des Hrn. Gaugain die Intensität mit sehr genügender Genauigkeit proportional der Tangente der Ablenkung.

Für eine Nadel z. B., deren magnetische Länge $2l$ gleich einem Fünftel des Durchmessers $2R$ wäre, würde der Fehler nicht $\frac{1}{600}$ übersteigen, und für $\frac{l}{R} = \frac{1}{6}$ wäre er etwa $\frac{1}{1250}$; diese Fehlergrößen scheinen für die Praxis sehr genügend zu seyn.

X. Die Löwe'schen Ringe, eine Beugungs-Erscheinung; von W. Haidinger.

(Mitgetheilt vom Hrn. Verf. aus den Sitzungsberichten d. K. Acad. zu Wien. Juli 1852.)

Als ich geleitet durch die Erscheinung des Interferenz-Schachbrettmusters ¹⁾ die gelben Farben der Polarisationsbüschel, und die begleitenden violettgrauen Räume als durch Beugung hervorgebracht bezeichnete, lag bereits eine weitere mir damals unbekannte Beobachtung über die Natur der gelben Farbe der Sektoren vor, die als eine unzweifelhafte Bestätigung der dort auseinandergesetzten Ansicht gelten darf. Hr. Professor Stokes hatte nämlich bereits im Jahre 1850 eine Untersuchung über die Wirkung der verschiedenen Arten des farbigen Lichtes auf die Erscheinung der Polarisationsbüschel in der Versammlung britischer Naturforscher zu Edinburg mitgetheilt ²⁾. Er betrachtete zu diesem Zwecke durch ein Nicol'sches Prisma, das abwechselnd rasch um einen rechten Winkel gedreht wurde,

1) Sitzungsberichte der kais. Academie der Wissenschaften. October 1851. (Diese Annal. Bd. 85, S. 350.)

2) On Haidinger's Brushes; by Professor Stokes M. R. Report of the twentieth Meeting of the British Association for the Advancement of Science; held at Edinburgh in July and August 1850. Notices and Abstracts p. 20.

die einzelnen Farbentöne eines Spectrums, das auf einem weißen Papierblatt aufgefangen war, hervorgebracht durch ein zur Beobachtung der Fraunhofer'schen Linien mit einem Prisma combinirtes Fernrohr. Im Roth und im Gelb erschien keine Spur eines Büschels. Sie fingen erst im Grün, etwa bei der Linie *E* an, sichtbar zu werden. Sie waren besonders deutlich im Blau, vorzüglich bei der Linie *F*. Prof. Stokes konnte sie ungefähr bis zur Linie *G* verfolgen, und es schien ihm, daß nur die Lichtschwäche verhinderte, sie noch im Violett zu sehen. Im homogenen Lichte waren die Büschel, wenn sie je erschienen, nur dunkler als das farbige Feld, aber von derselben Farbe. Im Blau erschienen sie bei Hrn. Prof. Stokes etwas kürzer als sonst.

Im weißen Lichte, so schließt Hr. Prof. Stokes, welches aus allen Farben zusammengesetzt ist, muß daher die Farbe der Büschel aus Roth, Gelb, ohnedem der hellsten Farbe, und vielleicht etwas Grün bestehen, die zusammen gerade den nicht ganz reinen gelblichen Ton hervorbringen, den man in der That beobachtet. Weniger glücklich als der gelbe Ton der Büschel ist vielleicht das Blau (oder Grauviolet) der begleitenden Flecken erklärt, indem sie entweder dem Farbencontrast, oder dem Umstande zugeschrieben werden, daß das den Büscheln abgängige Licht gerade denselben zur Seite gefunden werden muß ¹⁾.

Bei Kerzenlicht sieht man keine Büschel. Hr. Prof. Stokes sah sie deutlich, wenn er durch blaues Glas und das Nicol'sche Prisma hindurchsah. Durch das blaue Glas wird ein Theil der weniger brechbaren Strahlen des Kerzenlichtes absorbirt. Bei ziemlich dunkelblauem Glase erschienen nach Stokes die Büschel, statt gelb, roth. Daß

1) *The blueness of the side patches may be merely the effect of contrast, or the cause may be more deeply seated. If the total illumination perceived be independent of the brushes, the light withdrawn from the brushes then must be found at their sides, which would account, independently of contrast, both for the comparative brightness and for the blue tint of the side patches.*

im Tageslichte durch das nämliche blaue Glas die Büschel nur dunkler, im Kerzenlichte aber deutlich roth erschienen, nicht sowohl durch Lichtintensität, als durch ihre Farbe verschieden, erklärt Stokes dadurch, daß das Verhältniß der rothen Strahlen gegen die blauen größer im Kerzenlicht, als im Tageslicht ist.

Farbige Gläser gaben ähnliche Erscheinungen; in rothen und gelben Gläsern kein Büschel. Grüne Gläser ließen die Büschel fast deutlicher wahrnehmen, als das gleichförmige Wolkenlicht.

Bei einer Anzahl von farbigen Gläsern, bei farbigen Auflösungen habe ich Hrn. Prof. Stokes Beobachtungen vollkommen bestätigt gefunden, namentlich die Beobachtung beim Kerzenlichte durch blaues Glas. Die Erscheinung des rothen Büschels im Kobaltglase ist besonders merkwürdig. Sie hängt wohl mit dem Umstande zusammen, daß das Kobaltglas bei einer gewissen Dicke alles Orange, Gelb und das meiste Grün bereits absorbiert hat, wie man sich leicht durch ein Prisma überzeugen kann, welches einerseits eine rothe Lichtflamme, anderseits die blaue, immer schwächer von Grün und Violett eingesäumt erscheinen läßt. Ist das Glas heller blau, so ist auch bei Kerzenlicht der Büschel gelb. Dagegen ist bei dunkelblauen Gläsern, auch wenn man gegen die Sonne sieht, und die dichroskopische Lupe zur Untersuchung angewendet, der Büschel deutlich roth; übereinstimmend mit den vorhergehenden Beobachtungen, hatte ich auf Hrn. Regierungsrath von Ettingshausen's Veranlassung längst die Erscheinungen der Büschel im homogenen Lichte zu untersuchen begonnen, aber weil die erste Beobachtung im homogenen gelben Lichte der Spiritusflamme kein besonderes Ergebniß wahrnehmen ließ, andere Lichtarten nicht ferner untersucht. Erst kürzlich, und zwar bevor ich von der Mittheilung des Hrn. Prof. Stokes Kenntniß hatte, untersuchte ich zu dem gleichen Zwecke die Auflösung des Kupferoxyd-Ammoniaks, die bekanntlich ein nahe homogenes Licht zeigt. Nach Sir John Herschel geht

diese schöne blaue Farbe in den dicksten Stellen in Violett über, so daß der reine violette Strahl in allen Dicken durch eine solche Auflösung hindurchgeht. Ich beobachtete den Contrast der beiden Bilder mit einer dichroskopischen Lupe, indem ich durch eine mit der genannten Auflösung gefüllte länglich-viereckige Flasche hindurchsah. Nach den dickeren Stellen gesehen, erscheinen nun die Büschel, nicht wie etwa auf dem Blau des Himmels gelb auf blafsblauem Grunde, sondern auf dem reinen dunkelblauen Grunde vollkommen schwarz. Schwarz ist der Abgang alles Lichts; aber wenn in dem Blau der Auflösung schon kein Grün, kein Gelb, kein Roth mehr übrig war, was konnte sich für eine andere Erscheinung zeigen, als gerade die, daß jede Farbe fehlt, und also der Büschel schwarz ist.

Mir scheint die Reihe der vorbemerkten Erscheinungen der Ansicht, daß die Farbentöne der Polarisationsbüschel auf der Beugung des Lichtes beruhen, die vollständige Gewissheit zu geben. In dem mehr gemischten Lichte, besonders in Weiß, erscheinen die gelben, kräftigen, hellern Töne auch in der Erscheinung der Büschel. Wo das schwächere Blau oder Violett fehlt, im Gelb, Roth, verschwindet das den Büschel begleitende, und ihn durch Contrast deutlicher hervorhebende Blau oder Violett ebenfalls, und man sieht das Feld einfach Gelb oder Roth. Im Gegentheile, wo das Gelb und Roth fehlt, sieht man freilich die begleitenden Räume um so deutlicher hervortreten, aber gerade da, wo der Büschel sich zeigen sollte, fehlt der Farbeindruck gänzlich, der Büschel ist schwarz, und erst nach einiger Zeit gleicht sich die Empfindung des Auges wieder zu einem gleichförmig blauen Felde aus, welches indessen sodann die Netzhaut um so empfindlicher zurückläßt, den schwarzen Büschel in der Kreuzrichtung wahrzunehmen, wenn ihm die in dieser Richtung polarisirte Lichtfläche nun dargeboten wird.

Ich beabsichtige hier nicht alle Theorien zur Erklärung der Erscheinung der Polarisationsbüschel vergleichungs-

weise wieder durchzugehen, die in ihrer Zeit mehrfach besprochen worden sind. Nur der Ansicht des Hrn. Abbé Moigno glaube ich hier erwähnen zu müssen, weil sie an sich sehr annehmbar erschien, und bisher als auch neben andern Erklärungsarten gültig angenommen werden konnte, durch die neue Beobachtung aber eben so vollständig ausgeschlossen wird, als die übrigen bisher vorgeschlagenen Erklärungsarten durch anderweitige Betrachtungen bereits unstatthaft erschienen. Hr. Moigno betrachtete nämlich das Gelb der Büschel als durch das Maximum des Lichtes, das Violett als durch das dazu complementäre Minimum hervorgebracht ¹⁾, eine Ansicht, welcher ich gerne beipflichtete ²⁾, weil sie doch einige Rechenschaft über die Natur der Farbentöne zu geben schien. Allein man findet die Büschel im reinen Blau schwarz. Diefs ist nicht nur Abgang von Roth, Gelb und Grün, sondern es ist Abgang des Maximums vom Licht überhaupt. Die Form der Erscheinung bleibt, aber die Farbe verschwindet. Die Erklärung, dafs der Büschel durch das Maximum von Licht überhaupt hervorgebracht sey, findet sich also durch die neueren Beobachtungen von Stokes und von mir gänzlich ausgeschlossen.

Zur Beobachtung der schwarzen Büschel kann man anstatt des Contrastes der beiden Bilder der dichroskopischen Lupe auch sehr einfach und zweckmäfsig einer Turmalinplatte sich bedienen, welche man auf das die blaue Flüssigkeit enthaltende Fläschchen legt und mit den beiden Daumen von der Seite her fest hält, so dafs es vollkommen um den Azimuthwinkel von 90° beweglich bleibt, um den es zur Hervorbringung des Contrastes der in zwei senkrecht auf einander stehenden Richtungen polarisirten Lichtflächen herumgedreht werden mufs. Man hält die ganze Gruppe fest vor das Auge und blickt gegen ein gleichförmiges Lichtfeld hin, am besten gegen einen gleichförmig grauen Wolkenhimmel.

1) *Répertoire d'Optique. IV.*

2) Pogg. Ann. Bd. 68, S. 74.

Als ich die Beobachtung das erstemal anstellte, war ich indessen kaum mehr über das Erscheinen der Büschel mit schwarzen Farben überrascht, als durch das gleichzeitige Hervortreten der Löwe'schen Ringe, und zwar in einem so innigen Zusammenhange, daß sie in der That wie ein einziges aus einem Gusse mit den Polarisationsbüscheln hervorragendes Phänomen sich darstellten.

Die Erscheinung selbst ist in der Taf. IV. Fig. 1. beiläufig dargestellt. Zu Innerst die Erscheinung der schwarzen Büschel; aber gegen außen unmerklich verlaufend und gänzlich umgeben von dem rund herum zusammenhängenden Löwe'schen Ringe, der wie der Büschel auch im Blau am dunkelsten sich zeigt. Zieht man die Turmalinplatte zwischen dem blauen Kupferoxyd-Ammoniakfläschchen und dem Auge hinweg, so bleibt der Eindruck des Ringes allein noch übrig, verliert aber doch auch bei längerem Hindurchsehen an Intensität.

Die Löwe'schen Ringe sind noch bisher so wenig Gegenstand der Untersuchung der Physiker gewesen, daß ich hier wohl das Wichtigste zur Charakterisirung derselben wiederholen darf, so wie ich die Nachricht am 1. Januar 1847 in einer Versammlung von Freunden der Naturwissenschaften ¹⁾ gegeben habe. Hr. General-Probirer A. Löwe beobachtete, daß wenn man durch ganz klare seladongrüne Auflösungen von Chromchlorid im Wasser gegen einen hellen Grund hinblickt, sich dem Auge genau in der Sehrichtung auf dem grünen Grunde violette Ringe darstellen, und das zwar stets von scheinbar gleicher Größe — mit der Iris des Auges vergleichbar, welche die Pupille umgiebt — man mag nun durch cylindrische oder flache von Ebenen begränzte Glasflaschen hindurchsehen, man mag sie ganz nahe vor das Auge halten oder sie in der Entfernung des deutlichsten Sehens dem Auge darbieten. Auflösungen von Chromalaun, von grünem mangan-sauren Kali bei seinem Uebergange in die rothe Färbung

1) Berichte über die Mittheilungen von Freunden der Naturwissenschaften in Wien. Bd. II, S. 77. (Annal. Bd. 70, S. 403.)

durch Oxydation, zeigten analoge Erscheinungen; beim Chromalaun neigte sich die Farbe der Ringe in das Indigblaue. Kupferchlorid, essigsames Kupfer gaben keine Ringe, sondern in der Sehaxe einen etwas lebhafter gefärbten helleren Fleck. Durch längeres Betrachten der Ringe erschienen auf abwechselnd betrachtetem weissen Grunde die Erscheinungen subjectiver Farben.

Ringe erscheinen auch, wenn man durch Glasplatten hindurch sieht; man vermehrt ihre Lebhaftigkeit, wenn man sie allmählig neigt, so dafs man gewissermafsen durch eine während der Beobachtung immer dicker werdende Schicht hindurchsieht. Nach einer von Löwe angegebenen Methode bemerkt man die Ringe immer deutlicher, wenn man das gleichfarbige durchsichtige Feld erst in einiger Entfernung betrachtet und es dann nach und nach dem Auge näher bringt. Vergröfsert man die Entfernung, so wird gegentheils die Erscheinung eines etwas helleren, selbst eines complementaren Flecks hervorgebracht.

Ich glaubte damals für die Erklärung mit der Einwirkung des gleichfarbigen Gesichtsfeldes auf die Netzhaut des Auges durch Ermüdung desselben auszureichen, wobei namentlich bei den von Sir John Herschel sogenannten dichromatischen Mitteln der gereizte Theil ausserhalb rings um ein kleines Centralfeld liegend vorzugsweise für die Farbe des zweiten Farbenmaximums empfindlich würde.

Schon dort (p. 81) folgt die Stelle: »Aber auch solche Mittel, die nur ein Maximum haben, zeigen oft die Erscheinung der Ringe. Darunter mufs insbesondere die Auflösung von Kupferoxyd in Aetzammoniak erwähnt werden, deren schöne blaue Farbe in den dicksten Stellen nach Herschel in Violett übergeht, indem sie den reinen violetten Strahl in allen Dicken hindurchläfst. Hier erscheinen die Ringe dunkler, blau, etwas ins Violette geneigt. In gröfserer Entfernung vom Auge gehalten, ist eine gleich grofse Fläche dunkler, näher zum Auge gebracht, wird sie lichter, aber der Ring erscheint.«

Seit jener Mittheilung habe ich noch oft die Löwe'-

schen Ringe gesehen. Sehr auffallend schien es mir, als ich sie kurze Zeit darauf bei Hrn. Prof. Petzval in dem Blau des prismatischen Spectrum erblickte, welches durch ein Fernrohr zur Beobachtung der Fraunhofer'schen Linie gebildet, auf mattgeschliffenem Glase aufgefangen war. Hier war nicht an ein dichromatisches Mittel zu denken, eben so wenig als bei dem Kupferoxyd-Ammoniak.

Die Projection des Ringes auf einer durch das blaue Mittel betrachteten Fenstertafel läßt eine ziemlich entsprechende Messung zu. Die Entfernung fand ich etwa zwanzigmal so groß als der Durchmesser des Ringes. Aus diesem Verhältnisse folgt die Winkelgröße des Ringes $4^{\circ} 50'$ übereinstimmend mit der Schätzung der Größe der Polarisationsbüschel von Silbermann $5^{\circ} 1)$ und mit der Schätzung derselben Büschel von Sir David Brewster zu $4^{\circ} 2)$.

Die letztere Stelle heißt »Die scheinbare Größe der Büschel ist etwa $=4^{\circ}$, dieselbe wie die des *Foramen centrale*, und des von mir entdeckten schwarzen Fleckes von abweichender Empfindlichkeit.« Ich habe die Beschreibung dieser zuletzt angegebenen Entdeckung noch nicht aufgefunden, doch bezieht sich auf sie auch eine Stelle in Abbé Moigno's *Répertoire d'optique moderne*. Gewiß ist sie es, die mit der Erscheinung der Ringe übereinstimmt.

Aus der vollständigen Uebereinstimmung der Ringe im polarisirten und im gewöhnlichen Licht in ihrer Lage, und aus den ganz gleichen Farbentönen, welche sie in beiden zeigen, scheint hervorzugehen, daß auch eine ganz gleiche Grundursache bei der Hervorbringung der Erscheinung beider im Auge thätig ist. Daß die Beugung des Lichtes die Farbe der Polarisationsbüschel erklärt, ist, glaube ich durch die Erscheinung des Schachbrettes, durch die in der gegenwärtigen Mittheilung angeführten Arbeiten von Prof. Stokes und durch die »Schwarzen Büschel im Blau« hin-

1) *Comptes rendus etc. T. XIII, No. 13, 28. Sept. 1846, S. 629.*

2) Sitzungsberichte der kais. Academie der Wissenschaften. Math.-naturw. Classe, November-Heft 1850.

länglich fest begründet. Es blieben freilich noch mancherlei Versuche und Beobachtungen zu machen übrig, um die Verbindung mit den Ringen vollständig herzustellen und jedes Einzelne genügend nachzuweisen, dennoch glaube ich nicht anstehen zu dürfen, die oben erwähnten Beobachtungen bekannt zu machen und auf sie die Ansicht zu gründen, daß auch die Löwe'schen Ringe durch die Beugung des Lichtes bedingt sind. Als ich im verflossenen Februar das Vergnügen hatte, Hrn. Wilhelm Wertheim bei mir zu sehen, sprach er die Ansicht aus, daß die Größe der Pupille einen nicht unwesentlichen Einfluß auf die Erscheinung ausüben dürfte. Es ist diess gewiß nicht unwahrscheinlich, aber ich untersuche es hier nicht weiter, so wie ich überhaupt mehr die bisherigen Erfahrungen den theilnehmenden Forschern in diesem schönen Gebiete der Physik darlegen wollte, als daß ich alle die Arbeiten selbst unternähme, welche eine Aufklärung der mannigfaltigen Fragen versprechen, welche sich an das Bisherige anreihen.

In Verbindung mit der Erscheinung des Schachbrettes, und angeregt durch die schönen Beobachtungen der rothen Polarisationsbüschel im Blau von Hrn. Stokes, bei der Beobachtung derselben in blauem Kobaltglase von angemessenem dunklen Ton, will ich nur noch einiger Wahrnehmungen gedenken, die sich mir bei der Anwendung dieser Beobachtungen auf das Schachbrett und verwandte Erscheinungen darbieten.

Man betrachte durch ein gesättigt blaues Kobaltglas, oder durch mehrere weniger gesättigte, bis man einen schönen dunklen Ton erhält, eine Kerzenflamme, die hinlänglich weit entfernt ist, um sie nur als helle Scheibe zu sehen. Die Anwendung einer Lupe erlaubt es, die Entfernung kleiner zu nehmen. Das Bild der hellen Scheibe selbst erscheint nun roth, aber sie ist von einem herrlichen blauen Rande eingefasst. Bringt man im Gegentheil die Flamme dem Auge näher als die deutlichste Sehweite, wobei man indessen wohl thut, nicht die ganze

Flamme auf einmal übersehen zu wollen, sondern man halte eine von einer runden kleinen Oeffnung durchbohrte Karte vor das Licht, so erscheint die Scheibe blau und ist von einem rothen Rande umgeben ¹⁾. Die Erscheinung hat genau denselben Grund in der Beugung der Lichtstrahlen, wie die gelben und blauen Ränder der Begränzung von Weiss und Schwarz, welche die schöne Erscheinung des Schachbrettes hervorbringen, das im Octoberhefte des Jahrganges 1851 unserer Sitzungsberichte beschrieben ist. Eben so erscheint ein einzelner runder Punkt, etwa $\frac{1}{4}$ Linie groß auf Schwarz, wenn man ihn dem Auge näher bringt als die deutlichste Sehweite, innen blau, umsäumt von Gelb. Entfernt man ihn jenseits der deutlichsten Sehweite, so erscheint er innen gelb, umsäumt von Blau. Die Beobachtung eines Lichtpunktes durch blaues Glas verändert die Natur der Erscheinung nicht, aber sie steigert die matten Töne des blassen Gelb und unansehnlichen Blau zu dem herrlichen Gegensatze des tiefen gesättigten Granat-roth und Lasurblau. Ausgezeichnet schön ist eben so die Beobachtung des Schachbrettmusters selbst durch das Stickpapier; auch hier erscheinen die herrlichsten rothen und blauen Töne, anstatt der gelben und bläulichen oder violettgrauen. Durch violettes Manganglas erscheint der Grund des Schachbrettes rosenroth, statt weiss, die farbigen abwechselnd dunklen Felder dazwischen, statt gelb und blafsblau, erscheinen roth und von einem schönen gesättigten Blau.

Die schwarzen Büschel kann man sehr schön und einfach auf folgende Weise beobachten. Man hält ein mit Kupferoxyd-Ammoniaklösung gefülltes Fläschchen vor das Auge, so daß das ganze Gesichtsfeld gleichförmig dunkelblau erscheint und betrachtet fest einen Punkt des blauen Himmelsgewölbes, wo das Blau ziemlich stark polarisirt ist, und also dem bloßen Auge die gelben Büschel erscheinen würden. Gewiss ist sehr bald der Löwe'sche Ring sicht-

1) Ganz Analoges beschreibt Dove in Poggend. Ann. (1852) Bd. 85, S. 405, giebt aber eine andere Erklärung. VV. H.

bar. Ohne die Lage der Auflösung zu verändern dreht man nun den Kopf so, daß man denselben Punkt unter einem Azimuthalwinkel von 90° sieht. Sogleich erscheint der schwarze Büschel, begleitet von dem Löwe'schen Ringe. Bei wiederholter Veränderung der Lage wird die Erscheinung immer deutlicher.

XI. Versuche die relative Wärmeleitungsfähigkeit einiger Felsarten zu ermitteln;
von G. v. Helmersen in St. Petersburg.

(Mitgetheilt vom Hrn. Verf. aus den *Mélanges physiques et chimiques T. I. 1851.*)

Man wußte zwar bisher, daß die Felsarten überhaupt zu den schlechten Wärmeleitern gehören und hatte, sowohl bei ihrer Anwendung beim Bau, als auch bei Temperaturbeobachtungen in Bergwerken, erkannt, daß einige derselben die Wärme besser, andere schlechter leiten; allein es mangelten genauere Untersuchungen über diesen, für die Wissenschaft, wie für die Praxis nicht unwichtigen Gegenstand. Despretz hatte bei seinen bekannten Versuchen zur Ermittlung der Wärmeleitungsfähigkeit einiger Metalle und anderer Körper, nur mit *einer* Felsart, mit Marmor operirt (*Ann de Chim. et de Phys. T. 19 et 36*). Es schien mir nützlich dergleichen Untersuchungen auch mit anderen Gesteinen vorzunehmen und besonders mit solchen, die eine größere Verbreitung haben, wie Granit, Glimmerschiefer, Sandstein, dichter Kalkstein, Thonschiefer, Quarzfels u. s. w. Den Thonschiefer führe ich in der beifolgenden Tabelle noch nicht auf, welche nur über eine erste Reihe von Versuchen Rechenschaft giebt.

Durch die gefällige Vermittelung des Generals Tschewkin, ehemaligen Chefs des Stabes der Bergingenieure, erhielt ich das zu den Versuchen erforderliche Material, bestehend in rectangulären Stangen von 18 Zoll engl. Länge,