

*Einige neuere Ansichten über die Natur der Polarisationsbündel.*

Von dem w. M. W. Haidinger.

In dem Schreiben des Herrn Prof. Stokes vom 9. Februar, aus welchem in den zwei letzten Sitzungen Abschnitte besprochen wurden, ist, wenn auch nur mit wenigen Worten, von den Polarisationsbündeln die Rede, die ich nicht unerwähnt lassen darf, weil sich hier wieder ein neuer Weg der Erklärung derselben eröffnet. Zu gleicher Zeit schliesse ich die Ansicht meines hochverehrten Freundes des Herrn Prof. Schrötter an, so wie eine etwas weitere Ausführung der Ansicht, welche mir bei der gegenwärtigen Lage der Erfahrungen als die annehmbarste erscheint.

Herr Prof. Stokes schreibt: „Ich bin keinesweges durch „irgend welche der Erklärungsarten befriedigt, welche ich bisher „über die Ursache Ihrer Bündel gesehen habe. Man kann allen, „vorzüglich aber der des Herrn Jamin, einen Einwurf machen, der „unwiderlegbar scheint. Ich will diesen Gegenstand aber hier nicht „weiter verfolgen, weil ich daran bin demnächst einen Aufsatz dar- „über an das *Philosophical Magazine* zu schicken. Ich bin überzeugt, „dass die Erscheinung entweder in, oder knapp an der Netzhaut „ihren Sitz hat. Ich werde eine Muthmassung in Bezug auf die „Ursache derselben aufstellen, nach welcher sie von der Art ab- „hängen, wie die letzten Nervenfasern die Empfindung des Lichtes „aufnehmen. Ich bin überzeugt, dass die sogenannte Nachahmung „der Erscheinung durch Uhrgläser oder Linsen, welche Hr. Jamin „vorschlug, mit derselben nichts zu thun hat.“

Ist auch hier die Nachweisung nicht gegeben, so ist doch das Princip angedeutet. Wie sie sich gegenüber der von Sir David Brewster <sup>1)</sup> gegebenen stellen wird, welcher den Sitz der Erscheinung ebenfalls in diese Gegend legt, bleibt vor der Hand unbestimmt. Sir David Brewster nimmt an, dass die Netzhaut zunächst dem *Foramen centrale* eine gyroidisch fasrige Structur besitze.

<sup>1)</sup> Sitzungsberichte der kais. Akademie der Wissenschaften. 1850. 28. Nov. S. 442.

Ebenfalls in das Auge, aber in die vor der Netzhaut befindlichen Theile versetzt Herr Prof. Schrötter den Sitz der Erscheinung. Eine freundliche Mittheilung vom 15. März, die ich von demselben erhielt, enthält folgende Stelle: „Bei einer Arbeit über gewisse „Eigenschaften der Flamme wurden meine Gedanken auf allerlei „optische Gegenstände gelenkt, unter andern auch auf die von Dir „entdeckten Büschel. Es drängte sich mir hiebei eine Erklärung „derselben auf, deren Einfachheit allein mich an ihrer Richtigkeit „zweifeln lässt.“

„Meine vermeintliche Erklärung lässt sich kurz folgendermassen geben:“

„Um an einem einaxigen Körper das schwarze Kreuz mit den „Ringern sehen zu können, ist es nothwendig, eine auf die optische „Axe desselben senkrecht geschnittene Platte dieses Körpers zwischen zwei über Kreuz liegende Nicols, Turmaline u. s. w. zu halten, d. h. an den beiden Seiten derselben entgegengesetzt polarisirende Körper anzubringen. Es ist erwiesen, dass die Krystall-Linse sich ihrer lamellaren Structur wegen in obigem Falle wie ein einaxiger Körper verhält. Vor der Krystall-Linse befindet sich aber ohne Zweifel ein das Licht polarisirender Körper, nämlich die Atmosphäre, es ist daher nur noch nothwendig, dass sich auch hinter derselben ein solcher befindet, damit auf der Netzhaut jene Empfindung hervorgebracht werde, wie wir sie haben müssen um die Büschel wahrzunehmen. Dieser zweite, das Licht polarisirende Körper kann nur wie ich glaube der Glaskörper sein. Brewster hat zwar, wie Brücke mir sagte, an diesem Körper keine polarisirenden Wirkungen beobachtet, allein Brewster hat den Glaskörper nur ausser dem Auge untersucht. Im Auge, zumal am lebenden, verhält sich die Sache wahrscheinlich ganz anders; hier wird durch die mächtigen Muskeln des Auges ein veränderlicher, vielleicht von unserem Willen, gewiss aber von äusseren Reizen abhängiger Druck auf diesen Körper ausgeübt, der hinreichen dürfte, demselben die Eigenschaft, das Licht zu polarisiren, ertheilen zu können. Es scheint dass nur der, welcher einen solchen Druck auf den Glaskörper auszuüben vermag, die Büschel sieht. Dr. Stilling hat überdies thatsächlich bewiesen, dass der Glaskörper das Licht durch Druck zu polarisiren vermag, was bei der eigenthümlichen Beschaffenheit (Bau) desselben wohl nicht anders sein kann.“



„Aus dieser Erklärung würde ganz natürlich folgen, warum man die Büschel nur an jenen Stellen des Himmels sieht, von denen polarisirtes Licht ausgeht. Selbst das Verschwinden der Büschel, welches Du im Jännerhefte der Sitzungsberichte beschrieben hast, fände hierin seine natürliche Erklärung.“

„Ich weiss wohl, dass der Wissenschaft mit Erklärungen, die nicht durch Versuche unterstützt sind, wenig geholfen ist, allein ich glaube, dass wenn solche Erklärungen wie Hypothesen behandelt werden — was sie eigentlich sind — die zu neuen Versuchen führen, sie immerhin nicht ganz verwerflich erscheinen.“

Indem ich Herrn Prof. Schrötter meinen Dank für die freundliche Mittheilung darbringe, bemerke ich nur noch, dass sich diese Ansicht zunächst an die des Herrn Silbermann anschliesst, deren ich in einer frühern Sitzung, am 16. November 1848 <sup>1)</sup>, gedachte, nebst einigen Bedenklichkeiten die sich derselben entgegenstellen dürften; doch unterscheidet sie sich auch wieder, und ich glaube mich enthalten zu sollen, was sich etwa dagegen sagen liesse, aufzusuchen, da mir mehr daran gelegen sein muss die abweichende Ansicht besser zu begründen, welche ich mir selbst bilden zu müssen glaubte, während die Annahme irgend einer der vorgeschlagenen Erklärungsarten doch wieder von ganz andern Personen abhängt als gerade von den Begründern derselben.

Seit ich das erste Mal aus Anlass des optischen Schachbrettmusters <sup>2)</sup> auf den Zusammenhang der Farben dieser Erscheinung und der Polarisationsbüschel aufmerksam machte, versuchte ich noch zweimal weitere Erörterungen, in den Vorträgen „über die Löwe'schen Ringe“ <sup>3)</sup> und „Beitrag zur Erklärung der Farben der Polarisationsbüschel“ <sup>4)</sup>. Aber es ist an keinem der Orte von einer eigentlichen Construction des Vorganges die Rede, die sich mit jener auch nur entfernt vergleichen liesse, welche Herr Prof. Stokes von dem Schachbrettmuster gegeben hat, und die ich aus seinem Schreiben der hochverehrten mathematisch-naturwissenschaftlichen Classe am 19. April vorzulegen die Ehre hatte. Diese schöne Darstellung ist es, welcher ich die Anregung verdanke, auch für die Nachweisung

<sup>1)</sup> Sitzungsberichte 1848. Bd. I, Hft. 5, S. 6.

<sup>2)</sup> Sitzungsberichte u. s. w. 1851. Bd. VII, S. 389.

<sup>3)</sup> Sitzungsberichte u. s. w. 1852. Bd. IX, S. 240.

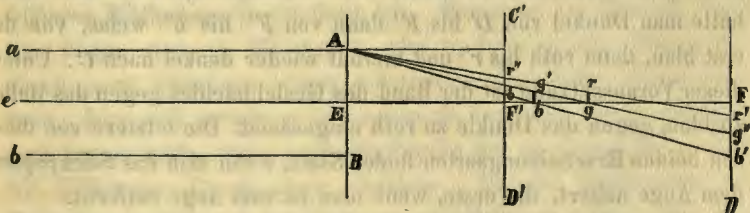
<sup>4)</sup> Sitzungsberichte u. s. w. 1854. Bd. XII, S. 3.

wie sich etwa die Erscheinung auf der Netzhaut projiciren könne, eine Construction zu versuchen, die sich derselben anschliesst, was ja auch gewiss der Fall sein muss, wenn, wie ich bei den früheren Veranlassungen anzudeuten suchte, beide auf der gleichen Ursache, der Bildung von Farbensäumen zwischen dunklen und hellen Stellen des Lichtfeldes ausserhalb der Entfernung der deutlichsten Seheweite beruhen.

Das menschliche Auge ist nicht achromatisch. In der Entfernung des deutlichsten Sehens erscheinen die Bilder der Gegenstände allerdings ohne farbige Ränder. Längst ist es aber erwiesen, dass eine solche Achromasie nicht ausserhalb derselben stattfindet. So beschreibt Herr Prof. Müller <sup>1)</sup> dahin gehörige Erscheinungen:

„Man erblickt sehr lebhaft Farbensäume an einem vor dem Auge befindlichen dunklen Gegenstande, wenn man an ihm vorbei das Auge auf ferne Gegenstände richtet und diese deutlich sieht; wenn man z. B. in ein Kartenblatt ein Loch von etwa 1 Linie Durchmesser macht, es 5 bis 6 Zoll weit vom Auge hält und durch dasselbe nach einem fernen Gegenstande visirt, so erscheinen die Ränder der Öffnung farbig.“

Eine Nachweisung wie die Farbensäume zunächst den hellen und den dunklen Theilen des Gesichtsfeldes liegen, möge die nachstehende Zeichnung erläutern. Bei der Auseinandersetzung habe ich versucht den vom Hrn. Prof. Stokes eingeschlagenen Weg zu verfolgen, und zugleich möglichst die Anwendung auf den speciellen Fall des polarisirten Lichtes vorzubereiten.



Von dem mit parallelen Strahlen in das Auge fallenden Lichtstrom *aeb* treffe die eine Hälfte *ae* die halbe Öffnung der Pupille in

<sup>1)</sup> Pouillet's Lehrbuch der Physik u. s. w. Von Dr. Joh. Müller. 1. Auflage Bd. II, S. 184.



*AE*. Längs der Seheaxe *eF* findet keine Brechung und Ablenkung sondern nur eine Verzögerung der Bewegung Statt; von *E* fortschreitend gegen den Rand der Pupille *A* jedoch entsteht durch die Brechung eine Convergenz der Strahlen, so dass von der Lichtfläche *ae* in entsprechenden Entfernungen eine unendliche Anzahl verschiedenfarbiger Bilder hinter einander liegend entstehen, von dem von der Pupille entferntesten am wenigsten gebrochenen rothen bis zu dem der Pupille am nächsten liegenden und am meisten gebrochenen violetten Bilde. In der Zeichnung sind nur zwei solche Bilder ausgedrückt, von denen das entferntere *rg* die Farben von Roth bis Gelbgrün, das nähere *g'b* die von Gelbgrün bis Violett begreifen möge. Die Gesamtwirkung der ersten Hälfte des Spectrums ist nahe röthlichorange, die des letztern blau. Aber die Bilder liegen wegen der parallelen Lage der Strahlen des Lichtstromes zwischen der Pupille *AB* und der Netzhaut *CD*. Nur nähere Gegenstände, welche ihre Strahlen von irgend einem Punkte *e* der Gesichtsaxe aussenden, könnten ein Bild auf der Netzhaut hervorbringen. Wegen der Entfernung der Netzhaut von den farbigen Bildern entsteht auf der letztern eine Projection welche in der Figur durch den Abschnitt *Fr'g''b'* ausgedrückt ist, welcher Fall auf dem von *E* gegen *C* und von *b'* gegen *D* dunkeln Grunde den Eindruck von *ae* auf die Netzhaut darstellt. Davon ist *Fr'* weiss, *r* bis *g''* roth bis gelbgrün *g'* bis *b* gelbgrün bis violett. Entsprechend dieser Anordnung ist der Rand des Gesichtsfeldes gegen das Helle zu roth, gegen das Dunkle zu blau eingesäumt. Wären die Gegenstände dem Auge ganz nahe gebracht, so stünde die Netzhaut bei *C'D'* und dann hätte man Dunkel von *D'* bis *F'* dann von *F'* bis *b''* weiss, von da erst blau, dann roth bis *r''* und hierauf wieder dunkel nach *C'*. Unter dieser Voraussetzung ist der Rand des Gesichtsfeldes gegen das Helle zu blau, gegen das Dunkle zu roth eingesäumt. Die letztere von diesen beiden Erscheinungsarten findet Statt, wenn man das Stickpapier dem Auge nähert, die erste, wenn man es vom Auge entfernt.

Vortrefflich, und ein Vorbild für den gegenwärtigen Fall, hat auch Sir David Brewster die chromatische Aberration an Linsen erörtert <sup>1)</sup>. Auch er erklärt wie in dem Brennpunkte für den rothen

<sup>1)</sup> Populäres vollständiges Handbuch der Optik. Übersetzt von Dr. J. Hartmann. 1835. I. Bd., S. 68.

Strahl ein rothes Bild der Sonne entsteht, in dem Brennpunkt für den violetten Strahl ein violettes Bild und in den Zwischenpunkten Bilder von den übrigen Farben des Spectrums. Fängt man das Sonnenbild auf Papier auf, so ist, wenn dies zwischen der Linse und dem Kreis der kleinsten Aberration, wo die Farben möglichst compensirt sind, geschieht, das entstehende Sonnenbild von einem rothen Rande eingefasst. Entfernt man das Papier bis jenseits des Brennpunktes, so ist das projecirte Sonnenbild violett eingefasst. Vorzüglich gut sieht man die Erscheinung, wenn man eine grosse Linse nimmt und den centralen Theil bedeckt, so dass nur ein schmaler übrig bleibender Rand wirkt, bei dem sich noch die Aberration wegen der Kugelgestalt vermehrt findet. Eine Combination dieses Versuches mit dem blauen Kobaltglase gibt die Erscheinungen, wie die Betrachtung eines Lichtpunktes durch ein solches Kobaltglas, in dem die Linse ganz die Stelle des Auges vertritt, aber die letztere ist doch weit lebhafter, weil das Roth kräftiger hervortritt.

Wenden wir nun die in der Figur gegebene Construction auf das polarisirte Licht an. Von der deutlichsten Sehweite ausgehend wird jeder Punkt des Gegenstandes auf der Netzhaut ebenfalls durch einen Punkt dargestellt. Die zwei Punkte sind durch eine gerade Linie, Richtungslinie verbunden, die sich mit andern Richtungslinien nach Prof. Volkman's <sup>1)</sup> Untersuchungen etwa  $\frac{1}{8}$  Linie hinter der Krystall-Linse schneidet. Der Durchmesser der für jeden Punkt wirksamen Sammellinse ist der der Pupille, welche also die Basis zweier einfacher Kegel ist, deren Spitzen der Punkt im Gegenstand und der Punkt im Bilde auf der Netzhaut darstellen. Bei einer früheren Mittheilung <sup>2)</sup> erwähnte ich, dass man die Büschel durch eine kleine etwa  $\frac{1}{8}$  Millimeter, oder  $\frac{1}{8}$  Linie grosse Öffnung hindurch noch immer in einem polarisirten Lichtfelde wahrnehmen kann. Dies will gerade so viel sagen als dass man die Erscheinung noch immer hätte, wenn auch die Pupille bis zu dieser Grösse von  $\frac{1}{8}$  Millimeter Durchmesser abnähme. Da die Entfernung des Kreuzungspunktes von der Hornhaut und Netzhaut nahe in dem Ver-

<sup>1)</sup> Poggendorff's Annalen 1836, Band 37, Seite 342. — 1845, Band 45, S. 193.

Entfernung der Hornhaut vom hintersten Punkte der Linse nach Treviranus 0<sup>v</sup>297; vom Kreuzungspunkte nach Volkman 0<sup>v</sup>466; dieser von der Netzhaut nach Volkman 0<sup>v</sup>953.

<sup>2)</sup> Sitzungsberichte u. s. w. 1848. Bd. I, Heft 5, Seite 6.



hältnisse 9:7 steht, so liegt der Büschel auf der Netzhaut unzweifelhaft in einem Raum, der kleiner ist als  $\frac{1}{4}$  Millimeter.

Ich glaube nun annehmen zu dürfen, dass, von der Seh-Axe beginnend, in der Richtung der Polarisations-Ebenen zu beiden Seiten fortschreitend, die gleichen Verhältnisse des Eindruckes auf das Sehorgan in Bezug auf Intensität stattfinden, und zwar abnehmend, so dass diese Intensität in der Richtung der Seh-Axe am grössten ist. Entgegengesetzt darf man wohl die Einwirkung senkrecht auf die Polarisations-Ebene annehmen, d. h. als Minimum in der Richtung der Seh-Axe und wachsend zu beiden Seiten. Der in den zwei Richtungen senkrecht auf einander entgegengesetzte Zustand muss aber ganz gewiss stattfinden, sonst würde sich ja linear polarisirtes Licht in gar nichts von gewöhnlichem Lichte unterscheiden. Wenn nun ein hellerer Eindruck neben dem weniger hellen liegt, so ist das rothe Ende des Spectrums vorwiegend, neben dem ersten Rande liegt ein zweiter unter denselben Bedingungen und es entsteht dadurch eine Folge der zartesten gelben Farbensäume die einen gemeinsamen Eindruck hervorbringen, der in der Richtung der Polarisations-Ebene so weit hinausreicht, bis die Mischungen der verschiedenen von den Seiten hereinreichenden Lichtkegel die Erscheinung zu einer gleichen Grundfarbe neutralisiren. Entgegengesetztes findet, immer von der Seh-Axe ausgehend, senkrecht auf die Polarisations-Ebene Statt. Hier schreitet man aber von Dunkel gegen Hell vor, das Dunkle ist violett und blau umsäumt, daher die grau violetten Sektoren auf einem vollkommen weissen polarisirten Lichtfelde oder Lichtstrom, auch die Erstreckung dieser übrigens viel zärteren Farbe nur so weit, bis die Einwirkung der von allen Seiten umgebenden Punkte den Farbenton des Grundes ausgleicht.

Nach der hier versuchten Construction würde also die Erscheinung der Polarisationsbüschel auf dem sehr einfachen Principe der farbigen Dispersion, veranlasst durch die Nicht-Achromasie des Auges, beruhen, ganz demselben, welches Herr Prof. Stokes für das Schachbrettmuster nachgewiesen hat. Die grosse Einfachheit scheint mir sehr zu Gunsten dieser Erklärungsart zu sprechen.

An die Polarisationsbüschel schliessen sich unmittelbar die Löwe'schen Ringe, welche mit den Büscheln im polarisirten Lichte erscheinen, wo sie dieselben einschliessen und ohne dieselben in

andern Lichtfeldern. Es bewährt sich dadurch die Bemerkung des Herrn Wilhelm Wertheim <sup>1)</sup>, dass die Grösse der Pupille einen nicht unwesentlichen Einfluss auf die Erscheinung ausüben dürfte. Die Ringe wären nun in der That durch einen zarten Schatteneindruck hervorgebracht und zwar der mittlere helle Theil als Bild der Pupille selbst umgeben von Zerstreungssäumen, von welchen die den am wenigsten brechbaren Farben angehörigen, dem rothen Ende des Spectrums entsprechend den hellen Raum umgeben, gerade wie bei jeder der einzelnen Öffnungen des optischen Schachbrettmusters. Die Pupille wirkt dann gerade so als ob man eine solche Öffnung bis hinter die Hornhaut in das Auge versenkt hätte. Jenseits des Ringes ist der Farbeindruck eben durch die Entfernung von der Seh-Axe verwischt und dadurch gleichförmig schwächer. Die Ringe erscheinen daher am deutlichsten im Violett und im Blau.

## Vorträge.

### *Untersuchung des Fettes des Kopfes des Pottwalls* (Physeter macrocephalus, Shaw).

Von P. Gotthard Hofstädter.

Das Fett, das unter dem Namen Wallrath im Handel sich findet, stammt bekanntermassen aus besonderen Höhlen im Kopfe mehrerer Cetaceen. Während des Lebens flüssig, geseht es nach dem Tode dieser Thiere ganz krystallinisch. Das die Krystalle umhüllende Öl wird gewöhnlich theils durch Filtration, theils durch Behandeln mit schwacher Kalilauge entfernt und das rückständige feste Fett als Wallrath verkauft.

So vielfach das reine Wallrathfett selbst und die daraus abstammenden Körper Gegenstand chemischer Untersuchungen waren, so ist doch wenig über das flüssige Fett bekannt, aus welchem der Wallrath herauskrystallisirt. Chevreul hat dasselbe vom *Delphinus globiceps* untersucht und darin ausser Cetin, Olein und Phocenin noch riechende und färbende Körper gefunden, welche aber keiner genaueren Untersuchung unterzogen wurden. Es bietet sich eben

<sup>1)</sup> Sitzungsberichte a. a. O. 1852. Bd. 9. S. 247.