zeigt, und die von mir bis jetzt untersuchten farblosen Verbindungen liessen solche erst zwischen der Lithium- und Natriumlinie sehen. Die ausserdem auftretenden, sehr schwachen Streifen möchten wohl dem Lösungswasser zugeschrieben sein.

VI. Ueber künstlichen Dichroismus; von M. v. Seherr Thoss.

Die Erscheinung, welche man Dichroismus, Pleochroismus oder Polychroismus genannt hat, ist ursprünglich nur an Krystallen und zwar ausschliesslich an solchen, welche nicht dem regulären System angehören, beobachtet worden. So wenig man nun auch über die inneren Vorgänge, welche dieser Erscheinung zu Grunde liegen, wusste, so glaubte man doch aus obiger Thatsache schon das Eine mit Sicherheit entnehmen zu können, dass Doppelbrechung eine wesentliche Vorbedingung für das Auftreten des Dichroismus sei, und versuchte daher diesen künstlich zu erzeugen, indem man auf bekannte Weise einen isotropen Körper in den anisotropen Zustand überführte.

Man ist aber auch noch auf einem anderen Wege zur künstlichen Nachbildung des Dichroismus gelangt. Gestützt auf die Beobachtung, dass nur solche doppeltbrechende Krystalle deutlichen Dichroismus zeigen, welche gefärbt erscheinen, hat man in der Färbung eines Krystalls eine zweite nothwendige Vorbedingung für das Auftreten des Dichroismus vermuthet, und daher versucht, an sich farblosen Krystallen, ohne nachweisbaren Dichroismus, diese letztere Eigenschaft dadurch aufzunöthigen, dass man der Substanz, welche man krystallisiren liess, einen Farbstoff beimengte. Sind diese Voraussetzungen richtig, dass es im wesentlichen zwei Factoren sind, welche in den Krystallen zur Erscheinung des Dichroismus zusammen-

wirken, nämlich Doppelbrechung und Farbe, so ergibt sich auf dreifache Weise die Möglichkeit, Dichroismus künstlich herzustellen:

- 1) man macht ein farbiges, isotropes Mittel doppelbrechend,
- 2) man färbt ein doppeltbrechendes Mittel,
- 3) man gibt einem farblosen, isotropen Mittel zugleich Farbe und Doppelbrechung.

Es sollen nun die nach diesen drei Richtungen angestellten Versuche in obiger Reihenfolge besprochen werden.

Die erste Mittheilung über künstlichen Dichroismus wurde von Brewster¹⁾ 1846 gemacht. Chrysaminsaures Kali, welches in einer bestimmten Richtung auf Glas aufpolirt wurde, zeigte neben einer sehr eclatanten metallischen Oberflächenfarbe im durchfallenden Licht zwei sehr verschiedene Farbentöne, je nachdem man Licht, welches in der Strichrichtung oder senkrecht zur Strichrichtung polarisirt war, hindurch gehen liess. Diese Versuche sind von Haidinger²⁾ bestätigt worden; seine Erklärung ist aber so wenig annehmbar, dass es nicht überflüssig erscheint, wenn ich auch meinerseits die bei Wiederholung dieser Versuche gemachten Erfahrungen mittheile. Zunächst gelingt der Versuch nicht mit allen Präparaten. Das von mir dargestellte Präparat erweist sich selbst unter dem Mikroskop als ein völlig amorphes Pulver von dunkelrother Farbe. Mein Verfahren, das Salz auf Glas aufzutragen, weicht etwas von dem von Brewster und Haidinger ab; es liefert indess vorzügliche Resultate. Man streicht zunächst das Präparat auf eine matte Glasfläche mit einem Messer auf. Zeigt es alsdann eine deutliche goldgelbe Oberflächenfarbe, wenn die Strich-

1) Rep. Brit. Assoc. 1846; Pogg. Ann. LXIX. p. 525. 1816; Phil. Mag. XXIX. p. 331; Moigno, Répert. d'optique moderne IV. p. 1558.

2) Wien. Ber. VIII. 1852. und XXXVI. p. 183. 1859.

richtung rechtwinklig zur Einfallsebene liegt, besonders bei kleinem Incidenzwinkel, so ist es brauchbar. Das Pulver wird nun auf glattem Schreibpapier oder auf Seide leicht zerrieben ausgebreitet und eine quadratische, nicht mattgeschliffene Platte von gutem, dünnem Spiegelglas, etwa von 25 mm Seite, unter mässigem Druck über dasselbe hingeführt, indem man die Glasplatte zur Einhaltung einer bestimmten Strichrichtung an einer Stahlschiene hin und her gleiten lässt. Das Pulver hängt sich auf diese Weise sehr fest selbst an eine spiegelnde Fläche an, und man erreicht eine ziemlich gleichmässige Vertheilung des Farbstoffs auf dem Glase.

Die auf diese Weise hergestellten Platten zeigen einen so ausgezeichneten Dichroismus, namentlich einen so auffallenden Farbencontrast, wie er an keinem Krystall schöner beobachtet wird. Wird die Strichrichtung in den Hauptschnitt des Dichroskops gebracht, so ist das ordinäre Bild prächtig orangegebl, das extraordinäre dunkel-purpurroth. Dasselbe Dunkelpurpur geben auch zwei Platten bei gekreuzten Strichrichtungen. Sie sind wie Turmalinplatten zu gebrauchen. Die der Turmalinaxe entsprechende Schwingungsebene, welche man zweckmässig die relative Schwingungsebene nennen könnte¹⁾, liegt bei den Chrysaminplatten senkrecht zum Strich. Diese Lage der Schwingungsrichtung wird auch dadurch bestätigt, dass man die Haidinger'schen Büschel in der Ebene des Strichs ziemlich deutlich wahrnehmen kann.

Haidinger hat angenommen, dass der auf diese Weise erzeugte Dichroismus dadurch entstehe, dass sich die Krystalllamellen des Salzes beim Aufstreichen in nahezu parallele Lage anordneten. Abgesehen davon, dass bei meinem Präparat Krystalllamellen überhaupt nicht vorhanden sind, so kann auch bei seinen Versuchen eine solche parallele Anordnung nicht wohl angenommen werden, denn

1) Unter der Annahme, dass die Schwingungen in einem durch Reflexion polarisirten Strahl senkrecht zur Reflexionsebene erfolgen.

entweder waren seine Krystalle ziemlich weich, und dann musste ihre ursprüngliche Krystallstructur durch das Aufpoliren zerstört werden, oder sie waren hart, und dann würde bei dem viel stärkeren Druck, den er bei seinem Verfahren anwendete, nur eine ganz regellose Zerstreuung der gleichwerthigen Krystallaxen haben erfolgen können. Ich vermthe vielmehr, dass auch bei den Versuchen Haidinger's vielleicht gar nicht die Krystalllamellen, welche er unter dem Mikroskop beobachtete, sondern diesen beigemengte amorphe Theile den Dichroismus erzeugten. Ich bin in dieser Vermuthung dadurch bestärkt worden, dass mir zwei schön krystallisirte Präparate von chrysaminsaurem Kali, in der angegebenen Weise zur Erzeugung von künstlichem Dichroismus verwendet, absolut negative Resultate ergaben. Diese Präparate bestanden bei mässiger Vergrösserung betrachtet nicht aus Krystallschuppen, sondern aus langen, dunkelrothen Prismen, denen auch gelbe beigemengt waren. Die gelben Prismen gehörten offenbar nicht einer andern Verbindung an, sie lagen nur mit einer andern Säulenfläche auf; umgewendet zeigten sie dieselbe rothe Farbe wie die andern. Die rothen Prismen erwiesen sich stark dichroitisch, ihre relative Schwingungsebene lag senkrecht zur Längenausdehnung derselben. Die gelben Prismen zeigten nur sehr geringe Helligkeitsdifferenzen, wenn ihre Schwingungsebenen nacheinander mit der Axe einer Turmalinplatte gekreuzt wurden. Im reflectirten Licht zeigten die Krystalle nicht eine goldgelbe, sondern eine stahlblaue Oberflächenfarbe.

Es unterliegt nicht dem geringsten Zweifel, dass der Dichroismus der auf obige Weise hergestellten Chrysaminplatten zu der erstgenannten Kategorie von künstlichem Dichroismus gehört, also der Farbstoff durch das Aufstreichen auf Glas Doppelbrechung erlangt hat. Bringt man nämlich eine solche Chrysaminplatte zwischen gekreuzte Nicols, so bleibt das Gesichtsfeld dunkel, wenn die Strichrichtung mit der Schwingungsebene eines Nicol zusammen-

fällt, während Aufhellung des Gesichtsfeldes eintritt, wenn die Strichrichtung im Winkel von 45° gegen die Schwingungsebenen der Polarisatoren liegt. Der Gangunterschied der beiden Strahlen erreicht in den Chrysaminplatten ungefähr eine Wellenlänge, und die Schwingungsebene grösster Elasticität fällt mit der Strichrichtung zusammen. Der Gangunterschied der beiden Strahlen scheint abzunehmen, wenn die Strichrichtung Umdrehungsaxe der zwischen gekreuzten Nicols geneigten Platte ist, sie wird dabei mehr gelb, wogegen der Gangunterschied zuzunehmen scheint, wenn die Richtung senkrecht zum Strich Umdrehungsaxe der geneigten Platte ist, indem sie dann mehr in Blauroth übergeht. Demnach wären die Platten positiv.

Hinsichtlich der Oberflächenfarben kann ich die Angaben Brewster's und Haidinger's bestätigen und bemerke nur noch, dass die Platten auch die Erscheinungen der elliptischen Polarisation sehr schön zeigen, welche freilich durch die doppelbrechenden Eigenschaften der Platten etwas beeinträchtigt werden.

Von anderen chrysamminsauren Salzen habe ich zur Herstellung solcher Platten nur chrysamminsaures Ammoniak mit Erfolg verwendet. Chrysamminsaures Manganoxydul und chrysamminsaures Lithion ergaben negative Resultate.

Noch besser als chrysamminsaures Kali eignet sich zu diesen Versuchen der im Handel in Form eines ziemlich dünnen Breies vorkommende Indigocarmin. Bringt man von demselben eine sehr kleine Quantität zwischen zwei gleich grosse quadratische Platten von dünnem Spiegelglase und bewegt die eine auf der andern so hin und her, dass die Seiten der Platten stets parallel bleiben, so wird der Farbstoff sehr gleichmässig zwischen den Glasplatten vertheilt und erlangt durch diese Ausbreitung in einer bestimmten Richtung schon vor dem Eintrocknen sehr starke Doppelbrechung und höchst auffallenden Dichroismus. Lässt man die Platten übereinander, so trocknet der Brei zu Streifen ein, die in der Strichrichtung liegen.

Um daher die Platte vor dem Verderben zu bewahren, ist es vortheilhafter, die eine Platte vorsichtig, aber ziemlich rasch von der andern abzuziehen, und zwar so, dass die Seiten sowohl als die Flächen der Platten genau parallel bleiben.

Man kann so Platten von jeder beliebigen Dicke der Farbschicht und von jeder Grösse herstellen. Sind die Glasplatten recht vollkommen eben, so erhält man Farbschichten, die nur wie ein Hauch auf der Platte erscheinen, aber gerade diese zeigen einen sehr auffallenden Dichroismus. Bringt man die Strichrichtung in den Hauptschnitt des Dichroskops, so ist das ordinäre Bild dunkelblau gefärbt, das extraordinäre fast farblos. Die Strichrichtung entspricht also der Turmalinaxe, d. h. sie ist die relative Schwingungsebene. Dem entsprechend sind auch die Haidinger'schen Büschel in der Ebene senkrecht zum Strich sichtbar. Zwischen zwei solchen Indigoplatten sieht man die Polarisationsbilder beliebiger Krystallplatten fast so gut wie in der Turmalinaxe. Die Doppelbrechung, welche der Farbstoff durch das Aufstreichen in der bestimmten Richtung erlangt hat, ist sehr bedeutend, denn nach den Newton'schen Farben zu schliessen, die beim Aufstreichen zwischen den Glasplatten sich zeigen, kann man die Dicke der Farbschicht auf einer der dünnen Platten auf zwei bis drei Zehntausendstel eines Millimeters schätzen. Da nun eine solche Platte einen Gangunterschied der beiden doppelt gebrochenen Strahlen von etwa $\frac{1}{10}$ Wellenlänge zeigt, so würde für die Dicke eines Millimeters der Farbschicht der Gangunterschied mehr als 300 λ betragen, was der Doppelbrechung des Kalkspaths ungefähr gleich kommen würde. Die Schwingungsebene grösster Elasticität der Platten liegt in der Strichrichtung.

Die Polarisationsfarbe, welche diese Indigoplatten, wenn die Farbschicht möglichst dünn aufgetragen wird, zwischen gekreuzten Polarisatoren im parallelen Lichte geben, ist sehr merkwürdig. Die Aufhellung des Gesichtsfeldes ist eine ganz gleichmässige, wenn die Strichrichtung

im Azimuth $\pm 45^\circ$ liegt, aber es tritt nicht das dem geringen Gangunterschiede von $0,1\lambda$ entsprechende Blaugrau erster Ordnung auf, sondern ein sehr intensives Kupferroth, welches an die Oberflächenfarbe des Indigo erinnert. Man würde hieraus wohl mit Recht auf einen hohen Brechungsexponenten des Indigo schliessen können, während Hr. van der Willigen denselben für die Linie *E* nur zu 1,555 angibt. Bei parallelen Polarisatoren erscheinen die Platten im Azimuth $\pm 45^\circ$ liegend, fast wie im gewöhnlichen Licht. Werden die Platten zwischen gekreuzten Polarisatoren um die Strichrichtung als Umdrehungsaxe geneigt, so nimmt ihr Gangunterschied zu, ist dagegen die Schwingungsebene kleinster Elasticität Umdrehungsaxe, so nimmt ihr Gangunterschied ab, und sie erweisen sich somit als negativ.

Diese Indigoplatten haben eine sehr deutlich hervortretende, und, wie Haidinger sie genannt hat, „fest polarisirte Oberflächenfarbe“ (orientirter Flächenschiller). Sie ist die längst bekannte, von Haidinger und andern beschriebene, kupferrothe Farbe, nur mit dem Unterschiede, dass sie sich bei obigen Platten, die sich infolge ihrer eigenthümlichen Herstellung ganz wie ein doppelbrechender Krystall verhalten, nur zeigt, wenn die Schwingungsebene der Platte eine bestimmte Lage gegen die Einfallsebene des Lichts hat. Schon für unpolarisirt einfallendes (d. h. erst an der Platte selbst polarisirtes) Licht ist bei den Indigoplatten ein sehr auffallender Unterschied bemerkbar, je nachdem die Strichrichtung, also die Schwingungsebene derselben, in der Einfallsebene oder rechtwinklig zu ihr liegt. Nur im ersteren Falle tritt die kupferrothe Oberflächenfarbe lebhaft hervor, während im zweiten Falle die Platten ganz ohne metallischen Glanz, fast schwarz erscheinen. Lässt man polarisirtes Licht einfallen, so tritt die Oberflächenfarbe nur hervor, wenn die Schwingungsebene des einfallenden Lichts und die Schwingungsebene der Platte rechtwinklig zueinander stehen, tritt aber gänzlich zurück, wenn beide in eine Ebene fallen. Die Platten

folgen somit dem auch für alle andern anisotropen Medien mit Oberflächenfarbe geltenden Gesetz von Haidinger¹⁾, wonach die Richtung der festen Oberflächenfarbenpolarisation genau mit der Polarisationsrichtung der am stärksten absorbirten Körperfarbe übereinstimmt.

Dass es nicht auf die Lage der Strichrichtung gegen die Einfallsebene ankommt, ersieht man recht deutlich daraus, dass bei den Indigoplatten die Strichrichtung in der Einfallsebene, bei den Chrysaminplatten dagegen dieselbe rechtwinklig zur Einfallsebene liegt, wenn der metallische Glanz der Oberflächenfarbe am lebhaftesten hervortritt. Dieselbe wechselt auch bei den Indigoplatten mit dem Einfallswinkel, aber nicht in so auffälliger Weise wie bei den Chrysaminplatten, und sie steht in engstem Zusammenhang mit der elliptischen Polarisation des von der Platte reflectirten Lichts, worauf weiter einzugehen, uns von unserm eigentlichen Thema zu weit abführen würde.

Mischt man dem Indigocarmin einen andern Farbstoff bei, etwa eine Auflösung von Curcuma oder Fuchsin, so erhält man grüne oder violette Platten, und im ersten Falle, bei dicken Schichten, ein blaues und ein grünes, bei dünneren, ein blaues und ein gelbes Bild, im zweiten Falle ein blaues und ein violettes, oder bei dünnen Schichten ein blaues und ein rothes Bild in der dichroskopischen Lupe. Indess hat der zugesetzte gelbe oder rothe Farbstoff an der dichroitischen Erscheinung selbst gar keinen Antheil. Von dem der Indigomasse zugesetzten Farbstoff ist in beiden Bildern des Dichroskops gleich viel enthalten, er tritt nur in dem Bilde, welches ohne ihn fast farblos erscheinen würde, deutlicher hervor, während er in dem an sich schon dunkel gefärbten Bilde der Wahrnehmung mehr oder weniger entgeht. Der Effect ist also nur derselbe, wie wenn vor die Indigoplatte noch ein gelbes oder rothes Glas gehalten würde. Dieser Fall ist darum er-

1) Wien. Ber. 1852. Bd. VIII.

wähnenswerth, weil möglicherweise bei natürlichen Krystallen ähnliche Verhältnisse vorkommen können.

In neuester Zeit habe ich in dem Alizarinbrei, wie er im Handel vorkommt, einen dritten Farbstoff kennen gelernt, der auf gleiche Weise behandelt auch dichroitische Platten gibt, welche aber den Chrysamin- und Indigoplatten nicht entfernt gleichkommen. Ihr optischer Charakter ist negativ. Die Schwingungsebene grösster Elasticität liegt auch bei ihnen in der Richtung des Strichs, und in dieser liegt auch die Schwingungsebene eines durch die Platte polarisirten Lichtstrahls. Daher erscheint im Dichroskop das ordinäre Bild dunkler, als das extraordinäre, wenn die Strichrichtung im Hauptschnitte des Kalkspaths liegt. Der Gangunterschied der beiden Strahlen ist noch etwas bedeutender, als bei den Indigoplatten, etwa gleich $\frac{1}{2}$ λ. Die Büschel liegen senkrecht zum Striche. Oberflächenfarben zeigen diese Platten nicht.

Alle andern mir bekannten und zugänglichen Farbstoffe, die ich in gleicher Weise untersuchte, wurden durch Aufstreichen nicht doppelbrechend und zeigten daher auch keinen Dichroismus.

Unter den Stoffen, die nicht eigentliche Farbstoffe sind, gibt es einige, die mehr oder weniger gefärbt erscheinen, an sich isotrop sind, jedoch durch Druck oder Zug leicht Doppelbrechung erlangen und alsdann die Eigenschaft haben, einen unpolarisirt eintretenden Strahl beim Durchgange in einen polarisirten zu verwandeln. Kautschuk und Guttapercha besitzen in besonders hohem Grade diese Eigenschaft, welche Hr. Kundt¹⁾ als temporären Dichroismus bezeichnet hat. Es ist nicht ganz zweifellos, ob man die polarisirende Wirkung von Kautschuk und Guttapercha wirklich als Dichroismus bezeichnen darf. Die Beobachtung der durch Zug aus diesen Stoffen hergestellten polarisirenden Platten ergibt nämlich, dass bei ihnen Beugung sehr stark im Spiele ist, und dass also

1) Pogg. Ann. CLI. p. 125. 1874.

wohl durch diese Beugung zum grössten Theile, wenn nicht ausschliesslich, das durch die Platten gehende Licht polarisirt wird. Es handelt sich hier nicht um gewöhnliche Beugung, die, wie von Hrn. Fizeau¹⁾ und namentlich von Hrn. Quincke²⁾ gezeigt worden ist, auch einen unpolarisirten Lichtstrahl in einen polarisirten verwandeln kann, sondern um eine ganz besondere Art der Beugung innerhalb eines doppelbrechenden Körpers, durch welche der eine von zwei doppelt gebrochenen Strahlen an Intensität geschwächt wird, und somit die Schwingungen des zweiten Strahls, die rechtwinkelig zu denen des ersten erfolgen, vorzugsweise zur Geltung kommen. Diese Art von Polarisation eines Lichtstrahls war schon früher bekannt, als die durch farbige, doppelbrechende Krystalle bewirkte, und wurde zuerst am Achat beobachtet, später insbesondere von Hrn. Reusch³⁾ auch als am Adular und andern Krystallen vorkommend, beschrieben. Indess können wir den eigentlichen Dichroismus infolge der sehr charakteristischen Unterschiede zwischen beiden Erscheinungen nicht als identisch mit diesen Phänomenen ansehen. Der erstere ist eine nothwendige Eigenschaft einzelner, in bestimmter Form krystallisirender Verbindungen, während Beugungspolarisation bei jedem doppelbrechenden Krystall sich zeigen kann, aber bei völlig homogener Ausbildung desselben niemals zeigt. Diese polarisirende Wirkung, selbst farbloser Krystalle bei gestörter Ausbildung ist für doppelbrechende Krystalle gewissermassen dasselbe, was die Lamellarpolarisation für die einfachbrechenden ist, welche letztere ebenso wenig eine nothwendige Eigenschaft irgend eines Krystalls ist. Diese Polarisation durch Beugung kommt bei dichroitischen Krystallen auch sehr häufig vor, und unterstützt den Dichroismus derselben, wenn sie in derselben Ebene polarisirend wirkt, oder hebt ihn ganz

1) *Compt. rend.* 267 — 278, 1221 — 1232; *Pogg. Ann.* CXVI. p. 478—492, 562—576. 1872.

2) Ueber die Beugung des Lichts, Würzburg 1873, Separatabdruck.

3) *Pogg. Ann.* CXVIII. p. 256. 1863.

oder theilweise auf, wenn die Schwingungsebenen der durch Dichroismus einerseits und durch Beugung andererseits polarisirten Strahlen rechtwinkelig zueinander stehen. So zeigt eine in meinem Besitze befindliche, 1 mm dicke dichroitische Platte von einem zur Serpentinegruppe gehörigen Mineral mit einem aus senkrechter Kalkspathplatte und einem Turmalin bestehenden Polariskop combinirt, in derselben Lage und bei genau senkrechtem Einfall des Lichts bald das helle, bald das dunkle Kreuz des Kalkspaths, je nachdem man das Licht zuerst durch den Turmalin oder zuerst durch die Serpentinplatte gehen lässt. Diese sonderbare Erscheinung erklärt sich einfach dadurch, dass die Platte sowohl durch Dichroismus¹⁾ wie durch Beugung polarisirend wirkt, und zwar in entgegengesetzten Ebenen, und dass alle durch solche Beugung polarisirende Platten die Eigenthümlichkeit haben, in weit höherem Grade befähigt zu sein, schon polarisirtem Lichte in einer gewissen Ebene den Durchgang zu wehren, als unpolarisirtes Licht zu polarisiren, d. h. besser analysirend als polarisirend zu wirken. Da bei den an Kautschuk und Guttapercha beobachteten Erscheinungen vielleicht wirklich Dichroismus neben der Beugung mitwirkt, will ich den von Hrn. Kundt mitgetheilten Beobachtungen Folgendes hinzufügen.

Nach älteren Angaben²⁾ soll Kautschuk das Licht depolarisiren und nur sehr dünne Häutchen sollen dies in gewissen Lagen nicht thun. Ich habe das nicht bestätigt gefunden. Eine etwa 1 mm dicke Platte von Kautschuk wirkt, wenn sie durch Einkitten mittelst Canada-balsam zwischen zwei Glasplatten durchsichtig gemacht, und jede Spannung vermieden worden ist, gar nicht auf das polarisirte Licht, d. h. das Gesichtsfeld bleibt dunkel bei jeder Lage der Platte, vorausgesetzt, dass das Licht

1) Wenn ich hier und an anderen Stellen nicht den Ausdruck Absorption gebrauche, so geschieht es deshalb, weil ich den Dichroismus nicht als Absorptionserscheinung auffasse.

2) Biot, Experimentalphysik, übersetzt von Fechner V. p. 216.

senkrecht durch sie hindurchgeht. Ist sie aber in einer Richtung gespannt worden, so zeigt sie sehr starke Aufhellung des Gesichtsfeldes, wenn die Zugrichtung in den Azimuthen $\pm 45^\circ$ liegt, erscheint aber ganz dunkel, wenn diese Richtung mit der Schwingungsebene eines Polarisators zusammenfällt. Eine Platte, die vor dem Ausziehen etwa 1 mm dick war, zeigte nach demselben einen Gangunterschied von 10 — 15 Wellenlängen. Die Schwingungsebene kleinster Elasticität fällt mit der Zugrichtung zusammen. Der Gangunterschied nimmt in der Schwingungsebene kleinster Elasticität, also der Zugrichtung, von der Mitte des Gesichtsfeldes nach dem Rande der Platte zu ab, folglich sind die Platten positiv. Dieselben zeigen im Natriumlichte, oder durch eine Platte von gleichem Gangunterschiede compensirt, im convergenten Lichte die Hyperbeln fast ebenso schön wie eine Bergkrystallplatte parallel zur Axe.

Die Polarisationsbüschel nimmt man sehr deutlich in der Zugrichtung wahr in Uebereinstimmung damit, dass die Richtung senkrecht zum Zuge die der Turmalinaxe entsprechende Schwingungsebene der Platte ist.

Guttapercha verhielt sich ganz so wie Kautschuk, die Schwingungsebene kleinster Elasticität liegt auch bei ihr in der Zugrichtung. Die Platten sind positiv, zeigen die Büschel in der Richtung des Zuges und wirken so vortrefflich polarisirend, dass sie, wenigstens als Analysatoren angewendet, Turmalinplatten vollständig ersetzen können. Schon der käufliche, dünne Guttaperchastoff eignet sich vortrefflich zu diesen Beobachtungen, da er durch Auswalzen in einer Richtung höchst gleichmässig gestreckt ist. Die dünnsten Fabrikate erscheinen zwischen gekreuzten Nicols im parallelen Lichte bei einem Gangunterschiede von 4λ ganz gleichmässig gefärbt wie ein farbiges Gypsblättchen, die dickeren zeigen im convergenten Lichte die Hyperbeln bei Compensirung mit einer Gypsplatte von gleichem Gangunterschiede in grösster Regelmässigkeit. Eine Platte von 0,2 mm Dicke gab einen

Gangunterschied von 15 — 17 λ . Bei einer Bergkrystallplatte parallel der Axe beträgt der Gangunterschied auf den Millimeter etwa 17 λ , sodass also die Doppelbrechung der Guttapercha ungefähr fünfmal so stark ist, als die des Bergkrystalls.

Man hat behauptet, dass die durch Druck oder Zug in isotropen Körpern erzeugte Doppelbrechung sich von der den anisotropen Krystallen eigenthümlichen dadurch wesentlich unterscheide, dass erstere an bestimmte Stellen, letztere an bestimmte Richtungen gebunden sei. Die Beobachtungen der im Glase erzeugten Doppelbrechung können allerdings zu dieser Anschauung führen, während die hier besprochenen Platten von Guttapercha, Indigo und chrysamminsaurem Kali den überzeugendsten Beweis liefern, dass ein Unterschied zwischen der auf mechanischem Wege erzeugten Doppelbrechung und der Doppelbrechung in Krystallen nicht existirt. Jede einzelne Stelle dieser Platten verhält sich genau gleich der andern, und jeder Theil derselben verhält sich genau so wie die ganze Platte.

Die Versuche, in farbigem Glase durch Druck Dichroismus zu erzeugen, haben nur negative Resultate ergeben. Der Grund hiervon kann entweder der sein, dass die im Glase durch Druck hervorgerufene Doppelbrechung zu schwach ist, um die Erscheinung des Dichroismus deutlich hervortreten zu lassen, oder er liegt in der Färbung desselben. Wenn die Farbe des Glases bei dem zu erzeugenden Dichroismus eine Rolle spielen soll, so wird es sicherlich darauf ankommen, die in dem Glase vertheilten Farbenpartikeln durch den Druck gleichzeitig mit denen des Glases aus dem isotropen Zustande in den anisotropen überzuführen. Das würde aber wohl nur dann möglich sein, wenn der Widerstand, welchen diese Farbentheilchen dem Drucke entgegensetzen, geringer oder höchstens gleich dem Widerstande der Glastheilchen gegen Druck wäre. Ist das färbende Metall nicht in einer Silicatverbindung, sondern als Oxydul oder gar in metallischem Zustande,

wie auch angenommen worden ist, in der Glasmasse enthalten, so ist nicht anzunehmen, dass die Farbentheilchen durch einen verhältnissmässig geringen Druck gleichzeitig mit der Hauptmasse des Glases deformirt oder anders gruppirt werden können, und es erklärt sich somit leicht, dass auf diese Weise Dichroismus nicht entsteht.

Hr. Pettenkofer¹⁾ soll sogenanntes Astralithglas hergestellt haben, welches Dichroismus zeigte. Derselbe rührte wohl von Krystallen innerhalb der Glasmasse her.

Zur Beobachtung der zweiten Art der künstlichen Erzeugung des Dichroismus, durch Färbung eines doppelbrechenden Körpers, stehen uns, abgesehen von den pflanzlichen und thierischen Geweben, nur Krystalle zur Verfügung. Hierbei stellt sich die Schwierigkeit entgegen, dass bei der Krystallisation alles Fremdartige ausgeschlossen wird. Unter keinen Umständen darf man hierbei etwa nach einem Farbstoffe suchen, der eine chemische Verbindung mit dem zu färbenden Krystalle eingeht oder nach den Gesetzen der Isomorphie in ihn eintreten könnte. Es würde vielmehr gerade von höchstem Interesse sein festzustellen, ob ein Krystall fähig ist, bei seiner Bildung einen Farbstoff in sich aufzunehmen, der an dem Acte, der Krystallisation keinen Antheil nimmt, also regellos vertheilt ist, und ob dieser Farbstoff alsdann den Krystall zu einem dichroitischen macht oder nicht. Der letzte Theil dieser Frage ist mit Berücksichtigung der früher ange deuteten Fehlerquellen ziemlich leicht zu beantworten, während die Beantwortung des ersten Theils insofern kaum möglich ist, als es immer unentschieden bleibt, ob bei gleichmässiger Vertheilung des Farbstoffes innerhalb eines Krystalles nicht doch eine chemische Verbindung oder isomorphe Mischung desselben mit der Hauptsubstanz vorliegt.

Die ersten Versuche, Dichroismus durch Färbung von Krystallen künstlich herzustellen, wurden von Senar-

1) Graham-Otto's Chemie, 4te Auflage. II. Abth. II. p. 809.

mont¹⁾ gemacht. Durch Zusatz eines Aufgusses von Campecheholz zu einer Lösung von salpetersaurem Strontian erhielt er gefärbte Krystalle, die Dichroismus und auch die Büschel zeigten. In letzterer Beziehung wechselt Senarmont offenbar die Haidinger'schen Büschel (houppes) mit der sogenannten idiocyclophanen Erscheinung. Die von ihm beobachteten Büschel waren die Hyperbeläste, welche die Pole optisch zweiaxiger Krystalle durchschneiden. Die Frage nach dem Einflusse des Farbstoffes auf die Erscheinung des Dichroismus, die Senarmont am Anfange seiner Abhandlung aufwirft, beantwortet er selbst nicht. Wir können aus diesem Versuche nur entnehmen, dass ein an sich ungefärbter und daher undichroitischer Krystall durch einen Farbstoff zu einem dichroitischen werden kann, und dass eine regellose Vertheilung des letzteren nicht wohl angenommen werden kann, da seine Krystallisationsfähigkeit hinlänglich bekannt ist.

Hr. Rosenbusch²⁾ hat den Senarmont'schen Versuch wiederholt, indem er Fuchsin als Farbmittel verwendete, gibt aber leider keine nähere Beschreibung der Resultate, sodass sich dieser Fall der Beurtheilung entzieht.

Ich selbst habe vielfache Versuche in dieser Beziehung angestellt, freilich mit wenig befriedigendem Erfolge. Als Farbstoffe verwendete ich Indigo, Alizarin, Purpurin, Haematoxylin und verschiedene Anilinfarben und wählte unter den chemischen Verbindungen solche aus, die nach meinen Erfahrungen bei starker Doppelbrechung verhältnissmässig leicht in grossen und homogenen Krystallen erhalten werden können. Aus heissen Lösungen erhielt ich mitunter sehr intensiv gefärbte Krystalle, bei denen es jedoch unentschieden blieb, ob die Spuren von Polarisation, welche die durchgegangenen Strahlen zeigten, nicht der früher besprochenen Beugung ihren Ursprung ver-

1) Pogg. Ann. XCI. p. 491, 1854; Compt. rend. XXXVIII. p. 101.

2) Mikroskopische Physiographie der petrographisch wichtigen Mineralien, Stuttgart 1873.

dankten; denn der Farbstoff war in der Regel nicht gleichmässig vertheilt sondern, besonders bei Anwendung von Vergrösserungen, immer substantiell erkennbar. Aus kalten Lösungen erhielt ich durch freiwillige Verdunstung anfänglich nur ganz farblose Krystalle; erst als ich krystallisirtes Hämatoxylin mit phosphorsaurem Ammoniak zusammen krystallisiren liess, erhielt ich sowohl aus warmen wie aus kalten Lösungen Krystalle, die sehr schönen Dichroismus zeigten, aber auch jetzt war der Farbstoff nicht gleichmässig, sondern nur zonenweise, namentlich parallel den Säulenflächen und nur in den äusseren Schichten des Krystalls vertheilt. Lag die Axe des bekanntlich quadratisch krystallisirenden Salzes im Hauptschnitte des Dichroskops, so war bei den dünneren Krystallen das ordinäre Bild lebhaft orangegelb, das extraordinäre, hellere schwach rosa gefärbt. Die Büschel (*houppes*) waren leicht erkennbar in der Ebene senkrecht zur Hauptaxe des Krystalls. Platten, welche von höchst intensiv gefärbten, aber sehr inhomogenen Krystallen losgeschnitten waren, gaben einen sehr starken Farbencontrast im Dichroskop, nämlich ein tief orangefarbenes und purpurrothes Bild.

Aus der zonenweisen Vertheilung des Farbstoffs, und zwar nur in den äusseren Schichten des Krystalls, glaube ich schliessen zu können, dass das angewendete phosphorsaure Ammoniak nicht ganz rein war, und dass das Hämatoxylin vorzugsweise mit dieser fremden Substanz zusammen krystallisirt, welche, weil leichter löslich als die Hauptsubstanz, erst in einem späteren Stadium der Krystallisation sich dem Krystallisationsprocesse angeschlossen hatte. Man würde wahrscheinlich durchweg gefärbte dichroitische Krystalle erhalten haben, wenn man diese Nebensubstanz allein mit dem Farbstoffe hätte zusammen krystallisiren lassen. Dieser Fall ist insofern von einigem Interesse, als er überaus häufig bei natürlich gefärbten Krystallen vorkommt. Turmaline, Apatite, Vesuviane, Topase, Sphene etc. verdanken ihre partiell verschiedene Färbung wohl meistens einer partiell verschiedenen Zu-

sammensetzung. Es lässt sich das in sehr vielen Fällen rein physikalisch nachweisen. Brechungsexponent, Axenwinkel, ja selbst der optische Charakter variirt an diesen verschieden gefärbten Stellen, und es ist sehr wohl denkbar, dass sogar ein und derselbe farbengebende Stoff mitunter zwei Stellen von verschiedener Zusammensetzung auch verschieden färbt.

Endlich hat man versucht, Dichroismus künstlich zu erzeugen, indem man ein farbloses isotropes Mittel färbte und dann in den anisotropen Zustand versetzte. Diese Versuche haben mir und, wie es scheint, auch Anderen nur negative Resultate ergeben. Es dürfte hier wohl dasselbe gelten, was oben bezüglich der Compression des gefärbten Glases gesagt wurde. Scheidet sich innerhalb einer gefärbten Gallert, die sich zu solchen Versuchen vorzugsweise eignet, der Farbstoff stellenweise krystallisirt aus, so kann sich dort eine polarisirende Wirkung zeigen, die entweder durch Reflexionen an den Krystallflächen oder beim Durchgang durch die Krystalle von deren Dichroismus bewirkt wird. Im ersten Fall ist die Erscheinung nicht durch Dichroismus bedingt, im zweiten Fall ist die künstlich erzeugte Doppelbrechung der Gallert ohne Einfluss auf dieselbe, und es liegt deshalb kein künstlicher Dichroismus vor.

Die oben besprochenen Versuche genügen vielleicht noch nicht, um mit Sicherheit die Rolle, welche der Farbstoff bei den dichroitischen Erscheinungen spielt, beurtheilen zu können, aber mit grosser Wahrscheinlichkeit kann man wohl aus ihnen entnehmen, dass in jedem Krystall, welcher Dichroismus zeigt und einen besonderen farbengebenden nund in verhältnissmässig kleiner Menge vertretenen Stoff enthält, dieser Stoff entweder für sich oder in Verbindung mit der Hauptsubstanz der eigentliche Träger des Dichroismus ist, dass er in beiden Fällen nicht regellos, indiscriminately, wie Brewster¹⁾ sagt, ver-

1) Phil. Trans. 1819.

theilt, sondern in krystallisirtem Zustande im Krystall enthalten ist, und zwar in isomorpher Mischung oder chemischer Verbindung, und dass also die Hauptsubstanz für sich entweder gar nicht oder nur neben dem Farbstoff zur Erscheinung beiträgt. Will man daher den Einfluss des zweiten Factors, nämlich der Doppelbrechung, und den der aus ihr entspringenden, ungleichen Dispersion der beiden doppelt gebrochenen Strahlen kennen lernen, so hat man immer ganz besonders auch die ungleiche Dispersion der beiden doppelt gebrochenen Strahlen des Farbstoffs zu berücksichtigen, falls keine chemische Verbindung, sondern eine isomorphe Mischung desselben mit der Hauptsubstanz vorliegt. Bei den allochromatisch gefärbten, natürlich vorkommenden Krystallen, in welchen wohl meistens der Farbstoff nur als isomorphe Mischung enthalten ist, wissen wir von den beiden Brechungsexponenten des Farbstoffs, namentlich für die verschiedenen Farben des Spectrums, so gut wie nichts, und es ist daher sehr erklärlich, dass es bisher nicht gelungen ist, quantitative Beziehungen zwischen der Doppelbrechung und dem Dichroismus aufzufinden. Unzweifelhaft ist, dass ein sehr grosser Unterschied der beiden Brechungsexponenten im Allgemeinen noch nicht genügt, um einen Krystall zu einem dichroitischen zu machen. Es gibt dagegen gewisse, unter den natürlich vorkommenden Krystallen, wie es scheint, nicht vertretene Fälle, wo ein Farbstoff gar nicht vorhanden ist und sich doch sehr entschiedener Dichroismus, verbunden mit lebhaften Farbenerscheinungen, zeigt. Die Färbung resultirt bei solchen Krystallen lediglich aus dem krystallonomischen Aufbau derselben, wir werden aber die sehr sonderbaren Verhältnisse, die bei ihnen obwalten, wohl erst dann richtig erkennen, wenn wir in der Lage sein werden, die Entstehung einer Farbe überhaupt zu erklären.

Olbersdorf, November 1878.