

VII. *Eine neue Methode der Farbenmischung; von Wilhelm v. Bezold.*

(Aus d. Berichten d. Bayer. Akad. vom Hrn. Verf. mitgetheilt.)

Bekanntlich war es Helmholtz, welcher zuerst erkannte, daß zwischen der Mischung von Farben und jener von Farbstoffen ein wesentlicher Unterschied besteht.

Er zeigte, daß die Farbe, welche man durch das Vermengen von zwei oder mehreren Pigmenten erhält, sich oft ganz beträchtlich von jeder unterscheidet, die man wahrnimmt, wenn man das von den betreffenden Pigmenten herrührende oder ihnen entsprechende Licht gleichzeitig auf die nämliche Netzhautstelle wirken läßt.

Man mußte deshalb zur Erreichung des letzteren Zieles besondere Methoden ersinnen, die sich im Grunde genommen sämmtlich in die folgenden drei Gruppen einreihen lassen:

Man bringt entweder verschiedene Stellen verschiedener Spectra zur Deckung, oder man läßt von der Vorderfläche einer ebenen unbelegten Glasplatte das Bild einer gefärbten Fläche reflectiren, während man zugleich durch die Platte nach einer andersfarbigen Fläche blickt, oder man benutzt endlich noch die Nachwirkung des Lichteindrucks, indem man Scheiben, die mit verschiedenfarbigen Sektoren versehen sind, in rasche Rotation versetzt.

So trefflich diese Methoden sind, um das Gesetz der Farbenmischung zu studiren, so ist doch keine von ihnen recht geeignet, um eine dieses Gesetz versinnlichende Farbentafel in wirklichen Farbstoffen auszuführen.

Zwar kann man mit Hülfe des Farbenkreisels die Lösung dieser Aufgabe versuchen, aber nur mit viel Mühe und mit großem Zeitaufwande. Hat man z. B. die beiden Hälften der rotirenden Scheibe mit zwei verschiedenen Farben bemalt, so kann man nach längerem Probiren sehr

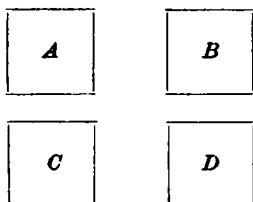
wohl die Farbe ausfindig machen, welche man etwa auf einer kleineren centralen Scheibe aufzutragen hat, damit das Ganze bei gemeinschaftlicher Rotation vollkommen einfarbig erscheine. Alsdann hat man auf der kleinen Scheibe die wahre Mischfarbe aus den beiden anderen. Diese Methode ist jedoch äußerst umständlich und zeitraubend, da man bei jeder einzelnen Probe die kleine Scheibe abnehmen, ihre Farbe corrigiren, sie alsdann wiederum anbringen und den Kreisel abermals in Bewegung setzen muß, um sich von dem Erfolge der vorgenommenen Aenderung zu überzeugen.

Ueberdies erfordern die Versuche mit dem Farbenkreisel viel Sorgfalt und genaue Bekanntschaft mit derartigen Experimenten, wenn Irrthümer in Folge von Contrastwirkungen oder mangelhafter Beleuchtung ausgeschlossen seyn sollen.

Diese Uebelstände sind bei der Methode vermieden, welche hier beschrieben werden soll. Sie gestattet, die wahre Mischfarbe zweier Farben durch Farbstoffe wiederzugeben ohne irgend größere Schwierigkeiten darzubieten, als jene sind, welche man bei dem Copiren irgend einer beliebigen Farbe zu überwinden hat.

Man erreicht dieses Ziel durch die folgende Vorrichtung (Fig. 3, Taf. VIII):

Das eine (untere) Ende eines innen geschwärzten Rohres *R* ist mit einer gleichfalls auf der Innenseite geschwärzten Platte *P* verschlossen. Diese Platte hat vier gleich große quadratische Oeffnungen, welche in den Ecken eines Rechteckes liegen, wie durch das folgende Schema versinnlicht wird.

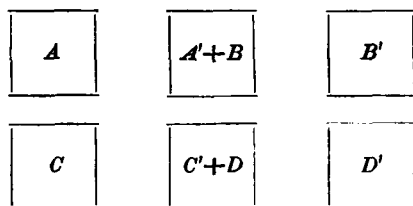


Am anderen Ende des Rohres in einem besonderen Auszugsrohre r befindet sich ein achromatisirtes Kalkspathprisma, das so orientirt wird, daß eine brechende Kante der schmälern Seite des aus den vier Quadraten gebildeten Rechteckes parallel zu liegen kommt.

Alsdann erblickt man durch dieses Prisma im Allgemeinen jedes der Quadrate verdoppelt, mithin acht Quadrate, von denen bei passender Wahl der Dimensionen die vier mittleren paarweise zur Deckung kommen, so daß man schließlich nunmehr sechs Quadrate vor sich sieht.

Bezeichnet man die beiden von jedem Quadrate mit Hülfe des Prismas entworfenen Bilder durch A und A' , B und B' u. s. w., so kommen bei richtigem Abstände von Prisma und Platte A' mit B und C' und D zur Deckung.

Das folgende Schema macht dies anschaulich:



Bringt man nun unter A und B zwei verschieden gefärbte Flächen a und b an, so zeigt das mittlere der drei in oberster Reihe stehenden Quadrate die Mischfarbe aus beiden, während man in A und B' die Componenten vor sich hat.

Sucht man nun jene Farbe c , welche man unter C und D zu liegen hat, damit die beiden mittleren Quadrate d. h. $A' + B$ und $C' + D$ genau gleich gefärbt erscheinen, so ist jene dritte Farbe eben die Mischfarbe aus beiden.

Stimmen die beiden mittleren Quadrate in der Farbe noch nicht ganz genau mit einander überein, so ist es

für Jemand, der einigermaßen mit dem Pinsel umzugehen versteht, im Allgemeinen nicht sehr schwer, die vollkommene Uebereinstimmung herbeizuführen.

Die Helligkeit der auf diese Weise erzielten Mischfarbe ist das arithmetische Mittel aus den Helligkeiten der beiden Componenten.

Bezeichnet man die Intensitäten der beiden unter *A* und *B* liegenden Farben durch J_a und J_b und jene der unter *C* und *D* befindlichen Mischfarbe durch J so ist

$$2J = J_a + J_b$$

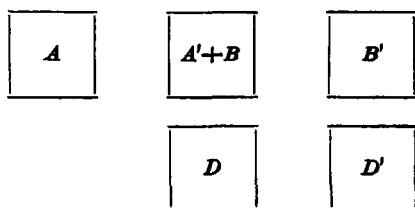
oder

$$J = \frac{J_a + J_b}{2}.$$

Man erhält demnach genau dieselbe Farbe sowohl in Ton als in Helligkeit, welche der Farbenkreisel zeigt, wenn man die beiden Hälften der rotirenden Scheibe mit den unter *A* und *B* liegenden Farben bemalt hat.

Ebenso leicht läßt sich die Mischfarbe mit der Helligkeit $J = 2J$ herstellen, d. h. jene Farbe, welche man in dem oberen mittleren Quadrate direct vor sich sieht.

Man braucht nämlich nur das eine der Quadrate *C* oder *D* durch einen darunter angebrachten undurchsichtigen Schieber *S* zu verschließen. Dann sieht man nur mehr 5 Quadrate, wie beistehendes Schema zeigt:



Hat man nun in *D* die gleiche Farbe wie in *A' + B*, so ist dies eben die Mischfarbe wie sie durch Uebereinanderlagerung der Farben *A* und *B* entsteht und dann ist

$$J_a = J_b + J_c.$$

Die eben erwähnten Schieber gestatten auch vortrefflich den Nachweis, daß die bei geöffneten Schiebern im

mittleren Felde erscheinende Farbe thatsächlich aus den seitlich sichtbaren zusammengesetzt ist. Man braucht nämlich nur die zu mischenden Farben unter den verschließbaren Oeffnungen anzubringen und bald die eine, bald die andere wirklich zu verschließen, so sieht man wie das mittlere Quadrat bald die eine, bald die andere Farbe zeigt.

Damit man nicht ausschliesslich auf horizontale Lage der Probeobjecte angewiesen sey, ist das Rohr um eine Axe *A* drehbar, die in einer Schraube endigt, auf welche eine bewegliche Mutter *K* als Klemme aufgesetzt ist.

Auf den ersten Blick könnte man vielleicht glauben, daß dieser Apparat, den man etwa Mixoskop (abgekürzt aus Mixochromoskop) nennen könnte, dem Farbenkreiseln nachstünde, da man nicht wie dort im Stande ist, das Mischungsverhältniß der beiden Componenten beliebig zu verändern. Durch Anbringung eines Nicols und einer Gradtheilung über dem Kalkspathprisma wäre dieser Mangel leicht zu beseitigen. Da nämlich die beiden Bilder, welche sich in den mittleren Quadraten über einander lagern, in aufeinander senkrechten Ebenen polarisirt sind, so kommen die beiden Componenten nur dann in ihrem ursprünglichen Intensitätsverhältnisse zur Geltung, wenn die Polarisationsebene des Nicols einer der Diagonalen der Quadrate parallel ist. Bei jeder anderen Orientirung des Nicols wird dieses Verhältniß ein anderes, durch Ableitung am Gradbogen leicht bestimmbares.

Den Zweck, den ich bei Construction dieses Apparates eigentlich verfolgte, nämlich die Herstellung einer wirklichen Farbentafel, läßt sich jedoch ohne diese Complication ebenso gut erreichen. Da man nämlich in diesem Falle doch Scalen von Mischfarben effectiv ausführen muß, so ist es ganz gleichgültig ob man die Zwischenstufen dadurch erzielt, daß man die Intensitäten der Componenten durch physikalische Hilfsmittel verändert oder durch allmähliges Weiterschreiten von einer Zwischenstufe zur anderen.

Man kann zu dem Ende verschiedene Wege einschlagen.

Man kann z. B. bei festgehaltenem Farbentone und constanter Reinheit nur die Helligkeit successive verändern.

D. h. Man kann zuerst jene Reihen von Farben herstellen, welche bei Repräsentation des Farbensystemes durch einen Kegel auf Gerade zu liegen kämen, die durch die Kegelspitze führen.

Zur Herstellung solcher Scalen, bei denen die Helligkeit das allein wechselnde Element ist, eignet sich der Apparat in hohem Grade.

Auf der inneren Seite der die Quadrate tragenden Platte ist nämlich die Helligkeit nahezu gleich Null, wie man sieht, wenn man ein Stück tief schwarzen Sammets oder ähnliche Körper an die Stelle der gefärbten Flächen bringt, die sämmtlich nun grau erscheinen. Man drückt demnach durch Schließen einer Oeffnung die Helligkeit des mittleren Quadrates nahezu auf die Hälfte von jener herab, welche dieses Quadrat zeigte, wenn beide Oeffnungen frei und unter beiden die nämliche Farbe angebracht war.

Schließt man nun C und bringt man dann unter A und B eine Fläche von solcher Beschaffenheit, daß das mittlere Quadrat $A' + B$ dem darunter befindlichen D vollkommen gleich scheint, so muß die unter D befindliche Fläche die doppelte Helligkeit besitzen, während Ton und Helligkeit die nämlichen sind.

Nimmt man nun $J_s = J_s = J$ als Ausgangspunkt, so ist

$$J_s = 2J = J'.$$

Macht man nun $J_s = 2J$ und $J_s = J$, so wird der neue Werth von

$$J_s = 3J = J'.$$

Indem man sowohl $J_s = 2J$ als auch $J_s = 2J$ wählt, erhält man

$$J'' = 4J,$$

ein Resultat, zu welchem man auch durch Combination von J' und J'' gelangen kann, so daß man gleich ein Mittel hat um sich von der Richtigkeit der früher gewonnenen Resultate zu überzeugen.

In vollkommen analoger Weise kann man verfahren, um zwischen zwei ganz beliebigen Farben die intermediären Farben zu finden.

Dieser Apparat gestattet demnach besser als irgend eins der bisher bekannten Hilfsmittel, eine richtige Farbenskala oder einen Farbenkegel in wirklichen Pigmenten auszuführen¹⁾.

**VIII. Bemerkung zu den von Hrn. Klingel
aufgestellten Sätzen;
von R. L. Bquer in Karlsruhe.**

Im Bd. 158, S. 160 etc. dieser Annalen äußert Hr. Ober-Baurath Klingel: Es habe sofort auffallen müssen, daß die für Wasserstoff geltende GröÙe R dem mechanischen Wärmeäquivalent an Werth fast genau gleichkomme; doch sey diese Uebereinstimmung bis zum Beweise des Gegentheils als Zufall betrachtet worden. Dieser Beweis des Gegentheils, d. h. den Zusammenhang des mechanischen Wärmeäquivalents mit dem für irgend ein Gas gültigen Werthe R glaubt nun Hr. Klingel durch Aufstellung des folgenden Theorems erbracht zu haben:

„Das Product aus dem halben Molekulargewicht und der Constanten R der Mariotte - Gay - Lussac'schen Formel ist = dem mechanischen Wärmeäquivalent.“

- 1) Der Apparat wird in sehr schöner Ausführung in dem physikalisch-mechanischen Institut von M. Th. Edelmann in München um den Preis von 130 Rmk. angefertigt.