gewichtsordinatenverfahrens in konstantem Abstand über das Spektrum verteilt sind, während die Auswahlordinaten einmal dicht gedrängt und an anderen Stellen des Spektrums weiter auseinandergezogen sind und der Computer wegen der Auflösung des Kurvenfolgers von 0,4 mm an den durch das Auswahlordinatenverfahren zwingend vorgeschriebenen Abszissenstellen die Wertepaare nicht jedesmal punktuell ablesen kann. Die Standardabweichung der Normfarbwerte bei zehnmaligem Abfahren einer Remissionskurve mit dem Kurvenfolger durch denselben Auswerter ist kleiner als 0,03 %, so daß individuelle Faktoren praktisch vernachlässigt werden können.

Trägt man die in Tabelle 3 bei 30 Wellenlängen nach dem Gewichts- und Auswahlordinatenverfahren ermittelten Koordinaten *x*, *y* der Grünfäule in die Normfarbtafel (Abb. 4) ein, dann wird auch auf geometrischem Wege deutlich, wie dicht die Farbörter beieinander liegen. Ein Vergleich mit dem Buntdruck der Normfarbtafel zeigt, daß die Unterschiedsschwelle des menschlichen Auges unterschritten wird. Die farbtongleiche Wellenlänge λ / f (Helmholtz-Maßzahl) der Grünfäule ist die Verbindungslinie Unbunt (*U*) über die Farbörter der Grünfäule hinaus. Ihr Schnittpunkt mit dem Spektralfarbenzug bei etwa 491 nm ermittelt die zugehörige Spektralfarbe höchster Sättigung.

Durch die programmierte Farbwertintegration läßt sich der enorme Zeitaufwand für die valenzmetrische Auswertung einer Remissionskurve nach dem Gewichts- und Auswahlordinatenverfahren unter Einbeziehung der gebräuchlichsten Normallichtarten auf weniger als 1 min reduzieren. Mit Hilfe des Computers ist es nunmehr möglich, systematische valenzmetrische Datensammlungen der Farbmaßzahlen des Menschen aufzustellen und forensisch relevante, zeit- und umweltabhängige Farbprobleme, insbesondere auf dem Gebiet der Thanatologie, zu lösen oder einer Lösung näherzubringen. Diese Aufgabe ist Gegenstand unserer gegenwärtigen und zukünftigen Forschung.

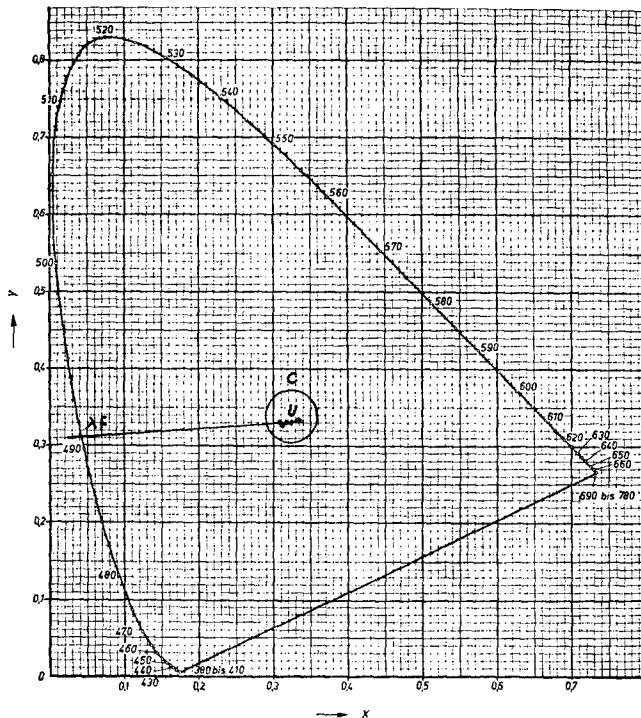


Abb. 4. Lage der Farbörter der Grünfäule der Bauchhaut einer 50 Jahre alten Frau in der Normfarbtafel (Spektralfarbenzug) unter Berücksichtigung der Normlichtart C. U = Unbunt-(Weiß-)Punkt. $x = 0,333$, $y = 0,333$. $\lambda_f = 491$ nm, farbtongleiche Wellenlänge (Helmholtz-Maßzahl)

Literatur

- Born, M.: Betrachtungen zur Farbenlehre. Naturwissenschaften **50**, 29–39 (1963)
 Handbook of colorimetry (ed. Massachusetts Institute of Technology under the direction of A. C. Hardy). Cambridge (Mass.) 1936
 Hardy, A. C., Pineo, C. W.: The computation of trichromatic excitation values by the selected ordinate method. J. opt. Soc. Amer. **22**, 430 (1932)
 Heimendahl, E.: Licht und Farbe. Berlin 1961
 Judd, D. B., Wyszecki, G.: Color in business, science, and industry, 2nd ed. New York-London 1963
 Kutschera, J.: Persönliche Mitteilung (1973)
 Lins, G.: Die Remissionsanalyse zur farblichen Charakterisierung der Leichenhaut. Beitr. gerichtl. Med. **24**, 162–166 (1968)
 Lins, G.: Remissionsmessungen zur farblichen Charakterisierung der lebenden menschlichen Haut. Beitr. gerichtl. Med. **25**, 271–277 (1969)
 Lins, G.: Der Farbort der Totenflecken im Spektralfarbenzug. Beitr. gerichtl. Med. **31**, 203–212 (1973)
 Luther, R.: Aus dem Gebiet der Farbreizmetrik. Z. techn. Phys. **8**, 540–558 (1927)

Dr. G. Lins
 Zentrum der Rechtsmedizin
 der Universität
 D-6000 Frankfurt am Main 70
 Kennedyallee 104
 Bundesrepublik Deutschland