# 4. Mineralogische Mittheilungen.

2. Fortsetzung.[1])

Von Herrn MAX BAUER in Königsberg i. Pr.

Hierzu Tafel XIV.

## 9. Beitrag zur Kenntniss der krystallographischen Verhältnisse des Cyanits.

Dieses wegen seiner Verbreitung wichtige Mineral bietet eine Anzahl interessanter physikalischer Erscheinungen dar, die wiederholt sein näheres Studium veranlasst haben. Ich erwähne neben den grossen Härteunterschieden, die verschiedene Stellen und verschiedene Richtungen eines und desselben Krystalls bieten, vor Allem die Beziehungen der magnetischen Axen der Krystalle zur Krystallform und zu den optischen Axen, welche besonders von BEER und PLÜCKER untersucht worden sind, sowie die von den Genannten und von Anderen, z. B. von KOBELL bekannt gemachten optischen Eigenthümlichkeiten.

Trotzdem nun, dass der Cyanit schon häufig der Gegenstand eingehender Untersuchung in physikalischer und damit auch krystallographischer Beziehung gewesen ist, ist es bis jetzt noch nicht gelungen, sein Axensystem festzustellen. Dass die Krystalle dem triklinen Systeme angehören, steht freilich seit lange fest; die allerdings nicht sehr beträchtliche Zahl von Krystallflächen, verbunden mit der Lage der optischen Axen weist mit Sicherheit darauf hin.[2]) Wenn aber auch zur Bestimmung des Krystallsystems die vorhandenen Flächen

---

[1]) Siehe diese Zeitschr. Bd. XXIV. pag. 385. 1872. und Bd. XXVI. pag. 119. 1874.

[2]) Nach MOHS (Leichtfassliche Anfangsgründe etc. 2. Aufl. 1839. II. pag. 239.) ist die Grundgestalt ein Hemianorthotyp und der Charakter der Combinationen tetartoprismatisch. Nach G. ROSE (Krystallochemisches Mineralsystem pag. 78) hat NAUMANN das System ursprünglich für monoklin gehalten. Ich kann nicht finden, wo er dies thut; in seinem Lehrbuch der Mineralogie hält er das System für wahrscheinlich triklinometrisch. Sollte sich ROSE's Angabe auf die ersten Auflagen der „Elemente der Mineralogie" beziehen, die mir hier nicht zugänglich sind?

nach ihrer Zahl und Lage genügten, so genügten sie nicht zur Bestimmung der krystallographischen Constanten, da von den sämmtlichen der gegenseitigen Neigung nach genau und sicher bekannten und bestimmten Begrenzungsflächen der Cyanitkrystalle alle mit Ausnahme einer einzigen, der allgemein P genannten Endfläche, in Einer Zone liegen.

Die Veranlassung zu vorliegender Untersuchung gab mir ein reiches Material von Cyanitkrystallen von Chironico am St. Gotthard. Dieses Material besteht aus Hunderten der gewöhnlichen einfachen Krystalle oder der nach dem Hauptblätterbruch M verwachsenen Zwillinge. Es enthielt aber ebenso eine nicht unerhebliche Anzahl der von Kenngott zuerst angeführten, unter ca. 60° verwachsenen Kreuzzwillinge, die, wie es scheint, bisher zu den selteneren Erscheinungen in den Mineraliensammlungen gehörten, sowie einige Zwillinge nach einem ganz neuen Gesetz, nach welchem die 2 Individuen die schiefliegende Fläche P gemeinsam haben und zu ihr umgekehrt liegen, ein Gesetz, welches nicht nur an sich, als bisher noch nicht beobachtet, von Interesse ist, sondern das auch geeignet ist, ein neues Licht auf die Verhältnisse der Cohäsion des Cyanits in der Richtung dieser Fläche zu werfen.

Offenbar ist eine genaue Kenntniss der Lage der Zwillingsfläche an den oben genannten Kreuzzwillingen ausreichend, um in Verbindung mit dem bisher bekannten die krystallographischen Constanten des Cyanits berechnen zu lassen, da, wie der erste Augenschein schon lehrt, diese Fläche mit dreien von den bekannten Flächen ein Oktaid bildet, was die gewünschte Bestimmung gestattete. In der That hätte ich daraus nach den von mir gemessenen Winkeln die Axenlängen und -Winkel berechnen können. Ich habe aber zu dieser Berechnung ein zweites Mittel vorgezogen, das mir zu gleicher Zeit bequemer und (nach Lage der speciellen Verhältnisse) sicherer und genauer schien, als die Berechnung aus den Kreuzzwillingen. Bei der Durchsicht meiner Krystalle ergab sich nämlich, dass am Cyanit noch ein weiterer, bisher in der Literatur kaum erwähnter Blätterbruch vorhanden ist[1]), der ebenfalls mit dreien der bekannten Flächen ein Oktaid bildet und demnach die Mittel zur Berechnung der Axen ebenfalls bietet. Leider ist dieser Blätterbruch sehr selten so ausgedehnt vorhanden, dass man seine Neigung zu den anderen Flächen messen könnte, wenn er auch sehr häufig durch schiefe Risse und Spalten auf dem Hauptblätterbruch M angedeutet ist. Ich

---

[1]) Cfr. Kenngott, Uebersicht etc. für 1859. pag. 64. Die hier besprochene Spaltbarkeit ist wohl eben die, die ich dieser Untersuchung zu Grunde lege.

habe ihn nur an zwei Krystallen messen können. Auf die hieraus gefundenen Axen lassen sich dann die Zwillingsflächen der Kreuzzwillinge mit sehr einfachen Indices beziehen.

Im Folgenden sollen alle diese Verhältnisse specieller dargelegt werden.

## Die bisherigen Kenntnisse der krystallographischen Verhältnisse des Cyanits.

Dieses Mineral war schon im vorigen Jahrhundert WERNER bekannt, der ihm den Namen Cyanit gab. Die erste genauere krystallographische Kenntniss des Minerals verdanken wir aber, wie in so vielen anderen Fällen, HAÜY, der sich auch veranlasst sah, einen neuen Namen, Disthen, zu geben, vor dem aber der ältere WERNER'sche Name Cyanit die Priorität und somit unbedingt den Vorzug hat, so dass er allgemein angenommen werden sollte.

In der ersten Aufgabe seines „Traité de minéralogie" [1]) giebt HAÜY als Primitivform (Kerngestalt) eine schiefe vierseitige Säule P M T, welche 3 Buchstaben auch jetzt noch (und besonders in vorliegender Arbeit) zur Bezeichnung der entsprechenden Flächen benützt werden. M und T, ebenso M und P machen nach HAÜY einen Winkel von ungefähr 103° miteinander und Kante M/T und M/P stehen senkrecht auf einander (was bekanntlich nicht streng, aber sehr annähernd richtig ist). Als Hauptblätterbruch wird M angegeben, weniger leicht darstellbar ist der Bruch parallel T; nur schwierig und unterbrochen der Bruch parallel P. Das integrirende Molekül hat dieselbe Gestalt, wie die Primitivform, aber seine Dimensionen sind noch nicht bestimmt, da nicht die nöthige Zahl der Flächen bekannt ist. Von krystallographisch bestimmten Varietäten wird nur eine, einen einfachen Krystall darstellende, angegeben (der hexaëdrisirte Disthen, disthène périhexaëdre), bei dem zu den Flächen der Grundform noch die Fläche o kommt (PHILLIPS's Fläche k [2])), die die scharfe Kante M/T so abstumpft, dass o mit M einen Winkel von ungefähr 127° macht (l. c. f. 211.). Ob bei diesen Krystallen die zuweilen rauhe und gestreifte Fläche P, die beim Auslösen der Krystalle

---

[1]) Paris 1801. Es ist mir davon nur die deutsche Bearbeitung von KARSTEN und WEISS, 1804—1810, zugänglich, in der der Artikel Cyanit Bd. III. pag. 275—238. u. t. 61. fig. 210—212. zu finden ist. Bd. III. ist vom Jahre 1806. Nur auf diese Ausgabe bezieht sich das oben Gesagte.

[2]) PHILLIPS hat später mehrfach andere Buchstaben zur Flächenbezeichnung eingeführt als HAÜY. Ich bin zur alten HAÜY'schen Bezeichnungsweise zurückgekehrt, von der man nie hätte abweichen sollen.

aus dem Muttergestein zum Vorschein kommt, eine natürliche oder Bruchfläche ist, bleibt dahin gestellt. Daneben werden (als 2. Varietät, doppelter Disthen, disthène double) Zwillinge angegeben und l. c. f. 212. im Querschnitt abgebildet, bei denen die Flächen T rechts ausspringende, links einspringende Winkel bilden; links sind auch die Flächen o. Nach Haüy ist es leicht einzusehen, dass auch an den Enden aus- und einspringende Winkel vorhanden sein sollten, doch hat er keine genügenden Beobachtungen darüber gemacht. Man sieht aus dieser Bemerkung, dass Haüy in der That die beim Cyanit häufigste Zwillingsverwachsung im Auge hatte, bei welcher die zwei Individuen M gemeinsam haben und um eine Axe senkrecht zu M verdreht erscheinen, und er erklärt auch diese Verwachsung ausdrücklich auf diese Weise. Dass noch weitere ähnliche Verwachsungen vorkommen, wurde erst später bekannt, Haüy erwähnt davon noch nichts.

Auch über die optischen Verhältnisse des Cyanits macht Haüy schon eine vereinzelte Mittheilung: er erklärt ihn für einfach lichtbrechend.

Viel weiter geht schon die Bekanntschaft Haüy's mit den krystallographischen Verhältnissen des Cyanits in der zweiten Auflage seines Lehrbuchs der Mineralogie.[1]) Hier giebt Haüy schon Winkel für die Grundform (forme primitive), die von den später meist benutzten Winkeln, die auf Phillips's Messungen beruhen und die z. Th. auch noch von mir zu Grunde gelegt sind, fast ganz übereinstimmen. Er giebt M/P = 100° 55′[2]) (100° 50′ Phill.) und M/T = 106° 6′ und 73° 54′ (106° 16′ und 73° 44′ Phill.). Im Uebrigen war die Grundform und das integrirende Molekül noch gerade so unbekannt geblieben, wie 20 Jahre früher bei Bearbeitung der ersten Auflage. Blätterbrüche werden wieder parallel M und T angegeben und zwar als verschieden leicht darstellbar, besonders leicht parallel M. Ueber die Verhältnisse der Spaltbarkeit parallel P findet sich keine Angabe.

Sehr gewachsen ist die Zahl der bekannten Flächen und Combinationen. Ausser den schon in der 1. Ausgabe angeführten Flächen P, M, T und o finden sich noch 2 Abstumpfungen r und l der stumpfen Kante M/T (von Phillips mit e und i bezeichnet), sodann 2 Abstumpfungsflächen s und z der scharfen Kante P/M, eine Abstumpfung n der stumpfen Kante P/T und eine solche u der stumpfen Kante P/M; sodann die Abstumpfung r der scharfen Kante P/T und

---

[1]) Paris 1822. Bd. II. pag. 357—365. t. 63. f. 55—61.

[2]) Die Angabe bei Haüy l. c. pag. 357: P/M = 106° 55′ ist ein offenbarer Druckfehler: 6 statt 0.

endlich eine ganz schief liegende Fläche x, die hintere rechte Ecke der Grundform abstumpfend. Diese Flächen sind z. Th. später von Anderen und auch von mir wieder beobachtet worden, z. Th. werden sie nicht wieder in der Literatur erwähnt und wurden auch von mir nicht wieder angetroffen. Ich werde darüber später bei Anführung meiner Beobachtungsresultate Mittheilung machen; ich bemerke nur noch, dass Haüy keine Winkel weiter angiebt ausser den erwähnten und dass daher trotz der bei allen Flächen angegebenen Zeichen die Identificirung mit später beobachteten Flächen nicht immer mit absoluter Sicherheit sich durchführen lässt. Die Zahl der beobachteten Combinationen ist 5, von denen besonders die var. dioctaèdre, l. c. f. 62. abgebildet, flächenreich ist, da sie ausser den Flächen M, T, o und l der Prismenzone noch die Endflächen u, n, s und r enthält. Von Zwillingen ist auch hier noch nichts weiter bekannt, als nach M verwachsene Prismen, an denen die T aus- und einspringende Winkel machen. Ein Verwachsungsgesetz wie in der ersten Auflage wird hier nicht angegeben.

Damit war die Grundlage für das fernere Studium der Krystallformen des Cyanits geschaffen, auf der die späteren Untersuchungen beruhen.

Zunächst hat Phillips die Winkel der Grundform durch genauere Messungen festgestellt, und zwar hat er alle 3 Winkel derselben bestimmt, während bei Haüy's Angaben Winkel P/T fehlt. Er giebt an als Winkel der Flächennormalen [1]:

$$P/M = 79^\circ\ 10'$$
$$M/T = 73^\circ\ 44'$$
$$P/T = 86^\circ\ 45'$$

und noch eine ganze Anzahl anderer Winkel, die dann unverändert in fast sämmtliche Handbücher übergegangen sind, so in die von Mohs, Naumann, Breithaupt, Dufrénoy, Quenstedt, Des Cloizeaux etc., während Andere, wie z. B. Hausmann, ältere, angenäherte Kantenwinkel beibehalten haben. Auch giebt Phillips schon zwei Zwillingsgesetze, wo die Normale zu M und Kante M/T Zwillingsaxen sind, an.

Eine sehr wesentliche Förderung der Kenntniss unseres Minerals verdanken wir dann Beer und Plücker [2], indem dieselben, gestützt auf die auch schon von Brewster untersuchten optischen Eigenschaften des Cyanits die Zwillingsverwachsungen desselben untersuchten. Es wurden dabei zum ersten Mal

---

[1]) Cfr. Phillips: An elementary introduction to mineralogy. New Edition bei Brooke u. Miller 1852. pag. 286, wohin diese Zahlen aus der älteren Ausgabe übergegangen sind.

[2]) Pogg. Ann. Bd. 82 pag. 54. 1851.

in klarer Weise die 3 Gesetze aus einandergesetzt, welche die Verwachsung von je 2 Individuen nach der Fläche M regeln, und wobei man sich die zweiten Individuen als gedreht vorstellen kann: 1. um eine Axe senkrecht auf M, 2. um eine Axe parallel mit der Kante M/P und 3. um eine Axe senkrecht auf der Kante M/T in M gelegen. Für die Unterscheidung der einzelnen Fälle wird die Lage der Ebene der optischen Axen, verbunden mit der Beobachtung der einspringenden oder ausspringenden Winkel in der Prismenzone, als das beste Hilfsmittel benützt.

Es scheint, als ob den genannten Bonner Gelehrten das Verdienst zukäme, die Klarlegung dieser verwickelten und interessanten Verhältnisse zuerst allgemein bekannt gemacht zu haben. Allerdings giebt DES CLOIZEAUX [1]) an, dass SÉNARMONT die Unterscheidung dieser Zwillinge nach der Lage der optischen Axenebene und nach den einspringenden Winkeln zuerst erkannt habe, ohne die Stelle anzugeben, wo SÉNARMONT seine Beobachtung niedergelegt hat. Ich habe mich bemüht, dieselbe aufzufinden, ohne dass es in der mir zugänglichen Literatur möglich gewesen wäre. Auch v. KOBELL, der ebenfalls SÉNARMONT das Verdienst der Klarstellung dieser Verhältnisse zuschreibt [2]), ohne BEER und PLÜCKER dabei zu erwähnen, citirt nur die Stelle bei DES CLOIZEAUX. Ueberhaupt scheint die Arbeit dieser beiden Physiker den meisten Mineralogen unbekannt geblieben zu sein, wohl, weil sie als Bestandtheil eines Aufsatzes: „Ueber die magnetischen Axen der Krystalle und ihre Beziehung zur Krystallform und zu den optischen Axen“ von vorwiegend physikalischem Interesse publicirt worden ist und so der Aufmerksamkeit leicht entgehen konnte. Auch der mit der Literatur sonst vorzüglich bekannte G. ROSE [3]) citirt sie ein Jahr später nicht und giebt auch blos 2 Zwillingsgesetze mit parallelen Hauptaxen, deren zweites er selbstständig und unabhängig von Anderen aufgefunden hat, ohne Zuhülfenahme optischer Hülfsmittel, es ist unser zweites Gesetz. [4]) Auch PHILLIPS giebt, wie wir oben sahen, in seinem erst 1852 erschienenen Buch nur zwei von den drei von BEER und PÜCKER beobachteten Zwillingsgesetzen wieder.

Damit war der Stand der Kenntniss des Cyanits erreicht, wie er im Wesentlichen bis zu diesem Tag in den Handbüchern dargestellt worden ist. Ich übergehe hier unwesentliche Dinge, wie Auffinden neuer Flächen etc., überhaupt vereinzelte Beobachtungen, erwähne schliesslich als wichtig

---

[1]) Manuel etc. I. pag. 187. 1862.
[2]) Sitzungsber. der Münchener Akad. Sitz. v. 9. Febr. 1864. p. 272.
[3]) Das krystallochemische Mineralsystem pag. 79. 1852.
[4]) Siehe darüber weiter unten.

nur noch, dass KENNGOTT[1]) zuerst die Kreuzzwillinge erwähnt, bei denen die Flächen M in beiden Individuen nicht parallel sind, sondern sich unter Winkeln von ca. 60° schneiden und eben so der schiefliegenden Blätterbrüche.[2]) Ich behalte mir dabei vor, einzelne fernere Angaben aus der Literatur an denjenigen Stellen dieser Arbeit zu citiren, wo von den entsprechenden Verhältnissen speciell die Rede sein wird.

Die Richtung, nach welcher hin ich die Kenntniss des Cyanits zu fördern hoffe, habe ich eingangs angedeutet, zum Schluss sind die gewonnenen Resultate übersichtlich zusammengestellt.

## Flächen des Cyanits.

Ich habe in der nach F. E. NEUMANN's Angabe construirten Kugelprojectionsfigur die Pole sämmtlicher von mir beobachteter Flächen in ihrem Zonenzusammenhang übersichtlich dargestellt (Taf. XIV. Fig. 12). Es sind in dieser Figur alle von mir beobachteten Flächen mit den von HAÜY zuerst angewendeten Buchstaben bezeichnet, soweit die Flächen HAÜY schon bekannt waren; die seitdem neu entdeckten Flächen tragen die vom ersten Entdecker gegebene Bezeichnung. In den Figuren 2 und 2a. auf Tafel XIV. sind dann sämmtliche von mir beobachtete Formen in schiefer Projection und in der Projection auf eine Ebene senkrecht zur Prismenaxe dargestellt.

Diejenigen drei Flächen, auf deren Durchschnitte als Axenrichtungen die sämmtlichen Formen des Cyanitsystems bezogen werden, sind die, welche die alte HAÜY'sche Primitivform bilden, die drei Flächen P, M und T, die sich schon durch die ihnen parallel gehenden Trennungs- (Spaltungs-) Flächen vor den anderen Flächen auszeichnen.

Vor allen ausgezeichnet durch die Grösse ihrer Entwickelung ist die Fläche M. Ihr parallel geht der Hauptblätterbruch, der allgemein als derjenige betrachtet wird, der am leichtesten darstellbar ist. Der einzige Schriftsteller, der den Blätterbruch parallel T für leichter darstellbar hält, als den parallel M, ist LÉVY.[3]) M ist meist glänzend, aber selten glatt und eben, sondern meist in der Richtung der Kante M/P gebogen und gestreift, mit unregelmässigen kleinen Vertiefungen in der Art bedeckt, dass diese an einzelnen Stellen dicht gehäuft sind und die Fläche matt erscheinen lassen, während sie an anderen Stellen wieder ganz fehlen, so dass mehr oder

---

[1]) Mineralien der Schweiz pag. 142. 1866. und Uebersicht etc. für 1858. pag. 207.

[2]) Vergleiche weiter oben.

[3]) Description d'une collection de minéraux etc. I. pag. 453. 1837.

weniger grosse matte Flecken mit glänzenden abwechseln. Glatter und glänzender sind im Allgemeinen die Flächen T, sie sind schmaler, aber auch nicht immer ganz eben; ihnen geht der zweite (nach Lévy l. c. der erste) Blätterbruch parallel, zwar weniger leicht als der parallel M, aber doch immer noch so leicht darstellbar, dass er beim Zerbrechen der Cyanitsäulen oft ganz von selbst entsteht, gerade wie der von M.

Etwas weniger einfach sind die Verhältnisse der Fläche P. Am häufigsten sieht man diese als wenig ebene, quer über die ganze Säule oder nur über einen Theil derselben ausgedehnte Begrenzungsfläche parallel mit der Kante M/P gebogen und in derselben Richtung mit einer grossen Zahl dicht gedrängt stehender feiner Streifen bedeckt, die der Fläche eine eigenthümliche Art von seidenähnlichem Glanz verleihen und die sich stellenweise als einzelne Fasern von der Fläche abtrennen. Aber auch so findet sich P nur an verhältnissmässig wenigen Krystallen, die meisten tragen an ihren Enden keine die Säulen quer schliessenden regelmässigen Begrenzungsflächen. In dieser Erscheinungsweise, als mehr oder weniger ausgedehnte, in der Richtung der Kante M/P gebogene Fläche, die durch dicht gedrängte feine Streifen in dieser selbigen Richtung vielfach einen seidenartigen Glanz und ein fasriges Aussehen und fasrige Beschaffenheit zeigt, ist P keine natürliche Begrenzungsfläche, auch kein gewöhnlicher Blätterbruch, keine Spaltungsfläche, sondern, wie weiterhin ausführlicher gezeigt werden soll, eine Gleitfläche im Sinne von E. Reusch, wie die Flächen des nächsten stumpferen Rhomboëders am Kalkspath oder die Granatoëderflächen am Steinsalz, eine Fläche, nach der sich die beiden Krystallhälften mit einem Minimum von Kraftaufwand gegen einander abschieben lassen.

Aber auch als natürliche Begrenzungsfläche findet sich P zuweilen, jedoch in verhältnissmässig noch viel selteneren Fällen, besonders in der schon von G. Rose [1]) gezeichneten Combination, die von der Figur 2 u. 2a. auf Taf. XIV. sich nur durch das Fehlen der untergeordneten Flächen Z, d, k und q unterscheidet. Hier hat Fläche P ein ganz anderes Aussehen: sie ist matt wie alle anderen natürlichen Endbegrenzungsflächen des Cyanits, mit dicht gedrängt stehenden Vertiefungen versehen und in Folge dessen ist es nur mit Mühe möglich, die Identität dieserFläche mit der vorhin erwähnten fasrigen Trennungsfläche nachzuweisen aus den Neigungen zu den anstossenden Flächen. Dass aber beide in ihrer Lage wirklich ident sind, ist wohl zweifellos; der Unterschied besteht eben nur darin, dass die matte Fläche die ursprüngliche Begrenzung, die glänzende,

---

[1]) Krystallochemisches Mineralsystem pag. 78.

fasrige eine durch Abschieben in die Erscheinung gelangte innere Fläche ist.

Was die Winkel anbelangt, die diese 3 Flächen P, M u. T in den 3 Combinationskanten mit einander machen, so ist ganz im Allgemeinen und für alle Cyanitflächen gültig zu bemerken, dass entsprechende Winkel an verschiedenen Krystallen gemessen, sehr beträchtlich von einander abweichen, um mehr, als die wahrscheinlichen Fehler der Messung betragen. Worin diese beträchtlichen Abweichungen derselben an verschiedenen Krystallen gemessenen Winkel beruhen, ist mir unbekannt; wie gross dieselben sind, zeigen folgende Zahlen, welche alle die Normalenwinkel bezeichnen, die im Folgenden, wenn nicht ausdrücklich das Gegentheil bemerkt ist, ausschliesslich angewendet sind. Es wurde an verschiedenen Krystallen gefunden:

$M/P = 78^\circ\ 45'$; $78^\circ\ 51'$; $80^\circ\ 26'$; $78^\circ\ 8'$.
$M/T = 73^\circ\ 30'$; $73^\circ\ 43'$; $73^\circ\ 37'$; $73^\circ\ 39'$; $73^\circ\ 54'$; $74^\circ\ 1'$.
endlich $P/T = 86^\circ\ 41'$; $86^\circ\ 44'$.

Dabei wurde beim Messen stets die Durchgangsfläche P benutzt, nicht die natürliche, ursprüngliche. Die wahrscheinlichen Messungsfehler betragen zuweilen nicht über eine Minute, vielfach sehr viel weniger, sie sind nur erheblicher, wenn die stets gekrümmte Fläche P in Betracht kommt. Besonders gross ist der Betrag, um den die extremen Werthe des Winkels P/M von einander abweichen und dafür ist auch wohl der Grund einzusehen, der sicherlich darin besteht, dass sowohl P als M in der Richtung der Kante P/M gekrümmt sind, so zwar, dass man selten einen Krystall sieht, wo dies nicht bis zu einem gewissen Grade der Fall wäre und wo nicht P sowohl als M sehr stark in die Länge gezogene Reflexe geben würden, was bei der Messung der anderen Kanten nicht in so hohem Grade der Fall ist.

Phillips giebt, wie schon erwähnt, für unsere 3 Winkel die Werthe:

$$P/M = 79^\circ\ 10'$$
$$P/T = 86^\circ\ 45'$$
$$M/T = 73^\circ\ 44'$$

Da diese Winkel in alle Lehr- und Handbücher übergegangen sind, und da sie auch mit den von mir beobachteten Winkeln verhältnissmässig gut stimmen, so werde ich sie bei allgemeinen Betrachtungen und Vergleichungen zu Grunde legen, nicht aber bei speciellen Berechnungen, bei denen immer die für den einzelnen Fall an einem und demselben Krystall beobachteten zusammengehörigen Winkel verwendet worden sind, soweit dies möglich war.

Ferner sind noch zu erwähnen die Spalten, die in der Richtung der Fläche P in fast allen Cyanitkrystallen in grosser Zahl vorhanden sind, Spalten, die selten durch den ganzen Krystall oder einen sehr grossen Theil desselben hindurch gehen, sondern die nur, namentlich von den Prismenkanten aus, kleinere Theile desselben durchsetzen und so auf M und T, aber auch auf den anderen Flächen der Prismenzone scharfe, gerade Linien erscheinen lassen, die über einen mehr oder weniger grossen Theil der Prismenflächen, besonders von M hinlaufen und sich, wenn sie nicht bis an die gegenüberliegende Prismenkante herangehen, oft noch unregelmässig, nicht geradlinig eine Strecke weit fortsetzen, zuweilen in eine nahe dabei gelegene Spalte übergehend und diese so mit der ersteren verbindend. Diese geradlinigen Spalten auf M sind von einiger Bedeutung, was die Orientirung in den Krystallen anbelangt, und es soll daher ihre Lage etwas genauer angegeben werden. Legt man die Phillips'schen Winkel zu Grunde, so machen jene Spalten nämlich mit den Prismenkanten Winkel von $90^0\ 15'$ und $89^0\ 45'$.

Nach meinen eigenen Messungen sind dagegen diese Winkel etwas anders, wie sie auch dem blossen Auge, das den stumpfen vom scharfen leicht unterscheidet, sehr viel verschiedener erscheinen, als diese Zahlen vermuthen lassen. Ich habe gefunden: $90^0\ 23^1/_3{}'$ und $89^0\ 36^2/_3{}'$. Erstere Zahlen sind wie die Phillips'schen Werthe für die Kantenwinkel in die Literatur übergegangen, und sollen daher bei allgemeinen Betrachtungen auch hier angewendet werden. Dem blossen Auge scheinen diese stumpfen, ebenen Winkel übrigens, wie gesagt, bedeutend mehr vom rechten Winkel abzuweichen, als um $15'$ resp. $23^1/_3{}'$.

Uebrigens giebt es auf M noch zwei Spaltensysteme: ein nicht gar selten auftretendes, parallel mit der später anzuführenden Fläche r (cfr. Taf. XIV. Fig. 1 u. 1 a.) und ein sehr selten zu beobachtendes, das in der Figur nicht gezeichnet ist, dessen Lage noch nicht ganz sicher bekannt ist, und das wahrscheinlich mit der ebenfalls später zu erwähnenden Fläche n parallel läuft. Dieses stumpft den stumpfen ebenen Winkel auf M von $90^0\ 15'$, jenes häufigere den scharfen von $89^0\ 15'$ ab. Da das eine System sehr selten, das andere häufig ist, so kann man nicht selten den scharfen und stumpfen Winkel auf M an ihnen unterscheiden, wenn je das blosse Augenmaass dazu nicht mehr mit völliger Sicherheit ausreichen sollte.

Die Spalten parallel r machen mit der Kante M/T den Winkel $34^0\ 58'$, mit der Kante M/P machen sie $55^0\ 26'$.

Die Richtung der anderen Spalten gegen die genannten Kanten lässt sich wegen der Unsicherheit ihrer Lage im Krystall nicht genauer angeben, doch sind die Winkel von den beim ersteren System angegebenen wenig verschieden.

Endlich ist noch anzugeben, wie im Folgenden die Krystalle gestellt werden sollen. Es soll dies so geschehen, dass, M als Querfläche gedacht, die stumpfe Kante M/T rechts vom Beschauer liegt und dass die Fläche P gegen vorn hin abfällt, so dass die stumpfe Kante M/P vorn oben liegt. Hält man diese Stellung als die Normalstellung fest, so ist ein für allemal klar, welche Kanten etc. man unter links- oder rechtsliegenden versteht, was besonders bei den Zwillingen im Interesse einer kurzen Bezeichnung von Werth ist. Steht der Krystall, wie angegeben, so steigt die Kante P/M, damit auch die Richtung der Spalten auf M von rechts nach links in die Höhe, der stumpfe ebene Winkel auf M von $90^{0}\ 15'$, den Kante P/M mit Kante M/T macht, liegt rechts, der spitze Winkel von $89^{0}\ 45'$ links, wie es auch Tafel XIV. Figur 1 u. 1a. angiebt, wo die Zahl $90^{0}\ 15'$ an der passenden Stelle eingeschrieben ist.

Diese Normalstellung kann leicht aufgefunden werden, wenn P, M und T vollkommen ausgebildet sind. In diesem Fall ist kein Zweifel über die Stellung möglich. Es kommen aber sehr häufig Fälle vor, wo die Fläche P fehlt, so dass nur die Flächen M und T oder die ihnen entsprechenden Blätterdurchgänge vorhanden sind, und in diesem Fall kann es auch zweifelhaft werden, ob ein Krystall die Normalstellung hat oder nicht, ob er nicht eine Stellung hat, die durch Drehung des Krystalls um $180^{0}$ entsteht um eine Axe parallel der Kante M/T. In dieser zweiten Stellung liegt ebenfalls der stumpfe Winkel M/T rechts, P ist jedoch nach hinten abwärts geneigt, was man aber eben nicht beobachten kann, wenn P nicht vorhanden ist. Wenn nun also ohne P die zwei genannten Stellungen nicht auf den ersten Blick scharf auseinandergehalten werden können, so giebt es doch Mittel, sie auch so trotzdem in den meisten Fällen noch sicher zu unterscheiden; das sind einmal die Spalten auf M und zum anderen ist es die Lage der Ebene der optischen Axen.

Wie erwähnt, liegt bei der Normalstellung der stumpfe ebene Winkel auf M rechts, der scharfe links, bei der zweiten eben genannten Stellung ist es umgekehrt. Ist es also möglich, den scharfen und stumpfen ebenen Winkel auf M jederzeit sicher auseinander zu halten, so brauchte man den Krystall nur so zu stellen, dass M nach vorn gekehrt ist und dass der stumpfe Winkel auf M und die stumpfe Kante M/T rechts liegen, um die Normalstellung auch ohne P sicher und unzweideutig zu erhalten. Dem scheint sich nun auf den ersten Blick die

Schwierigkeit entgegenzustellen, dass die beiden Winkel auf M sich von 90° nur wenig unterscheiden. Aber so gering dieser Unterschied auch sein mag, er lässt sich bei einiger Uebung doch festhalten und namentlich wo man auf einer Fläche M beide Winkel zusammensieht, wird es stets möglich sein, daran Rechts und Links zu unterscheiden, und damit den Krystall in die Normalstellung zu bringen, trotzdem dass in gewissen Unregelmässigkeiten der Spalten Fehlerquellen liegen können. Ich betone die Möglichkeit der sicheren Unterscheidung der beiden ebenen Winkel auf M im Gegensatz zu den meisten anderen Schriftstellern, die die Unterschiede für zu gering erklären. Ich meinerseits habe nie geschwankt, welcher Winkel der stumpfe oder scharfe ist, und mehrere ganz unbefangene Personen, denen ich Cyanitkrystalle vorlegte, haben ebenfalls mit Sicherheit den stumpfen Winkel auf M vom scharfen stets unterschieden, so dass in diesen Winkeln in der That ein practisches Hülfsmittel zur Fixirung der Stellung der Krystalle gegeben ist. Auch die schiefen Spalten parallel r, links den scharfen Winkel auf M abstumpfend, können dazu dienen, diese Seite von der rechten, stumpfen zu unterscheiden, aber die Streifen rechts parallel n können, wenn auch sehr selten vorhanden, doch unter Umständen eine Unsicherheit oder einen Irrthum hervorrufen.

Wenn so die geringen Unterschiede der Neigungen der Spalten auf M gegen die Kanten M/T rechts und links ein Mittel bieten, um in den meisten Fällen in Verbindung mit der Lage der fast ausnahmslos beobachtbaren Fläche oder des Blätterbruchs T einen Krystall in die Normalstellung zu bringen, so darf hier doch nicht ein zweites Mittel übergangen werden, dass bei durchsichtigen Krystallen ebenfalls mit Sicherheit und ohne allen Zweifel zum Ziel führt. Es ist dies die Lage der Ebene der optischen Axen. Es ist seit lange bekannt, dass die optische Mittellinie des Cyanits beinahe senkrecht auf der Fläche M steht, die genaue Lage ist noch nicht bestimmt worden.[1]) In der That sieht man auch, besonders deutlich bei sehr dünnen Blättchen, die parallel M abgespalten sind, die Lemniskaten und Hyperbeln in einem Polarisationsinstrument mit grossem Sehfeld sehr gut. Trotzdem wird aber in der Literatur ganz allgemein die Lage der optischen Axen unrichtig angegeben. Wie es scheint, ist Des Cloizeaux[2]) der

---

[1]) Brewster nahm die Mittellinie genau senkrecht auf M, was wohl sicher nicht der Fall ist. Nach Des Cloizeaux (l. c.) ist die Mittellinie „très sensiblement normal à M", es fehlen aber nähere Angaben. Nach Brewster ist der Winkel der optischen Axen = 81° 48′, Des Cloizeaux giebt ähnliche Zahlen.

[2]) Manuel de minéralogie I. pag. 186. 1862.

erste, der angiebt, diese Axenebene gehe durch die stumpfen Ecken von 90° 15′ des Parallelepipeds auf M („plan des axes optiques faisant un angle d'environ 30° avec l'arête M/T et un angle de 60° 15′ avec l'arête M/P“) und ihm folgen die Anderen, die diese Verhältnisse zur Sprache bringen, so z. B. QUENSTEDT[1]) und ROSENBUSCH[2]), der ebenfalls sich genau an DES CLOIZEAUX hält und diese Verhältnisse noch durch seine Figur 100 zur klareren Anschauung bringt.

Es hat beinahe den Anschein, als ob diese Angabe auf einer missverständlichen Interpretation einer Stelle in der citirten Arbeit von PLÜCKER und BEER[3]) beruhte. Diese beiden Forscher sagen pag. 55: „Beim senkrechten Durchsehen durch die Spaltungsflächen eines einfachen Krystalles (nämlich von Cyanit) wurde die grösste Dunkelheit beobachtet (nämlich im Polarisationsinstrument mit gekreuzten Nicols und im parallelen Licht) wenn der Krystall so gedreht wurde, dass eine gerade Linie, die die Seitenkanten der Säule unter einem Winkel von etwa 35° in der Art schneidet, dass sie durch die stumpfe Ecke der Basis gelegt, ausserhalb des an dieser Ecke liegenden, nahezu rechten Winkels der Spaltungsfläche liegt, mit der ersten Polarisationsebene zusammenfiel oder auf ihr senkrecht war.“ Die Hauptauslöschungsrichtung, von der hier die Rede ist, ist in der That, was die Verfasser nicht direct aussprechen, die der Ebene der optischen Axen entsprechende. Diese geht darnach ausserhalb durch die stumpfe Ecke auf M von 90° 15′, also, parallel mit sich in das Innere des Parallelepipeds auf M verlegt, durch die spitzen Winkel desselben (siehe Taf. XIV. Fig. 1a.) unddas ist es auch, was mir die Beobachtung stets ergeben hat: die Ebene der optischen Axen geht nicht durch die stumpfen, sondern durch die scharfen ebenen Winkel auf M, von rechts unten nach links oben, wie das in verschiedenen der beigegebenen Figuren durch die Linien mit den Pfeilspitzen an beiden Enden eingezeichnet ist. Die Winkel der optischen Axenebene mit den Kanten M/P und M/T entsprechen ungefähr den bei DES CLOIZEAUX und bei BEER und PLÜCKER angegebenen.

Hat man sich nun über die Lage der Ebene der optischen Axen Gewissheit verschafft, so hat man damit ein neues sicheres Mittel, um ohne Kenntniss der Neigung von P die Normalstellung eines Krystalls aufzufinden, wenn man nur die Fläche T ihrer Lage nach richtig erkennt. Die Normalstellung ist vorhanden, wenn die stumpfe Kante M/T rechts liegt und die

[1]) Handbuch der Mineralogie 3. Aufl. pag. 351. 1877.
[2]) Mikroskop. Physiographie der petr. wicht. Min. pag. 346. 1873.
[3]) POGG. Ann. 82. 1851. pag. 54.

Richtung der Ebene der optischen Axen auf M von rechts unten nach links oben geht.

Alle diese Einzelnheiten spielen besonders bei Betrachtung der nach M verwachsenen Zwillinge eine wichtige Rolle, deren verschiedene Gesetze nur mittelst der hier angeführten Kennzeichen sicher und meist auf den ersten Blick unterschieden werden können. Dies ist der Grund, warum ich hier etwas näher darauf eingegangen bin.

Zu den genannten Flächen gesellt sich sehr häufig die Fläche o (Phillips: k), damit wohl die gewöhnlichste Flächencombination bildend: o liegt links und stumpft die scharfe Kante M/T so ab, dass nach Phillips o/M = 48° 37′ und T/o = 57° 39′. Ich habe gemessen an verschiedenen Krystallen:

o/M = 48° 50′; 48° 33′; 48° 41′ und
T/o = 57° 38′; 57° 48′; 57° 20′; 57° 36′.

Diese Fläche o ist physikalisch ganz ähnlich beschaffen, wie T und hat auch vielfach dieselbe räumliche Ausdehnung. Es ist aber trotzdem nicht möglich, T und o, wenn sie gleichzeitig an einem Krystall auftreten, miteinander zu verwechseln (und o ohne T kommt kaum vor), da der wirkliche Flächenwinkel M/o (nicht der Normalenwinkel) sehr viel grösser ist, als der Winkel M/T; der eine ist = 131° 23′, der andere = 106° 16′, ein Unterschied, den das Auge unter allen Umständen mit Leichtigkeit fasst, wie auch z. B. die Figuren 2a., 4a., 6a., 7a. und 7b. auf Tafel XIV. zeigen.

Wie die Fläche o die scharfe, so stumpft eine ganze Reihe von Flächen die stumpfe Kante M/T ab, die Flächen k und l, die schon von Haüy angegeben werden und zwei Flächen d und q, erstere die Kante M/k, letztere die Kante l/T abstumpfend. Diese Flächen sind alle meist schmal und rauh, selten breiter und eben. k und l sind häufig, sie erzeugen eine Abrundung der Kante M/T. Entweder sind sie beide vorhanden oder nur l allein, R allein scheint nicht beobachtet zu sein. d und q habe ich beide nur einmal beobachtet; sie sind nur durch Messung von k, resp. l zu unterscheiden, denen sie sehr nahe liegen. k und l bezeichnet Phillips mit e und i; sie machen nach einer Messung mit M die Winkel:

k/M = 20° 45′; l/M = 34° 19 ;

für die Neigungen von d und q gegen M habe ich gefunden:

d/M = 14° 42′; q/M = 48° 25′.

Sehr wichtig sind diejenigen Flächen, welche die Cyanitsäulen am Ende begrenzen; vor Allem die Fläche r. Diese

Fläche giebt zuerst Haüy an, in seiner var. dioctaèdre. Sie liegt in der Zone {PT}, links die scharfe Kanke P/T abstumpfend, wie in derselben Zone die Fläche n rechts die stumpfe Kante P/T abstumpft. Beide Flächen n und r sind rauh, matt und löcherig, in Combination mit einer gleichfalls rauhen und matten P begrenzen sie nicht so gar selten die Prismen, wie das G. Rose in seinem krystallochemischen Mineralsystem pag. 78 dargestellt hat. Genau die dort abgebildete Combination habe auch ich mehrfach beobachtet.

Die Lage dieser natürlichen Flächen lässt sich nun durch Messungen am Goniometer wegen ihrer Rauhigkeit nur sehr annähernd bestimmen; dagegen ist die Lage von r genauer bestimmbar, wenn der dieser Fläche parallel gehende Blätterbruch zur Darstellung gelangt ist. Dieser Blätterbruch zeigt zwar sein Vorhandensein häufig an durch die Hervorbringung der erwähnten schiefen Spalten auf M in der linken scharfen Ecke dieser Fläche, aber wirklich vorhanden ist er sehr selten; mir sind unter mehreren Hunderten blos 2 Krystalle vorgekommen, welche ihn zeigen. Willkürlich künstlich darstellen lässt er sich gar nicht, dazu ist er viel zu versteckt. Auch in jenen 2 Krystallen ist er nicht auf grösseren Flächen vorhanden, sondern nur in treppenförmigen Absätzen, mehrfach abwechselnd mit der Trennungsfläche parallel P und auch in den einzelnen Treppenstufen nicht durch die ganze Dicke des Krystalls hindurchgehend, sondern stets nur einen Theil desselben durchschneidend, dann absetzend und an einer anderen Stelle wieder einsetzend, so dass eine scheinbar ganz rauhe und unregelmässige Begrenzung der Prismen entsteht, in der nur an mehreren einzelnen isolirten Stellen die Blätterbrüche r glänzen, in anderer Richtung die Durchgänge parallel der Fläche P, an den meisten Stellen ist aber die Begrenzung unregelmässig. Taf. XIV. Fig. 1a. soll diese Verhältnisse deutlich machen. Sie zeigt die Fläche M eines Krystalls, daran stossen rechts und links die Flächen T und o. Die Horizontallinien stellen die Risse parallel P, die schiefen diejenigen parallel r vor. Diese schneiden alle die scharfe, links liegende Ecke von $89^0\ 45'$ ab, welche auf M die Kanten P/M und T/M machen. Solche „vollkommene Spaltbarkeit nach der anorthischen Endfläche" hat schon Kenngott [1]) erwähnt. Ich habe die Neigungen dieser Spaltungsfläche parallel r gegen die Flächen der Prismenzone gemessen und gefunden:

Am ersten Krystall:

$$r/T = 123^0\ 11';\ r/M = 90^0\ 36'\ (\text{vorn});\ r/o = 64^0\ 61'.$$

---

[1]) Uebersicht etc. für 1859. pag. 64.

Am zweiten Krystall, an welchem M in der Richtung der Kante M/P gekrümmt ist:

$$r/T = 122^0\ 31'; \quad r/M = 90^0\ 38'.$$

Diese Winkel sind alle mit sehr erheblichen Fehlern behaftet, da sich die Flächen r eben nur unter den erwähnten ungünstigen Umständen der Messung darbieten.

Die Folge davon ist, dass namentlich die bei verschiedenen Einstellungen gewonnenen Werthe sehr differiren, z. B. schwanken die Werthe, die für den Winkel M/x (vorn) am ersten Krystall gemessen wurden, zwischen $90^0\ 55'$ und $89^0\ 53'$, so dass man es hier vorläufig nur mit Annäherungswerthen zu thun hat. Auch Kenngott giebt (l. c.) einige Winkel an, es ist mir aber nicht ganz klar geworden, welche Kanten er eigentlich meint, so dass ich sie hier nicht zum Vergleich heranziehen kann. Die Zahlen, die er anführt, sind jedenfalls andere, als die hier angegebenen. Unter allen Umständen kann nicht bezweifelt werden, dass r in der Zone {PT} liegt, denn wo die rauhen Begrenzungsflächen vorhanden sind, erkennt man leicht den Parallelismus der entsprechenden Kanten, wie das schon Haüy angiebt und G. Rose zeichnet (cfr. Taf. XIV. Fig. 2 u. 2a.) und an dem einen (ersten) Krystall mit dem Blätterbruch r war zugleich der Bruch P wenigstens soweit vorhanden, dass die Reflexe auf T, P und r die Tautozonalität dieser drei Flächen ausser Zweifel stellten, wenn auch P, wegen zu geringer Ausdehnung, nicht weiter zur Gewinnung von Winkelwerthen benutzt werden konnte.

Die Fläche n, in derselben Zone {PT} gelegen, wie ebenfalls aus der Kantenparallelität hervorgeht, habe ich nur als rauhe Begrenzungsfläche wie P und r und zwar nur in der von G. Rose (l. c.) gezeichneten Combination beobachtet. Auch ihr scheint ein Blätterbruch zu entsprechen, der aber noch viel schwerer darstellbar sein muss, da man ihn bis jetzt niemals beobachtet hat, sondern nur Andeutungen davon, bestehend in den erwähnten schiefen Rissen und Spalten auf M, welche den rechten, stumpfen Winkel von $90^0\ 15'$ auf M geradeso abschneiden, wie die Risse parallel r den linken scharfen, und auch diese andeutenden Risse sind sehr viel seltener, als die parallel r, sie sind nur in einzelnen wenigen Fällen beobachtet und nie ohne die Spalten parallel r.

Leider liess sich die Zusammengehörigkeit dieser Streifen mit unserer Fläche n nicht mit völliger Sicherheit constatiren, so dass auch hier noch weitere Beobachtungen nöthig sind.

Mit den angegebenen ist die Zahl der von mir beobachteten Flächen erschöpft, in der Literatur werden aber noch mehrere angegeben. Zuerst ist es Haüy, der in der oben citirten zweiten Auflage seiner Mineralogie [1]) noch einige weitere Formen anführt. Zunächst ist zu erwähnen $X = \overset{\frac{1}{8}}{E} D^5 C^3$; die hintere rechte Ecke der Primitivform in der Grundstellung oben abstumpfend, nach links ziemlich steil ansteigend und so ganz allein das Prisma nach oben abgrenzend; sodann $z = \underset{1}{C}$, die hintere scharfe Kante P/M absumpfend, also in Zone {PM} liegend und den Krystall für sich allein so begrenzend, dass sie fast senkrecht auf der Zonenaxe (der Kante M/T) steht. [2]) Endlich noch die zwei Flächen $s = \underset{2}{C}$ und $u = \overset{2}{F}$ in der Zone {PM}, von welchen u die vordere, stumpfe, s die hintere, scharfe Kante P/M abstumpft. Demnach liegt s ähnlich wie z, aber steiler gegen Kante M/T geneigt. Von allen diesen Flächen kann man sich keine ganz exacte Vorstellung machen, trotzdem dass Haüy die Flächenausdrücke angiebt. Der Grund davon liegt darin, dass gar keine Winkel angegeben sind und dass auch die Primitivform noch nicht nach ihren Dimensionen bekannt war.

Ich begnüge mich daher auch, mit den vorstehenden Angaben, die nur auf diese Flächen aufmerksam machen sollen, besonders auf die drei in der Zone {M P u s z}, in welcher ich überhaupt keine Flächen beobachtet habe, ausser M und P.

Ebenso ist es bei Lévy [3]), wo $o = g^1$ und $k = h^1$: dort ist Figur 5 eine Fläche $b^1$, die Kante P/o links abstumpfend. Auch in dieser Zone habe ich nur die Andeutung einer Fläche beobachtet.

Bei Betrachtung des Zonenzusammenhanges werde ich nochmals auf diese Formen zurückzukommen haben. Dieselben sind jedenfalls sehr selten, denn Haüy und Lévy sind die einzigen, die etwas davon erwähnen und keiner hat die Formen des anderen gesehen. Wenn auch Andere, z. B. Dufrénoy [4]) etwas davon anführen, so ist es doch bei ihnen nicht selbstständige Beobachtung, sondern Excerpt aus Lévy, dessen Figur 5 auf Tafel 29 genau übereinstimmt mit Dufrénoy's Figur 4 auf Tafel 146.

Von ferneren Flächen werden wir weiterhin dann nur noch die Zwillingsflächen der Kreuzzwillinge kennen zu lernen haben. Man sieht, wie arm im Ganzen das Cyanitsystem an einfachen Formen ist.

---

[1]) Bd. II. pag. 360. t. 63. f. 55–61.

[2]) Diese Fläche scheint an einem der Cyanitmodelle (No. 661) der grossen Krantz'schen Modellsammlung angebracht zu sein. Sie liegt zwar ähnlich wie P, ist aber viel weniger gegen die Kante M/T geneigt, als P.

[3]) l. c. pag. 454. t. 29.

[4]) Traité de Minéralogie t. 3. pag. 528. pl. 146. f. 1—5.

## Axenausdruck der Flächen und Berechnung des Axensystems und der Winkel.

Es sollen zunächst blos die Axenausdrücke der einzelnen beobachteten und oben angegebenen Flächen bestimmt werden, der Zonenzusammenhang sämmtlicher Flächen soll später folgen, nachdem auch die Zwillingsflächen der Kreuzzwillinge bestimmt sind. Hier soll sich unmittelbar nur die Ermittelung des Axensystems anschliessen, sowie eine vergleichende Uebersicht der gemessenen und berechneten Winkel.

Ich lege diesen Bestimmungen das Oktaid r P M o zu Grunde, in welchen die Flächen folgende Ausdrücke haben sollen:

$$M = a : \infty b : \infty c$$
$$P = \infty a : \infty b : c$$
$$o = a : -b : \infty c$$
$$r = \infty a : -b : c.$$

Hieraus folgt dann unmittelbar:

$$T = \infty a : b : \infty c.$$

Die Axen sind somit die Schnitte der drei Fächen P, M und T, welche ihrerseits die Axenebenen sind.

Die Ermittelung der Ausdrücke von d, k, l und q, sowie von n ist dann unmittelbar nicht weiter durch Zonen möglich, es bedarf dazu der Kenntniss von passenden Winkeln. Man sieht sogleich, dass sowohl n, als d, k, l und q mit je drei anderen Flächen mit bekannten Ausdrücken (T, r und P und T, o und M) in einer Zone liegen. Ausserden sind in jeder dieser Zonen soviel Winkel gemessen, dass die Entfernungen der einzelnen Flächenpole genau bekannt sind, also lassen sich nach der sogen. Vierpunktregel[1]) die unbekannten Ausdrücke von n, sowie von d, k, l und q berechnen.

Für die Berechnung von n ist bekannt:

$r/P = 36^0\ 26'$; $P/T = 86^0\ 45'$; $P/n = 34^0$ ca. und daraus

$$n = \infty a : b : c,$$

für die Berechnung der Flächen der Zone |MT| ist:

$$d/M = 14^0\ 42'; \quad k/M = 20^0\ 45'; \quad l/M = 34^0\ 19'; \quad q/M = 48^0\ 25',$$

[1]) Miller, A treatise on crystallography, § 27. pag. 12. 1839., Uebersetzung von Grailich; § 25. pag. 12. 1856.

und daraus ergiebt sich:

$$
\begin{aligned}
d &= {}^1/_3 a : b : \infty c \\
k &= {}^1/_2 a : b : \infty c \\
l &= a : b : \infty c \\
q &= a : {}^1/_2 b : \infty c
\end{aligned}
$$

und damit sind dann die sämmtlichen von mir beobachteten Flächen in ihren Ausdrücken bestimmt. Einiges Weitere, besonders auch über die muthmaasslichen Ausdrücke der von Hauy und Lévy allein, nicht aber auch sonst beobachteten Flächen, an unserem Axensystem wird weiter unten bei Betrachtung des Zonenzusammenhanges der Flächen folgen.

Zur exacten Berechnung des Axensystems wäre es nun erforderlich, die sämmtlichen an einem und demselben Krystall gefundenen Winkelwerthe zu verwenden, sie, wenn es mehr als die zum mindesten erforderliche Zahl von 5 Winkeln sind, nach der Methode der kleinsten Quadrate zu behandeln und so Axenlängen zu finden, die allen gemessenen Winkelwerthen gleich gut entsprechen. Es fragt sich, ob es sich lohnt, diese mühsamen Rechnungen auf Grund des vorliegenden Beobachtungsmaterials hier durchzuführen und ich möchte diese Frage verneinen. Der Grund liegt darin, dass ich keinen einzigen Krystall gefunden habe, der auch nur das Minimum von 5 Winkeln zur Berechnung der Axen ergeben hätte, so dass jedenfalls Winkel von mindestens zwei Krystallen combinirt und bei der Rechnung verwendet werden müssen. Wir haben nun aber gesehen, dass analoge Winkel in verschiedenen Cyanitkrystallen auf's Erheblichste von einander differiren, und dass man somit nie sicher ist, ob ein von einem anderen Krystall hergenommener Winkel dem analogen an einem vorliegenden Krystall auch nur annähernd entspricht. Wir haben also, so lange wir nicht mindestens 5 passende Winkel an einem und demselben Krystall gemessen haben, jedenfalls nur Näherungswerthe für die Axen zu erwarten, umsomehr, als auch die Neigungswinkel der hier besonders in Betracht kommenden Fläche r gegen die anliegenden Flächen nur näherungsweise bestimmt sind. Es wird also wohl genügen, hier aus 5 so passend als möglich gewählten Winkeln die Axen zu berechnen und dann die aus den Axen berechneten Winkel mit den sonst noch beobachteten zu vergleichen. Erst wenn man die nöthige Zahl von guten Winkeln von Einem Krystall her hat, wird es sich lohnen, strengere Methode anzuwenden.

Von den 5 der folgenden Rechnung zu Grunde liegenden

Winkeln sind drei an einem und demselben Krystall gemessen, nämlich:

$$T/r = 123^0\ 11'; \quad M/r = 90^0\ 36\ ; \quad M/T = 73^0\ 39';$$

letzterer Werth nähert sich sehr der von PHILLIPS angegebenen Zahl: $M/T = 73^0\ 44'$. Ich habe daher die allerdings durch nichts gestützte Voraussetzung gemacht, dass auch die anderen Winkel des vorliegenden Krystalls von den von PHILLIPS angegebenen Werthen nicht weit abweichen und daher ferner nach PHILLIPS zu Grunde gelegt:

$$P/o = 83^0\ 8'\,^{1)} \quad \text{und} \quad P/M = 79^0\ 10'.$$

Diese 5 zu Grunde gelegten Zahlen ergeben zunächst sämmtliche Glieder des sphärischen Dreiecks r M T (Taf. XIV. Fig. 12), sodann der Reihe nach die von den Dreiecken P M T und P T o; man kennt somit die Winkel: o P T und o P M, sowie r M P und r M T, und diese geben die Axenlängen nach den Gleichungen[2]:

$$\frac{a}{b} = \frac{\sin\ oPM}{\sin\ oPT} = \frac{\sin\ 48^0\ 58^1/_3{}'}{\sin\ 122^0\ 57^4/_7{}'}$$

$$\frac{c}{b} = \frac{\sin\ rMP}{\sin\ rMT} = \frac{\sin\ 34^0\ 57^1/_3{}'}{\sin\ 124^0\ 34'}$$

wobei M, P, r und o die oben angenommenen Indices besitzen.

Die Axenwinkel folgen dann aus dem Dreieck P M T, gebildet von den 3 Polen der Axenebenen oder der Primitivform.

Berechnet man auf diese Weise die Axenwerthe, so erhält man:

$$a : b : c = 0{,}89912 : 1 : 0{,}69677; \text{ sodann:}$$

$$\begin{aligned}
&\sphericalangle\ A = 93^0\ 24' = P/T \quad \text{(in der Axe a)}\\
&\sphericalangle\ B = 100^0\ 50' = P/M \quad \text{(in der Axe b)}\\
&\sphericalangle\ C = 106^0\ 21' = M/T \quad \text{(in der Axe c); endlich}\\
&\sphericalangle\ \alpha = 90^0\ 23' = b/c\\
&\sphericalangle\ \beta = 100^0\ 18' = a/c\\
&\sphericalangle\ \gamma = 106^0\ 1' = a/b,
\end{aligned}$$

wobei a, b und c der Reihe nach die (halbe) Längsaxe, Queraxe und Verticalaxe bedeuten, und wo sich die Winkel auf den vorderen, oberen, rechten Oktanten beziehen.

---

1) cfr. DES CLOIZEAUX, Manuel etc. pag. 185.

2) MILLER, A treatise on crystallography, § 222. pag. 95. und Uebersetzung von GRAILICH, § 224. pag. 147.

Die Werthe für a, b und c scheinen bis zur dritten Decimale genau zu sein, denn wenn man andere, von den obigen verschiedene Winkel der Rechnung zu Grunde legt, so erhält man Werthe, die in den ersten beiden Dezimalen mit den oben angegebenen stimmen, von da ab aber verschieden sind. Zum Schlusse sind in einer Tabelle die gemessenen Winkel und die aus den Axen berechneten zusammengestellt, und es ist gleich hier die Zwillingsfläche Z mit aufgenommen, von der erst weiter unten eingehender die Rede sein soll:

| Winkel. | Berechnet. | Gemessen. | Differenz. |
|---|---|---|---|
| M/T | 73° 39′ | 73° 39′ | — |
| M/q | 48° 35′ | 48° 25′ | + 10′ |
| M/l | 34° 13′ | 34° 19′ | — 6′ |
| M/k | 20° 41′ | 20° 45′ | — 4′ |
| M/d | 14° 39′ | 14° 42′ | — 3′ |
| M/o | 48° 30′ | 48° 37′ | — 7′ |
| T/o | 122° 9′ | 122° 21′ | — 12′ |
| P/T | 86° 36′ | 86° 45′ | — 9′ |
| P/r | 36° 35′ | 36° 26′ | + 9′ |
| P/n | 34° 18′ | ca. 34° | ca. $^1/_4$° |
| T/r | 123° 11′ | 123° 11′ | — |
| o/r | 65° 18′ | 64° 56′ | + 22′ |
| M/r | 90° 36′ | 90° 36′ | — |
| Z/o | 70° 4′ | 69° 56′ | + 8′ |
| Z/M | 121° 19′ | 120° 58′ | + 21′ |
| Z/T | 143° 58′ | 144° 28′ | — 30′ |
| P/o | 83° 8′ | 83° 8′ | — |
| P/b¹ | 39° 15′ | — | |
| o/b¹ | 43° 53′ | — | |
| P/M | 79° 10′ | 79° 10′ | — |
| P/u | 44° 40′ | — | |
| P/s | 57° 50′ | — | |
| M/u | 34° 30′ | — | |

## Zwillinge.

### A. Zwillinge nach der Fläche M.

In den nachfolgenden Beschreibungen und Abbildungen ist immer vorausgesetzt, dass das hintere Individuum das in der Normalstellung befindliche ist und dass sich das vordere in der gedrehten Stellung befindet. In den Figuren bezeichnen punktirte Buchstaben Flächen, die als hintenliegend nicht sichtbar sind, die Linien mit Doppelpfeilen geben die Richtung der Ebene der optischen Axen, die punktirte am hinteren Individuum. Einfache Pfeile mit einer Spitze geben die Neigung der Flächen an.

1. Gesetz. Das erste und häufigste Gesetz ist das, wonach beide Individuen um eine Axe senkrecht zu M gegen einander verdreht erscheinen. Dieses Gesetz ist sehr viel häufiger als die sämmtlichen anderen Gesetze zusammen. Es bilden hier sowohl die Flächen P als T einspringende Winkel und zwar P oben und T rechts und es betragen diese einspringenden Winkel nach den Phillips'schen Messungen $P/\underline{P} = 158^0\ 20'$ und $T/\underline{T} = 147^0\ 18'$ (die wirklichen von den Flächen nach aussen zu gebildeten Winkel). Diese beiden einspringenden Winkel sind für die nach diesem Gesetz verbundenen Zwillinge charakteristisch, aber es ist sehr selten möglich, zu erkennen, ob die Flächen P einen einspringenden Winkel bilden oder nicht; mir selbst ist es bei vielen Dutzenden solcher Krystalle kaum ein einziges Mal gelungen. Daher ist es nöthig, neben der Zwillingsrinne rechts, gebildet von den 2 Flächen T, noch ein zweites charakteristisches Kennzeichen zu finden und das liegt nach Plücker und Beer in den optischen Eigenschaften dieser Krystalle, die darin bestehen, dass in beiden Individuen die Ebenen der optischen Axen gleich liegen und nicht gekreuzt sind, so dass die Zwillinge sich in optischer Beziehung verhalten wie einfache Krystalle, wenn sie ins Polarisationsinstrument gelegt werden: sie werden bei der Drehung zwischen gekreuzten Nicols abwechselnd hell und dunkel. Diese Eigenschaft in Verbindung mit der Zwillingsrinne lässt das Gesetz ebenfalls mit Sicherheit erkennen. Es giebt aber dazu noch ein drittes Mittel, welches das Heranziehen der optischen Verhältnisse und den Gebrauch jedes Instruments unnöthig macht, und das besteht in der Beobachtung des Verlaufs der Risse und Spalten auf M parallel P, die hier ganz ebenso dienen können, wie bei der Feststellung der Normalstellung eines Krystalls und die auch hier in den meisten Fällen in ihrer Neigung sicher erkannt und unterschieden werden.

Bei den Zwillingen nach dem vorliegenden Gesetz liegen die stumpfen Winkel von 90° 15′ auf M in beiden Individuen rechts, die Kante P/M stösst in beiden Individuen auf die rechts liegenden Kanten M/T unter stumpfen Winkeln; die stumpfen Winkel auf M und ebenso die scharfen entsprechen sich der Lage nach. Alle diese Verhältnisse macht Figur 7 und 7a. klar.

Wir haben also als vollständig genügendes, auf den ersten Blick auch ohne Polarisationsinstrument zum Ziele führendes Kennzeichen für diese Zwillinge, welches das Vorhandensein der Flächen P nicht erfordert, kurz folgendes: Ein- und ausspringende Winkel von den Flächen T und $\underline{T}$ gebildet, der stumpfe Winkel auf M ist oben in beiden Individuen nach dem einspringenden, der scharfe nach dem ausspringenden Winkel T/$\underline{T}$ gerichtet. Die Kanten P/M steigen mit den ihnen parallelen Spalten von rechts nach links in beiden Individuen in die Höhe.

G. Rose hält im krystallochemischen Mineralsystem p. 79 dieses Gesetz für das seltenere, das andere Gesetz mit paralleler Fläche P in beiden Individuen für das bei Weitem häufigere. Das ist entschieden nicht richtig, letzteres im Gegentheil sehr selten; wenn man aber beide Gesetze nur an dem Verhalten der Flächen P unterscheiden will, ist es allerdings leicht möglich, auf die Meinung Rose's zu kommen, da die Krystalle meist derart quer durchbrechen, dass eine einzige mehr oder weniger ebene Bruchfläche entsteht, die aber eben nicht die Fläche P, sondern ganz unregelmässig ist; diese ist, wie erwähnt, selten zu beobachten. Sichere Mittel zur Unterscheidung beider Gesetze liegen nur in den optischen Verhältnissen und auch, wie ich mich bestimmt überzeugte (und wie sich auf meine Veranlassung auch Andere überzeugten), in der Lage der Kanten M/P, wie wir auch weiter unten weiter sehen werden. Diese Lage lässt sich sehr bestimmt fixiren, und ist nicht so schwer zu beobachten, wie G. Rose (l. c.) meinte.

J. D. Dana [1]) führt nun dieses Zwillingsgesetz an und spricht von rechten und linken Zwillingen, wie beim Karlsbader Gesetz des Orthoklases. Dies wäre offenbar nur zutreffend, wenn die Individuen beim Cyanit ebenso wie beim Orthoklas mit einer Fläche senkrecht zur Zwillingsfläche verwachsen wären, was aber nie der Fall ist, wie es scheint. Dann könnte man nach der Lage von P rechte und linke Zwillinge unterscheiden, die beim Drehen des Zwillings auch immer rechte und linke bleiben müssten. Hier kann man nur ein Ende

[1]) A system of mineralogy 5. ed. 1869. pag. 375.

mit einspringendem, und ein solches mit ausspringendem Winkel P/$\underline{P}$ unterscheiden und alle bei Verwachsung der zwei Individuen nach der Fläche M überhaupt möglichen Verhältnisse durch Drehen des Zwillings in passender Weise zum Vorschein bringen.

2. Gesetz. Nach diesem Gesetz, wie es gewöhnlich z. B. von G. Rose, Des Cloizeaux, Quenstedt, Rosenbusch und Anderen ausgesprochen wird, haben die beiden Individuen M gemein und das eine (nach unserer Annahme vordere) Individuum ist um die Kante P/M gedreht. Auch hier machen auf der rechten Seite die Flächen T und $\underline{T}$ einspringende Winkel, aber es ist hier der Unterschied gegen das erste Gesetz, dass die Flächen P und $\underline{P}$ keine einspringenden Winkel bilden, sondern in ein Niveau fallen müssen. Dieser, wie erwähnt, praktisch kaum verwerthbare Unterschied wird nach Beer und Plücker dadurch ersetzt, dass in beiden Individuen die Ebenen der optischen Axen eine verschiedene Lage haben, dass sie gekreuzt sind, und es wird daher ein solcher Krystall im Polarisationsinstrument zwischen gekreuzten Nicols nicht abwechselnd hell und dunkel, wie ein einfacher Krystall oder ein Zwilling nach dem ersten Gesetz, sondern er bleibt bei der Drehung stets hell. Auch hier hat man aber in den Rissen und Spalten auf M ein Mittel der Erkennung, das ohne Instrument blos durch einfache Beobachtung der Krystalle zum Ziel führt. Die stumpfen Winkel von 90° 15′ auf M müssen nämlich beim hinteren, ungedrehten Individuum in der Ecke rechts oben am einspringenden Winkel T/$\underline{T}$, in dem vorderen, gedrehten dagegen links oben am ausspringenden Winkel T/$\underline{T}$ liegen, so dass in jedem solchen Zwilling sowohl rechts als links die Kante M/T in einem Individuum mit der Kante M/P unter einem stumpfen, im anderen Individuum unter einem scharfen Winkel zusammenstösst. Diese Erscheinung in Verbindung mit dem einspringenden Winkel T/$\underline{T}$ charakterisirt die Zwillinge nach diesem Gesetz unzweideutig. Ein solcher ist Taf XIV. Fig. 5 und 6a. dargestellt.

Eine Folge dieses Gesetzes ist, dass, wenn die Kante P/M in beiden Individuen als gemeinsame Drehaxe parallel sein muss, dies mit der Kante M/T beider Individuen nicht mehr der Fall ist. Da der sumpfe Winkel auf M von 90° 15′ im einen Individuum da liegt, wo der scharfe Winkel von 89° 45′ im anderen, so müssen hier die Kanten M/T um 30′ divergiren und zwar müssen sie im vorderen Individuum unten etwas nach links geneigt sein, wie dies Taf. XIV. Figur 5 andeutet. Die Prismenflächen beider Individuen liegen aber in diesem Falle nicht ganz genau in Einer Zone.

Offenbar entsteht nun nach einem zweiten Gesetz ein diesem beschriebenen ausserordentlich ähnlich aussehender Zwilling, nämlich wenn man das vordere Individuum nicht um die Kante M/P dreht, sondern um die in M liegende Normale der Kante M/T, welche Richtung von der Richtung M/P nur um 15′ abweicht. Plücker und Beer haben in der That (l. c. pag. 57) ihr drittes Gesetz so formulirt. In diesem Falle würden alle Verhältnisse im Wesentlichen gleich bleiben, wie oben: einspringender Winkel T/$\underline{\text{T}}$, Kreuzung der optischen Axenebenen, umgekehrte Lage der ebenen Winkel auf M in beiden Individuen. Der Unterschied ist nur der, dass während vorhin in beiden Individuen die Kanten M/P parallel waren und die Kanten M/T divergirten, dies jetzt umgekehrt ist; hier sind die Kanten M/T in beiden Individuen parallel, somit liegen sämmtliche Prismenflächen beider Individuen in Einer Zone, dagegen ist die Kante M/P des vorderen Individuums rechts oben so weit in die Höhe gerückt, dass sie mit Kante M/P des hinteren Individuums links einen Winkel von 30′ macht. Die Folge davon ist, dass während vorhin die Fläche P/$\underline{\text{P}}$ genau in ein Niveau fallen mussten, dies jetzt nicht mehr streng möglich ist, wie das Taf. XIV. Fig. 6 zeigt, die Flächen M, P, $\underline{\text{M}}$ und $\underline{\text{P}}$ liegen nicht mehr genau in Einer Zone.

Zwillinge, die auf diese beiden Arten gebildet sind, stehen sich äusserlich sehr nahe, wegen der geringen Neigung der Kanten von 30′ in beiden Individuen. Ich habe, da beide Gesetze in der Literatur ausdrücklich erwähnt werden, versucht, zu entscheiden, ob wirklich beide in der Natur vorkommen, oder nur eines, und in diesem Fall welches von beiden. Von hier in Betracht kommenden Krystallen befanden sich in meinem grossen Vorrath nur 4 Stück; von diesen liess einer deutlich erkennen, dass die Flächen M, T, o, $\underline{\text{M}}$, $\underline{\text{T}}$, $\underline{\text{o}}$ alle in einer Zone lagen, bei zweien lagen sie sicher nicht in einer Zone, und beim vierten blieb es zweifelhaft. Bedenkt man nun, dass bei Cyanitkrystallen, selbst wenn sie sicher einfach sind, häufig o nicht ganz streng mit M und T in einer Zone liegt, sei es nun in Folge wirklich und ursprünglich vorhandener Unregelmässigkeiten oder sei es in Folge der nachher bewirkten, fast nie fehlenden Flächenkrümmungen, so kann man den obigen Beobachtungen eine entscheidende Kraft nicht beilegen, da nur an einem einzigen Krystall Tautozonalität beobachtet ist. Da aber gerade dieser eine Fall kaum als durch Zufälligkeiten entstanden erklärt werden kann, wohl aber die anderen Fälle der Nichttautozonalität, so scheint es mir doch wenigstens wahrscheinlicher, dass diese Zwillinge dem zweiten hier betrachteten Fall entsprechen, wenn nicht vielleicht beide Fälle vorkommen. Ich formulire daher hier vorläufig mit Plücker u. Beer dieses Gesetz so: Drehaxe des vorderen Individuums ist die Normale der Kante M/T, die in der Fläche M liegt und erachte die Existenz von Zwillingen, wo Kante M/P die Drehaxe ist, als zur Zeit noch nicht genügend erwiesen. Uebrigens kann nur die Auffindung besserer, womöglich aufgewachsener und daher nicht den Drücken und Pressungen im Gestein ausgesetzter und dadurch, wenn auch nur wenig, gekrümmter und gebogener Krystalle diese Frage endgültig entscheiden. Jedenfalls kann man nicht mit G. Rose (l. c.) sagen, dass „nur" die Kante M/P die Zwillingsaxe dieser Art von Cyanitzwillingen sein könne.

3. Gesetz. Dieses lautet in der allgemein anerkannten Formulirung von Phillips und von Beer und Plücker: Das vordere Individuum ist um die Kante M/T (die Säulenaxe) gegen das hintere verdreht. Hier bilden dann die Flächen T und $\underline{T}$ keinen einspringenden Winkel mehr, dagegen macht P und $\underline{P}$ einen solchen. Wenn letzteres nicht zu beobachten ist, so haben diese Zwillinge ganz das Ansehen einfacher Säulen, die aus zwei Hälften verwachsen sind mit durchaus beziehungsweise parallelen Prismenflächen (vgl. Taf. XIV. Fig. 4a.). Von solchen einfachen Krystallen unterscheiden sich aber die Zwillinge nach diesem Gesetz sehr wesentlich. Einmal sind die Ebenen der optischen Axen im Zwilling in beiden Individuen gekreuzt und die Zwillinge werden daher ebenfalls zwischen gekreuzten Nicols bei der Drehung nicht abwechselnd hell und dunkel, wie die einfachen Krystalle, sondern sie bleiben stets hell. Sodann liegen im Zwilling oben die stumpfen Winkel auf M beim hinteren Individuum, also auf der hintersten Fläche M rechts, im vorderen Individuum, also auf der vordersten Fläche $\underline{M}$ links an der Kante M/T, welche letztere Erscheinung in Verbindung mit dem Fehlen einspringender Winkel in der Prismenzone diese Zwillinge unzweideutig kennzeichnet. Diese speziellen Verhältnisse des vorliegenden Zwillings sind aus Taf. XIV. Figur 4 und 4a. ersichtlich.

Auch hier ist ein weiteres Gesetz vorhanden, welches, wie oben, ganz ähnlich aussehende Zwillinge mit allen wesentlichen Eigenschaften der eben beschriebenen giebt. Darnach hätten die beiden Individuen die Normale der Kante P/M gemein, die von der Kante M/T ebenfalls nur um 15′ abweicht. Während im ersten Fall alle Kanten der Prismenzone parallel sind und somit sämmtliche Prismenflächen beider Individuen in Einer Zone liegen, können ihre Kanten P/M nicht zusammenfallen, sondern die Kanten P/M des vorderen Individuums müssen von links nach rechts in die Höhe steigen und mit den entsprechenden Kanten des hinteren Individuums einen Winkel von 30′ machen (Taf. XIV. Fig. 4). Im zweiten Fall dagegen (Taf. XIV. Fig. 3) sind die Kanten M/P parallel und die Kanten M/T des vorderen Individuums sind unten um 30′ nach links geschoben.

Auch die Zahl der nach diesem Gesetz verbundenen Zwillinge ist gering, doch entschieden grösser als nach dem zweiten Gesetz. Auch hier ist eine absolut sichere Entscheidung der Frage, mit welchem der beiden Fälle man es zu thun hat, aus dem Fehlen oder Vorhandensein der Tautozonalität sämmtlicher Zwillingsprismenflächen nicht zu geben möglich. Bei einzelnen Krystallen schienen alle diese Flächen in Einer Zone zu liegen, bei anderen nicht. Jedenfalls ist darnach kein Grund zu finden, von der ursprünglichen und allgemein adoptirten Formulirung dieses Gesetzes abzugehen, wonach die Kante M/T, die Prismenkante, die Drehaxe ist. Auch hier muss eine definitive Entscheidung bis zur Auffindung besserer Krystalle verschoben bleiben.

Fasst man nun diese Zwillingsgesetze, wo die Individuen nach M verwachsen sind, auf, wie es ursprünglich von Plücker und Beer geschehen ist, so haben sie alle das Eine gemeinsam, sowohl mit einander, als mit den einfachen Krystallen, dass alle Prismenflächen streng in einer Zone liegen, bei zweien sind die einspringenden Winkel von T, bei zweien von P gebildet. Die folgende Tabelle giebt übersichtlich die unterscheidenden Merkmale derselben und der einfachen Krystalle, welche praktisch eine Erkennung und Unterscheidung in jedem einzelnen Falle sicher ermöglichen und bei deren Anwendung es nicht einmal nöthig ist, eines oder das andere der Zwillingsindividuen in die Normalstellung zu bringen. Schon die beiden Reihen, welche die Verhältnisse der Flächen T und der ebenen Winkel auf M angeben, genügen nach meiner Erfahrung in den allermeisten Fällen.

(Siehe die umstehende Tabelle.)

An die Betrachtung dieser Zwillingsverwachsungen nach M will ich nun nur noch einige Bemerkungen anschliessen über Verhältnisse, über welche ich mit meinem Material nicht habe ganz in's Reine kommen können und die daher zu ihrer völligen Aufklärung noch weitere Beobachtungen erfordern, das ist die sogenannte wiederholte, polysynthetische Zwillingsbillingsbildung nach der Art der Plagioklase. Betrachtet man nämlich einen Cyanitkrystall, der alle oben angegebenen Kennzeichen eines einfachen Krystalls an sich trägt, so sieht man sehr häufig auf den Flächen T und zwar nicht nur in deren Mitte, einige mehr oder weniger zahlreiche feinere oder gröbere Linien oder Streifen hingehen, genau geradlinig und parallel mit der Prismenkante M/T, oder man sieht den Krystall aus zwei getrennten Hälften bestehen, die von deutlich

| | Flächen P machen | Flächen T machen | Ebene Winkel auf M | Ebene der optischen Axen | Beim Drehen im Polarisationsinstrument |
|---|---|---|---|---|---|
| Einfache Krystalle. | keine einspringende Winkel. | keine einspringende Winkel. | vorn und hinten gleich. | nicht gekreuzt. | abwechselnd hell und dunkel. |
| 1. Gesetz. Axe senkrecht M. | einspringende Winkel. | einspringende Winkel. | vorn und hinten gleich. | nicht gekreuzt. | abwechselnd hell und dunkel. |
| 2. Gesetz. Axe in M senkrecht auf M/T. | keine einspringende Winkel. | einspringende Winkel. | vorn und hinten verschieden. | gekreuzt. | bleibt hell. |
| 3. Gesetz. Axe: Kante M/T. | einspringende Winkel. | keine einspringende Winkel. | vorn und hinten verschieden. | gekreuzt. | bleibt hell. |

Bemerkung zur Tabelle. Die Bedeutung der sämmtlichen Verticalreihen ist wohl nach dem Obigen ohne Weiteres klar; nur zur vierten, enthaltend die Verhältnisse der ebenen Winkel auf M, will ich bemerken: der Ausdruck „vorn und hinten gleich“ bedeutet, dass der stumpfe ebene Winkel auf M von 90° 15′ bei einer beliebigen Stellung des Krystalls auf der vorderen sowohl als auf der hinteren äusseren Begrenzungsfläche M an der rechten oder beide an der linken Kante M/T anliegen, sodass sowohl alle Kanten M/T, als auch alle Kanten M/P, die überhaupt in dem Krystall denkbar sind, unter einander parallel laufen. „Vorn und hinten verschieden“ bedeutet, dass, wenn auf der vorderen Fläche M die stumpfen Winkel von 90° 15′ an der linken Kante M/T anliegen, sie auf der hinteren Fläche M an der rechten Kante M/T liegen. Im ersten Fall stossen also auf einer Seite von M lauter gleiche stumpfe oder scharfe Winkel an die Kanten M/T, im zweiten Fall theils stumpfe (im einen Individuum), theils scharfe (im anderen Individuum).

Die beiden Reihen mit den optischen Verhältnissen besagen wesentlich das nämliche, die erste schliesst die zweite eigentlich ein, welche letztere blos ihrer practischen Bedeutung wegen noch angeführt ist.

entwickelten, in beiden Hälften beziehungsweise parallelen Flächen begrenzt sind und auf deren Flächen T ganz in der Nähe der gemeinsamen Flächen M meist ebenfalls einige solche Streifen, wie eben beschrieben, zu sehen sind. Auch an den Zwillingen sieht man nicht selten in der Nähe der Zwillingsgrenze solche Streifen. Diese Streifen sind aber meist nicht von deutlich erkennbaren spiegelnden, wenn auch noch so schmalen Flächen begrenzt, sondern ihre Begrenzungsflächen sind stets mehr oder weniger unregelmässig gerundet und die Verhältnisse derselben lassen sich daher nicht bis in's einzelnste Detail verfolgen. Ich kann mir aber nicht anders denken, als dass wir es hier mit einer wiederholten Zwillingsverwachsung nach lauter parallelen Flächen M zu thun haben und zwar nach dem ersten, auch sonst in weitaus überwiegendster Zahl vorkommenden Gesetz.

Dabei bleibt nur zu erläutern, wie bei solcher wiederholten Zwillingsverwachsung nach M Krystalle entstehen, die (immer die in der That von mir kaum bei Zwillingen beobachteten Flächen P als nicht vorhanden gedacht) alle wesentlichen Eigenschaften einfacher Individuen (Abwesenheit einspringender Winkel der Flächen T, Gleichliegen der ebenen Winkel auf M vorn und hinten und abwechselndes Hell- und Dunkelwerden beim Drehen im Polarisationsinstrument) zeigen können. Dies ist aus Taf. XIV. Figur 7a. und 7b. deutlich ersichtlich. In Figur 7a. ist an ein zweites Individuum noch ein drittes in Zwillingstellung angewachsen, das dann mit dem ersten in vollkommener Parallelstellung sich befinden muss, so dass namentlich die beiden Flächen T und $\underline{\underline{T}}$ parallel sind. Es sind dann überhaupt bei diesem Gesetz die ebenen Winkel an M in beiden Individuen gleich gelegen und ebenso die optischen Axenebenen parallel und daran ändert auch das Anwachsen eines dritten und vierten Individuums nichts. Wenn nun der Fall eintritt, dass das zweite Individuum sehr dünn lamellar wird, so dass es sich dem Auge beinahe entzieht, so fallen noch dazu T und $\underline{\underline{T}}$ fast ganz in eine Ebene und man hat nun offenbar die Erscheinung eines einfachen Krystalls mit einem geradlinigen Streifen auf T parallel mit M/T, und wenn mehrere dünne Zwischenindividuen vorhanden sind, so bekommt man eine grössere Anzahl von Streifen, die über die Fläche T regelmässig in der angedeuteten Richtung hinlaufen, wie das Figur 7b. im Querschnitt zeigt. Diese scheinbar einfachen Krystalle, die aber in Wirklichkeit doch aus einer ungeraden Anzahl von Individuen bestehende wiederholte Zwillinge sind, sind mit wirklich einfachen Krystallen nur zu verwechseln, wenn die Flächen P fehlen; wäre diese vorhanden, so zeigten die einspringenden Winkel der Fläche P sofort den Zwilling.

Nur einmal ist es mir gelungen, solche abwechselnd aus- und einspringende Winkel auf P zu beobachten, die solchen Streifen auf P zu entsprechen schienen, zugleich der einzige Fall, wo ich überhaupt auf P die Zwillingsverwachsung angedeutet fand.

Es ist leicht einzusehen, dass in der That solche scheinbar einfachen, aber doch zwillingsverwachsenen Krystalle nur entstehen, wenn eine ungerade Zahl von Individuen verwachsen, und wenn das erste und letzte, in denen beiden alle Flächen beziehungsweise parallel sind, dick und die in ungerader Anzahl dazwischen liegenden Individuen dünn werden (Fig. 7 b.). Die Zahl dieser Zwischenindividuen giebt dann die Zahl der Streifen auf den Flächen T. Sind noch dazu in dem ersten und letzten Individuum auch je die zwei Fläche o deutlich entwickelt, so erhält man den Anschein zweier parallel verwachsener Krystalle, deren Verwachsungsfläche in ihrer Nähe mehr oder weniger von den genannten Streifen haben kann. Sind dagegen solche einfachen Individuen in gerader Anzahl verwachsen, so ist nur das erste und letzte Individuum ganz ebenso in Zwillingsstellung, wie die zwei ersten Individuen in Figur 7 a., was man sich wieder leicht klar macht. Sind nun diese zwei äussersten Individuen gross, die gerade Zahl der zwischenliegenden dagegen von lamellarer Dünnheit, so hat man scheinbar einen einfachen Zwilling mit in der Nähe der Zwillingsgrenze gestreiften Flächen T und $\underline{T}$, bei denen wieder die Zahl der Streifen der Zahl der schmal gewordenen Krystallindividuen entspricht.

Entsprechend anders sind diese Verhältnisse, wenn noch andere Zwillingsgesetze mit in's Spiel kommen. Es haben aber vorläufig diese ferneren Betrachtungen noch zu viel Hypothetisches, zu wenig Stütze durch beobachtete Thatsachen, als dass ich hier noch weiter darauf eingehen möchte. Jedenfalls, glaube ich, steht soviel fest, dass beim Cyanit wirklich solche wiederholte Zwillingsverwachsung nach M vorkommt, und zwar sehr häufig, wenn wir auch das Detail dieser complicirteren Verhältnisse noch nicht mit der wünschenswerthen Genauigkeit übersehen können.

### B. Zwillinge nach P.

Solche sind bei unserem Mineral meines Wissens noch nicht beschrieben worden und ich gehe daher hier näher darauf ein, umsomehr als diese Zwillinge auch auf die physikalischen Verhältnisse des Cyanits Licht zu werfen geeignet sind.

Das Gesetz lautet: Beide Individuen haben P gemein und sind um eine Axe senkrecht zu P um 180° gegeneinander gedreht.

Dieses Gesetz ist in gewissem Sinn wesentlich dasselbe wie beim ersten Falle der Verwachsung nach M. Auch hier sind die beiden Individuen um eine Axe senkrecht zur Zwillingsfläche verdreht; nur ist eben hier die Zwillingsfläche nicht M, sondern P. Bei diesem Zwilling müssen sich die ebenen Figuren auf P auch nach der Drehung vollkommen decken, $M_1$ stösst auf $M_2$, $T_1$ auf $T_2$, $o_1$ auf $o_2$, und die Flächen $M_1$ und $M_2$, $T_1$ und $T_2$, sowie $o_1$ und $o_2$ bilden einspringende Winkel in den Zwillingskanten $M_1/M_2$ etc., wie Taf. XIV. Fig. 10 u. 11 zeigt, und zwar ist $M_1/M_2 = 158^\circ\ 20'$; $T_1/T_2 = 172^\circ\ 20'$; $o_1/o_2 = 166^\circ\ 16'$ nach den entsprechenden Angaben bei PHILLIPS berechnet. Dabei ist, wenn das untere Individuum in Normalstellung sich befindet, die Fläche M des oberen, in Zwillingstellung befindlichen, nach vorn, die Fläche T desselben nach rechts geneigt; in Folge dessen neigt sich die obere Kante $M_2/T_2$ nach vorn rechts, aber sehr viel stärker nach vorn als nach rechts.

Das ausgesprochene Gesetz ist unzweifelhaft und unzweideutig charakterisirt durch die einspringenden Winkel auf M und T und durch das Aneinanderstossen von lauter gleichartigen Flächen $T_1$ und $T_2$; $o_1$ und $o_2$ etc. in der Zwillingsfläche, und nicht der ungleichartige $T_1$ und $o_2$ etc., was für andere Gesetze bezeichnend wäre.

Die Art und Weise wie solche Zwillinge gebildet sind, ist nun ganz dieselbe, wie z. B. bei den Kalkspathzwillingen nach der Fläche des nächsten stumpferen Rhomboëders; es ist immer wiederholte Zwillingsbildung, wie es theoretisch Figur 10 an drei Individuen darstellt, wo die Individuen 1 und 3 parallel sind und das zwischenliegende 2 gegen beide nach unserem Gesetz in Zwillingsstellung sich befindet und das Vorkommen in der Natur ist derart, dass eine grosse Anzahl von abwechselnd parallelen und nicht parallelen Zwillingslamellen übereinander gewachsen sind, wie das Figur 11 (im Durchschnitt senkrecht zur Kante M/P) darstellt. Es entsteht dadurch eine von der Zahl der Lamellen abhängige Zahl von aus- und einspringenden Winkeln auf M und T; diese treten deutlich hervor auf M, wo in Folge der Dünne der einzelnen Individuen stärkere Querrunzeln und dünnere, feinere, gerade Streifen entstehen, die regelmässig parallel der Kante M/P über die Fläche M hinlaufen; weniger treten sie hervor auf T, wo in Folge der geringen Abweichung des Winkels $T_1/T_2$ von $180^\circ$ nur eine zarte, aber immer noch deutliche Undulation zu beobachten ist.

Sehr deutlich sieht man dann die sämmtlichen Kanten, die parallel den Prismenaxen der einzelnen Individuen sind, aus- und einspringende Winkel machen und dadurch einen zickzackförmigen Verlauf nehmen mit meist sehr scharfen Knicken, durch welche die Grenzen der einzelnen Lamellen gegen einander sich deutlich erkennen lassen, wie das Figur 11 zeigt, sehr viel deutlicher als auf M, wo in Folge der dieser Fläche eigenthümlichen Krümmung parallel mit der Kante M/P, die natürlich jedem, auch dem kleinsten, Flächenelement ebenfalls zukommen kann, die einzelnen Lamellen nicht in ebenen Flächen und scharfen Kanten zusammenstossen, sondern es gehen je zwei in einer Zwillingsgrenze zusammenstossende Flächenelemente M mehr oder weniger allmählig in einander über, ohne dass aber die Kante M/P aufhören würde, immer noch deutlich bemerkbar zu sein. Jedenfalls sind aber Winkel von zwei aneinanderstossenden Flächen M an den Zwillingsgrenzen nie zu messen gewesen. Es entsteht eben dadurch die oben mit dem Namen Querrunzelung bezeichnete gerade Streifung auf M, die ganz den allgemeinen Charakter hat, wie die Diagonalstreifung auf den Kalkspathrhomboëdern und auf den P-Flächen der Plagioklase, nicht aber die ausserordentlich grosse Dünne und Feinheit, und den ganz regelmässigen Verlauf der Streifen, die bei den genannten zwei Mineralien beobachtet werden.

Mit vollkommener Klarheit ausgebildet habe ich diese Zwillingsverwachsung nur an zwei Krystallen gesehen, die beide ihrerseits wieder zuerst Zwillinge nach unserem zweiten Gesetz sind, bei welchem die Flächen P in beiden Individuen ganz (oder doch fast ganz) in ein Niveau fallen, während die Flächen T aus- und einspringende Winkel bilden. Wenn die beiden Flächen P wirklich genau in ein Niveau fallen, so erhält man diesen Doppelzwilling dadurch, dass man zwei sich nach M berührende, aus je zwei Individuen bestehende Zwillinge des zweiten Gesetzes um eine Axe senkrecht zu P um 180° gegen einander verdreht denkt. Je zwei Individuen, die sich nach einer Fläche P berühren ($P^0\,M^0\,T^0$ und $P^1\,M^1\,T^1$), sind dann nach dem vorliegenden Gesetz verwachsen, je zwei nach M verwachsene Individuen ($P^0\,M^0\,T^0$ und $P_0\,M_0\,T_0$) folgen dem zweiten Gesetz, wie dies Figur 11 speciell zeigt. Ebenso sieht man aber aus dieser Figur, dass zwei über Eck liegende Individuen ($P^0\,M^0\,T^0$ und $P_1\,M_1\,T_1$), die also nur eine Kante P/M gemein haben, derart mit einander verwachsen sind, dass zwar auch P in beiden parallel ist und dass auch bei ihnen die Fläche M beider Individuen einen einspringenden Winkel von 158° 20′ machen, dass aber in der Zwillingsgrenze ungleichartige Prismenflächen aufeinander stossen, eine Fläche T stösst auf eine Fläche o des anderen Individuums und umgekehrt. Denkt man sich in Figur 11 das Individuum $T_1\,P_1\,M_1$ vollkommen parallel mit sich dahin gerückt, wo jetzt das Individuum $T^1\,P^1\,M^1$ ist, so steht es offenbar zu dem

Individuum $T^0$ $P^0$ $M^0$ in der angegebenen Beziehung. Diese gegenseitige Stellung wird aber dadurch erreicht, dass das eine Individuum bei gemeinsamer Fläche P um eine in P liegende Axe gedreht ist, die auf der Kante P/M senkrecht steht.

Es ist also in diesem Fall noch ein weiteres Zwillingsgesetz realisirt, das fünfte, das wir nun am Cyanit mit Sicherheit kennen gelernt haben.

Für den Fall, dass die Flächen P beider Individuen nicht in ein Niveau fallen (d. h. für den Fall der Richtigstellung der Plücker und Beer'schen Fassung des zweiten Gesetzes) ist das natürlich nicht mehr in aller Strenge der Fall, die vorliegenden Krystalle sind aber ganz ungeeignet, dies entscheiden zu lassen.

Ich bemerke hier noch, dass diese ganze Zwilligsbildung nach P in etwas undeutlicherer Ausbildung eine gar nicht seltene Erscheinung ist. Bei vielen Cyaniten, besonders auch bei den derben Massen von Tyrol, dann von verschiedenen amerikanischen Localitäten, von Neuseeland etc., kurz bei fast allen Cyanitvorkommnissen, die hier in der Universitäts-Mineraliensammlung repräsentirt sind, habe ich die Querrunzelung auf der Fläche M beobachtet, die jedenfalls auf diese Zwillingsbildung zurückzuführen ist, die aber nur in solchen auch ganz derben Stücken vorkommt, die durch ihre ganze Erscheinung, Krümmung nach der Kante M/P, Aufblätterung nach M etc. beweisen, dass sie heftigen Druckwirkungen im Gestein ausgesetzt gewesen sind, nicht aber bei solchen Krystallen, welche solche Pressungen dem Anschein nach nicht zu erleiden gehabt haben. Auch hier ist wieder völlige Analogie mit den Zwillingsstreifen an den Kalkspathrhomboëdern zu erkennen.

Die Zwillingsgesetze, die wir hier nach P beobachtet haben, entsprechen bis zu einem gewissen Grade denen, die wir oben als deutlichere und häufigere Erscheinungen mit Verwachsung der Individuen nach M festgestellt haben.

Das erste Gesetz nach M, wo die Normale zu M Zwillingsaxe ist, ist ganz analog dem Gesetz, nach welchem die Zwillingsaxe die Normale zu P ist. Das zweite Gesetz nach M, wo (wenigstens nach der verbreitetsten, aber hier nicht ganz getheilten Annahme) die Kante M/P Zwillingsaxe ist, gilt unverändert auch hier noch; das Gesetz: Fläche M gemein, und ein Individuum um die Kante M/P gedreht, ist offenbar ident mit dem Gesetz: Fläche P gemein, und ein Individuum um Kante M/P gedreht; der einzige Unterschied ist eben lediglich die verschiedene Verwachsung, das eine Mal nach M, das andere Mal nach P und dieser Unterschied ist unwesentlich. Natürlich verschwindet diese völlige Identität, wenn hier nicht

Kante M/P Zwillingsaxe ist, sondern die Normale zu M/T. Endlich ist das dritte Gesetz nach M, wo das eine Individuum um eine Kante M/T gedreht ist, analog dem Gesetz nach P, wo eine in P liegende Normale zu Kante P/M Zwillingsaxe ist. Vollkommene Analogie wäre hier, wenn nach M die Zwillingsaxe nicht die Kante M/T, sondern die Normale auf P/M in M wäre. Ueberhaupt ist, wie man sieht, eine vollständige Analogie nur in dem einen Falle, wo die Zwillingsaxe normal zu M resp. P ist, in den anderen Fällen ist dies nicht so vollkommen der Fall (jedenfalls sind hier die Verhältnisse durch die vorhandenen Beobachtungen noch nicht genügend aufgeklärt), da auch die völlige Uebereinstimmung des zweiten Gesetzes für P und M nur für den vielleicht nicht zutreffenden Fall gilt, dass die Drehaxe bei den Zwillingen nach M die Kante M/P ist, und nicht wie wir annehmen, die Normale zu M/T in M.

### C. Kreuzzwillinge.

Ausser den erwähnten regelmässigen Verwachsungen von Cyanitkrystallen nach P und M giebt es noch andere, bei welchen die beiden Individuen derart vereinigt sind, dass ihre Flächen M Winkel von ungefähr $60^0$ miteinander machen. Kenngott[1]) hat diese Kreuzzwillinge zuerst flüchtig erwähnt, aber nichts Näheres darüber angegeben. Später sind sie in mikroskopischer Kleinheit noch häufiger beobachtet worden, z. B. von Rosenbusch[2]), wenigstens werden gewisse gekreuzte Krystallnädelchen in dieser Weise gedeutet. Es scheint mir von Interesse, hier etwas näher auf diese Erscheinung einzugehen, umsomehr, da auch sie ein Mittel bieten, das Axensystem des Cyanits zu berechnen und da sie in Folge dessen geeignet sind, eine Controle für die Genauigkeit der oben für die Axen angegeben Zahlen abzugeben.

Zunächst ist eine genaue Beschreibung der ganzen Erscheinung erforderlich, die in Taf. XIV. Fig. 8 so gezeichnet ist, dass man in den einspringenden Winkel hinein- und in Figur 9 so, dass man auf die ausspringende Zwillingskante hinsieht. Figur 8 a. giebt einen Durchschnitt senkrecht zur Zwillingsgrenze auf der Fläche M. Die einfachen Pfeile geben wie früher die Neigung der Flächen, die Doppelpfeile die Richtung der Ebene der optischen Axen in jedem Individuum an.

Die beiden Individuen liegen fast immer sehr regelmässig symmetrisch gegen die gemeinsame Zwillingsfläche und stossen

---

1) Uebersicht etc. für 1858 pag. 207.

2) Physiographie der Mineralien pag. 347. 1873.

in einer Linie auf der Fläche M aneinander, die mit der Kante M/T einen Winkel von 30° ungefähr macht. Dabei liegen in beiden Individuen, auf der ausspringenden und einspringenden Seite, die stumpfen ebenen Winkel auf M nach aussen hin und die Richtungen der Ebenen der optischen Axen divergiren von der gemeinsamen Zwillingsfläche aus nach unten hin. Betrachtet man den Zwilling von der Seite her, wo die Flächen M ausspringende Winkel bilden, dann machen, an M nach aussen (in der Figur 9 oben) angrenzend, die Flächen T ausspringende Winkel, während die nach innen an M grenzenden Flächen o einen einspringenden Winkel bilden. Gerade umgekehrt ist es natürlich, wenn man auf die Seite hinsieht, auf der die Flächen M einspringende Winkel bilden. Hier stossen nach aussen die Flächen o an M an, die ausspringende, nach innen die Flächen T, die einspringende Winkel bilden (Fig. 8). Im ersten Fall ist die stumpfe Kante M/P nach vorn gekehrt, im zweiten Falle die scharfe.

Aus all' dem folgt nun die allgemeine Lage der Zwillingsfläche als im oberen, hinteren, linken Oktanten; die Zwillingsfläche Z stumpft die in diesen Oktanten befindliche scharfe Ecke P M T in irgend einer Weise ab, wie das Taf. XIV. Figur 12 und ebenso Figur 2 und 2a. zeigt.

Um die Lage von Z ganz exact zu bestimmen, ist es nöthig, mindestens zwei von den drei Winkeln $M/\underline{M}$, $T/\underline{T}$ oder $o/\underline{o}$ zu messen. Das ist auch in einzelnen Fällen möglich, aber es gilt hier nicht minder was schon oben von diesen Messungen gesagt wurde, sie geben sehr abweichende Resultate, hier besonders wegen der starken Flächenkrümmung auf M. In der That zeigen auch die Winkel $o/\underline{o}$ grössere Uebereinstimmung als die Winkel $M/\underline{M}$, weil hier die Flächenkrümmung weniger bedeutend ist.

Die gemessenen Werthe, alle mit starken Fehlern behaftet und die Mittel aus stark abweichenden Einzelbeobachtungen, sind die folgenden, gemessen an den einzelnen Individuen:

| | | | |
|---|---|---|---|
| 1. | $M/\underline{M} = 62^\circ\ 32'$; | $o/\underline{o} = 19^\circ\ 57'$; | $T/\underline{T} = 108^\circ\ 55'$ |
| 2. | $= 60^\circ\ 38'$ | $= 22^\circ\ 13'$ | |
| 3. | $= 61^\circ\ 2'$ | $= 22^\circ\ 12'$ | |
| 4. | $= 59^\circ\ 50'$ | $= 21^\circ\ 59'$ | |
| 5. | $= 61^\circ\ 55'$ | $= 22^\circ\ 7'$ | |
| 6. | $= 60^\circ\ 56'$ | $= 20^\circ\ 8'$ | |

Die beiden letzteren Zahlen (No. 6) sind die zuverlässigsten der ganzen Reihe und sollen bei der Bestimmung der Zwillingsfläche benützt werden.

Zwei Krystalle haben die ganz abweichenden Zahlen ergeben, die hier folgen:

1. $M/\underline{M} = 54^0\ 56'$
2. $M/\underline{M} = 52^0\ 17'$ $o/\underline{o} = 22^0\ 15'$

Ob die Abweichung der Winkel $M/\underline{M}$ blos auf Unregelmässigkeiten oder auf einem neuen Gesetz beruhen, lässt sich schwer entscheiden. Der Winkel $o/\underline{o}$ ist wie oben. Beide Zahlen geben keine einfachen rationalen Indizes. Ich lasse daher dahingestellt, ob ein zweites Kreuzzwillingsgesetz vorliegt.

Legt man oben genannte zwei Werthe $M/\underline{M} = 60^0\ 56'$ und $o/\underline{o} = 20^0\ 8'$ zu Grund, so erhält man daraus (Taf. XIV. Fig. 12) die Bogenwerthe:

$$Z\,M = 120^0\ 58'$$
$$Z\,k_1 = 100^0\ \ 4'$$

Mit Hülfe der früher erhaltenen Werthe und der eben angegebenen, ergeben sich dann aus den sphärischen Dreiecken $M\,Z\,k_1$ und $Z\,T\,k_1$ zunächst die Winkel:

$$Z\,M\,T = 143^0\ 24\tfrac{1}{2}'$$
$$Z\,M\,P = 53^0\ 48'$$
$$Z\,T\,M = 120^0\ 24'$$
$$Z\,T\,P = 40^0\ 42'$$

und damit ist für $Z = \frac{-a}{h} : \frac{-b}{k} : \frac{c}{l}$:

$$\frac{k}{l} = \frac{b}{c} \cdot \frac{\sin\ Z\,M\,P}{\sin\ Z\,M\,T} = 1{,}948$$

$$\frac{l}{h} = \frac{c}{a} \cdot \frac{\sin\ Z\,T\,M}{\sin\ Z\,T\,P} = 1{,}056$$

Diese Zahlen weisen mit Entschiedenheit auf die rationalen Werthe:

$$\frac{k}{l} = 2 \text{ und } \frac{l}{h} = 1$$

hin und daraus ergiebt sich:

$$h = 1;\quad k = 2;\quad l = 1,$$

somit

$$Z = -a : \frac{-b}{2} : c$$

Berechnet man nun rückwärts aus den Axenwerthen und diesen Indizes für Z die oben zu Grund gelegten Werthe, sowie den Bogen TZ, so erhält man folgende vergleichende Uebersicht:

| | Gemessen. | Berechnet. | Differenz. |
|---|---|---|---|
| (M Z) | 120° 58′ | 121° 19½′ | —21½′ |
| (k Z) | 100° 4′ | 99° 56′ | + 8′ |
| (T Z) | 144° 28′[1]) | 143° 58′ | +30′ |

also eine Uebereinstimmung, wie sie bei so sehr untereinander abweichenden Fundamentalwerthen wohl als vorläufig genügend anerkannt werden muss.

## Zonenzusammenhang der von mir beobachteten Flächen.

Dieser ist in der stereographischen Projection Taf. XIV. Figur 12 dargestellt.

Die von mir beobachteten Flächen stehen nicht derart im Zonenzusammenhang, dass aus vier von ihnen, die ein Oktaid bilden, die anderen deduzirt werden können. Dagegen ist ein solcher Zusammenhang beinahe vollständig vorhanden, wenn man die sonst angeführten Flächen (deren Lage allerdings zum Theil nicht ganz vollständig feststeht) mit in die Betrachtung hereinzieht.

Nehmen wir als der Deduction zu Grunde liegendes Oktaid, das von den vier Flächen:

$$P = \infty a : \infty b : c \qquad o = a : -b : \infty c$$
$$M = a : \infty b : \infty c \qquad r = \infty a : -b : c$$

gebildete, so erhalten wir zunächst die drei zugehörigen Hexaidflächen, von denen die eine: $T = \infty a : b : \infty c$ von mir beobachtet ist, die beiden anderen: $a : -b : c$ und $-a : \infty b : c$ dagegen nicht. Es ist wahrscheinlich, dass die erstere die von Lévy aus der Zone {oP} beschriebene Fläche $b^1$ ist, während die andere, in der Zone {PM} nach hinten zu gelegene, wahrscheinlich mit der Haüy'schen Fläche s identisch ist, schwerlich mit der ähnlich liegenden Fläche z, die fast

[1]) Berechnet aus T/T̲ 108° 55′ auf pag. 317.

senkrecht zur Prismenaxe liegt und deren ungefähre Lage in der Figur durch den Buchstaben (z) angedeutet ist.

Geht man zum Dodekaid weiter, so erhält man zunächst die eine Fläche desselben: $a : \infty b : c$ in der Zone $\{MP\}$ vorn liegend, nicht von mir beobachtet, in der Lage aber mit Haüy's Fläche u stimmend. Die zweite Zone, die diese Fläche bestimmt, ist die Zone $\{T b^1\}$. Mit der Fläche u ist sodann auch $l = a : b : \infty c$ gegeben aus den Zonen: $\{oMT\}$ und $\{ur\}$, desgleichen die Zwillingsfläche $Z = -a : \frac{-b}{2} : c$ aus den Zonen $\{sT\}$ und $\{lr\}$ und endlich die Prismenflächen: $q = a : \frac{b}{2} : \infty c$ aus der Zone $\{ZP\}$ und $k = \frac{a}{2} : b : \infty c$ aus der Zone $\{b^1 Z\}$, je neben der Prismenzone $\{MT\}$.

Eine zweite Dodekaidfläche ist: $-a : b : c$ aus den Zonen $\{oP\}$ und $\{sT\}$. Sie ist weder von mir, noch, wie es scheint, sonst beobachtet, ist aber im Zonenzusammenhang wichtig, weil sie zur Deduction von $n = \infty a : b : c$ in den Zonen $\{PT\}$ und $\{M(\bar{1}11)\}$ verhilft. Letztere Zone giebt dann mit der Zone $\{Zr\}$ die ebenfalls nicht beobachtete Fläche: $\frac{a}{2} : b : c$, welche dann ihrerseits die Prismenfläche $d = \frac{a}{2} : b : \infty c$ giebt, die in der Zone $\{s(211)\}$ liegt.

Damit ist der Zonenzusammenhang der Flächen dargethan, nur z konnte nicht durch Zonen fixirt werden. Beinahe alle Flächen des Cyanits sind Modificationen der Kanten der Primitivform PMT, an ihr als Hexaid theils dodekaidische, theils tetrakishexaidische Abstumpfungen bildend; nur wenige Flächen, von denen vor Allem die Zwillingsfläche Z wichtig ist, liegen an den Ecken. Vor allen entwickelt ist die Zone des senkrechten Prismas $\{MT\}$, weniger reich sind die Zonen $\{PT\}$ und $\{MT\}$.

## Die physikalische Beschaffenheit der Flächen P.

Dass die Flächen T, und besonders M echte Spaltungsflächen oder Blätterdurchgänge, d. h. Ebenen der geringsten Cohäsion sind, wurde immer angenommen und nie bezweifelt; auch ich bin ganz derselben Ansicht. Anders ist es mit der Fläche P, die bisher ebenfalls stets als Blätterbruch betrachtet wurde, aber meines Erachtens mit Unrecht. Ich glaube, dass diese Fläche unter den Begriff der Gleitflächen fällt, den mein hochverehrter Lehrer, Herr Professor Reusch in Tübingen zuerst in die Krystallphysik eingeführt hat. [1]) Beispiele solcher Gleitflächen sind bisher vorzugsweise am Steinsalz und Kalkspath, sodann am Glimmer nachgewiesen worden, an ersteren beiden Mineralien von Reusch [2]), am letzteren von mir. [3])

Während nach M und T die Cyanitkrystalle sehr leicht sich mit dem Meissel spalten lassen, ist dies nach P durchaus nicht mehr der Fall. Es gelingt nach dieser Richtung eine Spaltung niemals, man mag den Krystall so auf der Unterlage auflegen, dass die Fläche M auf derselben oder senkrecht zu derselben liegt. Beim Schlagen auf den Meissel schlägt man dann blos eine Rinne in den Krystall hinein und der ursprünglich gerade Krystall krümmt sich mehr oder weniger parallel der Kante P/M, ähnlich wie wenn man den Meissel auf Holz so aufsetzte, dass die Schneide senkrecht zu den Holzfasern steht. Eigentliche Spaltung entsteht so nie, nicht einmal unzweifelhafte Andeutung durch Klüfte und Spalten. Dies ist sehr auffallend bei den nicht selten sehr regelmässigen und ausgedehnten Vorkommen von solchen secundären Flächen P. Aber diese Flächen unterscheiden sich auch noch in anderer Weise von den secundären (Spaltungs-) Flächen M und T. Letztere sind regelmässig glatt und eben und leicht ununterbrochen darstellbar, letztere sind mehr oder weniger stark und regelmässig gebogen und parallel der Kante M/P nicht nur gestreift, sondarn auch undeutlich fasrig, aber sehr viel weniger als die schiefliegenden Flächen am Glimmer, die in der citirten Abhandlung beschrieben und als Gleitflächen gedeutet sind, mit welchen überhaupt diese Cyanitflächen die grösste Aehnlichkeit haben. Auch hier, beim Cyanit, wie dort beim Glimmer, ist die betreffende Fläche Zwillingsfläche, aber die Zwillinge nach dieser Fläche sind keine ursprünglichen, sondern nur an solchen Krystallen zu beobachten, die Drücke und Pressungen aller Art, in den Gesteinen der Gebirge eingewachsen, auszuhalten genöthigt waren, welche Zwillinge daher als Resultat der Pressungen selbst angesehen werden müssen, umsomehr, als man sie beim Kalkspath z. B. durch Druck künstlich beliebig darstellen kann, wie dies ebenfalls Reusch zuerst gezeigt hat. Hier beim Kalkspath entsteht dann nicht nur ein Zwillingspaar, bestehend aus zwei verzwillingten Individuen, sondern eine ausserordentlich grosse Menge sehr dünner Lamellen ist, abwechselnd in Zwillingsstellung, mit einander

---

[1]) Monatsber. d. Berl. Ak. April 1867 und daraus: Pogg. Ann. 132. pag. 441.

[2]) A. a. O.

[3]) Diese Zeitschr. Bd. XXVI. 1874. pag. 153. ff.

verwachsen, gerade wie bei den Zwillingen des Cyanits an der Fläche P. Diese Zwillingsbildung nach P scheint dann das erste Stadium der Trennung der beiden Hälften zu sein, wie das wieder in ähnlicher Weise am Kalkspath und Glimmer beobachtet worden ist. Wirken Kräfte in passender Richtung, so findet erst, bei genügender Intensität derselben, eine Umstellung der Moleküle in der Art statt, dass sie, symmetrisch zu P eine neue stabile Gleichgewichtslage, die Zwillingslage einnehmen. Wirken die Kräfte dann noch intensiv genug weiter, so tritt ein Abschieben nach P ein, was beim Glimmer mit einer Zerfaserung einer solchen zwischenliegenden Zwillingslamelle verbunden ist, welche Zerfaserung auch hier, wenn schon weniger deutlich, angedeutet ist, und es entsteht dann schliesslich eine solche stets etwas parallel der Kante M/P gebogene Trennungsfläche, ebenso gekrümmt wie die ähnlichen Trennungsflächen des Steinsalzes und besonders des Glimmers. Beim Steinsalz kann das Abschieben der beiden Hälften längs einer dodekaëdrischen Gleitfläche künstlich nachgemacht werden; hier kann an der Gleitflächennatur nicht gezweifelt werden. Ebenso ist es beim Kalkspath, wo sogar die beiden Stadien der Gleitflächenbildung, Umstellung in der Zwillingslage und Abschieben der beiden Krystallhälften experimental bestätigt werden können, was eine der schönsten und interessantesten neueren Entdeckungen auf dem Gebiet der Krystallphysik ist. Beim Glimmer lassen sich alle diese einzelnen Erscheinungen in ihrer Reihenfolge und in ihrem Zusammenhang beobachten und auch hier wird kein Zweifel bleiben können, auch ohne den hier noch nicht gelungenen experimentellen Beweis durch Abschieben der beiden Hälften. Hier beim Cyanit liegen derartige Beobachtungen noch nicht in dem Zusammenhang und in der Reichhaltigkeit vor, wie bei den genannten Mineralien und absolute Sicherheit wird erst da sein, wenn Experimente die Möglichkeit des Abschiebens nach P mit einem Minimum von Kraft nachgewiesen haben werden. Aber die Analogien mit Kalkspath und Glimmer — fasrige, unebene Beschaffenheit von P, Zwillingsbildung nach P, Unmöglichkeit der Spaltung nach P, dagegen Biegung parallel der Kante M/P — legen doch den Gedanken an bei allen genannten Mineralien analoge Verhältnisse in dieser Beziehung so nahe, dass ich daraufhin die Gleitflächennatur (im Gegensatz zur Spaltflächennatur) von P entschieden festhalten möchte, die mir noch weiter gestützt erscheint durch die geradezu staunenerregende Biegsamkeit der Krystalle parallel der Kante P/M, die die vielerwähnte Flächenkrümmung bedingt und die soweit geht, dass es häufig gelingt, längere dünne Prismen hufeisenförmig zu biegen, so dass die beiden Enden sich berühren. Man kann sie sogar zuweilen mehrmals hin und her biegen, wie einen Metalldraht, ehe sie brechen und der Bruch ist dann ähnlich hackig wie bei Metallen, wenn auch natürlich lange nicht so ausgezeichnet. Dies scheint mir auf eine besonders leichte Verschiebbarkeit der Moleküle des Cyanits nach einer die Prismen quer begrenzenden Fläche, welche nach dem Früheren die Fläche P ist, hinzudeuten, welche leichte Verschiebbarkeit im weiteren die leichte Trennung durch Abschieben mit sich führt.

Es scheint mir nicht nur an sich von Interesse zu sein, neben den Blätterbrüchen auch andere Arten leichter Trennung, andere Arten von Durchgängen, in den Krystallen nachzuweisen — was wir darüber wissen, ist noch ausserordeutlich wenig, es hat die Beifügung eines weiteren Beispiels daher immerhin einigen Werth —, sondern auch insofern, als bei allen solchen Abschiebungen, nachdem Gleitflächen in allen den Fällen, wo dies überhaupt der Natur der Sache nach denkbar ist, Zwillingsbildung nach der Gleitfläche, Umstellung der Moleküle in die Zwillingslage nach der Gleitfläche, beobachtet ist, und dass erst darnach eine völlige Trennung eintritt. Es ist dies der Fall beim Kalkspath, Glimmer und Cyanit (und wie es scheint auch beim Natronsalpeter nach der Fläche des nächsten stumpferen Rhomboëders), nicht aber beim Steinsalz, wo nach den Symmetrieverhältnissen die Gleitfläche (Dodekaëderfläche) eben nicht Zwillingsfläche sein kann. Ob das ein durchgreifendes Gesetz ist, müssen fernere Beobachtungen lehren, es scheint aber, als hätte man es mit einem solchen zu thun und als wäre diese Abschiebung im Allgemeinen nicht so einfach, wie man das wohl früher annahm, sondern als ginge hier ein complicirterer Process vor sich.

Vielleicht ergiebt sich einmal die Möglichkeit, diese Verhältnisse mathematisch zu fassen und eine allgemeine Theorie darüber zu entwickeln. Es würde sich dabei ergeben, ob eine solche Zwillingsbildung der Abschiebung nothwendig vorangehen muss, und in welcher inneren Beziehung diese beiden Erscheinungen überhaupt zu einander stehen.

---

## Resultate

der vorstehenden Untersuchung.

1. Am Cyanit ist in seltenen Fällen ein schiefer Blätterbruch (r, Taf. XIV. Fig. 1, 1a. und 12) zu beobachten.
2. Aus den Neigungswinkeln dieses Blätterbruchs zu anderen Flächen in Verbindung mit anderen Winkeln lässt sich das Axensystem des Cyanits berechnen. Man findet die im Text angegebenen Zahlen als erste Näherungswerthe.
3. Die Zwillinge nach M lassen sich auch ohne Beobachtung der Flächen P und der Lage der Ebene der optischen Axen in der Mehrzahl der Fälle an den einspringenden Winkeln der Flächen T und an der verschiedenen Lage der ebenen Winkel auf M unterscheiden.
4. Die Zwillinge, bei denen nur T, nicht aber P einspringende Winkel machen, entstehen wenigstens zum Theil nicht durch Drehung um die Kante M/P, sondern durch Drehung um eine Normale in M zur Kante M/T, wie das Beer und Plücker angegeben haben.
5. Nach dem Gesetze, nach dem die Normale zu M Zwillingsaxe ist, kommt häufig mehrfache Zwillingsbildung vor nach Art der Plagioklase.
6. Beer und Plücker haben zuerst die sichere Unterscheidung der Zwillinge nach M durch Beobachtung der optischen Erscheinungen ermöglicht.
7. Die Ebene der optischen Axen geht nicht durch die stumpfen, sondern durch die scharfen ebenen Winkel auf M von 89° 45′.
8. Die Zwillingsfläche der Kreuzzwillinge hat das Symbol: $-a : \frac{-b}{2} : c.$
9. Es giebt Zwillinge, deren Individuen nach P verwachsen sind. Zwillingsaxe ist die Normale zu P.
10. Die nach P verwachsenen Krystalle sind schon vorher Zwillinge nach M nach dem zweiten Gesetz, so dass hier noch das weitere Zwillingsgesetz realisirt ist:

Zwillingsfläche P, Drehaxe eine Normale in P zur Kante P/M. Mit den Kreuzzwillingen sind also nun sechs verschiedene Zwillinge beim Cyanit bekannt.

11. Für jedes der drei Zwillingsgesetze, bei denen M Zwillingsfläche ist, giebt es ein analoges, bei dem die beiden Individuen die Fläche P gemeinsam haben. Ein Gesetz ist für P und M als Zwillingsfläche identisch, die Zahl der nach P und M verwachsenen Zwillinge ist somit im Ganzen fünf.

12. Die Zwillinge nach P sind nicht ursprünglich, sondern durch Druckwirkungen erzeugt, ähnlich wie die Zwillinge des Kalkspaths nach dem nächst stumpferen Rhomboëder.

13. Der Fläche P geht kein gewöhnlicher Blätterbruch, sondern eine Gheitfläche im Sinne von E. Reusch parallel, wie der Fläche des nächst stumpferen Rhomboëders am Kalkspath etc.

---

## Erklärung der Tafel XIV.

Figur 1. Gewöhnliche Combination des Cyanit. Angabe der Lage der Blätterbrüche und der Ebenen der optischen Axen.

Figur 1 a. Angabe der Blätterbrüche und der optischen Axenebene auf dem Hauptblätterbruch M. Darstellung der speciellen Verhältnisse des Blätterbruchs parallel der Fläche r.

Figur 2. Sämmtliche von mir beobachtete Flächen des Cyanits in schiefer Projection.

Figur 2 a. Dieselben, auf die Basis P projectirt.

Figur 3. Zwilling nach M. Zwillingsaxe eine Normale in M zur Kante P/M.

Figur 4. Zwilling nach M. Zwillingsaxe die Kante T/M.

Figur 4 a. Dasselbe in Horizontalprojection.

Figur 5. Zwilling nach M. Zwillingsaxe die Kante M/P.

Figur 6. Zwilling nach M. Zwillingsaxe die Normale in M zur Kante M/T.

Figur 6 a. Dasselbe in Horizontalprojection.

Figur 7. Zwilling nach M. Zwillingsaxe die Normale zur Fläche M.

Figur 7 a. } Dasselbe in Horizontalprojection mit wiederholter Zwil-
Figur 7 b. } lingsbildung.

Figur 8. Kreuzzwilling in den einspringenden Winkel der Flächen M und $\underline{M}$ hineingesehen.

Figur 8 a. Dasselbe. Durchschnitt senkrecht zur Kante M/$\underline{M}$.

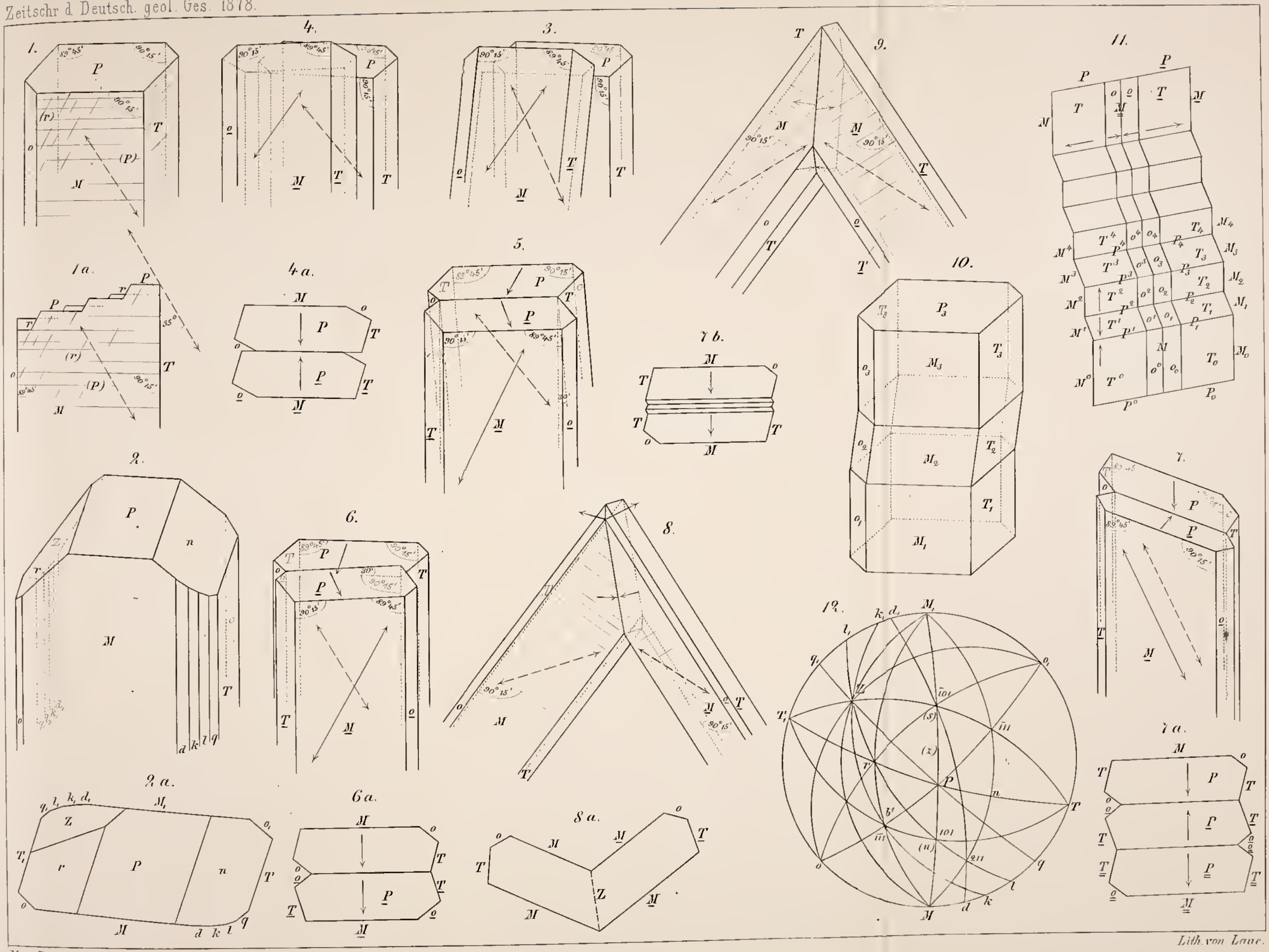
Figur 9. Kreuzzwilling, auf den ausspringenden Winkel der Flächen M und M̲ gesehen.

Figur 10. Zwilling nach M. Zwillingsaxe die Normale der Fläche P.

Figur 11. Dasselbe. Die Individuen auch nach dem zweiten Gesetz verbunden mit wiederholter Zwillingsbildung.

Figur 12. Stereographische Projection sämmtlicher Cyanitflächen zur Uebersicht über die Zonenverhältnisse, nach F. E. Neumann's Methode gezeichnet.

Anmerkung. Die Figur 11 ist insofern unseren Annahmen nicht entsprechend, als hier die umgedrehten Individuen vorn, die damit nach M verwachsenen gedrehten dagegen hinten liegen. Das Wesentliche ist richtig dargestellt.




Max Bauer del.

Lith. von Laue.

Zeitschrift/Journal: Zeitschrift der Deutschen Geologischen Gesellschaft

Jahr/Year: 1878

Band/Volume: 30



Autor(en)/Author(s): Bauer Max Hermann



Artikel/Article: Mineralogische Mittheilungen. 283-326