

Einige Versuche mit farbigen Feldern in gleichfarbigen Beleuchtungen.¹

(Vorläufige Mitteilung.)

Von

Ragnar Granit.

(Aus dem Physiologischen Institut der Universität Helsingfors.)

(Mit 4 Figuren im Text.)

Seitdem Hering in seiner klassisch gewordenen Arbeit, „Grundzüge der Lehre vom Lichtsinn“², die Aufmerksamkeit auf jenen Farbenveränderungen lenkte, welche die Sehdinge unter dem Einfluß verschiedener Beleuchtungen erleiden, sind diese Fragen mehrmals zu erneutem Studium herangezogen worden. Jedoch scheint mir die Fragestellung an sich nirgends klarer aufgestellt worden zu sein als in einem schönen Experiment von Hering, das auch später von Katz³ zitiert worden ist. Dieses Experiment mag deshalb hier als Einleitung dienen:

„Die eine Kathetenfläche des rechtwinkligen Holzprismas in einem Boguerschen Photometer bedecke ich mit einem ganz ebenen, nicht glänzenden braunen, die andere mit einem ebensolchen ultramarinblauen Papier.... Das braune Papier beleuchte ich mittels eines Spiegels durch das Licht der weißen Himmelsfläche, das andere durch eine gewöhnliche Gasflamme oder eine Edisonlampe.... Durch das vertikale Rohr des Photometers betrachtet, erscheint bei passend gewählter Intensität des künstlichen Lichtes das „blaue“ Papier ebenso wie das „braune“, d. h. ebenfalls braun, weil in solchem Lichte die

¹ Der Redaktion am 2. Februar 1925 zugegangen.

² Hering, Grundzüge der Lehre vom Lichtsinn. Sonderabdruck a. d. *Handbuch der Augenheilkunde*. Bd. I. Kap. XII.

³ Katz, Die Erscheinungsweisen der Farben. *Zeitschr. f. Psychol. u. Physiol. d. Sinnesorgane*. 1911. Ergänz.-Bd. VII.

Skandin. Archiv. XLVI.

blauwirkenden Strahlen von den gelbwirkenden völlig übertönt werden. Schließe ich aber die Fensterladen, beleuchte das ganze Zimmer mit Gas- oder Edisonlampen und nehme beide Papiere aus dem Apparat, so erscheint mir sofort das „blaue“ Papier, obwohl es nach wie vor von demselben künstlichen Lichte beleuchtet ist und noch immer dasselbe Strahlungsgemisch in mein Auge schickt, nicht mehr braun, sondern wieder blau, wie bei Tagesbeleuchtung, wengleich dunkler, während das „braune“ Papier nach wie vor braun aussieht. Hierbei ist ganz gleichgültig, ob der Beobachter die „wirkliche“ Farbe der Papiere kennt oder nicht“ (a. a. O. S. 15).

Woher kommt es, daß dasselbe Blau, das in dem Photometer — mit gelbem Licht beleuchtet — gelblich aussieht, aus dem Photometer entfernt in derselben Beleuchtung eine deutliche Bläulichkeit zeigt? Als in diesem Fall eine rein physikalische Erklärung offenbar versagen muß, hat Hering sich nach anderen Erklärungsmöglichkeiten umgesehen. Eine wesentliche Bedingung für das Auftreten des Phänomens liegt nach seiner Ansicht in der Adaptation des Gesamtauges und in der Wechselwirkung zwischen den Sehfeldelementen. Weiter sollen die Veränderungen der Pupillenweite eine Rolle spielen. Diese Faktoren seien von ausschlaggebender Bedeutung für das Zustandekommen jener „Farbentransformation“ (Katz), die sich in dem Blauwerden des aus dem Photometer herausgenommenen Scheibchens zeigt. Die Wirkung eines psychologischen Faktors kann in der Gestalt der „Gedächtnisfarbe“ in denjenigen Fällen hinzutreten, wo die wahrgenommenen Dinge sich früher in einer bestimmten Färbung ins Gedächtnis eingepreßt haben. Um die für die Entstehung der Gedächtnisfarben nötige „Farbenbeständigkeit der Sehdinge“ aufrecht zu erhalten sind aber gerade die drei oben erwähnten Mechanismen notwendig. Sie scheinen damit die primäre Anpassungsvorrichtung zu sein.

Später hat Katz die theoretischen Vorstellungen Herings geprüft und dabei gefunden, „daß die Buntfärbung, welche die Oberflächenfarben im buntfarbig erleuchteten Raum erleiden, in jedem Augenblick niedriger ist, als sie auch unter voller Berücksichtigung der gerade vorhandenen chromatischen Umstimmung des Auges sein sollte“ (a. a. O. S. 270). Auch die Veränderungen der Pupillenweite ist es Kätz experimentell gelungen, aus den Erklärungsmöglichkeiten auszuschließen.

Die Theorie von Katz ist psychologisch-phänomenologisch aufgebaut. Wesentlich ist nach seiner Ansicht, daß wir zwischen „Beleuchtung und Beleuchtetem“ scheiden können. „Die Vorstellung, daß

stets Gegenstände als die Träger fester Farben in Betracht kommen, ist von ausschlaggebender Bedeutung“ (a. a. O. S. 374). Diese Distinktion zwischen Beleuchtung und Beleuchtetem nehmen wir schon bei normaler Beleuchtung wahr. Es entsteht dann die Schwierigkeit, wie zu erklären ist, daß die Wahrnehmung einer Oberflächenfarbe (Dingfarbe) bei nicht-normaler Beleuchtung das Vorstellungsbild dieser Farbe, wie sie sich bei normaler Beleuchtung darstellen würde, reproduzieren kann. Mit einer einfachen Reproduktion von Farbenvorstellungen hat man nach Katz hier nicht zu tun. Die Assoziationen sind von einer Natur, „wie wir sie ähnlich bei der Assoziation von Silben nicht antreffen. Das Hervorstechende an ihnen ist, daß die assoziierten Elemente selbst Produkte aus zwei Größen (Beleuchtung und Beleuchtetes) sind, deren Natur als Produkte aus einer variablen (Beleuchtung) und einer festen Größe (das Beleuchtete) aber erst aus dem Erleben von Ketten von Elementen zu entnehmen ist. . . . Bei der Erklärung der ausgezeichneten Stellung, welche die normal beleuchteten Oberflächenfarben bei diesen Assoziationen einnehmen, wird man auch an ihre zeitliche Prävalenz zu denken haben“ (a. a. O. S. 379 bis 380). So wäre die zentral bedingte Farbentransformation zu verstehen.

Auf die Theorien von Hering und Katz werde ich in diesem Zusammenhang nicht näher eingehen. Ich habe sie nur skizziert um dadurch den Ausgangspunkt meiner Versuche klarer präzisieren zu können. Es ist nämlich mit dieser vorläufigen Mitteilung beabsichtigt, dasselbe Problem von einem anderen Gesichtspunkt aus zu verfolgen. Mir scheint die Heringsche Terminologie mit einem Begriff wie „Farbenkonstanz(-beständigkeit) der Sehdinge“ die Entwicklung der Fragestellung gewissermaßen vorausbestimmt zu haben. Dieser Terminus schlägt ein für allemal fest, daß es sich um Farbenkonstanz handelt. Damit ist auch die Richtung des fortgesetzten Experimentierens angegeben. Man hat zu erklären, warum die Farben der Sehdinge annähernd konstant sind, warum diese bei buntfarbiger Beleuchtung in den Farben der „normalen“ Beleuchtung sich zeigen. Da stößt man gerade auf dieselbe Schwierigkeit wie Katz.

Kehren wir aber zu dem ursprünglichen Versuch von Hering zurück, so liegt schon in diesem eine andere Entwicklungslinie desselben Problems angedeutet: in dem ersten Falle, wenn die blaue Scheibe in dem begrenzten Gesichtsfeld eines Photometers erscheint, ist sie als **geformtes** Erlebnis gar nicht so auffallend, wie wenn sie aus dem Photometer herausgenommen wird. In diesem zweiten Fall ist die

figurale Ausgeprägtheit der Scheibe viel lebhafter, indem das blaue Papier sich jetzt als Figur gegen den weiten Hintergrund des Zimmers abbildet. Könnte man sich nicht vorstellen, daß die in diesem Falle eintretende Verstärkung der Blaukomponente des Scheibchens irgendwie von der Akzentuierung des Formelementes abhängig wäre? Vielleicht könnte man auch das wesentliche des Phänomens darin erblicken, daß das Scheibchen — oder ganz allgemein — ein farbiges Sehding in jeder Beleuchtung die Farbe annehmen muß, die die jeweilige Figurkonstellation am besten hervorhebt. Es lohnt sich^{*} der Mühe auf diese Fragen experimentell einzugehen.

Der schon mehrmals zitierten Arbeit von Katz wäre manches zu entnehmen, was für eine solche Fragestellung von Interesse wäre. Ich erwähne hier nur die uns schon bekannte Distinktion zwischen Beleuchtung und Beleuchtetem sowie den Sachverhalt, daß „Oberflächenfarben“, die im großen und ganzen mit Dingfarben synonym sind, allein eine deutliche Farbenbeständigkeit aufweisen. Die „reduzierten“ Farben (Herings Lochfarben), bei denen die figurale Konstellation durch Vorsetzen eines durchlochten Schirmes verändert worden ist, schmelzen wie das Blau im Photometer mit der jeweiligen Beleuchtung besser zusammen.

Wie soll man denn experimentell prüfen, ob der Mechanismus der Transformation im Dienste einer Farbenbeständigkeit steht oder nicht? Angenommen, daß in einer bestimmten Beleuchtung eine farbige Figur die Farbe annimmt, die — als Resultant der Zusammenwirkung aller gegebenen Farben — am deutlichsten die Figurkonstellation hervortreten läßt, so ist es einleuchtend, daß in der weit überwiegenden Mehrzahl der Fälle das Sehding auch seine Farbenkonstanz bewährt. Eine blaue Figur in roter Beleuchtung tritt am besten als blau hervor, eine grüne in derselben Beleuchtung als grün usw. Mit anderen Worten, dieselben Momente, die das Hervortreten der Figur begünstigen, sind auch für die Farbenbeständigkeit günstig. Werden Komplementärfarben in die Konstellation eingeführt, so liegen die Verhältnisse sehr kompliziert. Eine eventuelle Wirkung figuraler Momente muß zuerst in einem einfacheren Fall nachgewiesen werden. Mit Rücksicht darauf habe ich mit farbigen Figuren in gleichfarbiger Beleuchtung zu arbeiten gewählt und dabei die Variationen der figuralen Ausgeprägtheit durch Veränderungen im Hintergrunde hervorgebracht. Etwaige Veränderungen der Figurfarbe sind bei so einem Versuch eben Veränderungen; von einer Farbenkonstanz kann deshalb nicht die Rede sein.

Die konkrete Fragestellung dieser Untersuchung, die nur diesen Spezialfall der oben skizzierten Fragestellung behandelt, ist danach: Wie verhalten sich farbige Figuren in gleichfarbiger Beleuchtung, wenn die Helligkeit des zugehörigen Grundes von Weiß (0° S) über zwischenliegenden Grauanancen bis zum Schwarz (360° S) verändert wird?

Ich benutzte folgende Versuchsanordnung (vgl. Fig. 1): Ein großer Dunkelkasten (für Maße, vgl. Fig. 1) ist in zwei vollständigen voneinander getrennten, gleich großen Abteilungen geteilt. Die Vorderseite jeder Abteilung wird von einer Tür gebildet, die mit einer rundlichen Öffnung (Diameter 22 cm) versehen ist. Durch das Rohr R bzw. R_1 , eines innen und außen geschwärzten Rohrsystems, das, wie die Fig. 1 angibt, in die Öffnung eingefügt ist, sieht die Versuchsperson den elektrischen Kreisel K bzw. K_1 im Lichte der nach außen geschlossenen Lampe L (L_1). Ein Diaphragma D (D_1) dient zum Begrenzen des Gesichtsfeldes. Farbige Licht kann einfach durch Vorsetzen farbiger Gelatine oder Gläser erzeugt werden. Auf dem einen Kreisel wird die gewünschte Kombination von Beleuchtung, Figur und Grund eingestellt, der andere dient zur Messung der resultierenden Figur- oder Grundfarbe. Die Beobachtungen sind sowohl mono- wie binokulär, simultan wie sukzessiv gemacht, nur habe ich dafür Sorge getragen, daß jede Versuchsperson immer in derselben Weise beobachtet hat.

In dem hier zu schildernden Versuche sieht die Versuchsperson im Rohre R eine rote Scheibe (ein gesättigtes Zimmermannsches Rot, dessen W -Valenz nach der Brücknerschen Methode gemessen etwa 87° beträgt) mit einem Durchmesser von etwa 10 cm. Sie rotiert mit dem zugehörigen Hintergrund, der von einer barytweißen und einer schwarzen¹ Maxwellschen Scheibe zusammengesetzt ist und zu einem Ring von etwa 2·5 cm Breite begrenzt ist. Die Area der Figur ist un-

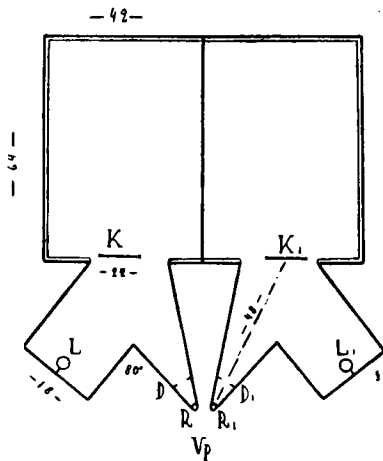


Fig. 1.

Die Maßangaben in Zentimeter.

¹ Ostwaldsches Schwarz, das 1·4 Proz. Weiß einhält.

gefähr ebenso groß wie die Area des Grundes; entweder ist der Grund ein bißchen größer (Verhältnis 1/1·5) oder kleiner (Verhältnis 1/0·8), was für den unten zu erwähnenden Kontrastversuch von Bedeutung ist. Die Lampe *L* ist eine Phillipslampe von 25 NK. Ein rotes Glas im Rohre *R* läßt das Gesichtsfeld rot erscheinen. Das Rot ist so gut wie spektralrein. Auf der anderen Seite (im Rohre *R*₁) wird die Farbgleichung eingestellt. Da das gefärbte Gläschen auch die Beleuchtung der *R*-Seite herabsetzt, muß auf der *R*₁-Seite eine schwächere Lampe (*L*₂ = 10 NK) einmontiert werden. Der Gelblichkeit des Lichtes dieser Seite habe ich durch Zusätze von Blau in der Gleichung entgegenzuwirken versucht. Diese wird reduziert eingestellt. Die Serie von

0° S bis zum 360° S wird in einer Sitzung zu Ende geführt.

Fig. 2: Die Abszisse gibt die Veränderung des Grundes von 0° bis 360° S wieder. Jeder zwanzigste Grad ist gemessen worden. In die Ordinate sind die Veränderungen der Farbe der zugehörigen Figur eingetragen. Die Gleichung ist mit Rot (Kurve I), Weiß (II), Blau (III) und Schwarz (IV) zusammengesetzt. Das Rot ist das

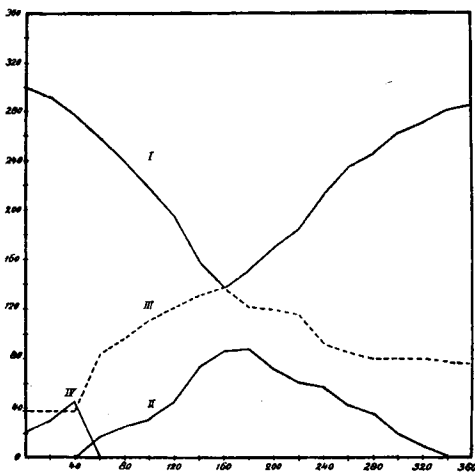


Fig. 2.

der anderen Seite sehr ähnlich, nur ein wenig gesättigter.

Unser Hauptinteresse konzentriert sich um die Tatsache, daß die Rotkurve (I) bei 0° S hoch steht, danach zu einem Minimum bei etwa 160° S sinkt, um wieder zu einem zweiten Höhepunkt bei 360° S zu steigen. Das Spiegelbild dieses Verlaufs zeigt die Weißkurve (II). Ihr Maximum liegt ungefähr bei dem roten Minimum. Mit anderen Worten, die Figur ist zuerst rot, dann wird sie weißlicher, ungesättigter, um bei ganz dunklem Grund noch einmal klarrot zu werden. Die kleine Schwarzkurve ist ein Ausdruck dafür, daß die ganze Konstellation der *R*₁-Seite heller aussieht als die der *R*-Seite und daher durch Zusatz von Schwarz verdunkelt werden muß. Wenn die Blaukurve steigt und die Figur der *R*-Seite zugleich heller wird, ist kein Schwarz mehr nötig.

Das Blau soll aber auch den gelben Strahlen entgegenwirken. Je mehr das Rot der Figur zurücktritt, desto deutlicher kommt das Gelb des Lampenlichtes auf der R_1 -Seite zum Vorschein. Deshalb finden wir auch das blaue Maximum bei dem roten Minimum bzw. dem weißen Maximum. — Die Weißvalenzen der farbigen Papiere sind aus später zu erwähnenden Gründen in die Weißkurve nicht mit einberechnet.

Immerhin muß das Blau als eine Komplikation angesehen werden, die eliminiert oder wenigstens annähernd konstant gehalten werden muß. Eine andere Schwierigkeit dieser Messungsmethode liegt in der schon von Katz erwähnten Tatsache, daß eine ganz gültige Gleichung zwischen einer so gut wie normal beleuchteten Scheibe und derselben Scheibe in farbiger Beleuchtung nicht herstellbar ist. Mit Rücksicht darauf habe ich in einer zweiten Versuchsreihe auch die R_1 -Seite in roter Beleuchtung gehabt. Bei dieser Anordnung sind auf den beiden Seiten Argentalampen von etwa 40 NK benutzt, die ein sehr weißliches Licht erzeugen. Ein hellblauer Gelatinfiler absorbiert auf der R_1 -Seite die gelben Strahlen. Die rote Beleuchtung (Gelatine) dieser Seite ist schwächer als die der anderen.

Fig. 3 zeigt eine Versuchsreihe dieser Art. Jeder vierzigste Grad ist gemessen worden. — Wir betrachten zunächst die nichtgestrichelten Kurven, die allein zu diesem Parallelversuch gehören. Die Kurve I ist die des roten Sektors, II die des weißen. Die Parallelität mit dem Ergebnis des früheren Versuchs ist nicht zu verkennen.¹ Nur liegt das

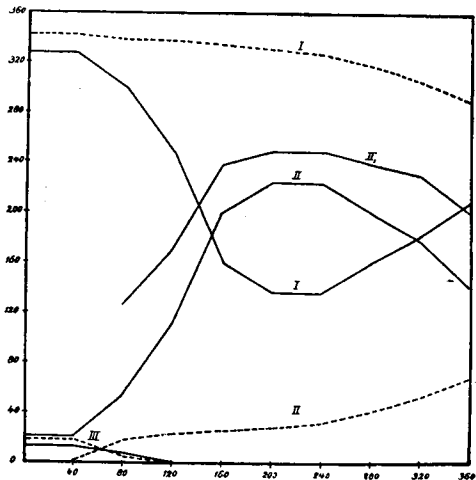


Fig. 3.

weiße Maximum höher, das rote Minimum niedriger als bei der anderen Anordnung. Das hängt davon ab, daß die Gleichung jetzt in roter Beleuchtung hergestellt ist. Da das Weiß rote Strahlen gut reflektiert, muß sehr viel Weiß hinzugefügt werden, um dem Eindruck der „Blässe“

¹ Auch wenn die R_1 -Seite in Tagesbeleuchtung erscheint — was jedoch die Messung erschwert — ist die Parallelität eine ausgesprochene.

und Weißlichkeit der Figur bei etwa 200° S zu entsprechen. Eine kleine Blaukurve (III) ist hier noch zu finden. Die Deutung des Hauptergebnisses kann sie aber nicht in nennenswertem Grade beeinflussen. In dieser Mitteilung lasse ich sie außer acht, weil ich hier nicht auf Einzelheiten eingehen kann.

Inwiefern spielt nun der Kontrast bei diesem Versuch eine Rolle? Zu erwarten wäre, daß beim Dunklerwerden des Grundes der subjektive Weißzusatz zu der Figur gesteigert werden würde. Die Weißkurve müßte als eine Folge davon kontinuierlich steigen. Tatsächlich steigt sie aber nur zu einem Maximum, um darauf wieder zu sinken. Auch wenn die Weißvalenz des roten Papiers in die Weißkurve mit eingetragen wird (Kurve II_1), zeigt sich dasselbe Verhältnis, obwohl im schwächeren Grade. Bei der Verwertung dieser II_1 -Kurve ist übrigens zu bedenken, daß sie den wirklichen Tatbestand nicht in derselben reinen Weise wie die Kurve II widerspiegelt. Nur diese veranschaulicht die reale Sättigungseinbuße der roten Figur, die davon nicht beeinflußt wird, daß die W-Valenz bei der Vergrößerung des roten Sektors proportional größer berechnet worden ist.

Es gibt aber auch eine Möglichkeit den Einfluß des Kontrastes zu prüfen. Nachdem die Veränderungen der roten Figur auf dem schwarzweißen Grunde gemessen sind, kehre ich die ganze Konstellation um; der Grund wird jetzt konstant rot gehalten, die Helligkeit der Figur von 0 bis zum 360° S verändert. Dasselbe Rot ist somit das eine Mal Figur, das andere Mal Grund. Bei ungefähr gleich großer Figur und Grund (mit 1:0.8 und 1:1.5 habe ich, wie oben angegeben wurde, versucht) hätte man nach der herkömmlichen Kontrasttheorie zu erwarten¹, daß die Kurve des roten Grundes ungefähr wie die der roten Figur verlaufen würde. Das ist aber nicht der Fall. Aus Fig. 3 — die gestrichelten Linien — ist ersichtlich, daß die Kurve des roten Grundes (I) zwei Maxima nicht zeigt wie die der roten Figur, sondern daß sie kontinuierlich sinkt. Dasselbe gilt mutatis mutandis für die Weißkurve (II, gestrichelt), die kontinuierlich steigt, d. h. gerade so läuft wie nach der Kontrasttheorie zu erwarten wäre. Die Weißkurve der Figur folgt aber anderen Gesetzen.

Die positive Erklärung der Figurkurven scheint mir folgende Überlegung anzudeuten, die sich eng an die phänomenalen Erscheinungen anschließt. Beim 0-Punkt der Abszisse, d. h. bei weißlichem Grund,

¹ Nach Kirschmann (Wundts *Philos. Studien*, Bd. VI, 1891) wächst der Kontrast proportional mit der linearen Ausdehnung des induzierenden Feldes.

der rote Strahlen gut reflektiert, sind Figur und Grund einander sehr ähnlich und zwar beide rot. Man sieht in der Tat nicht die Figur auf dem Grund so wie man es mit Rücksicht auf die Einstellung auf dem Kreisel zu erwarten hätte, sondern Figur und Grund bilden zusammen eine einheitliche Fläche, eine Figur. Wenn später dem Grunde Schwarz zugesetzt wird, so muß es bald eintreffen, daß er weniger rote Strahlen reflektiert als die rote Figur in der Mitte, die als eine Folge davon jetzt die vorher ziemlich homogene Fläche durchbricht. Eine neue Figurkonstellation hat sich gebildet. Indessen ist der Grund noch rötlich gefärbt. Nun liegt es im Interesse der ebenso roten Figur — wenn dieser Ausdruck gestattet wird — sich in irgendeiner Weise vom Grunde abzuheben. Die Figur wird weißlicher, ungesättigter. Sie erscheint mit anderen Worten mit derjenigen Farbe, die in der gegebenen Konstellation am besten ihre Form hervorhebt. Objektiv entspricht das dem Punkt des weißen Maximums bzw. des roten Minimums. Wenn bei der Vergrößerung des Schwarzsektors der Grund noch dunkler wird und somit nur einen kleinen Bruchteil des roten Lichtes reflektiert, so wird die Figur wieder klarrot. Ihre Form tritt jetzt ohne Sättigungseinbuße der roten Farbe gegen den dunklen Grund gut hervor. Wie so ein Einfluß eines Figurfaktors im einzelnen zu verstehen ist, ob ein Mechanismus *sui generis*, eine kombinierte Wirkung schon bekannter Faktoren, eine „auslösende“ Wirkung auf gewisse Funktionen des Farbensehens oder etwas ähnliches vorliegt, das sind Fragen, auf die in dieser vorläufigen Mitteilung nur hingewiesen werden kann.

Fig. 4 soll ein Korollarium des oben entwickelten Gedankenganges veranschaulichen. Wenn nämlich die figurale Ausgeprägtheit in der angedeuteten Weise von der Umfeldhelligkeit abhängt, so muß die relative Lage des weißen Maximums bei Figuren verschiedener Helligkeit vorausgesagt werden können.

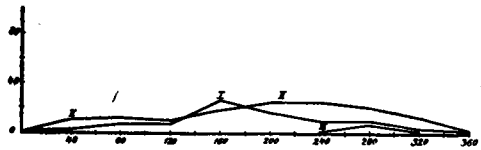


Fig. 4.

Denn nur bei hellen Figurfarben kann es eintreffen, daß Figur und Grund beim 0-Punkt der Abszisse zu einer homogen gefärbten Fläche zusammenschmelzen. Ist die Figurfarbe dunkel, so hebt sie sich bei weißlichem Grunde aus der Umgebung gut hervor und zwar als dunkle Scheibe auf hellem Grund. In diesem Falle erhält man den Eindruck einer homogenen Fläche bei weit dunklerem Grunde. Je dunkler die Figurfarbe, desto größer wird

somit auch die Abszisse für das weiße Maximum. Zugleich wird das Maximum verkleinert.

Die Kurven der Fig. 4, die in blauer Beleuchtung erhalten sind, spiegeln diese Verhältnisse wieder. Die Werte der drei Reihen sind in gestreuter Folge, die Reihen zu verschiedenen Zeiten aufgenommen. Daraus erklären sich die Unebenheiten. Es ist hier mit Blau experimentiert worden, das in blauer Beleuchtung für Weißzusatz empfindlicher ist als Rot in roter Beleuchtung. Die Maxima sind deshalb niedriger als bei der roten Figur. Jeder vierzigste Grad ist gemessen worden. Die Figur der ersten Reihe (Kurve I) ist ganz weiß, sieht aber in der blauen Beleuchtung blau aus. Die Figuren der verschiedenen Reihen sind in folgender Weise zusammengesetzt:

I	360° Weiß	in blauer Beleuchtung
II	180° Weiß + 180° Blau	„ „ „
III	360° Blau	„ „ „

Die W-Valenz des blauen Papiers ist $52 \cdot 3^\circ$. Die Verschiebung der Maxima ist in der Tafel deutlich zu sehen. Da der Versuch nur in diesem Zusammenhang hier benutzt worden ist, so sind die zugehörigen Blau- und Schwarzkurven der Einfachheit wegen fortgelassen. Wie schon früher ausgeführt wurde, wird ja der Eindruck einer ungesättigt-weißlichen Figur nur vom Weiß des Weißsektors, nicht von der totalen Helligkeit (Weißsektor + W-Valenzen der farbigen und schwarzen Sektoren) beeinflusst.
