IX. Ueber die Richtung der Schwingungen des Lichtäthers im geradlinig polarisirten Lichte; von W. Haidinger.

(Mitgetheilt vom Hrn. Verf. aus den Sitzungsberichten d. Wiener Akademie 1852 Januar.)

1. Physikalischer Beweis für den Satz, daß die Schwingungen des Lichtäthers im geradlinig polarisirten Lichte auf der Polarisationssebene senkrecht stattfinden.

1. *Beobachtung.* Man betrachte einen dichromatischen einaxigen Krystall in einer auf der Krystallaxe senkrecht stehenden Richtung.

Die Linie AA' in beistehender Figur ist die Axe des Krystalls, BB' die Längsrichtung, in welcher das Auge den Krystall betrachtet, CC' die Querrichtung, senkrecht auf den beiden andern.

Man betrachte den Krystall erleuchtet von gewöhnlichem Lichte, und untersuche die Erscheinung desselben durch die dichroskopische Lupe in allen Azimuten senkrecht auf der Axe. Da von den *zwei Bildern* der dichroskopischen Lupe das eine ordinär, in der Richtung beider Bilder, das andere extraordinär, senkrecht auf dieser Richtung polarisirt ist, so erscheinen sie auch von den zwei verschiedenen Farbentönen des dichromatischen Krystalls *verschieden* gefärbt.

Wie immer man auch bei gleicher Stellung des Auges und der dichroskopischen Lupe den Krystall um die Axe AA' herumdrehen mag, immer bleibt die Erscheinung gleich;

O das obere Bild *O*, in beistehender Figur, in der Richtung der Axe polarisirt und von der einen Durchsichtigkeits-Farbe *A*, das untere Bild *E*

senkrecht auf der Axe polarisirt und von der andern Durchsichtigkeits-Farbe *B* des Krystalls.

Betrachtet man den Krystall in der Richtung der Axe, so erscheinen beide Bilder der dichroskopischen Lupe von gleicher Farbe, und zwar von der Farbe *A*, wie das ordinäre Bild der Beobachtungen senkrecht auf der Axe.

2. *Lehrsatz.* Die Schwingungen des Lichtäthers stehen senkrecht auf der Polarisationsebene.

3. *Beweis.* Im gewöhnlichen Lichte stehen die Schwingungsrichtungen des Lichtäthers in allen Azimuten senkrecht auf der Fortpflanzungsrichtung. Im geradlinig polarisirten Lichte liegen alle Schwingungsrichtungen in einer einzigen Ebene.

Bei jeder Beobachtung senkrecht auf der Axe erscheinen zwei Lichtstrahlen, die senkrecht gegen einander polarisirt sind. Es wird also für jede einzelne Beobachtung zwei Schwingungsebenen geben. Jede derselben ist bei dem durchaus homogenen Krystall durch eine eigenthümliche Farbe ausgezeichnet. Für die Summe der Beobachtungen rund um die Axe herum giebt es eine Schwingungsrichtung in der Richtung der Axe, und eine unendliche Anzahl von Schwingungsrichtungen, die sämmtlich in der senkrecht auf der Axe stehenden Ebene liegen.

In der Richtung der Axe erscheint nur eine Farbe, aber man beobachtet sie in allen Azimuten. Zu ihr gehören offenbar alle senkrecht auf der Axe stehenden Schwingungen, welche in der gleichen Farbe auch bei den Beobachtungen senkrecht auf der Axe wahrgenommen werden.

Die andere Farbe beobachtet man in der Richtung der Axe gar nicht, wohl aber in allen Azimuten rund um dieselbe. Für sie bleibt die einzelne in der Richtung der Axe stattfindende Schwingungsrichtung übrig. Die Beobachtung zeigt, daß diese Farbe senkrecht auf der Axe po-

larisirt ist. Sie wird aber durch die Schwingungen in der Richtung der Axe bedingt, *also stehen auch die Schwingungen senkrecht auf der Polarisationsebene*; was zu erweisen war.

Man könnte die Beweisführung auch so ausdrücken: Die drei senkrecht auf einander stehenden Linien seyen AA' die Axe, BB' die Längsdiagonale, CC' die Querdiagonale. Für diejenige Farbe, welche nur um $BCB'C'$ herum, aber nicht in der Richtung der Axe, beobachtet wird, sind aus dem Punkte B betrachtet die Schwingungen *parallel* AA' oder *parallel* CC' , gewiss *nicht parallel* BB' , denn diese wären longitudinal. Aus dem Punkte C betrachtet wären sie eben so gewiss *parallel* AA' oder *parallel* BB' , gewiss *nicht parallel* CC' , denn diese wären wieder longitudinal. Zu einer Farbe gehört aber nur *eine* Richtung von Schwingungen, BB' und CC' sind beide ausgeschlossen, aber AA' bleibt als die *allein mögliche* Schwingungsrichtung übrig. Sie steht senkrecht auf der Ebene $BCB'C'$. Aber diese ist senkrecht auf der Axe polarisirt, also stehen die Schwingungen auf der Polarisationsebene senkrecht.

Eine kleine Kugel von Turmalin, an welcher der ordinäre Strahl absorhirt ist und nur der extraordinäre noch Farbe und Durchsichtigkeit zeigt, kann als genaues Modell bei der gegenwärtigen Betrachtung dienen. Für die hellere Farbe existirt augenscheinlich keine auf der Axe senkrecht stehende Schwingung, sonst würde die Farbe auch in der Richtung der Axe, und nicht blofs senkrecht darauf sichtbar seyn. Im gewöhnlichen Lichte erscheint hier in einem besonderen Falle, was bei den dichromatischen Krystallen im polarisirten Lichte immer beobachtet wird.

4. *Anwendung.* Da nun die verticalen der Axe parallelen Schwingungen zu der extraordinären Polarisations-ebene gehören, so bleiben in jeder einzelnen Beobachtung für die ordinäre Polarisations-ebene die horizontalen Schwingungen übrig, welche auf ihr senkrecht stehen. Man muß aber dann die gleiche Farbe auch über die Endfläche senk-

recht auf der Axe hinüber stets in der Beobachtung haben, und dieß ist wirklich der Fall; man sieht stets zwei gleichgefärbte Bilder, deren Polarisationssebenen senkrecht auf einander stehen. Dadurch wird endlich auch für die dritte, senkrecht auf den beiden vorhergehenden stehende Polarisationssebene, wenn es ja erforderlich wäre, bewiesen, daß auch auf ihr die einzige noch übrig bleibende Schwingungsrichtung senkrecht steht.

5. *Trichromatische Krystalle.* Der gleiche Beweis wie oben kann auch mit den Erscheinungen an einem zweiachsigem Krystalle geführt werden. Er stimmt in soweit mit dem einachsigem überein, daß die azimuthal senkrecht gegen einander stehenden Beobachtungen senkrecht auf der Axe jedesmal zwei senkrecht auf einander polarisirte Lichtstrahlen enthalten, welche durch die dichroskopische Lupe getrennt werden können, ferner noch darin, daß der extraordinäre Strahl rund um die Axe herum die gleiche Farbe hat. Die ordinär polarisirten Strahlen haben aber nicht die gleichen Farben, sondern zeigen zweierlei Töne, deren Maximum-Unterschiede senkrecht gegen einander gestellt sind. Die extraordinäre Farbe *B* bleibt, die Farbe *A* aber theilt sich in zweierlei Töne, deren einen man ferner *A* nennen kann, während der andere *C* heißen mag. Die beiden Töne *A* und *C* treffen mit senkrecht gegen einander stehender Polarisation auf der Basis, oder der senkrecht auf der Axe stehenden Ebene zusammen. Jede derselben ist um das ganze Azimut, die eine um die Queraxe, die andere um die Längsaxe sichtbar. Die Schwingungen, den Farben entsprechend, stehen überall senkrecht auf den Polarisationssebenen.

II. Bemerkungen.

Ich glaube, daß es unmöglich ist, einen Beweis für den in Rede stehenden Satz mit größerer Anschaulichkeit, Sicherheit und Einfachheit aufzufinden.

Ob er noch wünschenswerth war? Ich glaube auch hier ein Ja aussprechen zu können. Zwar verschwindet

die Ansicht, daß die Schwingungen in der Polarisations-ebene liegen, immer mehr, aber doch ist der Fortgang der Ausbreitung der entgegengesetzten Ansicht, daß sie nämlich senkrecht auf der Polarisations-ebene stehen, die gewiß die einzig richtige seyn kann, noch immer von einigen Seiten beanstandet. »Die Erscheinung der Polarisationsbüschel,« sagt Moigno, »muß natürlich die so zarte Frage der Richtung der Schwingungen der Aether-Mole-cule in Bezug auf die Polarisationsrichtung wieder auf den Platz bringen, eine Frage, auf die wir schon so oft zurück gekommen sind, und die, um aus den entgegengesetzten Behauptungen zu schließen, welche täglich vorgebracht werden, noch vollständig unentschieden wäre¹⁾.

Bekanntlich war es Fresnel, der zuerst von der Voraussetzung ausging, daß bei dem polarisirten Lichte die Schwingungen senkrecht auf der Polarisations-ebene stehen. Cauchy war der erste, der, den Ansichten Fresnel's entgegen, annahm, die Schwingungen fänden statt in der Ebene der Polarisation selbst. Doch hatte er, wie sich Moigno ausdrückt, »den glorreichen Muth, seine Ansicht zurückzuziehen, um wieder auf Fresnel's Theorie zu kommen.«

Hr. Abbé Moigno giebt an mehreren Stellen seines Répertoire die verschiedenen in Bezug auf den Gegenstand vertheidigten Ansichten. Er selbst nimmt unbedingt die Ansichten Fresnel's und die damit übereinstimmenden Cauchy's an²⁾. In der Auseinandersetzung der Metho-

1) *La présence des houppes dans la lumière polarisée soulève naturellement la question si délicate de la direction des vibrations des molécules éthérées par rapport au plan de polarisation, question sur laquelle nous sommes déjà revenus tant de fois, et qui, à en juger par les assertions contraires qui se produisent chaque jour, serait encore complètement indécise. Moigno, Répertoire d'Optique moderne, IV, p. 1365.*

2) *J'ai dit avec détail dans la première partie de ce travail comment M. Cauchy avait pu établir rigoureusement les formules qui donnent les intensités des rayons réfléchis et réfractés; je suis toujours convaincu que la marche suivie par l'illustre géo-*

den von Mac Cullagh und Neumann ist unter mehreren Grundsätzen, welche als Axiome oder Hypothesen ohne Beweis angenommen werden, auch der Folgende: Im polarisirten Lichte sind die Schwingungen der Polarisationssebene parallel ¹). Kürzlich noch hat Hr. Babinet in einer Mittheilung an die Academie in Paris behauptet, daß die Schwingungen in der Polarisationssebene selbst stattfinden ²). Er kommt freilich bei Moigno ziemlich übel weg. Wichtig ist es aber insbesondere für den Zweck der gegenwärtigen Mittheilung, daß in der Antwort Cauchy's auf Babinet's Behauptung der vollständige Beweis desselben enthalten ist, den ich hier gerne zum Vergleiche mit dem oben gegebenen beifüge. Cauchy nennt ihn »einen in wenigen Worten gegebenen so einfachen Beweis, daß er, wie er hofft, genügen wird, alle Unge-
wissenheit zu zerstreuen ³).

»Niemand bestreitet heute mehr die Schlüsse, zu welchen ich in den der Academie in den Jahren 1829 und 1830 vorgelegten Abhandlungen gelangt bin, nämlich daß ein elastisches Mittel, wenn die Elasticität in allen Richtungen gleich bleibt, fähig ist, zweierlei Schwingungs-Systeme ebener Wellen fortzupflanzen. Die Schwingungen können entweder transversal seyn, d. h. den Ebenen der Wellen parallel, oder *nicht transversal*. Es ist für den Augenblick gleichgültig, ob die *nicht transversalen* Schwingungen *longitudinal*, d. h. senkrecht auf den Ebenen der Wellen, sind oder nicht; daß sie in größeren oder geringeren

mètre est seule logique, seule vraiment démonstrative. Répertoire t. I, p. 111.

1) *Répertoire, t. I, p. 112.*

2) »*De ces deux expériences réunies, je déduis, que les vibrations lumineuses d'un rayon polarisé s'exécutent dans le plan même de polarisation;*« Babinet in der Abhandlung: *Sur le sens de vibrations dans les rayons polarisés. Moigno, Répertoire, t. IV, p. 1366.*

3) *J'en donnerai en peu de mots une démonstration tellement simple, qu'elle suffira, je l'espère, pour dissiper toute incertitude. Cauchy in Moigno, Répertoire, t. IV, p. 1368.*

Entfernungen von den zurückstrahlenden Oberflächen mehr oder weniger bemerkbar, oder ob sie selbst, was man in der Theorie des Lichts zum Verschwinden abnehmende Lichtstrahlen nennt, hervorbringen. Gewiß ist in allen Fällen, daß wenn ebene Wellen durch die Trennungs-Oberfläche zweier Mittel zurückgeworfen oder gebrochen werden, die nicht transversalen Schwingungen in Ebenen stattfinden, welche senkrecht auf den Durchschnitten (*traces*) der Ebenen der Wellen auf der Oberfläche selbst stehen.“

»Dieses vorausgesetzt, falle ein einfacher Lichtstrahl auf die Trennungs-Oberfläche zwischen zwei isophanen Mitteln. Man setze ferner voraus, daß in diesem Lichtstrahl die Schwingungen der Aethertheilchen nicht nur transversal, sondern auch noch der besagten Oberfläche parallel seyn, folglich auch parallel den Durchschnitten (*traces*) der Ebenen der Wellen mit derselben Oberfläche. Diese Transversal-Schwingungen werden wohl, in den zurückgeworfenen oder gebrochenen Wellen, zu anderen transversalen Schwingungen Anlaß geben können, deren Richtungen ihren eigenen Richtungen parallel sind, aber augenscheinlich niemals zu nicht transversalen Schwingungen, welche in Ebenen stattfänden, die jene Richtungen rechtwinklich schneiden würden. Daher werden nicht transversale Schwingungen im Lichtäther niemals durch die Zurückstrahlung und die Brechung hervorgebracht werden können, wenn die Schwingungen der Molecule der Zurückstrahlungsfläche parallel sind.“

»Nimmt man diesen Grundsatz an, der, wie mir scheint, unbestreitbar ist, so findet sich die Frage, ob die Polarisationsebene senkrecht auf der Richtung der Aetherschwingungen sey oder nicht, vollkommen aufgelöst. Wirklich, wenn die Schwingungen im einfallenden Strahle der Zurückstrahlungsfläche parallel sind, dann werden nach den vorhergehenden Betrachtungen die einzigen Wellen, welche in dem einen Mittel durch Zurückstrahlung, in dem andern durch Brechung hervorgebracht werden, Wellen mit Transversal-Schwingungen seyn, und die Richtung dieser Schwin-

gungen ist die gleiche in dem einfallenden, in dem zurückgeworfenen und in dem gebrochenen Strahl. Wenn ferner der zurückgeworfene Strahl merklich verschwinden könnte, wenigstens unter einem gewissen Winkel, dann dürfte, entsprechend dem Grundsatz der Continuirlichkeit in der Bewegung des Aethers, der gebrochene Strahl weder durch seine Richtung noch durch seine Beschaffenheit von dem einfallenden Strahle verschieden seyn. Da indessen diese Bedingung niemals erfüllt wird, wenn der Brechungsexponent von der Einheit verschieden ist, so muß man schließen, daß jeder einfallende Strahl, in welchem die Schwingungen der Zurückstrahlungsebene parallel sind, und daher auch senkrecht auf der Einfallsebene stehen, in die Zahl derjenigen gehört, welche die Zurückstrahlung nicht verschwinden machen kann. Aber ein solcher Strahl ist es gerade, den man einen *in der Einfallsebene polarisirten Strahl* nennt. Also steht die Polarisationssebene senkrecht auf der Richtung der Schwingungen der Lichtäther-Molecule ¹⁾).

- 1) *Personne, aujourd'hui, ne conteste plus les conclusions auxquelles je suis parvenu dans les mémoires présentés à l'Académie en 1829 et 1830, savoir, qu'un milieu élastique, quand l'élasticité reste la même en tous sens, est capable de propager deux espèces de mouvements vibratoires à ondes planes. Les vibrations peuvent être, ou transversales, c'est-à-dire parallèles aux plans des ondes, ou non transversales. Que les vibrations non transversales soient ou ne soient pas longitudinales, c'est-à-dire perpendiculaires aux plans des ondes; qu'elles soient plus ou moins sensibles à des distances plus ou moins grandes des surfaces réfléchissantes, ou puissent même constituer ce qu'on appelle, dans la théorie de la lumière, des rayons évanescents, peu importe pour le moment. Il est certain, dans tous les cas, que si des ondes planes sont réfléchies ou réfractées par la surface de séparation de deux milieux, les vibrations non transversales s'exécutent dans des plans perpendiculaires aux traces des plans des ondes sur la surface elle-même.*

Cela posé, concevons qu'un rayon lumineux simple tombe sur la surface qui sépare l'un de l'autre deux milieux isophanes. Supposons, d'ailleurs, que, dans ce rayon, les vibrations des molécules éthérées soient, non-seulement transversales, mais encore

Gewiss ist diese Beweisführung viel umständlicher als die oben angegebene, und auch wohl weniger klar. Zu dem kommt in derselben eine Stelle vor, die einer Erklärung bedürfte. Es heisst nämlich: »Die Richtung dieser (der transversalen, der Zurückstrahlungsfläche parallelen Schwingungen) ist die gleiche in dem einfallenden, in dem zurückgeworfenen und in dem gebrochenen Strahl.« Es ist freilich wahr und wird durch die Beobachtung bestä-

parallèles à la surface dont il s'agit, et par conséquent aux traces des plans des ondes sur cette même surface: ces vibrations transversales pourront bien donner naissance, dans les ondes réfléchies ou réfractées, à d'autres vibrations transversales, dont les directions soient parallèles à leurs directions propres, mais jamais, évidemment, à des vibrations non transversales comprises dans des plans qui couperaient ces directions à angles droits. En conséquence, les vibrations non transversales ne pourront jamais être produites, dans le fluide éthéré, par la réflexion et la réfraction d'un rayon lumineux, lorsque les vibrations des molécules seront parallèles à la surface réfléchissante.

Ce principe, qu'il me semble impossible de contester, étant admis, la question de savoir si le plan de polarisation d'un rayon lumineux est ou n'est pas perpendiculaire aux directions des vibrations d'éther se trouve complètement résolue. En effet, si, dans le rayon incident, les vibrations sont parallèles à la surface réfléchissante, alors, d'après ce qu'on vient de dire, les seules ondes produites dans le premier milieu par la réflexion, et dans le second milieu par la réfraction, seront des ondes à vibrations transversales, les directions de ces vibrations étant les mêmes dans les rayons incidents, réfléchis et réfractés. Si d'ailleurs le rayon réfléchi pourrait s'évanouir sensiblement, au moins sous un certain angle, alors, en vertu du principe de la continuité du mouvement dans l'éther, le rayon réfracté ne devrait différer, ni par sa direction, ni par sa nature, du rayon incident. Or, cette condition n'étant jamais remplie, quand l'indice de réfraction diffère de l'unité, on doit en conclure que tout rayon incident dans lequel les vibrations sont parallèles à la surface réfléchissante, et par conséquent perpendiculaires au plan d'incidence, est du nombre de ceux que la réflexion ne peut faire disparaître. Mais un tel rayon est précisément ce qu'on appelle un rayon polarisé dans le plan d'incidence. Donc le plan de polarisation est perpendiculaire aux directions des vibrations moléculaires. Cauchy in Moigno, Répertoire etc., t. IV, p. 1368.

tigt, daß ein *bereits* in der Einfallsebene polarisirter Strahl einen in der Einfallsebene polarisirten *zurückgeworfenen*, und einen in der Einfallsebene polarisirten *gebrochenen* Strahl giebt; in diesem Falle sind in der That die Schwingungen gleich. Anders ist es, wenn der einfallende Strahl in zwei senkrecht auf einander stehenden Richtungen polarisirtes, oder auch wenn er ordinäres, in allen Richtungen polarisirtes Licht ist. Dann ist der zurückgeworfene Strahl *zwar in der Einfallsebene*, und zwar unter dem Polarisationswinkel ziemlich vollständig, polarisirt, aber von dem gebrochenen oft nur theilweise polarisirten Strahle ist der polarisirte Antheil bekanntlich *nicht in der Einfallsebene*, sondern *senkrecht auf denselben* polarisirt. Nur durch einen Intensitäts-Ueberschuß kann bei schon vor dem Einfall in der Einfallsebene polarisirtem Lichte auch nach der Brechung noch dieselbe Polarisationsrichtung vorwalten. Sie verschwindet übrigens nach mehrmaligem Durchgange durch unter dem Polarisationswinkel geneigte Glasplatten gänzlich, ohne daß die Polarisation senkrecht auf der Einfallsebene übrig bleibt, wie bei ordinärem Lichte, weil schon kein in dieser letztern Richtung polarisirter Bestandtheil vorausgesetzt wurde.

Man kann die zur Prüfung erforderlichen Beobachtungen sehr leicht mit einer dichroskopischen Lupe, welche die zwei gegen einander senkrecht polarisirten Strahlen im Gegensatze zeigt, und einer Anzahl unter dem Polarisationswinkel zwischen dieselbe und das Auge gebrachter Glasplatten vornehmen.

Mit dem Ausrufe: *In caudā venenum*, führt freilich nun auch Hr. Abbé Moigno an, daß Hr. Babinet die ganze Auseinandersetzung nicht für einen Beweis gelten lassen will. Zugleich bestreitet er diese Nichtzustimmung, und erklärt sich für Hrn. Cauchy's gegenwärtige Ansicht, aber man wird es bei genauer Prüfung zugeben, kaum mit Worten, die auf irgend eine Beweiskraft Anspruch machen können. Zum Abschlufs heißt es: »Wir haben also von einer Seite Fresnel und Hrn. Cauchy, die größte

physikalische und die größte mathematische Autorität; von der anderen die HH. Babinet, Mac Cullagh, Neumann und Broch; von der einen Seite eine wundervolle Fruchtbarkeit, fast eine Schöpfung, leichte Erklärungen aller Phänomene, natürliche Auslegung aller Formeln, eine untrügliche Voraussicht einer Menge noch unbekannter Thatsachen u. s. w.; von der andern unfruchtbare Abstractionen, verdrehte und schwerfällige Auslegungen und Bestätigungen u. s. w.; Jeder möge nun selbst wählen!«¹⁾).

Die Wahl ist freilich auf das Leichteste vorbereitet, zumal da überhaupt Fresnel's und Cauchy's Ansichten immer allgemeiner angenommen werden, wie denn auch in unserem Kreise die großen Mathematiker und Physiker v. Ettingshausen und Petzval sie vertheidigen; aber die Thatsache selbst, daß die entgegengesetzten Meinungen bestanden und zum Theil noch bestehen, macht gewiss jede Betrachtung von einer neuen Seite wünschenswerth. So sagt unter anderem Hr. Dale: »Hr. Green nimmt als Theil der Grundlage seiner Rechnungen die ursprüngliche Ansicht Fresnel's an — daß die Schwingungen eines polarisirten Lichtstrahles auf der Polarisations-ebene senkrecht stehen; da aber dieser Punkt ein Gegenstand von Streit unter den Mathematikern ist, so habe ich eine Methode erdacht, wie man unabhängig von aller Theorie, so viel ich glaube, diesen Punkt entscheiden könnte«²⁾).

1) *Nous avons donc d'un côté Fresnel et M. Cauchy, la plus grande autorité physique, et la plus grande autorité mathématique; de l'autre, MM. Babinet, Mac-Cullagh, Neumann et Broch; d'un côté une fécondité prodigieuse, presque une création, des explications faciles de tous les phénomènes, des interprétations naturelles de toutes les formules, la prévision infaillible d'une foule de faits inconnus, etc.; de l'autre, des abstractions stériles, des interprétations et confirmations détournées et pénibles, etc., etc.; que chacun choisisse! Moigno Répertoire, T. IV, p. 1370.*

2) *Mr. Green adopts, as part of the basis of his calculation, the original view of Fresnel, — that the vibrations of a polarized ray are perpendicular to the plane of polarization; but as this*

Sie bestand darin, möglicherweise Veränderungen in den Interferenzen polarisirter Lichtstrahlen hervorzubringen, wenn man sie der Länge nach durch einen in einer Richtung senkrecht auf seiner Länge vermittelt seitlich angewandter Schrauben-Pressung gebogenen 4—5 Zoll langen, und $\frac{1}{4}$ Zoll breiten Glasstab hindurchgehen liefse. Sir John Herschel bezweifelte jedoch den Erfolg der vorgeschlagenen Versuche ¹⁾.

Die Frage der Schwingungen ist, wie Hr. Moigno oben bemerkte, allerdings sehr innig mit der Erscheinung der Polarisationsbüschel verbunden. Als ich die erste Mittheilung über diese machte, durfte auch ich die Frage nicht unberührt lassen, die mir so fremd war und in der sich die höchsten wissenschaftlichen Autoritäten für oder wider ausgesprochen hatten. Mein Votum mußte anmaßend oder geringfügig erscheinen. Ich muß heute den Forschern in dieser Abtheilung unserer Kenntnisse in der That dafür dankbar seyn, daß die Ansicht, wie ich sie eben aussprechen zu müssen glaubte, schonend erwähnt wurde und für sich dahin gestellt blieb. Es schien mir zuerst ²⁾, die Schwingungen müßten in der Längen-Richtung der Polarisationsbüschel gehen, die gelbe Farbe müßte gewissermaßen als eine Summirung der einzelnen Eindrücke erscheinen, und unter dieser Voraussetzung hätten die Schwingungen in der Polarisationsebene, nicht senkrecht darauf stattgefunden. Hr. Abbé Moigno hat trefflich und naturgemäß angemerkt, daß es ihm »unmöglich scheine, nicht zuzugeben, daß die Molecularschwingungen senkrecht auf der Polarisationsebene stehen, wie es Fresnel wollte, und wie es heute Hr. Cauchy gegen die HH. Neumann, Mac Cullagh, Broch, Babinet u. s. w.

point is a matter of dispute among mathematicians, I have thought of an experimental method by which this point might, as I think, be decided, independently of all theory. Mr. Dale. On Elliptic Polarization. Report of the sixteenth Meeting of the British Association at Southampton 1846. Notices and Abstracts p. 7.

1) Moigno, Répertoire, t. IV, p. 1391.

2) Poggendorff, Bd. LXIII, S. 29, Moigno, Répertoire, I, p. 344.

bestätigt, weil das Phänomen der Färbung sich rechts und links von der Polarisationssebene selbst verbreitet«¹⁾). Ich habe später²⁾ die Lage der Schwingungselemente gegen die Polarisationssebene nach beiden Hypothesen graphisch dargestellt, doch glaubte ich mich nicht über die Wahrscheinlichkeit der einen oder der andern aussprechen zu dürfen, was mir den Heroen der optisch-mathematischen Forschungen als Attribut anzugehören schien. Es wäre freilich schon damals nicht ganz entfernt gelegen, die Betrachtung anzustellen, daß wenn entlang dem Durchschnitt der auf der Schaxe stehenden Ebene mit der Polarisationssebene die transversalen Schwingungen senkrecht auf der letzteren Ebene stehen, durch das Product eines beliebig auf der Polarisationssebene abgeschnittenen Stückes A , mit der senkrecht darauf stehenden Schwingungsamplitude b , eine wahre wenn auch ganz *schmale Fläche* dargestellt wird, die vielfach auf einander gelegt eine eben so wirkliche Fläche AB mit linearer Polarisation vorstellen kann. Im Gegentheile stellt das Product von A mit einer Schwingungsamplitude $a = \pm b\sqrt{-1}$, immer wieder keine wirkliche wenn auch schmale, sondern nur eine imaginäre Fläche, von dem Gesichtspunkte der Betrachtung also nur eine wahre mathematische Linie vor, deren Breite absolut $= 0$ ist, also, selbst vielfach zusammengenommen, nie eine *Erscheinung* geben kann. In Ermanglung von etwas Besserem wäre auch diese Betrachtung nicht ganz unangemessen gewesen. Man hätte sie auch immerhin als Basis gelten lassen können, um anzunehmen, daß die Transversal-Schwingungen eines polarisirten Lichtstrahles senkrecht auf der Polarisationssebene stehen. Eine vermehrte Wahrscheinlichkeit

1) *Puisque le phénomène de coloration s'étend à droite et à gauche de ce plan, il me semble impossible de ne pas admettre que les vibrations moléculaires sont perpendiculaires au plan de polarisation, comme le voulait Fresnel, et comme l'affirme aujourd'hui M. Cauchy contre MM. Neumann, Mac-Cullagh, Broch, Babinet etc. Moigno, Répertoire, t. IV, p. 1330.*

2) Poggendorff, Bd. LXVIII, S. 73 und 305. Moigno, *Répertoire, t. IV, p. 1346.*

erhält die Betrachtungsart freilich erst jetzt, wo man nach dem durch die pleochromatischen Krystalle gegebenen Beweise zu sagen berechtigt ist, daß man *weiß*, die Schwingungen stehen senkrecht auf der Polarisationsebene.

Man kann nun mit vollem Rechte sagen, die Erscheinungen der Farbenvertheilung in den dichromatischen und trichromatischen Krystallen bilden eine glänzende Bestätigung von Fresnel's und Cauchy's Theorie, daß die Schwingungsrichtungen des Lichtäthers senkrecht auf den Polarisationsebenen stehen.

Der im Gegenwärtigen gegebene Beweis dürfte um so klarer und überzeugender erscheinen, als er von den in Rede stehenden Theorien selbst unabhängig ist. Der Gegensatz der früheren Beweisführungen und der gegenwärtigen aus der Vertheilung und Natur der Farben an pleochromatischen Krystallen liegt vorzüglich darin, daß jene sich auf einen *einzigsten polarisirten Lichtstrahl* innerhalb seiner Polarisationsebene in seiner Lage gegen die Trennungsfläche zweier verschieden dichter durchsichtiger Mittel beziehen, hier aber der Polarisationszustand nicht nur einer ganzen Ebene, sondern sogar der *Polarisationszustand dreier senkrecht auf einander stehender Polarisationsebenen* in allen Azimuten an jedem einzelnen Krystalle Gegenstand der Beobachtung und der auf sie zu gründenden Schlüsse ist.