tigung das Glas durch den combinirten Einfluß der Elasticität und des äußeren Luftdruckes allmählig wieder auf ein kleineres Volumen zurückgeführt wird. Daneben ist die Ansicht begründet, daß für Glas noch weit vom Schmelzpunkt entfernt eine Art von Elasticitätsgränze bezüglich der Ausdehnungen durch die Wärme existirt, nach deren Ueberschreitung das frühere Volumen durch Temperaturerniedrigung allein nicht wieder hergestellt wird.

*VI. Ueber das Kreuz, das gewisse organische Körper im polarisirten Lichte zeigen, und über die Haidinger'schen Farbenbüschel;
von Victor von Lang.*

Es ist allgemein bekannt, daß gewisse Körper, die dem Pflanzen- oder Thierorganismus ihre Entstehung verdanken, eine kreuzförmige Interferenz-Erscheinung zeigen, wenn man dieselben zwischen zwei linear-polarisirende Vorrichtungen bringt. Solche Körper sind die Stärkemehlkörner, die Krystalllinsen der Augen, gewisse Hornarten, aus denen man natürlich erst durchsichtige Platten zu schleifen hat, u. a. m. Wenn ich hier die Entstehung dieser Erscheinung in Betracht ziehe, so glaube ich zwar nicht etwas ganz neues, aber doch nichts überflüssiges zu sagen, da selbst ausgezeichnete Forscher in ihren Werken sich bei diesem Gegenstande mit einer ziemlich unbestimmten Ausdrucksweise begnügen. Auch hängt diese Erscheinung nach meiner später zu entwickelnden Hypothese innig zusammen mit dem Phänomen, das wir als Haidinger'sche Farbenbüschel bezeichnen.

Wir wollen daher auch von den angeführten Körpern gleich an die Krystalllinse unsere Bemerkungen anknüpfen

und ihr Verhalten zwischen einem gekreuzten Polarisirer und Analysirer betrachten. Die Krystalllinse besteht aus Fasern, welche im Allgemeinen um die Axe der Linse so angeordnet sind, daß sie von dieser Axe radial nach dem Rande der Linse verlaufen. Diese Fasern sind bekanntlich doppelbrechend, und zwar sind für die zwei senkrecht zur Längsrichtung derselben hindurchgehenden Lichtstrahlen die Polarisationsebenen beziehungsweise parallel und senkrecht zu der Längsaxe. Betrachtet man daher eine Krystalllinse im polarisirten Lichte, so daß dasselbe parallel der Axe durch die Linse geht, so wird jeder Radius der Linse sich doppelbrechend erweisen, und zwar für den betrachteten Radius die eine Polarisationsebene durch die Axe der Linse gehen, die andere Polarisationsebene wird aber natürlich senkrecht zur ersteren seyn. Fig. 8 Taf. I giebt ein beiläufiges Bild der Polarisationsverhältnisse der einzelnen Radien der Linse; die Schenkel der kleinen Kreuze bedeuten eben die Richtung der Polarisationsebenen der zwei von dem betreffenden Radius der Linse hindurchgelassenen Lichtstrahlen.

Bringt man nun die Linse zwischen zwei gekreuzte linear polarisierende Vorrichtungen, deren Polarisationsebene parallel der Linsenaxe und den Linien AA' und PP' Fig. 8 seyn, so werden, wenn man durch den ganzen Apparat hindurchsieht alle jene Radien der Linse dunkel erscheinen müssen, deren Polarisationsebenen mit denen des Analysirers und Polarisirers zusammenfallen; die dazwischen liegende Radien aber werden desto heller werden, je mehr sie sich von den ganz dunkeln Radien entfernen. Die ganze Erscheinung wird also die Form eines schwarzen Kreuzes auf lichtem Grunde haben, wie es in der Figur durch die Schraffirung angedeutet ist; der Mittelpunkt des Kreuzes muß in die Axe der Linse fallen und die Schenkel desselben müssen parallel den Linien AA' und PP' , d. h. parallel den Polarisationsebenen des Analysirers und Polarisirers seyn.

Aus dem Gesagten geht aber hervor, daß die Ursache

des Kreuzes, welches wir an der Krystalllinse und ähnlichen Körpern im polarisirten Lichte wahrnehmen, wesentlich verschieden ist von dem Grunde, aus welchem Platten einaxiger Krystalle senkrecht zur optischen Axe geschnitten, eine ähnliche Erscheinung zeigen. Denn betrachtet man solche Krystallplatten im parallelen Lichte zwischen gekreuzten Polarisirer und Analysirer, so erscheint die ganze Platte dunkel und wir nehmen nur, wenn wir einen polarisirten Lichtkegel durch die Platten gehen lassen, ein Kreuz wahr, dessen Mittelpunkt dann immer in die Axe des Lichtkegels fällt, so daß eine Verschiebung der Krystallplatte ohne Einfluß ist auf den Ort, an welchem wir das Kreuz sehen. Bei der Krystalllinse jedoch und anderen Körpern mit ähnlichen Structurverhältnissen nehmen wir das Kreuz im parallelen Lichte wahr, und mit der Verschiebung des Objectes wird auch das Kreuz verschoben. Der Umstand, daß wir die letztere Erscheinung im parallelen Lichte am besten sehen, macht es auch, daß wenn wir die Krystalllinse ohne weitere Vorrichtung mit Hülfe eines Analysirers und Polarisirers betrachten, wir das Kreuz nicht sehr deutlich und nur in der Mitte wahrnehmen, indem durch die Gestalt der Linse die parallel auffallenden Lichtstrahlen convergent gemacht werden. Es ist daher gut bei Anstellung dieses Versuches die Gestalt der Linse entweder durch Concavlin sen oder dadurch zu compensiren, daß man die Krystalllinse mittelst des Glaskörpers zwischen zwei Glasplatten bringt.

Ich habe die im Vorbergehenden besprochene Erscheinung auch künstlich nachgeahmt, was mir durch die Freundlichkeit des Prof. Dr. Rollett ermöglicht wurde, der den dazu nöthigen Apparat für das physikalische Institut der hiesigen Universität ausführen liefs. Hierfür und für die ebenso bereitwillige Unterstützung mit seinem Rathe bin ich meinem Freunde und Collegen zu großem Danke verpflichtet. Der Apparat besteht aus einem hohlen Messingcylinder, welcher mit Hülfe eines größeren hölzernen Rades und eines Schnurlaufes in rasche Rotation versetzt wer-

den kann. Die lichte Weite des Messingcylinders betrug ungefähr 19 Millim., hineinpaßten eine Glasscheibe und zwei dünnwandige hohle Holzcylinder, welche die Glasscheibe in einer zur Drehungsaxe senkrechten Lage festhalten. Auf die eine Seite der Scheibe wurde mit Glasleim eine doppeltbrechende Krystallplatte geklebt, während man die andere Seite mit schwarzem Papier belegte, aus welchem zwei Sektoren herausgeschnitten wurden, so zwar, daß die Halbierungslinie derselben parallel war mit einer Polarisationssebene des senkrecht durch die Krystallplatte gehenden Lichtes, wie dies in Fig. 9 Taf. I dargestellt ist. Zur Reinheit des Versuches ist es nöthig, daß die Sektoren scharf ausgeschnitten sind und ihre Spitzen möglichst genau in den Mittelpunkt der Glasscheibe fallen. Bringt man nun vor und hinter der Scheibe ein feststehendes Nicol'sches Prisma an, und sieht durch dieselben auf eine gleichförmig erleuchtete Fläche, z. B. eine mit Strohpapier beklebte Fensterscheibe, so sieht man bei gekreuzten Prismen und rotirender Krystallplatte auf hellem Grunde concentrisch mit der Drehungsaxe ein schwarzes Kreuz, dessen Schenkel parallel den Polarisationssebenen der Nicol'schen Prismen sind.

Zur Erklärung dieses Versuches ist nach dem Vorhergesagten nichts hinzuzufügen, durch das Drehen der so vorgerichteten Glasscheibe wird eben eine radiale Anordnung doppeltbrechender Substanz nachgeahmt, wie wir sie in der Natur an der Krystalllinse antreffen.

Ich habe den Versuch mit den verschiedensten Krystallen mit gleichem Erfolge angestellt, das nächstliegende dürfte in den meisten Fällen ein nicht allzu dünnes Glimmerblättchen seyn.

Ich komme nun zu dem Haidinger'schen Farbenbüschel, welches Phänomen, wie ich glaube, ebenfalls der Krystalllinse seine Entstehung verdankt. Ich nahm nämlich an, daß die einzelnen Fasern der Linse nicht nur doppeltbrechend, sondern auch dichromatisch sind, und zwar muß der Strahl, welcher parallel der Längsrichtung der Fasern po-

larisirt ist gelblich, der andere senkrecht dazu aber bläulich gefärbt seyn. Diese Hypothese hat nichts besonders Unwahrscheinliches an sich, denn dafs ein doppeltbrechender Körper auch dichromatisch sey, ist als der allgemeinere Fall auch der von vornherein wahrscheinlichere.

Fig. 10 Taf. I giebt nun für die einzelnen Radien der Krystalllinse die Polarisations Ebenen der zwei quer hindurchgehenden Lichtstrahlen, aber auch zugleich die Färbung, welche nach der eben ausgesprochenen Hypothese die beiden Strahlen haben müssen, indem die längeren Striche der einzelnen Kreuze die gelbliche Färbung des parallel dazu polarisirten Lichtstrahles bedeuten, der senkrecht dazu polarisirte Strahl ist dann der bläulich gefärbte. Geht nun Licht durch die Linse parallel ihrer Axe, und wird deshalb entweder vor der Linse oder nach derselben linear parallel der Linie AA' polarisirt, so werden die Radien der Linse, welche nahezu parallel AA' sind, gelblich gefärbt erscheinen müssen, indem für diese Radien der Strahl, welcher durch die Linse bläulich gefärbt wird, nicht durch die polarisirende Vorrichtung hindurchgehen kann. Aus gleichem Grunde werden aber die Radien senkrecht zur Linie AA' bläulich gefärbt seyn müssen; dazwischen liegende Radien werden auch intermediäre Farben zeigen. Fig. 10 giebt durch die verschiedene Schraffirung ein beiläufiges Bild dieser Erscheinung, wie sie sich unter den gemachten Voraussetzungen darstellen muß; die nach der Länge schraffirten Sektoren haben eine gelbliche, die quergestreiften eine bläuliche Färbung. Wir erhalten also wie früher ein Kreuz, das concentrisch mit der Linse ist, und dessen Arme respective parallel und senkrecht zur Polarisations Ebene der polarisirenden Vorrichtung sind, nur sind jetzt zwei Arme gelblich, die beiden andern bläulich gefärbt. Ob nun zufolge der gemachten Hypothese der Uebergang von den gelben zu den blauen Sektoren rasch stattfindet oder nur sehr allmählich, darüber kann auch die Rechnung keinen Aufschluß geben, indem Versuche über die Abhängigkeit der Absorption von der Amplitude mangeln. Die

nachher zu beschreibenden Versuche sprechen jedoch für einen ziemlich raschen Uebergang; dieß stünde in Uebereinstimmung mit den Farbenbüscheln, bei denen wir zwischen den gelben und blauen Sektoren kein dazwischens liegendes Weiß wahrnehmen können; doch mögen bei letzterer Erscheinung auch subjective Momente mitspielen, da wir dieselben nur wahrnehmen, wenn die Polarisationssebene des auf unser Auge fallenden Lichtes beständig ihr Azimut ändert.

Durch den Umstand, daß die Krystalllinse eben eine linsenförmige Gestalt hat, müssen die polarisirten Lichtstrahlen desto mehr gefärbt erscheinen, je näher sie der Axe der Linse hindurchgehen, indem sie eben alsdann mehr absorbirte Theilchen zu durchsetzen haben. Die in Fig. 10 Taf. I dargestellte Erscheinung muß sich daher an der Mitte der Linse am intensivsten zeigen, und gegen den Rand derselben allmählich unbemerkt werden.

Auch die Erscheinung der Farbenbüschel habe ich mit Hülfe des früher beschriebenen Rotationsapparates nachgeahmt, indem ich auf die wie früher vorgerichtete Glasscheibe eine dichromatische Krystallplatte befestigte, so daß wieder eine Polarisationssebene derselben mit der Axe der beiden Ausschnitte zusammenfiel. Nennen wir *P* den Farbenton des durch die Krystallplatte gehenden Lichtes, wenn es parallel der Axe der Sektoren polarisirt ist, *S* die Farbe der senkrecht dazu polarisirten Strahlen, so wird man, wenn die Glasscheibe mit dem Krystalle rotirt und dieselbe mit Hülfe eines Nicol'schen Prisma betrachtet wird, in der Polarisationssebene des Prisma zwei Sektoren von der Farbe *P* und senkrecht dazu zwei mit der Farbe *S* wahrnehmen, und dadurch bestätigt finden, was wir vorher über das Verhalten einer radial angeordneten dichromatischen Masse gesagt haben.

Was die Aehnlichkeit der mit Hülfe eines rotirenden dichromatischen Krystalles hervorgebrachten Erscheinung mit den Farbenbüscheln betrifft, so ist zu bemerken, daß man diese Versuche nur mit stärker dichromatischen Kry-

stallen anstellen kann, indem die gewöhnliche Unreinheit der Krystalle und sonstige Unvollkommenheiten des Apparates für die Beobachtung schwacher Lichteindrücke nicht günstig sind. Bei solchen stärker dichromatischen Krystallen sind aber die beiden Strahlen auch immer sehr ungleich hell. Ist z. B. der Farbenton *P* viel dunkler als *S*, so werden wir bei rotirender Scheibe auf einem lichten Grunde von der Farbe *S* zwei dunkle Sektoren von der Farbe *P* wahrnehmen, welche natürlich mit der Drehung des Nicol'schen Prisma ebenfalls ihre Stellung ändern. Diese zwei Sektoren bringen aber ersichtlich denselben Eindruck hervor wie die dunkleren, d. i. die gelben Büschel des von Haidinger entdeckten Phänomens; und zwar ist der Eindruck um so ähnlicher, je näher wir mit Prisma und Auge an die Scheibe gehen, in welchem Falle wir die bloße Lichtempfindung haben ohne den Krystall selbst zu sehen.

Zu den Versuchen dienten mir vorzüglich Krystalle zusammengesetzt aus den beiden isomorphen Verbindungen, Kaliumeisencyanid (rothes Blutlaugensalz) und Kaliumkobaltcyanid ($K_3Co_2Cy_6$). Ein größerer Krystall wurde mit der Fläche (100)¹⁾ auf der Glasscheibe so befestigt, daß seine Längsaxe (die Krystallaxe *c*) mit den Ausschnitten zusammenfiel. Die Farbe des Krystalles war alsdann im gewöhnlichen Lichte eigelb, im Lichte, das parallel den Ausschnitten polarisirt war, citronengelb, für senkrecht darauf polarisirtes Licht lichtrothbraun. Dem entsprechend erhielt man beim Rotiren des Krystalles zwei lichtrothbraun gefärbte Sektoren in der Polarisationssebene des Nicol'schen Prisma; senkrecht dazu aber eine citronengelbe Färbung.

Die Wirkung der Gestalt der Linse kann man dadurch nachahmen, daß man die eine Seite des Krystalles ebenfalls, z. B. auf einem Uhrglase mittelst Schmirgel und Wasser, convex macht, oder daß man aus der schwarzen Belegung der rotirenden Glasscheibe einen weiteren Ausschnitt von

1) $a : b : c = 1 : 0,772 : 0,622$. War die Fläche 100 nicht groß oder nicht eben genug, so wurde dies durch Schleifen des Krystalles mit Wasser auf einer rauhen Glasplatte erreicht.

besonderer Form macht, wie dies in Fig. 11 Taf. I angedeutet ist. Offenbar wird dadurch den Stellen, die weiter vom Centrum der Scheibe entfernt sind, mehr weißes Licht beige-mischt und daher auch desto mehr die Färbung verringert.

Da für diese Krystalle die bräunlich gefärbten Sektoren in die Polarisationsebene des polarisirenden Prisma fallen, während sie in den Farbenbüscheln senkrecht dazu stehen, so ist es mir auch gelungen die Farbenbüschel meines Auges mit Hülfe eines solchen rotirenden Krystalles zu compensiren, d. h. unbemerkbar für mich zu machen. Der Krystall muß natürlich in diesem Falle sehr dünn seyn um nur einen geringen Dichroismus auszuüben, welchen man nach Bedarf dadurch noch mehr vermindert, daß man aus der schwarzen Belegung der Glasscheibe größere oder kleinere Sektoren ausschneidet, welche dem weißen Lichte den ungehinderten Durchgang gestatten. In diesem Falle hat man nur etwas rascher zu drehen, um das Flimmern zu vermeiden, welches bei der Aufeinanderfolge von weiß und schwarz eintritt.

Krystalle bloß aus Kaliumkobaltcyanid bestehend und schwach gelblich gefärbt gaben, wie die frühern behandelt, zwei gelblich gefärbte Sektoren senkrecht zur Polarisations-ebene des Prisma. Ebenso ein etwas größerer Krystall von Santonin, der durch das Licht gelb gefärbt worden war. Sehr schön sah man das Phänomen auch an einer lichtbraun gefärbten Turmalinplatte, welche ziegelrothe Büschel auf lichtmeergrünem Grunde gab.

So viel über meine Versuche. Ich verzichte darauf zur Unterstützung meiner Erklärungsweise der Haidinger'schen Büschel auf solche Umstände hinzuweisen, wie die, daß sich nach dieser Erklärungsweise leicht einsehen läßt, warum verschiedene Menschen die Farbenbüschel verschieden, andere sie erst im späteren Alter sehen u. s. f., indem ja doch die endgültige Bestätigung meiner Hypothese nur von der Physiologie erwartet werden kann.

Graz den 2. August 1864.