

DAS KOLOROID, EIN FARBDYNAMISCHES FARBENSYSTEM

A. NEMCSICS

Lehrstuhl für Zeichnen und Formkenntnisse, Technische Universität Budapest

(Eingegangen am 28. September 1971)

Vorgelegt von Dozent J. Arató

1. Einleitung

Für die Architektur unserer Zeit stellt die Auffassung, daß die Farbe nur ein nebensächliches, zusätzliches Element des Gebäudes sei, einen überwundenen Standpunkt dar. Es wird dem Umstand Rechnung getragen, daß die Farbe nicht nur ein emotionaler Faktor ist und über ihre physiologische und psychologische Wirkung nicht nur die Behaglichkeit des Menschen, sein Verhältnis zur Arbeit und zur Außenwelt beeinflußt, sondern über eine aktive *raumformende* Kraft verfüge, sogar ein unerläßliches Werkzeug der Gebäudefunktion, der bestimmungsmäßigen Nutzung darstellt.

Diese Umwandlung in der Anschauungsweise, die nicht zu allerletzt ein Ergebnis der theoretischen Forschungen über die farbliche Raumgestaltung war, zog zahlreiche praktische Folgen nach sich. Die Praxis der farblichen Raumgestaltung beschränkt sich nicht mehr auf die Anwendung des sog. »farbigen Systems« in bevorzugten Betrieben. Es wird *gefordert*, daß nicht nur Betriebe, sondern auch Schulen, Krankenhäuser, Geschäftshäuser, Kulturheime, ja sogar die Wohnung bewußt farblich geplant, d.h. farbdynamisch richtig gestaltet sein sollen. Immer häufiger werden nicht nur neue Wohnsiedlungen, sondern auch bestehende Stadtzentren farblich einheitlich gestaltet.*

Aus der richtigen Forderung der farbigen Gestaltung geht lediglich dann ein farblich richtig gestaltetes Gebäude hervor, wenn ein Team von befähigten Fachleuten herangezogen wird, denen auf den neuesten Ergebnissen der Farbforschung fußende *Behelfe* zur Verfügung stehen.

Das wichtigste Hilfsmittel des *farblichen Entwerfens* ist die nach einem geeigneten System zusammengestellte Farbenmustersammlung. Die verschiedenen auch mit Farbenmustern ausgerüsteten Farbensysteme [1—5] wurden nicht für die architektonische Gestaltung ausgearbeitet, daher sind die Farbenmustersammlungen für die farbdynamische Praxis ungeeignet. Die wenigen, mit architektonischer Zielsetzung erstellten Farbenmustersammlungen [6, 7]

*Nemcsics—Klausz—Arató—Kállay—Horváth—Gáborjáni—Lovász—Esztergár: Farbgebungsplan für den Széchenyi-Platz in der Stadt Esztergom. TSZ. V.—1—R. 1969.

hingegen entbehren die theoretischen Vorteile der Farbensysteme für die farbdynamische Praxis.

In der vorliegenden Arbeit soll ein *farbdynamisches Farbensystem* für die Zwecke der Architektur dargelegt werden, das sich auf die Farbenpräferenzverhältnisse in Ungarn gründet. Unser neues Farbensystem soll KOLOROID genannt werden.

Das *Koloroid* wurde am Lehrstuhl für Zeichnen und Formkenntnisse der Technischen Universität Budapest entwickelt. Das Farbensystem beruht auf den Ergebnissen der Farbenpräferenz-Untersuchungen [9, 10] der Mitarbeiter des Lehrstuhls mit Befragung von etwa 50 000 Personen. Im Gegensatz zum bisher üblichen, wurde unsere Farbauswahl nicht anhand von vorbestimmten Beziehungen ausgestaltet; wir suchten für die hochpräferierten Farbwerte — die in der praktischen farbdynamischen Tätigkeit vorteilhafteste Farbauswahl — zur Verallgemeinerung geeignete Beziehungen.

1 776 Farbwerte des Koloroids wurden mit Farbenpräferenz-Indexwerten in Beziehung gebracht. Für die praktische farbige Raumgestaltung wurden 364 Farbwerte ausgewählt und mit 210 von diesen wurde auch eine Farbenmustersammlung* zusammengestellt.

In Abhängigkeit von Lebensalter und Geschlecht wurden die Koordinaten von 35 520 Farbpunkten der verschiedenen Farbenpräferenzflächen ausgerechnet und sind in unserem System als Farbenpräferenz-Indexwerte enthalten.

Die Rechenprogramme wurden von Dr. Elek BÉRES, als Sachverständiger für mathematische Fragen, zusammengestellt; Sachverständige für Farbenmessung waren Dr. Gy. LUKÁCS und Frau G. ROHÁLY, die kolorimetrische Arbeit wurde von Frau J. KONCZ durchgeführt, während die Farbenmuster von L. HORVÁTH koloriert wurden. Den Fachleuten, die seiner Arbeit Vorschub leisteten, spricht hiermit Verfasser seinen Dank aus.

2. Zweck des Koloroids

Die Ansprüche an die farbige Raumgestaltung, an die praktische farbdynamische Arbeit in der gebauten Umwelt, die Forderungen der zeitgemäßen Industrie, die Ausdehnung der Typisierung erfordern auch in Ungarn durchaus die Einführung eines Farbensystems mit Farbwerten, die nicht nur die farbdynamischen Forderungen erfüllen, sondern auch der Farbenvorliebe der Bevölkerung, den Farbenpräferenz-Verhältnissen in Ungarn entsprechen, dem Stand der ungarischen Farbenindustrie Rechnung tragen, mit einem einheitlichen Kennzahlensystem ausgestattet sind und in Zweifelsfragen die meßtechnische Identifizierung der Farben ermöglichen.

* Die an der Farbenmustersammlung KOLOROID mit den dazu gehörenden Tabellen der Farbmaßzahlen und Farbenpräferenz-Indexwerte Interessierten mögen sich an den Lehrstuhl für Zeichnen und Formkenntnisse der Technischen Universität Budapest wenden.

Eine Adaptation der vorhandenen und in verschiedenen Ländern benutzten Farbenreihen wird durch den Umstand verhindert, daß in den psychophysikalischen Gesetzmäßigkeiten der Farbenwahrnehmung, in den im Laufe der Geschichte entstandenen Traditionen, in der Farbenpräferenz von Land zu Land Abweichungen festzustellen sind. Darum ist das Verhältnis der Bewohner verschiedener Länder zu den einzelnen Farben sehr unterschiedlich, woraus eine Verschiedenheit der praktisch benutzten Farbenzahl folgt.

Bei der Erarbeitung des in Ungarn zur Einführung vorgeschlagenen Farbensystems wurden gewisse Voraussetzungen vor Augen gehalten:

1. Es soll den Ansprüchen der praktischen Farbdynamik genügen, d.h. mit Hilfe von Tabellen die Eingrenzung der im farbig auszugestaltenden Raum angewandten Farben je farbige Fläche, beim Entwerfen die Wahl von Harmoniekomplexen ermöglichen.

2. Es soll sich auf die Beziehung Mensch/Farbe in Ungarn gründen.

3. Aus der Sicht der Wahrnehmung seien die Differenzen der Farbenkennwerte von gleicher Größe (entsprechend den international gebräuchlichen Farbensystemen).

4. Die Farbauswahl darf nur innerhalb der vorgegebenen Toleranzgrenzen von den theoretischen Rechenwerten abweichen, ist also für eine vergleichende Farbenbestimmung geeignet.

5. Das Maßzahlensystem entspricht den internationalen Normen und Vereinbarungen, seine Maßzahlen lassen sich auf ein beliebiges System transformieren.

6. Es werden die Gegebenheiten der ungarischen Farbenindustrie und der Farbenverwendung berücksichtigt, und da es sich um ein einfaches System handelt, läßt es sich auch als Farbenkatalog für Farbprodukte benutzen.

7. Das Zeichensystem ist derart ausgelegt, daß es dem Benutzer ermöglicht, aus der dem Zeichensystem gemäß bezeichneten Farbauswahl die Komponenten der verschiedenen Farbwerte zu ermitteln.

3. Das System des Koloroids

Für die Veranschaulichung der gegenseitigen Beziehungen zwischen den Farbwerten der verschiedenen Farbensysteme bedient man sich eines räumlichen Modells. Die Vielfältigkeit der Beziehungen zwischen den Farbwerten gestattet es nicht, mit einem einzigen Modell alle Beziehungen auszudrücken, daher werden von den Ausarbeitern der Farbensysteme die als die wichtigsten betrachteten Zusammenhänge in diese einbezogen; als Ergebnis werden die Systeme hinsichtlich der nicht berücksichtigten Beziehungen unrichtig, u. U. unbrauchbar sein.

Bei der Berücksichtigung der gefühlsmäßigen Abstufungen der Farb-

werte sind zwischen den Farbensystemen wesentliche Abweichungen zu verzeichnen, u. zw. nicht nur in bezug auf die Änderung des Farbencharakters,* sondern auch in bezug auf die der Farbsättigung. Neben der häufigen Übereinstimmung hinsichtlich der Änderung der Farbhelligkeit ergeben sich auch wesentliche Differenzen durch Berücksichtigung oder Nichtberücksichtigung der spezifischen Helligkeit. Einzelne Farbensysteme versuchen die Gesetzmäßigkeiten der subtraktiven, andere die der additiven Farbmischung zu veranschaulichen, passen sich u. U. einem besonderen Verwendungszweck (z. B. Dreifarbendruck) an [11].

Je nach ihrer Natur bedienen sich die Farbensysteme verschiedener Kenngrößen. doch werden heute in Verbindung mit fast allen gebräuchlichen Farbensystemen die internationalen CIE-Farbkoordinaten der Farbenmuster und die Helligkeitsfaktoren mitgeteilt.

Diese Schwierigkeiten sowie die Mannigfaltigkeit unserer Zielsetzungen führten zur Entwicklung eines Modells, des sog. KOLOROIDS, das auch zur Veranschaulichung der verschiedenen Eigenschaften und Zusammenhänge geeignet ist [12—13].

Das Koloroid ist ein dem Geoid ähnlicher Körper mit unterschiedlichen Axialschnitten.

Für die Darlegung der verschiedenen Beziehungen wurde die geometrische Gestalt des Koloroids lediglich für je eine Beziehung festgelegt.

Zur Veranschaulichung der allgemeinen Zusammenhänge wird jeder Axialschnitt des Koloroids als regelmäßiger Kreis betrachtet. Die verschiedenen Farbwerte befinden sich auf der Oberfläche sowie im Inneren des Koloroids. Sein Nordpol ist der Weißpunkt (W), der Südpol der Schwarzpunkt (S). Die Verbindungsachse der beiden Pole stellt die Polarachse des Farbkörpers dar, die die verschiedenen Farbhelligkeitswerte enthält. Auf die Polarachse senkrecht stehen die Diametralachsen — die Träger der Farbsättigung. Der größte, horizontale Hauptkreis des Koloroids und mit diesem sämtliche sphärische Parallelkreise sind die geschlossenen Trägerlinien der Farbcharakteränderung.

Die sphärischen Parallelkreise wurden auf 48 Teile unterteilt, wobei innerhalb der Bereiche Gelb, Orange, Rot, Purpur-Violett, Blau und Grün je 8 Farbcharakterdifferenzen angeordnet wurden.

Um das gegenseitige Verhältnis der Farbsättigung und Farbhelligkeit zu veranschaulichen, wurde jedoch im Gegensatz zu den vorigen die Gestalt des Koloroids als ein Körper mit unterschiedlichen Axialschnitten festgelegt (Abb. 1). Die Form der Axialschnitte ist von der spezifischen Helligkeit der für den Axialschnitt kennzeichnenden Farbe und von der Größe der als gleich empfundenen Sättigungsstufen abhängig. Die Sättigungsstufen wurden für jede Farbcharaktergruppe mit Hilfe von statistischen Versuchen ermittelt.

* Der Ausdruck Farbencharakter entspricht demselben Begriff, für den im Fachschrifttum auch das Wort Farbton gebräuchlich ist.

Im Rahmen unseres Systems wurden die Farbcharakterstufen mit **A**, die Farbsättigungsstufen mit **B**, die Farbhelligkeitsstufen mit **C** bezeichnet.

Um gleichmäßige Farbcharakteränderungen festzulegen, wurden mit einer großen Anzahl von Versuchspersonen Untersuchungen durchgeführt und statistisch verarbeitet, wobei die als Ergebnis gebildeten 48 Farbcharakter-

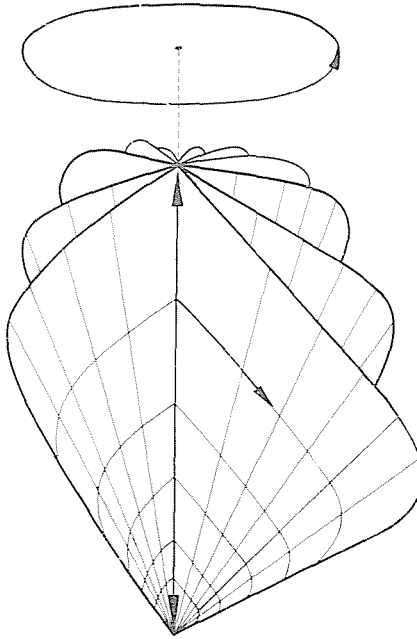


Abb. 1. Das Koloroid

stufen in einem CIE-Dreieck festgelegt werden. In Abb. 2 läßt sich gut erkennen, daß die gefühlsmäßig gleichen Stufen bei den einzelnen Wellenlängen innerhalb des Diagramms einmal enge, ein andermal breite Bänder bezeichnen. Die Bandbreitenänderung steht mit der Größenänderung der Toleranzellipsen in einer gesetzmäßigen Beziehung.

Bei der statistischen Ermittlung der *Farbcharakterstufen A* zeigte sich, daß Abweichungen zwischen den für gesättigte und nicht gesättigte, für helle und dunkle Farben bestimmte Farbcharakterstufen vorhanden sind. In unserem System wurden die Farbcharakterstufen für mittlere Sättigung und mittlere Helligkeit bestimmt. Das bedeutet, daß die Farbcharakterdifferenzen zwischen den mittelmäßig gesättigten und mittelhellen Farbwerten von benachbarten Farbcharakterbändern in allen 48 Farbcharakterstufen des Systems immer gleich groß empfunden werden.

Innerhalb unseres Systems wird durch die *Sättigungsstufe B* das Maß der gefühlsmäßigen Sättigung einer Farbe angegeben. Die Farbsättigungsgrade

sind in Abb. 2 im CIE-Dreieck und in Abb. 3 im Schnitt durch das Koloroid dargestellt. Die Farbsättigungsstufen wurden so ausgewählt, daß Farben mit gleichen Sättigungs- und Helligkeitsstufen doch mit unterschiedlichem Farb-

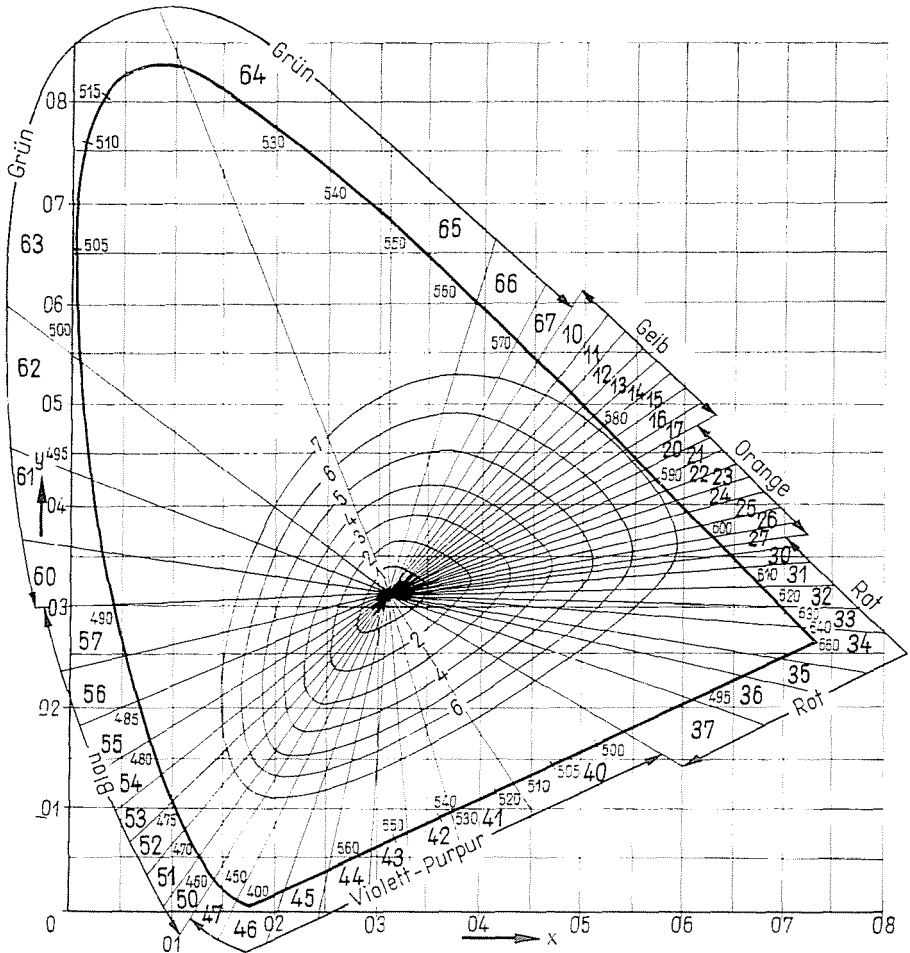


Abb. 2. Die Farbcharakteränderungen (Koloroid-Farbtön) und die Stufen gleicher Sättigung des Koloroids im CIE-Diagramm

ton vom durchschnittlichen Beobachter womöglich als in gleichem Maße gesättigt empfunden werden, und daß durch die Sättigungsstufen die Reihe der Farben mit gleichem Farbton und gleichem Helligkeitsgrad in womöglich gleich groß empfundene Farbstufen unterteilt wird. Die Größe der Farbstufen soll für den Durchschnittsbeobachter bei allen Farbtönen gleich sein. Die Sättigungsstufen werden von den ungesättigten in Richtung der gesättigten Farben gezählt.

Die gleich groß empfundenen Sättigungsstufen und die aus Messungen errechneten Stufen weichen in Abhängigkeit vom Farbcharakter voneinander gesetzmäßig ab. In Abhängigkeit vom Farbcharakter ist die Anzahl der innerhalb des Farbcharakters als gleich groß empfundenen Stufen je nach Farbcharakter unterschiedlich. In unserem System werden für die praktische Farbdynamik für je einen Farbcharakter höchstens 6 Farbsättigungsstufen verwendet.

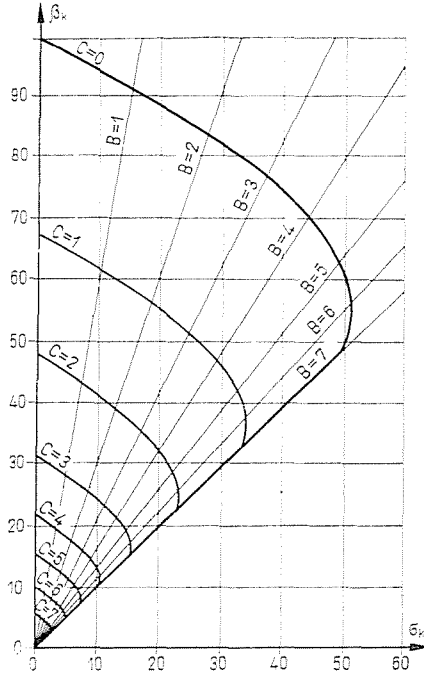


Abb. 3. Axialschnitt durch das Koloroid mit Sättigungs- und Helligkeitsstufen

Der *Helligkeitsgrad C* ist ein Wert, der die gegenseitigen Helligkeitsbeziehungen zwischen den Farben des Koloroids zum Ausdruck bringt. Die Farbhelligkeitsstufen sind in Abb. 3 in einem Schnitt durch das Koloroid dargestellt. Die Größe je einer Helligkeitsstufe entspricht für den Durchschnittsbeobachter einer Farbcharakterdifferenz $A = 1$, bei $C = 1$ und $B = 6$. Die Helligkeitsstufen eines Farbcharakters werden von der hellsten Farbe des Farbcharakters, von der dazugehörigen optimalen Farbe, gezählt, der die Helligkeitsstufe $C = C$ zugeordnet wird. Die Helligkeitsstufe wird mit dem Helligkeitsmeßwert β_f und mit dem Helligkeitswert $(\beta)_f$ der dem Farbcharakter entsprechenden, optimalen Farbe durch die Gleichung in Beziehung gestellt [14]:

$$C = 10 - 6,1733 \lg \left(40,7 - \frac{\beta_f}{(\beta)_f} + 1 \right)$$

Die Formel ergibt eine Helligkeitsskaleneinteilung in zehn Teilen. Die zu den verschiedenen Koloroidschnitten gehörenden $(\beta)_f$ -Werte werden in der Tabelle angegeben.

Diese Zuordnung wurde für die durchschnittlich gesättigten Farben im Versuch erhalten und auch für die stark gesättigten Farben als gültig betrachtet.

Nach den obigen Ausführungen hat unser Koloroid den in Abb. 2 gezeigten 48 Farbcharakterbändern entsprechend 48 Axialschnitte. In den Axialschnitten befinden sich die Farbwerte in den Schnittpunkten der Linien der Sättigungs- und Helligkeitsgrade. Unter diesen Farbwerten wurden die Farben für unser farbdynamisches Farbsystem ausgewählt. Die Wahl wurde vor allem durch das für die Beziehung Mensch/Farbe kennzeichnende Präferenzmaß bestimmt. In den Abb. 4—9 werden die *Axialschnitte durch das Koloroid* sowie die in diesen Axialschnitten liegenden Koloroid-Farbwerte (schwarze Punkte in den Abbildungen) gezeigt. In jedem Axialschnitt wurden für die farbdynamische Verwendung 7 Farbwerte bevorzugt. Für diese werden auch die Kennzahlen A—B—C mitgeteilt. Von der Horizontalachse des hinter die Axialschnitte gezeichneten Netzes werden die Koloroid-Meßzahlen (σ_f) , die die Farbsättigung der Farbpunkte des Koloroids ausdrücken, von der Vertikalachse die Koloroid-Meßzahlen, die die Farbhelligkeit kennzeichnen (β_f) , abgelesen.

Für die Veranschaulichung der *Farbenmischungszusammenhänge* zwischen den Koloroid-Farbwerten sowie der *Harmonieverhältnisse* wurde die Form des Koloroids als Kugel betrachtet, auf deren Oberfläche zwei Kurvenscharen aufeinander senkrecht verlaufen. Die Kurven sind logarithmische Spirallinien und als solche nähern sie sich in Richtung der Pole tangential zueinander. Jeder Schnittpunkt der Kurven mit dem größten, horizontalen, sphärischen Hauptkreis bezeichnet je einen maximal gesättigten Farbwert (Abb. 10).

In Richtung der Pole ändern sich die Farbhelligkeitswerte dem Netzwerk entsprechend logarithmisch. Die Farbsättigung ändert sich in Richtung des Farbkörperinneren.

Das System der Farbwerte in den Schnittpunkten des aus loxodromischen Spiralen bestehenden Netzes auf der Koloroidoberfläche ermöglicht, die Zusammenhänge zwischen den verschiedenen Farbwerten zu erkennen und diese Zusammenhänge in mathematischen Formeln festzulegen. Mit Hilfe der winkeltreuen, stereographischen Projektion des Koloroids lassen sich die Zusammenhänge oft auch durch planimetrische Konstruktion klären.

Auf den größten sphärischen Hauptkreisen des Koloroids befinden sich 48 maximal gesättigte Farben ($F_1, F_2, F_3, \dots, F_{48}$), damit beträgt die Abweichung von zwei Hauptkreisen mit benachbartem Farbcharakter

$$\omega = \frac{360}{48} = 7,5^\circ$$

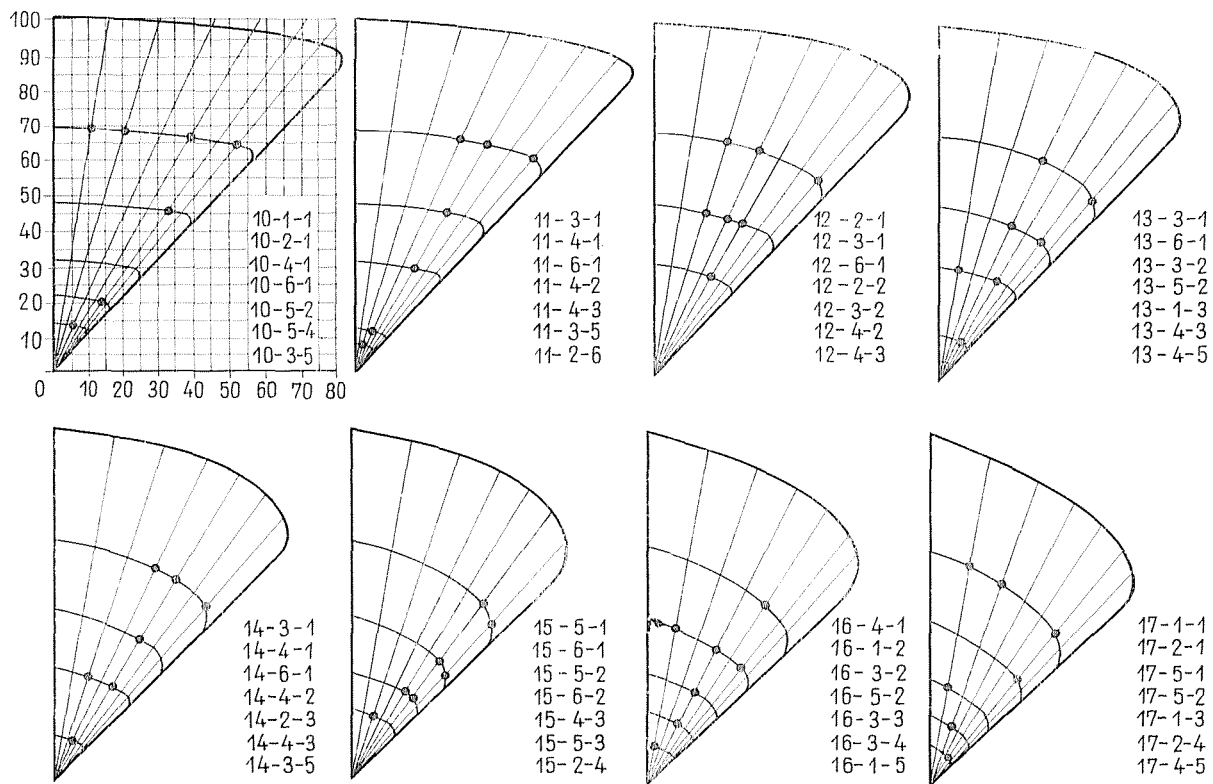


Abb. 4. Farbwerte des Koloroids in den Axialschnitten durch den gelben Bereich

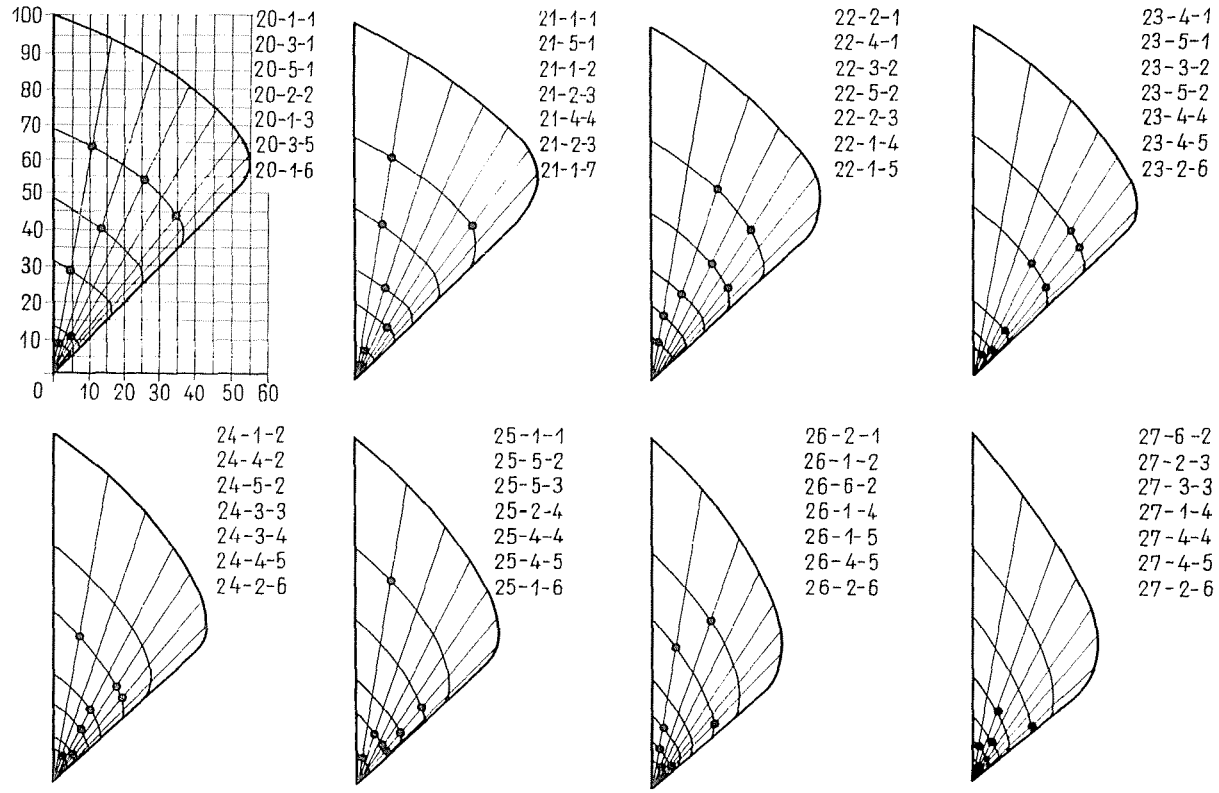
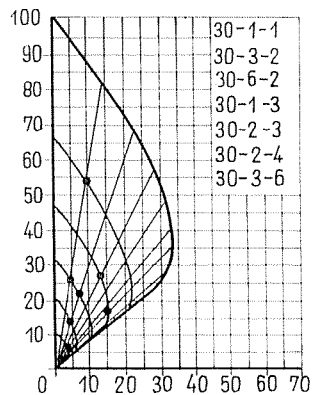
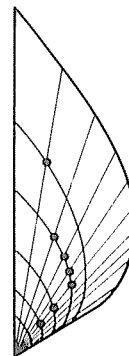


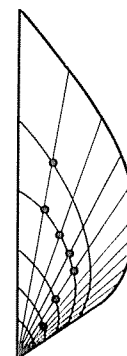
Abb. 5. Farbwerte des Koloroids in den Axialschnitten durch den orangefarbenen Bereich



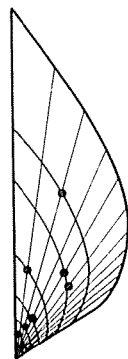
31-1-1
31-1-2
31-3-2
31-5-2
31-6-3
31-6-3
31-5-4



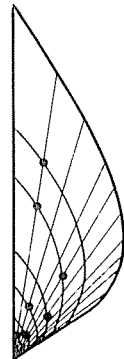
32-1-1
32-2-2
32-3-2
32-4-2
32-5-2
32-5-3
32-5-4



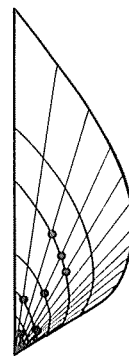
33-1-1
33-1-2
33-2-2
33-3-2
33-4-2
33-4-3
33-5-4



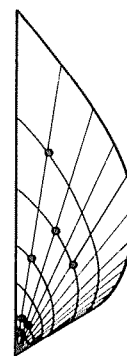
34-2-1
34-4-2
34-5-2
34-1-3
34-3-5
34-2-6
34-1-7



35-1-1
35-1-2
35-4-2
35-5-3
35-2-4
35-3-5
35-2-6



36-2-2
36-3-2
36-4-2
36-3-3
36-1-4
36-4-4
36-1-7



37-1-1
37-2-2
37-4-2
37-1-3
37-1-5
37-2-5
37-2-6

Abb. 6. Farbwerte des Koloroids in den Axialschnitten durch den roten Bereich

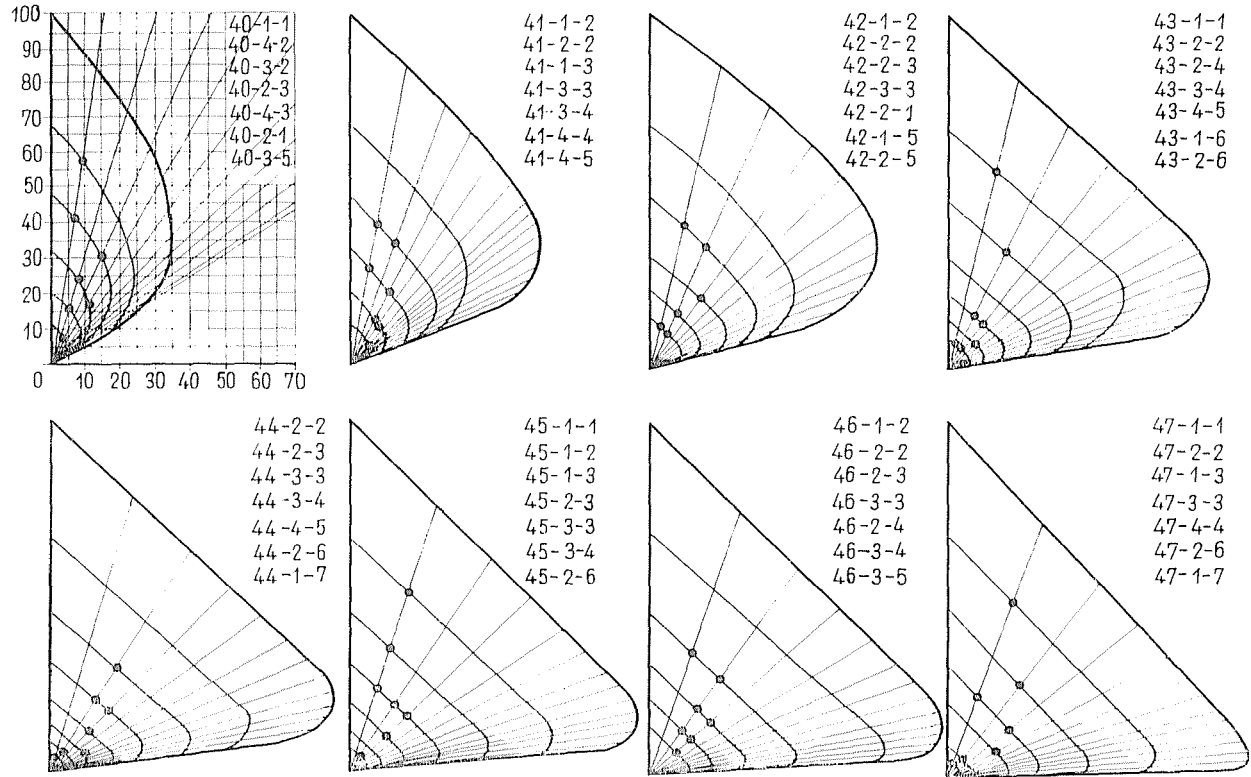


Abb. 7. Farbwerte des Koloroids in den Axialschnitten durch den purpur-violetten Bereich

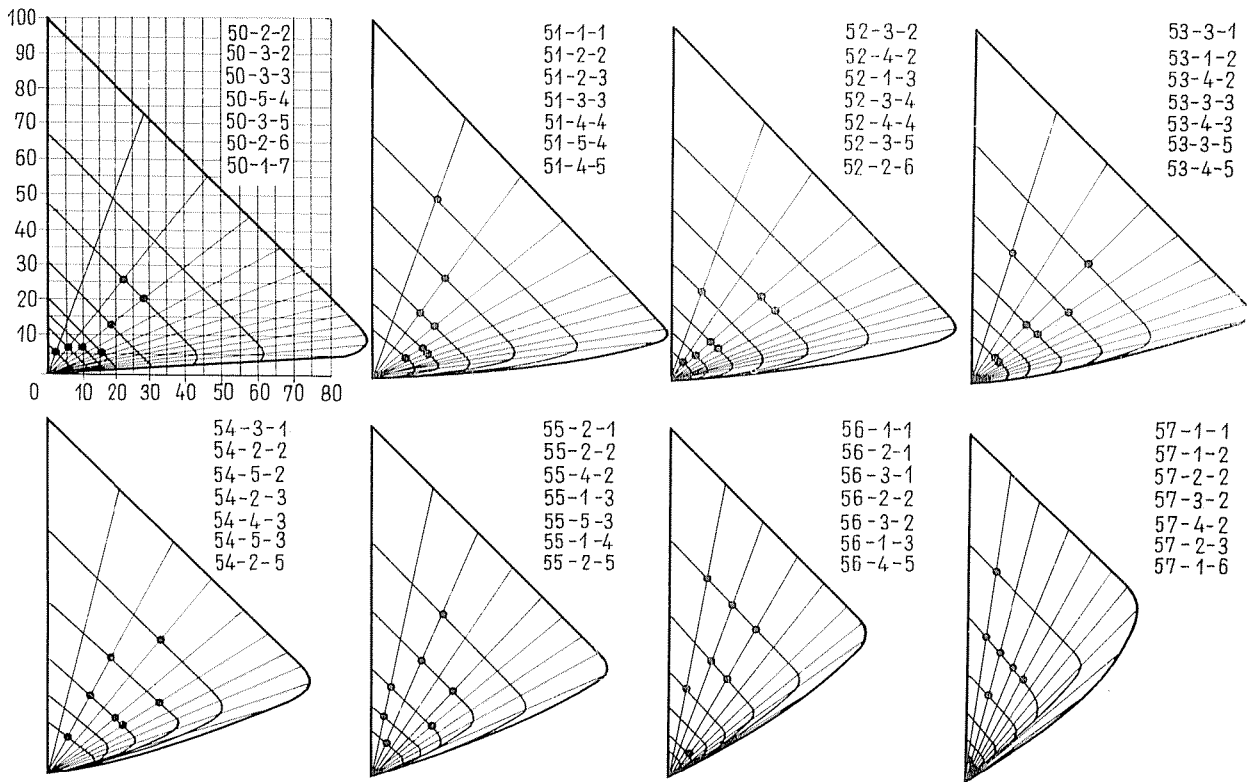


Abb. 8. Farbwerte des Koloroids in den Axialschnitten durch den blauen Bereich

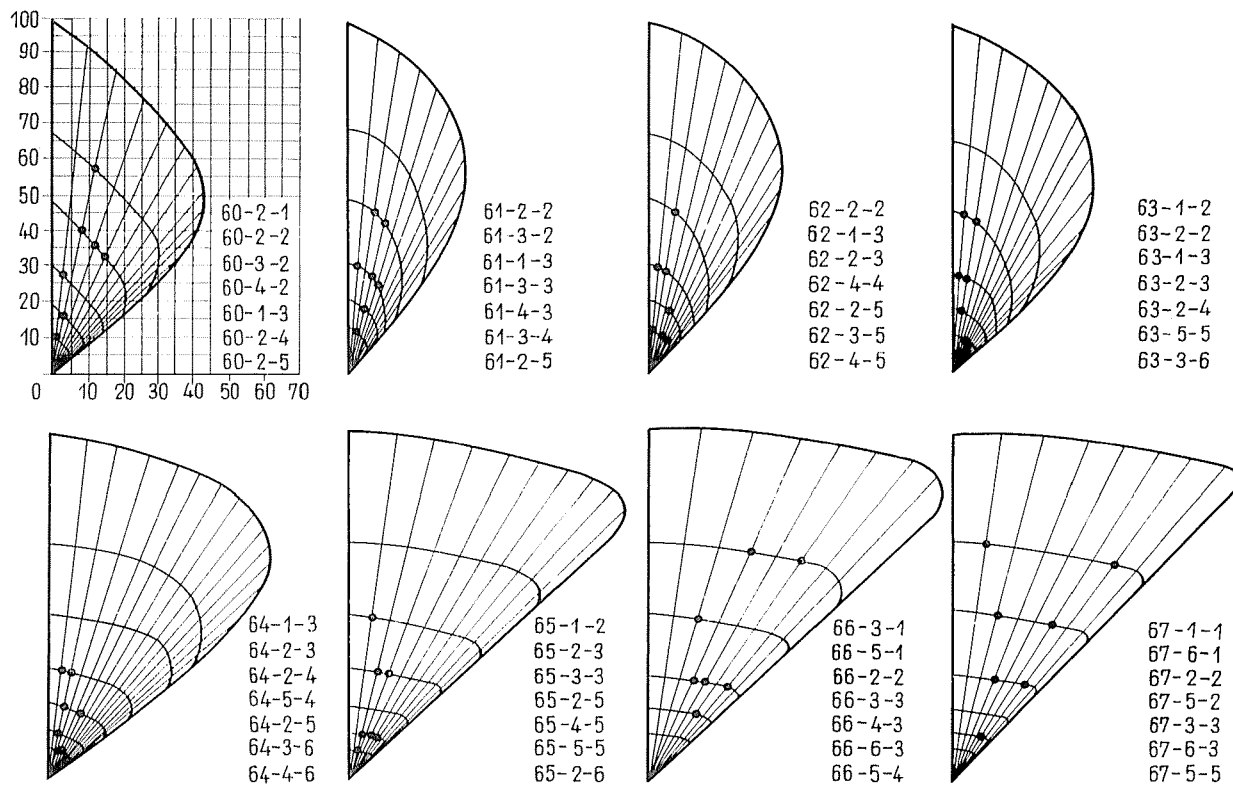


Abb. 9. Farbwerte des Koloroids im Axialschnitt durch den grünen Bereich

Es seien die (gefühlsmäßigen Werten entsprechenden) Abstände der Farbwerte voneinander auf den Hauptkreisen, die den horizontalen, sphärischen Hauptkreis an den Orten von gesättigten Farbwerten schneiden, mit

$$a_1, a_2, a_3, \dots, a_{i-1}, a_i$$

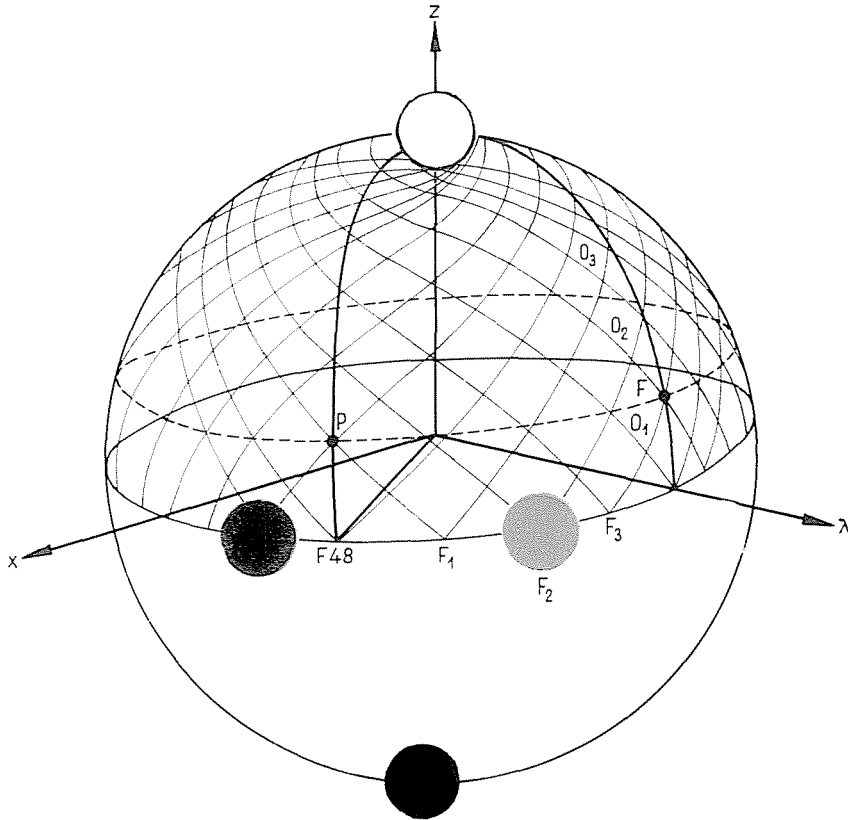


Abb. 10. Logarithmennetz und Koordinatensystem des Koloroids für die Umrechnungen der Farbwerte

bezeichnet. Wird der Halbmesser der das Koloroid ersetzenden Kugel als Einheit betrachtet, ist den Gesetzmäßigkeiten der Goniometrie gemäß

$$a_i = \frac{2q^{2i-2}(1-q^2)}{(1+q^{4i-4})(1+q^{4i})}$$

wobei die Konstante q von der Zahl der gesättigten Farbwerte auf dem Meridiankreis abhängig ist (in unserem Koloroid kann die Zahl der Farbcharakter-

bänder im Prinzip erhöht werden):

$$q = \frac{\cos \omega}{1 + \sin \omega}.$$

Kommt die Polarachse des Koloroids mit der z -Achse des in seinem Mittelpunkt angeordneten Koordinatensystems in Deckung, so sind die Koordinaten des Farbpunktes F :

$$x = \frac{2q^{2i}}{1 + q^{4i}} \cos \omega; \quad y = \frac{2q^{2i}}{1 + q^{4i}} \sin \omega; \quad z = \frac{1 - q^{4i}}{1 + q^{4i}}.$$

Zu einem jeden Punkt des Koloroids gehören *Farbenpräferenzwerte*, die die Beziehung des Menschen zur mit dem betreffenden Farbwert bezeichneten Farbe numerisch ausdrücken. Diese Beziehung kommt in der Tatsache der Präferenz — der Farbenvorliebe oder Farbenablehnung — zum Ausdruck und zeigt, ob durch die Farbe eine empfindungsmäßige Beziehung (Vorliebe oder Abneigung) ausgelöst wird, oder ob die Farbe zur Effekterzeugung geeignet ist, u.zw. in welchem Sinne und in welchem Grade. Dieses Zahlenwertsystem beruht auf einer Millionen von Daten erfassenden Farbenpräferenzuntersuchung [10].

Da die Punkte des Koloroids den durch die Koloridoberfläche umgrenzten Teil des dreidimensionalen Raumes ausfüllen, lassen sich die den einzelnen Punkten zugeordneten Zahlenwerte weder in einer einzigen Abbildung veranschaulichen, noch in einer einzigen Tabelle angeben. Sowohl für die Veranschaulichung als auch für die tabellarische Zusammenstellung wählten wir die auch bisher benutzten, ebenen Schnitte, die dem Farbcharakter entsprechenden Axialschnitte.

Werden in jedem Punkte je eines derartigen ebenen Schnittes des Koloroids, d.h. in den dem Sättigungs- und dem Helligkeitswert entsprechenden Punkten, senkrecht auf die Ebene, die dem Charakter der Farbe, ihrer Sättigung und Helligkeit entsprechenden Präferenzwerte aufgetragen, erhält man *Präferenzflächen* [15].

Diese Flächen lassen sich mit exakten Formeln nicht angeben, da ja auch die für einige Punkte bekannten Werte aus statistischen Erhebungen stammen, dabei ist jedoch die Anzahl selbst solcher Punkte nicht über 4 in den je einem Farbcharakter entsprechenden ebenen Schnitten. Daher läßt sich diese Fläche lediglich durch eine Fläche annähern, die durch ihre 4 Punkte eindeutig bestimmt ist.

Unter solchen Umständen schien es zweckmäßig, zur Erleichterung der Berechnung weitere Vereinfachungen vorzunehmen. Als eine solche werden die verschiedenen Axialschnitte des Koloroids durch ein einziges gleichschenkeliges Dreieck ersetzt, das gemäß Abb. 11 mit einem Netz der Sättigungs-

und der Helligkeitswerte versehen wird. In den Tabellen werden die *Farbenpräferenz-Indexwerte* für die Netzknotenpunkte angegeben.

Die Gleichung der Präferenzfläche läßt sich in Kenntnis von insgesamt vier Präferenzwerten anschreiben, von denen sich drei auf die Eckpunkte **W**,

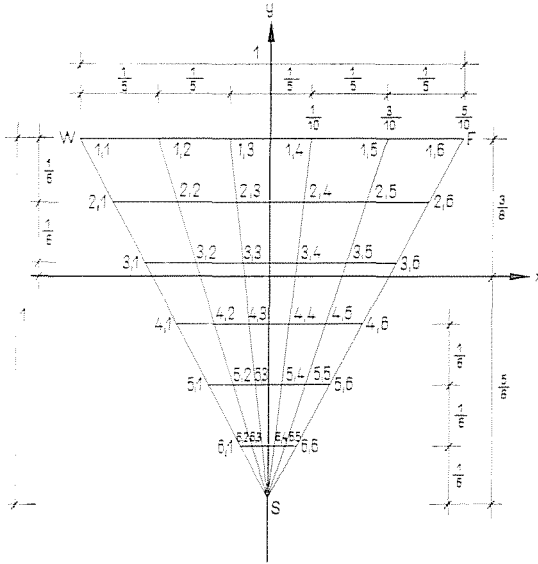


Abb. 11. Koordinatensystem der Präferenzflächen

S und F des Dreiecks beziehen, während einer zu einem vorgegebenen, inneren Punkt gehört. Für die Annäherung der Fläche wurde eine einfache Funktion gewählt, die leicht zu handhaben ist, und die eine gute Näherung der vorausgesetzten Form darstellt. Die benutzte Fläche wurde durch die Überlagerung eines ebenen und eines Rotationsparaboloids gebildet, in der Form

$$z = (z_P - z_W)x + \frac{z_W - 2z_S + z_F}{2} Y + \frac{5z_W + 6z_S + 5z_F}{16} + c \left(\frac{25}{64} - x^2 - y^2 \right)$$

wo z der gesuchte, zum Punkte mit den Koordinaten x, y gehörende Präferenzwert ist; z_W, z_S und z_F die zu **W**, **S** und **F** gehörenden Präferenzen bedeuten, während c eine Konstante ist, die die Flächenform angibt, und die so ermittelt wird, daß im ersten Schritt anstelle von x, y und z die Koordinaten des vorgegebenen vierten Punktes und die dazugehörigen Präferenzwerte in die Formel einzusetzen sind.*

* Die x, y, z Werte in der Formel dürfen nicht mit den CIE-Farbenkoordinaten verwechselt werden.

Dieses Verfahren ist jedoch nur anwendbar, wenn die zu den Punkten W, S und F gehörenden Präferenzwerte bereits bekannt sind. Selbst wenn vier Werte gegeben waren, kam es nur selten vor, daß der zu Punkt F gehörende Präferenzwert direkt zur Verfügung stand. Waren z_W , z_S und für zwei Innenpunkte z_1 und z_2 gegeben, so wurden — die zwei letzteren in die Formel eingesetzt — zwei Gleichungen erhalten, aus denen sich z_F und c errechnen ließen.

Leider standen uns bei der Mehrheit der betrachteten Farbcharaktere selbst diese vier Angaben als statistische Daten oder Meßergebnisse nicht unmittelbar zur Verfügung. Diese Schwierigkeit wurde dadurch behoben, daß

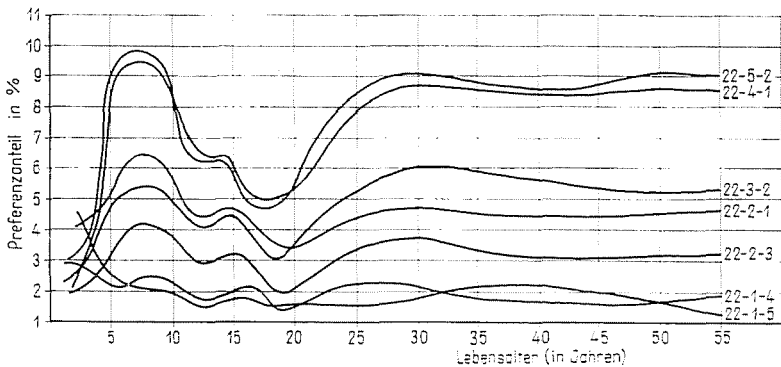


Abb. 12. Präferenzkurven einiger Farbwerte des Koloroids, auf Männer bezogen, in Abhängigkeit vom Lebensalter

von den zu den F-Punkten der verschiedenen Farbcharaktere gehörenden Präferenzwerten angenommen wurde, daß sie sich einer stetigen Funktion gemäß verändern, wobei jeder Abschnitt dieser Funktion durch ein über je 4 Punkte gelegtes Polynom dritten Grades angenähert wurde. So wurden also erst für die F-Punkte sämtlicher Farbcharaktere die Präferenzwerte ermittelt, und beim Anschreiben der Gleichungen für die Präferenzflächen als bereits bekannte Daten behandelt.

Für alle einem Farbcharakter entsprechenden ebenen Schnitte wurden je zwanzig Präferenzflächen bestimmt und in tabellarischer Form angegeben. Sowohl die Männer als auch die Frauen wurden in je zehn Altersgruppen unterteilt, und die Präferenzflächen bei jedem Farbcharakter für jede dieser Alters- und Geschlechtsgruppen gesondert angeschrieben (Abb. 12). Abb. 12 zeigt für einige Farbwerte die sich von der Geburt bis zum 55. Lebensjahr stetig verändernde Farbenpräferenzkurve für Männer.

Der Grad der Farbenvorliebe oder -ablehnung wurde in 100 Stufen, in den Grenzen von +50 bis -50, bestimmt. Die mit ± 0 bezeichneten Farbwerte werden für die dem Zeichen entsprechende Altersgruppe für die farbdynami-

sche Verwendung nicht empfohlen. Die Präferenzindexe liegen bei der Mehrheit der Farbwerte innerhalb der Grenzen von $+10$ und -10 ; höhere oder niedrigere Werte kommen überaus selten vor. Die Werte wurden mit einer Genauigkeit von vier Dezimalstellen für je zehn Altersgruppen von Männern bzw. Frauen berechnet. Es ist aus den Diagrammen in Abb. 12 zu erkennen, daß sich das Verhältnis zur Farbe in der Jugend rascher verändert, daher wurden die entsprechenden Farbenpräferenz-Indexwerte im jugendlichen Alter einem kürzeren, im höheren Alter einem längeren Lebensabschnitt zugeordnet.

4. Das Zeichensystem des Koloroids

Im System des Koloroids erhalten die Farben Farbzeichen (mit dreigliedrigen Bezifferungen). Die erste Ziffer gibt die Farbtonzahl **A**, die zweite die Sättigungszahl **B**, die dritte die Helligkeitszahl **C** an (Abb. 13). Die drei Farbziffern sind durch waagerechte Linien voneinander getrennt.

Die Farbtonzahl **A** ist immer zweistellig. Die Zahlen bezeichnen Wellenlängenintervalle gemäß der Tabelle:

| Gelb | | Orange | |
|------|---------------------|----------------|---------------------|
| 10 | 572,5—574,8 | 20 | 586,9—588,5 |
| 11 | 574,9—576,5 | 21 | 588,6—590,2 |
| 12 | 576,6—578,2 | 22 | 590,3—591,9 |
| 13 | 578,3—579,9 | 23 | 592,0—593,5 |
| 14 | 580,0—581,7 | 24 | 593,6—595,7 |
| 15 | 581,8—583,4 | 25 | 595,8—598,2 |
| 16 | 583,5—585,1 | 26 | 598,3—601,3 |
| 17 | 585,2—586,8 | 27 | 601,4—605,1 |
| Rot | | Purpur-Violett | |
| 30 | 605,2—609,0 | 40 | (—498,3) — (—512,2) |
| 31 | 609,1—616,2 | 41 | (—512,3) — (—535,2) |
| 32 | 616,3—627,4 | 42 | (—535,3) — (—548,7) |
| 33 | 627,5—642,5 | 43 | (—548,8) — (—556,3) |
| 34 | 642,6—654,5 | 44 | (—556,4) — (—551,2) |
| | (—492,4) — (—492,8) | | |
| 35 | (—492,8) — (—493,8) | 45 | (—551,3) — (—564,5) |
| 36 | (—493,9) — (—495,6) | 46 | (—564,6) — (—566,9) |
| | | | 420,0—463,9 |
| 37 | (—495,7) — (—498,2) | 47 | 445,0—463,9 |

| Blau | | Grün | |
|------|-------------|------|-------------|
| 50 | 464,0—470,2 | 60 | 491,1—492,8 |
| 51 | 470,3—476,2 | 61 | 493,0—496,0 |
| 52 | 476,3—478,9 | 62 | 496,1—501,1 |
| 53 | 479,0—481,2 | 63 | 501,1—526,1 |
| 54 | 481,3—483,6 | 64 | 526,2—551,8 |
| 55 | 483,7—486,5 | 65 | 551,9—564,4 |
| 56 | 486,6—488,2 | 66 | 564,5—569,7 |
| 57 | 488,3—491,0 | 67 | 569,8—572,4 |

Bei den unbunten, neutralen Farben der Farbenreihe haben die Farbtonziffern **A** die Bedeutung:

- 00 wirklich neutrale Grautöne, Weiß und Schwarz
- 02 Grau mit warmem Farbton
- 05 kaltgetöntes Bläulichgrau.

Durch die Sättigungszahl **B** wird der Sättigungsgrad angegeben, der dem gefühlsmäßigen Sättigungsmaß entspricht. Die Farbsättigungsstufen wurden so gewählt, daß Farben mit gleichen Sättigungs- und Helligkeitsgraden doch von unterschiedlichem Farbton vom Durchschnittsbeobachter womöglich für gleich gesättigt empfunden werden, und daß die Reihe der Farben mit gleichem Farbton und gleicher Helligkeit in womöglich gleich groß empfundene Sättigungsstufen unterteilt wird. Die Sättigungsstufen sollen für den Durchschnittsbeobachter für sämtliche Farbtöne gleich groß sein. Die Sättigungsgrade werden von dem Unbunten an gezählt.

Die Helligkeitszahl **C** stellt nicht nur einen Zahlenwert dar, mit dem die gegenseitigen Helligkeitsbeziehungen der Farbenmuster ausgedrückt werden, sondern sie steht in engem Zusammenhang mit dem gemessenen Farbhelligkeitswert **Y**. Die Größe je einer Helligkeitsstufe entspricht für den Durchschnittsbeobachter je einer Farbcharakterdifferenz. Die Helligkeitswerte werden von dem hellsten Wert der Farbenart an gerechnet. Die Helligkeitsstufen wurden im Bereich der durchschnittlich gesättigten Farben auf experimentellem Wege gewonnen und auch für die stark gesättigten Farben als gültig betrachtet, obwohl die Möglichkeit besteht, daß bei gewissen Farbtönen beim höchsten Sättigungsgrad gefühlsmäßige Abweichungen vorkommen.

Beispiel für die Bedeutung der Kurzzeichen:

65—4—5 bedeutet einen Farbwert mit der Farbtonziffer 65, also mit der kennzeichnenden Wellenlänge im Intervall 551,9—564,4 nm; die Sättigungsziffer 4 zeigt, daß die Farbsättigungsstufe in das Intervall 15,7—13,7, die Helligkeitsziffer 5, daß der Helligkeitsgrad in das Intervall 6,9—4,9 fallen. Die Orte der Sättigungs- und Helligkeitsintervalle auf der Sättigungs- bzw. Helligkeitsskala sowie deren Größe ändern sich je nach Farbtonband, daher sind sie jeweils aus der betreffenden Tabelle auszusuchen.

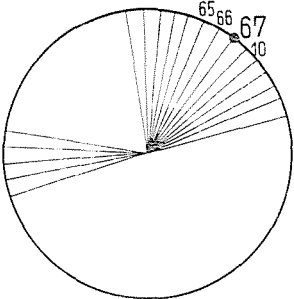
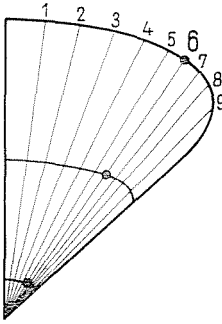
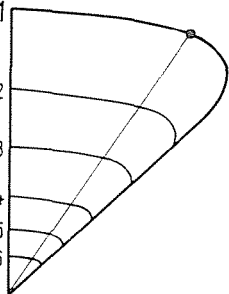










| A Farbencharakter | B Sättigung | C Farbhelligkeit |
|--|--|--|
|  |  |  |
|  67-1-1 | | |
|  67-6-1 |  67-6-1 |  67-6-1 |
|  67-2-2 | | |
|  67-5-2 | | |
|  67-3-3 | | |
|  67-6-3 |  67-6-3 | |
|  67-5-5 | | |

Abb. 13. Zeichensystem des Koloroids

5. Kenngrößen und Kennzeichen des Koloroids

Den Farbwerten des Koloroids wurden Kennzahlen und Kennzeichen zugeordnet (Abb. 14). Die kennzeichnenden *Zahlenwerte* werden in zwei Gruppen unterteilt: die erste ist die Gruppe der *Farbenkenngrößen*, zu denen die Maßzahlen des CIE-, des Helmholtz'schen Systems und des Koloroids gehören. Die zweite Gruppe wird von den *Farbpräferenz-Indexwerten* gebildet, die die Beziehung des Menschen zur Farbe zum Ausdruck bringen, und auch als Ausgangswerte für das System des Koloroids dienen. Die Daten der ersten Gruppe wurden auf meßtechnischem Wege, die der zweiten als Ergebnis von Farbpräferenzforschungen an 50 000 Personen erhalten.

Neben den Zahlenangaben werden den Farbwerten auf dem Koloroid auch *Kennzeichen* zugeordnet, die bei der Anwendung der Farbwerte des Farbsystems in der praktischen Farbdynamik Hilfe leisten.

Die erste Zeichengruppe gibt über die *raumgestalterische* Rolle der Koloroid-Farbwerte Aufschluß. In den Tabellen wurden in der entsprechenden Spalte für jeden Farbwert die schematischen Zeichnungen je eines Innenraumes angegeben.

Werden in einem Innenraum die Seitenwände, sodann die Decke mit den verschiedenen Farbwerten nacheinander angestrichen — unter der Voraussetzung, daß die Flächen über den einzelnen angestrichenen Flächen mittelgrau sind —, so empfindet man infolge der dynamischen Farbenwirkung den Raum enger, breiter oder höher. In der Abbildung ist die Richtung der die Raumverhältnisse beeinflussende Wirkung mit einem Pfeil bezeichnet. Mit der Pfeilgröße sollte auch die Höhe der Farbenaktivität veranschaulicht werden.

Die zweite Zeichengruppe betrifft die Rolle der einzelnen Farbwerte in Verbindung mit der *Gebäudefunktion*. In dieser Zeichengruppe wurde die Ausdruckskraft des Farbwertes in Verbindung mit einzelnen Begriffspaaren durch die Größe der gestrichelten Fläche gekennzeichnet. Der Größe des Zeichens gemäß, in Abhängigkeit von der Gebäudefunktion, läßt sich der betreffende Farbwert verwenden, um den Begriffsinhalt zum Ausdruck zu bringen, oder um sein Gegenteil zu kompensieren. Die Zeichengröße ergab sich aus Farbassoziationsuntersuchungen an vielen Tausenden von Personen.

In den ebenfalls funktionsbezüglichen Spalten der Tabellen wurden die etwaigen anderen assoziativen Inhalte der betreffenden Farbe, der Umstand, daß sie für den Farbton gewisser historischer Baustile kennzeichnend sei, sowie, daß sie in ungarischen oder internationalen Normen für sicherheitstechnische und andere Farbzeichen in Anspruch genommen sind, angegeben.

Die dritte Zeichengruppe gibt über das Verhalten der einzelnen Farbwerte bei künstlicher *Belichtung* mit verschiedenen Spektren Aufklärung. In den Spalten der einzelnen Leuchten (Glühlampe, Quecksilberdampföhre,

Leuchtstoffrohr *F 23*) ist das Koloroidzeichen des Farbwertes angegeben; Richtung und Größe der Veränderung für alle drei Koloroid-Farbkennwerte werden durch einen Pfeil gekennzeichnet.

Im weiteren sollen die Buchstabenkennzeichen der Farbkenngrößen in unseren Tabellen erklärt werden:

Kenngrößen für die Identifizierung:

x_c die Farbenkoordinate x des Farbpunktes im CIE-System. Werden die Meßwerte, die Farbkomponenten mit X_M, Y_M, Z_M bezeichnet, so gilt

$$x_c = \frac{X_M}{X_M + Y_M + Z_M}$$

y_c die Farbenkoordinate y des Farbpunktes im CIE-System. Mit der vorstehenden Bezeichnung gilt

$$y_c = \frac{Y_M}{X_M + Y_M + Z_M}$$

Y_M der Helligkeitsmeßwert des Farbpunktes; Meßwert
 λ die für den Farbpunkt kennzeichnende Wellenlänge; wird aus den der Farbkordinaten auf graphischem Wege ermittelt

β Helmholtzsche Maßzahl für die Farbhelligkeit

$$\beta = \frac{Y_M}{100}$$

σ Helmholtzsche Maßzahl des Farbpunktes für die Farbsättigung. Werden die x -Koordinate des Schnittpunktes einer Geraden, die über den mit den Farbkordinaten angegebenen Farbpunkt und über den Normalpunkt c (den farblosen Punkt bei Beleuchtung mit diffusum Tageslicht) gelegt wird, mit der Farbenbahn durch $x\lambda$ und die Koordinate y dieses Schnittpunktes durch $y\lambda$ bezeichnet, dann gelten

$$\sigma = \frac{x_c - 0,3101}{x - 0,3101} \quad \text{und} \quad \sigma = \frac{y_c - 0,3163}{y - 0,3163}$$

λ_K Maßzahl zur Bezeichnung des Farbcharakters in Verbindung mit dem Ort des Farbpunktes auf dem Koloroid

$$\lambda_K = \lambda$$

β_K Maßzahl zur Bezeichnung der Farbhelligkeit in Verbindung mit dem Ort des Farbpunktes auf dem Koloroid

$$\beta_K = Y_M$$

σ_K Maßzahl zur Bezeichnung der Farbsättigung in Verbindung mit dem Ort des Farbpunktes auf dem Koloroid; wird anhand der Farbkomponenten berechnet:

$$\sigma_K = \sqrt{(Y_M - X_M)^2 + (Y_M - Z_M)^2}$$

Kenngrößen, die das Verhältnis Mensch zu Farbe zum Ausdruck bringen:

P_{F_1} Farbenpräferenz-Indexwert für das Verhältnis von Knaben im Alter von 3 bis 5 Jahren zum vorgegebenen Farbwert

P_{F_2} 6—8jährige Knaben

P_{F_3} 9—10jährige Knaben

P_{F_4} 11—12jährige Knaben

| | |
|------------|--------------------------|
| $P_{F 5}$ | 13—14jährige Knaben |
| $P_{F 6}$ | 15—16jährige junge Leute |
| $P_{F 7}$ | 17—19jährige junge Leute |
| $P_{F 8}$ | 20—30jährige Männer |
| $P_{F 9}$ | 31—50jährige Männer |
| $P_{F 10}$ | 51— jährige Männer |

P_{N1} Farbenpräferenz-Indexwert für das Verhältnis von Mädchen im Alter von 3—5 Jahren. zum vorgegebenen Farbwert

| | |
|------------|-----------------------|
| $P_{N 2}$ | 6 - 8 jährige Mädchen |
| $P_{N 3}$ | 9—10jährige Mädchen |
| $P_{N 4}$ | 11—12jährige Mädchen |
| $P_{N 5}$ | 13—14jährige Mädchen |
| $P_{N 6}$ | 15—16jährige Mädchen |
| $P_{N 7}$ | 17—19jährige Mädchen |
| $P_{N 8}$ | 20—30jährige Frauen |
| $P_{N 9}$ | 31—50jährige Frauen |
| $P_{N 10}$ | 51— jährige Frauen |

Transformation der Farbenreihen-Kenngrößen in andere Systeme:

Da unter den Kenngrößen unserer Farbenreihe, die zur Identifizierung dienen, auch die internationalen CIE-Kennwerte x , y , Y vorkommen, lassen sich alle Farbwerte unserer Farbenreihe über diese Farbkennwerte mit jedem Farbensystem in Beziehung bringen, in dem die Kennwerte der Farbmuster oder die Methode zur Umrechnung der Farbwerte dieses Systems auf internationale Farbkennwerte angegeben sind.

6. Die Farbmuster der Farbenreihe

Die mit Farbenmaßzahlen ausgestattete, volle farbdynamische Farbenreihe enthält 364 Farbwerte, von denen 205 mit Farbmustern ausgerüstet sind. Farbenpräferenz-Indexwerte wurden 1776 Farbwerten des Koloroids zugeordnet. Es wurden in Abhängigkeit von Lebensalter und Geschlecht für 35 520 Farbpunkte der verschiedenen Farbenpräferenzflächen die Koordinaten berechnet; diese spielen in unserem System die Rolle von Farbenpräferenz-Indexwerten.

Die Farbkennwerte der Farbmuster für eine Normalbeleuchtung C der CIE (Commission Internationale de l'Eclairage) wurden mit dem Farbenmeßgerät ungarischer Herstellung MOMCOLOR für technische und Laborprüfungen ermittelt. Der Kolorimeter ist ein Tristimulus-Gerät (mit Filter); das bedeutet, daß die gemeinsamen Spektralkennwerte der zur Beleuchtung dienenden Glühlampe mit Wolfram-Glühfaden und der als Fühler benutzten Selenzelle mit Hilfe von nach geeigneten mathematischen Verfahren bestimmten Filterkombinationen an die Verteilungs-Koeffizientenfunktionen, bezogen auf einem den Beobachter ersetzenden Normalkolorimeter gemäß der CIE-Definition, angepaßt werden. Das durch die Photozelle gegebene Signal ist den im CIE-Farbensystem gedeuteten Farbkomponenten X , Y , Z proportional. Werden die Leuchte und der Fühler während der Meßzeit als stabil betrachtet,

so ist für die Farbenmeßgenauigkeit vor allem die Anpassungsgüte der Filter maßgebend.

Nach der Spezifikation arbeitet das MOMCOLOR-Gerät für mittelmäßig gesättigte Muster mit einer Genauigkeit von $\pm 0,005$ Farbkoordinateneinheiten. Die Messung der Farbendifferenzen von Mustern mit ähnlicher Spektralreflexion erfolgt mit einer höheren Genauigkeit von $\pm 0,001$ Farbkoordinatenfehler.

Bei der Kennzeichnung der Farbenmuster unseres Systems durften wir uns nicht mit dieser Genauigkeit begnügen; es wurde versucht, für die zu messenden Muster womöglich ähnliche Etalone mit bekannten Farbwerten zu benutzen, und die Messungen auf Farbendifferenzmessungen zurückzuführen.

In der DIN-Farbenkarte (DIN 6164) werden für alle Farbenmuster die Farbkomponenten- und Farbkoordinatenwerte bei der Belichtung C angegeben. Von diesen über 260 Mustern wurden jene ausgewählt, die die Muster unseres Systems am besten annähern. Die Farbkennwerte wurden durch Farbendifferenzmessungen im Verhältnis zum DIN-Muster mit einer Genauigkeit von $\pm 0,1$ ermittelt.

Durch die rechentechnische Verarbeitung der Meßdaten wurden für die Muster die Farbkoordinaten, die Sättigung in Helmholtzschem Sinne (σ) sowie in bezug auf die Richtersche Formel (σ_K) bestimmt.

Die Farbenmuster wurden unter Anwendung eines Kunststoff-Bindemittels, mit matter Oberfläche in 5×8 cm Größe angefertigt.

Sie müssen gegen jede unnötige Belichtung sowie gegen mechanische und chemische Einwirkungen geschützt werden. Hinsichtlich der Dauerfarblichkeit der Muster wurden keine Kontrollmessungen unternommen.

Die den Farbenmustern beigegeführten Tabellen enthalten die betreffenden Meßwerte und die Präferenz-Indexwerte. Sie zeigen die theoretischen Orte der Muster im CIE-Diagramm sowie in den Axialschnitten unseres Koloroids, geben die Helmholtzschen Kennwerte sowie die für die Orte der Farbwerte auf dem Koloroid maßgebenden Farbsättigungswerte an.

7. Praktische Anwendung des Koloroids

Das Koloroid läßt sich zu vergleichenden Farbmessungen, für die Bestimmung von Farbmischungskomponenten sowie in der farbdynamischen Praxis anwenden.

Die Farbenkarten des Koloroids sowie die mitgeteilten Maßzahlen gestatten eine vergleichende Farbenbestimmung innerhalb der Farbauswahl des Systems.

Ein jeder Farbwert des Systems der nicht als Grundwert bezeichnet ist,

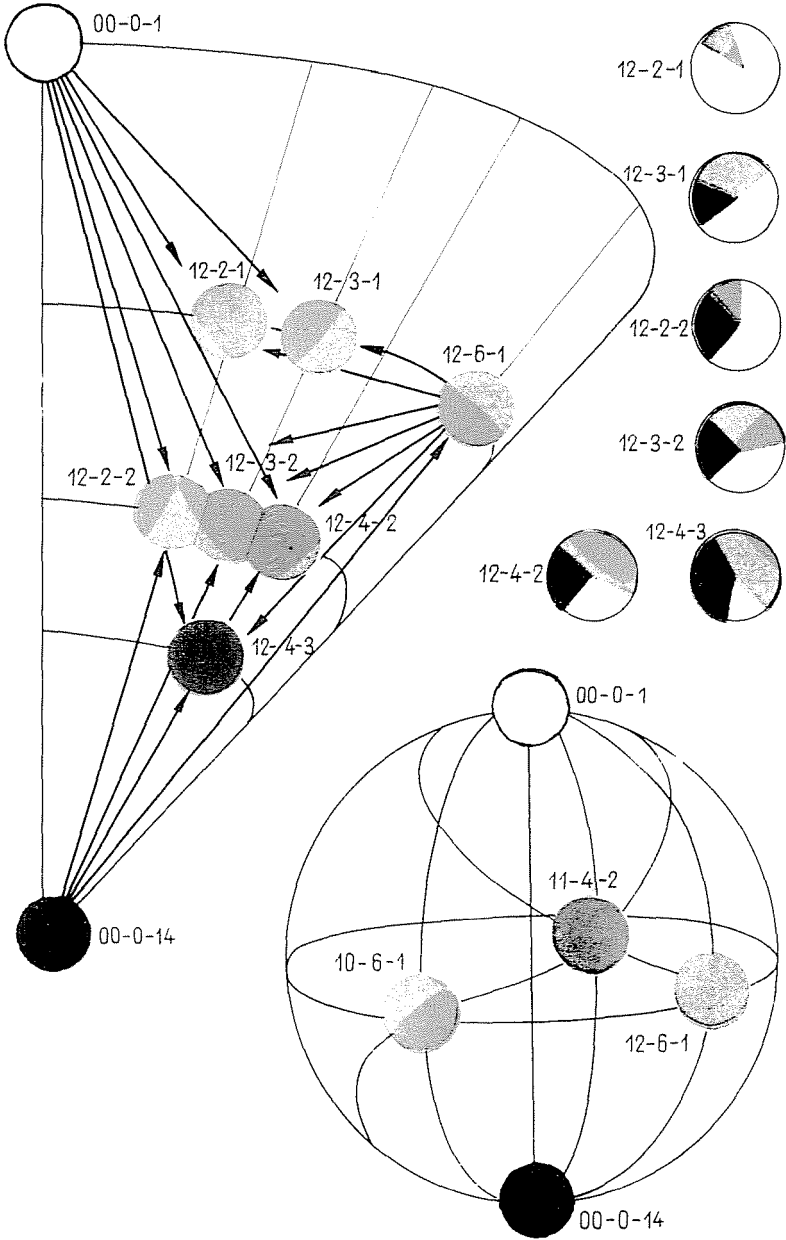


Abb. 15. Farbenmischungszusammenhänge im Koloroid

| Farben- nummer | Farbenmuster | Benennung | | | | | Gültigkeit | | | Farbecharakter | | | | | | | | | | Farbenpräferenz | | | | | | | | | | Raum | FUNKTION | | | | | | | | | | | |
|-------------------|--------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|------------------------|--------------------------|----------------------|--------------------|---------------------|----------------|--------------|--------|-----------|---------|----------|--------------|-----------|------------|---------------------|-----------------|-------|---------|--------|-------|--------|----------|--------|-------|-----------|-------|-----------|-----------|-----------|-------|---|----------------|-----------|-----------|--------------|-------------|--|-------|
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | Toleranz | |
| | | Ungarisch | Englisch | Französisch | Deutsch | Russisch | T_A λ_t | T_B β_t | T_C σ_t | x | y | Y | λ | β | σ | λ_K | β_K | σ_K | Komplementärbereich | 10-6-1 | | | 00-0-1 | | | 00-0-14 | | | P_{F_1} | | P_{F_2} | P_{F_3} | P_{F_4} | P_5 | P_{F_6} | P_{F_7} | P_{F_8} | P_{F_9} | $P_{F_{10}}$ | Assoziation | Internationale Norm oder Vorschlag | Glu |
| | | P_{N_1} | P_{N_2} | P_{N_3} | P_{N_4} | P_{N_5} | P_{N_6} | P_{N_7} | P_{N_8} | P_{N_9} | $P_{N_{10}}$ | Dunkel | Hell | Warm | Kalt | Geräuschvoll | Still | Bewegung | | Ruhe | Fench | Trocken | Feucht | Süß | Bitter | Angenehm | Scharf | Sauer | Salzig | | | | | | | | | | | | | |
| 10-1-1 | | Tejfehér | Milk white | Blanc laiteux | Milch- weiß | молоко- белый | 572,5 | 67,0 | 8,0 | 0,3310 | 0,3405 | 81,80 | 572,7 | 0,818 | 0,0549 | 572,7 | 81,80 | 8,6348 | 51 | 3 | 94 | 3 | 4,100 | 3,900 | 3,400 | 3,300 | 3,400 | 4,000 | 3,700 | 3,100 | 2,800 | 2,900 | | | Frische | | 1 1 | | | | | |
| | | | | | | | 574,8 | 82,0 | 11,0 | | | | | | | | | | | | | | 2,060 | 2,530 | 1,920 | 1,870 | 2,010 | 2,590 | 2,710 | 2,580 | 2,800 | 3,070 | | | | | | 2,952 | 4,125 | 4,029 | 2,643 | 2,899 |
| 10-2-1 | | Zöldes- szürke | Greenish gray | Gris vert | Grün- lichgrau | зелено- серый | 572,5 | 67,0 | 15,0 | 0,3513 | 0,3720 | 80,80 | 573,1 | 0,808 | 0,2528 | 573,1 | 80,80 | 15,9114 | 51 | 9 | 74 | 17 | 3,603 | 4,326 | 4,421 | 4,131 | 4,024 | 4,115 | 3,791 | 3,465 | 3,991 | 3,519 | | | Verschlos- senheit | | 1 1 | | | | | |
| | | | | | | | 574,8 | 82,0 | 25,0 | | | | | | | | | | | | | | 2,952 | 4,125 | 4,029 | 2,643 | 2,899 | 3,269 | 3,643 | 3,913 | 4,330 | 4,486 | | | | | | | | | | |
| 10-4-1 | | Kankal- in- sárga | Prim- rose yellow | Jaune prime- vere | Primel- gelb | приму- ло-жел- тый | 572,5 | 67,0 | 35,0 | 0,3890 | 0,4341 | 80,60 | 572,9 | 0,806 | 0,4344 | 572,9 | 80,60 | 44,652 | 51 | 43 | 40 | 17 | 3,505 | 5,505 | 6,372 | 5,777 | 5,361 | 4,833 | 4,407 | 4,427 | 6,056 | 3,398 | | | Neid. Ein- samkeit | | 1 1 | | | | | |
| | | | | | | | 574,8 | 82,0 | 45,0 | | | | | | | | | | | | | | 4,418 | 7,068 | 7,777 | 4,121 | 4,709 | 5,115 | 5,702 | 6,301 | 6,805 | 6,861 | | | | | | | | | | |
| 10-6-1 | | Citrom- sárga | Lemon | Jaune citron | Zitro- nen- gelb | лимон- но- желтый | 572,5 | 64,0 | 55,0 | 0,4247 | 0,4763 | 78,10 | 573,3 | 0,781 | 0,7036 | 573,3 | 78,10 | 62,2558 | 51 | 100 | 0 | 0 | 4,600 | 7,100 | 8,200 | 7,400 | 6,800 | 6,200 | 5,600 | 5,700 | 7,700 | 4,800 | | | Sonnen- schein Kommuni- kation | Signal gelb | 1 1 | | | | | |
| | | | | | | | 574,8 | 79,0 | 65,0 | | | | | | | | | | | | | | 5,640 | 9,680 | 10,900 | 5,510 | 6,560 | 7,612 | 8,020 | 8,320 | 8,500 | 8,630 | | | | | | | | | | |
| 10-5-2 | | Banán- sárga | Banana | Banane | Banan- nen- gelb | банано- желтый | 572,5 | 40,0 | 30,0 | 0,4064 | 0,4445 | 46,30 | 574,3 | 0,463 | 0,5910 | 574,3 | 46,30 | 30,9595 | 51 | 44 | 12 | 44 | 3,888 | 5,620 | 6,425 | 5,770 | 5,206 | 4,484 | 4,320 | 4,674 | 6,259 | 4,475 | | | Einsamkeit | | 1 1 | | | | | |
| | | | | | | | 574,8 | 50,0 | 35,0 | | | | | | | | | | | | | | 4,704 | 7,532 | 8,316 | 4,199 | 4,881 | 5,430 | 6,203 | 6,910 | 7,095 | 7,110 | | | | | | | | | | |
| 10-5-4 | | Moha- zöld | Moss green | Mousse | Moos- grün | моховые- зеленый | 572,5 | 16,0 | 10,0 | 0,3462 | 0,3453 | 21,30 | 573,2 | 0,213 | 0,4721 | 573,2 | 21,30 | 12,1306 | 51 | 7 | 6 | 87 | 4,536 | 4,609 | 4,604 | 4,114 | 3,544 | 2,965 | 3,424 | 4,148 | 4,675 | 3,836 | | | Wald. Drache | | 1 1 | | | | | |
| | | | | | | | 574,8 | 24,0 | 15,0 | | | | | | | | | | | | | | 3,888 | 5,579 | 5,761 | 2,894 | 3,409 | 4,097 | 5,099 | 5,808 | 5,344 | 5,343 | | | | | | | | | | |
| 10-3-5 | | Boros- tyánzöld | Ivy | Vert lierre | Efeu- grün | яштар- ный | 572,5 | 9,0 | 3,0 | 0,3667 | 0,3843 | 9,70 | 572,6 | 0,097 | 0,3519 | 572,5 | 9,70 | 3,0414 | 51 | 4 | 4 | 92 | 5,098 | 3,787 | 3,023 | 2,734 | 2,286 | 2,076 | 2,998 | 3,618 | 3,121 | 3,141 | | | Furcht | | 1 1 | | | | | |
| | | | | | | | 574,8 | 16,0 | 7,0 | | | | | | | | | | | | | | 2,917 | 3,564 | 3,126 | 1,734 | 2,077 | 2,927 | 3,905 | 4,397 | 3,508 | 3,562 | | | | | | | | | | |

| Benennung | Gültigkeit | | Farbcharakter | | | | | | | | | | | | | | Farbenpräferenz | | | | | | | | | | Raum | FUNKTION | | | | | | | | | | Beleuchtung | | | | |
|-----------|------------------|-------------------|---------------|----------|---------|----------|---------|----------|-----------|----------|----------|-------------|-----------|------------|---------------------|----------------------|-----------------|---------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-------|-----------|--------------|-------------|------------------------------------|----------------|------------------------------|-------------------------|----------|---------|----------|-------------|----------|---------|----------|---------|
| | | | Toleranz | | | CIE | | | Helmholtz | | | Koloroid | | | Komplementärbereich | Mischverhältnis in % | | | P_{F_1} | P_{F_2} | P_{F_3} | P_{F_4} | P_5 | P_{F_6} | P_{F_7} | P_{F_8} | | P_{F_9} | $P_{F_{10}}$ | Assoziation | Internationale Norm oder Vorschlag | Glühlampe 60 W | Quecksilberdampf- lampe QSDL | Leuchtstoff- lampe F 32 | | | | | | | | |
| | | | T_A | T_B | T_C | x | y | Y | λ | β | σ | λ_K | β_K | σ_K | | 10-6-1 | 00-0-1 | 00-0-14 | P_{N_1} | P_{N_2} | P_{N_3} | P_{N_4} | P_{N_5} | P_{N_6} | P_{N_7} | P_{N_8} | | P_{N_9} | $P_{N_{10}}$ | | | | | | Hell | Kalt | Still | Ruhe | Flecht | Bitter | Angenehm | Sulzig |
| | | | Deutsch | Russisch | Deutsch | Russisch | Deutsch | Russisch | Deutsch | Russisch | Deutsch | Russisch | Deutsch | Russisch | | Deutsch | Russisch | Deutsch | Russisch | Deutsch | Russisch | Deutsch | Russisch | Deutsch | Russisch | Deutsch | | Russisch | Deutsch | | | | | | Russisch | Deutsch | Russisch | Deutsch | Russisch | Deutsch | Russisch | Deutsch |
| blauweiß | Milch- weiß | молоко-но- белый | 572,5 | 67,0 | 8,0 | 0,3310 | 0,3405 | 81,80 | 572,7 | 0,318 | 0,0549 | 572,7 | 81,80 | 8,6348 | 51 | 3 | 94 | 3 | 4,100 | 3,900 | 3,400 | 3,300 | 3,400 | 4,000 | 3,700 | 3,100 | 2,800 | 2,900 | | | | | | | | Frische | | 10-1-1 | 67 | 10-1-1 | 10-1-1 | |
| | | | 574,8 | 82,0 | 11,0 | 0,3310 | 0,3405 | 81,80 | 572,7 | 0,318 | 0,0549 | 572,7 | 81,80 | 8,6348 | 51 | 3 | 94 | 3 | 2,060 | 2,530 | 1,920 | 1,870 | 2,010 | 2,590 | 2,710 | 2,580 | 2,800 | 3,070 | | 11 | 11 | 11 | 11 | | | | | | | | | |
| vert | Grün- lichgrün | зелёно-серый | 572,5 | 67,0 | 15,0 | 0,3513 | 0,3720 | 80,80 | 573,1 | 0,303 | 0,2528 | 573,1 | 80,80 | 15,9114 | 51 | 9 | 74 | 17 | 3,603 | 4,326 | 4,421 | 4,131 | 4,024 | 4,115 | 3,791 | 3,465 | 3,991 | 3,519 | | | Verschlossenheit | | 1 | 67 | 10-2-1 | 10-2-1 | | | | | | |
| | | | 574,8 | 82,0 | 25,0 | 0,3513 | 0,3720 | 80,80 | 573,1 | 0,303 | 0,2528 | 573,1 | 80,80 | 15,9114 | 51 | 9 | 74 | 17 | 2,952 | 4,125 | 4,029 | 2,643 | 2,899 | 3,269 | 3,643 | 3,913 | 4,330 | 4,486 | | | | | 11 | 11 | 11 | 11 | | | | | | |
| Vere | Prinzel- gelb | примель-но-желтый | 572,5 | 67,0 | 35,0 | 0,3890 | 0,4341 | 80,60 | 572,9 | 0,306 | 0,4344 | 572,9 | 80,60 | 44,652 | 51 | 43 | 40 | 17 | 3,505 | 5,505 | 6,372 | 5,777 | 5,361 | 4,833 | 4,407 | 4,427 | 6,056 | 3,398 | | | Neid. Einsamkeit | | 3 | 67 | 10-4-1 | 10-4-1 | | | | | | |
| | | | 574,8 | 82,0 | 45,0 | 0,3890 | 0,4341 | 80,60 | 572,9 | 0,306 | 0,4344 | 572,9 | 80,60 | 44,652 | 51 | 43 | 40 | 17 | 4,418 | 7,068 | 7,777 | 4,121 | 4,709 | 5,115 | 5,702 | 6,301 | 6,805 | 6,861 | | | | | 11 | 11 | 5 | 11 | | | | | | |
| citron | Zitro- nen- gelb | лимонно-желтый | 572,5 | 64,0 | 55,0 | 0,4247 | 0,4763 | 78,10 | 573,3 | 0,731 | 0,7036 | 573,3 | 78,10 | 62,2558 | 51 | 100 | 0 | 0 | 4,600 | 7,100 | 8,200 | 7,400 | 6,800 | 6,200 | 5,600 | 5,700 | 7,700 | 4,800 | | | Sonnenschein Kommunikation | Signal gelb | 5 | 67 | 10-6-1 | 10-6-1 | | | | | | |
| | | | 574,8 | 79,0 | 65,0 | 0,4247 | 0,4763 | 78,10 | 573,3 | 0,731 | 0,7036 | 573,3 | 78,10 | 62,2558 | 51 | 100 | 0 | 0 | 5,640 | 9,680 | 10,900 | 5,510 | 6,560 | 7,612 | 8,020 | 8,320 | 8,500 | 8,630 | | | | | 11 | 11 | 7 | 11 | | | | | | |
| tomate | Bananen- gelb | бананно-желтый | 572,5 | 40,0 | 30,0 | 0,4064 | 0,4445 | 46,30 | 574,3 | 0,463 | 0,5910 | 574,3 | 46,30 | 30,9595 | 51 | 44 | 12 | 44 | 3,888 | 5,620 | 6,425 | 5,770 | 5,206 | 4,484 | 4,320 | 4,674 | 6,259 | 4,475 | | | Einsamkeit | | 4 | 67 | 10-5-2 | 10-5-2 | | | | | | |
| | | | 574,8 | 50,0 | 35,0 | 0,4064 | 0,4445 | 46,30 | 574,3 | 0,463 | 0,5910 | 574,3 | 46,30 | 30,9595 | 51 | 44 | 12 | 44 | 4,704 | 7,532 | 8,316 | 4,199 | 4,881 | 5,430 | 6,203 | 6,910 | 7,095 | 7,110 | | | | | 11 | 11 | 6 | 11 | | | | | | |
| moosgrün | Moos- grün | моховозел-ный | 572,5 | 16,0 | 10,0 | 0,3462 | 0,3453 | 21,30 | 573,2 | 0,213 | 0,4721 | 573,2 | 21,30 | 12,1306 | 51 | 7 | 6 | 87 | 4,536 | 4,609 | 4,604 | 4,114 | 3,544 | 2,965 | 3,424 | 4,148 | 4,675 | 3,836 | | | Wald, Drache | | 67 | 67 | 10-5-4 | 10-5-4 | | | | | | |
| | | | 574,8 | 24,0 | 15,0 | 0,3462 | 0,3453 | 21,30 | 573,2 | 0,213 | 0,4721 | 573,2 | 21,30 | 12,1306 | 51 | 7 | 6 | 87 | 3,888 | 5,579 | 5,761 | 2,894 | 3,409 | 4,097 | 5,099 | 5,808 | 5,344 | 5,343 | | | | | 11 | 11 | 11 | 11 | | | | | | |
| hierre | Efeu- grün | ягтар-ный | 572,5 | 9,0 | 3,0 | 0,3667 | 0,3843 | 9,70 | 572,6 | 0,097 | 0,3519 | 572,5 | 9,70 | 3,0414 | 51 | 4 | 4 | 92 | 5,098 | 3,787 | 3,023 | 2,734 | 2,286 | 2,076 | 2,998 | 3,618 | 3,121 | 3,141 | | | Furcht | | 10-3-5 | 67 | 10-3-5 | 10-3-5 | | | | | | |
| | | | 574,8 | 16,0 | 7,0 | 0,3667 | 0,3843 | 9,70 | 572,6 | 0,097 | 0,3519 | 572,5 | 9,70 | 3,0414 | 51 | 4 | 4 | 92 | 2,917 | 3,564 | 3,126 | 1,734 | 2,077 | 2,927 | 3,905 | 4,397 | 3,508 | 3,562 | | | | | 11 | 11 | 11 | 11 | | | | | | |

läßt sich aus dem Grundwert des dazu gehörenden Koloroidschnitts sowie aus Weiß und Schwarz (Abb. 15) sinngemäß bestimmen. Farbwerte, zu deren Koloroid-Axialschnitt kein Grundwert gehört, oder für die der zugehörige Grundwert nicht zur Verfügung steht, können aus den Grundwerten der benachbarten oder nahen Koloroid-Axialschnitte bestimmt werden. Es erklärt sich aus dem loxodromischen Netz der Abbildung, daß die obere Sättigungsgrenze der so erhaltenen Farbwerte in Abhängigkeit von den Farbkomponenten gebunden ist.

Die Farbdynamik stellt für das Koloroid das ausgedehnteste praktische Anwendungsgebiet dar. Durch eine im farbdynamischen Sinne richtige farbige Gestaltung der Bauten verschiedener Bestimmung lassen sich bei Industriebauten eine erhöhte Produktivität, bei Bauten des Gesundheitswesens, des Schulwesens usw. eine höhere Funktionstüchtigkeit, in Wohnungen behaglichere Erholung erzielen. Aus volkswirtschaftlicher Sicht stellt also diese Farbenreihe ein wichtiges praktisches Hilfsmittel dar, das zur Wirksamkeit der farbdynamischen Praxis beiträgt.

Im farbdynamischen Farbensystem wird für die Entwurfsarchitekten, die Investitionsträger, für die Instandhaltung eine Farbauswahl gegeben, die die Farbenpräferenzverhältnisse in Ungarn widerspiegelt und durch ihr Zeichensystem auch die Bestimmung der Mischungsrezepturen erleichtert. Durch die Tabellen wird es ermöglicht, aus diesen die Farbenpräferenz-Indexwerte in Abhängigkeit vom Lebensalter der Benutzer des Bauwerks auszusuchen, und die Farbenvorschläge für die farbentragenden Flächen des Gebäudes durch den Vergleich von Farbenpräferenz-Indexwerten für verschiedene ähnliche Farbwerte, durch Erwägung zu entscheiden [16].

Bei der farbdynamischen Gestaltung eines Innenraumes oder eines ganzen baulichen Komplexes besteht die Anwendung des farbdynamischen Farbensystems aus vier Schritten (Abb. 16).

Im ersten Schritt werden vom Entwurfsbearbeiter die Farbbereiche, die er im Raum zu verwenden beabsichtigt, in Abhängigkeit von Lebensalter, Beruf und anderen Eigenschaften der Benutzer, von den baulichen Gegebenheiten des farblich auszugestaltenden Raumes, von der Funktion des Gebäudes, von den vorhandenen oder vorgesehenen lichttechnischen Gegebenheiten, je farbige Fläche, unter Anwendung der Tabellen des Farbensystems *eingegrenzt*.

Im zweiten Schritt wird unter Anwendung der eingegrenzten Farbmenge der Farbton des Raumes *entworfen*, die Farben für die farbigen Flächen werden bestimmt. Bei der Entwurfsbearbeitung werden die Gesetze der Farbenharmone und die Zusammenhänge des Farbenkontrastes berücksichtigt. In diesem Schritt erhält der Entwerfer durch das Zeichensystem des Koloroids eine Hilfe zur Zusammenstellung der Harmoniekomplexe (Abb. 17).

Ein harmonischer Farbenkomplex ergibt sich, wenn die Farben für die Harmonie so gewählt werden, daß von deren Koloroid-Kennziffern (A—B—C)

je 2 übereinstimmen (A und B oder A und C oder B und C), während sich die dritte Ziffer beliebig ändert.

Auch dann werden harmonische Farbenkomplexe erhalten, wenn jedes Mitglied der Harmoniegruppe eine gemeinsame Koloroid-Kennziffer hat, und die beiden anderen Ziffern stetige Abstufungen aufweisen.

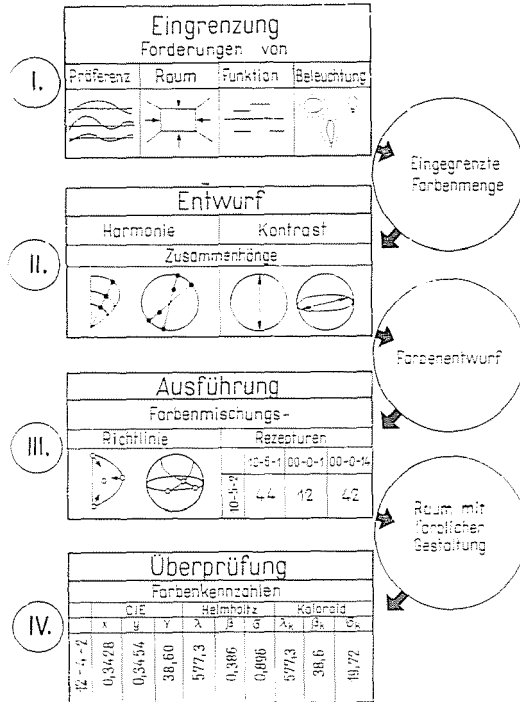


Abb. 16. Die Praxis der Farbdynamik. Methode zur farblichen Raumgestaltung

Auch unter Anwendung der Farben der Komplementär-Farbengruppen werden harmonische Komplexe erhalten. In Abb. 18 werden einige Komplementärpaare des Koloroids gezeigt. Abb. 18 zeigt die Unterschiede zwischen den Komplementärpaaren des Koloroids.

Auch bei mit Hilfe von Komplementärpaaren gebildeten Harmoniegruppen soll für sämtliche Farben dieser Gruppe wenigstens eine Koloroid-Kennziffer denselben Wert haben.

Die Harmoniegruppen-Auswahl wird auch durch Beziehungen, die unter Heranziehung der Kennziffern mathematische Formeln befriedigen, erweitert. Auf die Einzelheiten der Harmoniebeziehungen wird im Rahmen dieses Beitrags nicht näher eingegangen.

Der farbliche Gestalter erhält drittens für seine Arbeit von dem farb-

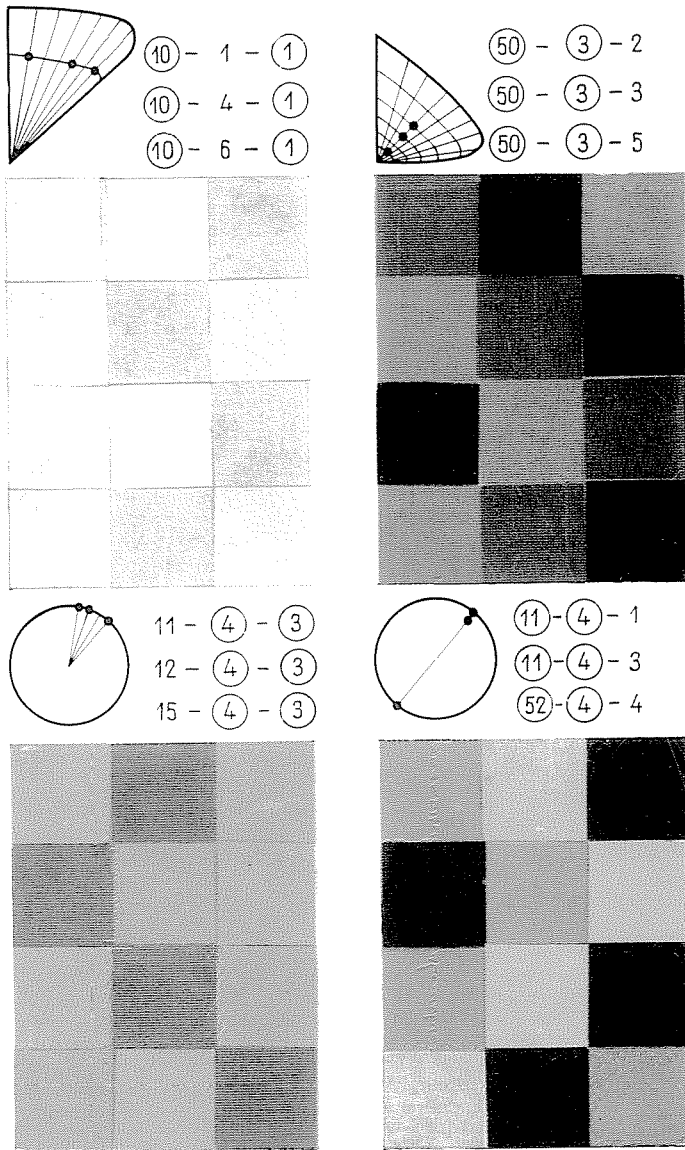


Abb. 17. Harmonien im Koloroid

dynamischen Farbensystem hinsichtlich der *Richtlinien der Farbenmischung und der Rezepturen* weitere Hilfe. In der betreffenden Spalte in Abb. 14 werden die Prozentanteile je Farbkomponente der zu den einzelnen Farbcharakterbändern gehörenden Farben mitgeteilt.

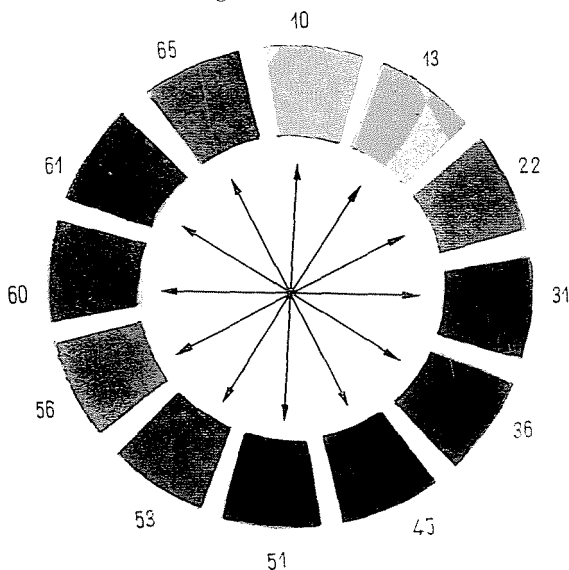


Abb. 18. Einige komplementäre Paare auf dem Koloroid

Die *Überprüfung* der Farben im farbigen Raum stellt die letzte, die vierte Stufe der Entwurfsarbeit dar, bei der das Farbensystem durch seine Maßzahlen Hilfe leisten kann.

Zusammenfassung

Die farbdynamische Praxis wird in wachsendem Maße zum organischen Bestandteil der entwerferischen Tätigkeit des Architekten und hält durch die psychophysikalischen Wirkungen der Farbe ihren Einzug nicht nur in die Industriebauten, sondern auch in Krankenhäuser, Schulen, Kulturheime, Geschäftshäuser, ja sogar in die Wohnung. Die bewußt fachgerechte Anwendung ist an gewisse Voraussetzungen gebunden. Eine von diesen ist ein Farbensystem, das die Anforderungen der farbdynamischen Praxis befriedigt.

Am Lehrstuhl für Zeichnen und Formkenntnisse der Technischen Universität Budapest wurde im Rahmen einer mehrjährigen Arbeit ein Farbensystem erarbeitet, dessen Farbwerte in den verschiedenen Farbenbereichen nicht gleichmäßig verteilt, sondern von der für die Beziehung Mensch-Farbe kennzeichnenden Präferenz abhängig sind. Das Farbensystem wurde Koloroid genannt.

Die Farbwerte des Koloroids wurden mit für die farbdynamische Praxis wichtigen Kenngrößen und Kennzeichen ausgestattet. Eine Gruppe der Kenngrößen wird durch die Farbenpräferenz-Indexwerte gebildet. Zu den Farbenkennzeichen gehören Informationen über die raumgestalterische Rolle der Farbe, über ihre die Gebäudefunktion veranschaulichenden Eigenschaften, über den assoziativen Inhalt sowie das Verhalten der Farben bei der Beleuchtung durch Leuchten mit verschiedenen Spektren. Das System ermöglicht die Erkenntnis von Zusammenhängen der Farbenharmonie und die Zusammenstellung von Richtlinien für die Farbenmischung

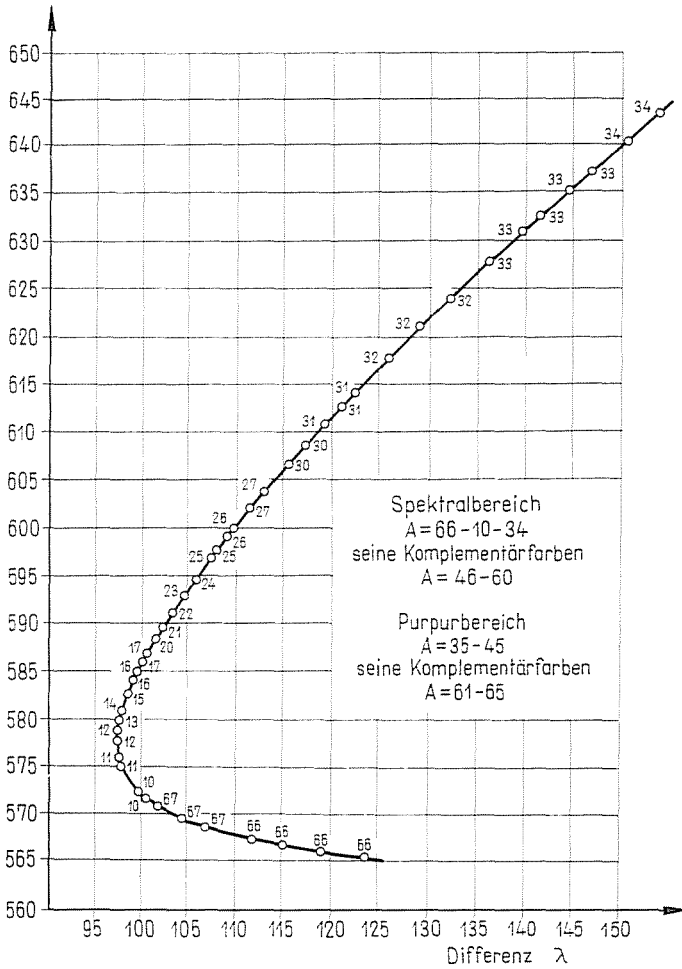


Abb. 19. Unterschiede zwischen den komplementären Paaren auf dem Koloroid

Schrifttum

1. OSTWALD, W.: Color Harmony Manual. Göttingen. 1923.
2. MUNSELL, A. E. O.: Munsell Book of Colour. Baltimore. 1929.
3. HESSELGREN, S.: Farbenatlas. Stockholm. 1955.
4. VILLALOBUS, D. u. I.: Atlas des Colores. Buenos Aires. 1947.
5. DIN-Farbenkarte DIN 6164. Beuth-Vertrieb Berlin W 15.
6. Farbatlas für Innendekoration. (British Colour Council)
7. Farbtonkarte für Architekten und Maler. (Musterschmidt Verlag)
8. NEMCSICS, A.: Bestimmung von Farbenpräferenz-Indexwerten für farbige Raumgestaltung. Luzern, 1965. Tb. 1. 957—964.
9. NEMCSICS, A.: Die Ergebnisse der ungarischen Farbenpräferenz-Untersuchungen zwecks Entwicklung eines Indexzahlensystems. Dresden. 1966. Tb. 1. 2—21.
10. NEMCSICS, A.: Das Farbenpräferenz-Indexzahlensystem im Dienste der farblichen Raumgestaltung. Budapest, 1967. ÉKME. Tud. Közl. XIII. 1—2. 21—161.
11. WYSZECKI, F.: Farbsystem. Göttingen. 1960.
12. NEMCSICS, A.: Farbenpräferenz-Indexwerte als Farbenkenngrößen. Periodica Polytechnica, Arch. Budapest, 14. (1970) 1—2. 17—50.
13. NEMCSICS, A.: Die Rolle der Farbenpräferenz-Indexwerte in der Ausbildung einer farbdynamischen Farbenreihe.* Budapest, 1970. Fszk-I. 177—184.
14. RICHTER, M.: Das System der DIN-Farbenkarte. Farbex. I. S. 85—98/1953.
15. NEMCSICS, I.: Anwendung von Hypermatrizen zur Bestimmung der Farbenpräferenz-Indexe*. Budapest. 1970. Fszk. I. 278—284.
16. NEMCSICS, A.: Die Anwendung der Ergebnisse von Farbenpräferenzuntersuchungen in der Praxis der farblichen Raumgestaltung. Dresden. 1968. Tb. 3—31.

Oberassistent Dr. Antal NEMCSICS. Budapest XI., Múgyetem-rkp. 3. Ungarn

* In ungarischer Sprache.