Zeitschrift: Mitteilungen der Naturforschenden Gesellschaft Bern
Herausgeber: Naturforschende Gesellschaft Bern
Band: - (1859)
Heft: 427-429

Artikel: Notiz über ein neues Photometer und Polarimeter
Autor: Wild, H.
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-318675

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 11.12.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Nr. 427 — 429.

H. Wild.

Notiz über ein neues Photometer und Polarimeter.

Vorgetragen den 2. April 1859.

Photometer. Der zu beschreibende Apparat zur Vergleichung der Intensitäten zweier Lichtquellen erfordert, dass man sich von diesen beiden Lichtquellen zwei gleichmässig erleuchtete Flächen verschaffe, welche sich in einer Geraden berühren oder wenigstens nur einen sehr kleinen Zwischenraum zwischen sich lassen. Es kann diess auf mancherlei Art geschehen; je nach der Untersuchung, die man vor hat, wird die eine oder andere vorzuziehen sein. Aus diesem Grunde werde ich mich auch hier nicht auf weitere Erörterungen über diesen unwesentlichen Theil des Apparats einlassen, zumal als ja bereits bei Vielen der bisherigen Photometer behufs leichterer Beurtheilung der Gleichheit der beiden erleuchteten Flächen diese Aufgabe gelöst ist. Bei solchen Instrumenten kann daher auch unser Apparat unmittelbar angewendet werden, um die Genauigkeit derselben zu erhöhen. Es sei also ABC, Fig. 1, eine Fläche, welche auf der einen Hälfte AB von der einen Lichtquelle mit der Intensität I^2, auf der andern Hälfte BC von der andern Lichtquelle mit der Intensität I_1^2 erleuchtet werde.

Der wesentliche Theil des Apparats ist zusammengesetzt aus einem Foucault'schen Kalkspathpolarisator*) PP, Fig. 1, einem Kalkspathrhomboeder RRR'R', und einem Polariskop, bestehend aus einer Farben gebenden Krystallplatte KK und einem analysirenden Nicol NN. Der Kalkspathpolarisator lässt sich um die Sehaxe dieses Polariskops drehen und die polirten Grundflächen RR und R'R' des Kalkspathrhomboeders stehen senkrecht auf ihr. Betrachten wir nun den Durchgang der Lichtstrahlen aus der Nähe der Grenze B durch den Polarisator und das Rhomboeder, wie es die punktirten Linien andeuten, so sehen wir, dass nach dem Austritt derselben aus dem letztern innerhalb des Raumes $\alpha\beta$ Strahlen von AB her, die eine gewöhnliche Brechung im Kalkspathrhomboeder erfahren haben, sich vermischen mit Strahlen von BC her, die ungewöhnlich gebrochen worden sind. Auf diesen Raum $\alpha\beta$, in welchem sich also Strahlen von den beiderlei Lichtquellen vermischen, beschränkt sich unsere ganze Betrachtung; diese Stelle wird mit dem Polariskop untersucht.

Wir wollen jetzt zusehen, welches die Intensität dieser Mischung von Lichtstrahlen sei, wenn sie nach dem Durchgange durch den ganzen Apparat zu dem hinter dem Polariskop befindlichen Auge des Beobachters gelangen. Die beiderlei Lichtstrahlen, die wir der Einfachheit halber als natürliche betrachten, werden beim Durchgang durch den Polarisator nach derselben Ebene polarisirt, und erfahren dabei eine gleiche Schwächung. Beim Eintritt in das Kalkspathrhomboeder findet nach dem Malus'schen Gesetz eine Zerlegung in gewöhnlich

*) Beschrieben in den Compt. rend., T. XLV, p. 239, und in Pogg. Ann., Bd. 102, S. 642.

gebrochene, nach dem Hauptschnitt polarisirte, und in ungewöhnlich gebrochene, senkrecht zum Hauptschnitt polarisirte Strahlen statt. Eine zweite analoge Zerlegung erfolgt, wenn die Strahlen in die Krystallplatte des Polariskops eintreten; schliesslich werden sie alle auf die gemeinschaftliche Polarisationsebene des analysirenden Nicols zurückgeführt. Heissen wir δ den Winkel des Hauptschnitts des Rhomboeders mit der Polarisationsebene des Nicols, β den Winkel des erstern mit dem Hauptschnitt der Krystallplatte des Polariskops, und endlich α den Winkel der Polarisationsebene des analysirenden Nicols mit dem Hauptschnitt des Rhomboeders, so ergibt sich für die resultirende Intensität der gemischten Strahlen, welche zum Auge gelangen:

$$\begin{aligned} R^2 = F + C \Big\{ & \cos.2(\alpha+\beta) \sin.2\delta \sin.2\beta\, i i_1 \sin.^2 \frac{\Delta_o - \Delta_e}{2} \\ & - \sin.2(\alpha+\beta) \sin.2\beta \,(i^2 \cos.^2\delta - i_1^2 \sin.^2\delta) \\ & \qquad \sin.^2 \frac{\Delta'_o - \Delta'_e}{2} \\ & + \sin.2(\alpha+\beta) \sin.2\delta \sin.^2\beta\, i i_1 \sin.^2 \frac{\Delta_o - \Delta_e - (\Delta_o' - \Delta_e')}{2} \\ & - \sin.2(\alpha+\beta) \sin.2\delta \cos.^2\beta\, i i_1 \sin.^2 \frac{\Delta_o - \Delta_e + \Delta'_o - \Delta'_e}{2} \Big\}. \end{aligned}$$

In diesem Ausdrucke stellen i und i_1 die den Intensitäten I^2 und I_1^2 entsprechenden Amplituden, $\Delta_o - \Delta_e$ und $\Delta'_o - \Delta'_e$ die Phasendifferenzen der gewöhnlich und ungewöhnlich gebrochenen Strahlen im Kalkspathrhomboeder und in der Krystallplatte dar. C ist eine Constante, abhängig von der Schwächung des Lichts beim Durchgange durch die verschiedenen Medien, und F eine Funktion von C, i, i_1 und den Winkeln α, β, δ, dagegen unabhängig von den Verzögerungsphasen. Die mit dem Faktor C behafteten Glieder sind es daher allein, welche

zu den Interferenzfarben Veranlassung geben. Wenn wir also nach der Bedingung fragen, unter welcher die letztern verschwinden — ein Kriterium, das uns eben zu einem genauen Vergleich der Lichtintensitäten führen soll —, so haben wir zu dem Ende bloss die Summe der Glieder in der Klammer gleich Null zu setzen. In dieser Allgemeinheit ist die Bedingungsgleichung nicht geeignet, uns zum gewünschten Ziele zu führen; sie gilt aber auch in dieser Ausdehnung bloss für vollkommen homogenes Licht. Für weisses oder nicht vollständig homogenes Licht vereinfacht sie sich bedeutend, wenn wir zugleich berücksichtigen, dass das Kalkspathrhomboeder in Wirklichkeit 4—5 Centimeter dick ist. In diesem Falle wird die Verzögerungsphase ($\Delta'_o - \Delta'_e$) in der Krystallplatte verschwindend klein neben derjenigen ($\Delta_o - \Delta_e$) im Kalkspathrhomboeder, so dass man in den beiden letzten Gliedern $\Delta'_o - \Delta'_e$ neben $\Delta_o - \Delta_e$ vernachlässigen kann. Das erste, dritte und vierte Glied lassen sich dann zusammenziehen und erhalten den gemeinschaftlichen Faktor $\sin.^2 \frac{\Delta_o - \Delta_e}{2}$. Diese Glieder würden also für sich eine Farbenerscheinung bedingen, wie sie der Kalkspath für sich darbieten würde, während das zweite Glied mit $\sin.^2 \frac{\Delta'_o - \Delta'_e}{2}$ eine den Interferenzfarben des Polariskops analoge Erscheinung repräsentirt. Nun zeigt aber ein dickes Kalkspathrhomboeder in nicht vollkommen homogenem Lichte keine Interferenzerscheinung, da die Maxima und Minima der Strahlen verschiedener Wellenlänge übereinander fallen. Dasselbe wird auch in unserm Falle stattfinden, d. h. das erste, dritte und vierte Glied bedingen keine Farbenerscheinung; es bleibt daher bloss das zweite Glied als Farben gebendes

übrig, und daraus folgt, dass die Interferenzfarben dieselben sind wie diejenigen, welche das Polariskop für sich allein darbietet. Die Bedingung, dass auch diese Farben verschwinden, ist:

$$\sin.2(\alpha+\beta)\sin.2\beta(i^2\cos.^2\delta - i_1{}^2\sin^2\delta)\sin.^2\frac{\Delta_o-\Delta_e}{2} = 0.$$

Dieser Gleichung wird genügt, wenn irgend einer der drei Faktoren von $\sin.^2\frac{\Delta_o-\Delta_e}{2}$ für sich verschwindet. Wir sehen aber sofort, dass bloss der dritte Faktor, gleich Null gesetzt, die gewünschte Bedingung liefert. Die beiden andern Faktoren dürfen also nicht Null werden; vielmehr werden wir über α und β so zu verfügen haben, dass sie möglichst gross werden. Die Farbenerscheinung wird dann intensiver, und der Moment wo sie verschwindet, lässt sich schärfer beurtheilen. Diess ist nun der Fall, wenn $\beta = 45^0$ und $\alpha = 0$ oder 90^0 ist, d. h. wenn der Hauptschnitt des Krystalls im Polariskop um 45^0 gegen denjenigen des Kalkspathrhomboeders geneigt ist, und wenn die analysirende Polarisationsebene mit letzterm zusammenfällt oder senkrecht darauf steht. Als Bedingung für das Verschwinden der Farben haben wir also:

$$\frac{i^2}{i_1{}^2} = \text{tang.}^2\,\delta,$$

d. h. die Quadrate der Amplituden der beiderlei Lichtstrahlen müssen sich verhalten, wie das Quadrat der Tangente des Winkels, welchen die Polarisationsebene des Polarisators mit dem Hauptschnitt des Rhomboeders bildet, zu 1. Das Verhältniss der Quadrate der Amplituden ist aber gleich dem Verhältniss der Intensitäten; daher erhalten wir auch:

$$\frac{I^2}{I_1{}^2} = \text{tang.}^2\,\delta.$$

Hieraus ergibt sich folgende Regel für die Vergleichung der Lichtintensitäten: „Man dreht den Polarisator so lange um seine Axe, bis die Interferenzfarben im Polariskop verschwinden; alsdann gibt das Quadrat der Tangente des Winkels, welchen die Polarisationsebene des Polarisators mit dem Hauptschnitt des Rhomboeders bildet, das Verhältniss der Lichtintensitäten an.“ Zur Messung bedürfen wir also bloss eines getheilten Kreises, an welchem man diesen Winkel ablesen kann. An dem ausgeführten Apparat ist der Polarisator mit der in $^1/_3{}^0$ abgetheilten Kreisscheibe fest verbunden; der feste Nonius erlaubt, den Winkel bis auf einzelne Minuten genau abzulesen.

Da die Theorie unsers Apparats sich ausschliesslich auf das Malus'sche Gesetz stützt, dieses aber von Arago als richtig nachgewiesen worden ist *), und da ferner die Bedingung, dass die Grundflächen des Kalkspathrhomboeders senkrecht zur Sehaxe gestellt seien, mechanisch mit hinlänglicher Schärfe erfüllt werden kann; so bleibt als alleinige Fehlerquelle der Beobachtungsfehler übrig. Wir erhalten den letztern, wenn wir bei genau constantem Verhältniss der Lichtintensitäten mehrmals nacheinander den Polarisator durch Drehung auf den Punkt einstellen, wo für unser Auge die Farben im Polariskop verschwinden, und jedesmal den Winkel δ ablesen; die Differenz zwischen diesen einzelnen Ablesungen repräsentirt

---

*) *Oeuvres de F. Arago*, *T. X*, *p.* 150. Der Nachweis von Arago macht übrigens nicht auf grosse Genauigkeit Anspruch; es gibt eine Methode, dieses Fundamentalgesetz mittelst unsers Apparates genauer zu prüfen. Ich werde darüber bei einer andern Gelegenheit sprechen.

den Beobachtungsfehler. Die Grösse dieses Beobachtungsfehlers hängt ausser von der Lichtstärke und von der Empfindlichkeit des Auges wesentlich von der Güte des Polariskops ab. Unter allen mir bekannten Polariskopen habe ich dasjenige von Savart, bestehend aus zwei gekreuzten, unter 45° gegen die optische Axe geschnittenen Quarzplatten, als das tauglichste erfunden. Durch folgende spezielle Einrichtung ist es mir gelungen, dasselbe so empfindlich zu machen, dass für ein gutes Auge der Beobachtungsfehler bloss 1—2 Minuten beträgt. Die gekreuzten Quarzplatten, jede von 2 Centimeter Dicke, befinden sich zwischen zwei um die Summe ihrer Brennweiten von einander abstehenden Linsen; die Brennweite dieser Linsen beträgt 4 Centimeter. Die eine derselben stellt das Objektiv eines schwach vergrössernden, auf die Unendlichkeit eingestellten astronomischen Fernrohrs dar; das Ocular hat nämlich eine Brennweite von 2,5 Centimeter. Im Focus des Objektivs befindet sich ein Fadenkreuz und vor dem Ocular ist das Nicol angebracht. Das gefärbte Fransensystem, welches dieses Polariskop zeigt, verschwindet beim Drehen des Polarisators nicht vollständig, sondern es geht bloss ein farbloser Streifen über das Gesichtsfeld hin, der complementär gefärbte Fransensysteme trennt. Man liest den Winkel δ ab, wenn der farblose Streifen gerade mit dem Fadenkreuz zusammenfällt.

Die Differentialrechnung lehrt nun aus der Grösse des Beobachtungsfehlers die demselben entsprechende Genauigkeit in Bestimmung des Verhältnisses der Lichtintensitäten mittelst der oben aufgestellten Formel abzuleiten. Differenzirt man nämlich dieselbe nach δ, so kömmt:

$$d \cdot \frac{I^2}{I_1^2} = \frac{2 \operatorname{tang.} \delta}{\cos.^2 \delta} \cdot d\delta.$$

Setzt man hier für $d\delta$ den Beobachtungsfehler beim betreffenden Winkel δ, so erhält man die gesuchte Genauigkeitsgrenze. Ist z. B. $\delta = 45^0$, d. h. sind die beiden Lichtquellen gleich intensiv, so ist $d\delta$ der Beobachtung zufolge $= 1 - 2'$, und wir erhalten demnach:

$$\frac{I^2}{I_1^2} = 1,$$

$$d.\frac{I^2}{I_1^2} = 4 \text{ arc. } 1 - 2' = 0{,}00116 - 0{,}00232.$$

Hieraus folgt, dass wir das Verhältniss der Lichtintensitäten mit einer Genauigkeit von $^1/_{1000}$ bis $^2/_{1000}$ bei einmaliger Einstellung ermitteln können.

Polarimeter. Das Photometer kann sehr leicht in ein Polarimeter verwandelt werden. Zu dem Ende hat man bloss vor dem Polarisator ein zweites, dem erstern analoges Kalkspathrhomboeder so anzubringen, dass sein Hauptschnitt mit demjenigen des erstern einen Winkel von 180^0 bildet. Die Schnitte durch die beiden Rhomboeder haben dann die in Fig. 2 angedeutete Gestalt. Das vordere Rhomboeder $R_1\ R_1\ R'_1\ R'_1$ muss ferner in der angegebenen Lage mit dem hintern $R\ R\ R'\ R'$ fest verbunden sein, während der dazwischen befindliche Polarisator P P wie oben um die Sehaxe drehbar sein soll. Vor dem ersten Rhomboeder befindet sich endlich noch ein Schirm mit einer schmalen rechteckigen Oeffnung, so schmal, dass dieses Rhomboeder gerade zwei aneinander grenzende Bilder dieser Oeffnung erzeugt. Durch diese Oeffnung lässt man das theilweise polarisirte Licht, das untersucht werden soll, einfallen, und dreht dann den Apparat um die Sehaxe so lange, bis die Polarisationsebene des theilweise polarisirten Lichtes mit dem

Hauptschnitt der Rhomboeder zusammenfällt *). Nunmehr hat man bloss den Polarisator durch Drehung auf den Punkt einzustellen, bei welchem die Farben im Polariskop verschwinden. Aus dem Winkel, den bei dieser Stellung der Polarisator mit dem Hauptschnitt der Rhomboeder bildet, lässt sich dann das Verhältniss des natürlichen und polarisirten Antheils im theilweise polarisirten Licht nach der folgenden Formel berechnen. Heissen wir I^2 die Intensität des natürlichen und P^2 diejenige des polarisirten Antheils im theilweise polarisirten Licht, so hat man:

$$\frac{I^2}{P^2} = \frac{1}{2}\left(\text{tang.}^4\ \delta - 1\right).$$

Die Ableitung dieser Formel geschieht ganz analog wie diejenige der Photometer-Formel, und ganz analog, wie dort, kann auch hier die Leistungsfähigkeit aus dem Beobachtungsfehler abgeleitet werden.

Dieses Polarimeter zeichnet sich vor dem Arago'schen mit Glasplatten dadurch aus, dass es sich, wie das obige Photometer, einzig und allein auf das Malus'sche Gesetz stützt, und daher ausser dem Beobachtungsfehler auch wieder keine andern Fehlerquellen involvirt. Ein grosser Nachtheil dieses Apparats dagegen besteht darin, dass derselbe eine bedeutende Lichtschwächung bedingt, welche der Schärfe der Beobachtung Eintrag thut. Wenn daher die zu untersuchende Lichtquelle nicht sehr intensiv ist, so wird man besser thun, sich des Arago'schen Polarimeters zu bedienen, und dasselbe entweder nach

*) Eine kleine Ueberlegung zeigt, wie sowohl diese Einstellung als auch die angedeutete relative Lage der Rhomboeder ohne besondere Hülfsvorrichtungen mittelst des Apparates selbst empirisch sehr genau gefunden werden.

Arago's Vorschlag *) empirisch zu graduiren, oder nach der von mir entwickelten vollständigen Theorie dieses Instruments **) aus dem vorher bestimmten Brechungsverhältniss der Glasplatten das Verhältniss der Componenten des theilweise polarisirten Lichts zu berechnen. Freilich bedürfen die Formeln, auf welche sich diese Theorie stützt, selbst noch einer Bestätigung durch genaue photometrische Messungen; auch muss die Erfahrung erst lehren, inwiefern die von Seebeck beobachteten allmäligen Oberflächenveränderungen bei solchen Glasplatten auf die Intensität des durchgelassenen Lichts influiren.

Meyer-Dür.

Die Ameisen um Burgdorf, als Beitrag zur einheimischen Insecten-Fauna.

Vorgetragen den 30. Jänner 1859.

Es ist auffallend, dass in der Schweiz, wo es an tüchtigen Kennern der Hymenopteren nicht fehlt, so Wenige bis jetzt mit dem Studium einer der interessantesten Familien, nämlich der Ameisen, sich näher befreundet haben. Durch die sehr gediegenen und gründlichen Arbeiten Förster's, Nylander's, Schenk's, und in der jüngsten Zeit ganz besonders durch die *Formicina austriaca* von

---

*) *Oeuvres de F. Arago*, *T. X*, *p.* 270.

**) *Pogg.* Ann. Bd. 99, S. 235.

Fig. 1.

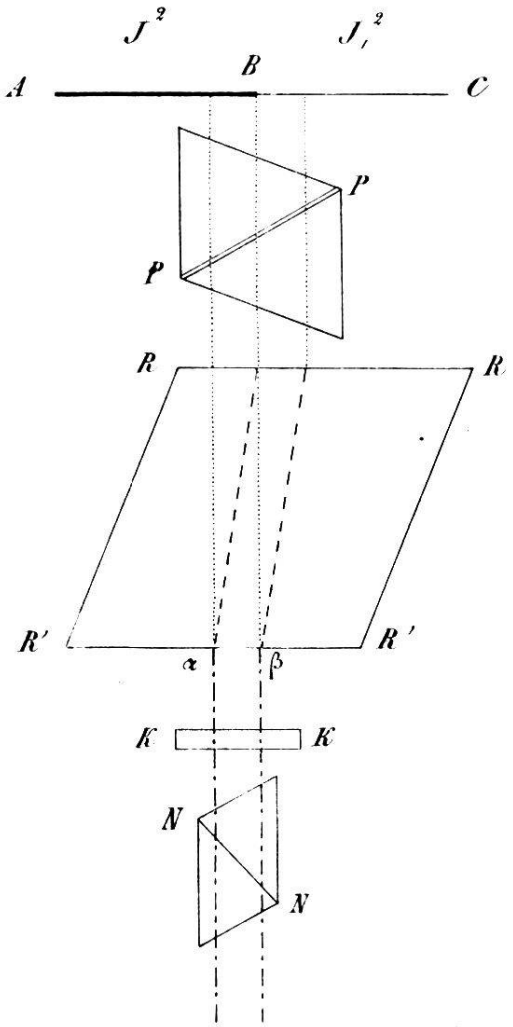
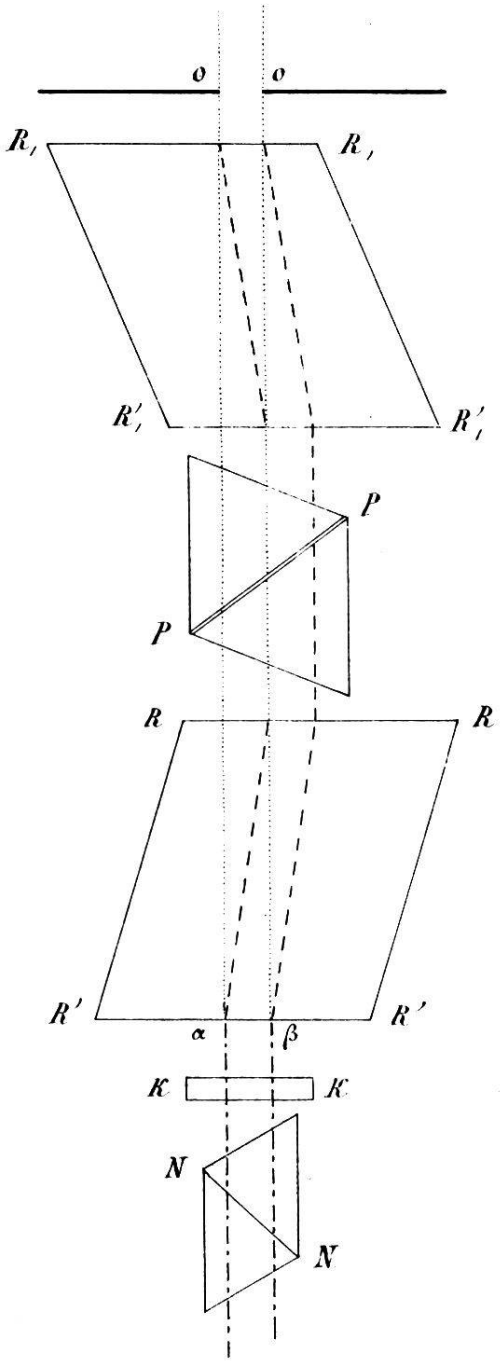
Fig. 2.