

eisenschwarze oder stahlgraue oder licht bleigraue Farbe und sie bewahren sämmtlich noch die Form der ursprünglichen Natrium-Verbindung. Ich habe bisher nur einige derselben näher untersucht und behalte mir vor, in einer der folgenden Abhandlungen Specielleres darüber mitzutheilen.

Berlin, im November 1869.

(Fortsetzung in einem der nächsten Hefte.)

X. *Untersuchung über Glimmercombinationen;* *von E. Reusch.*

(Aus d. Monatsberichten d. Akad. Juli 1869.)

1. **W**enn man eine gerade Anzahl dünner Plättchen zweiaxigen Glimmers in der Art über einander legt, daß die Hauptschnitte (Supplementarlinien) der Plättchen sich unter 90° abwechselnd kreuzen, so erhält man schon bei einer mäßigen Zahl von Kreuzungen ein Präparat, das sich nahe wie ein einaxiger Krystall verhält. Fallen die Glimmerhauptschnitte mit den gekreuzten Polarisations Ebenen zusammen, so ist die Imitation vollständig; dreht man aber das Präparat in seiner Ebene, so bleiben zwar die Farberinge, aber die Arme des schwarzen Kreuzes hellen sich auf und nach einer Drehung um 45° bleibt nur im innersten Ring ein kurzarmiges Kreuz übrig. Nörremberg, von dem dieser Versuch stammt, wurde dazu durch die bekannten Arbeiten Senarmont's über Glimmer und Seignettesalz veranlaßt. Quenstedt's Mineralogie (2. Auflage, S. 239) ist meines Wissens die einzige Schrift, in der dieser Versuch erwähnt wird. Uebrigens liefert Hr. Steeg in Homburg (No. 77 seines Katalogs von 1867) diese Präparate in ausgezeichneter Schönheit.

2. In letzter Zeit habe ich neue Glimmercombinationen versucht, durch welche die Wirkung rechts oder links drehender einaxiger Krystalle nachgeahmt werden sollte. Mit

Hülfe der untenstehenden Figuren will ich vorerst eine Vorstellung von diesen Combinationen geben.

Fig. 1.

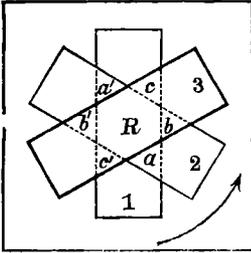
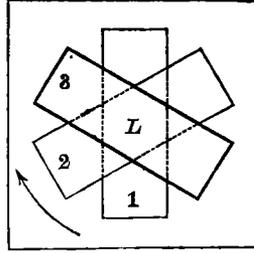


Fig. 2.



Auf zwei Glasplatten wurden Cartons geklebt, welche vorher je drei unter 60° sich schneidende rechtwinklige Ausschnitte zum Einlegen der länglichen Glimmerlamellen erhalten hatten. Die Lamellen selber stammten von einem zweiaxigen Glimmer von über 70° Axenwinkel; sie waren möglichst dünn und gleich dick, und in allen fiel die Supplementarlinie (der Hauptschnitt) mit der längeren Dimension zusammen. Angenommen man habe 48 Lamellen; die eine Hälfte wird nun verwendet um nach Fig. 1 die Lamellen in der Ordnung 1, 2, 3 zu einer von links nach rechts ansteigenden Treppe zu schichten; die andere Hälfte wird nach Fig. 2 zu einer von rechts nach links aufsteigenden Treppe geschichtet. Vor dem Auflegen einer neuen Lamelle wird auf die liegende ein Tropfen von dickflüssigem Kopalfirnifs gegeben und die neu aufgelegte Lamelle leicht angedrückt. Man erhält so zwei Präparate, deren Lamellen in dem mit *R* bezeichneten Stück (Fig. 1), für einen Beobachter, der die Treppe von der Seite ansieht, nach Rechts, in *L* (Fig. 2) nach Links ansteigen. Der Botaniker, welcher zur Bestimmung der Windungsrichtung einer Schraube sich in deren Axe stellt, wird allerdings und vielleicht mit größerer Consequenz das Stück *R* ein linksgewundenes, und das Stück *L* ein rechtsgewundenes nennen; im Folgenden werde ich aber an dem in der Technik und im gewöhnlichen Leben gebräuchlichen Begriff der rechten und linken Schraube festhalten.

Die Präparate *R* und *L* verhalten sich nun in der centralen regulär sechseckigen Ueberdeckung sehr nahe wie ein rechts oder linksdrehender Bergkrystall. Schon bei vier bis sechs Umgängen aus nicht übermäfsig dünnem Glimmer läfst sich beim Drehen des oberen Nicols die Drehrichtung bestimmen; im Nörrëmberg'schen Instrument mit grossem Schfeld sieht man das Ringsystem mit dem bläulichen Mittelkreuz und beim Ueberdecken beider Präparate sehr befriedigende Andeutungen der Airy'schen Spiralen.

Ganz dieselben Wirkungen erhält man mit zwei Präparaten, in welchen vier Lamellensysteme unter 45° zu einer rechten und linken Treppe geschichtet sind.

Die von mir zuerst hergestellten Präparate bestanden theils aus nicht sehr dünnen und nicht vollkommen gleich dicken Lamellen, theils war die Zahl der Umgänge eine kleine (3 bis 6); ich wandte mich daher an Hrn. Steeg und erhielt von demselben nach kurzer Zeit zwei Paare 60grädiger Präparate von überraschender Gröfse und aufserordentlicher Schönheit, welche namentlich den Farbenwechsel bei Drehung des oberen Nicols in brillanter Weise zeigen. Das eine Paar besteht aus je 30 Lamellen von $\frac{1}{8}\lambda$, das andere gar aus je 36 Lamellen von noch geringerer Dicke. Das erste Paar giebt für rothes Licht eine Drehung von 150° , was einer Quarzdicke von etwa 8^{mm} entspricht.

Zum Beweis für die grofse Sicherheit und Kunstfertigkeit, mit welcher Hr. Steeg den Glimmer zu behandeln weifs, führe ich an, dafs die 72 Lamellen des zweiten Paares, 12^{mm} breit und 30^{mm} lang, aus derselben Tafel herausgeschnitten worden sind. Aus einer dünnen Tafel ($\frac{1}{8}\lambda$), die ich der besonderen Güte des Hrn. Steeg verdanke, habe ich später Präparate mit vier Lamellensystemen unter 45° hergestellt, welche die Airy'schen Spiralen gaben, während meine ersten Präparate zwar den Farbenwechsel beim Drehen des Nicols, beim Ueberdecken aber ein confuses Bild der Ringe zeigten.

Wenn im convergirenden Licht bei gekreuzten Polarisationsebenen eine solche Glimmercombination in ihrer Ebene

gedreht wird, so bleiben wohl die Ringe, aber die Arme des schwarzen Kreuzes erfahren Aenderungen; namentlich sieht man, wie an den Enden der in die Polarisations Ebenen fallenden Durchmesser des innersten Rings abwechselnd schwarze Flecken ein- und austreten. Ebenso erfährt bei parallelem Licht die Färbung kleine Wechsel beim Drehen des Nicols, jedoch mehr in der Intensität, als im Farbton.

Ich habe gefunden, dass man einem Quarze diese Eigenschaften einer Glimmercombination dadurch ertheilen kann, dass man über und unter demselben je eine Achtelundulationsglimmerplatte mit rechtwinklich gekreuzten Hauptschnitten einschaltet. Die Glimmercombinationen sind daher aufzufassen als elliptisch rechts und links polarisirende Medien, welche sich dem Quarz wohl um so mehr nähern, je dünner die Lamellen und je größer die Zahl der Umgänge.

Ebenso lassen sich die unter (1) besprochenen Modificationen des schwarzen Kreuzes der Nörremberg'schen Combination dadurch an einer zur Axe senkrecht geschnittenen Kalkspathplatte hervorbringen, dass man dieselbe in der angegebenen Weise mit den Achtelundulationsplatten verbindet und das Ganze in seiner Ebene dreht; man hat daher in der Glimmercombination die Erscheinung, wie wenn ein einaxiger nicht drehender Krystall elliptisch polarisirt und analysirt würde.

3. Beim Schichten der Lamellen unter 60° ergeben sich gleichseitige Dreiecke auf den Seiten des centralen Sechsecks, in welchen nur zwei Lamellensysteme sich abwechselnd unter 60° kreuzen. Man überzeugt sich leicht, dass es sich bei diesen Dreiecken, je nach ihrer Lage, um elliptische Rechts- oder Linksdrehung handelt. Diefs hat mich veranlasst, zunächst die Combination zweier Platten von beliebiger Dicke, deren Hauptschnitte einen von 90° verschiedenen Winkel bilden, zu untersuchen. Eine solche Combination giebt im Allgemeinen rechts oder links elliptisch polarisirtes Licht, d. h. es gelingt beim Drehen des oberen Nicols eine Drehrichtung zu bestimmen, aber beim Drehen der Combination in ihrer Ebene ändert sich die Intensität und wohl

auch die Nüance der Farbe. Der Versuch gelingt sowohl mit zwei beliebigen Glimmer- als Gypsplatten, oder bei Combination von Glimmer mit Gyps, wenn nur deren Farben keiner zu hohen Ordnung angehören.

Fig. 3.

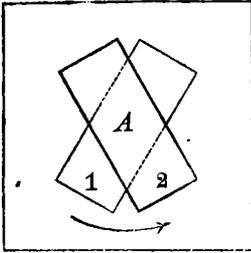
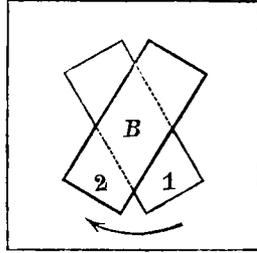


Fig. 4.



Im Folgenden beschäftige ich mich blos mit *Glimmertafeln von gleicher Dicke*. Zwei solche Tafeln, in welchen wie früher die längere Dimension dem Hauptschnitt entspreche, können nun entweder zu einer *rechten Stufe A* (Fig. 3) oder zu einer *linken Stufe B* (Fig. 4) zusammengelgt werden. Zwei solche Stufen haben jedenfalls entgegengesetzte optische Drehung, aber der Sinn der Drehung ist durch die Dicke der Platten mit bestimmt. Zeigen z. B. die Platten ein Grün zweiter Ordnung, so giebt die rechte Stufe A auch Rechtsdrehung; bei Platten, welche ein Gelb erster Ordnung zeigen, ist es umgekehrt. Der Winkel der Hauptschnitte ist ohne Einfluss auf die Drehrichtung, nur muß er von 0° und 90° gehörig abweichen. Legt man zwei z. B. 60° gradige Stufen A und B mit parallelen Hauptschnitten über einander, so bleibt immer eine Drehung im Sinne der oben liegenden Stufe. Kreuzt man die Stufen rechtwinklich, so findet in der mittleren Ueberdeckung keinerlei Wirkung statt, was auch das Azimut der Stufenverbindung seyn mag: die zwei Arme des Sternkreuzes, welches aus der Ueberdeckung der Platten verschiedener Stufen entsteht, haben entgegengesetzte Drehung.

Von größerem Interesse ist aber der Fall, daß viele gleiche Stufen aus sehr dünnen Glimmerlamellen zu einer

rechten oder *linken Stufensäule* geschichtet sind: in diesem Fall dreht die rechte Stufensäule rechts, die linke links. Hiermit begreift man sofort z. B. bei der 60grädigen Combination Fig. 1 die Wirkungen der Dreiecke *a, b, c*; die zwei ersten gehören zu einer rechten Stufensäule, das letztere zu einer linken. Die Dreiecke *a', b', c'* wirken natürlich wie die gegenüberliegenden gleicharmigen. Mit derselben Regel bestimmen sich die Drehrichtungen in den äußeren Sternspitzen bei der 45grädigen Combination von vier Lamellensystemen.

Solche Stufensäulen zeigen noch eine andere Eigenthümlichkeit: im convergirenden Lichte sieht man durch die Ueberdeckung ein *zwei*axiges Ringsystem, dessen Supplementarlinie den spitzigen Winkel der Hauptschnitte der Glimmerlamellen halbirt und dessen Axenwinkel kleiner ist als der des angewandten Glimmers. Die schwarzen Hyperbeln erscheinen jedoch nur, wenn die Supplementarlinie des Combinationsglimmers mit den Polarisationsebenen 45° macht; fällt sie mit der einen oder andern zusammen, so enthalten die innersten Ringe nur schwarze Tupfen.

Die Wirkung einer Stufensäule läßt sich mit ziemlicher Annäherung an einer dicken Glimmerplatte dadurch nachahmen, daß man sie zwischen zwei Achtelundulationsplatten mit rechtwinklig gekreuzten Hauptschnitten in der Art einschaltet, daß der Hauptschnitt der Glimmerplatte 45° mit jenen macht; und zwar hat diese Combination im parallelen Licht verschiedene Drehrichtung, je nachdem der Hauptschnitt der Platte das eine oder andere Paar der Scheitelquadranten halbirt, welche durch die Hauptschnitte der Achtelundulationsplatten gebildet werden. Es erinnert dies an eine von J. Müller (Lehrb. d. Physik, 7. Aufl., I, S. 906) beschriebene Anordnung, bei welcher durch eine analoge Verbindung einer Gypsplatte mit zwei Viertelundulationsglimmerplatten, wenigstens im parallelen Licht die Wirkung des Quarzes nachgeahmt wird.

4. Die optischen Wirkungen der bisher besprochenen Glimmercombination lassen eine mathematische Behandlung

zu, welche für die Erscheinungen in parallelem Licht voraussichtlich mit viel geringerer Schwierigkeit, als für die im convergirenden Licht verbunden seyn wird. Vielleicht findet sich ein tüchtiger Rechner veranlaßt, diese wohl nicht ganz undankbare Aufgabe anzufassen.

Ob diese Combinationen dazu angethan sind, uns Aufschluß oder wenigstens Andeutungen über den Verband der mit Circülpolarisation begabten Moleküle zu geben, das wird die Zukunft lehren. Vor der Hand weifs ich in dieser Beziehung nur eine schwache Analogie und einige Vermuthungen beizubringen, die ich der Nachsicht der Fachmänner empfehlen möchte.

In einer früheren Mittheilung über die sogenannte Lamellarpolarisation des Alauns ¹⁾ habe ich nachzuweisen versucht, daß es sich hier um eine schwache Doppelbrechung in Folge innerer Spannungen handle, die man sich in den Octaëderflächen in der Art wirksam zu denken habe, daß die optische Elasticität in diesen Flächen nach allen Richtungen gleich, aber kleiner als senkrecht sey. Ferner habe ich gezeigt, wie die Wirkung eines optisch activen Alaun-octaëders oder eines Präparats daraus nach zwei parallelen Würfelflächen, in den vier distincten Quadranten durch vier dünne Glimmerplättchen vollständig nachgeahmt werden kann. Bei diesem Glimmerpräparate kommen aber keine Ueberdeckungen vor, während der Nerv der neuen Präparate eben in den Ueberdeckungen liegt. Es entsteht daher umgekehrt die Frage nach derjenigen Krystallstructur, welche einer Glimmercombination mit Ueberdeckungen entspricht.

Ein nahe liegender Gedanke ist nun wohl folgender: im idealen activen Alaun-octaëder reichen die irgend einer Octaëderfläche parallelen Spannungsebenen nur bis an die drei rechtwinklichen Axenebenen heran; es ist aber auch denkbar, daß in einem Krystall die durch innere Spannungen und Contractionen herbeigeführte Störung der ursprünglichen Structur, sich auf eine oder mehrere von einander verschiedene, gegen die Richtung des durchgehenden Lichtes ge-

1) Ann. Bd. 132 (1867) S. 618.

neigte Spannungsebenen werde zurückführen lassen, welche den ganzen Krystall je in constanter Richtung durchsetzen. Nun wissen wir zwar sehr Weniges über die normale Krystallstructur und folglich noch viel weniger über die factisch vorhandenen Störungen derselben; will man daher die Sache überhaupt anfassen, so sieht man sich vor der Hand auf einige instinctmäßige Vermuthungen beschränkt.

Im regulären System ist der Fall einzelner nicht durchgehender Spannungsebenen in dem Octaëder des activen Alaunoctaëders verwirklicht. Die optischen Erscheinungen müssen verwickelter werden, wenn andere Flächen, z. B. die des Leucitoëders als einzelne Spannungsflächen auftreten (Leucit. Analcim?). Die von Marbach entdeckte Circularpolarisation des chloresauren Natrons ist möglicherweise das Resultat von Spannungen nach den Dodekaëderflächen, verbunden mit secundären Spannungen nach den Flächen des rechten oder linken Tetraëders; die 45grädige Glimmercombination von vier Lamellensystemen giebt vielleicht, bei außerordentlich schwacher Wirkung der einzelnen Umgänge, ein Bild hieran.

Dieselbe Glimmercombination entspricht vielleicht auch dem Falle der Circularpolarisation im quadratischen System. Von den vier Lamellensystemen würden 1 und 3 die Structur des einaxigen nicht drehenden Krystalls einigermaßen versinnlichen; die Lamellensysteme 2 und 4 wären das Aequivalent von durchgehenden Spannungen nach den Flächen des rechten oder linken Hemiocäters. — Das Auftreten einer einzelnen gegen die Axe geneigten Spannungsebene, oder die ungleiche Intensität der einzelnen Spannungen müßte sich durch zweiaxigen Habitus der optischen Erscheinungen kund thun (Dislocation des schwarzen Kreuzes im Beryll, gelben Blutlaugensalz usw.).

Die Circularpolarisation im rhomboëdrischen System ist wohl das Resultat von drei gegen die Axe gleich geneigten durchgehenden Spannungsebenen, welche vielleicht den Flächen des einen oder andern der zwei zusammengehörigen Halbskalenoëder folgen. Der Gedanke an die Möglichkeit

solcher innerer Spannungen liegt wohl bei keiner Substanz so nahe, wie bei der Kieselerde. Sind die drei Spannungen vollkommen gleichwerthig, so hätte man die normale rechts oder links drehende Wirkung des Quarzes; fallen alle drei Spannungen fort, oder gleichen sich dieselben gegenseitig aus, so bliebe, wie man dies an vielen Amethysten stellenweise beobachtet, die rein einaxige Wirkung ohne Rotation. Noch bleibt aber die Möglichkeit, daß nach Umständen jene drei Spannungen von ungleicher Intensität sind, oder sich auf zwei reduciren, und dann hätte man die an manchen Quarzen so prägnant auftretende zweiaxige elliptische rechts oder links drehende Polarisation, wie man sie an den oben besprochenen Stufensäulen, oder an Präparaten beobachtet, an welchen absichtlich eins der drei Lamellensysteme aus etwas dickerem oder dünnerem Glimmer besteht.

In Betreff der mannigfaltigen Erscheinungen am Quarz und Amethyst erlaube ich mir auf die reichhaltigen und wohlgeordneten Beobachtungen von Dove in seiner Farbenlehre (S. 247—260) zu verweisen.

Zum Schluß bemerke ich noch, daß die Kenntniß der Wirkungen der Glimmercombinationen auch von einigem Werth seyn dürfte für das Verständniß gewisser Erscheinungen am Glimmer selber. Die Wandlungen des Ring-systems bei Zwillingen, so wie die oft sehr erheblichen Aenderungen im Winkel der optischen Axen an demselben Stücke begreifen sich einigermaßen, wenn man regelmässige Verwachsungen und Durchdringungen verschiedener Individuen annimmt. Die Kenntniß dieser Erscheinungen verdanke ich zum größten Theil den Mittheilungen und vielfachen gütigen Glimmersendungen von G. Rose, und diese waren es auch, welche für mich ursprünglich die Veranlassung zur Herstellung der neuen Glimmercombinationen geworden sind.

Tübingen, den 29. Juni 1869.

Zusatz.

Aus zuverlässiger Quelle habe ich erfahren, daß von einigen Physikern behauptet worden ist, der Nachweis der Drehung bei geschichteten Glimmerlamellen rühre von Nörremberg her. Ich erlaube mir nun zu erklären, daß unter den Präparaten Nörremberg's, welche zu gleichen Theilen in die hiesige Sammlung und in die der polyt. Schule zu Stuttgart übergegangen sind, nur rechtwinkliche Combinationen vorkommen. Die durch 60grädige Combinationen bewirkte Rechts- und Linksdrehung habe ich in der Pfingstwoche dieses Jahres durch selbständige Versuche gefunden und sobald ich des Resultats ganz sicher war, Hrn. Steeg in Homburg um Herstellung derartiger Präparate gebeten; ein Wunsch, dem derselbe in der oben angegebenen ausgezeichneten Weise nachgekommen ist. — Zur Bekräftigung dieser meiner Behauptungen mögen zwei Documente dienen, die Hr. Prof. Poggen dorff etwaigen Zweiflern vorzuweisen die Güte haben wird.

Tübingen, 24. Oct. 1869.

E. Reusch.

Zusatz des Herausgebers.

Die beiden Documente, von denen hier die Rede ist sind: ein Attest des Hrn. Prof. Zech und ein Brief des Optikers Hrn. W. Steeg.

In dem ersteren heißt es schließlich:

— Der Unterzeichnete ist sonach und dann noch insbesondere wegen seines häufigen Verkehrs mit Nörremberg von 1854 bis 1862 berechtigt und befähigt, auszusprechen, daß Nörremberg nie andere Glimmercombinationen gemacht hat, als rechtwinkliche. Im hiesigen physikalischen Kabinet befindet sich kein einziges Präparat von Nörremberg, bei welchem zwei Glimmerblättchen unter einem andern Winkel, als einem rechten, gekreuzt wären, insbesondere keines, das eine Drehung der Polarisationsebene zeigt.

Stuttgart, 20. Oct. 1869.

Prof. Dr. Zech.

Und der Brief des letzteren sagt:

— Hierzu erlaube ich mir zu bemerken, daß ich bestimmt weiß, daß Nörremberg derartige *circular polarisirende* Präparate *nie* dargestellt hat. Ich habe mit demselben viel verkehrt und seine ganze Sammlung gesehen.

Seine derartigen Glimmerpräparate waren nur in *rechten Winkeln* gekreuzt, um Sénarmont's Hypothese als richtig zu beweisen, daß man aus dünnen Lamellen von zweiaxigem Glimmer einen einaxigen Körper etwa wie Kalkspath herstellen kann.

Die geniale Idee des Kreuzens der Glimmer-Lamellen in Winkeln von 60° , also im hexagonalen Sinne, ging aber zuerst und ganz allein von Prof. Reusch aus, wie aus dessen Briefe an mich vom 16. Mai ersichtlich ist.

Die Sache hat mich so interessirt, weil ich früher schon ähnliche Versuche gemacht hatte, welche mir aber nicht gelungen waren. Gerade die Kreuzung im Winkel von 60° hat das glückliche Resultat herbeigeführt. Dieses Verdienst gebührt Hrn. Prof. Reusch und es ist Unrecht, wenn es ihm von anderer Seite streitig gemacht werden sollte.

Homburg v. d. Höhe den 21. Oct. 1869.

Wilhelm Steeg.

XI. *Ueber gleichzeitige gesonderte Wahrnehmung des Grundtons und eines Obertons;* *von C. B. Greifs.*

Wie man die Obertöne des Grundtons einer gespannten Saite zur Wahrnehmung bringen könne, hat Tyndall gezeigt. Man braucht nur die Saite als Ganzes in Schwingung zu versetzen, und sie dann mit einem Haarpinsel in ihrer Mitte, einem Drittel, Viertel, Fünftel usw. ihrer Länge zu berühren, so wird der erste, zweite, dritte, vierte usw.