

SITZUNG VOM 5. JÄNNER 1854.

Eingesendete Abhandlungen.*Beitrag zur Erklärung der Farben der Polarisationsbüschel durch Beugung.*

Von dem w. M. W. Haidinger.

Eine Besprechung mit meinem hochverehrten Freunde, Herrn Regierungsrathe v. Etti n g s h a u s e n, über die Natur der Polarisationsbüschel und die wahrscheinlichste Erklärung derselben, veranlasste mich ein paar Erscheinungen wieder näher in das Auge zu fassen, in Bezug auf das Gewicht, welches sie der einen oder der andern Erklärungsart verschaffen könnten, das Auslöschen eines linear-polarisirten Lichtstrahls beim Durchgange durch eine das Licht in senkrechter Richtung auf die vorige polarisirende Platte, und das Drehen des Büschels durch eine in zwei senkrecht auf einander stehenden Richtungen polarisirende Platte.

1. Auslöschen des Lichtstrahles.

Bekanntlich polarisirt Reflexion nur theilweise, mehr oder weniger vollständig, je nach dem Winkel der Zurückstrahlung und auch nach der Natur des reflectirenden Körpers. Durch Refraction in doppeltbrechenden Krystallen wird das Licht in den beiden Strahlen absolut in zwei senkrecht gegen einander stehenden Richtungen polarisirt. Die beiden Strahlen können bekanntlich bei starker Doppelbrechung, schon indem man sich dicker Platten bedient, wie am Doppelspäthe, von einander getrennt, einzeln für sich untersucht werden. Turmalin, Andalusit, Herapathit, oxalsaures Platinoxydul, Knopit (Kalium-Platin-Cyanür-Cyanid) lassen schon in dünnen Platten nur einen der linear-polarisirten Strahlen durch, und absorbiren den andern.

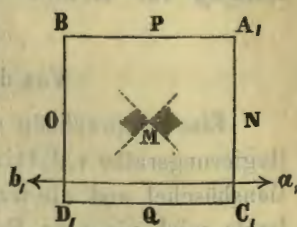
Man betrachte ein aus irgend einer Quelle linear in der Richtung ab , Fig. 1, vollständig polarisirtes Lichtfeld $ABCD$, zum Beispiel im durchfallenden Lichte einen der Quere nach gelegten Turmalinkrystall, so dass PQ dessen Axe ist, oder ein Nichol'sches Prisma, dessen längere Diagonale die Richtung NO hat. In beiden Fällen erscheint der gelbe Büschel in verticaler Stellung, von der Seherichtung, wo immer man hinblickt, aufwärts nach MN und abwärts nach MO gerichtet. Der Mittelpunkt M ist der hellste, jeder folgende dunkler in den Richtungen MN und MO , er ist der dunkelste, jeder folgende heller in den Richtungen MO und MQ . Übereinstimmend mit der Beobachtung an Kanten, welche Flächen von verschiedener Beleuchtungs-Intensität begrenzen, entstehen jenseits der Entfernung des deutlichsten Sehens, von Hell gegen Dunkel fortschreitend, die gelben Beugungsfarbensäume, vom Dunkel gegen Hell fortschreitend, die blauen oder violetten Farbensäume. Ich glaube diese Übereinstimmung der Farbentöne in einer Mittheilung über das Interferenz-Schachbrettmuster ¹⁾ genau nachgewiesen zu haben, so wie in einer späteren Mittheilung ²⁾ auch die Thatsache, dass die Farbe des gelben Büschels wirklich aus der von Gelb durch Roth vorschreitenden Hälfte des Spectrums, also unzweifelhaft aus den Tönen der gelben Beugungsränder besteht, weil im homogenen blauen, linear-polarisirten Lichte der Büschel nicht gelb, sondern schwarz ist.

Man betrachte nun das Lichtfeld Fig. 1 durch eine ganz genaue parallel gestellte gleichartige Platte, so dass der Büschel der neuen Platte in der Lage vollkommen mit demjenigen des Lichtfeldes übereinstimmt. Man wird wieder einen gleich gestellten Büschel sehen, höchstens bei Anwendung eines überhaupt stark lichtabsorbirenden Krystalles, die ganze Erscheinung etwas dunkler.

Fig. 1.



Fig. 2.



¹⁾ Sitzungsberichte der kais. Akademie der Wissenschaften. Mathem.-naturw. Classe. October 1851.

²⁾ Die Löwe'schen Ringe u. s. w. Sitzungsberichte u. s. w. Juli 1852. Bd. IX, S. 240.

Man drehe aber nun die Platte, die Seherichtung als Axe betrachtet, um 90° herum, wodurch sie also die Stellung Fig. 2 erhält. Dann fällt, gerade vom Mittelpunkte beginnend, die Folge der gelben Säume der zweiten Platte oder der Büschel auf die Folge der blauen Säume, oder der begleitenden Räume des Lichtfeldes; in diesen ist aber kein Gelb enthalten, also kann nichts übrig bleiben als Schwarz, während umgekehrt die Folge der blauen Säume auf die Folge der gelben fällt, die ebenfalls kein Blau enthalten, also auch nur den noch übrigen Farbenrest auslöschen und Schwarz zurücklassen kann.

Die ganz gleiche Erscheinung findet Statt, wo immer in dem Lichtfelde man durch die Platte hinblickt, es wird also alles Licht durch die Zerlegung der Farben an den Beugungssäumen bei gekreuzten Polarisationen zerlegt.

Bei paralleler Stellung der Platten ist also das Maximum des Lichtdurchganges, bei gekreuzten Platten das Minimum, oder auch absolutes Null. Zwischenstellungen geben in Folge von partiellen Neutralisirungen auch die Abstufungen der Lichtmenge, wobei aber doch der Büschel, so lange er nur immer sichtbar ist, in der analysirenden Platte die unveränderte Stellung beibehalten muss. Auf seine Richtung *NO* und Normale *PQ* müssen die Cosinuse und Sinuse des Winkels bezogen werden, welche er mit dem Büschel des Lichtfeldes einschliesst.

Der vorstehende Gang von Betrachtungen scheint mir sehr vortheilhaft, um als Entwicklung der Natur des polarisirten Lichtes zu dienen. Zuerst die Beobachtung der Büschel selbst im polarisirten Lichte. Dann die Vergleichung der Farben mit den Farben der Brechungssäume. Hierauf die Neutralisirung der Töne und das Auslöschen der Farben durch gekreuzte Büschel, als Beweis des Gegensatzes und der Ergänzung.

2. Drehen des Polarisationsbüschels.

Man lege auf eine das Licht vertical polarisirende Platte eine völlig durchsichtige Krystallplatte, in einer Richtung geschnitten, polirt, oder durch Theilung erhalten, welche das Licht in zwei senkrecht auf einander stehende Richtungen polarisirt, und zwar in einer solchen Lage, dass eine der Polarisationsrichtungen mit der senkrechten Polarisation der ersten Platte übereinstimmt. Eine Quarzplatte der Axe parallel geschnitten, ein Glimmerblatt zeigt alle

Erscheinungen. Die Fig. 3 stellt die beiden Platten vor; AB und CD sind die beiden Polarisationsrichtungen der Platte AB , $A_1 B_1$ ist die Polarisationsrichtung der linear in senkrechter Richtung polarisirten Lichtquelle.

Der Zustand, in dem sich die Platte AB befindet, kann als der doppelte des Zustandes der Platte Fig. 1, mit linearer Polarisation betrachtet werden. Während für letzteres die Erscheinungen der gelben Büschel und blauen Räume getrennt sind, sind sie hier vereint. Legt man zwei linear-polarisirte Platten kreuzweise, so decken sich die complementären Töne, einer über dem andern und bringen Schwarz, Abgang des Lichtes hervor. In der dipolarisirten Krystallplatte geschieht die Ergänzung der complementären Töne dergestalt, dass sie an jedem Orte auch neben einander stehen, und daher beide senkrecht auf einander stehenden Lichtstrahlenbündel hindurchlassen, also Weiss hervorbringen.

Um die Wirkung gegenseitiger Veränderung der Lage durch Drehungen um die Seheaxe zu untersuchen, welche durch den Punkt M der Fig. 4 hindurchgeht, denke man sich die Krystallplatte mit doppelter Polarisation unbeweglich, und drehe die linear-polarisirte Lichtquelle. Man hatte vorher sehr deutlich den Büschel entsprechend der festen Polarisation dieser Quelle in der Richtung AB wahrgenommen. Man drehe die Lichtquelle oben nach links, von A gegen A_1 um einen beliebigen Winkel AMA_1 . Der gelbe Büschel bleibt sichtbar wie vorher, allein anstatt nach links, weicht er um die nämliche Winkelgrösse $AMA_1 = AMA_2$, entgegengesetzt nach rechts von A nach A_2 ab. Ist der Winkel $AMA_1 = 45^\circ$, so steht der dem Auge erscheinende Büschel senkrecht auf dem wirklichen; ist $AMA_1 = 90^\circ$, so liegt der Büschel horizontal in der Richtung von CD . Die hier beschriebenen Erscheinungen sind genau von der Art als ob AB die Projection eines Spiegels, $A_1 M$ der Gegenstand zur Linken desselben, $A_2 M$ das Spiegelbild desselben zur Rechten wäre. Gleichzeitig mit der Spiegelfläche AM wirkt die senkrecht

Fig. 3.

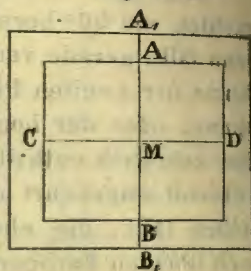
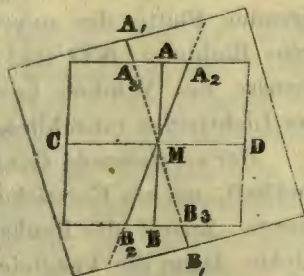


Fig. 4.



auf derselben stehende CM , Während durch die Wirkung von AM A_3 auf A_2 gelegt wird, bringt CM den Punkt A_3 auf B_2 , also in eine gerade Linie, in die Fortsetzung von A_2M nach B_2 . Die Erscheinungen sind so charakteristisch und doch auch nicht schwierig aufzufinden, dass ich sie bereits in meinen ersten Mittheilungen über die Polarisationsbüschel beschrieb.¹⁾

Man kann sie auch so darstellen, dass man die linear-polarisirte Lichtquelle unbeweglich lässt, und die dipolarisirte Krystallplatte dreht. Für jede Winkeldrehung derselben, weicht der Büschel mit doppelter Winkelgeschwindigkeit ab. Es ist eigentlich ganz das Nämliche, aber es erscheint vortheilhafter, bei einer Vergleichung mit einem Spiegel, die Krystallplatte fest anzunehmen, da man doch auch die Spiegel an den Wänden fest zu sehen gewohnt ist. Die Krystallplatte wirkt hier übrigens rein wie ein optischer Apparat. Sie zeigt selbst keine Büschel, wenn man gegen gleichfarbiges nicht polarisirtes Licht hinsieht. Ich kann wohl billig an dem gegenwärtigen Orte von andern weniger auffallenden Erscheinungen abstrahiren, von welchen man analog den Löw'schen Ringen oder den hellen Andreaskreuzlinien zuweilen Eindrücke fühlen dürfte. Büschel aber sieht man nicht. Die Intensität des durchgehenden Lichtes ist in allen Azimuthen vollkommen gleich, denn was an Lichtstärke durch die Winkelbewegung in Bezug auf eine der Polarisationsrichtungen verloren gegangen ist, wird eben durch dieselbe für die senkrecht auf der vorhergehenden stehende wieder ergänzt. Also betrachtet man eigentlich doch immer nur den durch die erste lineare Polarisirung entstandenen Büschel, wie in dem ersten der zwei hier erwähnten Fälle unmittelbar in der Lichtquelle, aber durch einen Apparat, der ihm unter den angezeigten Fällen eine Drehung nach rechts oder links zu geben vermag, die sich auf die Gesichtslinie wie auf eine Schraubenaxe bezieht. Diese Drehung wird wohl auch durch nichts Anderes hervorgebracht, als durch die Spiegelung an den Schichtungsflächen der Krystall-Atome mit den Lichtätherlagen, in welchen die Fortpflanzung der Schwingungen stattfindet.

Noch einen Schritt weiter, und die Lichtätherschwingungen zur Hervorbringung eines Bildes überhaupt, würden sich als innere Reflexionen in den nach allen Richtungen in Spiegelflächen geord-

¹⁾ Poggendorffs Annalen. Bd. 64, S. 29 und Bd. 68, S. 305.

neten Lichtäthertheilchen darstellen, deren Durchschnittslinie die Seheaxe ist.

In den oben angeführten Mittheilungen in Poggendorff's Annalen ¹⁾, erwähnte ich auch der Spiegelprismen, dreiseitiger Glasprismen, durch welche hindurch parallel einer der Flächen hinblickend, zunächst derselben und durch totale Reflexion entstanden, man ein Spiegelbild des Gegenstandes erbält, welchen man durch das Prisma betrachtet, und parallelisirte die Erscheinung des beim Umdrehen um die Seheaxe erfolgenden Drehens der Spiegelbilder mit dem Drehen der Büschel durch kreuzweise polarisirte Krystallplatten. Dies ist allerdings richtig, die Spiegelprismen drehen die Bilder, wie die kreuzweise polarisirten Krystallplatten die Büschel, aber sie wirken ganz anders auf die Büschel selbst. Während sich bei festgestellten Spiegelprismen das Bild des um einen gewissen Winkel α nach einer Richtung, z. B. nach links, gedrehten Gegenstandes um denselben Winkel α nach rechts bewegt, bewegt sich der Büschel um den ganzen gleichen Winkel α aber nach links, so dass die Lage desselben, verglichen mit dem ursprünglichen Gegenstande unverändert erscheint, während er verglichen mit dem Gegenstande eine doppelte Winkelbewegung gemacht hat, von welcher aber die eine Hälfte der andern entgegengesetzt ist, und sie also aufhebt.

Durch die totale Reflexion an der Längsfläche des Spiegelprismas erhält nämlich, ähnlich einigermaßen dem Vorgange bei dem Fresnel'schen Prisma, die Erscheinung die Lage des Spiegelbildes von derjenigen, in welcher der Körper durch die Spiegelung selbst erscheint.

Mit dem Büschel übereinstimmend, bleibt die Polarisationsrichtung unverändert. Es ist in der That überraschend, zu sehen, wie das Bild eines Turmalinkrystalles durch Drehung links hinter einem Spiegelprisma, rechts herumgeführt werden kann, während sich die Polarisationsrichtung unverändert der ersten Quelle entsprechend erhält, und daher in allen möglichen Richtungen von dem Bilde des Krystalles abweichend festgehalten werden kann.

Bei einfachen Spiegelprismen ist jede Drehung derselben, oder des Gegenstandes, mit einer Winkelbewegung des letztern verbunden. Combinirt man zwei derselben, so wird durch die doppelte

¹⁾ Bd. 63, S. 29 und Bd. 68, S. 305.

Spiegelung auch das Bild selbst wieder unbeweglich, man mag die beiden Spiegelprismen mit einander wie immer herumdrehen, aber das Bild besitzt selbst jede beliebige feste Lage in Beziehung auf den ursprünglichen Gegenstand.

Alle diese mannigfaltigen Lagen berühren eigentlich, wie man sieht, die Natur der Büschel nicht. Aber man muss überall das Ergebniss der Spiegelung von der Wirkung der ersten Polarisation getrennt betrachten, obwohl sie die Eindrücke gemeinschaftlich hervorbringen. Gewiss wird durch das Auslöschen des in einer Richtung linear-polarisirten Lichtstrahls mittelst einer senkrecht auf dieselbe polarisirte Platte durch Übereinanderlagerung der gelben und blauen Beugungssäume, die Ansicht, dass die Beugungssäume es sind, welche die Farben der Büschel hervorbringen, auf das Kräftigste unterstützt.

Tabelle der Eisbedeckung der Donau bei Galacz in den Jahren 1836 bis 1853.

Mitgetheilt von dem w. M. W. Haidinger.

Winter	Donau, zugefroren am	Eisdecke, abgegangen am	Dauer der Eisdecke. Tage
1836—1837	7. Februar	28. Februar	21
1837—1838	29. December	3. März	36
1838—1839	24. December	13. März	79
1839—1840	12. Jänner	2. Februar	21
1840—1841	17. December	21. März	94
1841—1842	26. Jänner	9. März	42
1842—1843	Den ganzen Winter offen.		
1843—1844	12. Jänner	27. Februar	46
1844—1845	28. December	22. Jänner	26
1845—1846)	Den ganzen Winter offen.		
1846—1847)	Den ganzen Winter offen.		
1847—1848	im Jänner	im März	
1848—1849	1. Jänner	22. Februar	53
1849—1850	5. Jänner	4. März	48
1850—1851	3. Februar	22. Februar	19
1851—1852)	Den ganzen Winter offen.		
1852—1853)	Den ganzen Winter offen.		

Die Donau blieb in Galacz in 17 Jahren 5mal offen.

Der kürzeste Eisstoss stand 19 Tage 1850—51.

Der längste Eisstoss stand 94 Tage 1840—41.

Mittlere Dauer 44 Tage.