II. *Untersuchungen über die optischen doppeltbrechenden Eigenschaften der isomorphen Körper;* *von Hern. H. de Senarmont.*

(Mitgetheilt vom Hrn. Verf. aus den *Ann. de chim. et de phys.*
Sér. III. T. XXXIII.)

Die Gesetze der Isomorphie, wie sie Mitscherlich angegeben und zur Zeit dieser großen Entdeckung aufgefaßt, haben einen klaren und scharf bestimmten Sinn.

Die mit gleichen chemischen Verwandtschaften (*affections*) begabten und in gleichen Verhältnissen vereinten Elemente müssen eben dadurch in ihren Hauptzügen ähnliche und in den Winkeln fast idente geometrische Formen bilden, und sich durch Krystallisation in unbestimmten Verhältnissen verbinden können. Sie werden also eine Art von zugleich chemischem und geometrischem Typus bilden, ein von der Natur seiner Bestandtheile fast unabhängiges Gebäude, worin sie einander ohne Aenderung der wesentlichen Eigenschaften ersetzen, sobald sie geeignet sind, denselben Platz in dem Gefüge einzunehmen.

Ueberdies scheint die Isomorphie, nach den Ideen von Mitscherlich, an eine gewisse Identität der den Elementen von Natur inwohnenden Molecular - Constitution geknüpft, und muß sie, bis auf die Ausnahmen der Dimorphie, in allen ihren Verbindungen begleiten, so daß man, durch eine fast beständige Wechselseitigkeit, aus der Isomorphie der Elemente auf die der Verbindungen, und aus der Isomorphie der Verbindungen auf die der Elemente schließen kann.

Diese Lehre, gestützt auf zahlreiche Beispiele, wo ihre Wahrheit bis zur Evidenz hervorgeht, wo kein Zweifel oder Einwand Platz findet, warf auch ein neues Licht auf das, was man bisher *Mineralspecies* nannte; sie brachte diese Constitution unter das Gesetz der multiplen Proportionen, und es genügte die Grenzen der Gattung und der

eigentlichen Species zu verschieben, um zu erklären, wie ein und derselbe geometrische Typus als Hülle für verschiedenartige Verbindungen dienen könne; sie gelangte selbst dahin, auf diese Weise, wenigstens in Gedanken, die relativ einfachen Verbindungen zu reconstituiren, fast alle wahrhaften Species, von denen die Natur uns bloß verwickelte Gemische darbietet.

Allein, wenn auch die schönen Gesetze, welche die Mineralogie Hrn. Mitscherlich verdankt, sich eben durch die Allgemeinheit und Einfachheit ihrer Resultate erweisen, so lange sie beschränkt bleiben auf die unmittelbar beobachtbaren Thatsachen und auf allgemeine Bedingungen, die sich von denen, unter welchen die Isomorphie zuerst auftrat, nicht zu sehr entfernen, so ist es doch sehr schwierig diese Gränzen zu überschreiten; und wenn man versucht, aus den Erscheinungen einen genauen Begriff von dieser Isomorphie, ihren wahrhaften Principien und ihren wesentlichen Bedingungen zu entwickeln, so erkennt man bald, daß man nie auf den Grund der Dinge gelangt ist und höchstens die Oberfläche berührt.

Wir begegnen nämlich zunächst Elementen, die für sich und in mehrern ihren Verbindungen isomorph sind, aber es fast in allen übrigen aufhören zu seyn. Kali und Natron z. B. erweisen sich im Zustande von Chloriden, Bromiden, Nitraten und Alaunen geometrisch und chemisch als isomorphe Stoffe, die einander in vielen Mineralien in veränderlichen Verhältnissen ersetzen, dagegen in den meisten ihrer übrigen homologen, natürlichen oder künstlichen Verbindungen einen steten Antagonismus der chemischen Eigenschaften und der Formen darbieten. Was ist in diesen Verbindungen aus der chemischen und geometrischen Isomorphie geworden, welche die Bestandtheile derselben begleiten sollte?

Andererseits findet man unter fast gleicher Krystallform chemisch sehr unähnliche Stoffe; kohlensaurer Kalk und salpetersaures Kali z. B. sind nicht allein isomorph, sondern isodimorph: Arragonit und Bournonit, Kalkspat

und Rothgülden, und noch viele andere Salze und Mineralien, deren Erwähnung hier überflüssig ist. Diese Aehnlichkeiten der Form vereinbaren sich schwer mit der chemischen Isomorphie, welche von der geometrischen Isomorphie und der merkwürdigen anscheinend wesentlichsten Eigenschaft des Zusammenkrystallisirens Ursache oder Folge seyn soll.

Müßte man sich nicht vielmehr fragen, ob nicht die geometrische und chemische Isomorphie wirklich ohne einander existiren können?

Die physischen Bedingungen der Isomorphie scheinen überdiß nicht weniger dunkel als die chemischen, und wenn wir anfangs zu dem Glauben geführt werden, daß die innere Aehnlichkeit stets eine Folge sey der geometrischen Aehnlichkeit der Hülle und der chemischen Analogien der Zusammensetzung, so zeigen sich uns auch gewisse Eigenschaften, die wir als eng mit der inneren Constitution der Körper verknüpft betrachten müssen, bald als fast constant, bald als wesentlich veränderlich in einer selben Klasse von Verbindungen; und die sonderbaren Versuche des Hrn. Pasteur haben uns Körper kennen gelehrt, die in Elementar-Zusammensetzung und chemischen Eigenschaften nicht allein analog, sondern identisch sind, auch fast dieselbe Identität in allen Theilen ihrer Form zeigen, und dennoch unfähig sind, sich durch Krystallisation zu vereinigen, vermöge einer molecularen Unähnlichkeit, die nur durch ein optisches Merkmal und durch bisher fast für zufällig gehaltene Eigenthümlichkeiten der Form verrathen wird.

Es ist also einleuchtend, daß die Isomorphie gewisse bedingliche Analogien voraussetzt und zugleich mit gewissen Unähnlichkeiten der inneren Organisation verträglich ist, deren Spur man nur in den von dieser Organisation unmittelbar abhängigen Eigenschaften wiederfindet. Um diese zarten Nüancen zu erfassen, muß man alle Mittel der Forschung zu Hülfe nehmen, die in irgend einer Weise von der Molecularconstitution der Körper herge-

nommen sind. Das waren die Beweggründe, welche mich ein vergleichendes Studium der optischen Eigenschaften isomorpher Körper unternehmen ließen.

Seit Sir Brewster die unterscheidenden Erscheinungen der zweiaxigen Doppelbrechung kennen gelehrt und darnach die Krystalle in zwei große, durch ihre optischen Eigenschaften verschiedene Klassen getheilt hat, sind mehrere Physiker mit deren doppelbrechenden Eigenschaften beschäftigt gewesen; allein sie betrachteten die Doppelbrechung bloß an sich, um deren Gesetze aufzusuchen, oder bemühten sich, allgemeine Beziehungen zwischen der Form und der Lage der optischen Axen zu entdecken. So haben sie dargethan, daß in allen krystallisirten Körpern Eine Axe der Symmetrie immer eine gemeinschaftliche Elasticitätsaxe für die verschiedenen Farben ist, und daß jede Axe optischer Elasticität, die nicht mit einer Symmetrie-Axe zusammenfällt, im Allgemeinen eine etwas verschiedene Lage für die verschiedenen Farben besitzt. Dagegen scheint man noch nicht bemüht gewesen zu seyn, die doppelbrechenden Eigenschaften der Krystalle von ähnlicher Form aber verschiedener Natur in Parallele zu bringen, und das ist's, was ich in dieser Arbeit zu unternehmen versucht habe.

Fresnel hat gezeigt, daß sich die optischen Eigenschaften aller doppelbrechenden Mittel erklären lassen durch eine ungleiche Elasticität des Aethers nach drei rechtwinklichen, in der ganzen Ausdehnung des Mittels festen Axen, die er *Axen optischer Elasticität* nennt. Die Lage dieser drei Axen in der Krystallform, die relativen Werthe der Elasticität nach den drei Richtungen und die den Krystall definirenden krystallographischen Data, — das sind die Elemente, die man in Beziehung mit einander zu bringen hat; alles ist, obgleich in verschiedener Weise, abhängig von der Molecularconstitution und dem inneren Gefüge des Krystalls, und man müßte entdecken, wie diese verschiedenen Wirkungen einer und derselben Ursache Functionen von einander sind.

Ehe ich weiter gehe, halte ich es für nützlich, kurz an die Definition der optischen Eigenschaften zu erinnern, die hier bestimmt werden soll.

Seyen a^2 , b^2 , c^2 die drei den optischen Elasticitätsaxen A , B , C entsprechenden Elasticitätscoefficienten. Die numerischen Constanten a , b , c sind direct den Geschwindigkeiten proportional, folglich umgekehrt proportional den Brechungsindexen eines gegen die betrachtete Elasticitätsaxe zugleich winkelrecht gerichteten und polarisirten Lichtstrahls.

Seyen $a > b > c$, dann liegen die beiden optischen Axen in der Ebene der Axen A und C , der grössten und kleinsten Elasticität, und beide machen mit der Axe A einen Winkel α , bestimmt durch die Formel:

$$\tan \alpha = \pm \sqrt{\frac{b^2 - c^2}{a^2 - b^2}}.$$

Die Axen A und C , der grössten und kleinsten Elasticität, halbiren also den spitzen und den stumpfen Winkel zwischen den beiden optischen Axen. Die Linie, welche den spitzen Winkel halbirt, nennt man im Speciellen die *Mittellinie* (*ligne bissectrice ou moyenne*).

Wenn also α kleiner als 45° ist, so ist die Mittellinie die Axe A der grössten optischen Elasticität; ist dagegen α gröfser als 45° , so ist die Axe C der kleinsten Elasticität die Mittellinie.

Wenn eine der beiden Gröfsen a und c gleich b wird, so wird die Richtung der beiden Elasticitätsaxen, die den gleichen Constanten entsprechen, unbestimmt in der Ebene, die auf der dritten winkelrecht ist; das doppeltbrechende Mittel hat dann nur eine einzige optische Axe, die überdiess mit der der kleinsten oder grössten Elasticität zusammenfällt, je nachdem die ihr zukommende numerische Constante gröfser oder kleiner ist als die gleichen Constanten, die den unbestimmten, auf ihr winkelrechten Axen entsprechen.

Ich habe die Richtung der drei Axen A , B , C , die wirklichen oder relativen Werthe der Coëfficienten a , b , c be-

stimmt durch die gewöhnlichen Methoden, die sich auf den wohlbekannten Gesetzen der Doppelbrechung und der chromatischen Polarisirung gründen. Diese Bestimmung ist für die verschiedenen Krystallsysteme mehr oder weniger verwickelt. Ich will den von mir eingeschlagenen Weg kurz angeben.

In den Krystallen, die auf ein gerades quadratisches Prisma, ein Rhomboëder oder sechseitiges Prisma zurückführbar sind, ist die Richtung der einzigen Axe im Voraus bekannt. Als unbekannt hat man folglich nur die beiden Hauptindices oder wenigstens die Ordnung ihrer Größe.

Allemaal, wo die Brechung meßbar war, habe ich die Indices direct bestimmt. Ich schnitt zuvörderst Prismen in der gehörigen Richtung, und um die Streifen fortzuschaffen, welche die Politur stets auf einem Salze zurückläßt, klebte ich auf die brechenden Flächen kleine Stücke entweder von dünnem Parallelglase oder von Gypslamellen. Mit sehr weichem Kitt erhielt ich immer eine innige Berührung. Ich operirte überdiß stets mit zwei verschiedenen Prismen und betrachtete die Resultate nicht eher für hinreichend genau, als wenn die berechneten Indices bis auf die zweite Decimale übereinstimmten. Zur Messung des Ablenkungs-Minimum benutzte ich das zu diesem Gebrauch sehr geeignete Babinet'sche Goniometer; allein da die Prismen sehr klein und das Licht sehr schwach war, so ersetzte ich im Brennpunkt des Collimators den opaken Faden durch eine leuchtende Spalte; auch visirte ich auf den gelben Theil des Spectrums.

War die Messung der Indices unmöglich, so begnügte ich mich, den Charakter der optischen Axe durch eins der bekannten Compensationsverfahren, die man den HH. Biot und Brewster verdankt, zu bestimmen.

An einer auf der Axe winkelrechten Platte beobachtete ich die Ringe in convergentem polarisirtem Licht und untersuchte, welche Abänderungen sie erlitten bei Einschaltung eines Glimmerblatts, dessen kleinste Elasticitätsaxe zuvor bestimmt worden war und dessen gleichför-

mige Dicke einen Gangunterschied von beinahe einer Halbwelle hervorbrachte.

Die große Breite der Ringe machte dieß Verfahren zuweilen unanwendbar; dann stellte ich in ein Bündel parallelen Lichts eine Gypslamelle, welche die sensible Farbe gab, mit ihren Hauptschnitten genau unter 45° gegen die Polarisationssebene. Nichts ändert sich, wenn man winkelrecht gegen die Bahn der zu dieser Lamelle austretenden Strahlen die wiederum gegen ihre Axe winkelrechte Krystallplatte aufstellt; so wie man sie aber neigt, und dabei die Einfallsebene parallel läßt einer der Hauptschnitte der Gypslamelle, so ändert sich die Farbe dieser letzteren in umgekehrter Weise, je nachdem die optische Axe der Platte die der größten oder der kleinsten Elasticität ist.

Um bei einer der Axe parallelen Platte den Charakter der optischen Axe zu bestimmen, legte ich sie auf eine Quarzplatte von gehöriger Dicke, die selbst wieder ihrer Axe parallel war. Dieß System, winkelrecht so in ein paralleles Bündel polarisirten Lichts gebracht, daß die Axe des Quarzes 45° mit der Polarisationssebene bildet, entwickelt Farben, sobald die Krystallaxen, die eine der größten, die andere der kleinsten Elasticität, parallel sind, oder sobald die beiden Axen der kleinsten Elasticität winkelrecht sind.

Vor langer Zeit hat Dr. Brewster gezeigt, daß in den auf ein gerades rhombisches Prisma zurückführbaren Krystallen die Richtungen der drei Axen optischer Elasticität parallel sind der Höhe des Prisma und den beiden Diagonalen seiner Basis. Beobachtet man also die isochromatischen Curven in convergentem polarisirtem Licht, so ist die Lage der Ebene der optischen Axe und die der Mittellinie auf den ersten Blick zu erkennen.

Die vollständige Bestimmung der drei Indices erfordert Operationen, welche an den mehr oder weniger unvollkommenen Krystallen, die mir zu Gebote standen, selten mit Genauigkeit auszuführen sind; ich habe mich also meistens begnügt, den Winkel der optischen Axen und

den optischen Charakter der Mittellinie zu bestimmen, und werde weiterhin das angewandte Verfahren im Einzelnen beschreiben.

Bei den auf ein schiefes rhombisches Prisma zurückführbaren Krystallen ist eine der Axen optischer Elasticität stets parallel der horizontalen Diagonale der Basis; man muß also noch die Richtung der beiden anderen Axen bestimmen. Ich wandte hiezu zwei verschiedene Methoden an.

Diejenige, welche ich die *erste* nennen werde, bestand darin, daß ich zwei Krystalle mit einer der horizontalen Diagonale der rhombischen Basis parallelen Fläche zusammenklebte, und sie dabei in umgekehrte Stellung brachte. Man erreicht eine genaue Adjustirung, wenn man an den Flächen, die ungeachtet dieser Drehung parallel bleiben müssen, Licht reflectiren läßt und sich dabei überzeugt, daß die dieser Diagonale parallelen Flächen zu einer und derselben Zone in den beiden Theilen der künstlich hemitropen Gruppe gehören.

Sind die aneinander liegenden Flächen eben und ist der Kitt weich, so hält es nicht schwer eine fast vollkommene Coincidenz zu erreichen. Ich wandte als Kitt Canadabalsam an, der an der Luft langsam erhärtet, oder auch eine sehr dicke Lösung von arabischem Gummi. Diese letztere klebt gewisse Krystalle sehr stark zusammen, efflorescirende Salze z. B., die der Canadabalsam schlecht vereinigt.

Aus der hemitropen Gruppe schnitt ich eine Platte mit Parallelfächen, winkelrecht auf der gemeinschaftlichen horizontalen Diagonale der rhombischen Basis, und schliiff diese Platten mit Wasser, wenn Balsam angewandt ward, mit Alkohol dagegen, wenn Gummi genommen wurde. Die gehälfete (*mi-partie*) Platte enthält in ihrer Ebene zwei optische Elasticitätsaxen von jedem Krystall, und es ist klar, daß die homologen Axen der beiden Krystalle einen Winkel mit einander bilden, der doppelt so groß ist als ihre Neigung gegen die künstliche Zwillingebene.

Ich stellte also die gehälfete Platte in einem fast ähnlichen Apparat, wie Hr. Biot sich zum Studium der Farben von Krystallblättchen bediente¹⁾, winkelrecht gegen ein paralleles Bündel polarisirten Lichts, und untersuchte, welchen Winkel dieselbe in ihrer eigenen Ebene beschrieben hatte, wenn die ursprüngliche Polarisation nicht mehr gestört ward, anfangs in der einen Hälfte der Platte, dann in der anderen.

Dieses Verfahren scheint ziemlich genau zu seyn, sobald man die Beobachtungen an mehreren Platten vervielfältigt. Den Schnitt der Krystalle kann man mittelst des Goniometers prüfen; überdies ist klar, daß es, wenn die aneinander liegenden Flächen genau zusammenfallen, eines bedeutenden Fehlers im Schnitt bedürfte, um eine merkbare Unrichtigkeit im Resultat hervorzubringen.

Das andere Verfahren, welches ich das *zweite* nennen will, ist nur anwendbar, wenn die Ebene der optischen Axen winkelrecht ist auf der horizontalen Diagonale der Base. Es ist beinahe dasjenige, welches Hr. Miller zu seinen in den *Transactions of the Cambridge Society*, T. V und VII stehenden Untersuchungen angewandt hat.

Von den Krystallflächen suchte ich zwei einander parallele und gegen die Ebene der optischen Axen winkelrechte aus, durch welche man in convergentem polarisirtem Licht wenigstens eins der Ringsysteme sehen konnte. Wenn dergleichen Flächen nicht vorhanden waren, schnitt ich sie künstlich, dabei sorgfältig einige natürliche Flächen schonend, um die Lage der ersteren genau mittelst des Goniometers bestimmen zu können. Ich maß hierauf die scheinbare Lage jeder optischen Axe gegen die Normale dieser künstlichen oder natürlichen Flächen auf folgende Weise:

Ich befestigte die Platte durch etwas weiches Wachs auf dem Wollaston'schen Goniometer dergestalt, daß ihre Ebene winkelrecht war auf demjenigen Arm des Trä-

1) *Précis élément. de Physique, Edict. III, T. II, p. 475 et Pl. VIII Fig. 2.*

gers, welcher um seine dem Limbus parallele Axe drehbar ist. Die Einstellung ist genau, wenn ein reflectirtes Bild während dieser Drehung unbeweglich bleibt. Nun stelle ich die Ebene der optischen Axen parallel der Ebene des Limbus, beobachte die Ringe, dabei das Centrum derselben mit einem sehr fernen direct gesehenen Gegenstand zur Coïncidenz bringend, drehe darauf die Platte in ihrer eigenen Ebene um 180° und lasse das Centrum der Ringe abermals mit demselben Signale zusammenfallen. Der Limbus hat sich zwischen diesen beiden Lagen um das Doppelte des Winkels gedreht, welchen die optische Axe mit der Normale macht. Um auf das Centrum der Ringe zu visiren ist es gut die Polarisationsebene anfangs parallel und dann unter 45° gegen die Ebene der optischen Axen zu stellen.

Ist die scheinbare Neigung der optischen Axen gegen die Normale der Austrittsfläche einmal gemessen, so wird es leicht seyn, die wahre innere Neigung derselben zu berechnen, sobald man nur den zugehörigen Brechungsindex, d. h. den Index eines in der Ebene der optischen Axe liegenden und darin polarisirten Strahls, vorher bestimmt hat.

Hat man die wahre Neigung der optischen Axen gegen die Normale einer oder beider Flächen von bekannter Lage einmal bestimmt, so folgt daraus die Richtung ihrer Mittellinie gegen diese Normalen, und die Lage der Axen optischer Elasticität im Innern des Krystalls ist somit vollständig bestimmt.

Diese zweite Methode erfordert also ziemlich viele Messungen; jede bringt einen Fehler mit sich, und daher scheint mir die erstere, überdißs allgemeinere Methode einer gröfseren Genauigkeit fähig.

Bei den zweiaxigen Krystallen habe ich zur Bestimmung des optischen Charakters der Mittellinie immer mit künstlichen Platten operirt, die entweder auf dieser Linie sehr nahe winkelrecht, oder ihr parallel und zugleich ge-

gen die Ebene der optischen Axen winkelrecht oder parallel waren.

Im ersten Fall enthält die Platte in ihrer Ebene die mittlere Elasticitätsaxe *B* und eine der Axen *A* oder *C*. Findet man die größte Elasticität im Sinne von *B*, so kann die Axe der kleinsten Elasticität nur *C* seyn. Die Mittellinie fällt also mit der Axe *A* der größten Elasticität zusammen. Findet man dagegen die Axe der kleinsten Elasticität in Richtung von *B*, so kann die Axe der größten Elasticität nur *A* seyn, und die Mittellinie fällt mit der Axe *C* der kleinsten Elasticität zusammen.

Diese Mittellinie ist auch in der Ebene der beiden andern Plattenarten enthalten; man findet also sogleich den Charakter derselben.

Um bei diesen Platten den Charakter der darin enthaltenen Axen optischer Elasticität zu bestimmen, legte ich sie auf Quarzplatten, die ebenfalls ihrer Axe parallel waren, und brachte sie, in angegebener Weise, in ein paralleles Bündel von polarisirtem Licht. Man findet immer die Dicke, die nöthig ist, um Farben durch Compensation zu entwickeln, wenn man, wie Hr. Biot empfohlen, schwach prismatische Platten anwendet; und die zur optischen Axe des Quarzes parallele Axe der Platte wird immer die der größten optischen Elasticität seyn.

Die eben erwähnten experimentellen Methoden habe ich angewandt auf verschiedenen Gruppen isomorpher Substanzen aus verschiedenen Krystallsystemen; ich werde die Resultate dieser Versuche sogleich angeben und daraus später einige Folgerungen ziehen.

Krystalle mit einer optischen Axe.

Gerades prismatisches System mit quadratischer Basis.

Doppelt-phosphorsaures Kali; doppelt-arsensaures Kali

Doppelt-phosphorsaures Ammoniak; doppelt-arsensaures Ammoniak

Das doppelt-phosphorsaure Kali war krystallisirt in quadratischen Prismen [001], mit dem auf die Kanten der

Basis aufgesetzten Octaëder $[011]^1$); der Winkel zwischen zwei anliegenden Flächen dieses Octaëders beträgt $122^\circ 16'$. Die drei übrigen Salze stellen ein sehr verlängertes Octaëder $[0xy]$ vor, deren Flächen, wie die der vorigen, auf den Kanten der Basis des quadratischen Prisma ruhen. Die Krümmung der Flächen dieses Octaëders gab dem Ende der Krystalle eine etwas nadelförmige Gestalt; sie endeten im Octaëder $[011]$ von ungefähr $122^\circ 10'$.

Alle Krystalle, deren Querdurchmesser 2 bis 3 Millimeter betrug, ließen sich zu mehr oder weniger vollkommenen Prismen schneiden.

	Brechende Winkel.	Minimum-Ablenkung		Indices	
		ordentl.	aufserordentl.	ordentl.	aufserordentl.
Doppelt-phosphors. Kali	45° 37'	26° 2'	23° 58'	1,510	1,472
	39 33	21 29	19 44	1,505	1,465
Doppelt-phosphors. Ammoniak	47 55	27 8	25 48	1,512	1,477
	35 51	21 10	19 19	1,519	1,476
Doppelt-arsens. Kali	39 33	25 48	23 10	1,596	1,538
	39 11	25 5	22 42	1,587	1,534
Doppelt-arsens. Ammoniak	50 18	34 0	30 32	1,579	1,525
	38 46	24 19	21 58	1,576	1,523

In diesen vier Salzen, deren Isomorphie Hr. Mitscherlich erwiesen hat, ist also die optische Axe die der größten Elasticität. Die Beobachtung der Ringe führt zu demselben Resultat.

Kupferkaliumchlorid; Kupferammoniakchlorid.

$B\ Cl. \ Cu\ Cl + 2\ H_2\ O.$

Diese Chloride erscheinen als Quadrat-Octaëder $[111]$, die seitlichen Ecken abgestumpft durch die Flächen des quadratischen Prisma $[001]$. Das Doppelsalz des Kalis ist nicht scharf krystallisirt, das des Ammoniaks zeigt au-

1) Ich werde in dieser Abhandlung durchgehends die im *Traité de Cristallographie* des Hrn. Miller (Bachelier, 1842) entwickelten krystallographischen Bezeichnungen anwenden.

ferdem kleine Octaëderflächen [021], aufgesetzt auf die Kanten des Prismas; zwei anliegende Flächen des Octaëders [111] bilden einen Winkel von $118^{\circ} 18'$.

In beiden Salzen ist die optische Axe die der größten Elasticität; die doppeltbrechende Kraft ist fast gleich. Die Indices habe ich nur beim Ammoniaksalz gemessen.

Brechender Winkel.	Minimum-Ablenkung.		Indices.	
	ordentlich.	außerordentl.	ordentlich.	außerordentl.
39°	$28^{\circ} 15'$	$27^{\circ} 20'$	1,744	1,724

Die kleine Anzahl der isomorphen Substanzen, die ich aus der sehr wenig ausgedehnten Klasse der geraden quadratischen Prismen bisher gemessen habe, besitzen also bei ähnlicher geometrischer Gestalt analoge optische Eigenschaften.

Rhomboëdrisches oder hexagonales System.

Salpetersaures Natron	$\text{NaO} \cdot \text{N}_2\text{O}_5$
Kohlensaurer Kalk	$\text{CaO} \cdot \text{CO}_2$
Schwefelsaures Kali?	$\text{K O} \cdot \text{SO}_3$

Der Kalkspath krystallisirt in Rhomboëdern von 105° , das salpetersaure Natron in welchen von $106^{\circ} 30'$; beide besitzen bekanntlich die Axe der größten Elasticität zur optischen Axe und ein sehr starkes, wenig verschiedenes Doppelbrechungs-Vermögen. Das schwefelsaure Kali, dessen prismatische Gestalt sich der des Arragonits nähert ¹⁾, entfernt sich auch vielleicht nicht viel vom Kalkspath unter dessen hexagonaler Gestalt ²⁾. Ich habe seine optischen Constanten gemessen.

1) J. F. L. Hausmann, Poggendorff's Ann. Bd. LXXXIII, S. 572.

2) Die Isomorphie des hexagonalen schwefelsauren Kalis und des rhomboëdrischen kohlensauren Kalks ist bei weitem nicht erwiesen. Indefs habe ich vom ersteren einige hexaëdrische Prismen erhalten. (Fig. 5 Taf. IV des vorigen Bandes) deren Kanten zugespitzt waren durch eine Reihe von Flächen *b*, die unter einander um $49^{\circ} 20'$, also gegen die Base *P* um $123^{\circ} 25'$ neigten (die directe, wegen Unregelmäßigkeit der Flächen *M* und *P* weniger genaue Beobachtung gab $122^{\circ} 57'$ und

Winkel der Prismen.	Minimum-Ablenkung.		Indices.	
	ordentlich.	aufserordentl.	ordentlich.	aufserordentl.
32° 13'	16° 42'	17° 0'	1,493	1,501
53 5	30 33	31 13	1,493	1,502

Die zu diesen Bestimmungen angewandten Prismen waren aus regelmässigen, aber etwas trüben Krystallen geschnitten.

Beim hexagonalen schwefelsauren Kali ist also die optische Axe die der kleinsten Elasticität, was sich überdies durch die Beobachtung der Ringe bestätigt.

Hyposulfat von Kalk, von Strontian und von Blei.

Unterschwefelsauren Kalk erhielt ich in dicken Krystallen von hexagonaler Gestalt, die ringsum eine Zuschärfung von etwa 120° zeigten. Unterschwefelsaurer Strontian bildet gewöhnlich dünnere Lamellen, mit ähnlichen Zuschärfungen von etwa 119° 54'. Diese Messung ist übrigens unsicher, weil die Seitenflächen schwach gestreift sind.

Zwei Krystallisationen von unterschwefelsaurem Bleioxyd wichen in ihren Formen etwas von einander ab.

Die erstere bildete dünne hexagonale Tafeln, mit paarweise ungleichen Flächen, deren Seitenkanten paarweise ersetzt waren durch eine doppelte Reihe von Flächen, die Winkel von 139° 50' und 120° mit der unteren und oberen Basis machten. Die übrigen Krystalle waren sehr dick und alle unteren und oberen Seitenkanten trugen dieselben

123° 32') und durch eine zweite Reihe b' , welche gegen dieselbe Base um etwa 142° 29' neigten; auch waren die Ecken abgestumpft durch Flächen a , welche mit dieser Base den Winkel 127° 18' machten.

Diese Formen lassen sich leicht aus einander ableiten, weil zunächst b , a , b und dann b' , a , M zu einer und derselben Zone gehören.

Wenn die Flächen a eine birhombödrische Gestalt bilden, so würde deren Axe $\frac{1}{3}$ von der Axe eines Rhomboëders von 105° 10' seyn.

selben Flächen, in Begleitung anderer, die mit denselben Basen Winkel von $130^{\circ} 15'$ und $105^{\circ} 50'$ bildeten.

Diese verschiedenen Flächensysteme führen also zu Rhomboëdern oder zu birhomboëdrischen Isosceloëdern, deren Hauptaxen sich zu einander wie die Zahlen 2, 1, $\frac{1}{2}$ und $\frac{2}{3}$ verhalten.

Es ist unmöglich, bei diesen drei Salzen die Brechungsindices direct zu messen, allein die kreisrunden Ringe lassen sich durch ihre natürlichen Grundflächen leicht beobachten. Beim Kalk- und beim Strontiansalz ist die optische Axe die Axe der größten, beim Bleisalz die der kleinsten Elasticität.

Krystalle mit zwei optischen Axen.

Gerades prismatisches System mit rhombischer Basis.

Schwefelsaure Talkerde

Schwefelsaures Zinkoxyd

Chromsaure Talkerde

$\text{BO. RO}_3 + 7\text{H}_2\text{O.}$

Alle diese Salze krystallisiren in geraden rhomboïdalen Prismen von etwa $90^{\circ} 38'$ mit einer die scharfe Kante abstumpfenden Fläche von $89^{\circ} 22'$, parallel einer leichten Spaltbarkeit; am Scheitel tragen sie nur die Flächen eines Rhombenoctaëders von $127^{\circ} 22'$ und $126^{\circ} 48'$, aufgesetzt auf die horizontalen Kanten des Prismas, selten Abstumpfungsflächen der stumpfen Kanten dieses Octaëders, die sich unter einem Winkel von etwa 120° treffen.

Die Ebene der optischen Axen ist parallel der rhombischen Basis, die Mittellinie parallel der großen Diagonale dieser Basis. Stellte man also die Flächen des Prisma von 120° und 60° , welche die stumpfen Kanten des Octaëders abstumpfen, vertical, wobei die Ebene der leichten Spaltbarkeit parallel wird der neuen Basis, so würde die Ebene der optischen Axen parallel seyn der großen Diagonale dieser neuen rhombischen Basis und der Höhe des Prismas, die Mittellinie parallel dieser Höhe.

Ich maß den scheinbaren Winkel der optischen Axen, gesehen durch Flächen parallel der leichten Spaltung, so

wie die nöthigen Indices, um hieraus den wahren inneren Winkel abzuleiten.

Messung der Winkel zwischen den Axen.

	Winkel der Prismen.	Minimum-Ablenkung.	Entsprechende Indices
Schwefelsaure Talkerde	55° 22'	30° 0'	1,459
	49 4	25 15	1,454
Schwefelsaures Zink	51 6	28 27	1,483
	42 30	22 43	1,486

Messung der Indices.

	Scheinbarer Winkel.	Wahrer innerer Winkel.
Schwefelsaure Talkerde	56° 56'	38° 11'
Schwefelsaures Zink	64 18	44 2

Die Mittellinie ist in den Sulfaten und in dem Chromate die Axe der größten Elasticität.

Salpetersaures Kali	KO. N ₂ O ₅
Arragonit	BO. C O ₂ .
Weißbleierz	

Das salpetersaure Kali krystallisirt, nach Hrn. Miller, in geraden rhombischen Prismen von 118° 50', mit tangentiellen Abstumpfungen der scharfen und stumpfen Kanten und am Scheitel mit mehren, der kleinen Diagonale der Base parallelen Flächen, nebst den Flächen eines auf die Kanten dieser Base aufgesetzten Rhombenoctaëders von 91° 46' und 131° 22'.

Die Ebene der optischen Axen ist parallel der großen Diagonale der Base und der Höhe des Prisma, die Mittellinie parallel dieser Höhe.

Hr. Miller hat auch beim salpetersauren Kali die drei optischen Constanten und den von den Axen eingeschlossenen Winkel bestimmt ¹⁾. Er hat gefunden, daß die Constanten *a*, *b*, *c* den Zahlen 1,333, 1,5046 und 1,5052 umgekehrt proportional sind, und daß die Mittellinie die

1) Pogg. Ann. Bd. L, S. 376.

Axe der größten Elasticität ist. Dieß Resultat wird auch durch die gewöhnlichen Compensationsmittel bestätigt.

Der Arragonit krystallisirt in geraden rhombischen Prismen von $116^{\circ} 16'$, abgestumpft an den scharfen Kanten durch tangentielle Flächen, und am Scheitel versehen mit mehren der kleinen Diagonale der rhombischen Base parallelen Flächen, nebst den Flächen eines auf den Kanten dieser Basis ruhenden Octaëders von $93^{\circ} 30'$ und $129^{\circ} 37'$. Die Ebene der optischen Axe ist der großen Diagonale der Base und der Höhe des Prismas parallel, die Mittellinie parallel dieser Höhe.

Die drei optischen Constanten des Arragonits sind von Rudberg bestimmt ¹⁾ und scheinen nach den Exemplaren etwas verschieden zu seyn. Die Mittellinie ist die Axe der größten Elasticität.

Vom Strontianit standen mir keine zur Beobachtung geeignete Exemplare zu Gebote. Ebenso habe ich vom Witherit und vom gerade-prismatischen Baryto-Calcit mehr als zwanzig Krystalle von verschiedenen Handstufen, in sehr schönen Pseudo-Isosceloëdern, zerschneiden lassen, ohne einen einzigen zu finden, der nicht wenigstens sechs verschieden orientirte Stellen (*plages orientées*) gezeigt hätte, deren Trennungslinien mitten auf die Seiten des Sechsecks ausliefen; jede dieser Stellen bestand wiederum aus tausenden von hemitropen Lamellen, welche die Regelmäßigkeit der isochromatischen Curven gänzlich zerstörten. Der Bleispath war krystallisirt in Prismen von $117^{\circ} 13'$, abgestumpft an den scharfen Ecken durch tangentielle Flächen, versehen am Scheitel mit zwei der kleinen Diagonale der Base parallelen Flächen, nebst den Flächen eines auf den Kanten dieser Basis ruhenden Octaëders von $92^{\circ} 19'$ und 130° .

Die Ebene der optischen Axe ist parallel der kleinen Diagonale der rhombischen Basis und der Höhe des Prismas; die Mittellinie parallel dieser Höhe.

1) *Ann. de chim. et de phys. T. XLVIII. p. 225.* (Diese Ann. Bd. XVII, S. 1.)

Der äußere Winkel der optischen Axen beträgt, nach Brewster, $5^{\circ} 15'$. Die Mittellinie ist die Axe der größten Elasticität.

Kalkspath und Bleispath, welche nicht allein isomorph sind, sondern auch, sowohl in prismatischer ¹⁾ als in rhomboëdrischer Form ²⁾, zusammenzukrystallisiren vermögen, haben also, wie man sieht, ihre optischen Axen in rechtwinklichen Ebenen und eine Mittellinie von gleichem optischen Charakter. Das salpetersaure Kali nähert sich dem Arragonit.

Sulfate von Baryt, Strontian und Blei,
Anhydrit?
BO. SO_3 .

Die Sulfate von Baryt, Strontian und Blei sind entschieden isomorph; und wenn man das durch die Spaltungsflächen bestimmte gerade rhombische Prisma zur Grundform annimmt, ist die Ebene der optischen Axen parallel der Höhe des Prismas und der kleinen Diagonale der Basis, und die Mittellinie parallel dieser kleinen Diagonale.

Die Ringe beobachtete ich an Platten von schwefelsaurem Baryt und schwefelsaurem Strontian, die tangentiell gegen die stumpfen Kanten der Prismen von $101^{\circ} 42'$ und 104° geschnitten waren. Sehr deutlich sah ich sie auch an einem Krystalle von schwefelsaurem Blei durch die Flächen, welche die Base durch eine Zuschärfung von $135^{\circ} 16'$ (a^4 bei Levy und Dufrénoy) ersetzen, deren Kante parallel ist der großen Diagonale der Base.

Diese, bei Leadhills vorkommenden Krystalle sind klein und gestreift; sie zeigen nur die erwähnten Abstumpfungen und die Flächen des Prismas von $103^{\circ} 40'$. Die Streifen hindern an jeglicher Messung.

1) Die bleihaltigen Arragonite von Tarnowitz enthalten bis zu 0,0386 kohlen-saures Bleioxyd (Pogg. Ann. Bd. 47, S. 497.)

2) Der krystallisirte Plumbocalcit, sowie der in Rhomboëdern von $104^{\circ} 53'$ vorkommende Kalkspath (Brewster), enthält 0,78 kohlen-saures Bleioxyd (Edinburgh Journ. of Scienc. T. VI. p. 79).

An einem dieser Krystalle liefs ich parallel der rhombischen Base von $103^{\circ} 40'$ Flächen schneiden und überzeugte mich dadurch, dafs sowohl beim schwefelsauren Blei als beim schwefelsauren Baryt und Strontian, die Mittellinie die Axe der kleinsten Elasticität ist.

Diese drei isomorphen Sulfate haben also gleichen optischen Charakter.

Die Formen des Anhydrits weichen gemeiniglich von denen der genannten Sulfate ab. Kleine Mengen von schwefelsaurem Kalk können indefs mit dem schwefelsauren Baryt und schwefelsaurem Strontian zusammenkrystallisiren und Hr. Hausmann hat Anhydritkrystalle untersucht, die sich sehr den Formen des schwefelsauren Strontians nähern ¹⁾).

Stellt man die als homolog zu betrachtenden Flächen parallel, so reducirt sich der Anhydrit auf ein gerade rhombisches Prisma von $98^{\circ} 54'$, mit drei Spaltbarkeiten, einer sehr leichten parallel der Base, einer ebenfalls sehr leichten parallel der geraden Abstumpfung der stumpfen Verticalkante, und einer dritten, weniger leichten, parallel der geraden Abstumpfung der scharfen Verticalkante. Dieses Prisma zeigt verschiedene Modificationen, unter welchen man diejenigen unterscheidet, welche die Base ersetzen durch eine Zuschärfung von $105^{\circ} 8'$, deren Kante parallel ist der grofsen Diagonale dieser Base (a^2 am schwefelsauren Strontian, Levy und Dufrénoy).

Die Ebene der optischen Axen ist parallel der Höhe des Prismas und der grofsen Diagonale seiner Base, die Mittellinie parallel dieser grofsen Diagonale.

Die Werthe der drei optischen Constanten a , b , c sind, nach Miller ²⁾), umgekehrt proportional den Zahlen 1,614, 1,571 und 1,576. Der innere Winkel der optischen Axen beträgt $40^{\circ} 37'$; die Mittellinie ist also die Axe der gröfsten Elasticität.

1) Pogg. Ann. Bd. 83, S. 572.

2) Ib. Bd. 55, S. 525.

Schwefelsaures Kali. Chromsaures Kali.
B O. R O₃.

Diese zwei Substanzen waren beide in longitudinal gestreiften Prismen krystallisirt, an denen sich leicht der Winkel $73^{\circ} 30'$ erkennen liefs; die Enden tragen ebene und spiegelnde Flächen eines Octaëders von etwa $92^{\circ} 30'$ und $112^{\circ} 40'$, mit geraden Abstumpfungen der Octaëderkanten, die sich, nach Mitscherlich, beim schwefelsauren Kali unter $120^{\circ} 24'$, und beim chromsauren unter $120^{\circ} 41'$ treffen.

Die Ebene der optischen Axen ist parallel der rhombischen Base, und die Mittellinie parallel der großen Diagonale dieser Base. Wenn man also die Flächen der Prismen von $120^{\circ} 24'$ und $120^{\circ} 41'$, welche die Octaëderkanten abstumpfen, vertical stellte, würde die Ebene der optischen Axe parallel seyn der Höhe des Prismas und der großen Diagonale der neuen Base, und die Mittellinie parallel dieser großen Diagonale.

Durch eine künstliche, die Kante von $73^{\circ} 30'$ gerade abstumpfende Fläche lassen sich die Ringe leicht beobachten, und man findet dadurch den scheinbaren Winkel der optischen Axen beim schwefelsauren Kali $= 100^{\circ} 52'$ und beim chromsauren $= 92^{\circ} 20'$.

Die Dispersion der den verschiedenen Farben entsprechenden optischen Axen, die beim Sulfat schwach ist, ist beim Chromat ziemlich stark, und die chromatischen Curven sind nach außen orange, nach innen grünlich.

Ich maafs die Brechungsindices eines in der Ebene der optischen Axe liegenden und in derselben polarisirten Strahls.

	Winkel der Prismen.	Minimum-Ablenkung.	Entsprechende Indices.
Schwefelsaures Kali	57° 4'	34° 3'	1,494
Chromsaures Kali	52 16	46 20	1,722
	40 3	32 9	1,722

Daraus folgt, daß der innere Winkel der optischen Axen beim schwefelsauren Kali $66^{\circ} 54'$ und beim chrom-

sauren $49^{\circ} 32'$ beträgt. Diefes doppelte Resultat bestätigt sich überdiets durch besondere Folgerungen.

Die Ringe beobachtet man beim schwefelsauren Kali leicht durch die Flächen des Prismas von $73^{\circ} 28'$ und $112^{\circ} 22'$. Im ersten Fall machen die Axen einen scheinbaren Winkel von $45^{\circ} 56'$ und im zweiten einen von $66^{\circ} 52'$.

Diese Data reichen hin, den innern Winkel der optischen Axen zu berechnen, ohne dafs man den Refraktionsindex zu bestimmen braucht¹⁾; mit den vorhergehenden Messungen findet man diesen Winkel $= 67^{\circ} 20'$, fast identisch mit dem ersten.

Ebenso beobachtet man beim chromsauren Kali die Ringe durch die Flächen des Prismas von $73^{\circ} 28'$. Sie haben, wenigstens anscheinend, das Grün nach aufsen und das Orange nach innen; allein es ist leicht zu erkennen, dafs die Axen sich nach dem Austritt gekreuzt haben, und dafs der Winkel, den sie sonach einschliessen, gleich $4^{\circ} 7'$ gefunden ward. Nun geht aus den vorhin aufgestellten Daten hervor, dafs die scheinbaren optischen Axen mit der Normale der Austrittsflächen einen Winkel von $55^{\circ} 13'$ bilden müssen; allein diese Normalen machen mit der Mit-

- 1) Sey m der halbe Winkel zwischen den Normalen des ersten Flächenpaars; M derselbe Winkel für das zweite Paar; φ der halbe innere Winkel der optischen Axen; r und R ihre innere Incidenz an beiden Arten von Flächen; i und J die entsprechenden Austrittswinkel; ϑ und Θ die halben scheinbaren Winkel der optischen Axen nach ihrem Austritt; l der Refraktionsindex,

so ist (Fig. 6 Taf. IV. des vorigen Bandes)

$$m = r + \varphi = i + \vartheta; \quad M = R + \varphi = J + \Theta$$

$$\sin(m - \vartheta) = l \sin(m - \varphi); \quad \sin(M - \Theta) = l \sin(M - \varphi)$$

woraus

$$\tan\left(\frac{M+m}{2} - \varphi\right) = \tan\frac{M-m}{2} \frac{\tan\left[\frac{1}{2}(M+m) - (\vartheta + \Theta)\right]}{\tan\left[\frac{1}{2}(M-m) + (\vartheta - \Theta)\right]}.$$

Im gegenwärtigen Fall ist:

$$m = 33^{\circ} 19'; \quad M = 53^{\circ} 17'; \quad \vartheta = 33^{\circ} 26'; \quad \Theta = 22^{\circ} 53'$$

$$\tan(43^{\circ} 33' - \varphi) = \tan 9^{\circ} 44' \frac{\tan 15^{\circ} 5'}{\tan 15^{\circ}}; \quad \varphi = 33^{\circ} 40'.$$

tellinie nur einen Winkel von $53^{\circ} 16'$, folglich kreuzen sich die scheinbaren Axen unter der doppelten Differenz oder $3^{\circ} 54'$, einem Winkel, der dem direct beobachteten ziemlich nahe kommt.

Die Mittellinie der optischen Axen ist beim schwefelsauren Kali die Axe der kleinsten Elasticität, und beim chromsauren die der größten, ein Resultat, welches sich an mehreren, in verschiedenen Richtungen geschnittene Flächen bestätigte.

Links- und rechtsweinsaures Natron - Kali

Links- und rechtsweinsaures Natron - Ammoniak

$(\text{NaO} + \text{RO}). \text{C}_8\text{H}_8\text{O}_{10} + 8\text{H}_2\text{O}.$

Diese Salze, welche zu untersuchen mir die Gefälligkeit des Hrn. Pasteur erlaubt hat, boten ein besonderes Interesse dar; denn nicht nur, daß eine vollständige Isomorphie in fast allen Theilen ihrer Form das links- und das rechtsweinsaure Natron - Ammoniak nicht verhindert aus gemeinschaftlicher Lösung gesondert herauszukrystallisiren, reicht diese Tendenz sogar hin, die Rechts- und die Links-Säure von einander zu trennen, ungeachtet ihre Verbindung zuvor mit solcher Energie geschah, daß sich eine merkliche Wärme entwickelte.

Diese vier Salze krystallisiren durchaus auf dieselbe Weise in rhomboïdalen Prismen mit vielen Modificationen der Seitenkanten. Von diesen unterscheiden sich am deutlichsten und entwickeltsten die eines ersten rhombischen Prismas von etwa $100^{\circ} 30'$, ferner die eines zweiten rhombischen Prismas von etwa 135° , welches die stumpfen Kanten des ersteren abstumpft, und endlich die des rechtwinklichen Prismas, gebildet aus den Abstumpfungen der stumpfen und scharfen Kanten dieser beiden Prismen.

Das linksweinsaure Natron-Kali hat genau dieselben doppeltbrechenden optischen Eigenschaften wie das rechtsweinsaure. Ich habe mich davon auf folgende Weise versichert.

1. Zwei mit derselben Fläche und in paralleler Lage auf eine selbe Glasplatte geklebte Krystalle zeigen, wenn

sie dann nach irgend einer Richtung zu Prismen zerschnitten werden, durchaus einerlei Refraction.

2. Es ist unmöglich an den isochromatischen Curven, welche zwei gleichdicke Platten zeigen, den geringsten Unterschied aufzufinden; an beiden ist alles identisch, Winkel und Dispersion der optischen Axen. Diese absolute Identität läßt sich indeß durch eine noch entscheidendere Probe erweisen.

Bekanntlich ist die Mittellinie lothrecht auf der rhombischen Basis des Prismas von $100^{\circ} 30'$. Zerschneidet man nun zwei Platten, eine links- und eine rechtsweinsäure, unter Schonung dieser Fläche, und legt sie dann mit den natürlichen Basen, mittelst etwas Canadabalsam vereinigt, auf einander, so gelingt es, nach einigem Probiren, die Krystalle in vollkommenen Parallelismus zu bringen, und man sieht dann durch die complexe Platte ein einziges System von isochromatischen Curven, wie durch eine einfache Platte von gleicher Dicke mit der Summe der partiellen Dicken. Nichts ist geändert, weder in der sonderbaren Gestalt der Ringe, noch in der Anordnung der Farben.

Hr. Herschel fand beim rechtsweinsäuren Natron-Kali den Winkel der optischen Axen für die rothen Strahlen $= 76^{\circ}$ und für die violetten $= 56^{\circ}$, ferner den Refraktionsindex der rothen Strahlen $= 1,4929$ und den der mittleren grünen $= 1,4985$, wenn beide in der Ebene der optischen Axen liegen und in derselben polarisirt sind. Dieselben Angaben gelten also für das linksweinsäure Salz. Schneidet man jedoch, nach diesen Grundsätzen, Platten aus dem Seignettesalz winkelrecht gegen die optische Axe der mittleren Strahlen, so ersieht man leicht, daß die Neigung der Axen etwas größer ist als Hr. Herschel angiebt.

Ich beobachtete die isochromatischen Curven durch mehre, aus beiden Salzen parallel der rhombischen Basis geschnittenen Platten, die zwischen die Hypothenusen zweier rechtwinklichen gleichschenkligen Glasprismen ge-

hörig eingeklebt waren. Durch dieses Verfahren werden die Axen, die zu sehr divergiren als dafs man sie direct durch eine Platte mit parallelen Flächen sehen könnte, beim Austritt convergenter, und so habe ich mich überzeugt, dafs in beiden Salzen die Ebene der optischen Axe parallel ist der kleinen Diagonale der rhombischen Base.

Die Mittellinie ist die Axe der größten Elasticität ¹⁾.

Links- und rechts Natron-Ammoniak einerseits, und links- und rechtsweinsaures Natron-Kali andererseits haben also vollkommen idente optische Eigenschaften; davon habe ich mich durch wiederholte Versuche überzeugt. Dagegen weichen die Ammoniaksalze merklich von den Kalisalzen ab.

Beim links- und rechtsweinsauren Natron-Ammoniak ist die Mittellinie zwar noch parallel der Höhe des rhombischen Prismas von $100^{\circ} 30'$, allein die Ebene der optischen Axen ist parallel der grofsen Diagonale der rhombischen Basis, folglich lothrecht auf der Diagonal-Ebene, worin die optischen Axen des Kalisalzes liegen würden. Die optischen Axen der verschiedenen Farben zeigen eine wenigstens gleiche Dispersion wie sie Hr. Herschel beob-

- 1) Da diefs letztere Resultat der Angabe des Dr. Brewster, die von andern Physikern bestätigt zu seyn scheint, widerspricht, so will ich die von mir zur Bestätigung desselben angewandten Mittel auseinandersetzen.

Aus grofsen, ganz reinen Seignettesalz-Krystallen, deren Form ich zuvor bestimmt hatte, wurden drei grofse und dicke Platten geschnitten, die eine parallel der rhombischen Basis, die beiden anderen parallel den sehr entwickelten Flächen des rechtwinklichen Prismas; alle diese Platten waren seitlich durch die natürlichen Flächen begränzt, so dafs über die zu bestimmenden Richtungen kein Versehen obwalten konnte.

An der ersten bestimmte ich die Lage (*trace*) der Ebene der optischen Axen, indem ich die Ringe durch rechtwinkliche Glasprismen beobachtete; dann ermittelte ich, dafs diese Platte, auf einen parallelen Quarz gelegt, Farben im polarisirten Licht entwickelt, sobald die Ebene der optischen Axen winkelrecht ist auf der Axe des Quarzes. Die beiden anderen, der Mittellinie parallelen Platten entwickeln bei derselben Methode Farben, wenn die Mittellinie parallel ist der Axe der Quarzplatte.

achtet hat; die Winkeldivergenz ist im Allgemeinen weniger bedeutend wie bei den vorhergehenden Salzen, und die isochromatischen Curven lassen sich durch eine auf der Mittellinie lothrechte Platte leicht beobachten.

Ich bestimmte den mittleren Index eines in der Ebene der optischen Axen liegenden und polarisirten Strahls und den scheinbaren Winkel dieser Axen entsprechend dem ziemlich homogenen Roth, welches ein Glas von dieser Farbe durchläßt, und dem Violett, welches eine concentrirte Lösung von kohlensaurem Kupfer-Ammoniak liefert; diese letzteren Beobachtungen sind übrigens keiner grossen Genauigkeit fähig.

Bestimmung des mittleren Brechungsindex.

	Winkel der Prismen.	Minimum-Ablenkung.	Index.
Linksweinsaures Salz	48° 14'	27° 22'	1,490
Rechtsweinsaures Salz	39 5		1,495

Bestimmung des Winkels der optischen Axen.

	scheinbar.	wirklich.
Rothe Strahlen	100°	62°
Violette Strahlen	70	46

Die Mittellinie ist die Axe der grössten Elasticität.

Schiefes prismatisches System.

Rechtsweinsäure und Linksweinsäure
 $C_4H_4O_5 \cdot H_2O$.

Diese beiden Säuren besitzen die von Hrn. Pasteur beschriebenen Formen ¹⁾, deren Flächen ich auch durch die von ihm gebrauchten Buchstaben bezeichnen will.

Die optischen doppeltbrechenden Eigenschaften derselben sind durchaus identisch, denn man kann zwei Spaltungsflächen in paralleler Lage auf eine selbe Glasplatte kleben und die brechenden Winkel in irgend einer Rich-

1) *Ann. de chim. et de phys. Ser. III. T. XXVIII, p. 56*

tung schneiden, so ist doch die Doppelbrechung in beiden Krystallen durchaus dieselbe.

Die horizontale Diagonale der Basis ist parallel der Mittellinie des *stumpfen* Winkels der optischen Axen, und die Ebene dieser letzten macht einen Winkel von $20^{\circ} 27'$ mit der Normale der Fläche *M*; daraus folgt, dafs die Ringe schwer durch die natürlichen Flächen zu sehen sind, und dafs es vor allem an genauen Mitteln zur Messung der gegenseitigen Neigung der optischen Axen fehlt.

Man kann die Ringe wahrnehmen, wenn man eine Platte, deren parallele Flächen künstlich in winkelrechter Richtung gegen die horizontale Diagonale der rhombischen Base geschnitten sind, zwischen zwei zweckmäfsig gerichtete gleichseitige Glasprismen klebt. Dadurch fand ich den stumpfen Winkel der optischen Axen etwa $= 120^{\circ}$; allein es ist einleuchtend, dafs diefs Verfahren keine grofse Genauigkeit zuläfst.

Die Richtung der Mittellinie habe ich nach der ersten Methode bestimmt, indem ich künstlich eine gehälfte gegen die Normale der Spaltung hemitrope Platte zusammensetzte, und diefs Beobachtungsmittel ist hier um so genauer, als das Brechungsvermögen bedeutender ist. Zehn übereinstimmende Beobachtungen lieferten mir den oben angeführten und in der Fig. 7 Taf. IV angegebenen Winkel. Die Mittellinie ist die Axe der gröfsten Elasticität.

Rechts- und linksweinsaures Ammoniak

Beide Salze zeigen die von Hrn. Pasteur beschriebene Form ¹⁾, deren Flächen ich auch durch die von ihm gebrauchten Buchstaben bezeichnen werde.

Die optischen Eigenschaften sind durchaus identisch; davon kann man sich überzeugen, wenn man zwei Krystalle mit ihren Spaltungsflächen oder mit ihren gemeinlich recht sauberen Flächen *M* auf eine Glasplatte klebt. Haben die beiden Krystalle eine parallele Lage, so be-

1) *Ann. de chim. et de phys. Ser. III. T. XXXIII. p. 56.*

sitzen die Prismen, die man irgend wie daraus schneidet, genau dieselbe Refraction. Man kann die Identität noch durch eine empfindlichere Probe erweisen. Eine der optischen Axen ist, wie man weiterhin ersehen wird, fast winkelrecht auf der leichten Spaltbarkeit. Spaltet man also vom rechtsweinsäuren und vom linksweinsäuren Salz eine Platte ab und klebt sie in paralleler Richtung zusammen, so fallen die Ringe vollständig zusammen und dieß System wirkt wie eine einzige Platte von der Dicke der Summe der partiellen Dicken.

Die Ebene der optischen Axen ist winkelrecht auf der horizontalen Diagonale der rhombischen Basis. Die Richtung der Mittellinie habe ich durch die zweite Methode bestimmt.

Bestimmung der Brechungsindices.

	Brechende Winkel.	Minimum- Ablenkung.	Indices.
Rechtsweinsäures Salz	39° 27'	22° 51'	1,534 ¹⁾
Linksweinsäures Salz	40 1	23 16	1,533

Um die Lage der Mittellinie zu bestimmen, schnitt ich eine Platte, deren beide Flächen parallel waren der horizontalen Diagonale der rhombischen Basis und deren Normale einen Winkel von 18° 22' mit der Normale von *P* und einen Winkel von 79° 40' mit der Normale von *M* machte, da die letzten einen Winkel von 88° 2' einschließen. Durch diese Platte konnte ich die beiden Ringsysteme wahrnehmen, und so fand ich die scheinbaren Winkel, welche die erste und zweite optische Axe mit der Normale bilden, respective gleich 27° 3' und 32° 32', entsprechend

1) Hr. Miller hat für dasselbe Salz einen andern Index gefunden (*Tr. of the Cambridge Soc. T. V*). Er maß die Minimum-Ablenkung durch die Flächen *M* und *b*, deren Winkel er zu 39° 53' angiebt, und fand sie = 25° 17'. Ich operirte mit denselben Flächen schwach polirt, fand deren Winkel zu 39° 27', die ordentliche Ablenkung = 22° 51' und die außerordentliche = 25° 1'. Hr. Miller scheint also aus Versehen den einen für den andern Strahl genommen zu haben.

den äußeren Winkeln $17^{\circ} 22'$ und $20^{\circ} 40'$. Der innere Winkel dieser Axen ist also $38^{\circ} 2'$. Daraus folgt, daß die Mittellinie um $16^{\circ} 43'$ gegen die Normale der Fläche P und um $71^{\circ} 19'$ gegen die von M neigt (Fig. 8 Taf. IV. des vorigen Bandes).

Diese Figur stellt einen idealen Durchschnitt des Krystalls, parallel der Ebene der optischen Axen dar; sie zeigt die Richtung der Normalen der Flächen, die der optischen Axen und ihrer Mittellinie.

Dies Resultat läßt sich übrigens prüfen, da jede der optischen Axen gegen die Mittellinie um $19^{\circ} 1'$ neigt, und die erstere mit der Normale von P einen inneren Winkel von $2^{\circ} 18'$ und einen äußeren von $3^{\circ} 31'$ bildet.

Klebt man also zwei zu P parallel abgespaltete Lamellen parallel unter sich, aber verkehrt liegend, auf eine Glasplatte, so sieht man die einer jeden zugehörigen Ringe und man findet die entsprechenden optischen Axen in der Luft unter dem Winkel $6^{\circ} 59'$ neigend, fast einem doppelt so großen wie vorhin.

Die Mittellinie ist die Axe der kleinsten Elasticität.

Neutrales phosphorsaures und neutrales arsensaures Natron.

Diese Salze, deren Form von Hrn. Mitscherlich beschrieben ist ¹⁾, haben ihre optischen Axen in einer auf der horizontalen Diagonale der rhombischen Basis lothrechten Ebene und scheinen in den optischen Eigenschaften vollkommen identisch zu seyn.

Wegen ihrer leichten Efflorescenz hält es schwer, die Richtung der optischen Axen und die Brechungsindices genau zu bestimmen; klebt man aber zwei Krystalle, einen phosphorsauren und einen arsensauren, Basis an Basis, in paralleler Lage zusammen, so kann man erweisen, daß die Brechung und die Richtung der optischen Elasticitätsaxen bei beiden nicht merklich verschieden ist.

Ich klebte auch zwei phosphorsaure und zwei arsen-

1) *Ann. de chim et de phys. Ser. II. T. XIX. p. 419.*

saure Krystalle mit ihren Basen in hemitroper Stellung an einander und fand so die Neigung der Mittellinie gegen die Normale dieser Base P zu $64^{\circ} 35'$ und gegen die Normale von d zu $118^{\circ} 7'$, indem die Normalen von P und d den Winkel $53^{\circ} 32'$ mit einander bilden.

Dieses Resultat weicht wenig von dem des Hrn. Miller ab; übrigens macht die Schwäche des Brechungsvermögens alle experimentellen Verfahren wenig empfindlich.

Doppelsulfate von Kali oder Ammoniak mit Sulfaten der Magnesiareihe
 $\text{BO. SO}_3 + \text{MgO. SO}_3 + 6\text{H}_2\text{O.}$

Diese zahlreiche Familie von isomorphen Salzen ist merkwürdig durch die fast vollständige Aehnlichkeit ihrer Krystallformen. Ich nahm als Typus das schwefelsaure Mangan-Kali, das mir die meisten Flächen dargeboten hat.

Die Fig. 9 Taf. IV. stellt vor eine orthogonale Projection der Hälfte der Flächen auf eine auf der horizontalen Diagonale lothrechte Ebene. Die Symbole der Flächen sind respective:

$P(001)$, $H(100)$, $G(010)$, $M(110)$, $g'(120)$, $g(130)$
 $O(\bar{1}01)$, $K(101)$, $T(201)$, $E(011)$, $b(\bar{1}11)$, $a(111)$
 $c(311)$.

Bei allen Salzen dieser Familie ist die Ebene der optischen Axen winkelrecht zur horizontalen Diagonalen der Base, und die Elasticitätsachsen sind beinahe ebenso gerichtet, indem ihre Mittellinie stets innerhalb des stumpfen Winkels der Normalen der Flächen H und P und der ersten ziemlich nahe liegt. Die Richtung derselben habe ich nach der ersten oder nach der zweiten, zuweilen nach beiden Methoden bestimmt; allein da die öftere Beschreibung der nämlichen Operationen häufige Wiederholungen einschloß, so will ich ein für alle Mal die Winkel mit Buchstaben bezeichnen und dann für jeden einzelnen Versuch den Zahlenwerth dieser Buchstaben angeben.

Erstes Verfahren. — Die Krystalle immer mit ihrer Base P zusammengeklebt.

α sey der stumpfe Winkel zwischen den Normalen der Flächen H und P . — ϑ der Winkel der Mittellinie mit der zweiten dieser Normalen. — 2φ die gegenseitige Neigung der zu beiden Krystallen gehörigen Mittellinien.

$$\vartheta = 90^\circ + \varphi.$$

Zweites Verfahren. — Die künstliche, der horizontalen Diagonale der rhombischen Base parallele Platte immer so geschnitten, daß ihre, der Mittellinie nahe Normale in den stumpfen Winkel α falle, wenn die Fig. 10 Taf. IV. einen idealen Durchschnitt des Krystalls senkrecht gegen dieselbe Diagonale der Base vorstellt.

λ sey der Winkel zwischen der Normale der künstlichen Platte und der Normale der Fläche P . — J und i seyen die Winkel zwischen der Normale der Platte und den optischen Axen, die erstere so gerichtet, daß sie sich von der Normalen der Fläche P entfernt, die zweite so, daß sie sich ihr nähert. — R, r die entsprechenden inneren Winkel; — 2ω der innere Winkel der optischen Axen; — β der Winkel ihrer Mittellinie mit der Normale der Platte; — m der Brechungsindex eines in der Ebene der optischen Axen liegenden und polarisirten Strahles

$$\sin R = \frac{1}{m} \sin J, \quad \sin r = \frac{1}{m} \sin i, \quad \omega = \frac{R+r}{2}$$

$$\beta = \omega - r = \frac{R-r}{2}, \quad \vartheta = \lambda - \beta = \lambda - \frac{R-r}{2}.$$

Bestimmung der Indices m .

Schwefelsaures Doppelsalz.	Winkel der Prismen.	Minimum-Ablenkung.	Index.
von Kali und Mangan	54° 10'	30° 42'	1,487
	50 29	28 11	1,487
von Kali und Nickel	44 45	34 37	1,492
	42 49	23 1	1,489
von Kali und Kobalt	38 32	19 16	1,469
	35 6	17 12	1,462
von Ammoniak und Talkerde	58 56	34 9	1,483
	39 17	20 31	1,476
von Ammoniak und Nickel	50 1	28 31	1,498
	46 9	25 51	1,500
von Ammoniak und Kobalt	54 35	31 37	1,491
	48 55	27 30	1,494
von Ammoniak und Zink	60 19	36 39	1,491
	49 47	27 57	1,491

Bestimmung des Winkels ϑ .

2 φ .	λ .	J.	i.	R.	r.	2 ω .	β .	$\vartheta = 90 + \varphi$.	$\vartheta = 1 - \beta$.
---------------	-------------	----	----	----	----	--------------	-----------	------------------------------	---------------------------

Schwefelsaures Doppelsalz von Kali und Mangan.

18° 42' | 98° 54' | 37° 4' | 42° 20' | 24° 2' | 27° 4' | 51° 6' | -1° 31' | 99° 21' | 100° 25'

Schwefelsaures Doppelsalz von Kali und Nickel.

15° 4' | 97° 50' | 46° 17' | 39° 7' | 29° 1' | 25° 3' | 54° 2' | +1° 54' | 97° 32' | 96° 56'

Schwefelsaures Doppelsalz von Kali und Kobalt.

15° 12' | 103° 40' | 52° 58' | 28° 45' | 33° 1' | 19° 10' | 52° 11' | +6° 55' | 97° 36' | 96° 45'

Schwefelsaures Doppelsalz von Kali und Eisen.

| | | | | | | | 98° 51' (Miller)

Schwefelsaures Doppelsalz von Ammoniak und Talkerde.

18° 2' | 92° 11' | 28° 47' | 51° 49' | 18° 59' | 32° 5' | 51° 4' | -6° 33' | 99° 1' | 98° 41'

Schwefelsaures Doppelsalz von Ammoniak und Nickel.

24° 2' | | | | | | | | 102° 1'

Schwefelsaures Doppelsalz von Ammoniak und Kobalt.

24° 0' | | | | | | | | 102° 0'

Schwefelsaures Doppelsalz von Ammoniak und Zink.

20° 16' | | | | | | | | 100° 8'

Das schwefelsaure Kali-Kobaltoxyd zeigt einen merkwürdigen Dichroismus. Eine auf der Mittellinie lothrechte Platte, mit einem Nicol'schen Prisma betrachtet, erscheint in weingelber (*couleur de vin paille*) oder violettrother Farbe, je nach dem die Polarisationsebene parallel oder winkelrecht zur Ebene der optischen Axen ist. Eine dieser Ebene parallele Platte erscheint gleichfalls violettroth oder rosenfarben mit einem Stich ins Orange, je nach dem die Polarisationsebene successive parallel oder winkelrecht zur Mittellinie ist.

Das schwefelsaure Ammoniak-Kobaltoxyd ist sehr schwach dichroitisch, die beiden Nickelsalze sind es noch schwächer.

In allen diesen Salzen ist die Mittellinie die Axe der kleinsten optischen Elasticität.

Aus obigen Versuchen ergeben sich drei Ordnungen von Thatsachen.

Zuvörderst erblickt man in vielen Gruppen der geometrisch und chemisch isomorphen Substanzen eine Aehnlichkeit in optischen Eigenschaften, die ganz der Aehnlichkeit ihrer Krystallformen vergleichbar ist. Die Isomorphie ihrerseits duldet in den geometrischen Elementen Abweichungen von fast gleicher Ordnung, und die Uebereinstimmung ist so, wie man von einem specifischen Unterschied der Natur mit einer fast vollständigen Identität der Structur erwarten mußte.

So verhalten sich z. B. die Bicarbonate und Biphosphate von Kali und Ammoniak; die Doppelchloride von Kupfer und Kalium, von Kupfer und Ammonium; die Sulfate von Zink und Talkerde, das Chromat von Talkerde, die Sulfate von Baryt, Strontian und Blei, das neutrale Phosphat und Arseniat von Natron, und die zahlreiche Gruppe der Doppelsalze, gebildet aus der Verbindung der Sulfate von Kali oder Ammoniak mit fast allen Oxyden der Magnesiasfamilie.

Die Fast-Einerleiheit der optischen Eigenschaften ist besonders merkwürdig bei diesen letzteren, auf ein symmetrisch schiefes Prisma zurückführbaren Salze. Nicht allein nämlich, daß die Werthe der drei Haupt-Elasticitäten fast dasselbe Verhältniß bewahren, haben auch die homologen Elasticitätsaxen fast dieselbe Richtung in dem Krystall und dennoch ist diese Richtung hier nicht eine gezwungene Folge der geometrischen Symmetrie.

Die Ausnahmen lassen nicht lange auf sich warten; man findet sie schon bei den links- und rechtsweinsäuren Salzen. Diese Salze sind geometrisch unvollkommen isomorph, weil sie eine unüberdeckbare Hemiëdrie zeigen; sie sind es nicht mehr chemisch, weil eine gleiche Elementarzusammensetzung sie nicht hindert, sich unter Wärme-Entbindung, in bestimmter Proportion zu vereinigen, zur

Bildung einer für jedes an specieller Gestalt, an Zusammensetzung und besonderen chemischen Eigenschaften verschiedenen Verbindung; aber dennoch zeigen diese nicht-isomorphen links- und rechtsweinsaurer Salze eine vollständige absolute Identität in den doppeltbrechenden Eigenschaften.

Endlich findet man eine dritte Klasse von Verbindungen, die, obwohl durch vollkommene Aehnlichkeit ihrer Gestalten geometrisch isomorph, durch Elementarzusammensetzung, chemische Verwandtschaft und die Fähigkeit des Zusammenkrystallisirens auch chemisch isomorph, dennoch ganz entgegengesetzte optische Eigenschaften besitzen.

So hat man gesehen, daß in den Hyposulfaten von Kalk, Strontian und Blei die einzige Axe doppelter Strahlenbrechung bald die Richtung der größten, bald die der kleinsten optischen Elasticität wird, daß in dem chromsauren und schwefelsauren Kali die mittlere Elasticitätsaxe gleiche Lage hat, die Axe der kleinsten und die der größten Elasticität aber ihre Richtungen gegenseitig vertauschen, endlich daß im Arragonit und Bleispath derselbe Tausch zwischen den Axen der kleinsten und der mittleren Elasticität stattfindet, während die Axe der größten Elasticität ihre Richtung unverändert behält.

Das weinsaure Natron-Kali und das weinsaure Natron-Ammoniak zeigen dieselben Verschiedenheiten noch auffallender durch eine sehr eigenthümliche Dispersion der verschiedenen Farben zukommenden optischen Axen. Alle merkwürdigen Eigenschaften, die Hr. Herschel für das Kali-Seignettesalz angegeben hat, finden sich bei dem Salze wieder, welches man Ammoniak-Seignettesalz nennen könnte. Fast dieselbe Auseinanderweichung der optischen Axen, eine fast gleiche Dispersion der Axen für verschiedene Farben, dieselbe Entstehung der isochromatischen Curven; Alles ist bei beiden ähnlich, aber die Axen öffnen sich in zwei diametralen rechtwinklichen Ebenen.

Es ist also wohl erwiesen, daß die Elasticität des ätherischen Mediums sich in gewissen isomorphen Substanzen

mit einer vollständigen Umkehrung der relativen Gröfse in derselben Richtung vorfindet. Da nun diese Elasticität, unter der Herrschaft der von dem molecularen Netze ausfließenden Kräfte, in den Krystallen ungleiche Werthe nach verschiedenen Richtungen annimmt, so müssen die Resultanten, welche sie nach diesen Richtungen ausüben, dieselbe Umkehrung in Gröfse darbieten, ohne dafs übrigens die Gestalt irgend eine wesentliche Aenderung in ihren Winkeln oder in der Anordnung ihrer Flächen erleidet.

Wenn diese Art von Beweglichkeit der optischen Eigenschaften in derselben geometrischen Hülle anderer Weise bedürfte, so würde man sie ohne Zweifel in den sonderbaren Erscheinungen finden, welche die krystallinischen Verbindungen der mit diesen entgegengesetzten optischen Eigenschaften begabten isomorphen Substanzen darbieten.

Krystalle aus Hyposulfaten von Strontian und Bleioxyd.

Unterschwefelsauren Strontian, dessen optische Axe die der größten Elasticität ist, liefs ich in verschiedenem und stufenweis verstärktem Verhältniſs zusammenkrystallisiren mit unterschwefelsaurem Bleioxyd, dessen optische Axe die der kleinsten Elasticität ist, oder vielmehr: ich verband unterschwefelsauren Strontian, in dem der ordentliche Strahl stets mehr gebrochen wird als der außerordentliche, mit unterschwefelsaurem Bleioxyd, worin das Umgekehrte stattfindet.

Die Farbenringe, welche die gemischten Krystalle im convergenten polarisirten Lichte zeigen, vergrößern sich anfangs, weil die doppelbrechende Kraft durch die Combination entgegengesetzter optischer Eigenschaften geschwächt wird; und darauf ziehen sie sich zusammen, sobald diese Kraft mit entgegengesetztem Zeichen wieder erscheint, so dafs es nicht schwer hält, in der Reihe der Salze von beiden Basen Krystalle anzutreffen, deren doppelbrechende Kraft fast gleichen absoluten Werth besitzt, während ihre

optische Axe bald die der größten, bald die der kleinsten Elasticität ist, oder worin in Folge deß der ordentliche und der außerordentliche Strahl ihre Richtung gegenseitig vertauschen.

Weil aber der Uebergang eines optischen Charakters in den entgegengesetzten allmählig und stetig zu geschehen scheint, müßte man Gemenge finden, in denen die Doppelbrechung vernichtet wäre, oder vielmehr, die sich für ein Ende des Spectrums wie unterschwefelsaures Bleioxyd verhielten, indem sie den ordentlichen Strahl weniger brächen als den außerordentlichen, während sie für das andere Ende wie unterschwefelsaurer Strontian wirkten, den ordentlichen Strahl stärker brächen als den außerordentlichen, und endlich für den mittleren Theil des Spectrums keine Doppelbrechung besäßen, also den ordentlichen und den außerordentlichen Strahl ungetrennt ließen.

Wirklich habe ich nach einigem Probiren Krystalle erhalten, die unter Amici's polarisirendem Mikroskop ein violettes Feld mit einem schwarzen Kreuze zeigen. Die Ringe sind durch fast vollständige Vernichtung der doppelbrechenden Kraft so ausgebreitet, daß das Mikroskop nur noch den zweiten dunklen Ring umfaßt. Allein da das Feld des ersten hellen Ringes eine gleichförmig violette Farbe zeigt, statt eines Weißes erster Ordnung, selbst wenn man weißes Licht gebraucht, so müssen alle Elemente dieses Lichtes, außer dem Violetten, im Zerleger ausgelöscht seyn. Sie haben also ihre ursprüngliche Polarisation behalten, und folglich keine Doppelbrechung erlitten.

Andere Krystalle zeigten, statt der violetten, eine blaue Farbe; als das Verhältniß des Strontiansalzes und Bleisalzes ein anderes war, so entzog sich ein anderer Theil des Sonnenspectrums der Doppelbrechung.

Interessant wäre es zu untersuchen, ob, bei dieser Umwandlung der optischen Eigenschaften, die Dispersion der Farben beim ordentlichen und außerordentlichen Strahl eine Umkehrung in der Richtung oder GröÙe erlitte; al-

lein da diese Versuche reine und grofse Krystalle erfordern, so mufste ich sie auf eine andere Zeit verschieben.

Krystalle aus Kali- und Ammoniak-Seignettesalz.

Schwefelsaures und chromsaures Kali verbinden sich auch zu sehr niedlichen Krystallen, die aber zu klein sind, um daran die optischen Eigenschaften leicht studiren zu können. Dagegen ist diefs leicht bei Krystallen bestehend aus Ammoniak-Seignettesalz, dessen optische Axen in einer gewissen diametralen Ebene geöffnet und dispergirt sind, und gesteigerten Antheilen von Kali-Seignettesalz ¹⁾, dessen optische Axen in einer darauf rechtwinklichen diametralen Ebene geöffnet und zerstreut sind. Die biaxiale Doppelbrechung und die starke Dispersion der optischen Axen für verschiedene Farben geben hier den Phänomenen ganz eigenthümliche Charaktere.

Der Winkel zwischen den optischen Axen, der beim Kalisalz ursprünglich 76° beträgt, vermindert sich gleichzeitig so wie die rothen Axen, die anfangs weiter aus einander standen als die violetten, sich einander nähern, weil sie rascher zusammengehen, so dafs sie endlich sich

- 1) Die complexen Krystalle sind im Allgemeinen weniger voluminöse als die einfachen und man mufs die Flüssigkeit stark ammoniakalisch halten, um die Fällung von saurem weinsaurem Kali zu verhüten.

Einer der vollständigsten von den gemischten Krystallen, in denen die Bestandtheile nahe in atomistischem Verhältnisse vorhanden seyn mufste, hatte die Form Fig. 11 Taf. IV. und die Normalen der Flächen bildeten folgende Winkel

$$P : h = P : N = P : M = P : g = \text{etc.} = 90$$

$$h : g = 90^\circ; g : M = 50^\circ 19'; g : N = 67^\circ 28'$$

$$P : e' = 12^\circ 20'; P : e'' = 23^\circ 37'; P : e''' = 41^\circ 10'$$

$$P : m' = 12^\circ 44'; P : m'' = 34^\circ 10'; P : \alpha = 14^\circ 46.$$

Man findet auch zwei andere verticale Prismen, wo die Normalen der Flächen μ und ν gegen die Normale von g respective unter $16^\circ 50'$ und $31^\circ 10'$ neigen; m' , n und h liegen in Einer Zone, ebenso m' , e' , m' .

Die symbolischen Bezeichnungen aller dieser Flächen sind

$$h (100), g (010), P (001), \mu (410), \nu (210), M (110), N (120)$$

$$e' (102), e'' (101), e''' (201), m' (111), m'' (331), \alpha (012), n (121)$$

$$A : B : H = 1,205 : 1 : 0,527.$$

vereinigen. In diesem Moment verschwindet die Dispersion der optischen Axen für die verschiedenen Farben und mit ihr die sonderbaren Anomalien in Form und Färbung, die Hr. Herschel bei den isochromatischen Curven beschrieben hat.

Darauf trennen sich die violetten und rothen optischen Axen wieder; allein die letzteren, da sie stets schneller gehen als die übrigen, liegen weniger aus einander. Die Dispersion ist die umgekehrte von der ursprünglichen, obwohl noch stark genug, um die Ringe beträchtlich zu entstellen, die dann das Roth inwendig und das Violett auswendig haben. Es tritt ein Moment ein, wo die rothen Axen sich wieder vereinigen. Der Krystall hat dann nur eine einzige Axe für die rothen Strahlen und für die übrigen Farben zwei Axen, die bis zum Violett immer mehr divergiren; die letzteren sind überdies um wenigstens 12° in ihrer ursprünglichen Ebene auseinander.

Von diesem Moment an gehen ihrerseits die rothen optischen Axen in einer auf der ersten winkelrechten diagonalen Ebene aus einander, während die violetten fortfahren sich zusammenzuziehen. Der complexe Krystall hält dann Ammoniaksalz durch die Lage der rothen optischen Axen, Kalisalz durch die Lage der violetten optischen Axen und hat für die intermediären Farben nur eine einzige optische Axe. Endlich, indem die optischen Axen bei zunehmendem Einfluß des Ammoniaksalzes stets denselben Gang bewahren, gehen die violetten Axen hinter den rothen in der auf ihrer ursprünglichen rechtwinklich liegenden Ebene und zuletzt machen sie in dieser Ebene einen Winkel von 46 bis 48° , während die rothen einen von etwa 60° bilden. Der optische Charakter des Kalisalzes ist nach und nach verschwunden, um dem des Ammoniaksalzes Platz zu machen.

Diese allmähige Umwandlung, welche die Dispersion der optischen Axen für die verschiedenen Farben in den gemischten Salzen erleidet, geschieht nicht ohne sehr wunderliche Farbenvertheilungen in den isochromatischen Curven und unter solchen Entstellungen derselben, daß es un-

möglich ist, ihre gewöhnlichen Umrisse darin zu erkennen; Die scheinbare Confusion erreicht beinahe ihr Maximum wenn die rothen und violetten Axen, jede unter sich, in zwei auf einander rechtwinklichen Ebenen einen Winkel von 6 bis 7° bilden. Indefs kommt Alles wieder in Ordnung und die Ringe nehmen ihre gewöhnliche Regelmäßigkeit wieder an, sobald man homogenes Licht anwendet, dasjenige z. B., welches ein rothes Glas, ein dunkelgrünes Glas oder eine concentrirte Auflösung von kohlensaurem Kupfer-Ammoniak liefert.

Die Entstehung der isochromatischen Curven ist überdies, beim Drehen des Zerlegers, begleitet von gewissen merkwürdigen Farbenveränderungen in der centralen Gegend der Ringe.

Dreht man den Zerleger z. B. von links nach rechts, so sieht man im Felde desselben successive rothe, gelbe, grüne, blaue und violette Farben auftreten und fast wie die Farben des Spectrums auf einander folgen. Diese Erscheinungen haben viele Aehnlichkeit mit denen der Circularpolarisation; man sieht indeß, daß auch diese Vorgänge, wenigstens zum großen Theil, eine Folge sind der Dispersion der optischen Axen für die verschiedenen Farben in verschiedenen Ebenen.

Betrachtet man nämlich einen Faden weißen Lichts, der den Krystall, sey es als ordentlicher oder als außerordentlicher Strahl, durchdringt unter einer gewissen Neigung, so wird jede der Elementarfarben, aus denen er besteht, beim Austritt in einer anderen Ebene polarisirt seyn.

Nach der von Hrn. Biot gegebenen und von der Fresnel'schen Theorie bestätigten Regel halbirt diese Polarisationsebene den Winkel zwischen den Ebenen, welche durch denselben Strahl und durch jede der beiden optischen Axen geht. Nun haben die letzteren hier für die verschiedenen Farben verschiedene Richtung; sobald man also den Zerleger dreht, gestattet man verschiedenen Farben von dem in jedem Punkte ausfahrenden Licht den Durch-

gang oder nicht, je nach der Orientation; und diese Erscheinungen haben nothwendig Aehnlichkeit mit denen beim Quarz, weil die Elementarfarben eines weissen Strahls, die zuvor sämmtlich in einer solchen Ebene polarisirt waren, beim Austritt jede nach einer besonderen Ebene polarisirt sind.

Wenn defsungeachtet die zuletzt erwähnten Farbenerscheinungen bei den weinsauren Salzen alleinig von der Dispersion der optischen Axen herrührten, so müßten sie verschwinden, sobald man die Platte lothrecht durch ein vollkommen paralleles Lichtbündel erleuchtete und dieses polarisirt wäre in irgend einer der rechtwinklichen diametralen Ebenen, in denen die optischen Axen liegen. Da dann das einfallende Licht, sey es als ordentlicher oder außerordentlicher Strahl, gänzlich durchgehen, und seinen Weg parallel der gemeinschaftlichen Mittellinie aller dieser Axen fortsetzen müßte, so könnte seine Polarisations-ebene nicht modificirt werden durch die Krystallplatte. Allein dieß geschieht stets unvollständig. Es fragt sich also, ob nicht die Entwicklung veränderlicher Farben, die beim Drehen des Zerlegers selbst in diesem Falle auftritt, herrühre von Unregelmäßigkeiten der Krystallisation, die durch die ungemeine Schwächung der doppeltbrechenden Kraft in Richtung der Mittellinie merklich geworden sind und Analogie haben mit den bei einaxigen Krystallen, z. B. dem Beryll, längst bekannten Erscheinungen; — oder von dem, auch wegen Schwächung der Doppelbrechung, wieder auftretenden molecularen Drehvermögen, welches diesen weinsauren Salzen eigen ist? das läßt sich nur durch sorgfältige Versuche an voluminösen Krystallen von vollkommener Reinheit beantworten. Ich glaube daher diese Frage gänzlich der Zukunft anheim stellen zu müssen.

Die in dieser Abhandlung aus einander gesetzten Versuche gestatten den Schlufs, dafs die mechanischen Ursachen, welche die geometrische Form bedingen, von anderer Ordnung sind als diejenigen, welche die optischen doppeltbrechenden Eigenschaften bestimmen, weil die Form in

ganzen Gruppen isomorpher Substanzen dieselbe bleibt, während die optischen Eigenschaften in ihren wesentlichen Elementen nicht allein quantitative Abänderungen, sondern eine vollständige Umkehrung ihrer Gröfse erleiden. Eine und dieselbe Ursache könnte sich nicht zugleich durch ähnliche geometrische Wirkungen und durch entgegengesetzte optische äufsern.

Die von Brewster und den ihm folgenden Physikern entdeckten, so merkwürdigen Beziehungen zwischen den optischen Eigenschaften und den geometrischen Typen der Krystalle könnten wirklich ein bloßes Resultat der Symmetrie seyn. Zwar haben wir keine sichere Kenntniß von der Wechselbeziehung des Lichtagens und der wägbaren Materie; allein es ist ziemlich einleuchtend, daß, in dem ganzen mit der Bedingung einer regelmäßigen Anordnung in Bezug auf gewisse Richtungen constituirten Molecularnetz, die allgemeinen Resultanten der partiellen, von jedem Molecul ausgehenden Kräfte, was übrigens auch ihre Natur und ihre erste Ursache seyn möge, nach diesen selben Richtungen wirken, die dadurch die Symmetrie-Axen für alle von diesen Kräften abhängigen physischen Phänomene werden. Ein solcher Charakter der Coordination, ausgeprägt übrigens in sehr verschiedenartigen Eigenschaften, in der geometrischen Form, den optischen, thermischen etc. Charakteren, beweist also keineswegs eine Identität der Kräfte selbst, sondern nur eine Identität der Richtung ihrer Resultanten. Für die Identität der Kräfte bedürfte es etwas mehr: ihre Wirkungen nach diesen gezwungenen Richtungen müßten wenigstens unter einander dieselbe Ordnung relativer Gröfse bewahren; allein gerade das Gegentheil zeigt sich beim Licht, und Unterschiede gleicher Art findet man bei der Wärme, der Elektricität, dem Magnetismus, mit einem Wort, bei allen physischen Agentien, wenn man die Krystalle hinreichend genauen und hinreichend abgeänderten Versuchen unterwirft.

Die Art, wie sich complexe Medien, gebildet aus dem

Zusammenkrystallisiren zweier isomorpher Substanzen von entgegengesetzten optischen Charakteren, gegen das Licht verhalten, bezeugt eine innere gleichförmige und stete Aggregationsweise, eine eben so vollkommene Homogenität der Structur wie die ihrer elementaren Bestandtheile. Es scheint also unendlich wahrscheinlich, daß diese Vereinigung wo jeder der Bestandtheile, durch eine gegenseitige und angemessene Concession, einen Theil seiner individuellen Eigenschaften abtritt, um ein Ganzes zu bilden, das seinerseits nach Art eines einfachen Systems zu wirken vermag, im Schoofse des krystallinischen Moleculs selbst geschieht, zwischen elementaren Theilchen einer weniger groben Ordnung wie die aus welchen der tastbare Krystall gebildet ist. Dieser Inductionsweg, wie mancher anderer, würde uns also dahin führen, die Krystalle anzusehen als complexe Gebäude aus Molecularsystemen von verschiedener Ordnung. Es würde sich darum handeln, zu entdecken, welche verschiedene Glieder dieser aufsteigenden Reihe die bestimmenden Bedingungen der Isomorphie und jeder physikalischen Eigenschaft hervorbrächten; allein bei einem Gegenstand, wo die natürlichste Induction fast immer ein ungetreuer Führer gewesen, ist jede Speculation wenigstens vorzeitig. Ich werde also unmittelbar zu positiveren Folgerungen aus diesen Versuchen gelangen, wenn ich zeige, daß sie den Schlüssel zu gewissen, noch unerklärten optischen Eigenschaften der Mineralien liefern.

Die krystallinischen Vereinigungen mehrer isomorpher Verbindungen von abweichenden oder gar ganz entgegengesetzten optischen Charakteren müssen ihre Repräsentanten in der Mineralogie haben; wirklich haben wenige der zusammengesetzten Minerale in verschiedenen Exemplaren ganz beständige optische Eigenschaften; es giebt sogar welche, die ungeheure Unterschiede darbieten.

Ich spreche hier nicht von den Unregelmäßigkeiten, die offenbar von mangelhafter Homogenität des krystallisirten Mediums herrühren und sich durch theilweise Farben-

änderungen, Streifen und innere Reflexionen kundgegeben; ohne selbst diese Zufälle in Rechnung zu ziehen, ist es gewiß, daß eine ungemeine Veränderlichkeit der regelmäßigen optischen Charaktere gewissermaßen wesentlich zu seyn scheint für mehrere Familien von Mineralen, deren sensible Charaktere insgesamt eine homogene Structur bezeugen und bei den viel empfindlicheren Proben des polarisirten Lichts eine stetige Krystallisation zeigen. Dergleichen sind z. B. die Topase, wo der Winkel der optischen Axen von 49° (bei den gelben brasilianischen) bis 65° (bei den blauen von Aberdeen) schwankt, und die Glimmer, wo die Abweichung mit 0 beginnt und bis 45° und darüber geht¹⁾.

Alle diese Anomalien finden sich nun bei den gemischten weinsauren Salzen wieder, indem der Winkel der optischen Axen 75° erreichen, durch 0° gehen, und sich sogar in einer auf der ersten Ebene winkelrechten bis 60° öffnen kann. Ich habe also künstlich Krystalle dargestellt, die in Allem vergleichbar sind mit den Glimmern, welche sich durch ihre optischen Charaktere und chemischen Eigenschaften als krystallisirte Vereine verschiedener isomorpher Verbindungen ergeben. Diese Versuche sind sogar in Wirklichkeit nur synthetische Demonstrationen der Ursachen, welche optisch und chemisch variable Minerale er-

- 1) Die Form des Glimmers ist nie mit Genauigkeit zu bestimmen gewesen, und die chemischen Analysen lassen kaum eine rationelle Auslegung zu. Man kann also die Existenz zweier Species in geraden und schiefen rhombischen Prismen als zweifelhaft betrachten.

Diese Prismen würden beide einen Winkel von 120° haben, und beide parallel ihrer Basis spaltbar seyn; allein bei der schiefen Gestalt nöthigt keine krystallographische Symmetrie dazu, daß die optischen Axen für die verschiedenen Farben eine einzige Mittellinie haben und diese Mittellinie lothrecht sey auf der Base. Im Gegentheil würde eine so sonderbare Anordnung rein zufällig und selbst ausnahmsweise seyn, während sie bei der geraden Gestalt nothwendig ist. Es scheint nicht, daß man bisher in dieser Beziehung zwischen den verschiedenen Glimmervarietäten eine wesentliche Verschiedenheit aufgefunden hätte. Dieser Umstand reicht hin, um die von vielen Mineralogen angenommene Einteilung zweifelhaft zu machen.

zeugen können, und sie berechtigen uns zu glauben, daß man, bei besserem Studium, in der Familie der Glimmer Varietäten antreffen werde, bei welchen die Ebene der optischen Axen nach zwei diametralen rechtwinklichen Ebenen gerichtet ist ¹).

Die chemische Analyse hat für die Topase noch nicht gethan, was sie bereits für die Glimmer angefangen, die physikalischen Versuche sind ihr also zuvorgekommen. Genauere Untersuchungen werden jedoch ohne Zweifel dereinstens Unterschiede in der Zusammensetzung nachweisen, die durch Farbenverschiedenheiten bereits angedeutet werden. Sicher wird es sehr interessant seyn, Forschungsweisen von solcher Verschiedenheit einander bestätigen zu sehen, und es würde unter demselben Gesichtspunkt ein großes Interesse haben, in den bleihaltigen Arragoniten die Convergenz und vielleicht die Dispersion der optischen Axen aufzusuchen, welche äußere synthetische Versuche andeuten und vorausszusehen lehren.

- 1) Hr. Biot hat in den Glimmern die Ebene der optischen Axen immer parallel der kleinen Diagonale der Grundfläche gesehen (*Mém. de l'Institut*, 1816 p. 275); zur Zeit, da ich diese Abhandlung schrieb, kannte ich keine andern ausführlichen optischen Untersuchungen über diese Mineralspecies. Seitdem habe ich eine sehr ausgedehnte optische Untersuchung von Hrn. Silliman jun. gesehen, worin er in einigen Varietäten, die Hr. Dana mit dem Namen *Muscovit* belegt, die Ebene der optischen Axen als parallel der großen Diagonale angiebt, die Muscovite zeigen im Allgemeinen einen großen Winkel der optischen Axen (*American Journ. of Sciences, Sér. II. T. X.*
-