
I. *Ueber Hr. D. Brewster's neue Analyse des Sonnenlichts; von H. Helmholtz.*

Hr. D. Brewster hat in einer Reihe von Aufsätzen ¹⁾ eine eigenthümliche Ansicht über die Zusammensetzung des Sonnenlichts und die Entstehung der Farben aufgestellt und zu beweisen gesucht, welche mit Recht die Aufmerksamkeit der Physiker in hohem Grade auf sich ziehen mußte, theils in Betracht des wohlverdienten Ruhms, den sich ihr Urheber in den optischen Wissenschaften erworben hat, theils wegen den neuen Thatsachen, welche er zur Unterstützung seiner Behauptungen anführt. Das Sonnenlicht soll nach ihm aus dreierlei Arten von Licht, rothem, gelbem und blauem, zusammengesetzt seyn, und jeder dieser Lichtarten sollen Strahlen von allen den Abstufungen der Brechbarkeit zukommen, welche sich im prismatischen Spectrum vorfinden, jedoch so, dafs das rothe Licht mehr Strahlen von geringerer Brechbarkeit, das gelbe mehr von mittlerer, das blaue mehr von gröfserer liefert, daher des erste am weniger brechbaren Ende des Spectrums überwiegt, das zweite in der Mitte, das dritte am brechbaren Ende. Die übrigen Farbentöne des Spectrums Orange, Grün, Violett sollen durch Mischung der drei Grundfarben entstehen. Das Prisma kann immer nur solche

1) *Description of a Monochromatic Lamp with Remarks on the Absorption of the Prismatic Rays, in Transactions of the R. Soc. of Edinb. Vol. IX. P. II. p. 433.*

On a New Analysis of Solar Light. Ibid. Vol. XII. P. I. p. 123.

Reply to the Astronomer R. on the New Anal. of Solar Light. Philos. Magaz. Vol. XXX. p. 153.

Observation on the Analysis of the Spectrum by Absorption. Ibid. Vol. XXX. p. 461.

Remarks on the Elementary Colours of the Spectrum. Ibid. Vol. XXXII. p. 489.

Strahlen von einander trennen, welche ungleiche Brechbarkeit besitzen, wenn es aber verschiedenfarbige Strahlen von gleicher Brechbarkeit giebt, so muß sich natürlich für die prismatische Analyse das aus ihnen zusammengesetzte Licht wie einfaches verhalten. Dagegen, behauptet Brewster, ließen sich solche Strahlen durch ihre verschiedene Absorption in gefärbten Mitteln von einander trennen, und er hat versucht mit Hülfe dieser Methode den Nachweis zu führen, daß in allen Theilen des Sonnenspectrums Licht von allen drei Farben, also auch aus diesen drei Farben zusammengesetztes weißes Licht vorkäme. Die Thatfachen, auf welche er sich dabei stützt, sollen beweisen, daß Licht, welches in Newton's Sinne homogen ist, d. h. nur Strahlen von einer Brechbarkeit (und Wellenlänge) enthält, beim Durchgang durch gefärbte Mittel zuweilen Veränderungen seiner Farbe erleidet, während die von Newton aufgestellte und allgemein verbreitete Theorie behauptet, daß die Farbe des homogenen Lichtes nur von seiner Brechbarkeit (oder Wellenlänge) abhängig sey, und solches Licht wenn es durch gefärbte Media gehe, zwar geschwächt oder ausgelöscht, aber nie in seiner Farbe verändert werden könne. Wir müssen Hrn. D. Brewster zugeben, daß wenn ein einziger Fall constatirt würde, wo die Farbe von homogenem Licht durch Absorption in einem gefärbten Medium sich veränderte, wir Newton's Theorie verlassen und dafür seine oder wenigstens eine ihr ähnliche annehmen müßten.

Ich bemerke hier zunächst, daß die Anzahl und Art der von Brewster angenommenen Grundfarben nur auf indirecten Schlüssen beruht. Er hat in dieser Beziehung die ziemlich allgemein angenommene Theorie der Farbmischung beibehalten, wonach aus den drei Farben Roth, Gelb und Blau alle anderen zusammengesetzt seyen, Gelb und Blau namentlich zusammen Grün gäben. Ich habe an einem anderen Orte ¹⁾ gezeigt, daß diese Theorie nur nach den Resultaten der Mischung der Farbstoffe gebildet ist,

1) Ueber die Theorie der zusammengesetzten Farben. Müller's Archiv für Anatomie u. Physiologie 1852.

dafs Mischung der Farbstoffe aber durchaus nicht eine einfache Zusammensetzung ihres farbigen Lichtes hervorbringt, und dafs namentlich gelbes Licht mit blauem vereinigt nicht Grün, sondern Weiss giebt. Die drei Farben Roth, Gelb und Blau können also kein Grün zusammensetzen, und müßten, wenn man bei drei Grundfarben stehen bleiben will, durch andere, etwa Roth, Grün und Violett, ersetzt werden, denselben, welche schon Th. Young aufgestellt hat. Dadurch würde übrigens Brewster's Theorie keine sehr wesentliche Veränderung erleiden, sondern es würden nur einzelne Schlüsse etwas abgeändert werden müssen. Ich will deshalb hier nicht näher darauf eingehen, sondern mich darauf beschränken, die Frage zu untersuchen: »Wird die Farbe homogenen Lichtes durch gefärbte Mittel verändert, oder nicht?

Es haben bisher Airy¹⁾, Draper²⁾ und Melloni³⁾ die Ansichten Brewster's zu widerlegen versucht. Der erstere hob namentlich hervor, dafs dieser Physiker bei der von ihm angewandten Methode der Beobachtung nicht gleichzeitig die durch Absorption veränderten und unveränderten Farben vor Augen gehabt habe und sich deshalb in der Vergleichung ihrer Unterschiede habe täuschen können. Brewster antwortete darauf, und ich kann aus eigener Erfahrung ihm beistimmen, dafs bei seiner Beobachtungsmethode die Veränderungen der Farben meistens auffallend genug sind, um ohne Schwierigkeit von Jedermann erkannt zu werden. Draper und Melloni sprachen ihren Zweifel aus, ob das von Brewster angewendete Spectrum hinreichend rein gewesen sey, und ob nicht die einzelnen Farbstreifen beträchtlich über einander gegriffen haben. Aus den Angaben, welche Brewster in seinen Erwiderungen auf diese Angriffe über seine Methode macht, geht aber in der That hervor, dafs ein solches

1) *Philos. Magac. Vol. XXX p. 73.* Pogg. Ann. Bd. 71, S. 393.

2) *Silliman J. 1847. Vol. IV. p. 388.* *Phil. Mag. XXX. p. 345.*

3) *Bibl. univ. d. Genève. Août 1847.* *Phil. Mag. XXXII. p. 262.*
Pogg. Ann. Bd. 75, S. 62.

Uebereinandergreifen der Farben nicht stattfand; auch haben seine späteren Versuche über die Anzahl der Fraunhofer'schen Linien im Sonnenspectrum gezeigt, daß ihm viel vollkommenere Mittel zur Trennung der Strahlen von verschiedener Brechbarkeit zu Gebote stehen, als selbst Fraunhofer oder vielleicht irgend einem anderen Physiker. Und in der That lehrte mich eine sorgfältige Wiederholung wenigstens der wichtigsten von seinen Versuchen, welche ich genau nach seiner Methode und mit Berücksichtigung aller bisher für nöthig gehaltenen Vorsichtsmaafsregeln angestellt habe, daß die Thatsachen, welche er gesehen zu haben behauptet, vollkommen richtig beschrieben sind, wie man es übrigens von einem so bewährten Beobachter nicht anders erwarten konnte. Aber ich glaube seine Deutung dieser Versuche durch Gründe widerlegen zu können, welche bisher noch nicht zur Sprache gekommen sind, und wodurch die scheinbaren Widersprüche gegen Newton's Ansicht aufgehoben werden.

Es ist sehr zu bedauern, daß Brewster nirgends eine detaillirte Beschreibung seiner Beobachtungsmethode gegeben hat. Daher ist es gekommen, daß Draper und Melloni ihm in ihren Voraussetzungen darüber Unrecht thun konnten, und deshalb muß ich auch von vorn herein um Verzeihung bitten, falls ich den Einfluß von Fehlerquellen besprechen sollte, welche er in der That bei der Anstellung seiner Versuche schon vermieden hatte. Ich entnahm theils aus den Antworten, welche er seinen Gegnern gegeben hat, theils aus der Darstellung in seinem *Treatise on Optics, London 1831*, über seine Methode Folgendes. Er brachte in dem Laden eines dunklen Zimmers einen schmalen Spalt an, und betrachtete diesen durch ein stark brechendes Prisma mit bloßem Auge ohne Fernrohr, wobei er in dem an Stelle des Spalts erscheinenden Spectrum die (stärkeren) Fraunhofer'schen Linien sehen konnte. Dann schaltete er zwischen Auge und Prisma das absorbirende farbige Mittel ein, und erblickte nun das veränderte Spectrum. Außerdem wiederholte er die Versuche

auch mit Spectren, in denen durch Interferenz eine Anzahl dunkler Streifen entstanden waren, wodurch die verschiedenen Farben noch augenfälliger gesondert wurden. Brewster sagt nichts darüber, ob er directes Sonnenlicht oder nur reflectirtes Licht des Himmels durch den Spalt im Fensterladen auf das Prisma fallen liefs. Wir müssen jedoch annehmen, dafs er in den meisten Fällen das erstere anwendete; denn wenn der Spalt hinlänglich eng ist, um die Fraunhofer'schen Linien zu zeigen, werden die durch farbige Mittel veränderten Farbenstrahlen, auf die es bei seinen Versuchen ankommt, meist so lichtschwach, dafs sie nur bei Anwendung von directem Sonnenlicht deutlich gesehen werden können.

Die Zweifel, welche sich mir bei Wiederholung dieser Versuche aufdrängten, beziehen sich erstens darauf, ob sich nicht geringe Mengen von weifsem zerstreuten Licht in das Spectrum einmischen, und zweitens, ob das Auge unter den obwaltenden Umständen nicht durch physiologisch optische Einflüsse gehindert werde, die Farben richtig zu beurtheilen. Was den ersteren Zweifel betrifft, so kann man allerdings bei Brewster's Methode alles Licht mit Ausnahme dessen, was durch den Spalt einfällt, vollkommen abhalten; man kann durch ein gutes, stark brechendes Prisma, oder eine Verbindung von zwei solchen und Anwendung eines engen Spaltes, das Sonnenlicht, in so weit es regelmäfsig gebrochen wird, sehr vollständig in seine verschiedenfarbigen Strahlen sondern, so dafs diese im Spectrum durchaus nicht in einander greifen, aber man mufs in diesem Falle daran denken, dafs ein, wenn auch kleiner, Theil des Lichts andere Wege, als die durch die regelmäfsige Brechung bedingten einschlagen könne. Zunächst verdient hier die Zerstreuung des Lichts an den Gränzflächen und in der Masse des Glases Beachtung.

Betrachtet man ein Glasstück, sey es ein Prisma oder eine Linse, von noch so klarer und regelmäfsiger Masse und noch so vollkommener Politur, gegen einen dunkeln Grund und direct von der Sonne beschienen, so sieht man

immer eine große Zahl glänzender Pünktchen im Innern und kleine Stäubchen und Risse an der Oberfläche, welche eine merkliche Menge Licht unregelmäßig zerstreuen, und dem Ganzen ein rauchiges Ansehen geben. Um eine solche Prüfung recht genau anzustellen, lasse man Sonnenlicht durch die Oeffnung eines dunklen Schirms auf das zu untersuchende Glasstück fallen, und bringe dann das Auge nahezu in die Richtung der hindurchgegangenen Strahlen, so daß diese nicht hineinfallen, aber doch dicht daran vorübergehen. Es erscheinen dann die kleinen Unregelmäßigkeiten der Oberfläche und Masse glänzend erleuchtet auf dem dunklen Hintergrunde des Schirms. Die von mir angewendeten Flintglasprismen, von Plössl verfertigt, dem Hrn. Prof. Neumann zugehörig, welche die Fraunhofer'schen Linien mit Hülfe eines Fernrohrs in sehr großer Vollkommenheit und Zahl zeigten ¹⁾, waren nicht frei von solchen kleinen Unregelmäßigkeiten. Auch Brewster hat diesen Punkt nicht ganz unberücksichtigt gelassen, denn er führt in seiner Antwort gegen Draper an, daß er außer den schönsten Glasprismen auch Steinsalzprismen von solcher Homogenität und Reinheit gebraucht habe, daß beim Hindurchsehen die Substanz der Prismen unwahrnehmbar war, aber er giebt leider nicht an, ob er die Prüfung ihrer Reinheit auch gegen die Sonne gewendet, so wie ich es eben beschrieb, angestellt habe; auf diese Weise werden viele Fehler sichtbar, die man im Tageslichte gar nicht entdeckt. Zu bedenken ist, daß bei den Versuchen die Prismen wirklich in eine ähnliche Stellung zwischen Auge und Sonne kommen, wie bei der angegebenen Methode, sie zu prüfen. Mir standen dergleichen Steinsalzprismen nicht zu Gebote, ich kann deshalb auch nicht über den zu erreichenden Grad ihrer Vollkommenheit urtheilen.

Der zweite zu berücksichtigende Umstand ist die mehrfache Reflexion des Lichts im Prisma. Bei den meisten

1) So lösten sie zum Beispiel die Linie *D* in die zwei sehr nahe an einander stehenden Linien auf, aus denen sie besteht.

zu Dispersionsversuchen gebrauchten Prismen sind nur die beiden brechenden Flächen polirt, die anderen drei mattgeschliffen. Legt man ein solches Prisma auf eine dunkle Unterlage so, daß die mattgeschliffene Fläche erleuchtet ist, so sieht man im Innern des Prisma eine Reihe von Spiegelbildern dieser Fläche. Die beiden polirten Flächen wirken nämlich wie ein Winkelspiegel, welcher eine Reihe kreisförmig gestellter Bilder eines zwischen seinen Schenkeln liegenden Gegenstandes, hier der dritten Fläche, liefert, und man sieht in unserem Falle durch eine der spiegelnden Flächen selbst hindurch in das Innere hinein. Die Spiegelbilder der dritten Fläche erscheinen ganz in derselben Richtung, wie die Spectra, welche man durch das Prisma hindurch sieht, und da ein Theil des einfallenden Lichts gewöhnlich auch auf die dritte Fläche fällt, und sie wie ihre Spiegelbilder erleuchtet, so wird dadurch ein schwacher weißer Schein erzeugt, der sich über das Spectrum ausgießt. Die Menge des gespiegelten Lichtes ist allerdings sehr gering, und wird gewöhnlich neben dem regelmäsig gebrochenen gar nicht bemerkt. Um es zu beseitigen, ist es nöthig, alle Flächen des Prisma mit Ausnahme der beiden brechenden gut zu schwärzen.

Wenn man die färbenden Medien zwischen Prisma und Auge einschaltet, ist zu bedenken, daß auch in diesen noch Licht diffus zerstreut wird, falls die Politur ihrer Oberfläche und die Reinheit ihrer Masse nicht ganz vollkommen sind. Brewster hat als gefärbte Mittel meist farbige Glasplatten oder Flüssigkeiten, natürlich zwischen zwei Glasplatten eingeschlossen, gebraucht. Von der Reinheit der Gläser habe ich eben gesprochen; aber auch von den Flüssigkeiten z. B. dem destillirten Wasser wissen wir, daß es durch Schichten von einer gewissen Tiefe Licht nur neblig durchscheinen läßt, d. h. einen Theil davon zerstreut. Außerdem kommen dann noch die Reflexionen zwischen den beiden Oberflächen der farbigen Mittel, und zwischen ihnen und der Hornhaut des beobachtenden Auges in Betracht. Wenn die eingeschaltete farbige Platte

parallele Flächen hat, werden durch die in ihrem Innern mehrfach reflectirten Strahlen secundäre Bilder des Spectrum entstehen, welche fast vollständig mit dem ursprünglichen Bilde zusammenfallen, und nicht viel schaden können. Sind die Flächen nicht parallel, so wäre es bedenklicher, es könnten dann schon die Farben der secundären Bilder auf andere Farben des primären fallen. Dazu kommt, daß das einfallende Licht theilweise an der Hornhaut reflectirt wird, der Hornhautreflex sich wiederum in der vor das Auge gesetzten Glasplatte spiegelt, und dieses Spiegelbild, weil es dem beobachtenden Auge zu nahe ist, als ein heller Schein im Gesichtsfelde erscheinen muß. Dieser Umstände wegen halte ich es für gerathener, die gefärbten Media nicht zwischen Prisma und Auge, sondern zwischen Lichtquelle und Spalt zu setzen. Es wird dadurch eine bedeutende Menge zerstreuten Lichtes im Gesichtsfelde beseitigt.

Die Anführung aller dieser Umstände erscheint vielleicht pedantisch, und ich gebe zu, daß die unregelmäßig gebrochenen Strahlen allerdings nur einen äußerst winzigen Theil des einfallenden Lichts bilden, der viel zu unbedeutend ist, um unter gewöhnlichen Verhältnissen das Aussehen des Spectrum merklich zu verändern. Indessen wird sich zeigen, daß er nicht zu winzig ist, um nicht zu solchen Farben des Spectrum, welche durch Absorption ebenfalls in sehr hohem Grade geschwächt sind, hinzuge-mischt, deren Farbenton merklich zu verändern.

Die bisher besprochenen Umstände sind von der Art, daß sie möglicher Weise bei der Ausführung von Brewsters Methode beseitigt werden können. Vielleicht giebt es Prismen, deren Reinheit jede Prüfung aushält; sie können passend geschwärzt, die farbigen Mittel vor den Spalt gesetzt werden; dann würde wirklich nur regelmäßig gebrochenes Licht zum Auge kommen. Nicht zu beseitigen sind aber dabei ganz ähnliche Fehlerquellen, welche im Auge selbst ihren Sitz haben. Ich mache darauf aufmerksam, daß wenn sehr helles Licht irgend einer Art auf eine

Stelle der Netzhaut fällt, Licht gleicher Art als ein schwächerer Lichtnebel über einen großen Theil des Gesichtsfeldes verbreitet erscheint. Die Erscheinung ist leicht zu beobachten. Man stelle des Abends ein Licht in der Nähe irgend eines größeren schwarzen Feldes auf, z. B. neben einer Thür, die in ein dunkles Nebenzimmer geöffnet ist, und beobachte aufmerksam den Grad der Dunkelheit dieses Feldes, während man sich das Licht mit dem Finger abwechselnd verdeckt und freilässt. Man wird leicht bemerken, dass so oft die Lichtstrahlen frei in das Auge fallen, ein weißlicher Schein auf dem schwarzen Felde erscheint, welcher in der Nähe des Lichtes heller ist, sich aber schwächer auch über ziemlich entfernte Theile des Gesichtsfeldes erstreckt. Dasselbe beobachtet man auch, wenn Tageslicht, und in der auffallendsten Weise, wenn directes Sonnenlicht durch eine Oeffnung eines schwarzen Schirms in das Auge gelangt. Bedeckt man die Oeffnung mit einem farbigen Glase, so hat der Lichtschein ebenfalls die Farbe des Glases. Ich habe diese Erscheinung sowohl mit meinen eigenen, in gutem Zustande befindlichen Augen gesehen, als auch vielen anderen Personen gezeigt. Dass die Brechung und Beugung des Lichts an den Wimperhäärchen nicht daran Schuld ist, lässt sich durch das Fortbestehen der Erscheinung bei weit auseinander gezogenen Lidern beweisen.

Was die Ursache dieses Phänomens betrifft, so ist es von früheren Beobachtern, welche Aehnliches bemerkten, meist für rein subjectiv gehalten worden; man glaubte es aus einer Uebertragung der Reizung auf die benachbarten Fasern der Netzhaut erklären zu müssen. Es lassen sich aber auch Ursachen nachweisen, welche bewirken müssen, dass ein kleiner Theil objectiven Lichtes sich im Auge zerstreut, und solche Stellen der Retina trifft, welche von dem regelmässig gebrochenen Lichte nicht getroffen werden. Dazu gehört erstens unzweifelhaft die Diffraction des Lichts in der Pupille. Wenn Licht durch eine enge Oeffnung, oder auch nur am Rande eines dunkeln Körpers

vorbeigeht, wird immer ein kleiner Theil desselben abgelenkt. Nun ist die Pupille im Verhältniß zur Brennweite des Auges allerdings zu groß, als daß Diffractionsringe gebildet, und ein verhältnißmäßig beträchtlicher Theil des Lichts zerstreut werden sollte, wie es durch sehr kleine runde Oeffnungen geschieht, die man dicht vor das Auge hält, aber es kann die Diffraction dadurch doch nicht ganz aufgehoben seyn. Zweitens kann es fraglich erscheinen, ob die Augenmedien für absolut klar gehalten werden dürfen, da sie theils aus mikroskopischen Zellen und Fasern zusammengesetzt sind, wie die Hornhaut und Linse, theils von einer großen Zahl feiner Häutchen durchzogen zu seyn scheinen, wie der Glaskörper. Außerdem verräth sich die Anwesenheit kleiner Unregelmäßigkeiten der Structur in den hintern Theilen des Glaskörpers bekanntlich durch die sogenannten Mücken des Gesichtsfeldes, und es möchten ähnliche in den übrigen Theilen des Auges nicht fehlen. Auch dadurch muß Licht zerstreut werden. Endlich kommt noch in Betracht, daß, wie der von mir construirte Augenspiegel ¹⁾ lehrt, ziemlich viel Licht von den erleuchteten Stellen der Retina nach der Pupille zurückkehrt, und an der Vorderfläche der Hornhaut zum Theil ebenso und zwar nach hinten zurückgespiegelt werden muß, wie es mit dem in das Auge einfallenden Lichte der Fall ist. Daß also von dem in das Auge einfallenden Lichte ein Theil noch auf andere Theile der Netzhaut abgelenkt werden muß, scheint mir nicht zweifelhaft zu seyn; ob daneben auch noch eine Ausbreitung der Nervenreizung in der Netzhaut stattfindet, läßt sich ohne weitere Untersuchungen nicht entscheiden, für unsern Zweck ist es indessen gleichgültig, ob sich objectives Licht oder nur die subjective Empfindung davon über die Netzhaut ausbreite.

Ich werde jetzt nachzuweisen suchen, daß eines der auffallendsten von Brewster's Resultaten in der That von einer Vermischung des regelmäßig gebrochenen Lichtes mit

1) S. meine »Beschreibung eines Augenspiegels zur Untersuchung der Netzhaut im lebenden Auge«. Berlin, 1851.

solchen herrührt, welches theils aufserhalb theils innerhalb des Auges unregelmässig zerstreut ist. Ich meine die angebliche Isolation weissen Lichtes im Gelb des Spectrum durch Glas, welches mit Smalte blau gefärbt ist. Es ist bekannt, dafs durch solches Glas einige dunkle Streifen in der weniger brechbaren Hälfte des Spectrum erzeugt werden. Es bleiben zwischen ihnen mehrere farbige Bänder stehen, nämlich 1) das äufserste Roth, die Linien A und B umfassend, ganz ungeschwächt; 2) ein Band von röthlichem Orange zwischen den Linien c und D, äufserst schwach; 3) ein gelbes Band, an dem einen Rande in das Orange, am andern in Grün ziehend, weniger geschwächt als das vorige. Zwischen diesem Gelb und dem Grün befindet sich ein nicht ganz dunkler Zwischenraum, während Blau und Violett wieder fast ungeschwächt erscheinen. Brewster macht nun darauf aufmerksam, dafs während die ursprüngliche Farbe des gelben Bandes ein reiches Gummituttgelb sey, derselbe durch eine gewisse Dicke des blauen Glases mattgelb, durch eine noch gröfsere Dicke weifsgrünlich aussehe, und dafs die letztere Farbe sich durch fernere Einschaltung von andern Farbstoffen, namentlich Kupferlösungen und rother Tinte endlich in Weifs verwandeln lasse. Dieses Weifs, behauptet er ferner, sey durch das Prisma nicht zu zerlegen, aber, wenn ich den Sinn seiner Ausdrücke richtig begriffen habe, hat er das niemals durch ein zweites Prisma erprobt, was überdies ohne erhebliche Abänderungen der Methode gar nicht auszuführen war, sondern schliesst es nur daraus, dafs dieses weisse Licht unzerlegt durch das erste Prisma gegangen sey.

Das blaue Glas, welches mir zu Gebote stand, zeigte die von Brewster angegebenen Erscheinungen in folgender Weise. Durch eine Platte gesehen war der gelbe Streifen im Spectrum des Tageslichtes sehr lichtschwach weifslich und etwas grünlich gelb, im Spectrum der Sonne zunächst liegenden Stellen des Himmels dagegen von sehr reinem glänzenden Gelb. Durch zwei Platten gesehen, verschwand er im Tageslicht gänzlich, im directen

Sonnenlicht sah er fast weifs aus, und zog sich bei gröfserer Lichtstärke in das Grüngelbe, bei schwächerer in das Blaue. Neben diesem mäfsig hellen Streifen hat natürlich das Blaue und Violett des Spectrum eine blendende Helligkeit, und auch der Streifen des äufsersten Roth ist sehr lichtstark. Durch drei Platten im directen Sonnenlichte wurde das gelbe Band blauweifs. Die Aenderung der Farbe war etwas geringer, wenn die Platten nicht zwischen Prisma und Auge, sondern vor den Spalt, d. h. zwischen Lichtquelle und Spalt gesetzt wurden. Bedenken wir nun, dafs die Sonne über 50000 mal heller ist als die hellste von ihr erleuchtete weisse Fläche, und dafs das Gelb im ursprünglichen Spectrum für das Auge die ganz unerträgliche Helligkeit der Sonne hat, durch zwei blaue Glasplatten aber wie eine mäfsig stark beleuchtete Papierfläche erscheint, so wird es in Ermangelung genauerer Messungen nicht sehr entfernt von der Wahrheit seyn, wenn wir annehmen, dafs der hundertste Theil des Gelb durch eine, der zehntausendste durch zwei Glasplatten gehe. Wenn auch nur der zehntausendste Theil des ungeschwächt durch die Glasplatten gehenden farbigen Lichts wegen der besprochenen Unregelmäfsigkeiten der Brechung auf die Stelle der Netzhaut fällt, welche gleichzeitig das Gelb aufnimmt, so müssen wir Mischungen bekommen, deren Farbe sich bedeutend vom reinen Gelb entfernt. Durch Zumischung von indigblauem Lichte zum Gelben geht letzteres aber wirklich, wie ich in meiner Untersuchung über die zusammengesetzten Farben gezeigt habe, erst in weifsliches Gelb, dann in Weifs, endlich in bläuliches Weifs über. Die dem Gelb im Spectrum des Smalteglases zunächst stehenden Farben Roth und Grün, können durch verschieden starke Einnischung das Weifs noch etwas in Roth oder Grün verändern, und so alle die Farbenstufen erzeugen, welche man durch verschiedene Dicken des blauen Glases sieht.

Da man nun bei Brewster's Methode stets alle Theile des Spectrums, geschwächte und ungeschwächte, vor sich hat, und deshalb die unregelmäfsige Zerstreung der hel-

leren Farben im Auge nicht verhindern kann, so kommt es darauf an, seine Versuche nach einer anderen Methode zu wiederholen, wobei man die störenden Farben aus dem Gesichtsfelde ganz oder fast ganz entfernen kann. Betrachtet man das Spectrum durch ein Fernrohr, so kann man zwar leicht jede gewünschte Farbe isolirt erscheinen lassen, aber die unregelmäßigen Brechungen und Reflexionen des Lichts außerhalb des Auges werden durch die Gläser des Fernrohrs vermehrt. Die Farbenveränderungen des gelben Streifen fand ich bei isolirter Betrachtung desselben im Fernrohre zwar schwächer, aber sie waren doch noch vorhanden. Eine andere Methode gab mir aber vollkommen gute Resultate. Sie ergiebt sich unmittelbar aus der von Brewster, wenn man durch den Spalt nicht unverändertes Sonnenlicht, sondern schon durch ein anderes Prisma gebrochenes und zwar davon allein diejenigen Strahlen einfallen läßt, deren Farbenveränderung untersucht werden soll. Mein Verfahren ist folgendes: Von einem Spiegel reflectirte Sonnenstrahlen fallen durch einen ersten verticalen Spalt in ein dunkles Zimmer und auf ein verticales Prisma. Unmittelbar hinter diesem steht eine Linse, welche das zu einem Spectrum ausgebreitete Bild des ersten Spaltes auf einem Schirme entwirft. In diesem befindet sich ein sehr feiner verticaler zweiter Spalt. Das Licht von demjenigen Farbenstreifen des Spectrums, welcher gerade auf diesen Spalt fällt, geht durch den Schirm hindurch, das übrige wird abgeschnitten. Der Beobachter steht hinter diesem zweiten Schirme, dessen Rückseite gut geschwärzt, am besten mit schwarzem Sammt überzogen ist, und betrachtet den Spalt durch ein zweites, möglichst vollkommenes Prisma. Wenn im ersten Prisma und der Linse gar kein Licht zerstreut würde, so würde nur homogenes Licht einer bestimmten Farbe auf und durch den zweiten Spalt fallen, und dies eben wegen seiner Homogenität durch das zweite Prisma angesehen kein Spectrum bilden, sondern als ein ebenso schmaler Streifen wie mit bloßem Auge erscheinen. Da aber gleichzeitig ein wenig weißes

unregelmäßig gebrochenes Licht einfällt, so bildet dieses ein sehr lichtschwaches Spectrum, in welchen sich nur ein einzelner Farbenstreifen, der des regelmäßig gebrochenen Lichtes sehr glänzend darstellt. Wenn nun auch im zweiten Prisma und im Auge wiederum etwas Licht zerstreut wird, so besteht dies hauptsächlich aus dem des hellen Streifens, und kann diesem zugemischt seine Farbe nicht verändern, weil es ihm homogen ist. Von den übrigen Farben kommen nur die im ersten Prisma unregelmäßig gebrochenen Theile durch den Spalt, und deren Lichtmenge ist so gering, daß, was davon im zweiten Prisma und im Auge des Beobachters noch zerstreut wird, nicht mehr wahrgenommen werden kann.

Man kann bei dieser Methode auch einen beliebig breiten Streifen des Spectrums hell machen, wenn man statt des ersten Spaltes einen mehr oder minder breiten rechteckigen Ausschnitt anbringt. Dann wird das Spectrum des ersten Prisma ein unreines, d. h. an jeder Stelle desselben decken sich verschiedenartige benachbarte Farbenstreifen in einer gewissen Breite, es fällt also auch verschiedenartiges regelmäßig gebrochenes Licht durch den Spalt, und wird durch das zweite Prisma in die einzelnen Farbentöne zerlegt, die es enthält. Man erhält dadurch ein mehr oder minder breites, scharf begränztes, mit den entsprechenden Fraunhofer'schen Linien versehenes, helles Band aus denjenigen Farben bestehend, welche im Spectrum des ersten Prisma sich über dem Spalt deckten, während die übrigen Theile des zweiten Spectrum nur von zerstreutem Lichte erleuchtet sehr lichtschwach bleiben. Auf diese Weise gelingt es zum Beispiel außerordentlich gut das jenseit der Linien *H* liegende, wegen seiner Schwäche neben den übrigen Farben für gewöhnlich unsichtbare Violett frei von allem weißen Lichte in einer mindestens ebenso großen Breite sichtbar zu machen, als das gewöhnlich sichtbare Violett zwischen den Linien *G* und *H* einnimmt. Nach der gewöhnlichen Methode es in Fernröhren zu zeigen, in denen das übrige Spectrum abgeblendet ist, pflegt es mit

einer fast überwiegenden Menge weissen Lichts gemischt zu seyn.

Isoliren wir uns nun nach dieser Methode das Licht des gelben Bandes im Spectrum des Smalteglasses, und unterwerfen es der Absorption von einer gewissen Anzahl von Platten dieses Glases, die wir vor dem ersten, oder zweiten Spalt oder vor dem Auge einschieben, so erhalten wir ganz andere Resultate, als nach Brewster's Methode. Das Gelb bewahrt nämlich nun, auch nachdem es durch zwei, drei, ja selbst vier blaue Platten gedrunge ist, seine ursprüngliche reine und gesättigte Farbe. Ich bemerke übrigens, dafs zu dem Gelingen dieses Versuches nicht einmal ein absolut dunkles Zimmer gehört, wenn nur der zweite Schirm hinreichend dunkel schwarz ist, und die Glasplatten vor dem ersten Spalt eingeschaltet werden.

Brewster's Erklärung kann neben dieser Beobachtung nicht bestehen. Seiner Ansicht nach soll das Licht des gelben Bandes, wenn es durch Kobaltglas weifslich geworden ist, aus Licht gleicher Brechbarkeit bestehen, also durch Brechung in Prismen nicht weiter in verschiedenfarbiges Licht zerlegt werden können. Bei dem beschriebenen Versuche erscheint das Licht des gelben Bandes, so wie es in der ersten Spalte ankommt, in der That weifslich, wenn wir es aber durch ein zweites Prisma betrachten, so wird es in reines gelbes und anderfarbiges Licht zerlegt, ist also nicht von gleicher Brechbarkeit, sondern in der That, wie es die von mir gegebene Erklärung fordert, gemischt aus Strahlen verschiedener Brechbarkeit. Bei Brewster's Verfahren konnte eine Zumischung fremdartigen Lichts, sey es nur in den Prismen und Glasplatten oder erst im Auge, nicht vermieden werden. Eben deshalb ist auch erklärlich, dafs er durch Einschaltung noch anderer färbender Medien die weisse Farbe des besprochenen Bandes reiner machen oder in das Rothe und Grüne ziehen konnte.

Eine zweite Möglichkeit der Täuschung liegt in den physiologischen Erscheinungen des Contrastes, welche sehr

leicht die Beurtheilung der Farben beeinträchtigen, besonders wenn wir ein schwach erleuchtetes farbiges Feld neben einem sehr viel helleren betrachten. Brücke¹⁾ hat neuerdings darauf aufmerksam gemacht, daß selbst ganz dunkle Stellen des Gesichtsfeldes neben helleren farbigen von einem farbigen Scheine übergossen erscheinen, welcher bald der erregenden Farbe gleich, bald complementär, bald noch anders gefärbt ist. Er nennt die Farbe dieses Scheins die inducirte Farbe. Er fand, daß bei dem von ihm angewendeten Grade von Helligkeit, Roth das complementäre Grün, Grün aber auch Grün, Violett Blau, Blau und Gelb dagegen keine recht entschiedenen Farben induciren. Nachdem ich diese Versuche bei verschiedenen Graden von Helligkeit wiederholt habe, glaube ich Brücke's Ausspruch dahin modificiren zu können, daß bei sehr starkem Lichte sich immer dieselbe Farbe über das dunkle Feld ausgießt, welche das erleuchtete hat, ein Phänomen, dessen muthmaßliche Gründe wir oben besprochen haben. Bei schwachem Lichte dagegen inducirt sich wohl immer die Complementärfarbe, und zwar, wie auch Brücke fand, viel lebhafter, wenn das Auge bewegt wird, als wenn es einen Punkt fixirt, bei mittlerem Lichte dagegen verhalten sich verschiedene Farben verschieden; sie geben bald dieselbe, bald die entgegengesetzte, bald unbestimmte Färbungen, es scheinen sich hier die beiden entgegengesetzten Erscheinungen zu bekämpfen. Aber auch mir scheint, mit Brücke übereinstimmend, daß Roth leichter die Complementärfarbe giebt, als Grün und Violett.

Hierauf scheint mir namentlich ein überraschender Versuch von Brewster zurückzuführen zu seyn, wodurch er die Anwesenheit von grünem Licht im Gelb, Orange und selbst im Roth in der Nähe der Linie *C*, nachzuweisen sucht. Als absorbirende Mittel gebraucht er dazu Portwein, Perubalsam, Pech, Schwefelbalsam oder rothen Glimmer.

Ich

1) Untersuchungen über subjective Farben. Denkschr. d. Acad. d. Wissenschaft zu Wien Bd. III.

Ich habe die Versuche mit Perubalsam, Schwefelbalsam und Pech wiederholt. Dünneren Lagen davon lassen Roth, Gelb und Grün des Spectrum stehen, während sie Blau und Violett auslöschen. Dabei scheint aber das Grün mindestens bis zur Linie *D*, welche eigentlich im Goldgelb steht, und häufig auch noch darüber hinaus in die Gegend des röthlichen Orange zu reichen. Unmittelbar an das Grün scheint das Roth zu stoßen. Also die gelbgrünen, gelben, goldgelben und selbst wohl die orangenen Farbtöne scheinen grün geworden zu seyn, und das Grün ist so entschieden und lebhaft, daß man sich in der That schwer entschließt an eine subjective Farbentäuschung zu glauben. Das Vorhandenseyn einer solchen wird aber schon durch den Umstand angedeutet, daß die Gränze des Grün viel mehr in das Roth hineinrückt, wenn man das Auge auf den verschiedenen Farbstreifen wandern läßt, als wenn es anhaltend auf dem grünen Theile des Spectrum verweilt. Im ersteren Falle treffen die gelblichen Farben auf Netzhauttheile, welche kurz vorher glänzendes Roth gesehen haben, und deshalb zur Erzeugung des complementären Blaugrün neigen. Im zweiten Falle ist die Erregung der inducirten Farbe auf den nebenliegenden Theilen der Netzhaut viel schwächer. Daß aber die Erscheinung auf einer subjectiven Täuschung beruhe, zeigt sich sogleich, wenn man nach der von mir oben beschriebenen Methode die gelbgrünen, gelben oder goldgelben Farbstreifen isolirt, und so isolirt durch verschieden dicke Schichten der genannten braunen Körper betrachtet. Sie erscheinen dann ganz unverändert, ohne die geringste Hineigung zum Grün.

Durch dickere Schichten der braunen Flüssigkeiten gesehen verschwinden im Spectrum auch das Grün, Gelb und ein Theil des Orange. Man sieht dann an dem Saume des stehen gebliebenen Roth nach der Seite des Orange zu noch ein ganz schwaches grünes Rändchen, selbst bis ganz nahe an die Linie *C*, wo das Roth kaum noch einen orangenen Schein hat. Der grüne Saum ist zu lichtschwach

und schmal, als dafs es möglich wäre sein Licht zu isoliren, und einzeln zu untersuchen. Davon aber, dafs schwaches roth orangenes Licht neben starkem rothem grün erscheinen kann, überzeugt man sich leicht, wenn man auf eine rothe Glastafel eine kleine mennigrothe Papierscheibe klebt und sie gegen einen sehr hellen Grund, z. B. den hellen Himmel, hält, während das Papier ganz schwach beleuchtet ist. Bei passender Stärke der Beleuchtung erscheint es grün.

Ferner scheint mir die violette Färbung des Blau bis in die Nähe der Linie *F*, bei der Absorption durch gelbe Flüssigkeiten, Olivenöl, Saft der *Coreopsis tinctoria* u. s. w. zu den subjectiven Complementärfarben zu gehören. Ich habe die Versuche mit Olivenöl wiederholt, und das Violett deutlich zwischen den Linien *F* und *G* gesehen, wo es sonst nicht vorkommt, bis nahe an *F* heran, aber nur dann, wenn diese Gegend des Spectrum sehr lichtschwach war.

Das Oel verändert die Helligkeit das Roth, Gelb und Grün nicht merklich, schwächt aber das Blaue sehr und löscht das Violett fast ganz aus. Liefs ich durch den Spalt das Licht hell erleuchteter Wolken einfallen, so sah ich die ersteren Farben hell, das Blau lichtschwach und violett, das Violett gar nicht. Liefs ich aber Sonnenlicht einfallen, so wurde die Gegend zwischen den Linien *F* und *G* heller und verlor ihren violetten Schein. Isolirt man sie von den anderen Farben des Spectrum in der oben beschriebenen Weise, so sieht man das Blaue ebenfalls ganz in seiner ursprünglichen Farbe. Ich glaube daher, dafs es in dem durch Olivenöl gesehenen Spectrum durch das dem benachbarten hellen Grün complementäre Carminroth überdeckt und violett geworden war.

Auch noch eine andere Methode kann ich in diesen und ähnlichen Fällen zur Prüfung empfehlen. Man setze vor den gröfsten Theil des Spaltes die absorbirende Substanz, vor dem übrig bleibenden Rest desselben weißes, dickeres oder dünneres, geöltes oder nicht geöltes Papier, welches man so auswählt, dafs die zu untersuchende Stelle

in dem Absorptionsspectrum ebenso hell wird, wie die entsprechende des durch das Papier gegangenen Lichtes. So wird man bei der Absorption durch Oel sehen, dafs auch in dem Papierspectrum das Blau zwischen den Linien *F* und *G* violett erscheint. Zum Gelingen des Versuchs mufs die Breite des Absorptionsspectrum die des Papierspectrum bei weitem überwiegen.

Aus den angeführten Thatsachen geht genugsam hervor, dafs auch im Spectrum subjective Farbenänderungen durch Contrast nicht nur ebenso gut, wie in Zusammenstellungen anderer Farben, sondern vielleicht noch lebhafter und täuschender wegen der gröfseren Lebhaftigkeit der einfachen Farben eintreten können. In anderen Fällen lassen sich diese Veränderungen nicht gerade auf Induction von Complementarfarben zurückführen. Ein solches Beispiel, auf welches sich Brewster beruft, ist in dem Spectrum des Smalteglases der Streif im röthlichen Orange, der etwa von der Linie *C* bis *D* reicht. Er ist viel dunkler als der danebenliegende rothe und gelbe Streif, und scheint zwischen diesen beiden, bei gewöhnlicher Helligkeit des Spectrum gesehen, ganz dieselbe rothe Färbung darzubieten, wie der Streifen des äufsersten Roth. In einem stärker beleuchteten Spectrum erkennt man aber deutlich, dafs er in das Orange zieht. Brewster hatte den Streifen zuerst ¹⁾ orange-roth (*orange-red*) genannt, später ²⁾ beruft er sich darauf, dafs J. Herschel ³⁾ ihn rein roth gefunden habe, und glaubt darin eine Veränderung der Farbe durch Absorption zu sehen. Auch hier genügt es, den betreffenden Streifen sich abgesondert darzustellen, um sich zu überzeugen, dafs seine Farbe durchaus nicht verändert sey. Ebenso verhält es sich mit dem grünlichblauen Farbentönen auf der grünen Seite der Linie *F*, welche, wie Brewster bemerkt, durch ein tiefblaues Glas (wahrscheinlich Smalteglas) gesehen, grün werden. Sobald man sie

1) *Edinburgh Transactions. Vol. IX. P. II. p. 439.*

2) In der Antwort gegen Airy.

3) *Treatise on Light. Art. 496 u. 506.*

isolirt untersucht, findet man keine Farbenänderung an ihnen.

Endlich kommt bei einigen Versuchen von Brewster noch eine andere physiologische Thatsache in Betracht, dafs nämlich dasselbe homogene Licht bei verschiedener Lichtstärke nicht ganz gleiche Farbeindrücke hervorruft. Bei blendender Helligkeit scheinen vielmehr alle Farben weifs zu werden. Am leichtesten geschieht diefs mit dem Violett, welches im Spectrum des directen Sonnenlichtes schon bei einem sehr mäfsigen Grade von Helligkeit weifsgrau erscheint und nur einen schwachen violetten Schein behält. Auch zeigte mir Hr. Prof. Moser, dafs durch ein sehr dunkles violettes Glas die Sonne vollständig ebenso weifs erschien, wie die stark beleuchteten Wolken, welche man neben dem Glase vorbei erblickte. Ebenso wird das Blau bei einer Helligkeit, welche ohne Belästigung des Auges zu ertragen ist, weifsblau, bei stärkerer weifs. Das Grün wird erst gelbgrün, ehe es wie das Gelb bei gesteigerter Helligkeit die Farbe ganz verliert. Roth zeigt die Erscheinung am schwersten und nur bei den höchsten Graden der Helligkeit habe ich es sowohl im Spectrum, als durch ein rothes Glas nach der Sonne blickend hellgelb werden sehen. Um bei den Versuchen darüber die Einmischung jedes andersfarbigen Lichtes zu vermeiden, habe ich sie mit Farbstreifen des Sonnenspectrums an gestellt, welche nach der vorher beschriebenen Methode durch zwei Prismen isolirt und gereinigt waren. Die verschiedenen Abstufungen der Helligkeit habe ich theils dadurch hervorgebracht, dafs ich das direct von der Sonne kommende Licht mit solchem vertauschte, welches von verschieden stark beleuchteten Theilen des Himmels ausgegangen war, theils aber auch, weil nach Brewster's Theorie die Farben im Spectrum des Sonnenlichtes denen im Himmelslicht nicht gleich seyn sollen, dadurch, dafs ich die Farben des Sonnenspectrum bald direct, bald durch zwei nahe rechtwinklich gekreuzte Nicol'sche Prismen betrachtete. Auch durch Reflexion von unbelegten Glasplatten,

oder indem man sie auf einem weissen Schirm auffängt, kann man ihre Helligkeit ohne Verdacht einer Farbenänderung schwächen.

Wenn also eine gewisse Dicke der Lösung von schwefelsaurem Kupferoxyd-Ammoniak das Blau des Spectrum hell und weislich, eine stärkere Dicke es tief dunkelblau erscheinen läßt, so ist daraus nur zu schliessen, dafs diese Flüssigkeit auch blaue Strahlen absorhirt, aber keineswegs, dafs sie weisses Licht aus dem homogenen blauen fortgenommen habe. Ferner erklärt sich daraus, dafs das Gelb im Spectrum des Tageslichts oder des blauen Himmels kaum zu bemerken ist, während es in dem viel helleren Spectrum des directen Sonnenlichts einen breiten Raum einnimmt. Das reine Gelb bildet nämlich im Spectrum des Flintglases einen äufserst schmalen Streifen, und ist im blauen Lichte des Himmels schwächer als seine Nebenfarben, so dafs man es bei schwacher Vergrößerung des Spectrum zwischen dem breiten und glänzenden Roth und Grün schwer bemerkt. Dagegen sieht man es bei starker Vergrößerung oder isolirter Betrachtung der einzelnen Farben sehr deutlich auch im Himmelslichte. Im Spectrum des directen Sonnenlichtes ist dagegen Gelb die hellste Farbe und von blendendem Glanze. Grün und Roth sind durch gesteigerte Intensität auch gelblich geworden, und deshalb tritt das Gelb so deutlich hervor. Schwächt man aber die Helligkeit des Sonnenspectrum durch Reflexion von unbelegten Glasplatten, oder durch fast rechtwinklich gekreuzte Nicol'sche Prismen, so tritt das Gelb ebenso zurück, wie im Spectrum des Tageslichts. Bestimmt man auferdem in einem Spectrum von mäfsig starkem Sonnenlicht, und in dem des Tageslichts die Farbenstufen der einzelnen Fraunhofer'schen Liniengruppen in der Nähe des Gelb, isolirt von den Nebenfarben, so findet man sie ganz gleich.

Es bleibt nun von den Thatsachen, welche Brewster zur Stütze seiner Theorie angeführt hat, ein Versuch übrig, von dem ich nicht weifs, ob ich seine Wiederholung als

gelungen betrachten darf, und einige, welche ich nicht anstellen konnte, weil ich die dazu gehörigen absorbirenden Mittel nicht hatte. Der erstere ist angestellt mit Perubalsam, Schwefelbalsam, Pech und rothem Glimmer. Das Roth des Spectrum soll, durch diese Mittel angesehen, orange erscheinen. Bei mäfsiger Lichtstärke konnte ich durch die Balsame und Pech, in welchen Abstufungen der Dicke ich sie auch anwandte, nichts davon erkennen; das Roth behielt seine Farbe ganz unverändert. Nur bei grösser Lichtstärke, wo ein das Spectrum umgebender brauner Lichtschein ankündigte, dafs viel Licht zerstreut wurde, sah ich das Roth etwas orange. Das erklärte sich aber in diesem Falle aus der Zumischung des zerstreuten braunen, aus Roth, Gelb und etwas Grün zusammengesetzten Lichtes, und aus der Neigung des Roth bei grösserer Helligkeit gelblich zu werden. Vielleicht hat auch Brewster ein so helles Spectrum angewendet. Isolirt man übrigens das Roth nach meiner obigen Methode, so bleibt es stets ganz unverändert.

Verschiedene Versuche sind von Hrn. Brewster mit gefärbten durchsichtigen Oblaten (*wafers*) aus Gelatine angestellt worden. Ich fand dergleichen hier nicht im Handel, und da nur die Farben, nicht die Farbstoffe angegeben waren, konnte ich sie mir nicht darstellen. Uebrigens scheint mir der Gebrauch solcher Oblaten deshalb bedenklich, wenigstens wenn sie zwischen Auge und Prisma eingeschaltet werden, weil auch die besten Leimplatten, wie man sie zwischen Glasplatten aus dem reinsten Hausblasenleim bildet, nicht zu den klar durchsichtigen Körpern gehören. Wenn man auch durch ein solches Blatt ziemlich gut hindurchsehen kann, so machen mehrere übereinander das Bild nebelhaft, zum Beweise, dafs sie viel Licht zerstreuen. Diefs würde in der That auch die Wirkung erklären, welche orangene, gelbe und grüne solche Oblaten haben sollen, das Roth des Spectrum orange zu färben. Es genügt dazu die Zerstreung des vorwaltenden farbigen Lichtes über das Roth. Wodurch eine grüne

solche Oblate ein weißliches Band im Blau hervorbringt, weiß ich nicht zu ermitteln, da ich den Versuch nicht wiederholen kann.

Ein blaßrothes Glas, welches das Grün zwischen b und F absorbirt (wahrscheinlich mit Goldpurpur gefärbt), und ein blaßgelbes, welches das Blau schwächt, sollen combinirt das Blau violett machen. Die Erklärung wird dieselbe seyn, wie beim Olivenöl.

Roth von einer Messingplatte reflectirt, soll nach J. Herschel orange werden. Die Mittel zur Erklärung davon hat Airy in seiner Abhandlung gegen Brewster gegeben.

Ich habe jetzt die von Brewster vorgebrachten Thatsachen alle erwähnt. Wenn ich auch nicht alle Versuche nachahmen und widerlegen konnte, so glaube ich, geht aus den Erörterungen über die, deren Wiederholung mir gelungen ist, zur Genüge hervor, daß bei seiner Methode mehrere bisher unbeachtete Umstände von Einfluß sind, welche eine sichere Beurtheilung der Farben unmöglich machen, und den bisjetzt von ihm hingestellten Thatsachen alle Beweiskraft für seinen Zweck nehmen. Um gültige Gründe zur Widerlegung der bisher angenommenen Verbindung der Brechbarkeit oder Wellenlänge mit der Farbe zu gewinnen, muß man jedenfalls eine andere gesichertere Beobachtungsmethode anwenden, ähnlich derjenigen, welche ich in dieser Abhandlung beschrieben habe, wobei eine Hauptbedingung ist, daß die zu untersuchenden Farben von den übrigen abgesondert und von den letzten Spuren unregelmäßig gebrochenen Lichtes frei sind.