I. *Beobachtung der Licht-Polarisations-Büschel
auf Flächen, welche das Licht in zwei senkrecht
auf einander stehenden Richtungen polarisiren;
von W. Haidinger.*

Die Beobachtung von Platten, welche Licht in zwei senkrecht auf einander stehenden Richtungen polarisiren, wenn man sie gegen gewöhnliches Licht hält, giebt nur dann einen Büschel, wenn die eine Richtung kräftiger als die andere wirkt, wenn der eine Strahl weniger absorbirt ist, als der andere, und die ganze Wirkung ist dann übereinstimmend mit der der geradlinigen Polarisation.

Man kann zur Uebersicht die Richtung der Schwingungen des Lichtes in den verschiedenen Arten desselben, so wie man sie allgemein annimmt, in wenigen Zügen graphisch darstellen. Man wähle dazu fünf Strahlencylinder, einen centralen, und vier um diesen regelmässig herumgestellte.

Fig. 12, Taf. I, zeigt die Schwingungen des gewöhnlichen Lichtes. Jeder Cylinder ist gleich dem anderen, wenn sie auch als Summe einen Strahlenkegel bilden und zusammen das Auge treffen. Die einen jeden Cylinder zusammensetzenden Schwingungen geben ein nach allen Seiten zugleich polarisirtes, d. h. das gewöhnliche Licht. Gewöhnliches Licht kommt nicht nur allein, sondern in allen Verhältnissen mit andern Lichtsorten gemischt vor. Nur die Richtung von vier Polarisationsebenen ist gezeichnet. Die Fig. 13 zeigt fünf Cylinder geradlinig und zwar vertical polarisirten Lichts. Die Richtung der Linie ist die der Polarisationsebene. Das horizontal polarisirte Licht ist in Fig. 14 dargestellt. In jedem Punkte ist die Polarisationsebene horizontal. Die Summe von 13 und 14 oder gleichzeitig nach zwei senkrecht auf einanderstehenden Richtungen polarisirtes

Licht ist in Fig. 15 dargestellt. Krystallplatten parallel den Axen, oder wenigstens nicht senkrecht auf dieselben, durch die Natur gegeben, wie die Glimmerblättchen, oder geschliffen, zeigen diese Mischung aus zwei senkrecht gegen einander polarisirten Strahlenbündeln. Die Zurückstrahlung auf inneren Glasflächen über dem Gränzwinkel giebt es ebenfalls wie in Fresnel's Parallelepiped, so wie die Zurückstrahlung von metallischen Oberflächen.

Nach der Vibrationstheorie ist bekanntlich der eine Strahl gegen den andern um ein Viertel einer Wellenlänge verzögert. Bei dem Fresnel'schen Parallelepiped kommt die Hälfte der Verzögerung auf eine jede der beiden inneren Flächen der totalen Reflexion, bei dem Glimmer die Hälfte auf jede der beiden Gränzflächen zwischen den ungleichartigen Mitteln Luft und Glimmer.

Längs einer einzigen rhomboëdrischen oder pyramidalen Axe ist der Centralcylinder verschieden von den ihn symmetrisch umgebenden, wie in Fig. 16, von denen hier übrigens nur acht gezeichnet sind, anstatt der unendlichen Anzahl, welche aus dem Mittelpunkt radial nach allen Richtungen ausgehen, und die tangentialen Ebenendurchschnitte in Kreise vereinigen.

Aber der Glimmer kann die möglichst genaue Gleichheit der beiden Strahlen in Fig. 15 nur bei einer gewissen Dicke zeigen; dicke Blättchen desselben geben die dem geradlinig polarisirten Licht analogen Erscheinungen des Dichroismus, wenn man sie nämlich durch Doppelspath, am besten durch die dichroskopische Lupe untersucht, und die gelben Büschel, welche gegen helles nicht polarisirtes Licht hingesehen, deutlich die Lage senkrecht auf die Ebene der optischen Axen zeigen. Es ist hier immer der zwei-axige, der Fluorkali-Glimmer, zum Beispiel aus Brasilien oder aus Sibirien, gemeint, den man so leicht in der erforderlichen Vollkommenheit haben kann, und dem man auch in der specifischen Nomenclatur der Mineralogie den Namen Glimmer für immer bewahren sollte, den charakteristischen Glimmer des eigentlichen ältesten Granits. Die

Stücke, deren ich mich bediente, waren brasilianische aus dem k. k. Hofmineralien-Kabinet, dem k. k. Montanistischen Museo mitgetheilt.

Man sieht die Büschel leicht auch an anderen Krystallen, vorzüglich an denjenigen, welche einen entschiedenen Flächendichroismus besitzen. Hier reihen sich nämlich die Andalusite, die Turmaline an, auch wenn der eine Strahl noch nicht vollständig absorbiert ist. Sehr oft giebt der Büschel ein Mittel an die Hand, positive Krystalle von negativen zu unterscheiden, wenn nämlich in der That der ordinäre Strahl bei den ersteren, der extraordinäre bei den letzteren der vorwaltende, der weniger absorbierte ist, wie dieß Babinet bei der Mehrzahl der Beobachtungen fand. Allgemein ist das Gesetz jedoch nicht, und es bleibt daher auch durch den Büschel nur die Lage des vorwaltenden und des absorbierten Strahles zu bestimmen übrig.

Es ist mir nie gelungen, durch wasserklaren geschliffenen Bergkrystall je etwas einem Büschel ähnliches bei der Betrachtung des am vollkommensten neutralen grauen Wolkenhimmels oder senkrecht besehenen weißen Papiere zu bemerken. Auch der Amethyst ist der Beobachtung nicht günstig, weil die zwei Strahlen durch die parallelen Flächen des Prismas $\propto Q$ von 120° untersucht, sehr nahe dieselbe Farbe besitzen; der gewöhnliche ist nur etwas mehr röthlich violett, der ungewöhnliche bläulich violett, selbst in den Stücken, wo die Farbenverschiedenheit so stark ist, daß im gewöhnlichen Licht der Krystall in der Richtung der Axe röthlich, senkrecht auf dieselbe bläulich violett erscheint. Dagegen erscheinen die Büschel mit großer Deutlichkeit in der Richtung der Axe, wenn man durch zwei parallele Prismenflächen eines Krystalles von nelkenbraunem Bergkrystall oder Rauchtopas hindurchsieht. Der ordinäre Strahl des nelkenbraunen Rauchtopases ist nämlich der vorwaltende, der kräftigere, und besitzt selbst die schöne nelkenbraune Färbung des Ganzen; der extraordinäre Strahl ist mehr absorbiert, er erscheint in der dichroskopischen Lupe gegen den vorhergehenden contrastirt, von einem

schönen Citronengelb, bedeutend dunkler als der vorige. Dieser Intensitäts-Unterschied wird durch den Büschel angedeutet. Bekanntlich gehört der Quarz zu den positiven Krystallen, oder denen mit attractiver Axe, in welchen der extraordinäre Strahl mehr gegen die Axe zu gebrochen wird, als der ordinäre, wo also der Brechungsexponent für O (1,5484) kleiner ist als der für E (1,5582, Malus).

In den berggrünen Beryllkrystallen hat der übrigbleibende Büschel die Lage der Krystallaxe wie beim Quarz, es ist aber auch O übrig geblieben, oft ganz farblos, E ist mehr absorbirt, dunkel himmelblau; der gemeinschaftliche Eindruck beider bringt die im Ganzen erscheinende blasse bläuliche Farbe hervor. Diefes würde in Bezug auf die Absorption dem Babinet'schen Gesetz widersprechen, da der Beryll in die negative Klasse gehört. Die gelben oder ölgrünen Berylle haben dagegen wieder ein etwas dunkleres O als das übrigens gleichgefärbte E .

Bei dem Schwerspathe finden sich gleichfalls beide Modificationen, wenn man bei verschiedenen Varietäten die Farbe der Fläche der vollkommensten Theilbarkeit untersucht. Man stelle sie vertical, den scharfen Winkel des Prismas der Theilbarkeit zu oberst, so findet man ¹⁾ durch die dichroskopische Lupe

in dem Baryt	das obere Bild O	das untere Bild E
von Belra	dunkelviolblau	lichtstrohgelb
von Felsobánya	weingelb	citronengelb

In den ersteren waltet E vor, der Büschel ist auch horizontal, in den zweiten waltet O vor, der Büschel ist vertical.

Noch viele Beispiele könnten angeführt werden; für die Ausföhrung der Theorie sind sie aber überflüssig. Zur Beobachtung der Büschel sind übrigens glatte, oder geschliffene Flächen, oder auch selbst Krystallflächen nicht nothwendig. Selbst Geschiebe von Turmalin oder Andalusit zeigen sie so gut wie mattgeschliffene Flächen.

1) Vergleiche auch Pogg. Ann. 1844, St. 9, und 1845, St. 1: Ueber den Pleochroismus der Krystalle.

Auch durch geneigte Flächen, oder durch Prismen aus Krystallen dieser Art geschnitten, sieht man die Büschel, und zwar, wie dieß in der Natur der Sache gegründet ist, ohne von prismatischen Rändern eingefasst zu seyn, wenn man auch rechts und links davon die farbigen Säume z. B. der Fensterstäbe sieht. Sie erscheinen zwischen dem Materiellen wie etwas gänzlich Körperloses, dem sich die irdische Farbe nicht anzuhängen vermag. Eine ätherische Erscheinung würde hier kaum mehr als ein poetischer Ausdruck bezeichnet werden können, da sie an die Schwingungen des Licht-Aethers erinnert.

Das durchgehende Licht der hier untersuchten Krystallplatten kann man annehmen als aus einem Antheil Licht wie Fig. 15, gemengt mit einem anderen Antheil wie Fig. 13 oder 14, das heißt aus dipolarisirtem, oder kreuzweise polarisirtem, und aus linear polarisirtem bestehend, durch welche hindurch man gewöhnliches Licht wie Fig. 12 betrachtet.

Man betrachte aber nun geradlinig, und zwar etwa vertical linear polarisirtes Licht, so wie es ein horizontal liegender Spiegel zurück wirft, den man unter dem Polarisationswinkel ansieht. Zur leichteren Uebersicht wird jede der beiden Lichtarten einzeln vorgenommen. Es sei die erste Fläche nach AB , Fig. 17, polarisirt, die zweite nach CD . Bekanntlich wird als Grundgesetz die Lichtintensität des nach CD polarisirt erscheinenden ordinären Strahles durch die Malus'sche Formel $Fe^2 \cos^2 i$, die des nach GH polarisirten extraordinären Strahles durch $Fe^2 \sin^2 i$ ausgedrückt. Bei geradlinig polarisirtem Lichte ist die Portion $GH=0$, daher die Lichtintensität von der parallelen Stellung der zweiten Platte nach AB abnehmend ein Minimum oder $=0$ wird, wenn sie nach EF gelangt oder senkrecht auf der vorigen steht. Während dieses Ueberganges beobachtet man immerwährend den Büschel in der Richtung CD , fest mit der analysirenden Platte sich drehend.

Kreuzweise polarisirtes Licht giebt ein abweichendes Resultat. AB , Fig. 18, sei wieder die Richtung der ursprünglichen Polarisationsebene; CD aber die Richtung des Haupt-

schnittes im Krystallblättchen z. B. von Glimmer, nach dem die ordinäre Brechung geschieht. Der in der Figur an dem Ende *A* angebrachte kleine Büschel zeigt die Richtung der Büschel in der ursprünglich polarisirten Ebene, die gekreuzten Büschel bei *B* und *D* deuten die Lage der optischen Hauptschnitte in den Krystallblättchen an. In der Mitte der Figur, über dem Durchschnitt der beiden Linien *AB* und *CD*, die sich unter einem Winkel i schneiden, ist die Lage des nach der Drehung des Glimmerblättchens in der Richtung *EF* erscheinenden Büschels gezeichnet. Er entspricht weder der Stellung des ursprünglichen, noch der des Hauptschnittes *CD* des Glimmerblättchens, nach dem die ordinäre Brechung geschieht, noch auch der *GH*, welche senkrecht darauf steht, und der extraordinären Brechung entspricht, sondern erscheint in einer intermediären Richtung zwischen den beiden letzten, jenseits von *AB* um den gleichen Winkel i abweichend, so daß der Winkel $EMA = 2CMA$ ist. Ist zum Beispiel $i = 45^\circ$, so erscheint der Büschel, durch die Krystallplatte besehen, schon in einer senkrecht auf der ursprünglichen Richtung *AB* stehenden Lage. Hat man die Platte um 90° gedreht, so fällt der Büschel wieder mit dem ursprünglichen zusammen. War die Drehung $= 180^\circ$, so hat der Büschel bereits einen ganzen Umkreis zurückgelegt. Er legt zwei Umkreise zurück, während die Drehung nur einen einzigen ausmacht.

In dem früheren Aufsätze über die Polarisationsbüschel in diesen Annalen 1844, St. 9, wurde bereits der Erscheinungen gedacht, welche ein Glimmerblatt hervorbringt, welches man zwischen einen in fester Richtung gegebenen Büschel und das Auge bringt. Stimmt die Lage einer der Elasticitätsaxen mit der Richtung des Büschels in dem ursprünglich polarisirten Lichte überein, so erscheint derselbe auch durch den Glimmer betrachtet in unverrückter Lage. Dieses Verhältniß ist in Fig. 19 zur mehrerern Deutlichkeit perspectivisch dargestellt, obwohl man die Büschel niemals in Perspective sehen kann. Es ist vielmehr eine ideale Darstellung des Durchschnitts der Erscheinung mit der in Perspective dargestellten Tafel.

$A'B'$ ist der Durchschnitt der Tafel, die einen schwarzen Spiegel vorstellt mit der Polarisationsebene. AB liegt ebenfalls in derselben. CD ist eine der Elasticitätsachsen des Glimmerblattes.

Dreht man nun C von A rechts gegen E um den Winkel i , so erscheint der Büschel rechts von der Linie CD eben so weit entfernt, als A links zurückgeblieben ist, oder der von dem Büschel durchflogene Winkelraum ist $= 2i$. In der zwanzigsten Figur ist die Beobachtung ebenfalls perspectivisch dargestellt, welche der Drehung von 45° entspricht. Der Büschel macht einen Winkel von 90° mit dem auf der ursprünglich polarisirten Fläche.

Die Büschel erscheinen deutlicher und lebhafter gefärbt mit ganz dünnen Glimmerblättchen, etwa solchen, die zwischen gekreuzten Polarisirern unter einem Azimuth von 45° die blassen Farben der ersten Ordnung der Newton'schen Ringe zeigen.

Untersucht man die Lage der Polarisations Ebenen in fünf zunächst liegenden Strahlencylindern, ähnlich der Fig. 12 bis 15, so erhält man die Lage von Fig. 21 und 22. In der ersten ist die Ebene des Hauptschnittes CD rechts, in der zweiten links von der ursprünglichen Lage der Polarisations Ebene AB gedreht. Der Büschel steht in beiden horizontal, aber er wurde der Beobachtung zu Folge in Fig. 21 mit seinem obern Ende nach Rechts, in Fig. 22 aber mit eben diesem oberen Ende nach Links abgelenkt. Beides ist *circular* polarisirtes Licht, aber mit *entgegengesetzter* Drehung. Genau wie durch ein Glimmerblatt fand Hr. Regierungsrath v. Ettingshausen auch durch ein Fresnel'sches Parallelepipedum den Büschel um den Winkel $2i$ herumgedreht.

Die Beweglichkeit der Büschel ist etwas sehr Ueberraschendes; es scheint beinahe, als ob sie gar nicht mit dem Körper, den man in der Hand hat, zusammenhängen, während man bei der Beobachtung der Büschel im geradlinig polarisirten Lichte an ihre Unbeweglichkeit gewöhnt war.

Stellt man die kreuzweise polarisirenden Krystallplatten fest, und dreht hinter denselben die geradlinig polari-

sirte Lichtfläche wie in Fig. 23 nach Links, so dreht sich der Büschel mit der gleichen Winkelgeschwindigkeit nach Rechts zu, so daß er in die Lage EF kommt, und wieder wie oben $EMA = 2CMA$, oder $CMA = CME$ ist. Nimmt man die Bewegungen etwas rasch vor, so erscheint der Büschel bedeutend lebhafter in den Richtungen CD und IK als in den dazwischen liegenden. Er scheint beinahe aus einer der Richtungen in die andere sprungweise überzugehen, und nur mit großer Aufmerksamkeit kann man die gleichmäßige Ablenkung verfolgen, die so leicht zu beobachten ist, wenn man das Glimmerblättchen herumdreht; wenn auch hier bei genauer Beobachtung die Lebhaftigkeit des Bildes gleicherweise nach Quadranten abwechselnd sich darstellt. Doch scheint diese abwechselnde Lebhaftigkeit vorzüglich durch den complementären Reiz auf der Netzhaut bedingt zu werden.

In der Lage des Hauptschnittes CD , in Fig. 23, erscheint der resultirende Büschel und der ursprüngliche vollkommen symmetrisch, was auf der Seite des Glimmerblattes gegen die Fläche AB durch die gegenseitige Stellung beider bedingt ist; der Winkel i folgt auf der andern dem Auge zugewendeten Fläche ebenfalls. Die Schwingungen der Aethertheilchen für den Punkt M geschehen mit Beziehung auf die Polarisationssebene AB . Sie können aber einzig und allein, nach dem Malus'schen Intensitätsgesetz, nach den beiden Polarisationssebenen EF und senkrecht darauf hindurchgehen. Diesseits sind die beiden Wellensysteme wieder vereinigt. Fresnel's schöne Arbeiten haben diesen Gegenstand wohl gänzlich in's Klare gesetzt. Bei einem Winkel $i = 45^\circ$ zeigt das Licht in so fern Anzeigen einer vollständigen Dipolarisation, als die Zerlegung durch die gleichen Bilder von Kalkspath in allen Azimuten gleiche Intensitäten giebt. Aber doch erscheint ein wirklicher Büschel, und zwar in einer gegen die ursprüngliche rechtwinklig abweichenden Lage. Die Lage des Büschels, gegenüber der Lage desjenigen auf der ursprünglichen Polarisationssebene, kann wohl als ein Charakter des

circular polarisirten Lichtes gelten. Für die Modification der elliptischen Polarisation gilt dann wohl die von der Senkrechten unter verschiedenen Winkeln nach Rechts oder Links abweichende Lage des Büschels auf kreuzweise polarisirenden Blättchen, im Vergleich mit dem Büschel der ursprünglich linear polarisirten Lichtfläche, welche man durch dieselbe betrachtet.

Von allen den Stellungen, welche der Büschel zeigt, den man auf diese Art, von einer geradlinig polarisirten Lichtfläche ausgehend, durch kreuzweise polarisirende Blättchen betrachtet, kann man sehr getreue Bilder durch eine Vorrichtung wiedergehen, bei welcher der erst durch die Beobachtung hervorgebrachten Erscheinung ein wirklicher Gegenstand substituiert wird. Das Princip der Vorrichtung ist einmalige Spiegelung, welche den Gegenstand in doppelter Winkeldistanz, wenn auch in umgekehrter Lage, zeigt. Man betrachte etwa die Fig. 24, welche, nur die zwei Seiten durch Punkte . und .. bezeichnet, die Büschel vorstellen soll, durch ein gewöhnliches, auf allen Seiten geschliffenes dreiseitiges Prisma, Fig. 25, und zwar in einer Richtung parallel der Fläche AB .

Ein großer Theil der Fläche rechts von D bis C erscheint dunkel, der Theil BD aber licht. Der Lichtstrahl, der von dem Gegenstande E kommt, wird bei F gebrochen, bei G einmal reflectirt und zwar total, bei H wieder entgegengesetzt gebrochen. Er gelangt also nach I zwar weiß in das Auge, aber das Bild des Gegenstandes E ist, nach den Seiten C und G , verkehrt. Das Bild von Fig. 24 wird wie Fig. 26 erscheinen, denn es ist das Spiegelbild davon. Bei dieser Beobachtung ist der ganze Theil des Prismas rechts von D gegen C müßig; ein stumpfwinkliges Prisma, wie Fig. 27, wird auf der ganzen Seite BC klar erscheinen, wenn der Winkel ACB und der Brechungsexponent n in dem Verhältniß stehen, daß ein centraler Lichtstrahl EI durch sämtliche Mitellinien der Flächen geht, so wie sie hier im Querschnitt in den Punkten F , G und H erscheinen. Für FK senkrecht auf AB muß $AK=KG$ seyn. Es

mufs also $\tan AFK = \tan(LFK + LFG)$ seyn, wenn LF senkrecht auf AC steht. LFK ist aber $= FAK$ und LFG der gebrochene Winkel des einfallenden Strahles EF . Für $AFK = b$, $LFK = a$ und $LFG = c$ ist also:

$$\frac{\sin b}{\cos b} = \frac{\sin(a+c)}{\cos(a+c)},$$

daraus folgt:

$$\cos a = \pm \sqrt{\left(\frac{1+4n^2 \pm \sqrt{(1+8n^2)}}{8n^2} \right)}.$$

Für $n=1,5$ oder $\frac{3}{2}$ bei einigem Kronglas ist also $a=26^\circ 43'$ oder der schon sehr stumpfe Winkel des Prismas $ACB = 127^\circ 34'$.

Hr. Professor Steinheil hat die Beobachtung durch zwei Flächen eines rechtwinkligen gleichschenkligen Prismas zugleich mit der directen zur Bestimmung von Sternculminationen angewendet. In der Plöfsl'schen Werkstätte werden Apparate nach demselben Princip für Mitagsbestimmungen gefertigt, die innerhalb 2 Secunden empfindlich sind.

Plöfsl hatte früher für Hrn. Prof. Purkinje zu mikroskopischen Forschungen Prismen gemacht, welche den Querschnitt Fig. 28 hatten. Es waren Abschnitte rechtwinkliger Prismen; zwei anliegende Winkel A und $B=45^\circ$, die anderen C und $D=135^\circ$. Sie dienten vollkommen gut zur Hervorbringung der Erscheinungen. Von dem Gegenstande Fig. 24 erschien bei der ersten Lage Fig. 29 das Spiegelbild parallel gestellt; bei der zweiten um 45° abweichenden Lage Fig. 29, oben dasselbe Spiegelbild, aber schon um 90° gedreht; bei der dritten um 90° abweichenden Lage Fig. 29, auch das Spiegelbild, aber in der um 180° verschiedenen Stellung. War von dem Gegenstande durch ein erstes Prisma No. 1 bereits ein Spiegelbild gewonnen worden, wurde es fest gehalten und durch ein zweites No. 2 betrachtet, so erschien das wahre Bild des Gegenstandes, durch die doppelte Spiegelung wieder hergestellt, konnte aber dennoch durch die Umdrehung desselben, d. h. durch die Umdrehung von No. 2 zum Rotiren

mit doppelter Winkelgeschwindigkeit nach der Seite der Drehung gebracht werden. Hält man aber das Prisma No. 2 fest und dreht das No. 1 nach Rechts herum um die Sehaxe, so weicht begreiflich das Bild um die doppelte Winkelgeschwindigkeit nach Links zu ab.

Die combinirten beiden Prismen zugleich rechts oder links um die Sehaxe gedreht, lassen das Bild unverrückt in seiner Stellung, weil die zweifache innere Reflexion wieder das ursprüngliche Verhältniß herstellt. Diese Wirkung ist dieselbe wie bei einem Fresnel'schen Parallelepiped, durch welches hindurch man auch die Gegenstände nach der zweimaligen totalen inneren Reflexion unverrückt an ihrer Stelle erblickt. Aber das Licht erleidet bei der totalen Reflexion an der inneren Seite der Glasfläche eben diese Zerlegung in zwei senkrecht auf einander polarisirte Strahlen, und man kann schon mit dem stumpfwinkligen Prisma der Fig. 27, wenn man anstatt eines Gegenstandes, oder der objectiven Büschelfigur in Fig. 24 unmittelbar eine geradlinig polarisirte Lichtfläche betrachtet, auch die gänzlich gleiche Drehung der Polarisationsbüschel mit doppelter Winkelgeschwindigkeit hervorbringen, wie bei dem Fresnel'schen Parallelepiped.

Das Fresnel'sche Parallelepiped dreht die Büschel mit doppelter Winkelgeschwindigkeit, läßt aber die Gegenstände in ihrer Erscheinung unverrückt stehen. Ein Glimmerblatt läßt, wie dieses Parallelepiped, die Gegenstände in ihrer natürlichen Lage wahrnehmen, und dreht die Büschel mit derselben doppelten Winkelgeschwindigkeit. Das dreiseitige Prisma dreht die Büschel mit doppelter Winkelgeschwindigkeit, nimmt aber auch die Bilder der Gegenstände selbst mit derselben doppelten Winkelgeschwindigkeit mit fort.

Aber so deutlich man das letztere beobachten kann, so ist die Wahrnehmung der Büschel durch das dreiseitige, oder durch das oben Fig. 28 abgebildete, für Purkinje gefertigte Prisma sehr schwierig, weil man nur kleine Flächen auf einmal übersieht. Ganz unzweifelhaft sah ich die

Lage der Büschel bei der Betrachtung der zwei contrastirenden, senkrecht auf einander polarisirten Bilder der dichroskopischen Lupe durch Purkinje's Prisma, weil es dabei möglich ist, die Netzhaut durch abwechselnde Betrachtung der zwei Bilder in jeder Lage des Prismas neuerdings zu reizen.

Die Erscheinung der doppelten Winkelabweichung eines Gegenstandes erhält man auch, wenn in der Fig. 18 die Linien CD und GH zwei gekreuzte Spiegel vorstellen, oder ihre Hälften GM und CM , wenn man sich mit dem oberen linken Quadranten begnügt. In dem Spiegel CM erscheint AM in der Lage EM . In dem Spiegel GM dasselbe AM in der Lage FM , mit ME eine gerade Linie hervorbringend, weil $GMA + AMC = 90^\circ$, und also $2GMA + 2AMC = 180^\circ$ ist. Dieselbe Wirkung haben natürlich alle Quadranten.

Unendlich dünne zu beiden Seiten vollkommene Spiegel würden einen wie AB liegenden Büschel genau in die Lage EF bringen, aber jedes Ende des zweiten aus beiden Enden von AB bestehend.

Ein Unterschied wird jedoch stattfinden, dafs nämlich, wenn CD der Hauptschnitt ist, das Bild von A auf F , gegen das Bild von B auf F vorausseilen, das Bild von A auf E gegen das Bild von B auf E in den Schwingungen zurückbleiben wird, wodurch sich der Charakter der circularen Polarisation auch in dem, auf den ursprünglichen senkrecht stehenden Büschel herausstellt. Es giebt ja keine Schwingungen nach EF , sondern sie finden alle parallel der Linien CD und GH statt in den zwei vereinigten Wellensystemen, die für die circular Polarisation um ein Viertel einer Undulation verschieden sind. Die Theilchen des Lichtäthers können nur in der Richtung der Ebene schwingen, in der sie an einander gereiht sind. Die Krystallisation, die Anordnung der Materie und des Aethers in Ebenen senkrecht auf den Elasticitätsaxen der Krystalle, findet hier in der Erscheinung der Büschel wenigstens ein Bild in Verhältnissen bekannter greifbarer Gegenstände, mit dem

sie bis in die kleinsten Details verglichen zu werden verdienen.

Man kann durch ein sehr leichtes unmittelbares Verfahren zweierlei senkrecht auf einander stehende Lichtwellensysteme mischen, indem man sich einer Vorrichtung wie Fig. 30 bedient. Der Lichtstrahl GH fällt unter dem Polarisationswinkel bei H auf einen schwarzen Spiegel, und wird durch Reflexion polarisirt von I in das Auge K geworfen. Der Lichtstrahl QR geht durch die durchsichtige Platte EL und vereinigt sich mit IK , ist aber durch Transmission, also senkrecht auf dem vorhergehenden polarisirt. Man kann das Licht G durch eine farbige Glasplatte NM , das Licht Q durch eine andere farbige Glasplatte OP , oder auch nur einen dieser Strahlenbündel beliebig färben, und erhält IK von der aus beiden Farben gemischten Schattirung. Man sondert sie leicht und vollkommen wieder von einander, wenn man sie durch den Doppelspath untersucht, z. B. durch die dichroskopische Lupe, mit der man in der Richtung KI hinsieht. Da man vielerlei Farben in den Gläsern mit einander verwechseln kann, so etwa die Complementarfarben, oder andere reiche Farbentinten, so giebt diese Vorrichtung Veranlassung zu mancherlei recht hübschen Farbencontrasten, die aufgesucht zu werden verdienen. Man bildet in dieser Hinsicht künstliche Dichroite. Es ist dabei vortheilhaft, immer den Strahl GH heller zu halten als den Strahl QR , der immer noch viel ordinäres, nicht polarisirtes Licht mit sich führt, oder auch den letzteren durch mattgeschliffene Glasplatten zu dämpfen.

Es war mir nicht möglich, durch das Herumdrehen dieses Apparates, den Büschel einer breiten Fläche geradlinig polarisirten Lichtes zum Drehen mit doppelter Winkelgeschwindigkeit zu bringen. Selbst das Drehen der durch den Apparat betrachteten dichroskopischen Lupe gab keine Spur von Einwirkung. Die Flächen MI und EL schienen jede einzeln analysirend zu wirken.

Hält man zwei parallel hintereinander in der Lage wie CD Fig. 19 folgende Glimmerblättchen vor eine Fläche ge-

radlinig polarisirten Lichts wie $A'B'$, so erscheint der Büschel anfänglich ebenfalls vertical. Hält man das der Fläche $A'B'$ nähere Blättchen No. 1 fest und dreht das entferntere, oder näher dem Auge liegende No. 2 oben rechts, unten links, so folgt der Büschel der Richtung der Bewegung nach rechts, als ob nur ein Glimmerblättchen vorhanden wäre. Hält man aber No. 2 fest und dreht No. 1 rechts, so weicht der Büschel mit doppelter Winkelgeschwindigkeit *links* ab. So überraschend die Erscheinung ist, so ist sie doch von demselben Gesetz abhängig, wie die erste dem Anscheine nach einfachere.

Es sei AB , Fig. 31, der Hauptschnitt des unbeweglichen Glimmerblättchens No. 2 P , $A'B'$ die Polarisationsebene der Lichtfläche N . Das Glimmerblättchen No. 1 oder O wird oben rechts gedreht unter dem Winkel $i = A'MC$, so daß sein Hauptschnitt die Lage CD erhält. Der Büschel wird die doppelte Winkeldistanz $2i$ zurücklegen, oder in der Richtung EF erscheinen. Dieser Büschel nun wird durch das Blättchen No. 2 oder P betrachtet, und da der Hauptschnitt von P die Lage AB besitzt, so muß der Büschel um den Winkel $2EMA$ oder EMG jenseits AB erscheinen. Der Bogen GMA ist aber $= 2A'MC$, oder der doppelten Winkeldistanz, aber entgegengesetzt links genommen.

Die Erscheinung hat ihr genaues Analogon in dem oben beschriebenen Versuch mit den zwei Prismen Purkinje's, von welchen das dem Gegenstande nähere No. 1 gedreht wird.

Man sieht leicht, daß die Form- und Größenverhältnisse der Fig. 30 nur der Deutlichkeit der Darstellung wegen angenommen wurde. Um die Beobachtungen in der Wirklichkeit zu machen, ist es vorthailhaft Glimmerblättchen anzuwenden, die doch einige, etwa 3 bis 6 Zoll breit und hoch sind, und auf welchen man die Lage der zwei senkrecht auf einander stehenden Hauptschnitte verzeichnet hat. Man kann sich der Erscheinung der Büschel selbst sehr leicht bedienen.

Um die Drehung der Büschel wahrzunehmen, ist es nicht etwa nothwendig ein klares Krystallblättchen, oder eine geschliffene Platte zu haben. Jeder Quarzkrystall, sey er noch so gestreift oder dick, jede Theilungsgestalt von Doppelspath kann man zur Beobachtung anwenden, selbst wenn die Flächen matt geschliffen sind, oder wenn man etwa nur Geschiebe von Quarz oder Topas versucht. Das einzige, was zur Hervorbringung des Phänomens erforderlich bleibt, ist ein hinlänglicher Grad von Klarheit und regelmässige Krystallisation im Inneren.

II. *Ueber eine eigenthümliche Art der Isomorphie, welche eine ausgedehnte Rolle im Mineralreiche spielt; von Th. Scheerer in Christiania.*

Die erste Veranlassung zur Auffindung dieser Art der Isomorphie, von deren Eigenthümlichkeit und ausgedehntem Auftreten im Mineralreiche in diesem Aufsätze die Rede seyn wird, ist mir durch die Untersuchung zweier Mineralien gegeben worden. Das eine dieser Mineralien ist ein zuvor bekanntes, nämlich der *Cordierit*, das andere dagegen bildet eine neue Mineralspecies, welcher ich den Namen *Aspasiolith* beigelegt habe. Zuerst werde ich meine Beobachtungen über diese beiden Mineralien mittheilen, und dann das darauf Basirte folgen lassen.

1) *Cordierit*. Der von mir untersuchte Cordierit findet sich in der Nähe der Küstenstadt Kragerø im südlichen Norwegen, etwa 5 geographische Meilen in nordöstlicher Richtung von der in demselben Küstenstriche belegenen Stadt Tvedestrand, dem bekannten Fundorte des schönen blauen Cordierit, rothen Granat und krystallisirten Titaneisens. Der Cordierit von Kragerø ist durch keine so intensiv blaue Farbe ausgezeichnet, wie der von Tvedestrand; er wird meistens nur licht amethystfarbig oder völlig