V. *Ueber Contrastfarben;*
von Dr. Fr. Burckhardt in Basel.

Die theoretische Erklärung der unter dem Namen Contrast verstandenen subjectiven optischen Erscheinungen ist noch nicht so weit gelangt, alle Erscheinungen aus einem Erklärungsgrunde abzuleiten, trotz der verdienstvollen Bemühungen vieler und ausgezeichneten Beobachter. Sind auch die meisten und sicherlich alle wichtigen Thatsachen ohne einen besondern Aufwand von äußerem Apparate ermittelt worden, so kann doch der einzelne Beobachter, der für den kostbarsten Apparat, das Auge, Sorge tragen will und muß, nur eine beschränkte Zahl der Beobachtungen Anderer wiederholen und ohne diese Wiederholung ist eine vollständige Einsicht in den ganzen Gang und in die Art der Erscheinung nicht möglich. Noch weniger groß wird die Zahl der Beobachtungen seyn, um welche der Einzelne die Reihe der bekannten bereichert. Auch liegt in der individuellen Anlage der einzelnen Augen ein nicht geringes Hinderniß für die Beobachtungen, ein Hinderniß, welches noch verstärkt wird, durch die veränderte Stimmung je eines Auges in verschiedenen Zeiten und nach verschiedener Thätigkeit und Austregung. Wenn ich also versuche, einige auf Contrast zurückführende Erscheinungen genauer zu verfolgen, so bin ich zum voraus darauf gefaßt, daß nicht jeder Beobachter alle Thatsachen, welche ich beobachtete, in gleicher Weise sehen wird. Nichtsdestoweniger möchten einige der mitgetheilten Thatsachen deswegen von Interesse seyn, weil sie sich leicht ermitteln lassen und weil sie bisher noch von jedem Auge, welches ich zu deren Beobachtung aufforderte, in gleicher, oder nahe gleicher Weise erkannt wurde, wie von dem meinigen.

Wenn nicht alle Erscheinungen von verschiedenen Beobachtern ganz gleich erkannt werden, so mag ein Theil des

Unterschiedes auf verschiedenen Grad der Uebung zurückgeführt werden. Helmholtz taxirt die Wirkung der Uebung so: »So wie ein in der Beurtheilung räumlicher Gröſsen geübtes Auge sich vor manchen Täuschungen hüten wird, in die ein ungeübtes Auge verfällt, wird es auch bei den Farbenbestimmungen geschehen, und ich glaube deshalb, daß geübte Augen den Contrast im Allgemeinen weniger lebhaft sehen werden, als ungeübte.« Er schließt dies daraus, daß in manchen Büchern Contrasterscheinungen beschrieben werden, die andern Beobachtern leichter sichtbar seyn müssen als ihm (*Phys. opt.* 415). Beruhten wirklich alle Contrasterscheinungen auf Irrthum und Täuschung, so wäre das gewiß richtig. Ich habe gewisse Contrasterscheinungen erst nach einiger Uebung wahrnehmen können, andere sofort, und es ist mir nicht vorgekommen, als ob die Wahrnehmung irgend welcher Contrasterscheinungen durch mein Auge wegen längerer Uebung abgenommen hätte. Auch behauptet das Letztere weder Helmholtz noch irgend ein anderer Beobachter. Man kann das Raisonement von Helmholtz auf andere Gebiete der physiologisch-optischen Erscheinungen anwenden, z. B. auf Wahrnehmung der Doppelbilder und der Tiefendimension. Durch zahlreiche Beobachtungen, welche ich früher über binoculares Sehen angestellt habe, bin ich dazu gekommen, ganze Reihen von Beobachtungen neuerer Forscher ganz anders zu sehen als sie, d. h. da Doppelbilder zu sehen, wo sie keine sehen; hieher gehören z. B. manche Beobachtungen von Panum und Nagel, worüber zu reden jetzt nicht in meiner Absicht liegt.

Wenn nun für die Erklärung sämtlicher Contrasterscheinungen noch kein gemeinsamer Ausgangspunkt gefunden ist, so muß es wünschenswerth seyn, sorgfältig beobachtete Thatſachen zu constatiren und Methoden kennen zu lernen, welche zugleich auf einfache und auf schlagende Weise Contrasterscheinungen hervorrufen.

Die Versuche, welche ich mittheilen will, schließten sich an diejenigen an, welche in Helmholtz physiologischer Optik S. 404 bis 405 stehen.

I. Man richtet die beiden Augen nach einem schwarzen Flecke auf weißem Grunde und hält vor das eine Auge ein grünes, vor das andere Auge ein rothes Glas, so erscheint der Fleck schwarz, auf einem Grunde über welchem grün und roth durcheinander schimmern. Läßt man nun das Bild des Fleckes in ein Doppelbild auseinander treten, so sieht man zwei lebhaft gefärbte Bilder, das eine roth, das andere grün. Dieser von S. Newcomb (Sillm. Journ. XXXI, 418 — 419) zuerst, so viel ich weiß, mitgetheilte Versuch wird von ihm in folgender Weise erklärt.

Im ersten Falle sehen zwei correspondirende Netzhautpartien schwarz, das Combinationsbild muß also schwarz seyn. Im zweiten Falle aber sieht die eine Netzhautpartie schwarz, die ihr im andern Auge entsprechende sieht roth, das Combinationsbild also erscheint roth; die eine Netzhautpartie sieht schwarz, die ihr im andern Auge entsprechende sieht grün, das Combinationsbild muß also grün seyn. So sieht man scheinbar durch das rothe Glas den schwarzen Fleck grün, durch das grüne Glas denselben Fleck roth. In dieser Erklärung wird also kein anderes subjectives Moment angenommen, als die Combination zweier verschieden gefärbter Netzhautbilder. An diesen Versuch reiht Newcomb folgenden zweiten an:

II. Entfernt man nun das grüne Glas, während der Fleck im Doppelbilde erscheint, so sollte man erwarten, einen schwarzen und einen rothen Fleck zu sehen, man sieht aber einen grünen und einen schwarzen. Umgekehrt: Entfernt man das rothe Glas, so sieht man einen rothen und einen schwarzen.

Es scheint mir, der zweite Versuch zeige die Unrichtigkeit der ersten Erklärung deutlich. Folgende Versuche mögen die Unrichtigkeit noch deutlicher ins Licht stellen.

III. Zeichnet man auf ein weißes Blatt einen schwarzen Fleck und einen rothen, welcher durch das rothe Glas wie die weiße Fläche erscheint, und vereinigt man die beiden Flecke durch Doppelsehen oder durch eine stereoskopische Vorrichtung, so erscheint, wenn die beiden Flecke

sich überhaupt combiniren, eine schwarz-rothe Färbung. Gleiches findet mit einem grünen und schwarzen Flecke statt. Diese Farbentöne sind aber bedeutend von diesem ersten Versuche gesehenen verschieden; jener Versuch gab einen bläulichrothen und einen bläulichgrünen, dieser Versuch aber einen schwarzrothen und einen schwarzgrünen Fleck. Man kann diese Farbentöne nicht verwechseln:

IV. Käme die Färbung der beiden Flecke zu Stande durch Combination der Farbentöne beider correspondirender Netzhautpartien, so müßte ein Gleiches für irgend zwei Farben stattfinden. Man würde also nothwendig durch Anwendung eines grünen und eines violetten Glases, ein beziehungsweise violettes und grünes Bild erhalten. Allein hiervon ist keine Rede, sondern man erhält ein rothes und ein gelbes. Ebenso erhält man durch ein blaues und ein rothes, ein gelbrothes und ein blaugrünes Bild usw.; überhaupt erhält man jedesmal Bilder, welche complementär sind zu der in das Auge tretenden Lichtart.

Untersuche ich z. B. die beiden im ersten Versuche angewendeten Gläser in Bezug auf das durchfallende Licht, so sehe ich, daß das rothe nur die wenigstbrechbaren Strahlen durchläßt und das Spectrum im Orange durchschneidet. Das grüne Glas aber schneidet den rothen Theil des Spectrums ab, um nur stärker brechbare Strahlen durchzulassen. Beide Gläser übereinander gelegt, zeigen das directe Sonnenlicht schmutzig gelb. Die complementären Farben dieser beiden Gläser sind also bläulichgrün und bläulichroth und diese sind es eben, welche in dem Versuche auftreten.

V. Diese Thatsachen schliessen nun offenbar jene Erklärung Newcomb's aus und zeigen auf das deutlichste, daß wir es hier mit einer Contrasterscheinung zu thun haben und zwar mit einer Erscheinung des nachfolgenden Contrastes wenigstens für den Fall, daß die Doppelbilder erst während der Beobachtung auseinander treten. Denn es schiebt sich hierbei jedes Bild des Fleckes über Netzhautpartien, welche vorher von farbigem Licht getroffen

waren. Eine sorgfältige Beobachtung und Vergleichung der Farben bei verschiedenen Combinationen der farbigen Gläser hat mir indessen gezeigt, daß die Farbe des in das andere Auge eintretenden Lichtes auch von einigem Einfluß auf die wahrgenommene Farbe des Fleckes ist, nicht zwar so, daß das violette Licht des linken Auges das grüne Contrastbild des durch ein grünes Glas sehenden rechten Auges übertönen könnte, um eine violette Resultante zu geben, aber so, daß in diesem Falle das grüne Contrastbild deutlicher blau gestimmt ist, als wenn gelb oder gelbgrün in das andere Auge gelangt. Der Einfluß des objectiven Lichtes, welches in das eine Auge gelangt, auf das subjectivgefärbte des andern Auges ist also erkennbar, aber unbedeutend.

VI. Bevor ich weitere Versuche erwähne, welche sich an die bisher besprochenen anreihen, muß ich etwas über den schwarzen Fleck bemerken. Für manche Contrastererscheinungen ist es vortheilhafter, statt einer schwarzen Fläche eine graue zu wählen. Hier ist es nicht so. Je dunkler der schwarze Fleck, desto reiner und klarer, intensiver ist die Färbung. Ordnet man mehrere kleine Streifen von verschieden dunkeln Grau, vom hellsten bis zum dunkelsten Schwarz, sieht die ganze Reihe im Doppelbilde und hält verschiedenartige Gläser in beliebiger Combination vor die beiden Augen, so sieht man sofort eine deutliche Abstufung der verschiedenen subjectiven Färbungen z. B. vom mattesten Grün bis zum intensivsten Grün, entsprechend den Abstufungen der grauen Scale, und es liegt nicht so fern, die Erklärung darin zu suchen, daß eben das Weiß des grauen Fleckes durch das rothe Glas gesehen, roth erscheint und das Auftreten des subjectiven Grün hindert, oder das Grün theilweise neutralisirt. Ja man gelangt für jede Farbe durch Abschwächung des Grau zu einer Nüance, an welcher man keine subjective Färbung mehr erkennen kann. Ein ähnliches Resultat erhält man mit glänzendem schwarzen Papiere, wenn durch das Glas zerstreutes Licht in das Auge gelangt.

Es ist daher nöthig schon auf die Herstellung des schwarzen Fleckes einige Sorgfalt zu verwenden. Ich schwärzte einen mit schwarzem Tusch gemalten Kreis mit weicher schwarzer Zeichenkreide und erhielt so einen Fleck, neben welchem alles käufliche matte schwarze Papier grau erschien. Zwar gab mir letzteres Papier in mancher Hinsicht genügende Resultate, allein bessere noch der noch schwärzere Fleck.

Auch über die Dimension des schwarzen Fleckes ist ein Wort zu sagen.

Schwarze Punkte oder Linien zu wählen, wäre deshalb unstatthaft, weil bei den Versuchen mit Doppelschen die Irradiation natürlicherweise in stärkerem Maasse auftritt als in directem Sehen, und weil also Punkte und Linien leicht gar nicht wahrgenommen werden können, namentlich aber auch aus dem Grunde, weil die Wahrnehmbarkeit der subjectiven Färbung, wie übrigens jede Färbung überhaupt, von der Ausdehnung der gefärbten Fläche abhängt. Es ist also zweckmässig einen deutlichen markirten Fleck von 2 bis 6 Linien Durchmesser zu wählen. Größere Flecke haben den Nachtheil, dafs entweder die Doppelbilder sehr weit auseinandertreten müssen und also seitliche Theile des Gesichtsfeldes mit in die Beobachtung hineingezogen werden oder dafs die beiden Bilder in einander übergreifen. Die Erscheinungen, welche unter diesen Verhältnissen entstehen, sind zwar auch der Beobachtung werth, allein ich trete hier nicht auf dieselben ein, theils weil sie meinem Zweck ferner liegen, theils weil ich sie noch nicht genügend beobachtet habe.

VII. Um ein Urtheil über die Entstehung der subjectiven Färbung des schwarzen Fleckes zu erhalten, fand ich es zweckmässig, zuerst die Erscheinungen zu untersuchen, welche sich bei der Betrachtung des schwarzen Fleckes mit einem Auge ergeben, und hiebei ist vor allem nothwendig, alles zerstreute weisse Licht abzuhalten. Da es nun anderseits wünschenswerth ist, dem andern Auge irgend eine andere Lichtart zuzuführen, so konnte ich mich nicht leicht

eines dunkeln Zimmers bedienen, sondern ich mußte jedem Auge seinen dunkeln Raum verschaffen und das geschah durch folgende einfache Vorrichtung. Ein Trichter aus Pappendeckel ist am obern weitem Rande so ausgeschnitten, daß er sich vollkommen an die Augenwand anlegt, ohne auf den Augapfel zu drücken. Innen ist er mit mattschwarzem Tuche ausgefüllt, welches über den obern Rand hinausragt, damit es etwaige Fugen zwischen dem Augenrand und dem Trichter verschließe. Unten an dem kurzen Trichter ist eine Wand, innen geschwärzt und mit einem rechteckigen Fenster versehen, vor welches mit zwei Federn farbige Gläser angebracht werden können. Es ist hierbei dafür gesorgt, daß nirgends seitliches Licht eintreten kann und daß also alles objective in das Auge tretende Licht von der Farbe des angewendeten Glases ist.

Für jedes Auge wurde ein solcher Trichter gemacht.

VIII. Ich sehe durch den einen Trichter, welcher mit einem rothen Glase versehen ist, nach dem schwarzen Fleck auf weißem Grunde; das andere Auge ist verschlossen und zugedeckt. Anfangs scheint ein leichter röthlicher Anflug die schwarze Fläche zu überziehen, welcher aber bald einem grünen Farbenton Platz macht. Beide Färbungen sind aber nicht zu verwechseln mit den Farbentönen, welche wir in den früheren Versuchen beobachtet haben; diese waren hell, satt und man möchte sagen leuchtend; jene überziehen die schwarze Fläche als leichte Schimmer. Die Farbentöne sind sogar so schwach, daß mancher Beobachter sie kaum wahrnehmen wird; was bei den obigen Versuchen gewiß nie geschieht.

Was nun mit dem rothen Glase geschieht, geschieht im Wesentlichen mit jedem anders gefärbten Glase auch; wenigstens habe ich dasselbe eintreten sehen mit einem grünen, blauen, violetten, gelben. Diese Versuche stimmen in ihrer Anordnung einigermaßen überein mit den Versuchen Brücke's über die Farbeninduction (Pogg. Ann. LXXXIV S. 424 ff.). In dem Resultate sind sie einigermaßen von ihnen verschieden. Brücke findet nämlich, daß in der Re-

gel von einer gefärbten Fläche über einen dunklen Fleck die complementäre Färbung inducirt werde, daß aber Grün und Violett eine Ausnahme machen, indem sie nicht die complementäre, sondern die gleiche Farbe induciren, das Grün also grün, das Violett violett.

Da die Anordnung meiner Versuche nicht vollkommen mit derjenigen Brücke's übereinstimmt, so möchte das abweichende Resultat in der abweichenden Versuchsart begründet seyn. Brücke sieht den schwarzen Fleck *vor* dem farbigen Glase, ich *hinter* demselben; Brücke hat den Fleck zwischen Glas und Auge, und ich habe das Glas zwischen Fleck und Auge. Ein anderer Unterschied besteht nicht. Wenn nun angenommen wird, daß das weiße Licht, welches immer noch in geringer Menge von dem schwarzen Flecke reflectirt wird, durch das farbige Glas in dessen Farbe erscheine, so müßte nur um so eher in meinen Versuchen grün grün und violett violett induciren; diese Farben treten aber, wenn es geschieht, nur sehr vorübergehend auf. Bei den Versuchen Brücke's war nun diese Ursache der Entstehung gleicher Farben deshalb ausgeschlossen, weil er im dunkeln Zimmer beobachtete. Man kann daher die wirkliche Ursache eher in der Zerstreuung des Lichtes suchen, welche in den nicht absolut durchsichtigen Augenmedien nie fehlt, und welche auch über den dunkeln Fleck farbiges Licht in geringer Menge verbreitet. So treten zwei entgegengesetzte Einflüsse auf in Bezug auf den dunkeln Fleck, nämlich eine leichte objective Färbung durch das zerstreute Licht und eine subjective Stimmung entgegengesetzter Art; beide Einflüsse können in verschiedenem Grade auftreten, je nach der Lichtintensität. Je nachdem nun der eine Einfluß den anderen überwiegt, wird die dem eintretenden Lichte gleiche, oder die ihm entgegengesetzte complementäre Farbe wahrgenommen.

Brücke braucht zur Erklärung der von einem violetten Glase inducirten Farbe, welche mehr ins Blaue zieht, eine analoge Erklärung.

Er erklärt sich diese Farbe ebenfalls aus zwei Erre-

gungszuständen, welche sich bekämpfen, von denen der eine von den rothen Strahlen ausgehend, das complementare Grün, der andere, von violett ausgehend, dieselbe Farbe induciren: hiebei müßte das Roth, welches im Violetten enthalten ist, zwei entgegengesetzte Wirkungen vollbringen, was mir nicht einleuchten will.

Eine Schwierigkeit steht der ruhigen Beobachtung dieser Verhältnisse entgegen, das ist die Kürze der Zeit, während welcher das Auge vollkommen ruhig kann erhalten werden. Man erkennt die Bewegung des Auges leicht an den rings um den Fleck bald da, bald dort auftretenden Nachbildern. Sowie diese auftreten, hört, streng genommen, die Entscheidung des gleichzeitigen (simultanen) Contrastes oder der Farbeninduction auf, und die Erscheinung fällt unter den nachfolgenden (successiven) Contrast.

Man kann auf einfache Weise die Wirkungen vergleichen, welche der gleichzeitige und der nachfolgende Contrast hervorbringt, indem man, nach einem Momente ruhiger Betrachtung des Fleckes, entweder das Auge, oder den Fleck verrückt. Sofort tritt mit aller Lebhaftigkeit eine subjective Färbung auf, wenn auch bei der ersten ruhigen Betrachtung kaum eine subjective Färbung zu erkennen war. Ich kann indessen niemals finden, daß die Farbtöne anders als dem Grade nach verschieden sind; beim gleichzeitigen Contrast liegt über dem farbigen Fleck ein leichter Schein, beim nachfolgenden verwandelt sich das ganze Schwarz in die subjective Farbe. Stellt sich das Auge nach einer Bewegung wieder, so tritt allmählig wieder die stark subjective Färbung zurück, doch nie vollkommen.

IX. Während nun das eine Auge den Fleck in der Nähe (etwa 6 Zoll entfernt) durch das rothe Glas betrachtet und zwar so, daß die Augenaxen nicht auf den Fleck gerichtet sind, sondern in eine grössere Entfernung, öffne ich das zweite Auge, welches, mit dem andern Trichter bewaffnet, ebenfalls durch ein rothes Glas nach einer weissen Fläche sieht; der Theil des zweiten Auges, welcher dem

dunkeln Fleck des andern Auges entspricht, ist nun roth. Beide Farbeneindrücke, der subjective, schwache, grüne Schimmer und die intensive rothe Farbe, combiniren sich nun, und der schwarze Fleck erscheint schwarz-roth. Denu der schwache grüne Schimmer wird lange von dem rothen Farbeneindruck übertönt. Was hier von dem rothen Glase gesagt ist, gilt in gleicher Weise von jedem andern auch.

X. Ganz anders und sehr ausgesprochen gestalten sich die Verhältnisse, wenn man in das zweite Auge weißes Licht eintreten läßt. Statt das zweite Auge ebenfalls mit einem Trichter zu verdecken, öffnet man dasselbe, während es gegen einen Bogen weißen Papiers gerichtet ist. Mit einem Male verwandelt sich die vorher undeutliche, schwache, für manche Augen kaum bemerkbare Färbung in eine deutlich hervortretende, satte Färbung, welche complementar ist zu der durch das Fenster in das andere Auge eintretenden Farbe. Und es giebt keine Ausnahme hievon.

Das rothe Glas ruft einer grünen Färbung und umgekehrt, das orangefarbene Glas einer blauen und umgekehrt.

Dafs das in das zweite Auge eintretende weiße Licht zur Hervorbringung einer kräftigen, subjectiven Färbung nöthig ist, geht auf das Deutlichste daraus hervor, dafs sie auftritt und verschwindet, wenn man abwechselnd das andere Auge öffnet und schließt.

Befindet man sich in solcher Entfernung vom Fleck, dafs das zweite Bild des Doppelbildes auch gesehen wird, so kann man die Farben der beiden Bilder vergleichen. Am Besten wird dieß geschehen können, wenn das Doppelbild wenig divergent ist. Das zweite Bild hat alsdann eine Färbung, welche durch Combination von Schwarz und der in das Auge eintretenden Farbe entsteht. Ist z. B. die dem einen Auge zugeführte objective Färbung grün, so erscheint das subjective Bild dieses Auges roth, und das Bild des andern Auges schwarzgrün.

Vergleichen wir unsern Versuch X mit dem obigen von Newcomb, unter II angeführten, so fällt die Uebereinstimmung sowohl der Versuchsbedingungen, als des Resultats.

tates in die Augen. Zugleich aber erkennen wir, daß nicht bloß Farbeninduction des farbigen Feldes über den schwarzen Fleck die intensive, subjective Färbung hervorbringt, sondern, daß zum deutlichen Hervortreten der satten Färbung das weiße Licht nöthig ist.

XI. Was entsteht nun aber, wenn das eine Auge durch den Trichter mit einem farbigen Fenster nach dem Fleck sieht, und in das andere Auge eine andere Farbe eintritt?

Der Erfolg hängt ganz von der Qualität der beiden Farben ab. Sind die beiden Farben roth und grün, so ruft das rothe Licht des rechten Auges einem grünen Bilde auf dem schwarzen Flecke; das andere Auge erhält aber an derselben Stelle grünes Licht; dieses wird also zur Verstärkung des subjectiven Bildes mitwirken; man erhält daher einen intensiv grünen Fleck. Ist aber das zweite Glas statt grün, blau, so hindert zwar das Blau das Auftreten der subjectiven Farbe im andern Auge nicht, vermischt sich aber mit demselben, und es entsteht ein blaues oder blau-grünes Bild.

Ist das eine Glas gelb, das andere roth, so ruft das gelbe Glas einem blauen Flecke, dieser wird zum Mindesten durch das rothe Licht nicht verstärkt. Je nachdem das Roth zur Geltung kommt oder nicht, wird daher der Fleck blau oder violett gesehen. Ueberhaupt zeigt jede Farbencombination ihre Eigenthümlichkeiten.

XII. Wir sind nun bis auf Weniges dem ersten Versuche Newcomb's nahe gekommen. In jenem Versuche wird allein nicht für Abhaltung alles fremden Lichtes vom Auge gesorgt; es tritt dort weißes Licht mit dem farbigen in das Auge und verstärkt die subjective Färbung des Fleckes. — Und wenn wir nun fragen, wie jener erste Versuch am Besten gelinge, so ergiebt sich folgende Antwort: Da zur Hervorbringung der subjectiven Farbe ein schwarzer Fleck, daneben ein farbiges Licht und darüber weißes Licht nöthig sind, so kann das farbiges Glas zugleich als Spiegel dienen; man hält also die beiden Gläser so schief vor die Augen, daß sie von der Seite her, etwa von den

Wänden eines Wheatstone'schen Stereoskops, weißes Licht in das Auge spiegeln. Diese Vorrichtung ist also eigentlich nur eine Verdoppelung der von Ragona-Scinà angegebenen Anordnung (s. Helmholtz Phys. Opt. S. 105). Einen sehr bedeutenden Einfluß auf die Entstehung der subjectiven Farbe hat die Intensität des farbigen Glases, so zwar, daß die subjective Färbung nur dann in vollem Glanze auftritt, wenn das Farbglas satt gefärbt ist, die weiße Fläche also, welche den Fleck umgiebt, in kräftiger Färbung erscheint. Vergleiche mit zwei verschieden intensiven Gläsern, etwa einem hellgrünen und einem dunkelgrünen, oder einem hellvioletten und dunkelvioletten, zeigen dies auf das Unzweideutigste. Während der durch das hellviolette Glas gesehene Fleck fast vollkommen schwarz erscheint, zeigt sich der durch das dunkle Glas gesehene strobgelb. Man kann diese Erscheinung ableiten entweder aus der geringen Intensität des durch das dunkle Glas in das Auge tretenden Lichts, oder aus der größeren Intensität der eintretenden Färbung: so gehen durch ein hellgrünes Glas grüne Strahlen mit viel weißem Licht, durch ein dunkelgrünes nur die, welche der Farbe des Glases entsprechen und kein, oder sehr wenig weißes Licht; während also ein dunkles Glas im Allgemeinen das durchfallende Licht abschwächt, vermehrt es die Intensität des grünen Lichts im Vergleich zur Summe des durchfallenden Lichts.

Daß nun die stärkere subjective Färbung nicht von allgemeiner Abschwächung herrühren kann, kann gezeigt werden durch Einschaltung grauer Gläser vor dem hellgrünen Glase, wodurch zwar eine allgemeine und gleichmäßige Schwächung eintritt, aber nicht zugleich eine relative Vermehrung des grünen Lichts erfolgt. — Hier tritt keine deutliche subjective Färbung auf, hingegen eine andere Contrasterscheinung, indem nämlich der dunkle Fleck durch einige graue und ein grünes Glas heller erscheint, als durch das grüne Glas allein und heller, als mit unbewaffnetem Auge. So ruft eine objective Verdunklung des Fleckes, wel-

che Verdunklung sich allerdings auf das weiße Feld erstreckt, einer subjectiven Erhellung der Fläche.

XIII. Man ist gewohnt einen grünen Fleck durch ein rothes Glas schwarz zu sehen, weil die grünen Strahlen nicht durch das rothe Glas gehen. Hält man aber das rothe Glas schief und sieht den grünen Fleck im Doppelbilde, so sind beide Flecke grün. Ebenso ist das Doppelbild eines durch ein grünes Glas gesehenen rothen Fleckes roth. Ist der grüne Fleck genau complementär zum rothen Glase, so erscheinen die beiden grünen Flecke des Doppelbildes in gleicher Farbe; ist dieß aber nicht der Fall, so erscheint die subjective Färbung anders, als die objective Farbe des Fleckes. Ein Gleiches findet für das grüne Glas statt.

Zeichnet man über einander auf einem weißen Blatte einen schwarzen und einen grünen Fleck und sieht sie im Doppelbilde, während vor das eine Auge ein rothes Glas gehalten wird, so sieht man folgerichtig drei grüne und einen schwarzen Fleck. Man kann diesen Versuch auf viele Weisen abändern.

XIV. Man kann die Bedingungen, welche zur Hervorbringung der Farben nöthig sind, noch in verschiedener anderer Weise erfüllen, und die Resultate sind, wenn nicht so deutlich bestimmt, wie in den Versuchen mit den Gläsern, doch unverkennbar von derselben Art.

H. Meyer theilt (Pogg. Ann. Bd. XCV S. 170 bis 171) folgenden Versuch mit:

Legt man einen schmalen Streifen graues Papier auf eine farbige Fläche, so erscheint dieser Streifen mit der Complementärfarbe der Unterlage gefärbt. Dieser Versuch gelingt jedoch nicht immer gleich gut; am besten noch bei einer grünen Unterlage; ist der Papierstreifen weiß und etwas breiter, so nimmt man die Complementärfarbe erst nach längerer Betrachtung oder wohl auch gar nicht wahr. Man kann jedoch die Complementärfarbe sogleich ganz entscheiden, und selbst bei so breiten weißen Streifen, daß sie ohne weitere Hilfsmittel die Complementärfläche nicht zei-

gen (mehrere Zoll breit), hervorbringen, indem man über das farbige und weiße Papier einen Bogen feines, durchsichtiges Briefpapier legt. Der weiße Streifen erscheint sogleich mit einem ziemlich gleichförmigen, lichten Tone der Complementarfarbe überzogen.

Helmholtz giebt als vortheilhafte Methode in dieser Weise Contrastfarben hervorzurufen an, man solle zwischen den farbigen Bogen und das Briefpapier ein graues Papierschnittzelchen legen, welches ungefähr dieselbe Helligkeit wie die farbige Fläche hat.

Es scheint mir das Resultat wesentlich von der Durchsichtigkeit des Briefpapiers abzuhängen. Bei einem sehr durchsichtigen Papier oder bei feinem Battiste ist ein grauer Fleck günstiger, bei etwas weniger durchsichtigem ist aber ein möglichst schwarzer Fleck am günstigsten. Es sind in diesem Versuche dieselben Bedingungen wie in den obigen erfüllt, nämlich eine farbige Fläche, im dunkeln Fleck und darüber zerstreutes weißes Licht, und ich kann bei irgend einer Färbung der Unterlage die subjective Färbung des Flecks recht deutlich und bestimmt wahrnehmen.

Das Blatt Papier kann aber noch durch andere Mittel ersetzt werden. Man kann mit einem stehenden möglichst rein weißem Glase eine weiße Fläche über die farbige mit dem schwarzen Flecke spiegeln, sofort tritt die Complementarfarbe auf. Dasselbe geschieht, wenn man mit dem Glase das Licht des grauen Himmels spiegelt.

Es ist indessen nicht nöthig, daß die weiße Fläche die ganze farbige Fläche überziehe. Man kann die Anordnung auch so treffen, daß über die farbige Fläche gleichfarbiges Licht und über den schwarzen Fleck weißes Licht gespiegelt wird. Auch dann tritt die complementare Färbung auf.

Eine Methode, die Contrastfarben Vielen zugleich zu zeigen, ist folgende:

Eine farbige Scheibe enthält einen schwarzen Ring; vor die Scheibe bringt man einen weißen Sector und setzt nun beide in rasch drehende Bewegung. Das Auftreten der Contrastfarbe ist schlagend. Wende ich z. B. eine zinno-

berrothe Scheibe mit dem schwarzen Ringe an und bringe davor einen weissen Sector von 60° , so ist die Contrastfarbe schon für jedes Auge vorhanden. Für manche Augen wird die Contrastfarbe deutlicher, wenn man einen Sector von 120° oder mehr wählt, indem alsdann der schwarze Grund des Ringes immer mehr zurücktritt. Diese Anordnung scheint sich mir besser zu allgemeiner Demonstration zu eignen, als die nur höchst blasse Farben erzeugende, auf dem gleichen Princip beruhende Methode, welche Helmholtz (Phys. Opt. S. 411) empfiehlt.

Ich werde schliesslich keine Theorie der beschriebenen Contrasterscheinungen aufstellen, sondern mich begnügen constatirt zu haben, dass in allen Fällen, wo dem Augenpaar eine farbige Fläche, ein schwarzer Fleck und darüber weisses Licht zugleich gezeigt werden, die subjective Färbung des schwarzen Fleckes eintritt, dass diese Färbung immer die zur Farbe des Grundes complementäre, nie die gleiche ist, dass die Erscheinungen für gleichzeitigen und nachfolgenden Contrast nur dem Grade nach verschieden sind, nicht in der Qualität der auftretenden Farbe, und dass es im Wesentlichen gleichgültig ist, ob das weisse Licht dem einen oder dem andern Auge zugeführt wird, d. h. mit dem farbigen und dem Fleck in dasselbe Auge oder in das andere Auge gelangt.

VI. *Ueber eine merkwürdige Veränderung des Holzes in den Schiffsmasten; von Ernst Hallier.*

Im Frühjahr 1862 brachte Hr. A. Jausen auf Helgoland beim Neubau seiner Bierhalle Holz zur Anwendung, von einem über sechzig Jahre alten Schiff herrührend, welches er einige Zeit vorher in der öffentlichen Versteigerung erstanden hatte. Als der Mast zersägt wurde, zeigte derselbe im Innern eine eigenthümliche Beschaffenheit. Der