Ueber binoculare Farbenmischung.

Von

Dr. **W. Dobrowolsky** aus Petersburg.

Bekanntlich haben die Versuche über binoculare Farbenmischung verschiedenen Beobachtern verschiedene Resultate ergeben. Helmholtz, Volkmann, Meissner und Funke behaupten, dass sie nie eine Mischfarbe bei binocularer Farbenmischung gesehen haben, andere Beobachter dagegen, Dove, Regnault, Brücke, Ludwig, Panum, Hering, Aubert, Förster behaupten entschieden, dass es ihnen gelingt, eine Mischfarbe bei binocularer Mischung zweier Farbenfelder zu erhalten. In letzterer Zeit findet Bezold¹⁾, gestützt auf seine Versuche, den Grund des Misslingens oder der negativen Resultate bei binocularer Farbenmischung in der verschiedenen Brechbarkeit der verschiedenen Farben, welche ihrerseits in beiden Augen eine verschiedene Accommodationsanstrengung hervorruft. Die dadurch entstehenden Schwankungen der Accommodation nun bedingen eben den Wettstreit der Sehfelder; wenn man diese Accommodationsschwankungen dadurch beseitigt, dass man die verschiedenfarbigen Felder in verschiedener Entfernung vom Auge (die blauen näher zum Auge, die rothen weiter von demselben) aufstellt, so dass beide Felder jedem Auge bei gleicher Accommodationsanstrengung sichtbar sind, dann hört der Wettstreit der Sehfelder auf und dann gelingt es bei der Mischung verschiedener Farben eine Mischfarbe zu erhalten. Die Versuche Bezold's sind von wesentlicher Wichtigkeit, weil sie uns den Grund des Widerspruchs zwischen den besten Beobachtern erklären und zugleich Hoffnung auf eine endgültige Entscheidung der Streitfrage geben.

Da mir Versuche mit binocularer Farbenmischung vielleicht deshalb nicht gelungen, weil ich sie nur immer beiläufig anstellte und dieselben kurze Zeit andauerten, so machte ich mich jetzt aufs Neue an dieselben, um mich über die Richtigkeit der Folgerungen von Bezold's zu überzeugen. Ich habe die Versuche in anderer Form als Bezold angestellt und wandte mich zunächst an das Stereoskop von Weatstone und Brewster.

---

1) Annal. der Physik und Chemie 1874. Jubelband pag. 585—590.

Wenn die Schlüsse Bezold's richtig sind, so mus eine binoculare Farbenmischung auch bei einem Stereoskop gelingen, bei welchem wir leicht eine Annäherung oder Entfernung eines Sehfeldes vom Auge dadurch erzielen können, dass wir vor das Auge, welches das blaue Sehfeld vor sich hat, eine Concavlinse, oder aber vor das Auge, vor welchem sich das rothe Sehfeld befindet, eine Convexlinse setzen. Aus den Untersuchungen von Fraunhofer und Helmholtz¹⁾ folgt, dass das Auge, wenn es für die unendliche Ferne eingerichtet ist und zu gleicher Zeit entsprechend der Linie C die rothen Strahlen des Spectrums sieht, den Gegenstand, dessen Farbe der Linie G entspricht, zugleich auf die Entfernung von 18—24 Zoll dem Auge zu nähern hat, um ihn in demselben Zustande der Accommodation zu sehen. Daher stellte ich vor das Auge, welches für das blaue Feld bestimmt war, ein Concav von 24—28, oder vor das andere Auge, welches das rothe Object vor sich hatte, ein Convexglas von entsprechender Stärke.

Ich begann meine Versuche mit dem Stereoskop von Weatstone. Dabei dienten mir anfangs als Objecte aus rothem und blauem Papier ausgeschnittene grosse Quadrate, deren Seiten 10 Cent. gleich waren; beide Farben waren sehr lebhaft und in der Mitte eines jeden Quadrats befand sich ein für die Fixation des Auges bestimmtes Kreuz. Hierbei überzeugte ich mich bald von der Richtigkeit der Rolle, die die Accommodation nach Bezold bei der binocularen Farbenmischung spielt. Wenn ich beide Kreuze zur Deckung zu bringen begann, sah ich deutlich nur dasjenige, welches auf dem blauen Sehfelde gezeichnet war, während das andere, auf dem rothen Felde bezeichnete, nur undeutlich und in Zerstreuungskreisen sichtbar war und zugleich weiter als das Kreuz auf dem blauen Felde zu liegen schien. Offenbar waren meine Augen für einen näheren, dem blauen Sehfelde entsprechenden Punkt eingerichtet und damit im Zusammenhange war die Erscheinung, dass in dem gemeinschaftlichen Sehfelde die blaue Farbe vorherrschte.

Mir fiel es nicht schwer, diesen Unterschied in der Entfernung beider Felder durch sphärische Gläser zu beseitigen, es gelang mir jedoch nicht, die Mischfarbe (violett) gleich, sondern erst nach langen Anstrengungen zu erhalten. Hierbei fielen besonders folgende zwei Umstände auf: 1) Ich erhielt die Mischfarbe stets nur auf einem sehr beschränkten Raume um den Fixationspunkt und sie schwand hierbei

---

1) Helmholtz, Physiolog. Optik, pag. 126.

grösstentheils bald, einem Wettstreit der Sehfelder weichend. 2) Es gelang bedeutend schneller und leichter die Mischfarbe zu erhalten, wenn ich mich etwas vom Stereoskop entfernte.

Die erstere Erscheinung, nämlich dass die Mischfarbe nur in der Nähe des fixirten Punktes erhalten wurde, hing davon ab, dass die von mir angewandten Farbenfelder sehr gross waren und dass sie dabei Unebenheiten, Erhöhungen und Vertiefungen zeigten, die, so klein sie auch sein mögen, doch bei der binocularen Mischung hinderlich sind, weil die von ihnen ausgehenden Strahlen nicht einen Brennpunkt hesitzen. Ferner erreichte ich fast niemals, dass beide Felder in ihrer ganzen Ausdehnung genau zusammenfielen, so aufmerksam ich auch die Spiegel, die an meinem Stereoskop beweglich sind, einrichtete; grösstentheils stehen sie schräg zu einander und fallen nur in ihrer Mitte zusammen, während ihre Ränder auseinandergehen.

Um diese Hindernisse zu vermeiden, nahm ich Felder von geringerer Grösse. Zu diesem Behufe schnitt ich aus farbigem Papier Streifen von 1 Cent. Breite aus, klebte sie auf Cartonpapier und vermied dabei nach Möglichkeit alle Unebenheiten. Den einen Streifen stellte ich vertical, den andern horizontal; hierbei erhält man im gemeinschaftlichen Felde ein Kreuz und an der Kreuzungsstelle eine Mischfarbe; bei dieser Versuchsweise erhält man die Mischfarbe bedeutend leichter, nur muss man zur Erleichterung der Fixation auf beiden Feldern schwarze Punkte zeichnen, die auf dem gemeinsamen Sehfelde sich decken.

Das Schwinden der Mischfarbe und das Auftreten des Wettstreits der Felder hängt von Convergenzschwankungen und ungenauer Fixation ab, da der zur Fixation bestimmte Punkt sich hierbei immer verdoppelt.

Die grössere Leichtigkeit, mit welcher der Beobachter die Mischfarbe in dem Maasse, als er sich vom Stereoskop entfernt, erhält, erklärt sich wenigstens theilweise durch die verschiedene Brechbarkeit der rothen und blauen Strahlen. Aus den Berechnungen von Helmholtz¹⁾ folgt, dass der Abstand zwischen dem Brennpunkt der rothen und violetten Strahlen, wenn das Auge in die Ferne sieht, etwa 0,434 Mm. gleich ist. Wenn wir aber die beiden verschiedenfarbigen Objecte dem Auge nähern werden, so wird sich der

---

1) Physiolog. Optik. Pag. 127.

Abstand zwischen ihren Brennpunkten noch vergrössern und reicht hierbei nach den Berechnungen von Matthiessen¹⁾ bis 0,62 Mm. Damit zugleich müssen sich auch die Accommodationsschwankungen vergrössern, um bald das rothe, bald das blaue Object deutlich zu sehen. Es ist also begreiflich, dass der Beobachter, wenn er sich vom Stereoskop entfernt, in einer günstigeren Lage sich befindet, um eine Mischfarbe zu erhalten. Zugleich beweist dieser erwähnte Umstand deutlich die Richtigkeit der Erklärung, die Bezold in Bezug auf das Misslingen und die negativen Resultate bei binocularer Farbenmischung gegeben hat.

Ausserdem muss man auch jenen wichtigen Umstand nicht unbeachtet lassen, dass wir uns zugleich mit der Entfernung vom Stereoskop die Convergenz der Gesichtslinien und die Fixation des Objectes erleichtern.

Bei den weiteren Versuchen mit dem Stereoskop von Weatstone gelang es mir auch dann Mischfarbe zu erhalten, wenn ich für das Stereoskop gezeichnete geometrische Figuren nahm und vor das eine Auge ein rothes, vor das andere ein blaues Glas hielt. Sphärische Gläser begünstigten auch hier die Erzeugung der Mischfarbe, die man hauptsächlich um den Fixationspunkt erhielt.

Was das Stereoskop von Brewster anbetrifft, so erhält man vermittelst desselben die Mischfarbe etwas leichter als mit dem vorhergehenden und diese relative Leichtigkeit erklärt sich dadurch, dass hier weniger Spielraum für Schwankungen der Convergenz gegeben ist. Ich wandte bei meinen Versuchen ein Stereoskop mit beweglichen Ocularöffnungen (Abänderungen von Helmholtz²⁾) an und wenn ich sie einmal entsprechend dem Abstände meiner Pupillen von einander eingerichtet hatte, wurden dadurch Schwankungen der Convergenz fast ausgeschlossen, während für solche bei Weatstone'schen Stereoskop stets viel Spielraum bleibt. Auch bei diesem Stereoskop erhalte ich am leichtesten Mischfarbe, wenn ich mich von demselben entferne. Dann sieht der Beobachter die Ocularöffnungen doppelt vor sich; von diesen decken die mittleren einander und fallen zusammen in eine Oeffnung, die in der Mischfarbe erscheint.

Nach den am Stereoskop angestellten Versuchen und Uebungen

---

1) Physiolog. Pag. 127.

2) Ibidem. Optik. Pag. 680.

Fig. 1.

Fig. 3.

Fig. 2.

Fig. 6.

Fig. 4.

Fig. 5.

Taf. I b.

Fig. 1.

Fig. 2.

Fig. 3.

gelang und gelingt es mir leicht, auch ohne Stereoskop Mischfarbe zu erhalten. Ich schnitt zu dem Zwecke zwei farbige kleine Quadrate — ein rothes und ein blaues — aus, klebte sie in verschiedenen seitlichen Entfernungen von einander auf Papier auf und näherte und entfernte sie dann allmählig von den Augen, um den Abstand zu finden, bei welchem die mittleren Doppelbilder am leichtesten einander decken; dann tritt gewöhnlich bald die Mischfarbe auf. Durch Uebung gelangen mir die Versuche in dieser Form leichter als mit dem Stereoskop, so dass ich die Hülfe sphärischer Gläser nicht brauchte.

Da eine Farbenmischung bei solchen Versuchen von Helmholtz¹⁾ in Frage gestellt, ja sogar verneint wird und er die Entstehung der Mischfarbe nur durch Missverständniss erklärt und darauf hinweist, dass in der Mitte des gemeinschaftlichen Gesichtsfeldes, wo das rothe Feld vom blauen bedeckt wird, die blaue Farbe in der That durch Hinzutritt von rothen Strahlen in ihrem Farbentone verändert erscheint, dass dies aber nicht eine eigentliche Mischfarbe, so hatte ich zur Vermeidung eines solchen Missverständnisses stets ein doppelbrechendes Prisma und andere Exemplare derselben farbigen Papierstücke, von welchen ich die Mischfarbe im Stereoskop erhielt, bei der Hand, um mich über die Identität der im Stereoskop erhaltenen Farbe mit derjenigen, die ich mittelst des Prismas erzeugte, zu überzeugen. Ich muss also mit besonderem Nachdruck den Umstand hervorheben, dass die bei meinen Versuchen erhaltene Mischfarbe eine wirkliche war, die sich in ihrem Ton in keiner Weise von derjenigen Farbe unterschied, welche ich mit Hülfe des doppelbrechenden Prismas erhielt, gleich gut, welche Farben ich mischte, ob roth und blau, gelb und blau, roth und grün u. s. w.

Wenn die Mischfarbe bisweilen doch eine besondere Nuance zeigte, so wurde dies nur in den Fällen beobachtet, wo beide Felder nicht gleichmässig erleuchtet waren; dann nähert sich die Mischfarbe derjenigen von beiden Componenten, welche heller erleuchtet ist. Durch ungleichmässige Beleuchtung wird möglicherweise auch der Umstand erklärt, dass einige Beobachter bei binocularer Farbenmischung Farbtöne erhielten, die den Gesetzen der Farbenmischung widersprachen.

Zum Schluss kann ich die Folgerung Bezold's vollkommen bestätigen, dass die Accommodationsschwankungen eines der Haupthindernisse bei der binocularen Farbenmischung ausmachen. In

---

1) Physiolog. Optik. pag. 777.

gleiche Reihe mit den Accommodationsschwankungen möchte ich indessen auch die Schwankungen der Convergenz stellen, die vielleicht noch stärker als die der Accommodation wirken. Obgleich es schwer ist, diese beiden Factoren von einander zu trennen, so habe ich mich doch bei meinen Versuchen mehrmals davon überzeugen können, dass, je mehr Spielraum für Schwankungen der Convergenz gegeben war, es desto schwerer wurde, Mischfarben zu erhalten, und umgekehrt. Zu Gunsten des vorherrschenden Einflusses der Convergenz spricht auch der Umstand, dass sphärische Gläser zwar bei binocularer Farbenmischung helfen, aber nicht in dem Grade, wie man dies theoretisch erwarten könnte, wenn die ganze Schwierigkeit nur von den Schwankungen der Accommodation abhinge, dass man häufig, nachdem die nöthige Correction mit sphärischen Gläsern vorgenommen ist, doch viel Anstrengungen und Zeit braucht, bevor man die Mischfarbe erhält. Besonders überzeugend in dieser Beziehung sind für mich die Versuche mit auf Papier geklebten farbigen kleinen Quadraten ohne Stereoskop. Hierbei wurde die Anstrengung der Convergenz bedeutend dadurch erleichtert, dass man durch Annäherung und Entfernung der Objecte leicht den Abstand finden konnte, wo eine Deckung beider Felder ohne besondere Anstrengung seitens der Convergenz erreicht wurde und in diesen Fällen gerade erhielt man eine Mischfarbe leicht auch ohne Hülfe sphärischer Gläser.

Höchst wahrscheinlich lassen sich durch die erwähnten Schwankungen der Convergenz und Accommodation jene negativen Resultate erklären, die selbst die besten Beobachter bei solchen Versuchen erhalten haben.

Wenn wir uns nun die Frage stellen, warum einige Beobachter leicht, andere dagegen gar nicht eine Mischfarbe erhalten, da doch das Hinderniss bei binocularer Farbenmischung für jedes Auge vorhanden ist und seine Bedeutung hat, so müssen wir folgende Umstände im Auge behalten: 1) häufig trifft man bei ein und demselben Individuum Augen mit verschiedener Refraction an und wenn ein solcher Beobachter das blaue Feld vor das Auge mit der stärkeren Refraction stellt, so befindet er sich in günstigeren Bedingungen, als der Beobachter mit gleicher Refraction beider Augen. 2) Uebung spielt hierbei eine wichtige Rolle und im Anfang gelingen die Versuche weniger als in der Folge. 3) Es existirt eine ungemein grosse individuelle Verschiedenheit, in Folge deren ein Individuum innerhalb gewisser Grenzen mit jedem seiner Augen für verschiedene

Entfernungen accommodiren kann, während dieses einem andern entschieden nicht gelingt. Wenn wir irgend eine feine Schrift lesen und dabei vor das eine Auge ein concaves, vor das andere dagegen ein convexes Glas setzen, so werden wir sehen, dass Einige selbst bei starken Gläsern leicht und lang lesen können, andere dagegen nicht im Stande sind, selbst schwache Gläser zu überwinden und über Unterschied in der Grösse der Gegenstände, Ermüdung der Augen u. s. w. klagen. Diese Thatsachen sind Augenärzten sehr gut bekannt, die häufig genug bei verschiedenem Baue der Augen Brillen mit verschiedenen Gläsern zu verordnen haben.

Zur Abiogenesisfrage.

Von
D. Huizinga
in Groningen.

Vierter Artikel.

Ich hatte mir vorgenommen, die Reihe meiner Mittheilungen über diese Sache vorläufig mit der dritten zu schliessen, sehe mich aber veranlasst, denselben noch eine vierte hinzuzufügen. Dieselbe wird eine neue Beweisführung zu Gunsten der Abiogenesis enthalten, wogegen sich, wie mir scheint, weniger einwenden lässt, als gegen die früher mitgetheilten, und welche zugleich wesentlich einfacher ist.

Die Hauptsache, worin sich meine Versuche von denen anderer Forscher über diesen Gegenstand unterscheiden, besteht, abgesehen vom Gebrauch der thönernen Schliessplatte, darin, dass ich durch Controlexperimente darzuthun versuche, dass die verwendeten Substanzen frei sind von präexistirenden Keimen. Dieselben werden dazu in eine zur Entwicklung von Bacterien geeignete Nährflüssigkeit gebracht und aus dem Ausbleiben der Bacterien auf die Abwesenheit der Keime geschlossen. Als stickstoffhaltiger Bestandtheil dieser Nährflüssigkeit wird Harnstoff verwendet.

Ich machte mir nun folgenden Einwand:

Die Untersuchungen von Mayer haben dargethan, dass die verschiedenen stickstoffhaltigen Körper einen sehr verschiedenen Werth besitzen als Nahrungsmittel für Saccharomyceten und dass