

Zur Physiologie der Contrastfarben.

Von Alexander Rollett in Graz.

(Vorgelegt in der Sitzung am 11. April 1867.)

Der complementäre Farbeneindruck, welcher uns über objectiv farblos beleuchteten Netzhautpartien in Folge der gleichzeitigen Wirkung einer Farbe auf die umgebenden Netzhautpartien erwächst, die sogenannte subjective Contrast- oder Nebenfarbe ist in Bezug auf ihre Helligkeit und Sättigung abhängig sowohl von der Helligkeit und Sättigung der contrasterzeugenden Farbe, als auch von der Helligkeit des auf die Netzhaut wirkenden farblosen Lichtes.

Viele der Methoden, welche für die Darstellung subjectiver Contrastfarben bekannt gemacht wurden, laufen darauf hinaus den angeführten Bedingungen diejenigen Werthe zu ertheilen, bei welchen die subjective Complementärfarbe mit der relativ höchsten Sättigung hervortritt.

Wie werthvoll derlei Versuchsanordnungen für die Darstellung und theoretische Erforschung der Contrastfarben auch sein mögen, nicht minder wichtig namentlich in der letzteren Beziehung erscheint mir die ganze Reihe der durch Variation der eben angeführten Bedingungen zu erhaltenden Fälle. Gerade darüber finden sich aber in den unseren Gegenstand betreffenden Untersuchungen nur kurze und spärliche Angaben.

Ich will daher hier einige Aufzeichnungen mittheilen die ich mir in der erwähnten Beziehung gelegentlich einer Reihe von Studien über die Contrastfarben gemacht habe.

Zuerst eine historische Bemerkung. Über die Frage, welche Reihe von Eindrücken man von einer umschriebenen Netzhautstelle erhält, wenn man dieselbe successive mit weißem Lichte von wechselnder Intensität beleuchtet, während die übrige Netzhaut unter der Wirkung einer bestimmten Farbe steht, äußert sich unter den Autoren, die darauf Bezug nehmen Fechner ¹⁾ am Ausführlichsten.

¹⁾ Über subjective Nach- und Nebenbilder. Poggendorff's Annalen Bd. L, p. 427.

Anknüpfend an seine berühmten Schattenversuche sagt F e c h n e r (l. c. p. 436), daß sich durch angemessene Abänderungen der Größenverhältnisse der zwei Öffnungen im Fensterladen, durch deren eine Tageslicht, durch deren andere farbiges Licht einfällt, immer der Fall verwirklichen läßt, daß ein objectiv gefärbter Schatten im ersten und ein subjectiv gefärbter Schatten im zweiten Lichte gleich intensiv gefärbt erscheinen. „Wenn man von dem Fall dieser Gleichheit ausgehend“, sagt F e c h n e r weiter, „die tageshelle Öffnung vergrößert, während man die andere ungeändert läßt, so verdünnt sich die Farbe des subjectiven Schattens immer mehr mit Weiß, so daß sie zuletzt ganz unscheinbar wird, verkleinert man dagegen die tageshelle Öffnung immermehr, während man die andere ungeändert läßt, so verdunkelt sich die Farbe des subjectiven Schattens immer mehr und nimmt an Deutlichkeit ab bis zu der Grenze, welche auch — noch bei geschlossener tagesheller Öffnung stattfindet. Es gibt sonach ein gewisses Verhältniß beider Lichter, bei welcher die subjective Färbung das Maximum der Deutlichkeit besitzt und es scheint, daß die objective Farbe nur die subjective Färbung eines gewissen ihrer Intensität proportionirten vielleicht gerade gleichen Theiles weißen Lichtes in der Umgebung zu bewirken vermag. Ist mehr weißes Licht vorhanden, so bleibt dieser Überschuß ungefärbt und schwächt dadurch die complementäre Farbe, ist weniger weißes Licht vorhanden, so wird Alles gefärbt aber nicht so viel als gefärbt werden könnte, wenn mehr vorhanden gewesen wäre. Die Farbe erscheint dann zwar rein von beigemischtem Weiß aber dunkel weil es überhaupt an Strahlen fehlt.“

Diese Angaben F e c h n e r's verdienen gewiß die höchste Beachtung. Und mehr als das bisher im Allgemeinen geschehen ist, müssen sie bei den Versuchen die Contrastfarben zu erklären in Betracht gezogen werden.

Versuche mit ähnlichen Resultaten, wie sie F e c h n e r erhielt lassen sich nun auch noch nach anderen Methoden anstellen und zwar kann man zunächst die gesättigten Absorptionsfarben von gefärbten Gläsern direct als constrasterzeugende Farben wirken lassen, eine Bedingung, welche ich besonders hervorhebe. Erstens wird dadurch vermieden, daß wie es bei den F e c h n e r'schen Versuchen mit den zwei Öffnungen der Fall ist, mit der Änderung der Helligkeit des auf die eine Netzhautstelle fallenden Weiß, auch eine Änderung der

Helligkeit und Sättigung der auf die nebenliegenden Netzhautpartien wirkenden Farbe sich verknüpft.

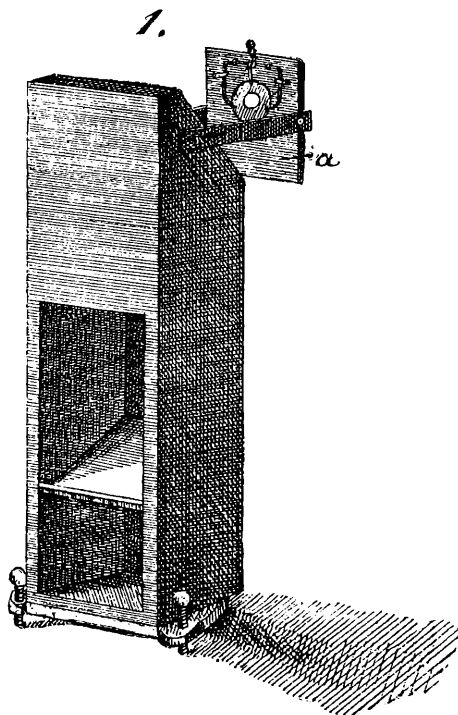
Zweitens begegnet man nicht selten der Angabe, daß gesättigte Farben sich für die Erzeugung von Contrastfarben weit weniger eignen als weißliche Farben, was nicht der Fall ist, wenn man nur neben der gesättigten Farbe, die möglichst lichtstark sein muß, auch die übrigen Bedingungen richtig wählt.

Ich ließ mir durch die Mitte quadratischer farbiger Glastafeln kreisrunde Löcher schleifen von 27 Millim. Durchmesser. In diese letzteren konnten genau passende in Form runder Platten geschliffene weiße oder neutral graue Gläser eingelegt werden, die letzteren sollen wirklich nur verdunkeln ohne zugleich auch einen Farbenstich hervorzubringen.

Von den grauen Gläsern, welche ich erhielt, waren nur wenige diesen Anforderungen entsprechend. Diese sind echte Londoner

Smokeglasses lichtere und dunklere, aus welchen ich, indem zum Theile mehrere combinirt wurden, sieben Stufen der Helligkeit herstellen konnte.

Die durchbohrten farbigen Tafeln konnten jeweilig eine auf einen vier-eckigen Rahmen im Querschnitt eines hölzernen Kästchens Fig. I gelegt werden und wurden mittelst eines um eine horizontale Axe drehbaren Spiegels von unten her nach Art der mikroskopischen Objecte durchleuchtet. Über die horizontal liegende farbige Tafel wird ein Aufsatz gebracht der denselben Querschnitt besitzt wie das Kästchen.



Seine untere Wand wird von einem Diaphragem gebildet, dessen kreisförmige Öffnung ein Feld von 110 Millim. Diameter frei läßt.

In der Mitte dieses Feldes befindet sich das in die farbige Tafel eingelegte graue Glas.

Die obere Wand des Aufsatzes fällt unter einem Winkel von 45° nach hinten ab und besitzt zu einem später anzugebenden Zwecke einen länglich viereckigen Ausschnitt. Vorerst ist der letztere mit einem undurchsichtigen Deckel verschlossen, durch dessen Mitte vertical eine Ocularröhre gesteckt ist. Alle Theile sind innen möglichst gut und tief geschwärzt.

Das Kästchen wird unmittelbar am Fenster aufgestellt und an passenden Versuchstagen, an welchen der Himmel mit weißen Wolken bedeckt ist, deren Licht der Spiegel zu reflectiren hat, die Versuche in der Weise angestellt, daß man für ein contrast-erzeugendes Feld von bestimmter Farbe, die Reihe der Contrastfelder vom Weiß bis zum dunkelsten Grau der Reihe nach durchläuft. Auf der Mitte einer jeden von den letzteren Platten ist ein kleiner Punkt als Fixationszeichen angebracht.

Das beobachtende Auge ist auf diesen scharf einzustellen und hat denselben während eines Versuches festzuhalten. Man hat dann für einzelne dieser Combinationen von grauen mit farbigen Gläsern sofort den lebhaften Eindruck als ob das in die farbige Tafel eingelegte Glas ebenfalls gefärbt und zwar im Allgemeinen complementär zur contrast-erzeugenden Farbe erscheine. Aus den eben erwähnten Versuchen sollen Folgerungen für den simultanen Contrast abgeleitet werden. Man wäre aber vielleicht geneigt bei denselben an complementäre Nachbilder zu denken, die auf das graue Feld projicirt zu Erscheinungen des successiven Contrastes (Chevreul)¹⁾ Veranlassung geben könnten.

Um einem solchen Einwand zu begegnen gehe man mit möglichst ausgeruhten Augen, also nach längeren Intervallen zwischen den einzelnen Versuchen an die Beobachtung. Zu Anfang jedes Versuches halte man, nachdem der Kopf in die passende Lage über der Ocular-

¹⁾ Chevreul: De la loi du contraste simultané des couleurs et de ses applications. Paris 1839. p. 48—58 und Helmholtz physiologische Optik Karsten's Encyclopaedie Bd. IX, p. 388—392.

röhre gebracht ist, die Augen geschlossen und mit den Händen bedeckt. Erst wenn das Sehfeld homogen geworden, entferne man von dem beobachtenden Auge die bedeckende Hand und sehe nach dem früher bemerkten Fixationspunkte.

Es wird sogleich verrathen, wann die Ausführung eines Versuches dieser Intention nicht entspricht durch lebhaft aufblitzende Randscheine (Fechner), welche unterbrochen hier und dort an der Peripherie des Contrastfeldes in Folge schwankender Blicke auftreten und zu vermeiden sind.

Die complementäre Contrastfarbe auf dem mittleren Felde unserer Platten ist, wenn man nach diesen Regeln verfährt immer sofort nach Öffnung des fixirenden Auges so deutlich und lebhaft, als sie während eines Versuches überhaupt wahrgenommen wird. Bei dauernder strenger Fixation wird sie dagegen immer schwächer empfunden, bis sie endlich in eine Nuance der contrasterzeugenden Farbe selbst umschlägt.

Dann ist aber das complementäre Nachbild der contrasterzeugenden Farbe gerade sehr deutlich durch reagirendes weißes Licht zu entwickeln, also die Empfindlichkeit der von der contrasterzeugenden Farbe getroffenen Netzhautpartie gegen die Qualität dieser Farbe bedeutend herabgesetzt.

Kurz man beobachtet bei diesen Versuchen die von Fechner zuerst als charakteristisch für den simultanen Contrast hervorgehobene Umkehr der Erscheinungen auf dem Contrastfelde, welche den berühmten Gelehrten veranlaßte, die nach anhaltendem Fixiren auftretende gleichnamige Farbe, das Complement des Complementes der contrast-erzeugenden Farbe zu nennen und anzunehmen, daß beide in demselben Grade sich geltend machen. Das erstere frei, das letztere die Qualität der contrasterzeugenden Farbe neutralisirend, welche he anhaltendem Fixiren matt und graulich wird.

Ich will nach diesen Bemerkungen zu den Einzelversuchen übergehen. Die farbigen Gläser, welche ich benutzte, waren gesättigt gefärbt und zwar ein rothes Überfangglas (Kupferoxydul), ein Grünes (Kupferoxyd), ein Kobaltglas, ein Gelbes und ein dunkel Purpurviolettes.

Die grauen Gläser die in einer Reihenfolge mit dem weißen Glase (I) mit II bis VIII bezeichnet werden sollen, ergaben, wenn die Verdunklung, welche sie an weißem Papiere bei Tagesbeleuchtung

hervorbrachten, nach einem von Talbot¹⁾ vorgeschlagenen photometrischen Principe²⁾ verglichen wurde mit der Verdunklung, welche rasch gedrehte schwarze Scheiben mit durchbrochenen Sektoren hervorbrachten, für Grau II 260° offenen Sector, für Grau III 200°, für Grau IV 148°, für Grau V 114°, für Grau VI 80°, für Grau VII 66°, für Grau VIII 45°. Diese Angaben mögen für die Wahl solcher Gläser genügen. Durchläuft man nun die Reihe dieser farblosen Gläser von I—VIII für jede der contrasterzeugenden Farben und zwar mit den früher berührten Vorsichten und bemerkt immer den ersten Eindruck beim Öffnen des beobachtenden Auges, so erhält man Reihen von Contrastfarben mit den folgenden gut zu unterscheidenden Gliedern oder Übergänge zwischen derselben.

In der grünen Tafel:

Weiß, Blaßrosa, Gesättigtes Rosa, Purpur ins Graue, Grau ins Purpur, röthlich Grau.

In der rothen Tafel:

Weiß, schwach Bläulichweiß, Wasserblau, Blaugrün, lichtschwach Blaugrün, Schwarz mit blaugrünem Stich.

In der blauen Tafel:

Schwach Gelblichweiß, Lichtgelb, hell Gelbbraun, Lichtbraun mit violettem Stich, Braunviolett, Dunkelbraun mit violettem Schimmer.

In der gelben Tafel:

Bläulichweiß, Himmelblau, tiefer Blau, Blaugrau, Schwarz mit bläulichem Stich.

In der violetten Tafel:

Weiß, licht Grünlichgrau, Graugrün, dunkles Graugrün.

Bei Anwendung des blauen Glases tritt für meine sonst sehr guten Augen bei zunehmender Verdunklung des Contrastfeldes sichtlich eine Complication der Contrasterscheinungen mit dem im Auge zerstreuten Lichte der farbigen Tafel immer störender hervor.

Ein Moment, welches sich in verschiedenen individuellen Augen verschieden stark wahrscheinlich auch für andere Farben geltend machen wird.

Abgesehen von diesen Störungen, welche nur in einzelnen Versuchen hervortreten erhielt ich aber bei den angeführten Versuchen

¹⁾ Poggendorff's Annalen Bd. XXXV.

²⁾ Siehe auch Aubert Physiologie der Netzhaut. Breslau 1864. p. 34.

eine Reihe von schönen Contrastfarben für jede der gesättigten erzeugenden Farben. In diesen Reihen finden sich Glieder, die wie man sich leicht überzeugen wird an Deutlichkeit und Sättigung der Farbe den besten nach anderen Methoden dargestellten Contrastfarben nicht nur nicht nachstehen, sondern dieselben noch übertreffen. Es bestätigt sich ferner in diesen Versuchen, was auch in den oben angeführten Schattenversuchen Fechner's beobachtet wird.

Daß eine Reihe von mittleren Helligkeiten des Contrastfeldes dem chromatischen Effect des Contrastes am Günstigsten ist.

Bei diesen erhält man Contrastfarben deren Helligkeit im Vergleich mit der Helligkeit der contrasterzeugenden Farbe nicht allzu sehr zurücktritt und wobei die subjective Contrastfarbe selbst noch den Eindruck einer gesättigteren Farbe macht.

Diese Versuche zeigen ferner, daß gleichbleibende Wirkung einer bestimmten contrasterzeugenden Farbe vorausgesetzt die complementäre Farbe über der farblos beleuchteten Netzhautpartie erst mit dem Anwachsen des auf die letztere wirkenden Reizes sich allmählig zu einer bestimmten Intensität entwickelt, also nicht etwa auf einer objectiv ganz unerregten oder von einem verschwindend kleinen Reiz getroffenen Netzhautpartie bloß in Folge der Wirkung der auf differente Netzhautorte treffenden contrasterzeugenden Farbe schon in einer Stärke vorhanden ist, daß sie bedeutende Quantitäten von sich zumischendem Weiß noch farbig zu nuanciren im Stande wäre.

Auf unserem lichtschwächsten grauen Felde ist von der Complementärfarbe nur wenig zu sehen und wenn man die einzelnen der obigen Versuchsreihen noch überdies mit einander vergleicht, erscheint in den helleren farbigen Tafeln das lichtschwächste Contrastfeld vielmehr verdunkelt, als in jenen, welche weniger Licht durchlassen. Den untersten Grenzfall habe ich in meiner kürzlich veröffentlichten Abhandlung zur Lehre von den Contrastfarben und dem Abklingen der Farben behandelt. Diese Berichte Bd. LV. II. Abth. März-Heft. 1867.

Hat endlich der farblose Reiz ein bestimmtes Maximum der Intensität überschritten, so nimmt die Deutlichkeit der Contrastfarbe für jede unserer erzeugenden Farben wieder ab, weil der subjectiv gefärbte Eindruck an Sättigung verliert.

Wie alle Farbeindrücke kann ich mir auch den jeweilig gegebenen subjectiven Farbeindruck, für welchen ja bei Ausschluß des Contrastes eine ihm dem Eindrucke nach vollkommen äquivalente objective Farbe substituiert werden kann, zurückgeführt denken auf die Summe bestimmter physiologischer Intensitäten von einer bestimmten Farbe und von Weiß¹⁾.

Ist m diese Summe, w die Menge des darin enthaltenen Weiß, so ist $m-w$ die Farbenintensität und $s = \frac{m-w}{m}$ die Farbensättigung des Eindruckes. Nach dem unmittelbaren Eindrucke, welchen die Reihe der Contrastfarben auf das Auge macht, muß man schließen, daß von einer gewissen mittleren Helligkeit des Contrastfeldes an, sich mit dem weiteren Wachsen dieser Helligkeit in dem obigen Ausdrucke der Werth von w dem Werth von m immer mehr nähert.

Da uns alle Mittel fehlen, subjective Farbenintensitäten direct zu messen, wird sich der Satz freilich nicht exact beweisen lassen.

Allein man muß auf eine allmälige Änderung der Sättigung schließen, weil die Eindrücke auf dem Contrastfelde successive wirklich in Weiß übergehen und weil andererseits durch die Erfahrung leicht zu constatiren ist, daß Farbenmuster, welche mit unseren helleren und eben noch deutlichen Contrastfarben übereinstimmen, z. B. leicht gefärbte Gläser, wenn man successive verdunkelnde graue Gläser damit combinirt, durchaus nicht in jene dunkleren aber auffallend gesättigteren Farbtöne übergehen, welche bei der successiven Verdunklung unserer Contrastfelder sich folgen.

In den bisher mitgetheilten Versuchen war nur eine der Eingangs erwähnten Bedingungen, welche auf die subjective Contrastfarbe von Einfluß sind, zu variiren.

Es lag mir daran, jene Bedingung variirbar zu erhalten, zugleich aber auch die Helligkeit und Sättigung der contrasterzeugenden Farbe veränderbar zu machen.

Dazu dient eine geringe Abänderung der früheren Versuchsanordnungen.

¹⁾ Grassmann, Pogg. Annalen Bd. LXXXIX. p. 69 und Helmholtz, physiolog. Optik.

a) Die Beleuchtung der farbigen Glastafel läßt sich verändern, indem man das Licht, welches das farbige Glas durchleuchtet, in den einzelnen Versuchen abwechselnd von dem zuerst angewendeten Spiegel oder aber von einem weißen oder heller oder dunkler grauen Papieren reflectiren läßt.

Ich bereitete aus möglichst fein verriebenem Zinkweiß und wechselnden Mengen von eben so fein verriebenem Beinschwarz verschiedene Grau und befestigte die Pigmente mit dünner farbloser Leimlösung möglichst gleichmäßig auf Papier. Das Zinkweis war ein möglichst reines aber käufliches Präparat, welches mit dem schwarzen Pigment möglichst neutralgraue Töne gab, was bei frisch gefälltem Zinkweis oder kohlenaurem Baryt nicht der Fall war, da die daraus bereiteten Grau sehr merklich ins Blaue abwichen.

Sechs nach obiger Angabe mit Grau und ein nur mit dem Weiß bemaltes Papier bildeten, wenn man die grauen Papiere mit einer rasch rotirenden Doppelscheibe verglich, die aus einer mit dem Schwarz und einer mit dem Weiß bemalten Scheibe bestand, welche nach Maxwell's Methode in einander geschoben und auf beliebige Sektoren eingestellt werden konnten, die folgende Reihe:

$$\begin{aligned} W_1, \\ W_2 &= 195^\circ W_1 + 165^\circ \text{Schwarz}, \\ W_3 &= 132^\circ W_1 + 228^\circ S, \\ W_4 &= 87^\circ W_1 + 273^\circ S, \\ W_5 &= 50^\circ W_1 + 310^\circ S, \\ W_6 &= 25^\circ W_1 + 335^\circ S, \\ W_7 &= 10^\circ W_1 + 350^\circ S. \end{aligned}$$

Unter Anwendung des Spiegels und dieser sieben Papiere zur Beleuchtung erhält man von jeder Farbe acht Helligkeitsstufen I—VIII.

b) Mit jeder der so erhaltenen Farbenstufen kann man nach der Lambert-Helmholtz'schen Methode beliebige Mengen weißen Lichtes mischen, wenn man den mit der Ocularröhre versehenen Deckel von dem früher beschriebenen Kästchen entfernt und durch eine weiße Spiegelglasplatte ersetzt, welche durch einen Schirm, der in passender Entfernung angebracht wird gegen von der Decke des Zimmers einfallendes Licht geschützt werden muß.

Der Spiegelplatte gegenüber befindet sich das verticale Brettchen, Fig. 1 *a*, auf dem mittelst eines federnden Halters Scheiben

befestigt werden können, welche aus dem weißen, den grauen und dem schwarzen Papiere in Form eines den Durchmesser des Diaphragma besitzenden Kreises geschnitten sind. Die Entfernung des Brettchens ist so gewählt, daß das Spiegelbild dieser Scheiben genau in die Ebene der Glasplatten fällt.

c) Jede der unter *b* angeführten Scheiben hat in ihrer Mitte ein kreisförmiges Loch von dem Durchmesser des Loches in den farbigen Glastafeln. An der Rückseite ist sie mit dünnem Glanzpapier überzogen, damit unter ihr eine zweite volle graue Scheibe hingeschoben werden kann, deren durch das Loch sichtbarer Theil im Spiegelbilde das Contrastfeld decken soll. Das Loch in den Glasplatten, welche zu den früheren Versuchen dienten, wird jetzt mit einer matt und tief schwarzen Pappscheibe ausgelegt, oder aber man kann auch andere undurchbohrte Glastafeln von gesättigter Farbe benützen, auf welche man eine undurchsichtige schwarze Papierscheibe von entsprechender Größe klebt. Durch Wechseln der untergeschobenen vollen Papierscheibe kann die Helligkeit des Contrastfeldes variirt werden.

Es ist also für jede unserer acht Helligkeitsstufen jeder einzelnen Farbe und für jede einzelne Combination jeder dieser Stufen mit den verschiedenen Weiß die Helligkeit des Contrastfeldes siebenmal zu ändern und man erhält so bei an hellen Tagen und passender Beleuchtung angestellten Versuchen für jede einzelne Farbe eine Fülle von Contrastfarbennuancen für die directe Beobachtung. Es sollen hier nicht alle Versuche einzeln beschrieben werden. Man wird sie aber mit den angegebenen einfachen Hilfsmitteln leicht wiederholen können. Dabei wird sich von selbst ergeben, bis zu welchem Grad von Verdunklung und Zumischung von Weiß man im einzelnen Falle gehen kann. Die Mannigfaltigkeit der dabei auftretenden Contrastfarben, die oft überaus prächtig sind, ist wie gesagt, eine sehr große und wären dieselben nicht schwer nach vorliegenden Farbenmustern auszuwerthen. Hier sollen indes nur einige allgemeine Thatsachen, welche sich aus den Versuchen ergeben, besprochen werden.

1. Die Contrastfarbe erscheint, wie dies längst angenommen aber erst unlängst von Brücke ¹⁾ experimentell näher untersucht

1) Diese Berichte Bd. 51, p. 461.

wurde, complementär zur contrasterzeugenden Farbe. Soweit sich das mit den Augen beurtheilen läßt, sprechen alle unsere zahlreichen Versuche dafür.

Unter Complementärfarben verstehe ich aber nach Helmholtz die einfachen oder doch mit diesen gleich aussehenden Farben

Roth und Grünlichblau,
Orange und Cyanblau,
Gelb und Indigoblau,
Grünlichgelb und Violett,
Grün und das bichromatische Purpur.

Überhaupt nur solche Farben, die in complementären Mengen mit einander gemischt ein wirkliches Weiß geben, welches an und für sich sowohl, als auch in beliebigen Mengen zu einer anderen einfachen Farbe gesetzt sich chromatisch vollkommen indifferent verhält, wenn wir uns auch bei unseren Versuchen anstatt solchem chromatisch indifferenten Weiß mit dem von weißen oder grauen Papieren reflectirten Tageslichte begnügen mußten. Das letztere enthält, wie Brücke mit Scharfsinn darzulegen suchte, einen Überschuß von Roth, den wir zwar für gewöhnlich übersehen, der sich aber geltend macht, wenn gegen die Zumischung von Roth empfindliche Farben mit reflectirtem Tageslichte vermischte werden, indem dabei nicht die Sättigung jener Farben allein, sondern auch die Tinte und zwar im Sinne von zugemischtem Roth geändert wird [Aubert¹⁾, Brücke²⁾].

Andere Abweichungen, als solche, welche sich auf den eben angeführten Grund zurückführen lassen oder aber, wie es beim blauen Glase bei heller Beleuchtung der Fall ist, auf die Zerstreuung der objectiven contrasterzeugenden Farbe im Auge, habe ich nicht beobachtet und will daher hier, da ich Vergleiche mit Farbenmustern im Einzelnen nicht angestellt habe, auch auf den Ton der Contrastfarbe nicht weiter eingehen.

2. Wenn man einmal für die erste Helligkeitsstufe einer gesättigten Farbe, dann aber auch für alle übrigen successive folgenden Helligkeiten die Reihe der Contrastfelder vom hellsten bis zum wenigst hellen durchläuft und die Erscheinungen, welche bei Anwendung

¹⁾ l. c. p. 136.

²⁾ l. c. p. 470 u. s. f.

der hellsten und der dunkelsten contrasterzeugenden Farbe erhalten werden, mit einander vergleicht, so bemerkt man, daß für die dunklere Farbe die Helligkeiten des Contrastfeldes, auf welchen eine deutliche chromatische Abänderung hervorgerufen wird, kleinere Werthe haben, als für die hellere contrasterzeugende Farbe. Es ist die obere Grenze herabgerückt. Ein Weiß, welches neben der ersten Helligkeit einer Farbe noch deutlich subjectiv gefärbt erscheint, ist neben der dunkelsten Stufe derselben Farbe nicht merklich chromatisch geändert.

Die untere Grenze liegt für die dunklere Farbe ebenfalls tiefer als für die hellere, da neben der letzteren wegen des Contrastes von hell und dunkel, Contrastfelder, die auf der dunkleren Farbe noch relativ lichtstark erscheinen, schon lichtschwach und schwarz aussehen.

Als Beispiel möge das Folgende gelten.

Tabelle I.

Contrast- erzeugende Farbe	Eindruck auf das Auge					
		W_1	W_2	W_3	W_4	Contrast- feld
Grün I	helles gesättigtes Grün	helles Rosa	Rosa	dunkles Rosa	Purpur ins Grau	Ein- druck auf das Auge
Grün VI	dunkles aber deutliches Grün	Weiß	Weiß mit kaum merklichen Rosastich	licht- röthlich Grau	röthlich Grau	
		W_5	W_6	W_7	Contrastfeld	
Grün I	helles gesättigtes Grün	Dunkel röthlich Grau	sehr dunkel Grau- röthlich	Fast Schwarz mit röthlichen Anflug	Eindruck auf das Auge	
Grün VI	dunkles aber deutliches Grün	dunkler röthlich Grau	dunkler röthlich Grau	dunkel Grau in's Röthliche		

Was vom Grün und seiner Contrastfarbe, gilt in ähnlicher Weise auch von allen anderen Farben.

Neben lichtschwachen gesättigten Farben sind also auch alle deutlichen Contrastfarben verhältnißmäßig lichtschwach, da bei zunehmender Helligkeit des Contrastfeldes die Contrastfarbe bald in einer überwiegenden Menge von weißem Lichte unmerklich wird.

Wollte man die größte Helligkeit des weißen Lichtes, welches durch eine daneben gesetzte Farbe noch merklich farbig abgeändert wird als ein Maß für die Wirksamkeit der contrasterzeugenden Farbe ansehen, so stehen die dunkleren Farben in Bezug auf diese Wirksamkeit den helleren nach.

Man kann sich andererseits neben jede auch noch so helle gesättigte Farbe, bis zu der Grenze, wo diese selbst weißlich wird, immer ein so helles Weiß gesetzt denken, daß die Contrastfarbe in demselben unmerklich wird.

In den eben mitgetheilten Beobachtungen findet man den Grund für die Wirkung der verdunkelnden Platten in unserer ersten Versuchsreihe, ferner für die geringere Brauchbarkeit zur Darstellung von Contrastfarben, welche gesättigt gefärbte Papiere, im Vergleich mit den zu den vorliegenden Untersuchungen benützten gefärbten Gläsern darbieten.

3. Es hat sich im Vorhergehenden gezeigt, daß eine hellere Farbe, als contrasterzeugende Farbe wirksamer ist als eine dunklere.

Es soll nun die Frage behandelt werden, welchen Einfluß der Zusatz von weißem Licht zu einer bestimmten Farbe hat, wodurch eine hellere aber zugleich weniger gesättigte Nuance aus derselben entsteht.

Man kann zur Entscheidung dieser Frage die Mischungen der dunkleren Stufen unserer gesättigten Farben mit dem dunkelsten bis hellsten Weiß benützen. Also z. B. Grün VII + Weiß₂ oder Roth VIII + Weiß₁ u. s. w. als contrasterzeugende Farbe wirken lassen und wieder die verschieden hellen Contrastfelder successive durchlaufen. Man wird bei diesen Versuchen bemerken, daß auf Contrastfeldern von einer Helligkeit, bei welcher die in der Mischung enthaltene Stufe der gesättigten Farbe für sich allein keine oder nur eine sehr unmerkliche subjective Farbe hervorbrachte, nun wieder eine deutliche Contrastfarbe zu bemerken ist, die aber an Sättigung jener nachsteht, welche man auf demselben Contrastfelde wahrnimmt,

wenn man die entsprechende Helligkeitsstufe der gesättigten contrasterzeugenden Farbe nicht durch Zusatz von Weiß, sondern dadurch, daß man die Intensität der Beleuchtung verstärkte, aufhellen würde. z. B.

Tabelle II.

Contrasterzeugende Farbe	Eindruck derselben auf das Auge		
Grün I	helles gesättigtes Grün	Weiß ₁	Contrastfeld
		helles Rosa	Eindruck auf das Auge
Grün VI	dunkles Grün	Weiß	
Grün VI + Weiß ₁	grünlich Weiß	blasses aber deutliches Rosa	

Merkwürdig ist bei der Reihe der letzteren Versuche der Fall, wo sehr viel Weiß über eine dunklere Farbenstufe und das darin ausgesparte schwarze Feld gleichmäßig ausgebreitet wird, wie es geschieht, wenn man eine möglichst helle volle weiße Scheibe allein mittelst der Spiegelglasplatte in die Ebene der farbigen Tafel projicirt, während für die letztere eine entsprechend schwache Beleuchtung hergestellt wird.

Dabei kann der Ton der objectiven Farbe soweit zurückgedrängt werden, daß man alle Mühe hat, in der Masse des gemischten weißlichen Lichtes noch die schwache Tinte der objectiven Farbe wahrzunehmen, während auf dem etwas dunkleren Contrastfelde das subjective Complement so deutlich entwickelt ist, daß mehrere unbefangene Beobachter, welche ich in den Apparat schauen ließ, sogleich die Angabe machten, sie sähen einen rosenrothen, gelben oder violetten Fleck u. s. w. auf weißem Grunde.

Hält man aber in solchen Versuchen das von unten einfallende Licht temporär ab, durch einen vor die vordere Öffnung des Kästchens, Fig. 1, gebrachten undurchsichtigen Schirm und bringt so vorerst das Spiegelbild des weißen Papieres allein zur Anschauung, so wird bei plötzlicher Entfernung des Schirmes allerdings sogleich der Übergang in die sehr weißliche contrasterzeugende Farbe bemerkt. Das

Eigenthümliche der angezogenen Versuche ist aber, daß, so lange man unbefangen auf das Versuchsfeld hinsieht und des zuletzt angeführten Vergleiches entbehrt, der Eindruck der Contrastfarbe dem Beobachter sich mehr aufdrängt, als die schwache Tinte der weißlichen contrasterzeugenden Farbe, so daß man geneigt ist die letztere für Weiß zu erklären, während man die complementäre Contrastfarbe auf dem etwas dunkleren mittleren Felde noch deutlich wahrnimmt.

Hier fällt man also ein Mißurtheil über die contrasterzeugende Farbe, indem man über der Menge weißen Lichtes, welche sie enthält, die darin vorherrschende Farbe übersieht, etwa so, wie man den gewohnten Überschuß von Roth im Tageslichte meist vernachlässigt; trotzdem sieht man aber die entsprechende subjective Complementärfarbe ganz deutlich und es ist in diesem Falle nicht recht möglich, diese wieder auf eine Urtheilstäuschung zurückzuführen, denn das Vorhandensein der letzteren ließe sich nur annehmen, wenn die erstere vermieden worden wäre.

Was die Wirkung der Zumischung von weißem Licht zur contrasterzeugenden Farbe betrifft, für welche in Tabelle II. ein Beispiel gegeben wurde, so ist hier ein von Helmholtz besonders hervorgehobenes Moment zu berücksichtigen. Es ist dies eine besondere Art von Vergleichung, zu welcher wir durch die ähnlicheren Eindrücke, die wir dabei von der weißlichen contrasterzeugenden Farbe und dem Contrastfelde empfangen, veranlaßt werden. Wir setzen die beiden Eindrücke gleichsam in Beziehung zu einem mittleren dritten, dem Weiß und fassen sie als eine Abweichung von diesem nach der einen und nach der andern Richtung auf.

Neben einer gesättigten Farbe kann eine schwache Contrastwirkung auf hellem Contrastfelde in der Maße des Lichtes, welches wir neben der contrasterzeugenden Farbe als Weiß wahrnehmen, übersehen werden. Mischt man dagegen der gesättigten Farbe sehr viel Weiß zu, so daß man es bei der Betrachtung des contrasterzeugenden Grundes und des Contrastfeldes gleichsam nur mit zwei verschiedenen Weiß zu thun hat, so wird, weil wir einen Vergleich zwischen beiden nach der oben angeführten Weise anzustellen in der Lage sind, uns eben dadurch noch eine schwache Contrastwirkung auffallen können. Nur wenn diese sehr gering ist und die Helligkeit des Contrastfeldes bedeutend überwiegt, geht der complementäre Eindruck über dem letzteren verloren, wie man bemerkt, wenn man

anstatt der schwarzen Papierscheibe, das weiße Glas in das Loch der farbigen Tafeln einlegt und darüber das Spiegelbild des weißen Papiers projecirt. Es ist aber auch das Umgekehrte möglich, wie eben die oben angeführten Grenzfälle zeigen, bei welchen über dem weniger hellen Contrastfelde die Tinte der subjectiven Contrastfarbe sich stärker hervorhob, als die Tinte der helleren weißlichen, objectiven Farbe.

Schließlich ist hier anzuführen, daß für die Reihe der Contrastfarben, wie sie durch Wechsel der Helligkeit des Contrastfeldes erhalten werden kann in Bezug auf die weißlichen Farben, dasselbe gilt, was früher für die gesättigten Farben angeführt wurde, nur ist diese Reihe nach Unten, wegen des Contrastes von hell und dunkel rascher geschlossen. Bemerkenswerth ist das tiefe Schwarz, welches auf den dunkleren Contrastfeldern neben den weißlichen Farbenstufen bei diesen Versuchen wahrgenommen wird, und welches im Vergleich mit dem, was man sonst als Schwarz anzusehen gewohnt ist, so tief, ja ich möchte fast sagen gesättigt erscheint, daß man sich der Vorstellung, man habe es dabei mit einer positiven Empfindung zu thun, fast nicht erwehren kann.

Mit den durchbohrten farbigen Glastafeln, wie sie zu den angeführten Versuchen dienten, habe ich auch noch in anderer Weise Versuche angestellt.

Dabei wurden jene Tafeln über einen 215 Millim. Seite besitzenden quadratischen Ausschnitt des Fensterladens vom Innern des verfinsterten Zimmers her aufgepaßt. So lange das Loch in der eben benützten Tafel mit dem weißen Glase ausgelegt war, bemerkte man, wenn man durch die Mitte des Loches hindurch auf einen Punkt einer gegenüberliegenden weißen Wand oder Schneefläche, was ich manchmal zu thun in der Lage war, sieht, entweder keine oder wenigstens eine kaum merkliche Contrastfarbe. Eher erscheinen dunkler graue oder farbige Körper der Außenwelt im Colorit etwas geändert.

Anders verhält es sich, wenn man graue Platten in das Loch der farbigen Tafeln einlegt. Man hat dann für einzelne derselben von gewisser mittlerer Helligkeit den sehr lebhaften Eindruck, als ob auch durch dieses graue Glas gefärbtes Licht einfallen würde, und urtheilt im Ganzen so als ob die durch das objectiv graue Glas sichtbarer

Gegenstände, ebenso wie die Gegenstände, welche man durch die größere farbige Tafel wahrnimmt, in einer farbigen Beleuchtung erscheinen würden. Die Umstände, unter welchen man hier die Contrastfarbe sieht, sind sehr eigenthümlicher Natur. Durch die graue Platte, sollten wir die Gegenstände der Außenwelt in ihren natürlichen Farben, wie im gedämpften Tageslichte sehen, da es uns ja leicht ist, diese Farben untereinander und mit der Farbe des farbigen Glases zu vergleichen. Wir empfangen aber sobald die letztere über einen großen Theil unserer Netzhaut verbreitet ist, auch von den übrigen Netzhautpartien den Eindruck einer herrschenden Farbe, die wir, wie jene, gleichsam als die Farbe des Glases, durch welches wir hindurchsehen, von der Farbe der durch dasselbe sichtbaren Gegenstände zu trennen vermögen.

Würden wir über die Zusammenstellung der Versuche nichts wissen, dann würden wir auch bei aller Überlegung die subjective Contrastfarbe dem in die farbige Tafel eingelegten grauen Glase zuschreiben, denn Eindrücke, wie wir sie durch das mittlere Feld unserer Platten bekommen, würde man auch durch ein entsprechend objectiv gefärbtes Glas erhalten.

Für den Fall als man sorglos mit beiden Augen auf die beschriebenen Combinationen farbiger und grauer Gläser blicken würde, müßte man wieder zunächst an complementäre Nachbilder denken, welche auf das graue Feld projecirt zu successiven Contrasterscheinungen Veranlassung geben könnten. Man muß daher die Versuche wieder mit all den Vorsichten anstellen die oben angeführt wurden.

Ich sah ferner die Contrastfarben auch, wenn ich einen Schieber ähnlich wie in Volkmann's Tachistoscop rasch vor der Tafel sich vorbei bewegen ließ.

So wie man, wenn es sich um die reinen Contrastererscheinungen handelt, die Nachbilder möglichst zu vermeiden suchen muß, kann man umgekehrt um den Einfluß, welchen die Nachbilder auf unsere Versuche gewinnen könnten, richtig beurtheilen zu lernen diese Nachbilder absichtlich in voller Deutlichkeit sich zur Anschauung bringen. Man braucht nur anfangs durch eine Stelle der farbigen Tafel hindurch zu sehen und dann die Blicke rasch zu wechseln, um prächtige subjective Farben, die an Sättigung des Farbtones den Contrastfarben weit überlegen sind, wahrzunehmen.

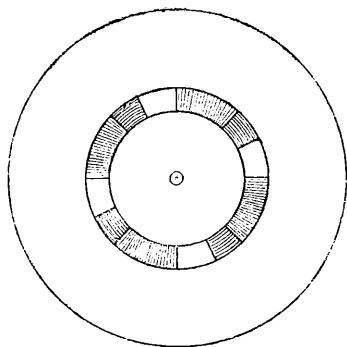
Die Täuschung als ob man durch zwei in einander gelegte gefärbte Gläser sehen würde bleibt begreiflich dieselbe, indem auf das durchsichtige graue Feld das complementäre Nachbild projicirt wird.

Man kann ferner auch den Versuch anstellen, auf welchen einst Lehot eine Theorie der zufälligen Farben zu gründen suchte. Nachdem man sich in einiger Entfernung vor der Tafel aufgestellt und den Versuch einen Punkt durch die Mitte der grauen Platte fixirend begonnen hat, nähert man sich plötzlich der Tafel an, dann zerfällt das mittlere Feld in zwei Theile eine äußere ringförmige Zone, welche in der prächtigen Farbe des complementären Nachbildes erscheint und eine mittlere Kreisfläche, welche schwach die Tinte des farbigen Glases zeigt.

Auch mittelst lebhaft gefärbter Papiere kann man sich ähnliche Eindrücke verschaffen, wie wir sie eben mit Hilfe von farbigen Glas tafeln erhielten. Die Erscheinungen bleiben aber, was die Deutlichkeit und Stärke der subjectiven Farben betrifft, hinter jenen weit zurück.

Man schneide sich für einen Rotations-Apparat mit Schnurlauf aus lebhaft gefärbten Blumen oder Tapetenpapieren Scheiben aus, auf welchen in einiger Entfernung vom Mittelpunkt ein concentrischer Ring von einiger Breite angezeichnet wurde, aus diesem Ring werden vier Oktanten ausgeschnitten die übrigbleibenden vier Oktanten aber mit guter schwarzer Deckfarbe bemalt oder mit schwarzem Papiere überklebt. Jede solche Scheibe wird auf eine Scheibe aus schwarzem Papiere gelegt, aus welcher ebenfalls vier Oktanten aus-

2.



geschnitten wurden. Ein solches Scheibenpaar Fig. 2 befestigt man mittelst einer ebenfalls durchbrochenen schwarzen Pappscheibe an dem Rotationsapparat.

Man kann nun diese Scheiben bei offenen Oktanten oder aber bei durch Verstellung der unterliegenden schwarzen Scheibe beliebig verklebten offenen Sektoren in rasche Rotation versetzen.

Sieht man dann durch eine Stelle des dabei entstehenden durchsichtigen homogenen Ringes auf eine in einiger Entfernung dahinter befindliche weiße Papierfläche, so hat man den Eindruck, als ob man durch einen je nach der Größe der offenen Sektoren in verschiedenen Nuancen der Complementärfarbe des Papieres erscheinenden Schleier hindurchsähe.

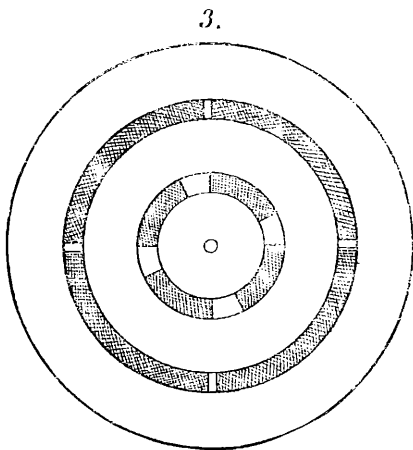
Meinen Scheiben gab ich die folgenden Masse. Der Durchmesser derselben beträgt 26 Centim. Die Entfernung des Ringes, aus welchem die Oktanten geschnitten sind vom Mittelpunkte ist 4 Centim. Die Breite des Ringes 2 Centim. Fig. 2.

Legt man unter die genannten Scheibenpaare anstatt der durchbrochenen Pappscheibe eine mit weißem Papiere überspannte Scheibe und befestigt sie damit an dem Rotationsapparat, so nimmt man an den rotirenden Scheiben complementär gefärbte Ringe wahr und kann durch Verstellen der Sektoren wieder die Reihe der Nuancen einer Contrastfarbe durchlaufen.

Man erhält, wenn man dabei von ganz offenen Sectors ausgeht, anfangs mit der zunehmenden Verkleinerung der Sectors immer lebhaftere Farben bis schließlich bei steigender Verdunklung des Ringes nur noch lichtschwache Farben übrig bleiben.

Für den directen Vergleich verschiedener einer bestimmten Farbe entsprechender Nuancen der Contrastfarbe habe ich aus den Papieren Scheiben von 29 Centim. Durchmesser geschnitten. Auf denselben wurden in einer radialen Entfernung von 45 Millim. und 95 Millim. vom Mittelpunkte zwei 15 Millim.

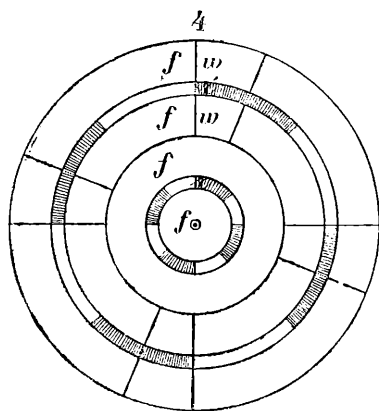
breite schwarze Ringe angebracht. In dem inneren Ringe wurden sich kreuzweise gegenüberliegend vier Sektoren von einer Winkelbreite von 25° ausgeschnitten, in dem äußeren Ringe vier eben solche Sektoren, deren Winkelbreite aber nur 4° beträgt. Solche Scheiben mit einer untergelegten weißen Scheibe in rasche Rotation versetzt, zeigen sehr schöne Contrasterscheinungen. Fig. 3.



Scheiben wie sie eben beschrieben wurden, sind, da es in Bezug auf den chromatischen Effect des Contrastes auf eine Abstufung der Helligkeit des Weiß zu meist ankommt, jedesfalls einfacher und belehrender, als unter Anwendung farbiger und verschiedenen grauer Papiere angestellte Versuche.

Vor andern zum Zweck der Darstellung von Contrastfarben angegebenen Scheiben z. B. den Helmholtz'schen ¹⁾ und denen von Burkhardt ²⁾ unterscheiden sie sich einmal durch die Stellbarkeit der Sektoren und dann dadurch, daß gesättigtere Farben als contrast-erzeugende Farben verwendet werden, während bei jenen weißliche Farben dazu dienen.

Wollte man die Contrastfarben der ersteren mit denen der letzteren vergleichen, so kann man sich nach dem angeführten Principe Scheiben mit offenen Sektoren einrichten wie sie in Fig. 4 abgebildet



sind, dabei bedeuten f die farbigen Flächen r und r' die zwei Ringe, w sind weiße Sektoren. Anstatt die schwarzen Ringe auf die farbigen Scheiben zu malen kann man auch, wenn man hinreichend dünne Papiere hat, eine Reihe von Scheiben aus den farbigen und schwarzen Papieren ausschneiden sie in der Mitte über einander kleben und die Sektoren ausschneiden, so daß die in Fig. 4 abgebildete Zeichnung entsteht.

Ein Resultat, welches aus allen im Vorangehenden mitgetheilten Versuchen sich sofort ergibt, ist, daß für die Erscheinung der complementären Contrastfarben besondere Gesetzmäßigkeiten herrschen, die bei den Versuchen jene Erscheinung zu erklären gewiß nicht weniger berücksichtigt werden müssen, als die meist allein beachtete Thatsache des complementären Tones der subjectiven Farbe.

¹⁾ Physiolog. Optik p. 411.

²⁾ Poggendorff's Annalen 1861. p. 596.

Die bekannten Erscheinungen des Contrastes von Hell und Dunkel und die complementären Contrastfarben zeigen zunächst, daß die Vorgänge, welche zwischen je einen von zwei Reizen, die gleichzeitig differente Stellen der Netzhaut treffen und zwischen das fertige Urtheil über die entsprechenden Eindrücke sich einschieben, wechselseitig bestimmend auf einander wirken.

Dabei könnte man an dreierlei denken.

1. An eine Mit- oder Reflexempfindung, welche durch den Reiz, der die eine Stelle direct trifft, gleichzeitig an der andern Stelle ausgelöst wird und sich mit der directen Reizung dieser zweiten Stelle combinirt.

Daß solche Mit- oder Reflexempfindungen dabei nicht in Betracht kommen, ergibt sich, wenn man bedenkt, daß solche auch auf einer ganz unerregten Netzhautstelle in Folge der Wirkung des auf die andere Stelle treffenden Reizes vorhanden sein müßten, wogegen alle Erfahrungen sprechen ¹⁾. Die Wirkung des Reizes, der die eine Stelle trifft, äußert sich vielmehr immer nur darin, daß ein gleichzeitig die andere Stelle treffender Reiz zu einer anderen Empfindung führt, als wenn der letztere allein vorhanden gewesen wäre.

2. Es erhält also die Erregung, von welcher der letztere Reiz gefolgt ist, gleich in den peripherischen Perceptionsorganen oder in den centralen Empfindungsorganen oder aber irgendwo in der Leitung zwischen beiden einen anderen Werth, wenn er gleichzeitig mit einem anderen eine differente Netzhautstelle treffenden Reiz wirkt, als wenn jener allein vorhanden wäre.

3. Es bleiben in beiden Fällen die physiologischen Vorgänge dieselben und nur das unmittelbare Sinnesurtheil ist in beiden Fällen verschieden und wir können dieses nach einer verstandesmäßigen Überlegung das eine Mal richtig, das andere Mal falsch nennen.

Die Frage, ob die Contrasterscheinungen im Gebiete des Licht- und Farbensinnes sich nach der einen oder nach der andern der zwei zuletzt angeführten Möglichkeiten erklären, ist schwer zu entscheiden.

So lange das Bestehen einer Urtheilstäuschung bei der Wahrnehmung einer Contrastfarbe nur durch Analogien und Ausschließun-

¹⁾ Siehe auch A. Rollett zur Lehre von den Contrastfarben und dem Abklingen der Farben. d. B. Bd. LV. II. Abth. Märzheft 1867.

gen wahrscheinlich gemacht ist, kann ich es eben nicht als bewiesen ansehen. Das letztere wäre erst dann der Fall, wenn ich in jeder einzelnen Erscheinung den Momenten, welche das Mißurtheil bedingen, nachgehen und es daraus entwickeln könnte. Kurz die Urtheilstäuschung muß, um mich so auszudrücken, eine erklärbare Mechanik haben, wenn die Erklärung einer Erscheinung aus einer Täuschung des Urtheiles nicht zu einer leeren Umschreibung der Thatsachen werden soll.

Haben wir eine solche Einsicht in den Proceß der Urtheilstäuschung, auf welcher im einzelnen Falle die Wahrnehmung der Contrastfarbe beruhen soll? H e l m h o l t z ¹⁾ ist der Einzige, dessen Scharfsinn es gelungen ist, für einzelne Contrastversuche die schwierig aufzudeckenden Momente, welche hier in Betracht kommen könnten nachzuweisen.

Allein, wenn sich in einzelnen Fällen auch solche Momente nachweisen lassen, welche eine Täuschung des Urtheiles bedingen könnten, müssen wir darum den Grund der Contrasterscheinungen im Allgemeinen und ausschließlich und wesentlich in einer Täuschung des Urtheiles suchen?

Wie sollen wir denn in diesem Falle den gesetzmäßigen Zusammenhang der Contrastfarbe mit den verschiedenen Bedingungen, über welche wir früher gehandelt haben, erklären, um von jenen Versuchen gar nicht zu reden, welche der Annahme einer Urtheilstäuschung geradezu widersprechen?

Ich glaube, daß man vorerst eine Thatsache, welche bei allen Contrasterscheinungen gemeinschaftlich sich geltend macht, ganz ohne Rücksicht auf irgend welche physiologische Theorie, in Betracht ziehen müsse.

Wenn mir von zwei gleich grauen Scheiben, welche bei einer bestimmten Beleuchtung eine gewisse Menge weißen Lichtes zurückwerfen, die eine auf schwarzen Grund gelegt heller, die andere auf weißen Grund gelegt dunkler erscheint, so bringt die erstere einen Eindruck von höherer, die letztere einen Eindruck von geringerer physiologischer Intensität hervor. Man nehme nun eine ganze Reihe verschieden heller Papierblätter, also eine Reihe von Papieren, die mit möglichst tiefem Schwarz beginnt und mit

¹⁾ Physiolog. Optik p. 407—412.

reinem Weiß endigt, zwischen beiden aber eine Anzahl von einerseits an das Weiß, andererseits an das Schwarz sich anschließende Grau enthält, und lege die Blätter in einiger Entfernung von einander auf einen schwarzen Grund. Auf jedes der Papiere lege man aber eine kleine graue Scheibe. Und zwar seien die kleinen Scheiben alle aus demselben, einem der mittleren Grau der früheren Reihe geschnitten.

Hat man sich einen solchen Versuch zusammengestellt, dann nehme man möglichst tadellose Contrastversuche vor und vergleiche dabei zunächst immer nur die zwei auf nebeneinander liegenden Gründen befindlichen Scheiben.

Man wird dann durch eine Reihe von Beobachtungen leicht die Überzeugung gewinnen, daß die auf den verschiedenen hellen Gründen liegenden kleinen Scheiben von objectiv gleicher Helligkeit den Eindruck einer fein abgestuften Helligkeitsreihe hervorbringen. Als hellstes Glied erscheint die auf schwarzem Grunde liegende Scheibe, als das Dunkelste, die auf weißem Grunde liegende Scheibe. Kurz der Versuch zeigt, daß das Grau der kleineren Scheiben die subjective Intensität, welche dasselbe im günstigsten Falle, wenn es auf schwarzem Grunde liegt, auszulösen im Stande ist, nicht mehr auslöst, sondern relativ immer kleinere Intensitäten auslöst, wenn die Helligkeit des Grundes, auf welchem es liegt, immer mehr zunimmt. Mit anderen Worten, die zunehmende Erregung des Netzhautareales, welches seinen Reiz vom Grunde empfängt, hemmt zunehmend den zur bewußten Wahrnehmung gelangenden physiologischen Effect des auf jenem Grunde liegenden Grau.

Es steht nun von vorneherein nichts der Annahme entgegen, daß das, was in dem früheren Versuche mit dem Weiß der kleineren Scheiben in toto geschieht, auch mit jeder beliebigen Componente desselben geschehen kann. Mit dieser Annahme wäre aber ein auch die übrigen Contrasterscheinungen umfassendes Princip gewonnen, welches man die Gegenwirkung gleicher Qualitäten nennen könnte.

Man denke sich in einem Versuche wie der vorhergehende statt der vom Schwarz zum Weiß übergehenden Gründe eine Reihe vom Schwarz bis zu einer möglichst intensiven gesättigten Farbe und wieder auf allen Gründen farblose Scheiben von einer bestimmten Helligkeit. Wenn nun die auf dem Grund anwachsende Farbe zunächst nur den physiologischen Effect der ihr gleichnamigen Componente

des Weiß der kleineren Scheiben zunehmend beeinträchtigte, so würden wir von den objectiv farblosen Scheiben eine Reihe von Eindrücken vom Weiß zu weißlichen und zu gesättigteren Tönen der Complementärfarbe erhalten. In der That läßt sich, wie früher gezeigt, eine solche Farbenfolge auf dem Contrastfelde beobachten, wenn man in den Versuchen mit den farbigen Gläsern für ein Contrastfeld von bestimmter Helligkeit die Reihe der Helligkeitsstufen einer bestimmten Farbe durchläuft. Würden wir auf derselben Helligkeitsreihe einer bestimmten Farbe die Helligkeit der farblosen Scheiben variiren, so würden sich für jedes Glied der Reihe die Erscheinungen wiederholen, welche wir früher beim Wechsel der Intensität des Contrastfeldes beobachtet haben.

Auch die Modificationen, welche zwei Farben durch Gegen-einandersetzen erleiden, erklären sich nach diesem Principe am einfachsten, wie sich ergeben wird, wenn man meine Abhandlung über die Veränderung der Farben durch den Contrast vergleicht, wo ich Versuche beschrieb, welche die Farbenmodificationen in ihrer Beziehung zum Farbensysteme darlegen sollen. Diese Berichte Bd. LV. II. Abtheilung, Februarheft 1867.

So wie eine weiße Scheibe auf schwarzem Grunde am hellsten, auf einem Grund der ihre Helligkeit um ein Vielfaches übertrifft dunkler, auf einem Grund von gleicher Helligkeit aber weder so hell wie auf Schwarz, noch so dunkel wie auf hellerem Grunde erscheint; so erscheint eine Scheibe aus grünem, rothen u. s. w. Papier auf schwarzem Grunde heller und weniger gesättigt auf hellweißem Grunde dunkler und gesättigter, auf gleich grünem Grunde erscheint sie weder so hell wie auf Schwarz noch so gesättigt wie auf Weiß¹⁾.

Für die Vorstellung, daß die subjective Färbung von objectivem Weiß beim simultanen Contrast mit einer Farbe entstehe gleichsam durch eine subjective Zerlegung einer bestimmten physiologischen Menge des Weiß in zwei complementäre Componenten, von denen nur die eine zur Wahrnehmung gelangt, die andere aber entfällt, spricht auch noch der Umstand, daß man successive die beiden der supponirten Componenten beobachten kann, wie es nach Fechner

¹⁾ Über die Wirkung von Weiß und Schwarz auf Farben vergleiche Chevreul l. c. p. 28 — 33.

bei anhaltendem Fixiren der Fall ist, auch in Fällen, wo, wie man sich überzeugen kann, an eine Zerstreuung der auf das Weiß wirkenden objectiven Farbe im Auge nicht wohl gedacht werden kann.

Die gleichnamige Componente tritt aber dann über die anfänglich vorhandene complementäre Componente hervor, jemehr die Netzhaut gegen die Farbe, welche anfänglich auf das Weiß wirkte, ermüdet.

Das was bei allen Contrastversuchen gleichmäßig in Betracht kommt, ist also, daß ein bestimmter Reiz der den Netzhautort *a* trifft und einen auf diesen Netzhautort bezogenen Eindruck von bestimmter Qualität zur bewußten Wahrnehmung bringt auch die Wirkung hat daß in einem gleichzeitigen Eindruck, welcher auf einen zweiten von einem anderen Reiz getroffenen Netzhautort *b* bezogen wird, ein aliquoter Theil der dem ersteren Eindrucke gleichnamiger Componente entfällt, während derselbe vorhanden gewesen wäre, wenn auf den Ort *b* derselbe Reiz für sich allein bei übrigens ganz unerregter Netzhaut gewirkt hätte.

Der Größe nach muß man sich jene Componente zunächst abhängig denken von der Intensität der Reize, von der relativen Ausdehnung, welche man ihnen auf der Netzhaut anweist, von der Dauer der Erregung, es wirken aber außer diesen, wie es namentlich die localen Contraste wahrscheinlich machen, noch viele andere Bedingungen darauf ein, als deren Function ich mir jene vorstellen muß.

Ist es nun möglich die Gegenwirkung gleicher Qualitäten und den quantitativen Effect derselben im gegebenen Falle aus nur psychischen Processen zu erklären?

Oder sind sie der Ausdruck physiologischer Wechselwirkungen in den Nervenbahnen?

Das Erstere ist nicht wahrscheinlich. Wie könnte man sich die letzteren vorstellen? Darüber lassen sich allerdings nur Andeutungen geben.

Nach Thomas Young's Hypothese müssen alle Unterschiede von Licht und Farbeneindrücken schließlich zurückgeführt werden, auf Unterschiede in der Intensität oder dem Verhältniß der Intensitäten, mit welchen die Erregung bestimmter Nervenfasern in den empfindenden Centralorganen anlangt. Man könnte sich nun vorstellen, daß irgend wo in die Leitung zwischen den peripherischen Perceptionsorganen und dem centralen Empfindungsorgane Vorrichtungen eingreifen, welche unter Umständen der Erregung die einem bestimmten

objectiven Reize folgt, bis zu ihrem Einlangen im empfindenden Centralorgane verschiedene Werthe zu ertheilen vermag. Vorrichtungen, welche selbst wieder von differenten Orten der Peripherie aus in Thätigkeit gesetzt würden. Die Modification, welche dadurch hervor gebracht wird, ist an sich nicht Gegenstand unserer Empfindung, sie macht sich aber geltend, wenn die Netzhautstelle in deren Verknüpfung mit den Centralorganen jene Modification eingreift, selbst direct erregt wird. Der Reiz der letzteren Netzhautstelle würde in diesem Falle gleichsam als Reagens zum Nachweise der Modification angesehen werden können. Diese Wirkung der gleichzeitigen Erregung differenter Netzhautstellen müßte man als eine wechselweise ansehen.

Eine Analogie würde eine solche Deutung der Contrasterscheinungen vielleicht in den Hemmungsvorgängen finden, auf welche man heute zahlreiche vom Nervensysteme abhängige Erscheinungen zurückführt.

Sie würde ferner eine große Verwandtschaft der subjectiven Contrastfarben mit den complementären Nachbildern involviren, wenn man für die letzteren die von Fechner zuerst gegebene, von Helmholtz mit der Young'schen Farbenhypothese in Einklang gebrachte Erklärung annimmt. Das sind, wie gesagt, nur Andeutungen über die Möglichkeit einer physiologischen Wechselwirkung der auf differente Netzhautorte bezogenen gleichzeitigen Eindrücke. Wollte man dagegen einwenden, daß wegen der Vielfachheit und Complicirtheit der organischen Verbindungen, welche sie voraussetzt gar nicht daran zu denken ist, dann möge man sich vergegenwärtigen, daß Mannigfaltigkeit und Complicirtheit des Baues und der Verbindungen sowohl für die Netzhaut, als auch die mit derselben zusammenhängenden Centralapparate des Sehorganes ein anatomisch erwiesenes Factum ist, welches uns in seiner functionellen Bedeutung eines der schwierigsten Probleme der Physiologie hinstellt.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Sitzungsberichte der Akademie der Wissenschaften mathematisch-naturwissenschaftliche Klasse](#)

Jahr/Year: 1867

Band/Volume: [55_2](#)

Autor(en)/Author(s): Rollett Alexander

Artikel/Article: [Zur Physiologie der Contrastfarben. 741-766](#)