III. *Ueber einige Apparate für subjective Farbenerrscheinungen; von Franz Grafen Schaffgotsch.*

Die subjectiven oder complementären Farben lassen sich nach der Art ihres Auftretens füglich in temporäre und locale eintheilen.

I. Temporäre Ergänzungsfarben. Diploscop.

Wird das Auge nach anhaltender Betrachtung einer lebhaft gefärbten Fläche plötzlich auf eine weiße gerichtet, so erscheint letztere bekanntlich mit einer der zuvor gesehenen Farbe entsprechenden complementären. Dieses durch die Succession zweier verschiedener Gesichtseindrücke vermittelte Blendungsphänomen ist an keinen bestimmten Ort ausserhalb des Auges gebunden, und der allmählig herbeigeführte anomale Zustand der Netzhaut geht wieder allmählig in den normalen zurück. Die Dauer und Deutlichkeit der Erscheinung ist zwar nach der Individualität des Beobachters verschieden; doch möchte wohl kein Auge für dergleichen Wahrnehmungen ganz ungeeignet seyn, so gewiss als wohl Niemand aus hellem Sonnenschein in einen schwach erleuchteten Raum treten wird, ohne einen übermäfsigen, der Wirklichkeit nicht entsprechenden Mangel an Licht zu empfinden.

Es ist zu bemerken, dafs bei derartigen Versuchen, wenn sie auf gewöhnliche Weise angestellt werden, ausser dem gegenwärtigen Sinneseindrucke auch die Erinnerung in's Spiel kommt, indem man sich bei der subjectiven Färbung einer Fläche daran erinnern mufs, dieselbe Fläche früher weifs, wie sie wirklich ist, gesehen zu haben. Diese Bedingung läfst sich aber, und, wie ich glaube, zum Vortheil des Experimentes, eliminiren,

wenn man beide Netzhäute gleichzeitig, jedoch verschiedenartig alterirt, und alsdann beiden eine und dieselbe Fläche darbietet. Nun wird, vorausgesetzt, daß der dem einen Auge sichtbare Theil der Fläche dem andern verborgen bleibt, jedem Auge zu gleicher Zeit eine verschiedene subjective Farbe erscheinen. Diefs weniger überraschende, als auffallende Resultat läßt sich am besten mittelst eines einfachen Apparates gewinnen, welcher Diploscop heißen mag, und folgende Einrichtung besitzt.

Auf einem kleinen Brette stehen zwei verticale Messingstäbe einige Zoll von einander entfernt. Der eine derselben trägt am oberen Ende eine Gabel, deren Arme in gleicher Höhe von zwei Zapfenlöchern durchbohrt sind, worin eine stählerne Axe sich mit Leichtigkeit drehen kann. An dem einen Ende dieser Axe ist ein hölzerner Knopf befestigt, an dem andern ein senkrecht aufsitzendes Plättchen. Aus der Mitte des letzteren ragt als Verlängerung der Axe ein kurzer, mit einem Schraubengewinde versehener Stift hervor, auf welchen ein messingenes Schraubchen von entsprechendem Gewinde paßt. Diese Vorrichtung dient dazu, eine runde, mitten durchbohrte Pappscheibe an der Axe zu befestigen, indem man sie auf den vorspringenden Stift steckt und mittelst der Schraube an die kleine Platte andrückt. Die vordere, d. h. dem Beobachter zugewandte Fläche der Pappscheibe ist durch einen Diameter getheilt, und trägt auf jeder Hälfte eine verschiedene Farbe, was man am leichtesten durch Ueberziehen mit buntem Papier erreicht. Beide Farben müssen lebhaft und von möglichst gleicher Helligkeit seyn. Man richtet mehrere Scheiben dieser Art vor, um sie beliebig mit einander vertauschen zu können. Der zweite Verticalstab trägt, und zwar in gleicher Höhe mit der gedachten Axe, zwei nach Art eines doppelten Opernguckers verbundene, der Axe parallele und innen schwarz lackirte Blechröhren, an dem einen

Ende weit genug, um die Augen beim Hindurchsehen vollkommen zu umschließen, am andern Ende etwa um die Hälfte enger. Die Länge der Röhren und ihr Abstand von der Pappscheibe muß durchaus so genommen werden, daß kein Lichtstrahl von der rechten Hälfte der Scheibe durch die linke Röhre oder von der linken Hälfte durch die rechte Röhre gelangen kann. (Siehe Fig. 10a und b Taf. I.)

Der Versuch besteht in Folgendem: Man dreht die zweifarbige Scheibe so, daß die Gränzlinie der Farben senkrecht steht, und hält die Augen so nahe als möglich an die weiten Mündungen der Blechröhren. Dann wird jedem Auge ein gefärbter Kreis erscheinen, welcher der verjüngten Mündung des Rohres entspricht. Wenn die Farben eine gewisse Mattigkeit erlangt haben, die bei fortgesetzter Betrachtung nicht zunimmt, so setzt man, ohne den Blick zu verwenden, die Farbenscheibe in schnelle Rotation, indem man den am hinteren Ende der Axe befindlichen Knopf zwischen den Fingern dreht. In diesem Augenblick und noch eine kurze Zeit nachher tauscht sich die Farbe der beiden Netzhautbilder um, es nimmt z. B. das rechte Auge Roth, das linke Grün wahr, wenn ersteres vor Bewegung der Scheibe auf Grün, letzteres auf Roth gerichtet war. Der Grund ist leicht einzusehen. Die durch rasche Umdrehung der Scheibe erzeugte Mischfarbe ist offenbar für das normale Auge aus gleichen Theilen ihrer Elemente zusammengesetzt; allein das für Grün abgestumpfte rechte Auge sieht nur noch den zweiten Bestandtheil der Mischfarbe, also Roth, und eben so das für Roth unempfindliche linke Auge nur noch das übrigbleibende Grün.

II. Locale Ergänzungsfarben. Gefärbte Schatten.

Die subjectiven Farbenerscheinungen dieser Klasse sind an eine bestimmte Stelle außerhalb des Auges gebunden und beharrlich. So nimmt ein weißer Fleck

auf farbigem Grunde eine Nüance an, welche der umgebenden Farbe complementär ist, und nicht verschwindet, so lange der Blick darauf gerichtet bleibt. Ein schwarzer Fleck auf farbigem Grunde verhält sich nicht so; denn es fehlt hier am weissen Licht, aus dessen physiologischer Zerlegung die complementäre Farbe entspringt. Wird diesem Mangel jedoch abgeholfen, d. h. verwandelt man das Schwarz in Grau, so treten die subjectiven Farben mit einer Deutlichkeit auf, welche nichts zu wünschen übrig läßt. Die erforderliche Einmischung des weissen Lichts kann auf mannigfache Weise geschehen. Wir wollen einige Methoden näher betrachten.

Ein schwarzer Fleck, etwa ein 1" breiter Papierstreifen, auf farbigem Grunde färbt sich complementär durch einen beliebigen diaphanen Ueberzug von weisser Farbe. Man kann eine Scheibe von Milchglas, man kann feines Postpapier darauf legen oder Puder darüber streuen ¹⁾). Auch läßt sich mit gleichem Erfolge der schwarze Fleck durch eine schnell rotirende weisse Scheibe betrachten, aus der man einen Sector herausgeschnitten hat, indem eine solche Scheibe vermöge der Nachempfindung dem Auge ganz den Eindruck einer ununterbrochenen diaphanen Fläche macht (siehe Fig. 11 Taf. I). Auf der rotirenden Scheibe selbst und gleichfalls durch Nachempfindung läßt sich die complementäre Farbe sehr gut darstellen, wenn man statt des ausgeschnittenen weissen Sectors einen farbigen einsetzt, in dessen Mitte ein schwarzer Kreisbogen vom Mittelpunkte der Scheibe aus gezogen ist. Hier breitet sich bei schneller Rotation die Farbe des Sectors über die ganze Fläche aus, und der Kreisbogen wird als subjectiv gefärbte Kreislinie gesehen (siehe Fig. 12a Taf. II). Wird der Sector in concentrische Stücke von verschiedener Farbe

1) Ein schwarzer Streifen, der halb auf grünem, halb auf rothem Grunde liegt, zerfällt, wenn man Postpapier darauf legt, in eine rothe und eine grüne Hälfte. Dieser Versuch ist sehr frappant.

getheilt und in der Mitte jedes Stückes ein schwarzer Bogen gezeichnet, so sieht man bei der Rotation auf *einer* Scheibe mehrere Ergänzungsfarben (siehe Fig. 12 *b* Taf. I). In allen diesen Fällen hat es seine Schwierigkeit, die gehörige Dicke des weissen Ueberzuges oder die Grösse des Sectors durch Probiren zu ermitteln; deshalb ist die folgende Methode bei weitem vorzüglicher. Sie beruht, so zu sagen, auf der scheinbaren Diapharie des Spiegelbildes einer weissen Fläche. Man legt z. B. eine mit einem schwarzen Fleck versehene grüne Fläche horizontal neben eine weisse, so dafs sich beide in einer geraden Linie berühren, und stellt auf diese Gränzlinie eine farblose dünne Glastafel senkrecht. Sieht man nun durch die Tafel nach dem schwarzen Fleck hin, so zeigt er sich roth, indem das Licht der weissen Fläche vom Glase reflectirt wird, und von den hinter demselben liegenden Punkten herzukommen scheint. Durch Heben und Senken des Auges läfst sich die Intensität des weissen Spiegelbildes nach Gefallen steigern oder schwächen und so die vortheilhafteste Stellung leicht finden (siehe Fig. 13 Taf. I). Eine Modification des Versuches ist es, wenn man die Glastafel auf die farbige Fläche legt und die weisse sich darin spiegeln läfst, oder mit beiden Flächen umgekehrt verfährt. Endlich kann der schwarze Fleck auf farbigem Grunde subjectiv gefärbt erscheinen, wenn man über einen weissen Rand danach hinsieht, der sich innerhalb der kürzesten Sehweite befindet; denn alsdann zeigt sich jener Rand gleichsam mit einem weissen diaphanen Nebel umgeben.

Diese einzelnen Methoden zur Hervorrufung subjectiver Farben glaubte ich anführen zu müssen, um die sämtlichen Versuchen bei gröfser formeller Verschiedenheit gemeinsame Grundbedingung, die angemessene Beimengung des weissen Lichtes, nachzuweisen. Dieselbe Bewandnifs hat es nun auch mit dem bekannten Phänomen der gefärbten Schatten.

Denken wir uns einen opaken Körper, von zwei räumlich gesonderten Lichtquellen, A und B , beleuchtet, und seine beiden Schatten, welche a und b heißen mögen, auf dieselbe weiße Fläche werfend, so wird der durch A erzeugte Schlagschatten a von B und der durch B entstehende Schlagschatten b von A Licht empfangen, es wird a , so zu sagen, durch B und b durch A verdünnt. Geben A und B weißes Licht, so wird sowohl a als b grau seyn. Giebt A rothes und B grünes Licht, so muß a grün und b roth erscheinen. Es sey nun A eine Quelle weißen, B eine Quelle grünen Lichtes; dann ist a ein reell grüner, b ein reell grauer Fleck auf hellgrünem, durch weißes und grünes Licht erleuchtetem Grunde. Ein grauer Fleck auf hellgrünem Grunde aber kann nicht als solcher gesehen werden; darum erscheint b mit subjectiver rother Farbe, welche oft der reellen Farbe von a an Lebhaftigkeit nicht nachsteht. Wenn das aus A herrührende Licht abgeschnitten wird, so verschwindet a , und in b findet keine weitere Einmischung weißen Lichtes statt, b wird schwarz.

Um farbige Schatten zu bilden, giebt es ein höchst einfaches Verfahren, welches die Anwendung farbiger Glasscheiben oder gefärbter Flammen entbehrlich macht. Man bringe auf ein weißes Papierblatt, welches in der Nähe des Fensters liegt, einen kleinen schattenwerfenden Körper, etwa einen auf der Kante stehenden weißen Papierstreifen, und nähere ihm auf der dem Fenster entgegengesetzten Seite von oben her ein Stück buntes Papier in verticaler oder schwach geneigter Stellung. Das vom bunten Papier zurückprallende Licht giebt alsdann auf der dem Fenster zugewandten Seite des Streifens einen durch complementäre Färbung ausgezeichneten Schatten; doch muß man Sorge tragen, daß kein zu grelles Tageslicht unmittelbar auf das weiße Papier falle. Will man mit der Färbung des Schattens schnell abwechseln, so ist ein aus Pappe gefertigter Würfel von

2" bis 3" Kantenlänge sehr bequem, der auf jeder Fläche eine andere Farbe trägt, und bald mit der einen, bald mit der andern an den schattenwerfenden Körper herangehalten wird.

Höchst mannigfaltige Erscheinungen treten auf, wenn man an der Stelle des schwarzen Flecks einen farbigen auf farbigem Grunde betrachtet. Das Resultat läßt sich für jede Combination leicht voraus bestimmen, wenn man nur bedenkt, daß sich Gelb und Violett, Roth und Grün, Blau und Orange zu Weiß ergänzen; deshalb wollen wir, ohne in's Einzelne zu gehen, nur den interessanten Fall erwägen, wo die Farbe des Flecks dunkler als die des Grundes, aber von derselben Art ist. Es sey ein dunkelrother Fleck auf rothem Grunde gegeben; da derselbe an rothem Lichte ärmer als seine Umgebung ist, so nimmt das von letzterer geblendete Auge fast kein Roth an ihm wahr, und er erscheint äußerst dunkel, fast schwarz. Wird nun ein diaphaner weißer Ueberzug aufgelegt, so wird durch die physiologische Zerlegung des weißen Lichtes so viel Grün abgeschieden, daß der Fleck diese Farbe annimmt. Es läßt sich also eine Farbe in *ihre eigene* Ergänzungsfarbe umwandeln. Diefß auffallende Phänomen zeigt sich ungemein deutlich an mehreren Stellen des menschlichen Körpers, wo oberflächlich liegende Venen durch die Haut schimmern, z. B. an der inneren Handwurzel oder an den Schläfen. Das dunkelrothe Venenblut sieht hier grün aus, weil es von rothen Muskeln umgeben und von diaphaner weißer Haut bedeckt ist. Man kann sagen, daß das Blut roth aussehen würde, wenn es grün wäre.

Läßt man bei gewöhnlichem Tageslichte einen schmalen Schatten auf die gefärbte Seite eines grünen Papiers fallen, so zeigt er sich auf der weißen Kehrseite des letzteren als rother Fleck, obwohl er reell dunkelgrün ist.

Wenn es mir gleich in diesem Aufsätze zunächst nur darauf ankam, vortheilhafte Methoden zur Hervorbringung

complementärer Farben zu besprechen, und ein Paar einfache Apparate und Handgriffe der Aufmerksamkeit des Lesers zu empfehlen, so kann ich es mir doch am Schlusse nicht versagen, mit einigen Worten auf die Theorie der gedachten Erscheinungen einzugehen.

Wie wir gesehen haben, treten die Ergänzungsfarben bald mit einem temporären, bald mit einem localen Charakter auf; es fragt sich, ob der innere Vorgang der Sache in beiden Fällen verschieden sey. Diese Frage muß, wie ich glaube, bestimmt verneint werden; denn bei strengerer Prüfung erweist sich auch das locale Phänomen dem Wesen nach als temporär, d. h. auf die unbewußte Zeitfolge verschiedenartiger Gesichtseindrücke gegründet. Verhielte es sich anders, so müßte die Netzhaut an einer Stelle abgestumpft werden, welche gar keinen Reiz durch Farben erlitten hat; es müßte z. B. wenn Weiß neben Roth betrachtet wird, die dem ersteren entsprechende Stelle der Netzhaut subjectives Grün hervorrufen, während doch eine benachbarte Stelle durch rothes Licht geblendet würde. Dieß kann nicht zugegeben werden. Die Erklärung muß vielmehr in einem bekannten Umstande gesucht werden, welcher in der Theorie des Sehens überhaupt obenan zu stehen verdient, nämlich in der unaufhörlichen Oscillation oder Schwankung der Sehaxe beim Anblick einer Fläche. Dieses Schwanken des Blickes bringt es mit sich, daß derselbe bei Betrachtung benachbarter Flächen von verschiedener Farbe beständig von der einen Seite der Farbengrenze auf die andere hinüberschweift. Liegt z. B. Weiß neben Roth, so fällt das Licht jedes weißen Punktes auf eine Stelle der Netzhaut, welche zuvor vom Lichte eines rothen Punktes getroffen wurde, und deshalb nur noch für Grün empfänglich ist. Die Aneinanderreihung aller subjectiv grünen Punkte liefert alsdann das Bild einer grünen Fläche. Es folgt hieraus, und die Erfahrung bestätigt es, daß die subjective Färbung be-

sonders deutlich bei einer schmalen Fläche seyn muß, welche von einem ausgedehnten farbigen Grunde umgeben ist. Wird umgekehrt eine schmale farbige Fläche auf weißem Grunde betrachtet, so sieht man, daß der complementäre Saum des ersteren in dem Maafse sich verringert, als man das Auge ruhiger hält.

Schließlich habe ich mich zu entschuldigen, daß ich bisher diejenige Theorie der subjectiven Farben unberücksichtigt liefs, welche die Entstehung derselben nicht von Abstumpfung der Netzhaut ableitet, sondern von einem ihr inwohnenden eigenthümlichen Triebe zur Hervorrufung der Contraste. Weit entfernt, mich zum Schiedsrichter über diesen delicates Punkt aufwerfen zu wollen, darf ich doch die Ueberzeugung aussprechen, daß sich alle im Vorhergehenden beschriebenen Versuche durch die Theorie der Abstumpfung vollständig erklären lassen, und daß eben dadurch eine beachtenswerthe Analogie zwischen dem Gesicht und anderen Sinnen aufgedeckt wird. Um nur des Geschmacksinnes hier zu erwähnen, so kann es als bekannte Thatsache gelten, daß die Zunge oft von einem und demselben Nahrungsmittel verschiedenartig afficirt wird, je nachdem es vor oder nach einem anderen genossen wird. Mancher Wein, unmittelbar auf ein süßes Gericht genossen, schmeckt unangenehm; er scheint seinen Zuckergehalt verloren zu haben. Man könnte diesen auf Abstumpfung der Nerven beruhenden Geschmack complementär nennen, so wie man das Roth einer weißen Fläche complementär nennt, wenn es durch vorhergehende Betrachtung einer grünen Fläche zum Vorschein kommt.