

Aus dem Pathologischen Institut der Justus-Liebig-Universität Gießen
(Direktor: Prof. Dr. W. SANDRITTER)

Die Objektivierung der Organfarben in der pathologischen Anatomie mittels der Remissionsphotometrie

Von

W. SANDRITTER, D. LÜBBERS und K. NOESKE

Mit 8 Textabbildungen

(Eingegangen am 14. Juli 1964)

Jedem Pathologen sind die Schwierigkeiten bekannt, die Farben sezierter Leichenorgane präzise zu benennen und sich mit dem gewählten Farbausdruck bei der Diskussion und Niederschrift der Befunde verständlich zu machen. Abgesehen von umgebungsbedingten Farbänderungen, z. B. der Beleuchtung und der Abhängigkeit des Farbeindrucks von der Organstruktur besteht eine Schwierigkeit darin, daß man nur verhältnismäßig wenige einfache und kombinierte Farbnamen für eine Fülle von Farbtönen zur Verfügung hat. Zum anderen kann die gewählte Farbbezeichnung aufgrund des subjektiven Farbeindrucks bei einem anderen Menschen eine andere Farbvorstellung und damit Mißverständnisse hervorrufen.

In der vorliegenden Arbeit wurde geprüft, inwieweit es möglich ist, die Organfarben mittels der Remissionsphotometrie objektiv zu bestimmen. Ein Vergleich der Meßergebnisse mit zuvor nach subjektivem Eindruck ausgewählten Farbtafeln sollte über die Farbtüchtigkeit des menschlichen Auges und seine Präzision bei der Farbbestimmung Aufschluß geben. Darüber hinaus sollte geprüft werden, ob eine Analyse der Organfarben und ein Rückschluß auf den Farbstoffträger der verschiedenen Farbkomponenten mit der angewandten photometrischen Technik möglich ist.

Theoretische und methodische Grundlagen

Die Farbe eines Objektes bei Beleuchtung mit weißem Licht ist durch den Teil des sichtbaren Spektrums gegeben, der von der Oberfläche nicht absorbiert, sondern remittiert wird. Bei bestimmten Objekten kann ein dritter Teil des auftretenden Lichtes durch den gewählten Körper hindurchtreten (Transmission). Der durch den remittierten Spektrumanteil im Auge ausgelöste optische Reiz erfährt dann die subjektive Wertung „Farbe“. Diesen physikalisch-optischen Zusammenhängen entspricht der photometrische Untersuchungsgang, dessen Resultat eine Reihe optischer Meßwerte ist.

Das Remissionsvermögen eines Objektes kann nicht als absoluter Wert angegeben werden, sondern nur in Relation zu einem „Weißstandard“, dessen Remissionsgrad 100% bzw. 1 betragen soll. Als ein solcher „Weißstandard“ gilt MgO, das aber nur in frischem Zustand die Bedingung einer totalen Remission erfüllt. Man verwendet daher Milchglas, dessen Remissionsgrad gegen MgO bei verschiedenen Wellenlängen geeicht ist.

Der Remissionsgrad eines Objektes wird als β_λ bezeichnet. Er stellt das Verhältnis von remittiertem Licht zu auftreffendem Licht dar:

$$\beta_\lambda = \frac{E\beta}{E\lambda}$$

Bei einem ideal weißen Körper ist dieses Verhältnis gleich 1. Bei einem nicht weißen Körper beträgt der Remissionsgrad nur einen Teil von 1. Die Messungen erfolgen deswegen bei jeder Wellenlänge gegen den „Weißstandard“. Das verwendete Spektralphotometer mit Remissionansatz ist so eingerichtet, daß das durch einen Hohlspiegel gesammelte Licht als gerichtetes Strahlenbündel auf die zu untersuchende Probe fällt und von dort auf einen Photomultiplier remittiert wird.

Die erhaltenen Werte werden als Remissionskurve in ein Koordinatensystem eingezeichnet, auf dessen Abszisse die Wellenlängen des sichtbaren Spektrums und auf dessen Ordinate die einzelnen Remissionsgrade aufgetragen sind.

Voraussetzung für die korrekte Auswertung der photometrischen Meßergebnisse ist die Definition der Lichtquelle. Von der Commission internationale de l'Éclairage (CIE) sind 1931 für wissenschaftliche und technische Untersuchungen drei Normlichtarten mit den Bezeichnungen *A*, *B* und *C* definiert worden. Die Normlichtart *A* ist festgelegt worden als Glühlampenlicht, das bei einer Temperatur von 2854° K ausgestrahlt wird. Für diese Lichtart ist eine spektrale

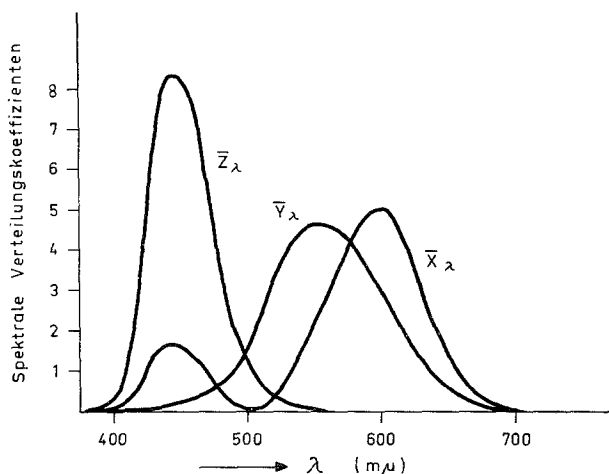


Abb. 1. Die Farbwertkurven \bar{x} , \bar{y} und \bar{z} des CIE-Systems für ein Licht mit gleichmäßiger spektraler Energieverteilung. (Nach DIN 5033, Bl. 2: Farbmessung, Normvalenz-System)

Energieverteilung charakteristisch, die im langwelligen (roten) Bereich ein Mehrfaches des Betrages des kurzwelligen Lichtes ausmacht. Die Normlichtart *B* entspricht dem Sonnenlicht, die Normlichtart *C* dagegen ist ein künstliches, dem weißen Tageslicht nachgebildetes Licht. Die Lichtarten *B* und *C* zeichnen sich durch eine geringere Schwankungsbreite der spektralen Energieverteilung aus. Bei photometrischen Untersuchungen empfiehlt es sich, mit einer definierten Lichtart zu arbeiten, da bei der rechnerischen Auswertung der Meßergebnisse für die Farbbestimmung auf Tabellen zurückgegriffen werden muß, die für die genannten Normlichtarten aufgestellt worden sind. Es wird später noch ausgeführt, daß die jeweilige, von der Wellenlänge abhängige Strahlungsenergie (E_λ) in diese Berechnungen eingeht.

Die rechnerische Auswertung der für verschiedene Wellenlängen gemessenen Remissionsgrade (β_λ) beruht auf der Anwendung des Grassmannschen Gesetzes. Nach GRASSMANN (1853) ist jede Farbe als ein Gemisch aus drei Komponenten aufzufassen. Diese drei Komponenten, in die man auch weißes Licht zerlegen kann, lassen sich durch drei Kurven im blauen, gelbgrünen und roten Teil des Spektrums darstellen (vgl. Abb. 1). Bei der Kennzeichnung dieser *Farbwertkurven* vermeidet man Farbnamen und wählt die Buchstaben \bar{x} für die Kurve im roten Bereich, \bar{y} für die Kurve im gelbgrünen Bereich und \bar{z} für die Kurve im blauen

Bereich. Die in Abb. 1 wiedergegebenen Kurven sind durch Auftragen der Verteilungskoeffizienten \bar{x}_λ , \bar{y}_λ , und \bar{z}_λ gegen die Wellenlänge für ein weißes Licht mit gleichmäßiger spektraler Energieverteilung gewonnen worden. Bei einem solchen ideal weißen Licht wird von jeder der drei Kurven eine gleich große Fläche umschlossen. Für die Normlichtarten *A*, *B* und *C* kann man ähnliche Farbwertkurven anlegen, bei denen die von den Kurven umschlossenen Flächen

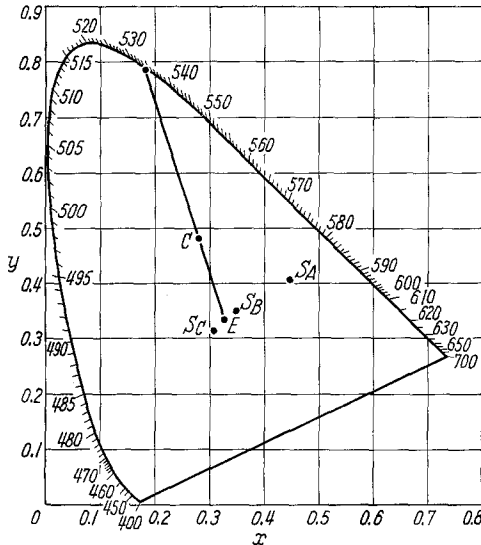


Abb. 2. Das CIE-Farbdigramm mit den Ordinaten für die Farbwertanteile x und y . Die Punkte E , S_A , S_B und S_C bezeichnen die Orte im Diagramm, von denen weißes Licht mit gleichmäßiger spektraler Energieverteilung (E) bzw. die Normlichtarten A , B und C (S_A , S_B und S_C) repräsentiert werden. Der Punkt C bezeichnet den Ort einer Farbe, die aus einer Mischung des Lichtes E und eines Lichtes mit der Wellenlänge λ entsteht, wenn man die Komponenten E und λ in dem Verhältnis mischt, das von der durch C bewirkten Teilung der Linie $E-\lambda$ angegeben wird.

(Nach WRIGHT, The Measurement of Colour)

und damit die Farbwerte der Probe zu erhalten, sind die Produkte $E_{A\lambda} \cdot \bar{x}_\lambda$, $E_{A\lambda} \cdot \bar{y}_\lambda$ und $E_{A\lambda} \cdot \bar{z}_\lambda$ mit dem Remissionsgrad β_λ für die jeweilige Wellenlänge zu multiplizieren und für den von der jeweiligen Farbwertkurve eingenommenen Spektralbereich zu integrieren:

$$\begin{aligned} X &= \sum \beta_\lambda \cdot E_{A\lambda} \cdot \bar{x}_\lambda \\ Y &= \sum \beta_\lambda \cdot E_{A\lambda} \cdot \bar{y}_\lambda \\ Z &= \sum \beta_\lambda \cdot E_{A\lambda} \cdot \bar{z}_\lambda. \end{aligned}$$

Die Größen X , Y und Z werden als *Farbwerte* bezeichnet.

Aus Gründen der graphischen Darstellbarkeit und der rechnerischen Vereinfachung ist von der CIE 1931 ein Farbdigramm geschaffen worden, in das die *Farbwertanteile* x und y bei einer durch den Farbwert Y charakterisierten Helligkeit eingetragen werden können (vgl. Abb. 2). Die Farbwertanteile x und y errechnen sich aus den Farbwerten X , Y und Z :

$$\begin{aligned} x &= \frac{X}{X+Y+Z} \\ y &= \frac{Y}{X+Y+Z} \end{aligned}$$

entsprechend der unterschiedlichen spektralen Energieverteilung verschieden groß sind. Die Berechnung der jeweiligen Verteilungskoeffizienten \bar{x}_λ , \bar{y}_λ , und \bar{z}_λ im Rahmen des 1931 begründeten CIE-Systems soll hier nicht abgeleitet werden. Die für photometrische Untersuchungen erforderlichen Werte sind in Tabellenform veröffentlicht (WRIGHT 1958; KELLY, GIBSON and NICKERSON 1943). Die unterschiedliche spektrale Energieverteilung der einzelnen Lichtarten A , B und C ist in den Tabellen der Verteilungskoeffizienten berücksichtigt. Der physikalische Ausdruck lautet dann z. B. $E_A \cdot \bar{x}_\lambda$, $E_A \cdot \bar{y}_\lambda$ und $E_A \cdot \bar{z}_\lambda$ für die Verteilungskoeffizienten der Normlichtart A .

Wie bisher ausgeführt, stellen die beschriebenen Farbwertkurven das in die drei Farbkomponenten zerlegte Normlicht (A , B oder C) dar. Um die Farbwertkurven des von einer Probe remittierten Lichtes

Mit der Festlegung der Farbwertanteile im CIE-Farbdigramm ist die Objektivierung der Organfarben abgeschlossen. Es besteht darüber hinaus die Möglich-

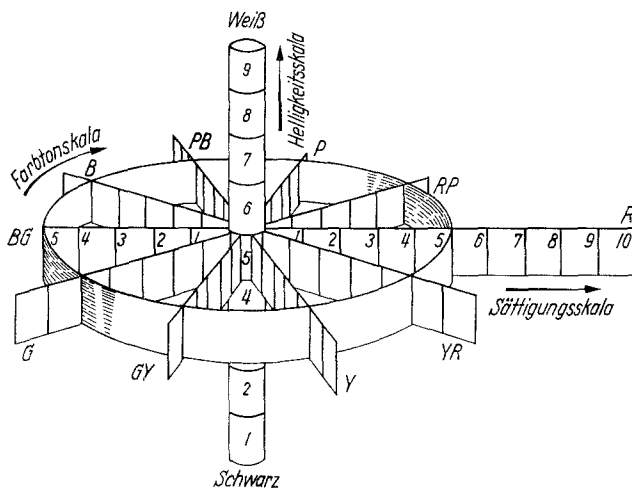


Abb. 3. Farbkreis des Munsell-Systems. Auf dem Äquator des Kreises die Farbtonskala, auf der Achse die Helligkeitsstufen von schwarz bis weiß, auf den radiär angeordneten Skalen die Sättigungsstufen. (Aus "The Munsell Book of Color")

keit, die gewonnenen Ergebnisse in das in den USA verbreitete Farbsystem der Munsell Color Company, genannt Munsell-System, anhand von Umrechnungstabellen bzw. -diagrammen zu übertragen (KELLY, GIBSON and NICKERSON 1943; GRANVILLE, NICKERSON and FOSS 1943; NEWHALL, NICKERSON and JUDD 1943). Das Munsell-System beruht auf der Anwendung der von HELMHOLTZ für die Charakterisierung einer Farbe aufgestellten Kriterien *Farbton*, *Helligkeit* und *Sättigung*. Für diese drei Eigenschaften jeder Farbe wurde ein dreidimensionales System (Farbkreis) mit einer Dezimaleinteilung

entworfen, wobei man sich die 10 Helligkeitsstufen (Helligkeit = value) auf einer senkrechten Achse aufgetragen vorstellt, um die die Farbtonskala (Farbton = hue) mit 100 Farbtonstufen von Rot über Gelb, Grün, Blau und Purpur

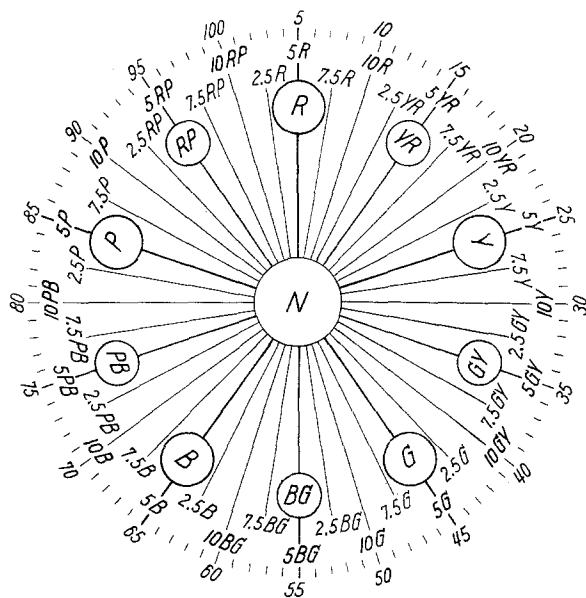


Abb. 4. Feineinteilung der Farbtonskala (R rot, YR gelbrot, Y gelb, GY grün gelb, G grün, BG blau grün, B blau, PB purpur blau, P purpur, RP rot purpur, N neutral). Jeder dieser Farbtonabschnitte ist in 10 gleiche Farbtonstufen eingeteilt. Insgesamt ergeben sich 100 Farbtonstufen (äußerer Zahlenkreis). (Aus "The Munsell Book of Color")

bis Rot äquatorförmig herumzieht, während die Radian dieses Äquators die 10 Sättigungsstufen repräsentieren (Sättigung = chroma) (vgl. Abb. 3 und 4).

Nach dem Munsell-System werden die Farbeigenschaften eines Objektes z.B. durch folgende Formel ausgedrückt:

$$5\ R\ 2,5/3,5.$$

In diesem Beispiel steht 5 R für den Farbton. Es handelt sich dabei um ein mittleres Rot. 2,5 ist der Wert für die Helligkeit. Da die Helligkeit von 0 bis 10 gleichmäßig zunimmt, handelt es sich um eine niedrige Helligkeitsstufe. Hinter dem schrägen Strich wird der Wert für die Sättigung notiert. Auch die Sättigung nimmt von 0 bis 10 gleichmäßig zu. 3,5 besagt, daß der Grauehalt in diesem Beispiel nicht unbeträchtlich ist.

Von der Munsell Color Company ist das Munsell Book of Color herausgegeben worden, in dem nach dem beschriebenen System geordnet sämtliche möglichen Farben in gleichen Abstufungen mit den zugehörigen Zahlenwerten für Farbton, Sättigung und Helligkeit aufgeführt sind, so daß ein Vergleich der gemessenen und rechnerisch ermittelten Farbe mit einer davor subjektiv bestimmten Farbe des Munsell-Systems möglich ist. Mit Hilfe des Munsell-Farbatlas kann eine Organfarbe zunächst subjektiv bestimmt und die gewählte Farbcharakteristik der nach Probenmessung errechneten Farbtabelle gegenüber gestellt werden. Mit diesem Verfahren kann eine Organfarbe objektiviert und mit dem subjektiv gewonnenen Farbeindruck verglichen werden.

Die photometrisch ermittelten Farbwerte und Farbwertanteile lassen sich auch in die Maßzahlen nach dem System der DIN-Farbenkarte umrechnen. Wir bevorzugten das Munsell-System, da hier die Farbtabelle mit den photometrischen Werten angegeben sind und dadurch die subjektiv bestimmte Farbe mit den photometrischen Messungen direkt verglichen werden konnten.

Spezielle Methodik

Als Meßgerät wurde das Spektralphotometer PMQ II mit dem Remissionsansatz RA 2 von der Fa. C. Zeiss verwendet. Von einer Glühlampe (Normlichtart A) wird das durch einen Hohlspiegel gesammelte Licht mit Hilfe eines Monochromators in seine spektralen Anteile zerlegt, so daß das Remissionsvermögen eines Untersuchungsobjektes für die verschiedenen Wellenlängen geprüft werden kann. Die Messungen wurden in Abständen von 10 m μ im sichtbaren Spektrum zwischen 400 und 670 m μ ausgeführt.

Entsprechend den theoretisch dargestellten Grundlagen wurden insgesamt 257 Messungen an verschiedenen Proben aus 30 Organen durchgeführt. Während der Sektion wurden etwa 2,5 cm im Durchmesser große Organstücke den etwa 24 Std alten Leichen entnommen. Der Durchmesser von 2,5 cm entspricht dem Probensteller im Remissionsansatz des verwendeten Gerätes. Die Dicke der Organprobe wurde mit 2 mm konstant gehalten, um bei der Transparenz des Gewebes stets den gleichen Einfluß des Probenstellers auf die Meßergebnisse in Rechnung stellen zu können.

Unmittelbar vor der Farbmessung wurde die Farbe der Organprobe bei Tageslicht von verschiedenen Beobachtern mit einem gebräuchlichen Farbnamen beschrieben oder durch Auswahl einer entsprechenden Farbtabelle aus dem Munsell-Buch mit der dafür angegebenen Nomenklatur charakterisiert.

Der spektrale Remissionsgrad der einzelnen Organproben wurde in Abständen von 5 oder 10 $m\mu$ gemessen. Die Spaltbreite des Monochromators wurde im Wellenlängenbereich von 400—480 $m\mu$ auf 0,4—0,6 mm, im Wellenlängenbereich von 480—670 $m\mu$ auf 0,2—0,4 mm eingestellt.

Fehlerdiskussion

1. Oberflächenbeschaffenheit des Objektes. Bei dem Remissionsansatz des Spektralphotometers PMQ II fällt ein Lichtstrahl unter einem Einfallswinkel von 45° auf die Oberfläche der Gewebprobe. Dadurch wird die Schnittfläche unterschiedlich ausgeleuchtet, was besonders bei Milz-, Lungen- und Knochen-spongiosaschnitten zu Schatteneffekten führt. Außerdem können abhängig von der Feuchtigkeit der Schnittfläche Reflexe auftreten, so daß die Helligkeits- und Sättigungswerte stark beeinflusst werden können. Wie groß die Unterschiede im Helligkeitsgrad sein können, läßt sich aus folgendem Beispiel ersehen: Ein Stückchen normaler Leber wurde zweimal photometrisch untersucht, wobei die Gewebprobe vor der zweiten Meßreihe etwas gedreht und dann wieder in den Remissionsansatz geschoben wurde. Der Helligkeitsgrad Y betrug bei der ersten Messung 7,12, bei der zweiten Messung 2,43. Es handelt sich hierbei zwar um einen Extremfall, doch bestätigt er die von KORTÜM und SCHREYER (1955) bei Remissionsmessungen an Pulvern gemachten Erfahrungen. KORTÜM (1962) empfiehlt daher für Remissionsmessungen an unebenen Objekten die Anwendung der Ulbrichtschen Kugel, in der das Objekt in nahezu idealer Weise diffus beleuchtet werden kann. Um den genannten Fehler bei dem einfachen Remissionsansatz RA 2 zu reduzieren, haben wir für eine bestimmte Wellenlänge durch wiederholtes Neueinstellen der Probe (Änderung der Lage der Probe zum einfallenden Licht) den größten und kleinsten und somit auch einen mittleren Remissionsgrad aufgesucht und bei der entsprechenden mittleren Einstellung die Meßreihe ausgeführt.

2. Trocknungs- und Oxydationsänderungen. Da die Durchführung einer solchen Meßreihe etwa 30 min in Anspruch nimmt, muß man damit rechnen, daß die Gewebprobe austrocknet und der enthaltene Blutfarbstoff oxydiert (vgl. Tabelle 1). Beide Vorgänge wirken sich auf den Remissionsgrad in einem Umfang von 0,1—3% aus, was bei einer wiederholten Messung der gleichen Gewebprobe ermittelt werden kann.

3. Streulicht. Meßfehler durch Streulicht sollen nach den Angaben der Fa. C. Zeiss bei dem Remissionsansatz RA 2 dieser Firma höchstens 0,02% betragen.

4. Größe der Gewebeproben. Die Gewebprobe muß den gesamten Proben-teller ausfüllen, weil bei verschieden großen Proben des gleichen Organs wechselnde Helligkeitsgrade in Abhängigkeit vom freien Rand des schwarz gefärbten Proben-tellers gemessen werden. Zur Messung dieses Effektes wurde der Proben-teller mit gelbem Buntpapier vollständig (Durchmesser 2,5 cm) ausgelegt, der zweite Teller mit dem gleichen Papier jedoch nur mit einem Durchmesser von 1,5 cm bedeckt. Die spektralphotometrische Messung ergab denselben Farbton und Sättigungs-grad für beide Papierproben. Der Helligkeitsgrad Y der größeren Probe lag aber wesentlich höher als der der kleineren Probe. Aus diesem Grunde wurden die Proben-teller mit der Gewebprobe immer vollständig ausgelegt.

Die Dicke der Probe muß mindestens 2 mm betragen, um einen Einfluß des schwarzen Probentellers auf das Meßergebnis infolge der Gewebstransparenz konstant zu halten. Die Tabelle 1 zeigt ein Beispiel für die Abhängigkeit der Meßergebnisse von der Gewebsdicke.

Bei der dünneren Probe fällt am stärksten der niedrige Helligkeitsgrad im Vergleich mit der dickeren Probe auf (*Y* 4,542:6,228; Munsell 2,5:3). Aber auch der Farbton und die Sättigung weichen voneinander ab. (Munsell 5 *YR* bei der dünneren Probe gegenüber 4 *YR* bei der dickeren; 3,5:4,2 — das Verhältnis

Tabelle 1. *Fettleber, Sektionsnummer 127/60, braunrotgelblich*

	<i>Y</i>	<i>x</i>	<i>y</i>	Munsell
2 mm dicke Probe .	6,228	0,4415	0,3675	4 <i>YR</i> 3/4,2
30 min später . .	6,020	0,4467	0,3689	4 <i>YR</i> 3/4,4
1 mm dicke Probe .	4,542	0,4339	0,3675	5 <i>YR</i> 2,5/3,5
30 min später . .	3,668	0,4514	0,3659	4,5 <i>YR</i> 2,2/3,9

der Sättigungswerte bei der dünneren und bei der dickeren Probe.) Hinzu kommt, daß dünnere Gewebsschnitte schneller austrocknen als dickere. Auch dies geht aus den Werten der Tabelle 1 hervor. (Man vergleiche die Meßergebnisse der Erstmessung mit der Zweitmessung nach 30 min.)

5. Umrechnungsfehler. Auch die Umrechnung vom CIE-System auf das Munsell-System birgt Fehlermöglichkeiten. Für die Organproben erhielten wir vielfach Farben geringer Sättigungsstufen. Im CIE-Farbdigramm liegen die verschiedenen Farbtöne kleiner Sättigungsstufen sehr dicht beieinander. Es genügen also kleinste Unterschiede der Farbwertanteile *x* und *y*, um einen anderen Farbton im Munsell-System zu erhalten.

6. Vergleichbarkeit der subjektiven und objektiven Farbbestimmung. Die Auswahl der Munsell-Farbtafeln nach dem subjektiven Farbeindruck von der Organfarbe erfolgte bei Tageslicht, während die objektive Farbmessung bei Glühlampenlicht (Normlichtart 4) durchgeführt wurde. Hinzu kommt, daß die 2 mm dicke Organprobe bei der Messung auf einem schwarzgefärbten Probeteller liegt, der den Helligkeitsgrad verringert. Schließlich ist zu bedenken, daß die Remissionsmessung lediglich ein Farbgemisch ohne Rücksicht auf die strukturelle Anordnung der Farbkomponenten erfaßt und dementsprechend nur Meßwerte des jeweiligen Gemisches liefert. Man denke an den Befund der Muskatnußleber oder der Sago- milz. Das menschliche Auge ist jedoch imstande, strukturegebundene Farbdifferenzen getrennt wahrzunehmen und in der Vorstellung davon „ein Bild zu machen“. Der Wert eines Vergleichs zwischen subjektiv bestimmten Farbcharakteristika und objektiv gemessenen Farbgrößen ist durch die genannten drei methodischen Fehlerquellen wesentlich eingeschränkt.

Ergebnisse

In den folgenden Tabellen ist ein repräsentativer Teil unserer Meßergebnisse zusammengestellt¹. Tabelle 2 zeigt eine Gegenüberstellung der subjektiv ausgewählten Organfarben einerseits, die entweder als Farbnamen oder in Form

¹ Die gesamten Resultate sind ungekürzt in der Inauguraldissertation von LÜBBERS niedergelegt.

Tabelle 2

Organ	Sekt.-Nr.	Subjektive Farbangabe	Photometrische Farbangabe
<i>Herzmuskel</i> ++ normal	979/60 858/60 882/60 185/60	10,0 <i>R</i> 5,0/4,0 2,5 <i>YR</i> 3,0/6,0 7,5 <i>R</i> 3,0/5,0 braunrot	10,0 <i>R</i> 4,3/0,3 1,8 <i>YR</i> 3,5/1,6 8,3 <i>YR</i> 2,3/1,2 6,2 <i>YR</i> 2,0/2,0
Fettherz	961/60	2,5 <i>YR</i> 3,0/5,0	2,5 <i>YR</i> 2,5/1,3
<i>Leber</i> normal	838/60 985/60 471/60	2,5 <i>YR</i> 5,0/6,0 4,0 <i>YR</i> 4,0/4,0 rot	2,0 <i>YR</i> 4,0/3,0 8,2 <i>YR</i> 3,1/1,1 10,0 <i>R</i> 2,2/1,6
Stauungsleber	625/60 828/60 198/60 256/60 470/60 525/60	2,5 <i>YR</i> 4,0/6,0 7,5 <i>R</i> 3,0/6,0 rotbraun braunrot braunrot braunrot	3,0 <i>YR</i> 4,0/2,0 8,5 <i>R</i> 3,0/2,5 2,5 <i>R</i> 3,3/0,9 3,7 <i>YR</i> 2,3/2,3 4,5 <i>YR</i> 2,0/2,2 3,4 <i>YR</i> 2,3/2,2
Fettleber	211/60 257/60	gelbbraunlich gelblichbraun	8,8 <i>YR</i> 4,4/3,1 8,5 <i>YR</i> 3,4/3,2
Stauungsfettleber	632/60 824/60	2,5 <i>YR</i> 6,0/6,0 2,5 <i>YR</i> 6,0/8,0	4,6 <i>YR</i> 5,3/3,7 3,5 <i>YR</i> 4,0/3,4
Lebereirrhose	849/60 314/60 424/60 501/60	7,5 <i>YR</i> 6,0/6,0 graugelb gelbgrünlich mit gelben Herden gelbbraunlich	9,0 <i>YR</i> 5,4/4,3 8,5 <i>YR</i> 3,9/2,1 8,8 <i>YR</i> 2,3/4,3 8,3 <i>YR</i> 4,5/2,3
Ikterus der Leber	651/60	5,0 <i>YR</i> 3,0/4,0	8,5 <i>YR</i> 3,6/1,7
<i>Milz</i> normal	840/60 916/60 439/60	5,0 <i>R</i> 3,0/10,0 5,0 <i>R</i> 3,0/7,0 dunkelrot	3,0 <i>R</i> 4,5/2,0 10,0 <i>R</i> 1,8/1,0 10,0 <i>R</i> 1,6/2,6
Blutstauung der Milz	190/60	dunkelrot	10,0 <i>R</i> 1,5/1,3
Chronische Blutstauung der Lunge	644/60	5,0 <i>R</i> 4,0/8,0	2,5 <i>R</i> 4,0/1,8
<i>Nierenrinde</i> normal	832/60 842/60 861/60 889/60 957/60	7,5 <i>R</i> 3,0/8,0 10,0 <i>R</i> 4,0/4,0 7,5 <i>R</i> 4,0/6,0 7,5 <i>R</i> 3,0/6,0 7,5 <i>R</i> 4,0/6,0	2,5 <i>R</i> 4,3/2,0 7,0 <i>YR</i> 5,0/2,0 9,0 <i>RP</i> 3,5/3,5 9,2 <i>R</i> 4,2/1,4 6,4 <i>YR</i> 2,8/0,9
Nierenrinde anämisch	818/60 854/60	2,0 <i>YR</i> 6,0/6,0 1,0 <i>YR</i> 6,0/4,0	2,0 <i>YR</i> 3,6/3,0 9,0 <i>R</i> 4,5/3,1
<i>Fettgewebe</i>	171/60	gelb	7,2 <i>Y</i> 5,8/3,6
<i>T</i> rachealschleimhaut normal . . .	480/60	rötlichgelblich	8,3 <i>YR</i> 4,2/3,0
Oesophagusschleimhaut normal . .	513/60	graurötlich	8,3 <i>YR</i> 4,2/2,0
Magenschleimhaut normal	547/60	weißrötlich	8,7 <i>YR</i> 4,5/2,9
Duodenalschleimhaut normal . . .	547/60	graubraunlich	8,7 <i>YR</i> 5,1/0,8
Jejunalschleimhaut normal	491/60	gelblichweiß- orange	2,9 <i>Y</i> 5,1/2,3
Dickdarmschleimhaut	491/60	gelblichgrünlich	9,0 <i>Y</i> 3,8/1,6
Gallenblasenschleimhaut normal .	439/60	dunkelgrün	6,3 <i>GY</i> 1,6/2,6
Knochenmark normal	439/60	dunkelrot	9,0 <i>R</i> 2,7/2,9

der Munsell-Farbcharakteristik (durch Vergleich mit Farbtafeln) angegeben sind, mit den objektiv photometrisch ermittelten Farbwerten andererseits. Diese wurden über den im methodischen Teil angegebenen rechnerischen Weg ermittelt.

Auf diese Weise ist ein direkter Vergleich von subjektiv und objektiv bestimmten Farbwerten nach dem Munsell-System möglich.

Zum Verständnis der Tabelle 2 sollen die Meßergebnisse in einem Falle (normale Herzmuskulatur, Sektionsnummer 979/60) (s. mit ++ bezeichnete Reihe) „dechiffriert“ werden. Der Farbton wurde subjektiv und objektiv mit 10,0 *R* bestimmt. (*R*=rot, *YR*=gelbrot, *Y*=gelb, *GY*=grüngelb). Die Sättigung wurde subjektiv mit dem Wert 4,0 angegeben, während das Meßergebnis 0,3 beträgt (vgl. auch Abb. 3 und 4). Das heißt, daß der subjektive Eindruck von der Organfarbe wesentlich stärker gesättigt erschien, als nach dem objektiven Meßergebnis angenommen werden kann.

Auf die Wiedergabe der Werte für *x*, *y* und *Y* des CIE-Systems ist verzichtet worden, da sie in der vorliegenden Arbeit nur ein Zwischenergebnis bei der Berechnung der Munsell-Farbwerte darstellen.

Bei der Gegenüberstellung der subjektiven und objektiven Farbwerte ergeben sich Unterschiede im Farbton, in der Helligkeit und in der Sättigung. Die *Farbton*werte stimmen bei Organen mit einheitlich gefärbter Schnittfläche subjektiv und objektiv vollkommen oder weitgehend überein (z.B. normale Herzmuskulatur Sekt.-Nr. 979/60, 858/60, chronische Blutstauung der Lunge Sekt.-Nr. 644/60, normale Leber Sekt.-Nr. 838/60, Stauungsleber Sekt.-Nr. 828/60, Stauungsfettleber Sekt.-Nr. 632/60, 824/60, Lebercirrhose Sekt.-Nr. 849/60, Ikterus der Leber Sekt.-Nr. 651/60, normale Milz Sekt.-Nr. 840/60, normale Nierenrinde Sekt.-Nr. 889/60, anämische Nierenrinde Sekt.-Nr. 818/60, 854/60). Solchen Befunden stehen andere gegenüber, bei denen eine Diskrepanz zwischen den subjektiv und objektiv bestimmten Farbwerten deutlich wird (z.B. normaler Herzmuskel Sekt.-Nr. 882/60). Derartige Diskrepanzen trifft man besonders bei solchen Organen, deren Schnittfläche mehrere Farben aufweist, die entsprechend bestimmten Gewebsstrukturen nebeneinander verteilt sind (z.B. normale Nierenrinde Sekt.-Nr. 842/60, 861/60, 957/60). Für derartige Vergleiche stehen uns 53 verschiedene Organproben zur Verfügung. Bei sieben von ihnen ergibt sich eine vollkommene, bei 20 eine weitgehende Übereinstimmung der subjektiv und objektiv ermittelten Farbtonwerte. Das bedeutet eine Übereinstimmung in 50% der auf diese Weise untersuchten Organproben.

Wenn man in gleicher Weise die subjektiv und objektiv bestimmten Werte für die *Farbhelligkeit* einander gegenüberstellt, so ergibt sich in den meisten Fällen (38 von 53 untersuchten Proben) ein höherer Wert bei subjektiver Ermittlung als bei objektiver Messung (z.B. normale Milz Sekt.-Nr. 916/60, normale Nierenrinde Sekt.-Nr. 957/60, anämische Nierenrinde 818/60, 854/60). Bei 12 Organproben von 53 fand sich eine vollkommene oder nahezu vollkommene Übereinstimmung der subjektiv und objektiv ermittelten Helligkeitswerte. Nur in 3 Fällen ergab die photometrische Untersuchung höhere Helligkeitswerte als die subjektive Abschätzung. In rund 75% der untersuchten Organproben ist also subjektiv ein höherer Helligkeitsgrad wahrgenommen worden, als er sich durch objektive Bestimmung verifizieren ließ. Die größte Differenz der Helligkeitswerte ergab sich bei einem Präparat von anämischer Nierenrinde, Sekt.-Nr. 818/60, wobei der Helligkeitsgrad bei beiden subjektiven Prüfungen 6,0 betrug, während das Meßergebnis 3,6 lautete. Meistens beträgt die Differenz jedoch 1 oder etwas weniger. Hierbei muß beachtet werden, daß bei subjektiver Abschätzung nur Helligkeits-

stufen in Abständen von halben Einheiten erfaßt werden können. Bei den gemessenen Helligkeitswerten ist es jedoch möglich, die erste Dezimalstelle genau anzugeben.

Ähnliches gilt für die Bestimmung der *Sättigungswerte*. Wenn man sie — entsprechend Farbton und Helligkeit — miteinander vergleicht, so findet man in den meisten Fällen (49 von 53 Organproben) einen höheren Sättigungswert nach subjektiver Farbbeurteilung als bei objektiver Messung (z.B. Stauungsfettleber Sekt.-Nr. 632/60, 824/60, Ikterus der Leber Sekt.-Nr. 651/60, normale Milz Sekt.-Nr. 916/60, normale Nierenrinde Sekt.-Nr. 832/60). Die Differenzen betragen also bis zu sechs Sättigungsstufen.

Diese Ergebnisse besagen, daß der *Farbton* von Organproben bei einheitlicher Färbung der Schnittfläche subjektiv mit hinreichender Genauigkeit abgeschätzt werden kann, so daß sich eine Übereinstimmung mit den photometrischen Farbtonwerten ergibt. Die subjektive Farbtonbeurteilung wird dann ungenau, wenn auf einer Organschnittfläche mehrere strukturgebundene Farben nebeneinander erscheinen und die Textur des Gewebes und seine Feuchtigkeit als ein komplexes optisches Phänomen wahrgenommen werden, aus dem die „Farbe“ vom Betrachter nur mit Mühe und meist nicht sicher eliminiert werden kann. Die Differenzen hinsichtlich der *Helligkeits-* und *Sättigungswerte* haben andere Ursachen. Die subjektive Farbbestimmung kann nicht unter Beleuchtungsbedingungen durchgeführt werden, die untereinander und im Vergleich mit den Bedingungen im Spektralphotometer genau identisch sind. Der Farbvergleich mit den Munsell-Farbtafeln wurde nämlich bei „Tageslicht“ vorgenommen, das bekanntlich keine konstante physikalische Größe darstellt und sich — wie im theoretischen Teil ausgeführt — von der bei unseren Untersuchungen verwendeten Normlichtart *A* wesentlich unterscheidet. In mehreren Fällen dürfte sich auch der schwarze Boden des Probentellers bei hoher Transparenz der Organprobe auf die Helligkeits- und Sättigungswerte erniedrigend ausgewirkt haben. Wieweit der Vergleich eines größeren Gewebsstückes mit dem kleinen Farbkärtchen aus dem Munsell-Atlas (Größe 1,7:1,2 cm) Fehler bei der Farbabschätzung mit sich bringt, kann schlecht objektiviert werden. Diese Überlegungen sollen zeigen, daß man die Meßergebnisse nicht für die allein richtigen halten darf, denen gegenüber die subjektiven Werte als falsch zu verwerfen wären.

Die Unterschiede in der subjektiven Farbwahl bei mehreren Untersuchungen halten sich in eigenen Grenzen. Bei zahlreichen Organen wurde der Farbvergleich von drei verschiedenen Personen vorgenommen. Die maximalen Schwankungen betragen hinsichtlich des Farbtones, der Helligkeit und der Sättigung bis zu zwei Einheiten der Munsell-Farbskala.

In Tabelle 2 sind die Organfarben vielfach auch durch die üblichen Farbnamen beschrieben worden, um die Beziehung zwischen dem subjektiven Farbeindruck und der Munsell-Farbcharakteristik zu veranschaulichen. Außerdem kann man die photometrisch gewonnenen Farbwerte bei bestimmten pathologischen Organveränderungen wesentlich besser untereinander vergleichen, wenn ein Farbname als Anhaltspunkt gegeben ist. Unter diesem Gesichtspunkt sollen die Meßergebnisse von Fettlebern (Sekt.-Nr. 211/60, 257/60), von Lebercirrhosen (Sekt.-Nr. 314/60, 424/60, 501/60), von einer Stauungsleber (Sekt.-Nr. 525/60) sowie von Oesophagus- (Sekt.-Nr. 513/60), Magen- (Sekt.-Nr. 547/60) und Duodenalschleim-

haut (Sekt.-Nr. 547/60) miteinander verglichen und dabei die konventionelle Farbbezeichnung berücksichtigt werden. Bei Schwankungen der Helligkeitswerte von 2,3—5,1 und der Sättigungswerte von 0,6—4,3 bleibt der Farbton mit Werten zwischen 8,3 *YR* und 8,8 *YR* in engen Grenzen. Das bedeutet, daß eine Reihe von Organen zum Teil mit recht verschiedenen pathologischen Veränderungen eine nur gering variierende Farbcharakteristik aufgrund unserer Messungen besitzt, während für den subjektiven Eindruck erhebliche Unterschiede zwischen der Farbe einer normalen Oesophagusschleimhaut, einer Stauungsleber, einer Fettleber und einer Lebercirrhose bestehen.

Auf der anderen Seite geht z.B. aus der Gruppe „Stauungsleber“ in Tabelle 2 hervor, wie wechselvoll die Farbcharakteristik bei dieser pathologischen Veränderung sein kann. Die Helligkeitswerte schwanken zwischen 2 und 3,3, die Sättigungswerte zwischen 0,9 und 2,5, die Farbtonwerte zwischen 2,5 *R* und 4,5 *YR*. Diese gewaltigen Farbtonunterschiede sind mit der wechselnden Zusammensetzung der Farbkomponenten bei den gemessenen Organproben zu erklären. Sie beruhen auf dem wechselnden Blut-, Bindegewebs- und Fettgehalt.

Bei den meisten Organen bestimmt vorwiegend der Blutgehalt die Farbe. Nach Durchspülen der Organe kommt die Eigenfarbe der Gewebe mit ihren Chromophoren zum Vorschein.

Nach der Entfernung eines für die Messung bestimmten Organstückes wurde ein feiner Gummischlauch in die Vene des Organs eingeführt und mit Leitungswasser unter hohem Druck durchspült. In Abhängigkeit von der Organgröße dauerte es 1—2 Std, bis klares Wasser abließ. Danach wurde unmittelbar neben der Entnahmestelle des ersten Organstückes eine zweite Probe herausgeschnitten.

Tabelle 3

Organ	Sekt.-Nr.	Munsell-Farbwerte	
		vor der Durchspülung	nach der Durchspülung
Normaler Herzmuskel	979/60	10,0 <i>R</i> 4,3/0,3	8,7 <i>Y</i> 5,6/1,7
	858/60	1,8 <i>YR</i> 3,5/1,6	9,0 <i>YR</i> 4,2/1,9
	882/60	8,3 <i>YR</i> 2,3/1,2	0,5 <i>Y</i> 5,0/2,1
Normale Lunge	906/60	2,6 <i>YR</i> 3,6/2,0	6,2 <i>Y</i> 5,8/1,6
Lungenödem	908/60	1,5 <i>YR</i> 2,4/1,6	6,5 <i>GY</i> 4,5/0,8
Normale Leber	838/60	2,0 <i>YR</i> 4,0/3,0	1,5 <i>Y</i> 6,1/3,4
	985/60	8,2 <i>YR</i> 3,1/1,1	3,5 <i>Y</i> 4,0/2,9
Stauungsleber	828/60	8,5 <i>R</i> 3,0/2,5	8,0 <i>YR</i> 3,7/3,0
Stauungsfettleber	824/60	3,5 <i>YR</i> 4,0/3,4	7,0 <i>YR</i> 5,7/4,3
Normale Milz	840/60	3,0 <i>R</i> 4,5/2,0	2,0 <i>YR</i> 6,8/3,0
	916/60	10,0 <i>R</i> 1,8/1,0	3,0 <i>Y</i> 6,1/2,6
Normale Niere	832/60	2,5 <i>R</i> 4,3/2,0	2,3 <i>YR</i> 4,1/3,7
	842/60	7,0 <i>YR</i> 5,0/2,0	1,0 <i>Y</i> 6,3/3,0
	861/60	0,5 <i>YR</i> 4,5/2,7	1,5 <i>Y</i> 6,4/2,1
	957/60	6,4 <i>YR</i> 2,8/0,9	7,5 <i>Y</i> 4,9/1,9
Anämische Niere	854/60	9,0 <i>R</i> 4,5/3,1	5,0 <i>Y</i> 6,5/2,2

Tabelle 3 läßt deutlich die Änderung der Farbwerte nach der Durchspülung erkennen. Besonders die Helligkeit nimmt zu. Der Farbton erfährt eine Verschiebung von niedrigen *R*-Werten zu *Y*-Werten (z.B. normale Milz Sekt.-Nr.

840/60; 3,0 *R* verschiebt sich zu 2,0 *Y*). Mit dieser Verschiebung sind 19 Farbtönen übersprungen worden (vgl. Abb. 4). Weitere Beispiele dafür sind auch der normale Herzmuskel (Sekt.-Nr. 979/60) mit einer Verschiebung von 10,0 *R* zu 8,7 *Y* oder das Lungenödem (Sekt.-Nr. 908/60) von 1,5 *YR* nach 6,5 *GY*. Bei den Sättigungswerten ergibt sich meist ein geringer Anstieg.

Diese Farbänderung nach der Durchspülung kommt auch in vergleichenden Remissionskurven deutlich zum Ausdruck (Abb. 5, 6 und 7). Die Remissionskurven von nicht durchspülten Organproben aus Leber, Milz und Niere zeichnen

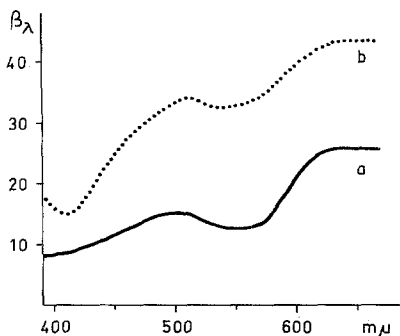


Abb. 5. Remissionskurven normalen Lebergewebes. *a* vor der Durchspülung, *b* nach der Durchspülung

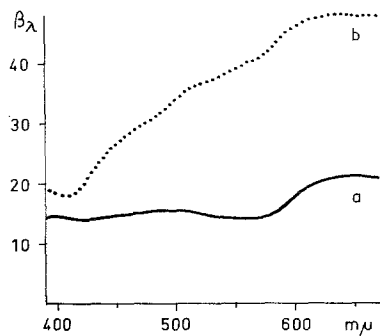


Abb. 6. Remissionskurven normalen Milzgewebes. *a* vor der Durchspülung, *b* nach der Durchspülung

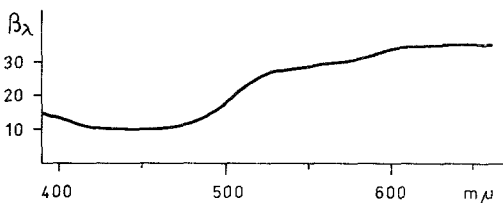
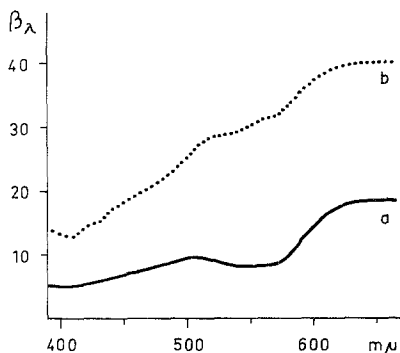


Abb. 8. Remissionskurve eines Lipoms

Abb. 7. Remissionskurven normalen Nierengewebes. *a* vor der Durchspülung, *b* nach der Durchspülung

sich durch einen Gipfel im langwelligen Bereich des Spektrums, also im Roten aus. Dieser Abschnitt der Remissionskurve entspricht der bei diesen drei Organen im Vordergrund stehenden roten Farbkomponente. Sie beruht bekanntlich auf dem Blutgehalt der Organe. Daneben findet sich noch ein weiterer, bei den drei angeführten Organen unterschiedlich ausgeprägter Gipfel bei 500 $m\mu$. Es handelt sich hierbei um den Spektrumabschnitt, der uns subjektiv den bräunlichen Anteil der Organfarbe vermittelt. Zum Vergleich ist in Abb. 8 die Remissionskurve eines leuchtend gelben Lipoms wiedergegeben. Diese Kurve verläuft wesentlich gleichmäßiger mit einem Plateau im grünen und blauen Spektralbereich und einem höheren Plateau im roten und gelben, wo sich zwei kleine Gipfel leicht herausheben.

Nach Durchspülung von Leber, Milz und Niere ändert sich der Verlauf der Remissionskurve, weil das Gewebe heller wird und deshalb mehr Licht remittiert

(höherer Remissionsgrad). Da das Blut nicht vollständig entfernt werden kann, bleibt der Gipfel im roten Spektralbereich erhalten. Daß er höher erscheint, beruht auf dem durch Helligkeitszunahme erhöhten Remissionsgrad. Der bei der nicht durchspülten Milz nur gering angedeutete Gipfel bei $500\text{ m}\mu$ ist nach der Durchspülung nahezu vollständig ausgeglichen. Im ganzen sind die Differenzen zwischen Maxima und Minima gegenüber den Remissionskurven von nicht durchspülten Organen verringert.

Diskussion

Die Resultate der Remissionsphotometrie können in dreifacher Form fixiert und zu Vergleichen herangezogen werden:

1. in Form der Remissionskurven,
2. in Form der Farbwertanteile x und y sowie des Helligkeitsgrades Y nach dem CIE-System,
3. in Form der im Munsell Book of Color festgelegten Systematik.

Bereits der Vergleich der Remissionskurven kann recht aufschlußreich sein, wenn man z.B. eine Reihe von Lebern mit den verschiedensten Erkrankungen (z.B. Ikterus, Blutstauung, Verfettung) unter gleichen Bedingungen mißt. Die grüne, rote oder gelbe Farbkomponente kann sich von Krankheitsbild zu Krankheitsbild in wechselnder Weise als Maximum herausheben. Der Vorteil von Remissionskurven besteht nicht zuletzt darin, daß ein Kurvenbild für Vergleichszwecke übersichtlicher ist als eine mehrstellige Zahlenreihe. Die Zahlenwerte kann man dann in Anspruch nehmen, wenn verschiedene Kurvenverläufe auf interessante Abweichungen hinweisen.

Mit Hilfe der Farbwertanteile x und y und des Helligkeitsgrades Y kann man den Farbort im CIE-Farbdiaagramm festlegen, womit die Absicht der Objektivierung von Organfarben erreicht ist. Von besonderem Interesse ist jedoch der Vergleich der nach subjektivem Eindruck ausgewählten Munsell-Farbtäfelchen mit den nach der Messung errechneten Farbtafeln. Die Farbtäfelchen wurden bei den vorliegenden Untersuchungen vor der Messung von mehreren Personen ausgewählt. Die objektive Farbbestimmung ergab, daß der Farbton im roten Bereich mit der subjektiven Entscheidung übereinstimmte, während bei Mischfarben im bräunlich-gelblichen Bereich etwas mehr rötliche Farbtöne ausgewählt wurden. Daß die subjektive Abschätzung eines mittleren Farbeindrucks bei strukturbedingter Mehrfarbigkeit (z.B. Muskatnußleber) mißlingt, ist dem menschlichen Auge und seiner differenzierenden Funktionstüchtigkeit eher zugute zu halten, denn die Ermittlung eines Mittelwertes aus mehreren unterschiedlichen Strukturfarben hat auch theoretisch nur geringe Bedeutung. Das heißt, daß selbst bei verfeinerter Technik, insbesondere bei der Ausmessung eines sehr kleinen Objektbereiches immer nur ein Mittelwert einer Farbmischung resultiert.

Bei der subjektiven Farbbestimmung mit Hilfe der Farbtäfelchen wurden fast immer stärker gesättigte und hellere Farbtöne ausgewählt als sich bei der objektiven Farbmischung ergab. Als Ursache dafür ist die unterschiedliche Beleuchtung der Gewebprobe während der subjektiven Beurteilung (größere Helligkeit des Tageslichtes) und während der Colorimetrie (Normlichtart A) sowie bei transparenten Gewebeproben der durchschimmernde schwarze Boden des Probentellers anzunehmen. Wenn man von den Differenzen der Helligkeits- und Sättigungswerte bei subjektiver und objektiver Farbbestimmung absieht, die durch die

genannten methodischen Fehlerquellen bedingt sind, so findet man bei der Bestimmung des Farbtons in 50 % der untersuchten Organproben eine vollkommene bzw. weitgehende Übereinstimmung. Die Abweichungen betreffen Organproben mit strukturbedingter Mehrfarbigkeit. Aufgrund dieser Ergebnisse können wir uns der Meinung HELLSTROMS (1958) anschließen, der die Farbtüchtigkeit des menschlichen Auges im allgemeinen für ausreichend hält, um die Organfarben durch Vergleich mit den Munsell-Farbtafeln zu präzisieren. HELLSTROM schlug dafür eine begrenzte, den Erfordernissen in der pathologischen Anatomie angepaßte Auswahl der im Munsell Book of Color veröffentlichten Farbtafeln vor. Seine Ausführungen stützten sich jedoch nicht auf Meßergebnisse.

Anhand der in Abb. 5–8 wiedergegebenen Remissionskurven verschiedener Organe soll ein weiteres Problem erörtert werden. Das Minimum der Remissionskurven von nicht durchspültem Leber-, Milz- und Nierengewebe im Bereich von 540–570 $m\mu$ und angedeutet im Bereich von 400 $m\mu$ legt die Frage nahe, ob das Minimum an Remission mit einem Maximum an Absorption korrespondiert. Bekanntlich besitzt das Hämoglobin sein charakteristisches Absorptionsmaximum bei den Wellenlängen 410 $m\mu$ (Soretbande) und im Bereiche von 540 und 570 $m\mu$. Für einen derartigen Zusammenhang könnte weiterhin der niedrige Verlauf der Remissionskurve des Lipoms (Abb. 8) zwischen 400 und 500 $m\mu$ sprechen, der den Absorptionsmaxima der Lipochrome (Carotinoide u. a.) entspricht. Diese erst bei der Auswertung unserer Ergebnisse deutlich gewordenen Beziehungen müssen aber noch weiter untersucht werden.

Welche Möglichkeiten bietet nun die Remissionsphotometrie? Die Anwendung dieses Verfahrens im routinemäßigen Sektionsbetrieb ist, wie oben bereits ausgeführt, nicht erforderlich, weil der Vergleich mit Farbtafeln zur Objektivierung ausreicht. Dagegen ist die Remissionsphotometrie überall dort von Wert, wo gleichartige Organe mit unterschiedlich stark ausgeprägten krankhaften Veränderungen fließende Farbübergänge erkennen lassen, bei denen die subjektive Abstufung nur willkürlich möglich ist. Als Beispiele seien genannt die Hirnrinde mit unterschiedlichem Blut- und Lipofuscingehalt, die Schädelkalotte bei Diabetikern mit unterschiedlicher Intensität der Gelbfärbung an der Innenseite sowie der Ikterus der Haut, wobei insbesondere die zuletzt genannte Veränderung in Beziehung zum Bilirubinspiegel des Blutes gesetzt werden kann. Inwieweit die Farbstoffträger mit dieser Methode identifiziert und eventuell quantitativ bestimmt werden können, muß noch offen bleiben.

Mit diesen wenigen Beispielen soll die prinzipielle Bedeutung der Remissionsphotometrie gekennzeichnet werden. Neben dem Messen und Wiegen bei der Sektionstätigkeit ergibt sich mit dieser Meßtechnik die Möglichkeit, auch die Farbbeurteilung der subjektiven Willkür zu entziehen und eine Farbe durch physikalische Größen zu charakterisieren.

Zusammenfassung

Für vergleichende subjektive und objektiv photometrische Farbbestimmungen an verschiedenen Organen dienten als Grundlage des subjektiven Farbvergleiches die Farbtafeln des Munsell-Farbatlas. Die photometrisch gewonnenen Meßwerte wurden ebenfalls auf das Munsell-Farbsystem bezogen, so daß ein direkter Vergleich möglich war.

Die vergleichenden Farbbestimmungen zeigten, daß das menschliche Auge hinsichtlich der Auflösung einer detaillierten Farbtextur der photometrischen Methode überlegen ist. Bei subjektiver Beobachtung wird die Helligkeit und die Sättigung der Farben meist überschätzt, der Farbton wird in den meisten Fällen richtig getroffen. Eine nähere Differenzierung der Organfarben ist nach Entfernung des Blutes möglich, erfordert aber noch weitere Grundlagenversuche.

Für die Farbbestimmung im Routinebetrieb sind die Farbtafeln des Munsell-Atlas gut geeignet.

The Objective Measurement of Organ Colors in Pathologic Anatomy by Means of Remission Photometry

Summary

Subjectively measured colors of various organs were compared with the objective photometric measurements. The color plates of the Munsell atlas served as a basis for the subjective measurements. The values obtained photometrically likewise were related to the Munsell color system making direct comparison possible.

The comparative color determination showed, that in regards to the resolution of detailed color texture, the human eye is superior to the photometric method. With subjective observation the brightness and saturation of the colors were usually overestimated, but the hue was in most instances correctly judged. After the blood was removed, a closer differentiation of the colors of an organ was possible, but further basic studies are needed here.

The color plates of the Munsell atlas are well suited for the determination of colors in routine work.

Literatur

- Deutsche Normen: Farbmessung DIN 5033, Blatt 1—8, Deutscher Normenausschuß Berlin 1954.
- GRANVILLE, W. C., D. NICKERSON, and C. E. FOSS: Trichromatic specifications for intermediate and special colors of the Munsell system. *J. opt. Soc. Amer.* **33**, 376 (1943).
- GRASSMANN, H.: *Poggendorfs Ann.* **89**, 69 (1853). Zit. nach WRIGHT.
- HELLSTROM, H. R.: A method of color description for use in gross pathology. *Arch. Path.* **66**, 299 (1958).
- KELLY, K. L., K. S. GIBSON, and D. NICKERSON: Tristimulus specification of the Munsell book of color from spectrophotometric measurements. *J. opt. Soc. Amer.* **33**, 355 (1943).
- KORTÜM, G.: *Kolorimetrie Photometrie und Spektrometrie*. Berlin-Göttingen-Heidelberg: Springer 1962.
- , u. G. SCHREYER: Über die Gültigkeit der Kubelka-Munk-Funktion für Reflexionsspektren an Pulvern. *Z. Naturforsch.* **11a**, 1018 (1955).
- LÜBBERS, D.: Die Bestimmung der Organfarben in der Pathologie. Inaug.-Diss. Frankfurt a. Main 1961.
- Munsell Book of Color: Baltimore (Maryland): Munsell Color Company 1960.
- NEWHALL, S. M., D. NICKERSON, and D. B. JUDD: Final report of the O.S.A. subcommittee on the spacing of the Munsell colors. *J. opt. Soc. Amer.* **33**, 385 (1943).
- WRIGHT, W. D.: *The measurement of colour*. London: Higer & Watts Ltd. 1958.

Professor Dr. W. SANDRITTER,
Pathologisches Institut der Universität, 63 Gießen, Klinikstr. 32g