

# SEPARAT-ABDRUCK

AUS DEN

**MINERALOGISCHEN UND PETROGRAPHISCHEN**

**MITTHEILUNGEN**

HERAUSGEGEBEN

VON

**G. TSCHERMAK.**

---

Dr. MAX SCHUSTER. STUDIEN ÜBER DIE FLÄCHENBESCHAFFENHEIT UND BAUWEISE DER DANBURITKRISTALLE VOM SCOPI IN GRAUBÜNDTEN. (2. Theil.)

---

WIEN.

**ALFRED HÖLDER**

K. K. HOF- UND UNIVERSITÄTS-BUCHHÄNDLER

1., ROTHENTHURMSTRASSE 15.

## **XVIII. Studien über die Flächenbeschaffenheit und Bauweise der Danburitkrystalle vom Scopi in Graubündten. (2. Theil.)**

Von Dr. Max Schuster.

(Mit 3 Zinkographien.)

### **II. Ueber die Messungsergebnisse im Allgemeinen und deren Verwendung zur Bestimmung des Axenverhältnisses.**

Als ich die Untersuchung der Danburitkrystalle vom Scopi unternahm, da war meine Absicht vor Allem darauf gerichtet, die krystallographischen Constanten der Danburitsubstanz an dem Schweizer Vorkommen möglichst genau festzustellen.

Dazu bedurfte es natürlich ebenso zahlreicher als genauer Messungen.

Die Flächen der untersuchten Krystalle sind aber, wie bereits besprochen, so beschaffen, dass der Ermittlung ihrer gegenseitigen Neigungen auf dem Wege der Reflexion schon wegen der Mannigfaltigkeit der spiegelnden Flächenelemente ziemliche Schwierigkeiten entgegenstehen, während die Kleinheit der letzteren die Zuverlässigkeit und Genauigkeit der Messungen überhaupt vielfach in Frage zu ziehen droht.

Wer sich daher mit den im ersten Theile der vorliegenden Arbeit (diese Zeitschrift, Bd. V, pag. 397) enthaltenen Ergebnissen des Studiums dieser Flächenbeschaffenheit einigermaßen vertraut gemacht hat, der wird der Mittheilung der Messungsergebnisse vielleicht nicht ohne Interesse, vielleicht aber auch mit einigem Misstrauen entgegensehen und Zweifel hegen, ob denn eine bestimmte Beantwortung der oben aufgeworfenen Frage mit dem vorliegenden Materiale wirklich zu erlangen war und ob das Schweizer Vorkommen zur Entscheidung derselben überhaupt geeigneter sei als das amerikanische Mineral, dessen Constanten ja bereits von Dana mit aller Sorgfalt bestimmt wurden.

Inwiefern dieses der Fall gewesen und wie weit überhaupt der reiche Flächenbau dieses Danburites sich auch mit dem Mess-

instrumente verfolgen liess, wird man wohl erst aus der eingehenden Besprechung der Messungsergebnisse selbst ersehen und man wird dann auch beurtheilen können, ob die daraus gezogenen Schlussfolgerungen berechtigt sind.

Gleichwohl dürfte es sich empfehlen, über die Art und Weise, wie bei der Messung vorgegangen wurde, um trotz der theilweisen Ungunst der Verhältnisse brauchbare Beobachtungen zu erlangen, und über die Vorsichtsregeln, welche angewendet wurden, um eine falsche Deutung der Beobachtungen zu vermeiden, schon hier einige Worte zu sagen.

Bei Ausführung der genauen Messungen kam ein älteres, im Besitze des hiesigen mineralogisch-petrographischen Institutes befindliches, von O. Schöffler in Wien nach dem System Mitscherlich-Babinet gebautes Instrument mit verticalem Theilkreis in Verwendung, welches in neuerer Zeit mit einem Lang'schen Justir- und Centrirapparate versehen worden war. Der Limbus gestattet mit Hilfe des Nonius die directe Ablesung bis zu 10 Secunden herab. Das Stativ, auf welchem die horizontale Axe drehbar befestigt ist, endigt in einem Dreifuss, dessen auf der Seite des Krystalles gelegener Theil in einer zur Ebene des Theilkreises senkrechten Richtung etwas verlängert erscheint. Auf dem letzteren Fortsatz bewegt sich ein horizontaler Querbalken, der an seinen Enden die verticalen Säulen mit den beiden parallel zur Ebene des Theilkreises angebrachten Fernrohren trägt, schlittenartig hin und her, in der Art, dass die Ebene, welche die Fernrohraxen in sich enthält, der Ebene des Limbus bald genähert, bald entzogen werden kann, dabei aber fortwährend der letzteren parallel bleibt.

Auf solche Weise ist es möglich, längs einer beliebig centrirten und justirten Kante immer andere Flächentheile, respective immer andere Querschnitte des in fixer Entfernung vom Theilkreise verharrenden Krystalles in die Ebene der Fernrohraxen (die Reflexionsebene) zu bringen, ohne an der Centrirung oder Justirung des Krystalles, mithin an der Einstellung einer bestimmten Zonenebene und einer bestimmten Flächenlage etwas zu verändern, was sich im Verlaufe der Untersuchungen mitunter als sehr vortheilhaft erwies.

Dagegen ist der Neigungswinkel der beiden Fernrohre gegen einander, wenn ihre optischen Axen genau in der Verlängerung

der Axe des Limbus sich schneiden sollen, ein ganz bestimmter (ca.  $120^\circ$ ), da zwar die Fernrohre selbst zum Zwecke der Correction des Apparates einer geringen Drehung um eine verticale und eine horizontale Axe fähig sind, die Höhe jedoch, in welcher die letztere auf den Stativen angebracht ist, eine fixe bleibt.

Daher kann auch der Incidenzwinkel, unter welchem die einfallenden Lichtstrahlen die spiegelnden Flächen treffen müssen, damit diese das Signalbild in das Beobachtungsfernrohr zurückwerfen, welcher Winkel bei dem in Rede stehenden Instrument etwa  $60^\circ$  beträgt, nicht geändert werden.

Dieses war ein Uebelstand, welchem ich, wie noch erwähnt werden wird, durch Vervielfältigung der Beobachtungen theilweise abzuhelpen suchte, und zwar hauptsächlich dadurch, dass mit ebendenselben Krystallen jedesmal eine Reihe paralleler Beobachtungen am kleinen Wollaston'schen Goniometer ausgeführt wurden, wo die Verschiebung des beobachtenden Auges genügt, bei fixer Lichtquelle eine beliebige Aenderung des Incidenz-, respective Reflexionswinkels herbeizuführen.

Als Signal diente ein im Collimator des Beleuchtungsfernrohres vor der Lichtquelle angebrachter „Websky'scher Spalt“.

Dass fast sämmtliche, mitunter auch scheinbar ganz einheitliche Flächen des Danburites mehrere Reflexbilder dieses Signales lieferten, so dass es vielmehr eine Seltenheit war, wenn ein Signalbild allein im Gesichtsfelde des Beobachtungsfernrohres erschien, wird nach den früheren Mittheilungen Niemanden zu wundern brauchen.

Die Reflexbilder einer und derselben Hauptfläche, welche auf deren vicinale Erhebungen zu beziehen sind, waren selbst wieder oft von sehr verschiedener Helligkeit und Vollkommenheit.

Einzelne sehr scharf begrenzt und dabei hell, andere ebenso präcis, aber viel lichtschwächer, wieder andere sehr breit, bandartig, dann meist ziemlich lichtschwach und oft auch an den Rändern etwas verwaschen; seltener dabei zugleich sehr hell und dann in der Regel nachweisbar aus mehreren, aneinander geschobenen Reflexen gebildet.

Ausser diesen, im Ganzen symmetrisch aussehenden Signalbildern gelangten endlich auch solche zur Beobachtung, die auffallend verzerrt, und wieder andere, deren Ränder deutlich mit prismatischen Interferenzfarben gesäumt erschienen.

Wenn man jedesmal das Lupenbild der reflectirenden Stelle und das zugehörige Signalbild sorgfältig vergleicht<sup>1)</sup>, so zeigt es sich, dass man bei einiger Uebung im Stande ist, schon aus der Form des letzteren auf die Beschaffenheit des betreffenden Flächenelementes einen Schluss zu ziehen, und umgekehrt gibt die jeweilige Flächenbeschaffenheit einen Anhaltspunkt zur richtigen Beurtheilung des betreffenden Spaltbildes.

Websky hat bekanntlich in seiner interessanten Schrift „Ueber die Lichtreflexe schmaler Krystallflächen“<sup>2)</sup> diesen Zusammenhang zwischen der Form des Reflexbildes und der Beschaffenheit der reflectirenden Krystallfläche zuerst in ausführlicher und übersichtlicher Weise besprochen, indem er auf die Fehlerquellen aufmerksam machte, welche für die goniometrische Methode daraus entspringen können, dass die reflectirenden Oberflächensegmente der Krystalle zuweilen unter eine gewisse Grösse hinabsinken, da nämlich eine sehr schmale, zwischen parallelen Kanten eingeschlossene Fläche, wenn sie im Uebrigen noch so vollkommen wäre, sich gegen den reflectirten Strahl so verhält, wie ein schmaler Spalt gegen das durchfallende Licht, in Folge dessen der Reflex in ein mehr oder weniger dilatirtes Spectrum aufgelöst erscheint.

Beträgt daher beispielsweise bei einer sehr breiten und zugleich vollkommenen Fläche im Instrumente der scheinbare Bogenwerth des Signalbildes an seiner engsten Stelle etwa 2', so beträgt derselbe bei einer wirksamen Breite des reflectirenden Flächenelementes von nur 1 Millimeter bereits doppelt so viel, bei einer wirksamen Breite von 0.1 Millimeter gegen 40' u. s. w.

Im zweiten der erwähnten Fälle ist es allerdings noch nicht schwer, die hellste Stelle der zwischen den beiden seitlichen Bogensegmenten befindlichen Verengung als den Culminationspunkt des reflectirten Lichtes mit grosser Sicherheit zu erkennen und auf die Mitte des Fadenkreuzes im Beobachtungsfernrohr einzustellen; im letzteren Falle aber und bei noch geringeren, also mikroskopischen

---

<sup>1)</sup> Ein nach Angaben von Brezina construirtes verschiebbares Ocular (siehe dessen Beschreibung des neuen Reflexionsgoniometers der geol. Reichsanstalt im 34. Bande d. Jahrb. 1884, pag. 325) wäre in diesem Falle sehr erwünscht gewesen und würde die mühsame Feststellung dieser Verhältnisse wesentlich erleichtert haben.

<sup>2)</sup> Monatsberichte der kön. Akad. d. Wiss., Berlin, Sitz. 18. Febr. 1878.

Dimensionen des betreffenden Flächenelementes, wo die Verbreiterung des Signalbildes mehrere Grade betragen kann, ist diese Einstellung an und für sich schon sehr unsicher.

Dazu kommt, dass unter Umständen (bei bestimmtem Einfallswinkel) der Abstand des ersten Interferenzstreifens, welcher die Umgrenzung des Signalbildes ausmacht, zu beiden Seiten der wahren Position sich unsymmetrisch vertheilt und dass ferner die das Reflexbild erzeugenden Strahlen mit den von einer benachbarten Fläche kommenden Seitenstrahlen mitunter zur Interferenz kommen (was namentlich bei den hier vorliegenden Vicinalflächen vielfach zu befürchten war), wodurch Form und Färbung des ursprünglichen Reflexbildes verändert, respective durch Verstärkung der schwachen Nebenculminationen desselben zur Verkennung des Hauptculminationspunktes Anlass gegeben wird.

Es kann endlich, wie Websky bemerkt, geschehen, dass auf diese Weise ein lichtschwacher seitlicher Reflex durch das Seitenlicht eines stärkeren bei bestimmten Incidenzwinkeln ausgelöscht wird, während er bei anderen wieder sichtbar würde.

Alle die soeben erwähnten Verhältnisse gelangten bei den Danburitkrystallen zur Beobachtung und waren daher besonders in Erwägung zu ziehen.

Zunächst war es nothwendig, unter den zu messenden Krystallen selbst die sorgfältigste Auswahl zu treffen und von vorneherein diejenigen auszuschneiden, deren Flächen nicht Reflexe von der gewünschten Güte zu liefern im Stande waren.

Es wurden zu diesem Zwecke die einzelnen Individuen im reflectirten Lampenlichte mit der Lupe untersucht.

Diejenigen, welche die breitesten, glattesten Flächenelemente darboten, wurden nun auf das kleine Goniometer gebracht und einer vorläufigen Messung unterzogen, wobei das Hauptaugenmerk darauf gerichtet war, die zweifelhaften von den unzweifelhaften Reflexbildern zu unterscheiden, im Falle eine Anzahl von Reflexen nebeneinander auftrat, also festzustellen, ob dieselben bei geänderten Einfallswinkeln keine gegenseitige Verschiebung erfahren, ob sie auch hinsichtlich ihrer Helligkeit eine gewisse Beständigkeit besitzen oder nicht.

Die auch bei dieser Prüfung geeignet befundenen Krystalle wurden für die Messung am grossen Fernrohrgoniometer bestimmt.

Beim Eintragen der hier gemachten Beobachtungen wurde namentlich über die Güte und Verlässlichkeit der Reflexbilder genau Buch geführt, um diese aber festzustellen, wurden Lupenbild und das entsprechende Reflexbild jedesmal sorgfältig verglichen und darauf geachtet, ob beide mit einander im Einklange stehen.

Wenn beispielsweise das Reflexbild von hoher Präcision war, das Lupenbild hingegen eine sehr feine Streifung aufwies, so war natürlich das Messungsergebnis mit grosser Reserve aufzunehmen und konnte höchstens vergleichsweise benutzt werden.

In solchem Falle erwies sich das Gesichtsfeld auffallend hell und auf diesem hellen Grunde erst lag das scharfe Reflexbild.

Nicht selten gab sich dann ein blos scheinbarer Culminationspunkt als solcher auch schon bei aufmerksamer Betrachtung des Gesichtsfeldes zu erkennen, wenn die Goniometeraxe langsam und gleichmässig soweit gedreht wurde, dass das Reflexbild von dem einen Ende des Gesichtsfeldes zum anderen hin wanderte.

Es trat dann mitunter der Fall ein, dass bei gleichmässiger Bewegung der Axe das Bild sich sehr ungleichmässig fortbewegte, in gewissen Momenten gleichsam stehen blieb oder beim Vorhandensein mehrerer Reflexe seine Lage zu diesen veränderte.

Alle die genannten Voruntersuchungen, welche den Zweck hatten, mich mit jedem einzelnen Individuum so gut als möglich vertraut zu machen, sowie die Vorsichtsmassregeln bei der Messung selbst, so zeitraubend und mühsam sie auch waren, erschienen doch dringend nothwendig wegen der Wichtigkeit der Schlussfolgerungen, denen die Beobachtungen zur Grundlage dienen sollten, deren Interesse, soweit sie die Charakterisirung einer besonderen Art von Flächen, der Vicinalflächen, betreffen, über das der sicheren Ermittlung der krystallographischen Constanten einer einzelnen Mineralsubstanz hoffentlich hinausgehen wird.

Bei diesen Schlussfolgerungen wurden im Allgemeinen durchwegs nur solche Reflexe berücksichtigt, welche, um mit Websky zu reden, fast 1 Millimeter Präcision besaßen, dergestalt, dass die einzelnen Einstellungen derselben nur in den Secunden variirten.

Die später aufgeführten Zahlen sind durchschnittlich als Mittelwerthe von je fünf Ablesungen zu betrachten.

Bei Reflexbildern von ganz besonderer Schärfe wurden übrigens auch Repetitionsmessungen angestellt.

Andererseits schien es geboten, bei solchen Krystallen, an denen einzelne Flächen sehr gute, andere zwar schlechtere Reflexbilder ergaben, die letzteren Flächen jedoch eine interessante Ausbildung oder eigenthümliche Beziehungen zu den übrigen erkennen liessen, eine Ausnahme zu machen und vergleichsweise auch diese schlechteren Reflexe in den Kreis der Betrachtung zu ziehen, weil es das Studium des Zusammenhanges dieser Erscheinungen erforderte; sie werden jedoch stets besonders hervorgehoben werden.

Schliesslich mag hier noch erwähnt werden, dass nicht nur von jedem der zur genaueren Messung gelangenden Krystalle mehrere Skizzen angefertigt wurden, um deren Flächenentwicklung im Gedächtnisse zu behalten, von welchen Skizzen ein Theil den auf Tafel V und VI enthaltenen Figuren zur Vorlage diente, sondern dass auch das Lupenbild jeder Fläche und die gegenseitige Lage, sowie das Aussehen der bei Einstellung derselben im Gesichtsfelde erscheinenden Reflexbilder, mithin auch ihre Lage bezüglich der eingestellten Zone, im Bilde fixirt wurde, was sich bei der Beurtheilung der Beobachtungen, bei ihrer Zusammenstellung und Berechnung von grossem Vortheile erwies.

Vorläufige Discussion der Messungen der Pyramidenflächen  $\lambda$  behufs Feststellung des Axenverhältnisses.

Eine flüchtige Durchsicht des reichen Beobachtungsmateriales liess keinen Zweifel darüber aufkommen, welche Art von Flächen hier zur Bestimmung des Axenverhältnisses zu verwenden seien.

Von vorneherein konnten dabei nur solche in Betracht kommen, die an fast allen Krystallen vorhanden waren, deren Eigenthümlichkeiten und gegenseitiges Verhalten genügend studirt werden konnten und welche endlich zugleich die besten Reflexbilder ergaben; dieses waren aber die Flächen  $\lambda$ .

Denn die Flächen der verticalen Prismenzone waren schon deshalb ausgeschlossen, weil sie fast durchwegs oscillatorische Combinationsstreifung besaßen, so dass gegenseitige Beeinflussung der Lichtreflexe schmaler Krystallflächen nirgends öfter als hier zum Ausdrucke kam. Ueberdies war das Prisma  $J$ , welches Dana zum gleichen Zweck verwendet hatte, nur äusserst selten deutlich messbar ausgebildet.

In dieser Hinsicht besitzen die amerikanischen Krystalle allerdings einen entschiedenen Vorzug. Einige der im hiesigen mineralogischen Institut befindlichen Krystalle von Russell Cty, daraufhin untersucht, lieferten auf den verticalen Prismenflächen fast ausschliesslich scharfe singuläre Reflexe und gaben Winkel, die bis auf die Minute mit den von Dana angeführten Werthen übereinstimmten, mitunter freilich auch bis zu fünf Minuten davon abwichen.

An einem besonders günstigen kleineren Krystalle, an welchem blos  $J$  und  $l$ , und zwar ziemlich gleichmässig entwickelt, auftraten, wurden rundum folgende Winkel gemessen, denen die Abweichung gegenüber dem theoretischen Werthe in Klammern beige setzt ist:  $JJ = 57^{\circ} 5' 30'' (-2\frac{1}{2})$ ,  $Jl = 18^{\circ} 52'$ ,  $ll = 85^{\circ} 7' 50''$ ,  $lJ = 18^{\circ} 56' 40'' (+4')$   
 $JJ = 57^{\circ} 13' (+5')$ ,  $Jl = 18^{\circ} 51' (-1')$ ,  $ll = 85^{\circ} 4' (-3\frac{1}{2})$ ,  $lJ = 18^{\circ} 50' (-2')$ .

Die Flächen  $a$  und  $b$  waren als schmale Abstumpfungen der Kanten  $JJ$  und  $ll$  kaum angedeutet, umsoweniger waren messbare Reflexe darauf sichtbar, so dass Controlmessungen dazu leider nicht stattfinden konnten. Merkwürdigerweise hat es den Anschein, als ob an diesem Krystall die kleinen Winkelverschiedenheiten auf den einzelnen Flächen zum Theile davon herrührten, dass ein zweites Individuum hypoparallel damit verwachsen war; es liess sich wenigstens eine quer über die Flächen laufende Naht mit ziemlicher Deutlichkeit verfolgen.

Es verdient noch hervorgehoben zu werden, dass der in Rede stehende und ähnliche Krystalle einen Typus darstellen, der unter den von Dana l. c. abgebildeten sieben Figuren keinen Vertreter findet.

An demselben ist nämlich die Endfläche verhältnissmässig klein entwickelt, die Pyramidenflächen  $r$  (121) und  $\delta$  (141) beherrschen im Vereine mit dem Doma  $d$  die Endigung; der Kopf erscheint dadurch ziemlich stark zugespitzt, was bei keiner der dort angefertigten Figuren in ähnlicher Weise hervortritt; derselbe nähert sich im Aussehen schon einigermaßen den Schweizer Danburiten, wo ja bekanntlich die Endfläche nur ganz ausnahmsweise zu beobachten war, ist aber dabei im Allgemeinen viel symmetrischer entwickelt.

Was die Domenflächen  $d$  betrifft, welche Dana sowohl als Hintze zur Bestimmung der Fundamentalwinkel heranzogen, so waren dieselben am Schweizer Danburit gleichfalls nur selten in geeigneter Form entwickelt und die damit angestellten Messungen

ergaben keine Uebereinstimmung mit den Angaben von Dana, so dass Zweifel angeregt wurden, zu deren Lösung und endgiltiger Entscheidung das Materiale hätte noch viel reichhaltiger sein müssen.

Dass sie übrigens bezüglich dieser Flächen hinter den amerikanischen Krystallen keineswegs zurückstehen, davon konnte ich mich überzeugen. Vergleichsweise angestellte Messungen der Domenflächen lieferten auch hier keine Uebereinstimmung mit den aus dem Dana'schen Axenverhältniss hergeleiteten Werthen.

An dem bereits erwähnten Krystall wurden beispielsweise auf der mit nur vereinzelt Aetzfiguren versehenen Fläche  $d$  ein einzelner sehr präciser Reflex 1), auf  $d'$ , welches über und über mit Aetzfiguren bedeckt war, drei mattere aneinander gereihte Reflexe beobachtet, 2), 3), 4), wovon der mittlere anscheinend genau in der Mitte lag. Dazwischen erschien ein allerdings nicht sehr präciser Reflex der Endfläche  $c$ . Die gemessenen Winkel lauteten:

$$1 : c = 41^{\circ} 34' 10'', \quad c : 2 = 41^{\circ} 4' 20'', \quad c : 4 = 41^{\circ} 24' 10''.$$

Man sieht, dass in diesem Falle weder die Winkel zu  $c$  mit dem von Dana abgeleiteten theoretischen Werthe ( $41^{\circ} 26' 40''$ ) übereinstimmen, noch die Abstände  $1 : 2 = 82^{\circ} 38' 30''$ , respective  $1 : 4 = 82^{\circ} 58' 10''$  mit dem Dana'schen Fundamentalwinkel  $82^{\circ} 53' 18''$  genau zusammenfallen, wiewohl sie sich ihnen zum Theile stark nähern. Aehnlich verhielten sich auch andere Krystalle.

Jedenfalls erschien mir nach den so gemachten Erfahrungen das Vorhandensein von Vicinalflächen auch am Danburit von Russell nicht mehr unwahrscheinlich und der Versuch dringend geboten, auf selbstständigem Wege zur Ableitung des Axenverhältnisses des Schweizer Danburites zu gelangen.

Da aber zu diesem Zwecke nach dem Vorausgeschickten nur mehr die Pyramidenflächen übrig blieben, diese jedoch durch eine reiche Entwicklung des Vicinalflächenbaues sich auszeichneten, so mussten die Bemühungen, die Grundabmessungen des Krystalles festzustellen, mit der Bestimmung der Charaktereigenthümlichkeiten der Vicinalflächen selbst zusammenfallen.

Von solchen ist bisher nur eine von allen früheren Beobachtern mit gleicher Sicherheit erkannt worden, nämlich die, dass die meisten Vicinalflächen in ausgebildeten oder wenigstens ganz bestimmten Zonen liegen.

Auch mir haben die Studien am Danburit (1. Theil) für die meisten der an demselben auftretenden Vicinalflächen dieses Verhalten als Regel bestätigt und an diese Thatsache allein konnte daher angeknüpft werden.

Die Frage, um deren Entscheidung es sich hier handelte, war zunächst die, ob es gelingen könne, falls die Fläche  $\lambda$  als solche wirklich vorhanden sein sollte, das den Ort der Fläche  $\lambda$  fixirende Reflexbild unter den übrigen herauszufinden oder, wenn die Fläche  $\lambda$  durch kein eigenes Reflexbild fixirt sein sollte, doch wenigstens ihren muthmasslichen Ort als den Durchkreuzungspunkt sämmtlicher auf  $\lambda$  auftretenden Hauptzonen <sup>1)</sup> mit Gewissheit oder doch mit der erforderlichen Wahrscheinlichkeit festzustellen.

Diese Ueberzeugung konnte nur durch Gegenüberstellung und vergleichende Betrachtung einer möglichst grossen Anzahl von, sämmtliche auf den Pyramidenflächen  $\lambda$  zur Beobachtung gelangende Reflexerscheinungen umfassenden Daten gewonnen werden, weshalb denn auch die nachfolgenden Darstellungen mit einer vollständigen Uebersicht der vertrauenswürdigsten unter den diesbezüglichen Messungen eröffnet werden sollen.

#### A. Messungen in der Zone $a\lambda$ zur Bestimmung des Winkels (100):(142) und (142):(142).

Um das Verhalten der Pyramidenflächen  $\lambda$  gegenüber der Messung näher kennen zu lernen, mögen zunächst die Erscheinungen besprochen werden, welche unter beiläufiger Einstellung der Zone 142:142 und der dieser entsprechenden zur Beobachtung kommen.

Im Allgemeinen erscheinen dann auf den Flächen  $\lambda$  je drei Reflexe im Gesichtsfeld, in der Regel so angeordnet, dass es möglich war, bei einer gewissen Einstellung (Justirung) durch geeignete Drehung die Mittelpunkte von im Ganzen vier einander gleichsam entsprechenden Reflexbildern an dem verticalen Faden im Beobachtungsfernrohr vorüberzuführen.

Von diesen vier Reflexen will ich die einander zunächst gelegenen, der dazwischen befindlichen leider nie gut messbar entwickelten Fläche  $t$  benachbarten als innere, die auf der Seite

---

<sup>1)</sup> Die viel seltener entwickelten vicinalen Zonen treten bei genügender Vielfältigkeit der Beobachtungen vollständig in den Hintergrund.

nach  $r$  hin gelegenen, mithin am weitesten von einander abstehenden Reflexe der beiden Flächen  $\lambda$  als äussere bezeichnen.

Es stellte sich später heraus, dass die beiden inneren Reflexe immer einer Zone  $\lambda t$  angehören, die beiden äusseren zumeist Flächen angehören, die durch die Zonenkante  $\lambda r$  gehen. In der Regel waren die beiden Zonen gleichbedeutend; dann wurden die genannten vier Flächenbildungen genau von einem und demselben Zonenverband umschlossen.

Als Ausnahme war hingegen der Fall zu beobachten, wo die äusseren Reflexe mit vicinal verschobenen Flächenelementen des benachbarten  $r$  in einer vicinalen Zone lagen; doch traten dann in den meisten Fällen wenigstens bei Einstellung eines anderen Krystallquerschnittes auch andere äussere Reflexe hervor, die den Zusammenhang mit der Zone  $\lambda t$  wieder herstellten.

Die dritte Art von Reflexen, deren Erwähnung gethan wurde, lag jedoch immer ausserhalb dieses Zonenverbandes, und zwar, wie constatirt werden konnte, bald oberhalb, bald unterhalb der Zone, zumeist allerdings auf jener Seite des Krystalles, auf welcher die Polkanten der Pyramidenflächen zusammenstiessen, also auf der Seite der freien Endigung der abgebrochenen Krystalle.

Nur wenn diese letzteren Reflexbilder von ganz besonderer oder wenigstens gleicher Güte waren, wie die zuvor erwähnten, wurden sie gleichfalls berücksichtigt bei den Messungen in der Zone  $a\lambda$ , aus welcher sie nachweisbar meist nur wenige Minuten, höchst selten bis zu einem Grade abwichen, und wurde die ihnen innerhalb dieser Zone zukommende Position, d. h. ihre Projection auf die eingestellte Zone bestimmt.

Dieses geschah einfach in der Weise, dass der Moment notirt wurde, in welchem sie den Horizontalfaden des Beobachtungsfernrohres passirten.

Allerdings bedingt dieses Verfahren einen kleinen Fehler<sup>1)</sup>, welcher bekanntlich mit der Grösse des Incidenzwinkels zusammenhängt, jedoch erst bei einem seitlichen Abstände der wahren Flächenposition von der Zone von mehr als einem Grade von merklicher

---

<sup>1)</sup> Man vergl. Websky: Ueber Einrichtung und Gebrauch der Reflexionsgoniometer. Zeitschr. f. Kryst. IV, 1880.

Grösse wird, mit der Annäherung an die Zone aber sehr rasch abnimmt. Beträgt er für den seitlichen Abstand von der Zone  $\eta = 2^\circ$  und den Incidenzwinkel  $60^\circ$  (wie im vorliegenden Falle) beispielsweise fast  $2'$ , so erreicht er für  $\eta = 1^\circ$  kaum die Grösse einer halben Minute und für  $\eta = 30'$  zählt er nur noch wenige (3) Sekunden.

Da es sich, wie gesagt, bei den vorliegenden Reflexen hauptsächlich nur um solche handelte, welche unter die letzte Kategorie fallen und nur ganz ausnahmsweise von solchen die Rede sein wird, die der zweiten Kategorie angehören, so wird man mir wohl keinen Vorwurf daraus machen, wenn der resultierende Fehler hier ohne weiteres vernachlässigt wurde.

In der nun folgenden Uebersicht wurden die, von der Seite her gerechnet, wo die Messung begann, in ihrer Lage innerhalb der Zone oder bezüglich ihrer Projectionen auf die Zone aufeinander folgenden Reflexe auf der Vorderseite der Krystalle mit 1, 2, 3, 4, auf der Rückseite derselben mit  $1'$ ,  $2'$ ,  $3'$ ,  $4'$  bezeichnet, so dass 1 und 4, respective  $1'$  und  $4'$  äussere Reflexe bedeuten, die übrigen dagegen sich auf innere beziehen. Die an der Stelle der letzteren oder neben ihnen auftretenden seitlichen Reflexe wurden in der Weise verzeichnet, dass die betreffende Ziffer mit einer Klammer umgeben wurde.

Die Abstände dieser von den übrigen Reflexen wurden eventuell in einer neuen Zeile ersichtlich gemacht.

Zusammenstellung der Winkel zwischen den in der Zone  $\alpha\lambda$  aufeinander folgenden Flächenpositionen auf 142 und  $\bar{1}42$  (Reihe A), resp. auf  $1\bar{4}2$  und  $\bar{1}\bar{4}\bar{2}$  (Reihe B).

I <sup>1)</sup>	A	1 : 2	27' 20"	2 : (3)	35° 10' 30"	(3) : 4	30' 40"	1 : 4	36° 8' 30"
II	A	1 : 2	33' 20"	2 : 3	35° 10'	3 : 4	17' 25"	1 : 4	36° 0' 45"
	B	1' : 2'	21' 40"	2' : 3'	35° 17'	3' : 4'	45' 20"	1' : 4'	36° 24' 0"
III	A	1 : 2	50' 10"	2 : 3	35° 12'	3 : 4	32'	1 : 4	36° 34' 10"
		1 : (2)	44' 10"	(2) : 3	35° 16'	3 : 4	32'	1 : 4	36° 34' 10"
	B	1' : 2'	36'	2' : 3'	35° 13'	3' : 4'	36' 30"	1' : 4'	36° 25' 30"
		1' : (2')	32' 30"	(2') : (3')	35° 13' 30"	(3') : 4'	40'	1' : 4'	36° 25' 30"
IV	A	1 : 2	39' 5"	2 : (3)	35° 15' 37"	(3) : 4	38' 24"	1 : 4	36° 33' 6"

<sup>1)</sup> Die römischen Ziffern bedeuten die Nummern der gemessenen Krystalle.

V	B	1' : 2'	36' 3''	2' : 3'	35° 11' 27''	3' : 4'	37' 10''	1' : 4'	36° 24' 40''
	A	1 : 2	26' 50''	2 : 3	35° 13' 40''	3 : 4	33' 30''	1 : 4	36° 14' 00''
VI	A	1 : (2)	32' 20''	(2) : (3)	35° 11' 40''	(3) : 4	33' 20''	1 : 4	36° 17' 20''
VII	A	1 : (2)	25'	(2) : 3	35° 14' 10''	3 : 4	22'	1 : 4	36° 1' 10''
VIII	A	1 : 2	23' 50''	2 : 3	35° 17'	3 : 4	30' 30''	1 : 4	36° 11' 20''
		1 : 2	23' 50''	2 : (3)	35° 15'	(3) : 4	32' 30''	1 : 4	36° 11' 20''
IX	A	1 : 2	37' 57''	2 : 3	35° 16' 47''	3 : 4	36' 37''	1 : 4	36° 31' 21''
	B	1' : 2'	38' 6''	2' : 3'	35° 16' 24''	3' : 4'	37'	1' : 4'	36° 31' 30''
X	A			2 : 3	35° 15' 30''				
	B	1' : 2'	47'	2' : 3'	35° 16' 20''	3' : 4'	33' 40''	1' : 4'	36° 37' 00''
XI	A							1 : 4	36° 14' 55''
	B	1' : 2'	27' 50''	2' : 3'	35° 16' 30''	3' : 4'	33' 50''	1' : 4'	36° 18' 10''
XII (2 Quer- schnitte)	A	1' : 2'	28' 40''	2 : 3	35° 11' 30''	3 : 4	23' 10''	1 : 4	36° 3' 20''
						4 : 5	16'	1 : 5	36° 19' 20''
		1 : (2)	25' 10''	(2) : (3)	35° 19'	(3) : (4)	18' 30''	(1) : (4)	36° 2' 40''
XIII	A			2 : 3	35° 17'	(4) : (5)	21'	1 : (5)	36° 23' 40''
XIV	A			1 : 3	35° 46'	3 : 4	12' 30''	2 : 4	35° 29' 30''
XV	A			2 : 3	35° 17'	3 : 4	21' 30''	1 : 4	36° 7' 30''
				(2) : 3	35° 20'				
XVI	A			2 : 3	35° 17'				
	B			2' : 3'	35° 16' 50''				

Die vorstehende Uebersicht enthält von den überhaupt angestellten diesbezüglichen Messungen nur eine kleine, aber eine derartige Auswahl, dass sich die Eigenthümlichkeiten des Baues der Pyramidenflächen  $\lambda$  darin vollständig widerspiegeln und mindestens durch ein Beispiel illustriert werden können.

Was zunächst die inneren Winkel betrifft, so ist daraus hauptsächlich Folgendes zu entnehmen:

1. Der Abstand der inneren Reflexe von einander ist ein variabler, jedoch von solcher Art, dass seine Schwankungen sich innerhalb ganz enger Grenzen halten (35° 10' bis 35° 17'), so dass dieselben Winkelwerthe sich an mehreren Individuen wiederholen.

2. Am meisten gilt das letztere von dem oberen Grenzwert und diesem zunächststehenden Werthen.

3. Sobald überhaupt nur eine Kategorie von Reflexen auf den Pyramidenflächen  $\lambda$  zum Vorschein kommt, dann ist der Winkel, den dieselben einschliessen, gleich diesem Grenzwert von 35° 17' oder nähert sich demselben bis auf die Einstellungsfehler.

Der Krystall XI A macht keine Ausnahme davon, da hier die sonst noch vorhandenen Reflexe wegen ihrer geringeren Präcision in der Messungsreihe nicht aufgeführt sind.

Bezüglich der äusseren Reflexe ist zu bemerken:

1. Dass der Winkel zwischen ihnen noch viel variabler ist als zwischen den inneren Reflexen. Derselbe bewegt sich nämlich zwischen  $36^{\circ} 0' 45''$  als Minimum und  $36^{\circ} 37'$  als Maximum, während die Zwischenwerthe eine zum Theile auffallend discontinuirliche Reihe bilden, sich stellenweise häufend, stellenweise an einander schliessend.

2. Es ist hier kein Winkel zu bemerken, der mit gleicher Constanz wiederkehrt wie bei den inneren Reflexen, zum mindesten sind mittlere Werthe ebenso häufig, ja noch häufiger als die Grenzwerte. Schon darin prägt sich eine gewisse Verschiedenheit des Verhaltens zwischen den äusseren und inneren Reflexen aus.

3. Auch hinsichtlich der Lage zu den benachbarten inneren Reflexen herrscht grosse Variabilität, da sie sich diesen mitunter bis auf  $12'$  nähern, in der Regel einen halben Grad davon abstehen, bisweilen sogar sich bis  $50'$  von ihnen entfernen.

4. Die äusseren Reflexe sind bald auffallend symmetrisch um die inneren vertheilt, und zwar sowohl auf der Vorder- als auf der Rückseite des Krystalles, bald sind ihre Abstände von den inneren auf den vorderen und rückwärtigen, auf den rechten und linken Pyramidenflächen sehr verschieden.

5. Die symmetrische Anordnung der äusseren Reflexe steht nicht mit einer gewissen Grösse des inneren Winkels im Zusammenhang, wie man aus dem Vergleiche der bei Krystall III B, IV B, IX A und B angeführten Daten erkennt.

Dadurch documentirt sich eine gewisse Unabhängigkeit im Auftreten und eine gewisse Selbstständigkeit in der Anlage der den inneren und der den äusseren Reflexen zu Grunde liegenden Flächenelemente.

Hinsichtlich der seitlichen Reflexe endlich erscheinen folgende Thatsachen höchst beachtenswerth:

1. Dieselben erscheinen in ziemlich variablen Abständen von der Zone  $a\lambda$ , zeigen dabei aber die Eigenthümlichkeit, dass die Abstände ihrer Projectionen auf die Zone  $a\lambda$  in viel geringerem Grade, und zwar um den Werth  $35^{\circ} 17'$  als Mittelwerth schwanken.

2. Wiewohl einzelne ihrer Projectionen zwischen die äusseren und inneren Reflexe hineinfallen, so liegen sie doch ausnahmslos den letzteren viel näher, und sie nähern sich ihnen im Allgemeinen umso mehr, je weniger ihre seitliche Abweichung aus der Zone  $a\lambda$  beträgt.

3. Es kann endlich geschehen, dass sie mit den inneren Reflexen fast gänzlich zusammenfallen, wie beispielsweise bei dem Krystall IX A und B, wo die seitlichen Reflexe einerseits nur als seitliche Verbreiterung der inneren sich bemerkbar machen, andererseits ihnen wenigstens sehr naheliegen, daher sie wegen ihrer gleichzeitig geringeren Präcision in der obigen Zusammenstellung nicht besonders aufgeführt wurden.

4. Diese grosse Annäherung der inneren und seitlichen Reflexe ist auf beiden in der Zone  $a\lambda$  benachbarten Pyramidenflächen zugleich nur dann zu beobachten, wenn der Abstand der inneren Reflexe am betreffenden Krystalle den Grenzwert von  $35^{\circ} 17'$  darstellt.

In dem bisher Gesagten schien bereits ein Hinweis enthalten zu sein, wo der Projectionspunkt der Hauptfläche  $\lambda$  zu suchen sei.

Denn wenn wir von jenen seitlichen Reflexen voraussetzen dürfen, dass sie bei aller sonstigen Variabilität doch ihre Lage innerhalb gewisser von  $\lambda$  ausgehenden Zonen festhalten, so ist es klar, dass die inneren und äusseren Reflexe nirgends anders als im muthmasslichen Durchkreuzungspunkte der Zonen, denen beide angehören, zusammenfallen können, mithin dort, wo sich die Krystallebene  $\lambda$  selbst projicirt.

Eine grössere Beweiskraft für diese Argumentation war allerdings dann zu erwarten, wofern es gelang, die Lage der Reflexe jeder Art auch bezüglich der Ebene  $a$  festzustellen, dieselben mithin auf einen zweiten Fixpunkt in der Zone  $a\lambda$  zu beziehen und die neu gewonnenen Daten mit den früheren zu vergleichen. Es musste sich dann zeigen, ob die zuletzt besprochenen Reflexbilder wirklich symmetrisch zu  $a$  angeordnet sind, wie es der Begriff eines rhombischen Krystalles verlangt, dessen innere Symmetrie durch die Ausbildung der Vicinalflächen wohl möglicherweise verhüllt, niemals aber umgestossen werden kann.

Um zu diesem Ziele zu gelangen, wurden überall da, wo es möglich war, auch die Flächen  $a$  in die Messung der Zone der Pyramidenflächen  $\lambda$  mit einbezogen.

Freilich waren auch in der Nähe von  $a$ , in Folge jenes im ersten Theile der Arbeit ausführlich beschriebenen vicinalen Pyramidenbaues, mitunter mehrere Reflexe zu beobachten; allein einer oder der andere von ihnen lag doch nahezu in der betrachteten Zone (es waren dies namentlich jene vom Charakter  $a^\gamma$  und  $a^{\gamma'}$ ) und dieser Reflex, welcher sich mit der eingestellten Zone der inneren und äusseren Reflexbilder am besten in Uebereinstimmung bringen liess, wurde als Ausgangspunkt genommen.

Eine ausgewählte Reihe diesbezüglicher Messungen möge im Folgenden Platz finden, wobei diejenigen, welche sich auf bereits erwähnte Krystalle beziehen, in der früheren Ordnung vorangestellt werden.

Im Uebrigen ist die Tabelle so eingerichtet, dass links die Winkel zwischen den Reflexen von 142 (Reihe A) und  $\bar{1}42$  (Reihe B) zu den Reflexen auf der benachbarten Fläche  $a$ , rechts die entsprechenden Winkel zwischen den entsprechenden Reflexen auf den Flächen 142 (A),  $\bar{1}42$  (B) und  $a'$  zu finden sind.

Zusammenstellung der zwischen den Reflexbildern der Pyramidenflächen  $\lambda$  und den Reflexbildern der Flächen  $a$  bei Einstellung der Zone  $a\lambda$  gemessenen Winkel.

Nummer des Kry- stalles	Reihe	A. P. $a$	Messungen zu den Flächen 142 und $\bar{1}42$		Messungen zu den Flächen $\bar{1}42$ und 142		Aus- punkt $a'$
I	A	$\gamma$	$71^\circ 50' 30''$	$72^\circ 17' 50''$	$(72^\circ 31' 40'')$	$72^\circ 1'$	$\gamma'^1)$
II	A	"	$71^\circ 50' 30''$	$72^\circ 23' 50''$ $(72^\circ 26' 50'')$	$72^\circ 26' 10''$	$72^\circ 8' 45''$	"
	B	"	$71^\circ 50' 20''$	$72^\circ 12'$	$72^\circ 31'$ $(72^\circ 34')$	$71^\circ 45' 40''$	"
III	A	"	$71^\circ 28' 20''$	$72^\circ 18' 30''$ $(72^\circ 13' 30'')$	$72^\circ 29' 30''$	$71^\circ 57' 30''$	"
	B	"	$71^\circ 41' 30''$	$72^\circ 18'$ $(72^\circ 14')$	$72^\circ 29'$ $(72^\circ 32' 30'')$	$71^\circ 52' 30''$	"
IV	A	"	$71^\circ 34' 25''$	$72^\circ 13' 30''$	$72^\circ 30' 54''$	$71^\circ 52' 30''$	"
	B	"	$71^\circ 43' 10''$	$72^\circ 19' 13''$	$72^\circ 13' 30''$	$71^\circ 36' 20''$	"

1) Gegenfläche von  $\gamma =$  Abkürzung für  $a^\gamma$ .

Nummer des Kry- stalles	Reihe	A. P. $\alpha$	Messungen zu den Flächen 142 und $\bar{1}42$		Messungen zu den Flächen 142 und $\bar{1}42$		Ausg- punkt $\alpha'$
V	A	$\gamma$	71° 43' 30"	72° 10' 20"	72° 36'	72° 2' 40"	$\underline{\gamma'}$
					72° 00' 50"	72° 27' 40"	72° 18' 30"
VI	A	$\gamma$	71° 44'	(72° 16' 20")	(72° 31' 30")	71° 58' 20"	$\underline{\gamma'}$
VII	A	$\gamma'$	72° 7' 50"	(72° 32' 20")	72° 13' 30"	71° 51' 30"	$\underline{\gamma}$
VIII	A	"	72° 5' 10"	72° 29'	72° 14'	71° 43' 30"	"
					(72° 16')	71° 46'	
IX	A	$\gamma$	71° 35' 39"	72° 13' 36"	72° 29' 37"	71° 53'	$\underline{\gamma'}$
			B	"	71° 35' 38"	72° 13' 44"	72° 29' 52"
X	A	"		72° 30' 50"	72° 15' 40"		"
			B	"	71° 43' 10"	72° 30' 10"	72° 14' 30"
XI	A	"	71° 47' 45"			71° 57' 30"	$\underline{\gamma'}$
						71° 38' 30"	$\underline{\gamma}$
	B	"	71° 44' 10"	72° 12'	72° 31' 30"	71° 57' 40"	$\underline{\gamma'}$
					72° 12' 30"	71° 38' 40"	$\underline{\gamma}$
XII	A <sub>1</sub>	"	71° 52' 20"	72° 20' 50"	72° 14' 20"	71° 51' 30"	$\underline{\gamma'}$
						71° 35' 30"	$\underline{\gamma}$
	A <sub>2</sub>	$\gamma'$	72° 7' (vic. Zone)	72° 32' 10"	72° 9'	71° 50' 30"	$\underline{\gamma}$
						71° 29' 30"	
XIII	A	"		72° 29' 10"	72° 13' 50"	72° 1' 20"	"
			$\beta$		71° 37' 10"	73° 5' 50"	72° 55' 20"
XIV	A	$\gamma$	71° 45' 50"		72° 28' 10"	72° 6' 40"	$\underline{\gamma'}$
XVII	A	"	71° 49'			71° 49' 40"	"
XVIII	A	"	71° 57' 40"				
			$\gamma'$	71° 40' 56"			

Auf den ersten Blick zeigt die gegebene Tabelle ziemlich schwankende Werthe, namentlich für den Abstand der äusseren Reflexbilder von den eingestellten Reflexbildern der Flächen  $\alpha$ .

In Betreff der äusseren wie der inneren Reflexe sind die Resultate dabei von solcher Art, dass sie auf eine völlig unsymmetrische Lage beider gegenüber der Symmetrieebene  $\alpha$  der Krystalle hinzuweisen scheinen.

Allein die unter  $\gamma'$  und  $\beta$ ,  $\gamma$  und  $\gamma'$ ,  $\gamma$  und  $\underline{\gamma}$  angeführten zweifachen Einstellungen, welche sich auf zweierlei, bei Fixirung der

<sup>1)</sup> Gegenfläche von  $\gamma'$ .

<sup>2)</sup> Gegenfläche von  $\beta =$  Abkürzung für  $\alpha\beta$ .

Flächen  $a$  im Gesichtsfelde erscheinende Reflexbilder beziehen, erinnern uns daran, dass die Messungsergebnisse jedenfalls zum Theile, möglicherweise aber alle correcturbedürftig sind, wenn sie vom wahren Orte der Fläche  $a$  gelten sollen.

In jenem Falle, wo sich die beiden Zahlenreihen auf zwei gleich weit, aber nach entgegengesetzter Seite aus der Zone der äusseren und inneren Reflexe heraustretende, mithin „gleichartige“ Reflexbilder derselben Fläche  $a$  beziehen, wie z. B.  $\gamma$  und  $\gamma'$  der Krystalle V und XVIII, da liegt der Gedanke wohl nahe, dass der wahre Flächenort von  $a$  zwischen beiden liegen werde und dass daher das arithmetische Mittel beider Zahlenreihen, wofern sie von gleicher Güte, also im mathematischen Sinne von gleichem Gewichte sind, der Wahrheit am nächsten kommen werde.

Dieses gilt ebenso von jener doppelten Einstellung, welche einmal einen Reflex der Fläche  $a$ , das anderemal einen in gleicher Weise und auf derselben Seite der in Rede stehenden Zone auftretenden, mithin „entsprechenden“ Reflex der Gegenfläche  $a'$  desselben Krystalles zum Ausgangspunkte nimmt, wovon  $\gamma$  und  $\gamma'$  von XI ein Beispiel gibt.

Die Correctur, welche die oben angeführten Winkelabstände unter diesen Umständen zu erfahren hätten, würde der halben Differenz beider Zahlenreihen entsprechen, mithin  $\frac{17' 20''}{2} = 8' 40''$  für den Krystall V,  $\frac{16' 50''}{2} = 8' 25''$  für den Krystall XVIII,  $\frac{19'}{2} = 9' 30''$  für den Krystall XI betragen müssen.

Anders verhält es sich natürlich mit Messungen, welche sich auf zwei ungleichartige oder auf zwei einander nicht entsprechende Reflexe beziehen, wie z. B.  $\beta$  und  $\gamma'$  des Krystalles XIII. Hier ist, wie man sieht, der Differenzwinkel beider Reihen ein bedeutend grösserer, nämlich  $52'$ .

Es wird sich später erweisen, dass in den erst angeführten Fällen die im ersten Theile der Arbeit mit  $a''$  und  $a'''$  bezeichneten Vicinalflächen, im letzteren aber auch Flächen vom Charakter  $a^\beta$  ins Spiel kommen.

Die Correctionswinkel werden nach dem Gesagten bei jedem Krystalle ihren besonderen Werth besitzen. Für jetzt will ich aber

darauf nicht weiter eingehen, indem ich nur noch vorgreifend erwähne, dass sich dieser Winkel im Allgemeinen in den engen, durch obige Beispiele illustrierten Grenzen bewegt, und will die Correctur hier vornehmen, die Rechtfertigung derselben bei Beschreibung der einzelnen Krystalle, welche durchwegs höchst interessante Verhältnisse darbieten, in einem späteren Capitel nachtragen.

Hier folgen zunächst die corrigirten Werthe der früheren Tabelle.

Zusammenstellung der aus den Messungen abgeleiteten Winkelabstände der auf den Pyramidenflächen  $\lambda$  erscheinenden Reflexbilder bezüglich des wahren Ortes der Flächen  $a$  und  $a'$ .

Nummer des Krystalles	Reihe	Reflexbilder auf 142 und $\bar{1}42$ ; Abstand von $a$		Reflexbilder auf $\bar{1}42$ und $\bar{1}42$ ; Abstand von $a'$	
		I	A	71° 58' 40"	72° 26'
II	A	71° 59' 30"	72° 32' 50" (72° 35' 50")	(72° 17' 10")	71° 59' 45"
	B	71° 59' 20"	72° 21'	72° 22' (72° 25')	71° 36' 48"
III	A	71° 36' 20"	72° 26' 20" (72° 21' 30")	72° 21' 30"	71° 49' 30"
	B	71° 49' 30"	72° 26' (72° 22')	72° 21' (72° 24' 30")	71° 44' 30"
IV	A	71° 42' 25"	72° 21' 30"	(72° 22' 54")	71° 44' 30"
	B	71° 51' 10"	72° 27' 13"	72° 21' 30"	71° 44' 20"
V	A	71° 52' 10" beob. Mittel	(72° 18' 55")	72° 27' 45"	71° 54' 20"
		71° 52' 30" corr. Werth	72° 19' 20"	72° 27'	71° 53' 40"
VI	A	71° 52' 20"	(72° 24' 40")	(72° 23' 40")	71° 50'
VII	A	71° 59' 20"	(72° 24' 20")	72° 21' 30"	71° 59' 30"
VIII	A	71° 57' 10"	72° 21'	72° 22' (72° 24')	71° 51' 30" (71° 54')
IX	A	71° 43' 39"	72° 21' 36"	72° 21' 37"	71° 45'
	B	71° 43' 38"	72° 21' 44"	72° 21' 52"	71° 44' 48"

Nummer des Kry- stalles	Reihe	Reflexbilder auf 142 und 142; Abstand von $a$		Reflexbilder auf 142 und 142; Abstand von $a'$	
		X	A		72° 22' 40''
	B	71° 35'	72° 22'	72° 21' 40''	71° 48'
XI	A	71° 57' 15''			71° 48'
	B	71° 53' 40''	72° 21' 30''	72° 22'	71° 48' 10''
XII	A	71° 59' 30''	72° 28'	72° 21' 30''	71° 58' 40'' 71° 42' 40''
1. Querschn.					
2. Querschn.		71° 59' 50'' vic. Zone	(72° 25')	(72° 16')	(71° 58') (71° 37')
XIII	A		72° 21' 30''	72° 21' 40''	72° 9' 40''
XIV	A	71° 52' 50''		72° 21' 10''	71° 59' 40''
XVII	A	71° 42'			71° 42' 40''
XVIII	A	71° 49' 30'' 71° 49' 18''	beob. Mittel berechn. Mitt.		

Das Erste, was bei der corrigirten Tabelle in die Augen fällt, ist die grosse Annäherung an eine symmetrische oder doch nahezu symmetrische Lage, welche sich nunmehr in den meisten Fällen, wenigstens bezüglich der inneren Reflexe, geltend macht, ausnahmslos bei jenen, deren Abstand 35° 17' beträgt.

Wenn wir diese Erfahrung auf jene Krystalle ausdehnen, wo die Flächen  $a$  keine messbaren Reflexe gaben, vielmehr nur als ganz schmale Abstumpfungen verticaler Prismenkanten auftraten, also z. B. auf die Krystalle XV und XVI der ersten Tabelle, dann hätten wir den obigen noch folgende Zahlenreihen beizufügen:

XV	A	(72° 18' 30'')	72° 21' 30''	72° 21' 30''
XVI	A		72° 21' 30''	72° 21' 30''
	B		72° 21' 30''	72° 21' 30''

Das Zweite, was in der letzten Tabelle bemerkenswerth erscheint, und was sich schon in der früheren Tabelle der gemessenen Winkel ausgesprochen findet, das ist nicht so sehr der gleich anfangs erwiesene Umstand, dass ähnliche Winkelabstände an verschiedenen Individuen wiederkehren, als vielmehr die That- sache, dass solche Werthe von gleicher Grösse auch beim Vergleiche zwischen den gerechneten, corrigirten und den direct gemessenen, direct beobachteten zu finden sind, wie nachfolgende

Zusammenstellung am besten erweisen wird, welche diese Werthe in aufsteigender Reihe und solcher Anordnung enthält, dass den links befindlichen gemessenen, rechts die aus der Messungsreihe durch Correctur an anderen Krystallen erhaltenen Zahlen von gleicher oder beiläufig gleicher Grösse gegenüberstehen, während die vorgesetzte römische Ziffer auf den betreffenden Krystall verweist, dem der angeführte Werth zugehört.

Gegenüberstellung der zwischen den Reflexbildern auf  $a$  und  $\lambda$  direct gemessenen und der aus diesen Messungen abgeleiteten Winkelabstände der Reflexe auf  $\lambda$  zu  $a$  und  $a'$  in aufsteigender Grösse.

Nr.	Beob. Winkel (gem. Werthe)	Nr.	Abgel. Winkel (corr. Werthe)	Nr.	Beob. Winkel (gem. Werthe)	Nr.	Abgel. Winkel (corr. Werthe)
III	$\gamma$ 71° 28' 20"			I	$\gamma$ 71° 50' 30"	XVIII	71° 49' 18"
XII	$\gamma'$ 71° 29' 30"			XII	$\gamma'$ 71° 50' 30"	XVIII	71° 49' 30"
IV	$\gamma$ 71° 34' 25"			XII	$\gamma$ 71° 51' 30"	VII	71° 49' 30"
XII	$\gamma'$ 71° 35' 30"			VII	" 71° 51' 30"	VI	71° 50'
IX	$\gamma$ 71° 35' 38"					IV	71° 51' 10"
IX	" 71° 35' 39"	X	71° 35'			VIII	71° 51' 30"
IV	$\gamma'$ 71° 36' 20"	III	71° 36' 20"	XII	$\gamma$ 71° 52' 20"	V	71° 52' 10"
XIII	$\beta$ 71° 37' 10"	II	71° 36' 45"	III	$\gamma'$ 71° 52' 30"	VI	71° 52' 20"
XI	$\gamma$ 71° 38' 30"	XII	(71° 37')	IV	" 71° 52' 30"	V	71° 52' 30"
XI	" 71° 38' 40"			IX	" 71° 52' 48"	XIV	71° 52' 50"
X	" 71° 39' 50"			IX	" 71° 53'	I	71° 52' 50"
XVIII	$\gamma'$ 71° 40' 55"	XVII	71° 42'			XI	71° 53' 40"
III	$\gamma$ 71° 41' 30"	IV	71° 42' 25"			V	71° 53' 40"
X	" 71° 43' 10"	XII	71° 42' 40"			VIII	(71° 54')
IV	" 71° 43' 10"	XVII	71° 42' 40"			V	71° 54' 20"
VIII	$\gamma$ 71° 43' 30"	IX	71° 43' 38"	III	" 71° 57' 30"	VIII	71° 57'
V	$\gamma$ 71° 43' 30"	IX	71° 43' 39"	XI	" 71° 57' 30"	XI	71° 57' 15"
XI	" 71° 44' 10"	IV	71° 44' 20"	XI	" 71° 57' 40"	XII	(71° 58')
VI	" 71° 44'	IV	71° 44' 30"	XVIII	$\gamma$ 71° 57' 40"	XII	71° 58' 40"
II	$\gamma'$ 71° 45' 40"	VII	71° 44' 30"	VI	$\gamma'$ 71° 58' 20"	I	71° 58' 40"
XIV	$\gamma$ 71° 45' 50"	III	71° 44' 30"			VII	71° 59' 20"
VIII	$\gamma$ 71° 46'	IX	71° 44' 48"			VII	71° 59' 30"
V	" 71° 46'	IX	71° 45'			II	71° 59' 20"
XI	$\gamma$ 71° 47' 45"	X	71° 48'			II	71° 59' 30"
XVII	" 71° 49'	XI	71° 48'			II	71° 59' 45"
XVII	$\gamma'$ 71° 49' 40"	XI	71° 46' 10"			XII	71° 59' 30"
II	$\gamma$ 71° 50' 20"	III	71° 49' 30"			XIV	71° 59' 40"
II	" 71° 50' 30"	III	71° 49' 30"			XII	71° 59' 50"

Nr.	Beob. Winkel (gem. Werthe)	Nr.	Abgel. Winkel (corr. Werthe)	Nr.	Beob. Winkel (gem. Werthe)	Nr.	Abgel. Winkel (corr. Werthe)
V	$\gamma'$ 72° 00' 50"					X	72° 21' 50"
I	$\gamma'$ 72° 1'					IX, IX	72° 21' 36"
XIII	$\gamma'$ 72° 1' 20"					IX	72° 21' 44"
V	$\gamma'$ 72° 2' 40"					IX	72° 21' 52"
VIII	" 72° 5' 10"					II, X	72° 22'
XIV	$\gamma'$ 72° 6' 40"					XI, VIII	72° 22'
XII	$\gamma'$ 72° 7'					III	(72° 21' 30")
VII	$\gamma'$ 72° 7' 50"					X	72° 22' 40"
II	$\gamma'$ 72° 8' 45"					IV	(72° 22' 54")
XII	" 72° 9'	XIII	72° 9' 40"			III	(72° 22')
V	$\gamma'$ 72° 16' 20"					VI	(72° 23' 40')
II	" 72° 12'					I	(72° 23' 30')
XI	" 72° 12'					VI	(72° 24' 40')
XI	$\gamma'$ 72° 12' 30"					VIII	(72° 24')
IV	$\gamma'$ 72° 13' 30"					VII	(72° 24' 20')
IV	" 72° 13' 30"					III	(72° 24' 30')
VII	$\gamma'$ 72° 13' 30"			II	$\gamma$ 72° 23' 50"	XII	(72° 25')
IX	$\gamma'$ 72° 13' 36"			I	$\gamma'$ 72° 26' 10"	II	(72° 25')
IX	" 72° 13' 44"			II	" (72° 26' 50")	I	72° 26'
XIII	$\gamma'$ 72° 13' 50"			V	$\gamma'$ 72° 27' 40"	III	72° 26'
III	$\gamma'$ (72° 14')			XIV	$\gamma'$ 72° 28' 10"	IV	72° 27' 13"
VIII	$\gamma'$ 72° 14'			III	" 72° 28' 20'	V	72° 27' 45"
XII	$\gamma'$ 72° 14' 20"			III	$\gamma'$ 72° 29'	XII	72° 28'
III	$\gamma'$ (72° 14' 30")			XIII	$\gamma'$ 72° 29' 10"	II	72° 32' 50"
X	$\gamma'$ 72° 14' 30"			III	$\gamma'$ 72° 29' 30"	II	(72° 35' 50")
X	" 72° 15' 40"			IX	" 72° 29' 37"		
VIII	" 72° 16'	XII	(72° 16')	IX	" 72° 29' 52'		
VI	$\gamma'$ 72° 16' 20"	II	(72° 17' 10")	X	$\gamma'$ 72° 30' 50"		
I	" 72° 17' 50"	XV	(72° 18' 30")	IV	$\gamma'$ 72° 30' 54"		
III	" 72° 18'	V	(72° 18' 55')	X	$\gamma'$ 72° 30' 10"		
V	$\gamma'$ 72° 18' 30'	V	(72° 19' 20")	XI	$\gamma'$ 72° 31' 30"		
III	$\gamma'$ 72° 18' 30"			II	" 72° 31'		
IV	" 72° 19' 13"			I	" (72° 31' 40")		
XII	" 72° 20' 50"	III	72° 21'	VI	" (72° 31' 30")		
		II	72° 21'	XII	$\gamma'$ 72° 32' 10"		
		XIV	72° 21' 10"	VII	" (72° 32' 30")		
		VIII	72° 21'	III	$\gamma'$ 72° 32' 30"		
		XIII	72° 21' 20"	II	" (72° 34')		
				V	" 72' 36'		
	XII, IV, IV, III, VII			IX, IX	$\gamma$ 72° 35' 38"		
	I, XV, XV, XI		72° 21' 30"	XIII	$\beta'$ 72° 55' 20"		
	XVI, XVI, XVI, XVI			XIII	$\beta'$ 73° 5' 50"		
	X, XIII		72° 21' 40"				

Bevor wir an die Erörterung der Frage herantreten, bis zu welchem Grade die vorstehenden Tabellen uns die Möglichkeit bieten, den wahren Flächenort von  $\lambda$  zu bestimmen, möchte ich noch kurz die Aufmerksamkeit auf ihre bemerkenswerthesten Eigen thümlichkeiten lenken.

Die beobachteten Werthe bilden, wie aus der letzten Tabelle ersichtlich, eine von  $71^{\circ} 28' 20''$  bis  $72^{\circ} 36'$  reichende Reihe, wofern wir von den ganz ausnahmsweisen Werthen  $72^{\circ} 55' 20''$  und  $73^{\circ} 5' 50''$  absehen, die mit den übrigen nicht ohne weiteres zu vergleichen sind, weil sie sich auf Messungen beziehen, die von einer ganz anderen Art Flächenbildung auf  $\alpha$  ausgehen, wie die anderen.

Diese Reihe erscheint geschlossen bis auf drei Lücken, welche je drei Minuten betragen, zeigt aber stellenweise eine grössere Häufung nahezu gleicher Werthe, wie z. B. bei  $72^{\circ} 50' 30''$ .

Die corrigirte Seite der Tabelle weist eigentlich nur bezüglich der unteren Grenze (mit  $71^{\circ} 35'$ ) eine grössere Einschränkung auf, wiewohl andererseits jene Ausnahmswerthe ( $73^{\circ} 5' 50''$  etc.) an der oberen Grenze der Beobachtungen jetzt eliminirt erscheinen.

Diese Reihe der abgeleiteten Werthe berührt einerseits die Reihe der beobachteten Werthe in vielen Punkten, andererseits schiebt sie sich in die Lücken der vorigen ein. Sie ist schon mehr discontinuirlich wie diese durch stärkere Häufung der Werthe an bestimmten Punkten und durch die grosse Lücke, welche hier zwischen  $71^{\circ} 59' 50''$  und ( $72^{\circ} 16'$ ), respective  $72^{\circ} 21'$  besteht, wofern wir den Einzelwerth  $72^{\circ} 9' 40''$  ausser Acht lassen.

Es entspricht diese Unterbrechung aber, wie der Vergleich der Tabellen pag. 316 und 319 lehrt, im Ganzen zugleich der verschiedenen Vertheilung der Flächenpositionen der äusseren und inneren Reflexe, welche auf diese Weise scharf von einander abgehoben erscheinen.

Wenn wir die Tabelle pag. 321 nach diesem Gesichtspunkte weiter beurtheilen, so zeigt es sich zunächst, dass eine gleiche Trennung in der Reihe der Beobachtungen noch nicht zu bemerken war.

Hier reichen die äusseren Reflexe von  $71^{\circ} 29'$  oder vielmehr ziemlich continuirlich erst von  $71^{\circ} 34' 25''$  angefangen bis  $72^{\circ} 50''$ , und dann in vereinzelt Werthen bis  $72^{\circ} 8' 45''$ .

Mit diesem Werthe beginnen aber die Projectionen der inneren und seitlichen Reflexe (zusammengenommen) und setzen die Reihe bis zu der oberen Grenze fort. Die Lücke zwischen  $72^{\circ} 21'$  und  $72^{\circ} 26'$  ist hier nicht grösser, wie im Gebiete der äusseren Reflexe hinter  $72^{\circ} 29' 30''$  und  $71^{\circ} 53'$ .

Auf der corrigirten Seite derselben Tabelle ist gerade im Gebiete der äusseren Reflexe das Hervortreten gewisser Gruppen, am deutlichsten zu erkennen, die bei  $72^{\circ} 36'$ ,  $71^{\circ} 43'$ ,  $71^{\circ} 49' 30''$ ,  $71^{\circ} 52' 30''$  und  $71^{\circ} 59' 30''$  ihren Mittelpunkt haben.

Es wird sich zeigen, dass dieselben ebensovielen Vicinalflächen gleicher Parameterdifferenz angehören, welcher Ausdruck in einem späteren Capitel seine Erklärung finden soll.

Im Gebiete der inneren Reflexe ist jetzt eine entschiedene Vereinfachung der Zahlenreihe zu bemerken, da sich ihre Positionen auf einem viel geringeren Raume zwischen  $72^{\circ} 21'$ , oder wenn wir die seitlichen einbeziehen, zwischen ( $72^{\circ} 16'$ ) und  $72^{\circ} 36'$  bewegen und überdies der Winkel  $72^{\circ} 21' 30''$  und diesem nahestehende Werthe nun mit einer höchst auffallenden Constanz sich wiederholen.

Höchst bemerkenswerth ist endlich noch die bereits oben berührte Eigenthümlichkeit, die sich im Gebiete der äusseren Reflexe geltend macht, dass unter den Beobachtungen selbst vielfach gleiche über einander stehen, sowohl solcher Messungen, die von gleichartigen, auf  $a$  und  $a'$  entsprechend gelegenen Flächenbildungen wie  $\gamma$  und  $\gamma$ , als solcher, die von gleichartigen, aber entgegengesetzt gelegenen Flächenelementen wie  $\gamma$  auf  $a$  und deren Gegenfläche  $\gamma'$  auf  $a'$ , und schliesslich sogar solcher, die von ungleichartigen Flächenbildungen ausgingen, wie  $\gamma$  und  $\beta$ , und dass in allen diesen Fällen gewissen Werthen der beobachteten Winkel gleiche Werthe der corrigirten Reihe vielfach gegenüberstehen.

Der erste Fall, wofür X  $\gamma$ , VIII  $\underline{\gamma}$  und IX (corrigirt) mit  $71^{\circ} 43' 30''$  als Beispiel dienen mögen, verweist, insoferne er sich öfters wiederholt, auf eine gewisse Constanz und symmetrische Anlage von Vicinalflächen sowohl auf  $a$  als auf  $\lambda$ .

Im zweiten Falle, welcher durch XII  $\gamma$ , III  $\underline{\gamma}'$  und V mit  $71^{\circ} 52' 30''$  illustriert wird, ist eine Andeutung enthalten, dass auf der Querfläche und der benachbarten Pyramidenfläche gegenüber der Gegenseite innerhalb der Zone  $a \lambda$  gleiche Winkelverschiebungen stattgefunden haben.

Der dritte Fall endlich, wovon IV  $\gamma'$ , III  $\beta$  und XII mit  $72^\circ 37'$  ein auffallendes Beispiel gibt, sowie die eigenthümliche häufige Gleichheit beobachteter und gerechneter Werthe, also der Umstand, dass Vicinalflächen von  $\lambda$  vorliegen, deren Abstand vom wahren Flächenorte  $a$  ebenso gross ist, wie der Abstand anderer Vicinalflächen auf  $\lambda$  von Vicinalflächen auf  $a$ , scheint eine gewisse Abhängigkeit der vicinalen Bildungen auf  $a$  und des Vicinalflächenbaues auf  $\lambda$ , einen gewissen Zusammenhang beider unzweifelhaft erkennen zu lassen, was sich, wie nochmals besonders betont zu werden verdient, im Gebiete der inneren Reflexe nicht in gleicher Weise geltend macht, indem hier die häufigsten unter den corrigirten Werthen sich gerade in die Lücke der beobachteten Reihe einschoben.

Es soll nun versucht werden, mit Hilfe des bisherigen Beobachtungsmateriales den Winkel  $a\lambda$  endgiltig festzustellen, und zu diesem Behufe auch die Messungen zwischen den Pyramidenflächen  $\lambda$  selbst (pag. 313) nochmals in den Kreis der Betrachtungen gezogen werden, indem wir uns zunächst ganz auf den Standpunkt von Hintze stellen wollen, der ja in der That den Winkel zwischen  $a$  und  $\lambda$  gar nicht gemessen hat.

Hintze stellt l. c. die Behauptung auf, dass dem Schweizer Danburit zweifellos das gleiche Axenverhältnis zukomme wie dem amerikanischen Vorkommen (welcher Meinung ich selbst mich auch anschliesse), und seine Untersuchungen beschränkten sich eigentlich nur auf den Nachweis, dass man am Schweizer Danburit ähnliche Winkel beobachte, wie sie aus dem Dana'schen Axenverhältnis folgen.

Er gibt unter anderem an, dass er den Winkel  $142 : \bar{1}42$  an mehreren Krystallen übereinstimmend mit  $35^\circ 18'$  gemessen habe, und dass auch das Mittel der Messungen an zwölf Krystallen den gleichen Werth geliefert habe, aus welchem er den Winkel  $a\lambda$  gleich  $90^\circ - (35^\circ 18' : 2)$ , also gleich  $72^\circ 21'$  ableitet, völlig übereinstimmend mit dem von Dana abgeleiteten Werthe.

Wenn wir seinem Beispiele folgen wollten, so müssten wir zunächst in der Tabelle der beobachteten Winkelabstände der Reflexbilder auf  $142$  und  $\bar{1}42$  etc. einfach das arithmetische Mittel suchen, da ohne nähere Kenntnis des Flächenbaues des Danburites wohl vorauszusetzen wäre, dass der wahre Flächenort von  $\lambda$  mitten

darin liegen werde zwischen den unterschiedlichen Flächenbildungen auf  $\lambda$ , oder dass doch wenigstens der Fehler geringer ist, den wir begehen mit Annahme eines Mittelwerthes als mit Annahme eines der Grenzwerte.

Es wird sich erweisen, inwieferne diese Argumentation hier am Platze wäre. Wenn ich für jetzt aus der gesammten Reihe der diesbezüglich in der Tabelle aufgeführten Beobachtungen wirklich das Mittel nehmen wollte, so würde sich dasselbe zu  $35^{\circ} 45' 24''$  ergeben, also sehr weit vom Dana'schen Winkel entfernen.

Da nun aber schon die constante Streifung, welche parallel der Kante  $\lambda r$  auf  $\lambda$  so deutlich hervortritt, auf die Existenz zweier schwach gegen einander geneigter Flächenlagen in Zone  $a \lambda$  hinweist und veranlasst, innere und äussere Winkel zu unterscheiden, so wird man, wofern man dem Dana'schen Winkel die grössere Gewissheit zuschreibt, geneigt sein, den wahren Ort von  $\lambda$  im Gebiete der inneren Reflexe zu suchen, da nämlich der innere Winkel sich dem Werthe  $35^{\circ} 18'$  weit mehr nähert.

Dieser Werth selbst wurde von mir zwischen Reflexen der Zone  $a \lambda$  zwar gar nicht gefunden, da diese, wie erwähnt, schon in  $35^{\circ} 17'$  ihren Grenzwert besitzen, wohl aber im Gebiete der seitlichen Reflexe und zwischen inneren und seitlichen Reflexen diesem nahestehende, bald grössere, bald kleinere Werthe.

Sucht man aus diesem Anlasse den Mittelpunkt der inneren und seitlichen Reflexe — und Hintze wird wohl ebenso verfahren sein, da nicht anzunehmen sein dürfte, dass ihm nicht auch ähnliche Winkel vorgekommen sein sollten, wie sie zwischen äusseren und inneren Reflexen stattfinden — so ergibt auch dieses noch einen um mehrere Minuten abweichenden Werth, nämlich  $35^{\circ} 15' 25''$ , so dass man zur Ueberzeugung gelangen muss, dass auf diesem Wege, durch einfaches Aufsuchen des Mittelwerthes der Beobachtungen, eine endgiltige Entscheidung nicht möglich ist.

Es sei nun gestattet, einen Schritt weiter zu gehen und die Messungen zu den Reflexbildern auf  $a$  in Berücksichtigung zu ziehen.

Da möge aber einstweilen von der corrigirten Reihe ganz abgesehen werden, als ob uns über den Flächenbau auf  $a$  nichts bekannt wäre. In der That, wie es viele Krystalle gab, auf denen  $a$  gar nicht messbar ausgebildet war, so gab es deren noch mehr, wo  $a$  nur je einen Reflex lieferte, und es waren nur sehr wenige,

und zwar namentlich solche, an denen  $a$  gross entwickelt erschien, welche das Studium des Flächenbaues von  $a$  ermöglichten; ich muss es als einen günstigen Zufall bezeichnen, dass mir selbst solche zu Gebote standen.

Ohne weitere Anhaltspunkte würde man auch bei dieser Reihe, weil sie lauter Beobachtungen umfasst, die in Bezug auf Güte und Verlässlichkeit einander gleichkommen, weil sie also Zahlen umfasst, die im mathematischen Sinne einander gleichwerthig sind (gleiches Gewicht besitzen), nicht umhin können, das arithmetische Mittel zu nehmen.

Dieses würde lauten:  $72^{\circ} 6' 43''$ , also von  $72^{\circ} 21'$  sich sehr weit entfernen. Wenn man auch hier, geleitet von ähnlichen Principien wie vorhin, äussere und innere Reflexe gesondert betrachtet, so würde sich die mittlere Position der äusseren Reflexe zu  $71^{\circ} 50' 3''$ , diejenige der inneren zu  $72^{\circ} 22' 12''$  berechnen. Diese Einstellungen sind aber, wie wir bereits wissen, mit ganz entschiedenen Fehlern behaftet, da sie ja nicht zur Fläche  $a$  selbst, sondern zu Vicinalflächen derselben von schwankender Lage hinführen.

Begibt man sich nun in die Reihe der corrigirten Werthe und sucht gleichfalls das arithmetische Mittel, so erscheint der Mittelwerth sämmtlicher Positionen durch  $72^{\circ} 6' 14''$ , derjenige der äusseren Reflexe durch  $71^{\circ} 49' 40''$ , dagegen bezüglich der inneren Reflexe durch  $72^{\circ} 23' 10''$  gegeben.

Hier tritt ein Umstand sehr auffallend hervor, dass nämlich die Durchschnittswerthe der beobachteten und corrigirten Reihe nahezu vollständig zusammenfallen.

Dieses kann doch nur die Bedeutung haben, dass bei den Einstellungen ungefähr ebensoviele gleiche Fehler im positiven, als im negativen Sinne begangen wurden, mit anderen Worten, es scheint, dass es durch Vervielfältigung der Beobachtungen gelingen würde, den Fehler, welcher hinsichtlich der Einstellung des wahren Ortes von  $a$  begangen wird, ohne besondere Correctur zu eliminiren.

Wir werden später erkennen, dass eine gleiche Eliminirung der Einstellungsfehler bezüglich des wahren Ortes  $\lambda$  durch Vervielfältigung der Beobachtung nicht möglich ist und dass dieses verschiedene Verhalten seine Erklärung findet in dem verschiedenen Symmetriegrade beider Flächen, in Folge dessen auch die Anlage

ihrer Vicinalflächen eine ganz andere ist. Andererseits ist dadurch, dass die corrigirte Tabelle zu Grunde gelegt wurde, eine grössere Annäherung an den Dana'schen Winkel auch nicht erzielt worden.

Die Anwendung der rein mathematischen Methode der Wahrscheinlichkeitsrechnung lässt hier im Stich, sie muss mit der Betrachtung der individuellen Eigenthümlichkeiten der vorliegenden Krystalle combinirt werden.

Beim Anblicke der Reihe der corrigirten Werthe werden wir unwillkürlich dahin geführt, dem so häufig wiederkehrenden Werthe  $72^{\circ} 21' 30''$ , welcher thatsächlich in der Hälfte der hier angeführten Fälle, mithin an jedem Krystalle nachgewiesen wurde, an welchem überhaupt Reflexbilder von der geforderten Güte im Bereiche der inneren Reflexe vorkommen, eine besondere Bedeutung zuzuschreiben, in ihm vielleicht den wahren Winkel  $\alpha\lambda$  zu erblicken.

Die Häufigkeit dieses Winkels lässt sich aber offenbar nur unter folgender Motivirung zu Gunsten dieser Ansicht anführen.

Unter der Voraussetzung, dass die Fläche  $\lambda$  hier wirklich als solche auftritt, wird sie in Mitte der Vicinalflächen von mehr weniger variabler Lage die einzige sein, der eine constante Lage zukommt, wenn sich nicht etwa Störungen, wie Temperatureinflüsse, geltend machen.

Wenn aber auch im Gebiete der Vicinalflächen — und zu diesen scheinen diejenigen, welche äussere Reflexe liefern, ausnahmslos zu gehören — bestimmte Winkel, wie  $71^{\circ} 59' 30''$ , recht häufig sich wiederholen, so wäre dies als Sache des Zufalls zu betrachten, während die Gleichheit des Winkels  $\alpha\lambda$  mit Nothwendigkeit jedesmal eintreten muss, so oft  $\lambda$  vorliegt; weshalb der häufigste Werth auf die Position der Fläche  $\lambda$  selbst zu beziehen sei.

Allein dagegen ist zweierlei einzuwenden; einerseits dass die Vicinalflächen des Danburites sich, abgesehen davon, dass sie bestimmte Zonen einhalten, auch noch bezüglich ihrer Lage innerhalb derselben als keineswegs gesetzlose Bildungen erweisen werden, und andererseits dass das Vorhandensein der wahren Fläche  $\lambda$  von vorneherein keineswegs feststeht.

Es wird sich umgekehrt zeigen, dass beispielsweise kein einziger Fall vorkam, wo das Vorhandensein von  $a$  und  $b$  direct

erkennbar war, während im Gegentheile in vielen Fällen deren Nichtvorhandensein mit Sicherheit sich nachweisen liess. So könnte es auch hier mit  $\lambda$  sein und der Werth  $72^\circ 21' 30''$  danach nur die am häufigsten wiederkehrende Vicinalfläche darstellen.

Wir müssen daher zur Bestätigung unserer ersten Vermuthung zusehen, ob wir nicht noch auf anderen Wegen zu dem gleichen Werthe gelangen, ohne dabei die Existenz der wahren Fläche  $\lambda$  schon vorauszusetzen, die ja eigentlich erst aus unseren Untersuchungen hervorgehen soll.

Dieses ist nur auf die Weise möglich, dass wir, wie oben, die seitlichen Reflexbilder zum Vergleiche heranziehen.

Dieses kann jetzt aber bereits in bestimmterer Weise geschehen.

Es bestätigt sich zunächst, was bereits früher, ohne Kenntnis der Messungen zu  $a$  abgeleitet wurde, dass die Projectionenpunkte der seitlichen Reflexe bezüglich  $a\lambda$  theils vor, theils hinter, immer aber nahe dem Grenzpunkte der inneren Reflexe erscheinen.

Die seitlichen Reflexe sind, wie ebenfalls schon erwähnt wurde, von zweierlei Art: solche, deren Projection bei grösserer seitlicher Entfernung aus der Zone  $a\lambda$  auch eine grössere Entfernung von  $72^\circ 21' 30''$  aufweist, und solche, deren Projectionspunkt bei beliebiger Entfernung aus der Zone nahezu unverändert derselbe bleibt, woraus folgt, dass letztere einer zu  $a\lambda$  senkrechten Zone angehören, und zwar ist dies die Zone, die einerseits zum Prisma 180, andererseits über 104 nach  $t' = 021$  hinführt, welche letztere Fläche nahezu mit dem Flächenpole der Zone  $a\lambda$  zusammenfällt, indem der Winkel  $tt' = 87^\circ 40'$  beträgt.

Die Fläche 104 stumpft nun das Eck, welches von den Durchschnittskanten der Flächen  $142$ ,  $142$  und  $142$  gebildet wird, so ab, dass ihre Trace auf  $142$  gegen die Durchschnittskanten von  $142$  und  $142$  mit derselben Fläche  $142$ , welche Kanten bei einer an unseren Danburitkrystallen häufigen Art der Verzerrung in der Spitze des Krystalles zusammentreten, gleichmässig geneigt ist.

Die Durchschnittskanten von  $142$  mit  $142$  einerseits,  $142$  mit  $142$  andererseits repräsentiren die Zonen für die erste Art seitlicher Reflexe, die auf  $\lambda$  auftreten.]

Diese gehören nach dem Gesagten den zu  $a\lambda$  nahezu gleich gelegenen Zonen  $\lambda b$  und  $\lambda c$  an.

Dass diese Zonen zur Richtung der Streifung auf  $\lambda$ , zur Kante  $\lambda r$  also nahezu symmetrisch liegen, geht schon aus dem Anblicke so verzerter Krystalle hervor, andererseits müssen irgendwelche Werthe vorläufiger Messungen der Pyramidenflächen  $\lambda$  genügen, um ihre Lage wenigstens bis auf einen Grad genau festzustellen, was für den vorliegenden Fall ausreicht.

Aus meinem später mitzutheilenden Axenverhältnis berechnet sich der Winkel der Zonen  $a\lambda$  und  $\lambda b$  zu  $73^\circ 46' 20''$ , derjenige der Zonen  $a\lambda$  und  $\lambda c$  mit  $72^\circ 29' 8''$ , also ziemlich gleich gross.

Aus der Lage dieser Zonen geht zweierlei hervor.

Aus ihrer Steilheit erklärt sich zunächst das geringe Schwanken der Flächenprojectionen der ihnen angehörenden seitlichen Reflexe auch bei ziemlicher Variabilität im Abstände seitlich von der Zone  $a\lambda$ , da sich die seitlichen Abstände ungefähr auf ein Drittel ihres Werthes in der Projection reduciren. Wenn also die Lage ausserhalb der Zone nur wenige Minuten beträgt, wie dies meist der Fall war, so wird ihre Projection auf  $\lambda$  dem wahren Orte von  $\lambda$  sich ausserordentlich nähern.

Aus der Symmetrie dieser Zonen ergibt sich aber noch ein weiteres Hilfsmittel, wofern nämlich Reflexbilder bezüglich ihrer Positionen mit einander verglichen werden, die aus der Zone von  $a\lambda$  sich zwar etwas weiter entfernen, aber in gleicher Höhe über derselben erscheinen.

Solche Reflexbilder von gleichem seitlichen Abstände werden nämlich innerhalb der Zone  $a\lambda$  entweder gleiche Projectionspunkte besitzen müssen, insoferne sie auf den benachbarten Flächen 142 und 142 z. B. beide der Zone  $\lambda c$ , oder beide der Zone  $\lambda b$  angehören, oder ihre Flächenpositionen werden, falls sie beiden Zonen angehören, sich von der Position der Fläche  $\lambda$  nach beiden Seiten hin gleich viel entfernen.

Wenn man unter diesem Gesichtspunkte die Messungen solcher seitlichen Reflexe prüft, so zeigt es sich, dass das arithmetische Mittel ihrer Flächenpositionen in der That einen constanten Werth ergibt, welcher, je genauer und verlässlicher die Einstellungen waren, sich desto mehr dem Winkel  $72^\circ 21' 30''$  nähert.

Dieser Werth war es aber auch, welcher die Projectionen derjenigen Reflexe auszeichnete, die muthmasslich der zu  $a\lambda$  senkrechten Zone angehörten.

Und so erscheint der genannte Winkel aus allen den angeführten Gründen einen zweiten Fixpunkt in der Zone  $a\lambda$  anzugeben, jenen nämlich, welcher mit dem wahren Flächenorte von  $\lambda$  zu identificiren ist.

Da aber Reflexbilder auftreten, die innerhalb der Zone  $a\lambda$  in dieser Entfernung von  $a$  erscheinen, so ist es jetzt umgekehrt erlaubt, darauf zu schliessen, dass an gewissen, ja an den meisten Krystallen in der That die Fläche  $\lambda$  als solche vorhanden sei.

### B. Messungen in der Zone $b\lambda$ zur Bestimmung des Winkels (010) (142), respective (142) ( $\bar{1}\bar{4}2$ ).

Zu diesem Behufe wurden in derselben Weise, wie sie eben beschrieben worden, eine Anzahl sorgfältiger Messungen in der Zone der dem Doma  $d$  benachbarten Pyramidenflächen  $\lambda$  ausgeführt, welche sich aber, da die Messung der Längsfläche  $b$  zur benachbarten Fläche  $\lambda$  wegen der Beschaffenheit der ersteren auf zu grosse Schwierigkeiten stiess, zumeist auf die beiden Pyramidenflächen selbst beschränkten.

Die Resultate waren den vorigen ganz ähnlich, insoferne auch hier nach möglichster Eliminirung der Beobachtungsfehler eine Reihe von „mathematisch“ gleich berechtigten Werthen sich ergaben, unter denen der nach den individuellen Eigenschaften der vorliegenden Krystalle wahrscheinlichste gemäss den zuvor entwickelten Gesichtspunkten bestimmt wurde.

Bei der Ausführlichkeit, mit welcher die Bestimmung des Winkels  $a\lambda$  besprochen wurde, ist es wohl nicht nöthig, auf die Einzelheiten der betreffenden Untersuchungen hier einzugehen; es wird gewiss genügen, den Gang derselben kurz anzugeben.

Die Prüfung einer grösseren Anzahl von Krystallen, an denen mindestens zwei von den dem  $d$  benachbarten Pyramidenflächen mehrere einstellbare Reflexe gaben, lieferten den Nachweis, dass die Winkel zwischen den Reflexbildern auf 142 und  $\bar{1}\bar{4}2$  etc. sich zumeist innerhalb der Grenzen  $81^\circ 5'$  und  $82^\circ 42'$  bewegen, dem letzteren Werthe in der Regel näher stehen und nur höchst vereinzelt und bei deutlich erkennbaren groben Störungen des Krystallbaues, wie an dem Krystalle mit der ausgeheilten Bruchfläche (Figur 2b des I. Theiles), ganz über diese Grenzen hinausgehen.

Es war ferner die Bemerkung zu machen, dass sich die Verhältnisse im Allgemeinen desto complicirter gestalteten, je unregelmässiger die betreffende Pyramidenfläche  $\lambda$  umgrenzt war, d. h. je mehr der Krystall verzerrt schien, je mehr ungleichwerthige Flächen oder solche aus verschiedenen Krystallräumen mit einander in den genannten Pyramidenflächen zum Schnitte kamen, wie schon die Betrachtung unter der Loupe gelehrt hatte.

So z. B. war der Flächenbau der Krystalle vom Typus der Figuren 9 und 10 im Allgemeinen complicirter als bei solchen, wovon Figur 1, Figur 5 etc. Beispiele geben, wo die Pyramidenflächen sämmtlich mehr im Gleichgewicht entwickelt waren.

Krystalle vom Typus der Figuren 7 und 8, mit Ungleichheit der vorderen und hinteren Hälfte, waren natürlich am wenigsten brauchbar, weil hier der rückwärtige Theil in der Mehrzahl der Fälle viel lichtschwächere, mattere, verschwommenere, kurz unvollkommenere Reflexbilder lieferte als die Vorderseite.

Die Möglichkeit, unter den verschiedenen zur Beobachtung gelangenden den gesuchten wahren Winkel herauszufinden, stützt sich auch hier hauptsächlich auf das gleichzeitige Vorhandensein von Reflexbildern der Zonen (142) (142) und (142) (142), welches, wie die Erfahrung lehrte, meist dann stattfand, wenn die in den benachbarten Krystallräumen gelegenen Flächen  $\lambda$  in längeren Kanten zum Schnitte kamen. Andererseits wird die endgiltige Lösung der oben gestellten Frage dadurch bereits erleichtert, dass die Position der Fläche  $\lambda$  innerhalb der Zone  $a\lambda$  bereits bestimmt ist.

Es war also nöthig, sich darüber Sicherheit zu verschaffen, dass die zur Bestimmung des Winkels  $\lambda\lambda'$  herangezogenen Reflexe der Zone  $t\lambda$  angehören und innerhalb dieser Zone eine Position besitzen, welche dem wahren Flächenorte  $\lambda$  möglichst naheliegt, also auch von der Zone  $b\lambda$  möglichst wenig sich entfernt. Zur Controle der ersten Bestimmung war es wünschenswerth, auch festzustellen, ob die Reflexe symmetrisch zu  $b$  gelegen seien.

Es erschien demnach wünschenswerth, dass sämmtliche Pyramidenflächen  $\lambda$  nicht nur vorhanden waren, sondern dass sie auch lauter gleich gute Reflexbilder ergaben.

Die letztere Bedingung war am schwersten zu erfüllen, und es fand sich in der That nur ein einziger Krystall unter den vielen,

welcher den geltend gemachten Forderungen in ziemlich hohem Grade entsprach.

Es ist dies der bereits oben angeführte mit X bezeichnete Krystall, an welchem sämmtliche Pyramidenflächen  $\lambda$  in ungefähr gleichem Masse entwickelt und die Flächen  $d$  zwar gleichfalls beiderseits vorhanden waren, an Grösse jedoch sehr zurücktraten.

Während es einerseits meine Ueberzeugung ist, dass der allgemeine Charakter, sowie die besonderen Eigenthümlichkeiten des Krystallbaues irgend eines Vorkommens desto vollständiger und richtiger erkannt werden können, je mehr Individuen davon zur Untersuchung kommen, und dass gerade die unvollkommener ausgebildeten die Spuren der bauenden Thätigkeit am frühesten verathen dürften, so glaube ich doch andererseits mich der Meinung unseres bewährten Altmeisters G. v o m R a t h mit Recht anschliessen zu dürfen, indem ich die Ansicht ausspreche, dass ein einzelnes Individuum, sobald es sich um Feststellung bestimmter Verhältnisse handelt, unter gewissen Umständen und bei geeigneter Ausbildung Beobachtungen gestatten könne, welche mehr Gewicht besitzen als die an allen anderen, wo die Verhältnisse nicht so günstig liegen, zusammengenommen.

In diesem Sinne möchte ich die an besagtem Krystalle gefundenen Werthe für die richtigsten halten und daher an dieser Stelle allein mittheilen, indem ich nur noch beifüge, dass die meisten anderen Krystalle ein ähnliches Resultat ergaben.

Es waren bei Einstellung der Zone (142) ( $\bar{1}\bar{4}2$ ) und der dieser entsprechenden der anderen Krystallhälfte auf jeder der vier Pyramidenflächen  $\lambda$  je zwei Reflexe zu beobachten, von denen die inneren, dem  $d$  benachbarten, etwas breiteren und matteren mit den nach aussen gegen die Seite der verticalen Prismenflächen hin gelegenen, sämmtlich sehr hellen Reflexen von 1 Millimeter Präcision bei der Drehung sich nahezu auf einer und derselben Verticallinie fortbewegten und dabei in folgenden Abständen den Mittelpunkt des Fadenkreuzes passirten:

$\lambda$ (142)		$\lambda'$ ( $\bar{1}\bar{4}2$ )
1 : 2 = 21'	2 : 3 = 81° 55'	3 : 4 = 20' 9''
$\lambda$ ( $\bar{1}\bar{4}2$ )		$\lambda'$ ( $\bar{1}\bar{4}2$ )
1 : 2 = 7' 50''	2 : 3 = 82° 12'	3 : 4 = 16'

Während demnach der innere Winkel variirt, wurde der äussere Winkel, respective der Winkel zwischen den beiden äusseren Reflexen jedesmal genau gleich, nämlich, wie man sieht, zu  $82^{\circ} 36'$  auf der vorderen und zu  $82^{\circ} 35' 50''$  auf der rückwärtigen Hälfte gefunden im Mittel von je zehn Einstellungen.

Gerade diese äusseren Reflexe, zwischen denen hier der constantere Winkel gemessen wurde, hatten sich aber bei einer früheren Gelegenheit als der Zone  $\lambda t$  angehörig erwiesen, und zwar in einem Punkte, welcher kaum mehr als eine Minute von der Position  $a:\lambda$  entfernt lag, welcher also fast genau den Durchkreuzungspunkt beider Zonen darstellte.

Es sei schliesslich noch darauf hingewiesen, dass derselbe Winkel  $82^{\circ} 36'$  oder diesem nahestehende Werthe auch an anderen Krystallen sich häufiger wiederholten als die sonst noch beobachteten Werthe.

### C. Berechnung und Discussion des Axenverhältnisses des Schweizer Danburites.

Aus dem soeben festgestellten Werthe  $82^{\circ} 36'$  für den Winkel  $142:1\bar{4}2$  ergibt sich  $b\lambda = 142:010 = 48^{\circ} 42'$ .

Aus dem zuvor gefundenen Werthe für den Winkel  $142:\bar{1}42 = 35^{\circ} 17'$  ergibt sich  $\lambda t = 142:021 = 17^{\circ} 38' 30''$ .

Aus  $b\lambda$  und  $\lambda t$  berechnet sich der Winkel  $bt$  zu  $46^{\circ} 9' 57''$  und daraus folgt für das Verhältniss der Axen  $c:b$  die Zahl  $0\cdot48006$ . In gleicher Weise ergibt sich aus  $\lambda t$  und aus dem Complement von  $bt$ , respective aus  $43^{\circ} 50' 6''$  der Winkel  $nb$  zu  $24^{\circ} 40' 50''$  und demgemäss für das Verhältniss  $a:b$  die Zahl  $0\cdot54447$ .

Das Axenverhältniss des Schweizer Danburites kann daher in folgender Form geschrieben werden:

$$a:b:c = 0\cdot54446:1:0\cdot48006.$$

Das von Dana am Danburit von Russel<sup>1)</sup> aufgestellte, von Hintze für die Schweizer Krystalle adoptirte Verhältniss lautet:

$$a:b:c = 0\cdot54444:1:0\cdot48076.$$

Dana, welcher von dem Winkelabstande zweier Flächen des Prismas  $J$  und zweier Flächen des Doma  $d$  ausging, ist sonach am amerikanischen Vorkommen zu ganz ähnlichen Resultaten gelangt, wie sie hier für das Vorkommen aus der Schweiz aus den Messungen zwischen den Pyramidenflächen  $\lambda$  hergeleitet wurden.

<sup>1)</sup> American Journal of Science vol. XX, Aug. 1880, pag 114.

Insbesondere bezüglich der Längsaxe  $a$  ist der Unterschied unbedeutend und besteht nur in Einheiten der fünften Decimalstelle; für die verticale Axe beträgt er allerdings etwas mehr, nämlich sieben Einheiten der vierten Decimalstelle.

Immerhin dürfte man nicht irre gehen in der Annahme, dass man beide Vorkommen der Danburitsubstanz auf das gleiche Axenkreuz zu beziehen habe und dass die zu Tage tretenden Abweichungen nicht in der Substanz ihre Ursache haben, sondern auf Rechnung etwaiger Messungsfehler zu setzen oder der Ungunst der Beobachtung zuzuschreiben sei.

Man wird sich daher wohl für das eine oder das andere der hier angeführten Axenverhältnisse zu entscheiden haben, je nach dem Gewichte, das man den ihnen zu Grunde liegenden Messungen zuschreibt.

Inwieweit der Unterschied beider Zahlenverhältnisse in der Verschiedenheit der daraus abgeleiteten Flächenwinkel zum Ausdrucke kommt, davon wird man sich am leichtesten eine Vorstellung machen, wenn man einen Blick auf die nachfolgende Uebersicht wirft, welche sich auf die wichtigsten und typischsten Flächen des Schweizer Danburites bezieht und in welcher die aus dem Dana'schen und die aus meinem eigenen Grundverhältnis abgeleiteten Werthe einander gegenübergestellt sind.

Eine Anzahl anderer Winkel, zwischen anderen im weiteren Verlaufe der Arbeit in Betracht gezogenen Flächen, namentlich der verticalen Prismenzone und der Zone  $bw$ , wird in einer am Schlusse mitgetheilten Tabelle nachgetragen werden.

Zur vorläufigen Orientirung werden die nachfolgenden Daten vollständig genügen:

I. Winkeltabelle  
der typischen Flächen des Danburites.

	Nach Schuster:	Nach Dana:
$a : J = (100) (110) =$	$28^{\circ} 33' 58''$	$28^{\circ} 33' 57''$
$J : J = (110) (\bar{1}\bar{1}0) =$	$57^{\circ} 7' 56''$	$57^{\circ} 7' 54''^1)$
$a : l = (100) (120) =$	$47^{\circ} 26' 13''$	$47^{\circ} 26' 12''$
$l : l = (120) (\bar{1}\bar{2}0) =$	$94^{\circ} 52' 26''$	$94^{\circ} 52' 24''$
$a : n = (100) (140) =$	$65^{\circ} 20' 12''$	$65^{\circ} 20' 10''$

<sup>1)</sup> Fundamentalwinkel.

	Nach Schuster:	Nach Dana:
$n : n = (140) (\bar{1}40) =$	$130^{\circ} 40' 24''$	$130^{\circ} 40' 20''$
$a : d = (100) (101) =$	$48^{\circ} 35' 48''$	$48^{\circ} 33'$
$d : d = (101) (\bar{1}01) =$	$82^{\circ} 48' 24''$	$82^{\circ} 53' 18''^1)$
$a : r = (100) (121) =$	$57^{\circ} 32' 36''$	$57^{\circ} 31'$
$a : \lambda = (100) (142) =$	$72^{\circ} 21' 30''^1)$	$72^{\circ} 20' 45''$
$b : J = (010) (110) =$	$61^{\circ} 26' 2''$	$61^{\circ} 26' 3''$
$J : J = (110) (\bar{1}10) =$	$122^{\circ} 52' 4''$	$122^{\circ} 52' 6''$
$b : l = (010) (120) =$	$42^{\circ} 33' 47''$	$42^{\circ} 33' 48''$
$l : l = (120) (\bar{1}20) =$	$85^{\circ} 7' 34''$	$85^{\circ} 7' 36''$
$b : n = (010) (140) =$	$24^{\circ} 39' 48''$	$24^{\circ} 39' 50''$
$n : n = (140) (\bar{1}40) =$	$49^{\circ} 19' 36''$	$49^{\circ} 19' 40''$
$b : t = (010) (021) =$	$46^{\circ} 9' 57''$	$46^{\circ} 8'$
$b : r = (010) (121) =$	$54^{\circ} 14' 27''$	$54^{\circ} 13'$
$b : \lambda = (010) (142) =$	$48^{\circ} 42'$	$48^{\circ} 40'$
$c : d = (001) (101) =$	$41^{\circ} 24' 12''$	$41^{\circ} 26' 39''$
$c : t = (001) (021) =$	$43^{\circ} 50' 3''$	$43^{\circ} 52' 33''$
$c : r = (001) (121) =$	$52^{\circ} 30' 25''$	$52^{\circ} 33'$
$c : \lambda = (001) (142) =$	$46^{\circ} 34' 24''$	$46^{\circ} 36' 50''$
$r : r = (121) (\bar{1}21) =$	$71^{\circ} 31' 12''$	$71^{\circ} 34'$
$r : r = (121) (\bar{1}21) =$	$64^{\circ} 54' 52''$	$64^{\circ} 58'$
$r : r = (121) (\bar{1}21) =$	$105^{\circ} 00' 54''$	$105^{\circ} 6'$
$\lambda : \lambda = (142) (\bar{1}42) =$	$82^{\circ} 36'^1)$	$82^{\circ} 40'$
$\lambda : \lambda = (142) (\bar{1}42) =$	$35^{\circ} 17'^1)$	$35^{\circ} 18' 30''$
$\lambda : \lambda = (142) (\bar{1}42) =$	$93^{\circ} 8' 48''$	$93^{\circ} 13' 40''$
$J : l = (110) (120) =$	$18^{\circ} 52' 15''$	$18^{\circ} 52' 12''$
$J : n = (110) (140) =$	$36^{\circ} 46' 14''$	$36^{\circ} 46' 13''$
$J : d = (110) (101) =$	$54^{\circ} 29' 35''$	$54^{\circ} 27'$
$l : n = (120) (140) =$	$17^{\circ} 53' 59''$	$17^{\circ} 53' 58''$
$l : r = (120) (121) =$	$37^{\circ} 29' 35''$	$37^{\circ} 27'$
$n : \lambda = (140) (142) =$	$43^{\circ} 25' 36''$	$43^{\circ} 23'$
$d : r = (101) (121) =$	$35^{\circ} 45' 36''$	$35^{\circ} 47'$
$d : \lambda = (101) (142) =$	$44^{\circ} 16' 15''$	$44^{\circ} 19'$
$t : r = (021) (121) =$	$32^{\circ} 27' 26''$	$32^{\circ} 29'$
$t : \lambda = (021) (142) =$	$17^{\circ} 38' 30''$	$17^{\circ} 39' 15''$
$r : \lambda = (121) (142) =$	$14^{\circ} 48' 56''$	$14^{\circ} 50'$

<sup>1)</sup> Fundamentalwinkel.

Die Differenz zwischen den Winkeln, welche aus den im vorigen Capitel gelieferten Daten und jenen Winkeln, welche aus den Dana'schen Grundannahmen sich ableiten, erreicht, wie man sieht, ihr Maximum in den zur Endfläche gehenden Zonen, so innerhalb der Symmetrieebene  $b$ , ferner in den entsprechenden Zonen der Pyramidenflächen, also  $\lambda c$  und  $rc$ ; sie ist am geringsten in der Zone der verticalen Prismenflächen, respective innerhalb der horizontalen Symmetrieebene, wo sie sozusagen Null wird.

Das letztere gilt mithin von dem Winkel  $J:J$ , welcher nach Dana nur etwa  $2''$  weniger beträgt als nach meiner eigenen Berechnung.

Auch der Winkel  $(142)(\bar{1}42) = 72^\circ 21' 30''$  ist von dem entsprechenden Winkel Dana's ( $72^\circ 21'$ ) nur um  $30''$  verschieden. Hingegen beträgt der Unterschied der übrigen Winkel zwischen denselben Pyramidenflächen bereits mehrere Minuten, und zwar ist der Winkel  $(142)(\bar{1}42)$  um  $4'$ , der Winkel  $(142)(\bar{1}42)$  aber um  $5'$  kleiner als der entsprechende von Dana berechnete Winkel.

Auch hinsichtlich des zweiten Dana'schen Fundamentalwinkels  $d:d$ , dessen Werth, von dem genannten Forscher über  $c$  gemessen, mit  $82^\circ 53'$  festgestellt wurde und welcher aus dem hier mitgetheilten A. V. zu  $82^\circ 48' 24''$  sich berechnet, ergibt sich ein ähnlicher Unterschied.

Aus dem Ganzen geht übrigens hervor, dass die nach beiden Axenverhältnissen abgeleiteten Flächenpositionen im Maximum um kaum  $3'$  gegen einander verschoben erscheinen.

Für die nachfolgenden subtilen Untersuchungen war allerdings selbst dieser Unterschied schon von Wichtigkeit und wurde deshalb allen weiteren Berechnungen das eigene Axenverhältnis zu Grunde gelegt.

Dem letzteren glaubte ich dabei aus folgenden Gründen den Vorzug ertheilen zu müssen:

Was die verticale Prismenzone betrifft, in welcher die amerikanischen Danburite, wie bereits oben erwähnt, viel einfachere Verhältnisse darbieten als die Schweizer Krystalle und auch ebenere Flächen mit scharfen präzisen Reflexbildern besitzen, daher sie hier auch genauere und bessere Messungen gestatten mögen, so ist gerade in dieser Zone der Unterschied der in beiden Fällen erhaltenen Winkel ein wirklich minimaler. Was hingegen die

Flächen des Kopfes betrifft, so bieten die Schweizer Krystalle hinsichtlich genauerer Messbarkeit entschieden günstigere Verhältnisse dar als die Amerikaner.

Wie schon Dana angibt, sind die erwähnten Flächen, namentlich die Pyramidenflächen hier meist matt und die Reflexbilder fast durchwegs schwach und verschwommen, in Folge dessen, abgesehen von der sonstigen Beschaffenheit der Flächen, schon an und für sich nur fehlerhaft einstellbar.

Auch das Doma *d*, welches noch die besten Reflexe liefert, ist davon nicht ausgenommen; nicht nur dass die Einzelmessungen in der Regel bereits in den Minuten differiren, es erscheint auch das Auftreten von Vicinalflächen nach den oben gemachten Andeutungen nicht ausgeschlossen.

Unter der Voraussetzung, dass es vorhin wirklich gelang, die aus den Vicinalflächen sich ergebenden Schwierigkeiten vollständig zu beseitigen, verdienen daher die zuvor angeführten Messungen der Pyramidenflächen der Schweizer Danburitkrystalle nach meiner Meinung einen entschiedenen Vorzug.

Zu Gunsten der eigenen Daten kann noch weiter angeführt werden die ausserordentliche Uebereinstimmung, welche in mehreren, gemäss allen begleitenden Umständen sehr gewichtigen Fällen zwischen dem aus den beiden Fundamentalwinkeln (142) ( $\bar{1}\bar{4}2$ ) und (142) ( $\bar{1}\bar{4}2$ ) berechneten dritten Winkel derselben Pyramidenflächen, nämlich (142) ( $\bar{1}\bar{4}2$ ), und dem in jenen Fällen über die Endfläche hin direct beobachteten Werthe des letzteren Winkels stattfand.

So wurde an dem bereits citirten Krystall XIII, welcher, ähnlich wie in Fig 6, Taf. V, ausnahmsweise die Endfläche gut messbar entwickelt zeigte, der Winkel zwischen der Endfläche *c* und den der Zone (142) ( $\bar{1}\bar{4}2$ ) angehörigen, im Abstände  $35^{\circ} 17'$  innerhalb der Zone (142) ( $\bar{1}\bar{4}2$ ) auseinander liegenden, also am Orte der Hauptflächen auftretenden Reflexbildern zu  $46^{\circ} 34' 20''$  einerseits und  $46^{\circ} 34' 30''$  andererseits gemessen, in vollständiger Uebereinstimmung mit dem berechneten Winkel  $c\lambda$ , nämlich  $46^{\circ} 34' 24''$ , und ebenso wurde der Winkel  $142 : \bar{1}\bar{4}2$  an dem wie in Fig. 13, Taf. VI, nach den Durchschnittskanten der genannten beiden Pyramidenflächen verzogenen Krystall XV, an welchem diese Flächen sehr glatt waren und ebenfalls ausgezeichnete scharfe

Reflexbilder gaben, zu  $93^{\circ} 9'$  gemessen, während der berechnete Winkel, wie mitgetheilt,  $93^{\circ} 8' 48''$  beträgt.

Auch hier liess sich durch Beobachtungen in den übrigen Zonen des Krystalles nachweisen, dass die betreffenden Reflexbilder sich auf Flächenelemente beziehen, die in der Zone (142) ( $\bar{1}42$ ) und innerhalb derselben dem wahren Projectionspunkte von  $\lambda$  sehr nahe liegen, wenn nicht damit zusammenfallen.

Schliesslich sei noch erwähnt, dass die allerkleinsten Krystalle, deren Flächenbeschaffenheit auf den Pyramidenflächen auch bei sorgfältigster Prüfung unter der Lupe nicht mehr deutlich erkennbar war, auf  $\lambda$  bald mehrere Reflexbilder gaben, die, wenn auch lichtschwächer, doch immer noch deutlich einen nicht minder complicirten Vicinalflächenbau errathen liessen, wie bei den grösseren Krystallen, bald aber im Gegensatz zu diesen nur je ein Reflexbild lieferten, deren gegenseitige Abstände bis auf die in diesen Fällen allerdings stets ziemlich bedeutenden Einstellungsfehler den oben angeführten gleichkamen.

Nummehr, nachdem das Axensystem des Schweizer Danburites mit aller erreichbaren Genauigkeit festgestellt wurde, sei es gestattet, gestützt auf dasselbe, an die Untersuchung jener vicinalen Flächenelemente zu gehen, welche nach dem Gesagten die Hauptflächen dieses Mineralen ganz allgemein vertreten zu können scheinen.

Diese Vicinalflächen, welche am Danburit in solcher Häufigkeit auftreten, dass auch Hintze beispielsweise in der Zone *bw* Messungen aufführt, die, wie gezeigt werden soll, höchst wahrscheinlich von solchen herrühren, wenngleich er dessen keine Erwähnung thut, diese Vicinalflächen, deren Bekanntschaft wir bereits bei Discussion der Messungen der Zone  $a\lambda$  sowohl auf  $a$  als auf  $\lambda$  zu machen Gelegenheit hatten, werden uns im Folgenden ausschliesslich beschäftigen.

Die Eigenschaften dieser eigenthümlichen Flächenbildungen, die bisher weniger beachtet wurden, die überhaupt bis auf Scacchi's Arbeit über Polyëdrie, welche im Grossen und Ganzen sich auf ihren Nachweis an zahlreichen Mineralien beschränkte, von Seite der messenden Krystallographen keine selbstständige Behandlung erfuhren, deren Gesetzmässigkeit auch heute, nachdem Websky für die in diese Kategorie gehörenden gestreiften Seitenflächen des

Adulars den Nachweis der Rationalität ihrer Parameter-Verhältnisse zu erbringen gesucht, keineswegs allgemein anerkannt, deren Bedeutung und Wichtigkeit für das theoretische Studium des Krystallbaues jedenfalls von Vielen unterschätzt wird, auf dem Wege der Messung zu erforschen, respective näher zu beleuchten, wird Aufgabe des nächsten Capitels sein.

### III. Ueber die Vicinalflächen des Danburites.

Schon im I. Theile dieser Arbeit blieb kein Zweifel darüber, dass die vicinalen Erhebungen auf den Flächen des Danburites keineswegs gesetzlose Bildungen sind.

Es wurde erkannt, dass sie in Zonen liegen, welche durch die Umgrenzungskanten der Hauptflächen gehen, denen sie angehören, zugleich aber auch bezüglich der Lage innerhalb dieser Zonen auf den verschiedenen Flächen sich verschieden verhalten, indem sie auch hierin von dem Symmetriegrade der zugehörigen Hauptfläche beherrscht werden.

Diese Verschiedenheiten lassen sich, wie bereits oben zwischen  $\alpha$  und  $\lambda$  einigermassen angedeutet wurde, auch auf dem Wege der Messung bis zu einem gewissen Grade verfolgen.

Bei der Gegenüberstellung und dem Ueberblicke sämmtlicher auf bestimmte Flächenarten bezüglichen Messungsergebnisse und bei dem Vergleiche aller dieser unter einander zeigt es sich überdies, dass es noch andere Gesetzmässigkeiten gebe, die allen Vicinalflächen gemein sind, ohne Unterschied des Symmetriegrades der betreffenden Hauptflächen, die also allgemeinere Eigenschaften der Vicinalflächen darstellen und das Wesen derselben in deutlicher Weise verrathen müssen.

Diese konnten nach dem Gesagten natürlich erst am Schlusse der Untersuchungen zu Tage treten.

Andererseits war ein inniger Zusammenhang zwischen der Grösse der Flächenentwicklung und der Verschiedenheit ihrer Flächenneigungen — durch die Lage der Vicinalflächen zum Ausdruck gebracht — bereits im Verlaufe der Untersuchung an jedem einzelnen Krystalle zu erkennen, freilich nur dadurch, dass die Messung sich nicht auf bestimmte Flächenarten beschränkte, sondern die einzelnen Individuen mit einem Netz von Messungen

umspinnen und die Messungsergebnisse auf einander bezogen wurden.

Die Darstellung wird nun gezwungen sein, einen etwas anderen Weg einzuschlagen, als derjenige ist, auf welchem die Resultate erlangt wurden, indem es sich empfiehlt, zwei ausgewählte Krystalle an die Spitze zu stellen, welche alle Flächenarten in recht vollständiger Entwicklung besitzen und sich in dieser Beziehung ergänzen, so dass es möglich ist, an ihnen wie an der Hand eines Beispiels die aus der Betrachtung sämtlicher Krystalle erkannten Gesetzmässigkeiten der Vicinalflächen gleichsam abzuleiten und denselben einen einfachen zahlenmässigen Ausdruck zu geben.

Dieser Ausdruck, dessen theoretische Bedeutung einstweilen nicht näher erörtert werden soll, wird uns Gelegenheit bieten, in einem folgenden Abschnitte, in welchem eine grössere Zahl solcher Krystalle, die bestimmte Eigenthümlichkeiten in hervorragender Weise erkennen lassen, hinsichtlich der Wechselbeziehungen zwischen ihrer Flächenentwicklung und der Ausbildung ihrer Vicinalflächen durchgesprochen werden, jeden analogen Fall, welcher dem früheren zur Bestätigung dient, kurz darauf zurück zu beziehen.

In einem Schlusscapitel endlich sollen die Gesetzmässigkeiten der Vicinalflächen des Danburites, deren Begründung man also in den früheren Abschnitten zu suchen hat, übersichtlich zusammengefasst und mit theoretischen Betrachtungen über das Wesen der Vicinalflächen überhaupt verknüpft und zugleich der Versuch unternommen werden, im Hinblick auf die verwandte Literatur diejenigen Schlussfolgerungen abzuleiten, welche in praktischer Beziehung sowie hinsichtlich der Theorie des Krystallbaues aus dem in dieser Arbeit mitgetheilten Beobachtungsmaterialie sich zu ergeben scheinen.

#### A. Ableitung der gesetzmässigen Beziehungen der Vicinalflächen unter einander und zu den Hauptflächen der Danburitkrystalle.

##### Krystall XVIII.

Dieser Krystall, welcher in Fig. 3a und 3b des ersten Theiles dieser Arbeit abgebildet erscheint und dessen Flächenbeschaffenheit ebendort bereits beschrieben wurde, wird einen Ueberblick gewähren über die Art und Weise, wie sich namentlich die beiden verticalen

Pinakoide  $a$  und  $b$ , sowie die Flächen der Zone  $bw$  und ihre zugehörigen Vicinalflächen gegenüber der Messung verhalten, während die verticalen Prismenflächen bereits ziemlich complicirte, die Domenflächen  $d$  hingegen zu undeutliche Reflexe ergaben, um zu einer genauen Messung geeignet zu sein und von den Pyramidenflächen nur die rechts oben an  $a$  anstossende Fläche  $\lambda$  gut messbar entwickelt erscheint.

### 1. Reflexbilder auf $a$ und $b$ .

Die nachstehende Darstellung verfolgt zunächst den Zweck, zu zeigen, in welcher Art vorgegangen wurde, um den wahren Flächenort von  $a$  und  $b$  festzustellen und überhaupt sichere Ausgangspunkte für alle weiteren Messungen zu gewinnen.

Je ausführlicher dies im Folgenden auseinandergesetzt wird, desto kürzer kann ich mich bei Aufzählung der weiteren Beispiele fassen.

Auf jeder der beiden genannten Flächen bemerkt man unter Anderem zwei auffallend helle Reflexbilder von grosser Schärfe (1 Millimeter Präcision).

Diese zwei hellsten Signalbilder sind auf  $a$  vermöge ihrer Anordnung unzweifelhaft mit den bei der Untersuchung der Flächenbeschaffenheit des in Rede stehenden Krystalles mit Hilfe der Lupe erkannten, mit  $a^\gamma$  und  $a^\gamma'$  bezeichneten Flächenelementen zu identificiren, während die übrigen daselbst in einer zur Verbindungslinie der vorigen senkrechten Richtung angeordneten Reflexbilder auf die verschiedenen Flächen vom Charakter  $a^\beta$  und  $a^{\beta'}$  zu beziehen sind, welche wir damals wenigstens als beiläufig in der Zone  $ab$  liegend erkannten.

Wird der Krystall derart justirt, dass sich der Mittelpunkt eines jeden der Bilder, welche  $a^\beta$  und  $a^{\beta'}$  zugehören, bei der Drehung längs dem verticalen Faden des Beobachtungsfernrohres hinbewegt, so erscheinen bei Einstellung der Fläche  $a$  die Bilder  $a^\gamma$  und  $a^\gamma'$  mit ihrem centralen Theile zu gleicher Zeit auf dem horizontalen Faden und der Durchkreuzungspunkt der beiden zu einander senkrechten Zonen  $ab$  und  $ac$ , welche durch jene Flächenbilder repräsentirt werden, fällt in diesem Momente mit dem Mittelpunkte des Fadenkreuzes zusammen.

Wir erhalten so wenigstens in grösster Annäherung die Position der Fläche  $a$ , die durch kein selbstständiges Reflexbild direct gegeben ist.

Für die Richtigkeit dieser Bestimmung spricht ferner der Umstand, dass, späteren Messungen zufolge, die Bilder  $a\gamma$  und  $a\gamma'$  hier völlig symmetrisch zur Zone  $ab$  vertheilt, mithin in gleichem Abstände von jenem für  $a$  in Anspruch genommenen Punkte nach auf- und abwärts (am Krystall), respective rechts und links (im Gesichtsfeld des Goniometerfernrohres) gelegen sind.

Die den Flächen  $a^\beta$  und  $a^{\beta'}$  entsprechenden, also bei der mit ihrer Hilfe vorgenommenen verticalen Einstellung der Zone  $ab$  oberhalb und unterhalb des Flächenortes von  $a$  erscheinenden Reflexbilder haben zum Theile den Charakter von Scheinreflexen einer gestreiften Zone; doch wurden solche bei der nachfolgenden Messung ganz beiseite gelassen.

Ausserhalb der Zone  $ab$  and  $ac$  ist hier kein Reflexbild vorhanden.

Anders auf  $b$ .

Wird von  $a$  als Ausgangspunkt die Drehung in der Zone  $ab$  gegen  $b$  hin fortgesetzt bis zu einem Abstände von  $90^\circ$ , so erscheinen zwar gleichfalls die beiden hellsten Reflexe von  $b$  zu gleicher Zeit auf dem Horizontalfaden des Beobachtungsfernrohres, diesmal aber beide zur Linken des Verticalfadens.

Schon dadurch wird es wahrscheinlich, dass dieselben nicht in der gleichen Beziehung zum Flächenorte von  $b$  stehen, wie die ebenso hellen auf  $a$ ; auch hierin zeigt sich ferner ihr von letzteren verschiedener Charakter, dass sie bei aller Präcision auf einem hellen Grund liegen.

Uebereinstimmend mit den l. c. pag. 433 mitgetheilten Beobachtungen weist dies darauf hin, dass sie von der dort besprochenen horizontalen Streifenzone herrühren und mit Flächen vom Charakter  $b\gamma$  zu identificiren sind.

Ausser diesen beiden sind in der Nähe des Flächenortes von  $b$  noch eine Anzahl anderer Reflexbilder zu beobachten, von denen wieder einige in der Zone  $ab$  liegen, daher für Messungen in der Zone  $bc$  zum Ausgangspunkte dienen können.

Zu fast jedem von diesen sind aber, namentlich zur Linken, also auf der Seite der beiden zuvor erwähnten  $b\gamma$ , seltener zur

Rechten des Verticalfadens ( $b^{\gamma'}$ ), Reflexbilder vorhanden, die bald theilweise verdeckt werden, bald ganz verschwinden, bald wieder erscheinen, je nach der Stelle des untersuchten Krystalles, die sich gerade in der Axenebene der Goniometerfernrohre befindet.

Im oberen Theile des Krystalles, wo die gestreifte Zone herrscht, waren diese gleichsam verdoppelten Reflexbilder nicht zu bemerken. Dieselben sind zum Theile auf Flächen vom Charakter  $b^{\alpha}$  und  $b^{\alpha'}$ , zum Theile auf solche vom Charakter  $b^{\lambda}$  und  $b^{\lambda'}$  zurückzuführen, wenn wir unter der letzteren Bezeichnung Flächen zusammenfassen, die von  $b$  sehr wenig abweichen und in Zonen liegen, die nach irgendwelchen Pyramidenflächen hin gehen.

Dass ihre Zahl und Verschiedenheit keineswegs blos einer Verstärkung von Nebenreflexen schmalere Flächen, sondern wirklich existirenden, selbstständig reflectirenden Oberflächentheilen zuzuschreiben ist, lehrt wohl schon die Betrachtung der Fig. 3a und 3b, während man zugleich daraus erkennt, welche Vorsicht bei ihrer Deutung nöthig war. Die demgemäss angestellten Messungen ergaben folgendes Resultat:

## 2. Messungen in den Zonen $ac$ , $ab$ und $bc$ .

### Zone $ac$ auf $a$ .

Der Winkel  $a^{\gamma} : a^{\gamma'}$ , in der Zone  $ac$ , wurde zu  $23' 10''$  gefunden. Dabei erwies sich der Reflex  $a^{\gamma}$  von der durch die Flächen  $a^{\beta}$  und  $a^{\beta'}$  gegebenen Zone  $ab$  nach oben hin ebensoweit entfernt, nämlich  $11' 35''$ , wie der entsprechende Reflex  $a^{\gamma'}$  unterhalb des wahren Flächenortes von  $a$ .

Die Einzelmessungen schwanken innerhalb so geringer Grenzen, so weniger Sekunden, dass der Mittelwerth, wie er oben angegeben wurde, als auf die Secunde genau angesehen werden darf, mithin als ein sehr guter zu bezeichnen ist.

### Zone $ab$ auf $a$ .

Die ihrem Charakter nach streifigen, d. h. zur Streifenzone gehörigen Reflexbilder  $a^{\beta}$  und  $a^{\beta'}$ , welche bei Einstellung der Zone  $ab$  vor und hinter  $a$  erscheinen, zeigen insofern keine symmetrische Vertheilung um  $a$ , als der eine Streifencomplex eine grössere Ausdehnung besitzt wie der andere und auch die Winkelabstände der in der nächsten Nähe von  $a$  auftretenden ersten Reflexbilder jeder Seite von  $a$  selbst, verschieden gross, bald auf

der einen bald auf der anderen Seite grösser sind, je nach den verschiedenen Stellen des Krystalles, welche zur Spiegelung kamen.

Im Folgenden sind die Abstände jener Reflexbilder, welche durch ihre vereinzelte Lage und, sei es durch Helligkeit und Schärfe, sei es durch gänzlichen Mangel von Interferenzfarben, durch vollständige Unveränderlichkeit beim Durchgange durchs Gesichtsfeld sich auszeichneten und sich so als muthmassliche oder unzweifelhafte Culminationspunkte darstellten, von dem Flächenorte  $a$ , mithin die ihnen entsprechenden Flächenpositionen bezüglich  $a$ , für zwei an verschiedenen Stellen des Krystalles, das heisst auf zwei verschiedenen Querschnitten desselben, vorgenommene Messungsreihen angegeben.

Dabei werden die Vicinalreflexe in jener Reihenfolge aufgeführt, welche auf der Seite von  $b'$  beginnt und über  $a$  nach  $b$  hin sich fortsetzt, und die in dieser Richtung einander folgenden mit  $\beta_1', \beta_2' \dots \beta_1, \beta_2$  etc. bezeichnet, wobei abkürzungsweise  $\beta' = a^{\beta'}$  und  $\beta = a^\beta$  gesetzt ist.

1. Querschnitt	2. Querschnitt
$a . \beta_1' = 1^\circ 31' 20''$	$a . \beta_3' = 1^\circ 33' 30''$
$\beta_2' = 1^\circ 5' 10''$	$\beta_4' = 1^\circ 6' 50''$
$a . \beta_1 = 1^\circ 8' 30''$	$\beta_4 = 47'$
$\beta_2 = 1^\circ 20' 10''$	$\beta_2 = 2^\circ 10' 30''$
$\beta_3 = 2^\circ 10' 20''$	

Auf der Gegenfläche von  $a$ , nämlich  $a'$ , sind die Reflexbilder zwar minder deutlich; die ganze Fläche ist, wie bei früherer Gelegenheit erwähnt, nicht sehr glänzend.

Gleichwohl findet man auch hier die Streifenzone einigermaßen angedeutet und überdies noch andere theils in der Zone  $a' b$ , theils ausserhalb derselben, und zwar in der Zone  $a' c$  liegende Reflexe.

Zwei schwache, aber sehr gut und scharf einstellbare einzelne Signalbilder hatten eine derartige Position, dass sie einerseits als einer beiläufigen Gegenfläche von  $\beta_3'$  zugehörig und andererseits als symmetrisch zu  $\beta_4'$  angeordnet erschienen.

Ihre Winkelabstände von  $a'$  waren:

$$a' . \bar{\beta}' = 1^\circ 7'$$

$$a' . \bar{\beta} = 1^\circ 35' 30''$$

Auf der Fläche  $b$  bemerkt man nicht eigentlich streifige, sondern lauter getrennte Reflexe, von denen hauptsächlich zwei der Zone  $ab$  angehören; doch bei Verschiebung des Krystalles erscheinen deren mehrere noch über und neben einander. Namentlich bei Einstellung der Zone  $b:w$  kann man beobachten, wie an Stelle eines solchen Reflexes der Zone  $ab$  plötzlich zwei auftreten, sobald eine dem oberen Ende des Krystalles nähergelegene Stelle desselben centrirt wird, wobei der zweite Reflex vom Mittelpunkt des Systems (nämlich  $b$ ) weiter entfernt ist wie der ursprüngliche Reflex.

Die erstgenannten zwei Reflexbilder sind sehr hell und in der Mitte auch sehr scharf begrenzt, bloß an den Rändern einseitig etwas schief abgeschnitten und verzogen<sup>1)</sup>, entsprechend den seitlichen Umbiegungen der Streifung, die wir schon früher (im I. Theile pag. 436) daselbst bemerkten und welche wir damals als zu den Pyramidenzonen der vicinalen Erhebungen hinführend besprachen.

Ihr Abstand vom Durchkreuzungspunkt der Zonen  $ab$  und  $b/w$  ist:

$$b . \alpha_1 = 27' 38''$$

$$b . \alpha'_2 = 32' 25''$$

Man ersieht hieraus, dass sie nicht immer symmetrisch um den Flächenpunkt  $b$  vertheilt sind; doch ist zu bemerken, dass unter den bei Verschiebung des Krystalles, also in verschiedener Höhe desselben, an anderen Stellen erscheinenden, wengleich niemals so gut entwickelten Reflexbildern mitunter auch solche auftraten, welche ihrer Lage nach  $\alpha_1$  entsprachen, aber der Seite der  $\alpha'$  angehören.

Auf der Gegenfläche von  $b$ , nämlich  $b'$ , stellen sich die Erscheinungen schon deshalb etwas einfacher dar, weil hier, wie der Augenschein lehrte, gar keine Streifenzone entwickelt, sondern die ganze Fläche mit gesonderten vicinalen Pyramiden bedeckt ist.

Auch auf  $b'$  ist die Zone  $b'w'$  durch einige dieser angehörige Reflexbilder fixirt, die aber hier im Einklange mit dem eben Gesagten, den Charakter  $b''$  und  $b'''$  besitzen, das heisst: sowohl nach auf- als nach abwärts liegen.

Die Durchschnitte der Zonen  $bw$  und  $b'w$  mit  $ab$  erweisen sich genau um  $180^\circ$  von einander entfernt.

<sup>1)</sup> Man vergl. was Scacchi in seiner Schrift über die Polyëdrie der Krystallflächen (Uebersetzung von Rammelsberg, Zeitschr. d. d. geol. Gesellsch. 1862, pag. 23 etc.) über das Aussehen des reflectirten Metallstreifens sagt.

Eine eigentliche Fläche  $b'$  ist allerdings auch hier nicht vorhanden. In der Zone  $ab$  ist die unsymmetrische Vertheilung der Reflexe um  $b'$  noch auffallender, wie aus Folgendem hervorgeht.

Es wurden mit grosser Sicherheit vier Winkel bestimmt, nämlich

$$\text{auf der Seite der } b'^{\alpha} b' . \bar{\alpha}_3 = 35' 50''$$

$$\bar{\alpha}_4 = 27'$$

$$\text{auf der Seite der } b'^{\alpha'} b' . \bar{\alpha}'_5 = 33' 10''$$

$$\bar{\alpha}'_6 = 1^{\circ} 20' 50''.$$

Eigentliche Gegenflächen zu den Vicinalflächen auf  $b$  sind also zwar nicht vorhanden, dagegen sind die Winkel  $b . \alpha_1$  und  $b' . \bar{\alpha}_4$ , sowie  $b . \alpha'_2$  und  $b' . \bar{\alpha}'_5$  einander paarweise nahezu gleich, würden somit den zu den Gegenflächen der betreffenden Oberflächenelemente symmetrisch gelegenen Flächen entsprechen. Auf  $b'$  ist (umgekehrt wie auf  $b$ ) die Vertheilung der dem Flächenorte  $b'$  nächstliegenden beiden Reflexe derart, dass der weiter entfernte Reflex zur Rechten des Flächenortes  $b'$  liegt, wenn der Krystall mit dem abgebrochenen Ende nach unten gekehrt und in dieser Stellung betrachtet wird.

#### Zone $bcb'$ .

In dieser Zone liegen, wie bereits erwähnt, die zwei hellsten und präzisesten Reflexbilder.

Wenn man auf die Betrachtung der Fläche  $b$  allein angewiesen wäre, könnte man, da beide Signalbilder absolut gleichen Charakter zu besitzen scheinen, leicht in den Irrthum verfallen, den wahren Flächenort von  $b$  zwischen ihnen zu suchen und, von diesem Punkte ausgehend, die Messungen in der streifig entwickelten Zone  $b||c$  falsch beurtheilen.

Allein schon vorhin hatten wir Gelegenheit, uns zu überzeugen, dass der wahre Flächenort von  $b$  tiefer gelegen sein müsse und gegeben sei im Durchschnitte der in Rede stehenden, mit der von den Flächen  $b_1^{\alpha}$  und  $b_2^{\alpha'}$  gebildeten Zone.

Wenn wir, ähnlich wie früher, die in der verticalen Zonenebene  $bcb'$  auf  $b$  und  $b'$  auftretenden Vicinalreflexe durch  $\gamma$  und  $\bar{\gamma}$  bezeichnen <sup>1)</sup> und dieses  $\gamma$  mit einem Strich versehen, sobald die zugehörige Fläche unterhalb der horizontalen Zonenebene  $ab$  liegt,

<sup>1)</sup> Abkürzungsweise  $b^{\gamma} = \gamma$  und  $b^{\bar{\gamma}} = \bar{\gamma}$  setzend.

so lassen sich die bei Drehung des Krystalles um die Kante  $b/c$  im Goniometerfernrohre zu beobachtenden Reflexerscheinungen wie folgt wiedergeben.

Da auf  $b$  Flächen vom Charakter  $\gamma'$  nicht vorhanden sind, so können wir von dem Momente ausgehen, wo die Flächen  $\alpha_1$  und  $\alpha'_2$  auf dem Horizontalfaden erscheinen.

Es erscheint dann nach einer Drehung von  $27' 40''$  zunächst der erste der vorhin besprochenen hellsten Reflexe,  $\gamma_1$ , nach einer weiteren Drehung von  $15'$  der zweite derselben,  $\gamma_2$ , auf dem Horizontalfaden. Hierauf gelangt eine Reihe von der Zone  $b w$  angehörigen, in der Nähe von  $f, g, p$  etc. gelegenen Reflexen ins Gesichtsfeld; dann folgt eine Unterbrechung; — endlich erscheint in der Nähe der Gegenfläche von  $b$  auf der Gegenseite des Krystalles ein Reflex,  $\bar{\gamma}_3$ , worauf nach Vollendung der Drehung um  $180^\circ$  die Zone  $ab$  auf der Fläche  $b'$  mit dem Horizontalfaden zur Coïncidenz kommt, und die Reihe schliesst mit einer Fläche  $\bar{\gamma}'_4$ , welche weder symmetrisch zur Fläche des Reflexes  $\bar{\gamma}_3$  um  $b'$  vertheilt ist, noch etwa eine Gegenfläche zu  $\gamma_1$  oder  $\gamma_2$  darstellt.

Diese Verhältnisse, sowie die Winkelabstände der betreffenden Vicinalflächen von (010), welche übrigens für  $\gamma_1$  und  $\gamma_2$  an verschiedenen Stellen des Krystalles zweierlei Werthe annehmen, erkennt man am besten aus folgender Uebersicht:

$$\begin{array}{ll} b.\gamma_1 = 27' 40'' & \text{resp. } b.\gamma_6 = 25' \\ \gamma_2 = 42' 40'' & \gamma_6 = 40' 40'' \\ b'\bar{\gamma}_3 = 33' 15'' & \\ \bar{\gamma}'_4 = 19' & \end{array}$$

Versuch einer Deutung der Vicinalflächen auf  $a$  und  $b$ .

Es liegt nun die Aufgabe vor, zu untersuchen, wie sich die einzelnen Vicinalflächen einer und derselben Zone und die verschiedenen Zonen angehörigen sowohl auf  $a$  als  $b$  zu einander verhalten.

Wenn wir zunächst die Winkel selbst ins Auge fassen, so erscheinen zweierlei Thatsachen bemerkenswerth, nämlich:

1. dass gewisse Winkel (wie  $47'$  und  $1^\circ 5' 10''$  in der Zone  $ab$  auf  $a$ ) nahezu halb so gross sind, wie andere in derselben Zone gelegene Winkel (nämlich  $1^\circ 33' 30''$  und  $2^\circ 10' 30''$ ), dass erstere somit auf Flächen hindeuten, welche die zwischen den zu letzteren

gehörigen Flächen und der betreffenden Hauptfläche (*a*) entwickelten Combinationskanten gerade abstumpfen würden;

2. dass gewisse Winkel theils in derselben, theils in verschiedenen Zonen sich wiederholen, was freilich in der Zone *ab* nur von dem Winkel  $1^{\circ} 20' 10''$  und  $1^{\circ} 20' 50''$ , dagegen auf *b* von den Winkeln  $27' 38''$  und  $33' 10''$  der Zone *ab* einerseits und von den Winkeln  $27' 40''$  und  $33' 15''$  der Zone *bc* andererseits Geltung hat.

Da meine früheren Untersuchungen mich bereits zur Ueberzeugung gebracht haben, dass die vicinalen Erhebungen des Danburites ebensogut als Grenzerscheinungen der dem inneren Netz entsprechend gesetzmässig sich anlegenden Molekel aufzufassen seien, wie jede andere Krystallfläche von einfachen Indices, deren Stelle sie einnehmen, so wird der zweite Schritt dahin gehen, die Winkelverhältnisse, welche durch die directe Beobachtung gegeben waren, in Verhältnisse der Axenschnitte umzuwandeln und diese unter einander zu vergleichen.

Wir wollen zunächst bezüglich des oben aufgestellten Axenverhältnisses an der Voraussetzung festhalten, dass die darin enthaltenen Zahlen sich thatsächlich auf die kleinsten Molekelabstände in der Richtung der Axen *a*, *b* und *c* beziehen, das heisst wir wollen die Annahme, nach welcher  $o = 111$  und mithin  $r = 121$  und  $\lambda = 142$  sind, als gültig beibehalten. Werden nun demgemäss die Zahlen 0.54446, 1, 0.48006 auf jeder der betreffenden Axen als Masseinheit in Rechnung gebracht, so entsprechen jedem einzelnen der beobachteten Winkel auf jeder der Flächen *a* und *b* in der Richtung der zur betreffenden Hauptfläche parallelen Axe die folgenden Parameter, ausgedrückt in Molekelabständen der zugehörigen Axe:

Für die Zone *ac* auf *a*

	Parameter	
dem Winkel $11' 35''$ . . .	336.53, resp. 336,	i. d. Richtung von <i>c</i> .

Für die Zone *ab* auf *a*

	Parameter	
den Winkeln $47'$ . . .	39.82, resp. 40,	i. d. Richtung von <i>b</i> .
$1^{\circ} 5' 10''$ . . .	28.72 „ 28.7	
$1^{\circ} 6' 52''$ . . .	27.99 „ 28	
$1^{\circ} 7'$ . . .	27.93 „ 28	

1° 8' 30'' . . .	27·32, resp. 27·333
1° 20' 10'' . . .	23·34 " 23·33
1° 33' 30'' . . .	20·01 " 20
1° 31' 20'' . . .	20·49 " 20·5
1° 35' 30'' . . .	19·59 " 19·5
2° 10' 30'' . . .	14·33 " 14·35

Für dieselbe Zone auf *b*

	Parameter	
den Winkeln	27'	. . . 233·8, resp. 239, i. d. Richtung von <i>a</i> .
	27' 38'' . . .	228·5 " 228
	32' 25'' . . .	194·8 " 195
	33' 10'' . . .	190 " 190
	35' 50'' . . .	176·2 " 175·5
	1° 20' 50'' . . .	78·1 " 78

Für die Zone *bc* auf *b* und *b'*

	Parameter	
den Winkeln	19'	. . . 377, resp. 378, i. d. Richtung von <i>c</i> .
	25'	. . . 286·4 " 286
	27' 40'' . . .	258·8 " 258
	33' 15'' . . .	215·3 " 215
	40' 40'' . . .	176·1 " 176
	42' 40'' . . .	167·8 " 168

Wenn man von den beiden sichersten und keiner Streifenzone angehörigen Flächen ausgeht, welche den Winkeln 11' 35'' (Zone *ac* auf *a*) und 19' (Zone *b'c'* auf *b*) entsprechen, so zeigt es sich, dass ihre Parameter auf der Axe *c* (378 und 336) ein gemeinschaftliches Mass besitzen, welches gleich ist ihrer Differenz, nämlich 42, indem 378 sich als  $9 \times 42$ , 336 als  $8 \times 42$  darstellen lässt.

Fasst man nun die übrigen Zahlen jener Reihe ins Auge, welche sich auf die Zone *bc*, auf *b* und *b'* bezieht, so ist leicht zu bemerken, dass auch sie Vielfachen von 42 gleichkommen, so wie z. B. 168 direct =  $4 \times 42$ , oder wenigstens auffallend sich nähern.

So nähern sich 258·8 dem Sechsfachen, 215·3 dem Fünffachen des erwähnten Factors, stimmen dagegen fast genau mit  $6 \times 43$  und  $5 \times 43$  überein.

Es drängt sich unwillkürlich schon hier der Gedanke auf, dass dem Factor 42 eine gewisse Bedeutung beizulegen sei. Da

ferner die hier in Rechnung gezogenen Beobachtungen sehr gut sind, scheint es nicht erlaubt, von vorneherein etwa von der Zahl 43 zu Gunsten von 42 abzugehen. Wenn also dem 42 als Factor bezüglich des Krystallbaues eine Bedeutung zukommt, so dürfte es zugleich ebenso wahrscheinlich sein, dass dieser Factor etwas variabel sei. Nimmt man ihn demgemäss noch um eine Molekel grösser, nämlich zu 44, an, so lassen sich nun auch die den Winkeln  $40' 40''$  und  $25'$  entsprechenden Abstände als Vielfache desselben darstellen, da  $4 \times 44 = 176$  und  $\frac{1}{3} \times 44 = 286$ .

Die vorausgeschickte Betrachtung führt also bezüglich der Auffassung der Axenschnitte in der Zone  $bc$  auf  $b$  und  $b'$  zu folgendem Resultat:

			$a : b : c$
378	= $9 \times 42$	entspricht der Fläche	$\infty : 1 : 9 \times 42$
286·4	= $\frac{13}{2} \times 44$	" " "	$\infty : 2 : 13 \times 44$
258	= $6 \times 43$	" " "	$\infty : 1 : 6 \times 43$
215	= $5 \times 43$	" " "	$\infty : 1 : 5 \times 43$
176	= $4 \times 44$	" " "	$\infty : 1 : 4 \times 44$
168	= $4 \times 42$	" " "	$\infty : 1 : 4 \times 42$

Beim Uebergange zur Betrachtung der Zone  $ab$  auf denselben Flächen ( $b$  und  $b'$ ) liegt es nahe, zunächst zu untersuchen, ob die Axenschnitte dieser Zone sich nicht vielleicht in gleicher Weise als Vielfache der Zahlen 42, 43, 44 darstellen lassen. Wenn dem so wäre, dann würden die erwähnten Zahlen lediglich die Bedeutung von Verhältnisszahlen in dem Sinne besitzen, wie die Indices irgend einer beliebigen Krystallfläche, mithin sich von den mit ihnen verbundenen Factoren 4, 5, 9 etc. in nichts unterscheiden.

Dies ist aber, wie man sofort ersieht, nicht der Fall. Die bezüglich der Axenrichtung  $c$  gefundene Eigenthümlichkeit darf also keineswegs in beliebiger Weise auch auf die anderen Axen übertragen werden.

Anders verhält es sich jedoch, wenn man ihre absolute Grösse ins Auge fasst.

Wenn unter 42, 43, 44 oben Strecken zu verstehen sind, welchen eben in der Richtung der Axe  $c$  42, 43, 44 Molekel entsprechen, so wird denselben Strecken in der Richtung der Axe  $a$ ,

die nunmehr in der Zone  $ab$  auf  $b$  in Betracht kommt, eine andere, und zwar eine geringere Anzahl Molekel entsprechen, weil hier unserer Voraussetzung gemäss die einzelnen Molekel weiter von einander abstehen als in der Richtung von  $c$ .

Da sich insbesondere die Molekelabstände auf  $a$  und  $c$  wie  $0\cdot544 : 0\cdot48$  verhalten, so werden

42 Molekeln i. d. Axe $c$	37 Molekel i. d. Axe $a$
43       "       "       "	38       "       "       "
44       "       "       "	39       "       "       "

entsprechen.

Es ist nun gewiss überraschend und darf als ein Wahrscheinlichkeitsbeweis für die Richtigkeit des obigen Gedankenganges angesehen werden, dass die für die Axenabschnitte in der Richtung von  $a$  gefundenen Werthe sich thatsächlich wieder als Vielfache theils von 38 und theils von 39 darstellen, wie das Folgende lehrt:

		$a$	$b$	$c$
234	$= 39 \times 6$	$39 \times 6$	$1$	$\infty$
228	$= 38 \times 6$	$38 \times 6$	$1$	$\infty$
195	$= 39 \times 5$	$39 \times 5$	$1$	$\infty$
190	$= 38 \times 5$	$38 \times 5$	$1$	$\infty$
175·5	$= 39 \times \frac{9}{2}$	$39 \times 9$	$2$	$\infty$
78	$= 39 \times 2$	$39 \times 2$	$1$	$\infty$

entsprechend  
den  
Flächen:

Nun ist zu erwarten, dass es möglich sein werde, mit Hilfe der auf der Fläche  $b$  gewonnenen Erfahrungen auch die etwas verwickelten Verhältnisse auf der Fläche  $a$  in der Zone  $ab$  in bestimmter Weise zu deuten.

Dazu ist zu bemerken, dass einer Strecke von 42 Molekeln in der Richtung der verticalen Axe eine Strecke von 20 Molekeln in der Richtung der Axe  $b$  gleichkommt, 43 ungefähr  $20\cdot5$ , 44 beiläufig 21 entsprechen würde. Und in der That spielen die Zahlen 20,  $20\cdot5$  und 21 unter den Axenschnitten auf  $b$  eine Rolle, wie die folgende Uebersicht zeigt, wo aus später ersichtlichen Gründen die etwaigen Decimalbrüche schliesslich in echte verwandelt wurden.

		$a : b : c$		
40	=	$2 \times 20$	entspr. e. Fl.	(1 : 40 : ∞) od. (1 : 2 × 20 : ∞)
28·7	=	$\frac{7 \times 20 \cdot 5}{5}$	" "	(1 : 28·7 : ∞) " (10 : 7 × 41 : ∞)
28	=	$\frac{7 \times 20}{5}$	" "	(1 : 28 : ∞) " (5 : 7 × 20 : ∞)
28	=	$\frac{4 \times 21}{3}$	" "	(1 : 28 : ∞) " (3 : 4 × 21 : ∞)
27·333	=	$\frac{4 \times 20 \cdot 5}{3}$	" "	(1 : 27·33 : ∞) " (6 : 4 × 41 : ∞)
23·33	=	$\frac{7 \times 20}{6}$	" "	(1 : 23·33 : ∞) " (6 : 7 × 20 : ∞)
20·5	=	20·5	" "	(1 : 20·5 : ∞) " (2 : 41 : ∞)
20	=	20	" "	(1 : 20 : ∞) " (1 : 20 : ∞)
19·6	=	$\frac{14 \times 21}{15}$	" "	(1 : 19·6 : ∞) " (15 : 14 × 21 : ∞)
14·35	=	$\frac{7 \times 20 \cdot 5}{10}$	" "	(1 : 14·35 : ∞) " (20 : 7 × 41 : ∞)

Wenn man, abermals von der verticalen Axe ausgehend, mit  $\sigma$  jene Strecke bezeichnet, welche nach den gemachten Grundannahmen in dieser Richtung eine Anzahl von 42 Molekeln enthält, und wenn man ferner annimmt, dass dieses  $\sigma$  aus einem vorläufig noch unbestimmten Grunde innerhalb sehr enger Grenzen variabel sei, welche Grenzen auf den verschiedenen Axen ein bis zwei Molekelabständen gleichkommen, so lassen sich die bisherigen Resultate, wie folgt, sehr kurz und übersichtlich zusammenfassen, wobei den beobachteten Winkeln die berechneten, den aus den Beobachtungen abgeleiteten Parametern die abgerundeten Werthe zur Seite gestellt sind.

Zone $ab$ auf $a$ und $a'$ .						
	Beobachteter Winkel	Abgeleit. Parameter	Abgerund. Parameter	Berechneter Winkel	Flächensymbol $a : b : c$	$\sigma$
$a \cdot \beta_4$	0° 47'	39·82	40	0° 46' 48"	1 : 2 $\sigma$ : ∞	20
$\beta_2$	1° 5' 10"	28·72	28·7	1° 5' 13"	5 : 7 $\sigma$ : ∞	20·5
$\beta_3$	1° 6' 52"	27·99	28	1° 6' 50"	5 : 7 $\sigma$ : ∞	20
$a' \cdot \beta'$	1° 7'	27·93	28	1° 6' 50'	3 : 4 $\sigma$ : ∞	21

Zone <i>ab</i> auf <i>a</i> und <i>a'</i> .						
	Beobachteter Winkel	Abgeleit. Parameter	Abgerund. Parameter	Berechneter Winkel	Flächensymbol <i>a</i> : <i>b</i> : <i>c</i>	$\sigma$
<i>a</i> . $\beta_1$	1° 8' 30"	27·32	27·333	1° 8' 28"	3 : 4 $\sigma$ : $\infty$	20·5
$\beta_2$	1° 20' 10"	23·34	23·33	1° 20' 14"	6 : 7 $\sigma$ : $\infty$	20
$\beta_1$	1° 31' 20"	20·49	20·5	1° 31' 17"	1 : $\sigma$ : $\infty$	20·5
$\beta_3$	1° 33' 30"	20·01	20	1° 33' 34"	1 : $\sigma$ : $\infty$	20
<i>a'</i> . $\beta$	1° 35' 30"	19·59	19·6	1° 35' 28"	15 : 14 $\sigma$ : $\infty$	21
$\beta_3$	2° 10' 30"	14·33	14·35	2° 10' 20"	10 : 7 $\sigma$ : $\infty$	20·5
$\beta_3$	2° 10' 20"	14·35	14·35	2° 10' 20"	10 : 7 $\sigma$ : $\infty$	20·5
Zone <i>ac</i> auf <i>a</i> .						
<i>a</i> . $\gamma$	0° 11' 35"	336·53	336	0° 11' 38"	1 : $\infty$ : 8 $\sigma$	42
$\gamma'$						
Zone <i>ab</i> auf <i>b</i> und <i>b'</i> .						
<i>b'</i> . $\bar{\alpha}_4$	0° 27'	233·8	234	0° 26' 59"	6 $\sigma$ : 1 : $\infty$	39
<i>b</i> . $\alpha_1$	0° 27' 38"	228·5	228	0° 27' 42"	6 $\sigma$ : 1 : $\infty$	38
$\alpha_2$	0° 32' 25"	194·8	195	0° 32' 22"	5 $\sigma$ : 1 : $\infty$	39
<i>b'</i> . $\bar{\alpha}_5$	0° 33' 10"	190	190	0° 33' 10"	5 $\sigma$ : 1 : $\infty$	38
$\bar{\alpha}_3$	0° 35' 50"	176·2	175·5	0° 35' 59"	9 $\sigma$ : 2 : $\infty$	39
$\bar{\alpha}_6$	1° 20' 50"	78·1	78	1° 20' 56"	2 $\sigma$ : 1 : $\infty$	39
Zone <i>bc</i> auf <i>b</i> und <i>b'</i> .						
<i>b'</i> . $\bar{\gamma}'_4$	19'	377	378	18' 57"	$\infty$ : 1 : 9 $\sigma$	42
<i>b</i> . $\gamma_5$	25'	286·4	286	25' 2"	$\infty$ : 2 : 13 $\sigma$	44
$\gamma_1$	27' 49"	258·8	258	27' 45"	$\infty$ : 1 : 6 $\sigma$	43
<i>b'</i> . $\bar{\gamma}_3$	33' 15"	215·3	215	33' 20"	$\infty$ : 1 : 5 $\sigma$	43
<i>b</i> . $\gamma_6$	40' 40"	176·01	176	40' 41"	$\infty$ : 1 : 4 $\sigma$	44
$\gamma_2$	42' 40"	167·8	168	42' 37"	$\infty$ : 1 : 4 $\sigma$	42

Ein Blick auf die vorstehende Tabelle lehrt zunächst, dass die Abrundung, welche mit den den Beobachtungen direct entsprechenden Axenschnitten bei ihrer Deutung vorgenommen wurde, durchaus zulässig ist, da die in der fünften Columne aufgeführten aus den so abgeleiteten Axenschnitten gerechneten Winkel mit den direct beobachteten in der zweiten Columne in überraschender Weise übereinstimmen, so dass die Differenzen im Allgemeinen kaum 5" betragen, mithin mit den Grenzen der Beobachtungsfehler vollständig zusammenfallen.

Inwieferne das bedeutsame Hervortreten eines bestimmten Factors ( $\sigma$ ), welcher auf  $a$  wie auf  $b$  in allen Zonen dieselbe absolute Grösse besitzt, mit unseren Ideen über den Krystallbau in Zusammenhang gebracht werden könne, oder geeignet sei, dieselben zu erweitern, soll vorläufig nicht näher erörtert werden.

Nur zwei Punkte mögen schon hier betont werden,

1. Zunächst, dass dieses Hervortreten eines gemeinsamen Factors in den Parameterverhältnissen bis zu einem gewissen Grade unabhängig ist von der Art und Weise, wie dieselben geschrieben werden.

Eine einfache Ueberlegung genügt z. B., um zu zeigen, dass dieser Factor nicht verschwinden würde, wenn  $r$  oder  $\lambda$ , welchen bei der von Dana und Hintze gewählten, hier acceptirten Aufstellung der Danburitkrystalle das Zeichen 121 und 142 zukommt, zur Grundpyramide gewählt würden, für welche Grundannahme das gänzliche Fehlen der jetzigen Grundpyramide ( $\sigma = 111$ ) in den Combinationen der Schweizer Krystalle einerseits und das stete Vorhandensein und Vorherrschen der Pyramidenfläche  $\lambda$  und des zu  $r$  gehörigen Prismas  $l$  an denselben andererseits vielleicht mit gleichem Rechte geltend gemacht werden könnte. Man sieht vielmehr ein, dass dieser Factor dann nur bezüglich der einzelnen Flächen einen etwas anderen Zahlenwerth erhielte, d. h. halb oder doppelt so gross zu schreiben wäre, wie früher, so zwar, dass er sich eventuell sogar bezüglich aller Axen in Form ganzer Zahlen ausdrücken liesse.

Eine Discussion des letzteren Falles könnte wohl erst am Schlusse versucht werden.

2. Wenngleich vorläufig darauf verzichtend, die Bedeutung jenes Factors erklären zu wollen, kann man sich doch wenigstens sein Erscheinen leicht anschaulich und zugleich sein Verhältnis zu den übrigen Parameterzahlen zur Genüge klar machen, wenn man es versucht, die oben aufgezählten Vicinalflächen aus ihren Hauptflächen in ähnlicher Weise abzuleiten, wie dies Hauy in seiner Decrescenzlehre bezüglich der primären und secundären Formen gethan hat.

So kann man beispielsweise zur Fläche  $ma : n\sigma b : \infty c$  gelangen, wenn man sich vorstellt, dass die Fläche  $a$  sich nicht gleichförmig vergrössert habe, sondern eine schichtenweise Substanz-

anlagerung auf einer bestimmten der  $c$ -Axe parallelen Linie derselben begonnen habe und von dort in der Richtung der Axe  $b$  in solcher Weise fortgeschritten sei, dass Schichten von  $m$  Molekel Dicke (gemessen in der Richtung der zur Fläche  $a$  senkrechten Axe) und von  $n \cdot \sigma$  Molekelbreite (gemessen in der Richtung der in der Ebene von  $a$  liegenden Axe  $b$ ) sich ebenso rasch über als neben einander ausbreiteten.

Die Analogie zwischen dieser und der Hauy'schen Betrachtungsweise ist wohl Jedem sofort ersichtlich, nur dass Hauy auf dem umgekehrten Wege, nämlich durch Annahme einer Ablagerung von Molekeln auf immer beschränkterem Raume zur abgeleiteten Fläche gelangt<sup>1)</sup>.

Hingegen bemerkt man den Unterschied zwischen beiden ebenso leicht.

Denn während die Hauy'schen Decrescenzen sowohl in die Höhe als in die Breite in gleicher Weise um eine ganze, und zwar in der Regel geringe Zahl von Molekeln erfolgen, besteht in unserem Falle zwischen der Ueberlagerung von Substanz und zwischen der Ausbreitung derselben auf der darunterliegenden Fläche der Unterschied, dass nur hinsichtlich der ersteren die einzelne Molekel als Einheit erscheint, während hinsichtlich der letzteren die Strecke  $\sigma$  die Einheit darstellt, indem bei Flächen von dem allgemeinen Zeichen  $ma : n\sigma b : \infty c$  (um bei dem obigen Beispiel zu bleiben) das  $\sigma$  andeuten würde, dass die Ausbreitung in der Richtung der Axe  $b$  auf der Fläche  $a$  stets nach Vielfachen von  $\sigma$  stattgefunden habe.

Da nun das  $\sigma$ , wie sich zeigen wird, bei allen jenen Flächen Geltung besitzt, welche als vicinale Bildungen von den Hauptflächen  $a$  und  $b$  hergeleitet werden, so wird künftighin, wo von Vicinalflächen auf den beiden Pinakoiden die Rede ist, in dem Zeichen derselben das  $\sigma$  einfach weggelassen und nur im Allgemeinen dazu angegeben werden, auf welcher Hauptfläche sie erscheinen und für welches  $\sigma$  ihr Zeichen abgeleitet wurde.

Nach dieser Schreibweise<sup>2)</sup> können wir die Resultate unserer Beobachtungen auf  $a$  und  $b$  kurz in der Weise zusammenfassen,

<sup>1)</sup> Hauy, Lehrbuch der Mineralogie, übersetzt von Karsten, I., pag. 87.

<sup>2)</sup> Die eben vorläufig nur als abgekürzt: Schreibweise anzusehen ist.

dass wir sagen, es seien in vicinaler Form, für  $\sigma = 20$  bis 21 (ausgedrückt in Masseinheiten der Axe  $b$ ), folgende Flächenbildungen aufgetreten:

auf  $a$  in der Zone  $ac$ : (801);

auf  $a$  in der Zone  $ab$ : (210) (750) (430) (760) (110) (14. 15. 0)  
(7. 10. 0);

auf  $b$  in derselben Zone: (120) (290) (150) (160);

auf  $b$  in der Zone  $bc$ : (041) (051) (061) (091).

Die Beziehungen, welche bei dieser Darstellungsweise zwischen den Vicinalflächen derselben Zone und auf derselben Hauptfläche zwischen Vicinalflächen verschiedener Zonen am vorliegenden Krystalle hervorzutreten scheinen, lassen sich dann in folgenden Sätzen zusammenfassen:

1. Für die Zone  $ab$  ist es charakteristisch, dass bezüglich derselben Axe sowohl auf Fläche  $a$  als auf  $b$  die gleichen Indices oder einfache Vielfache derselben sich wiederholen;

so bezüglich der Axe  $a$ :

auf  $a$  und  $b$  die Indices 1, 4, 7 und das Zweifache davon;

bezüglich der Axe  $b$ :

auf  $a$  und  $b$  die Indices 1, 3, 5, respective das Doppelte und Dreifache davon.

2. Die auf der Fläche  $b$  sich kreuzenden Zonen  $ab$  und  $bc$  zeigen hingegen in der Nähe der genannten Fläche noch eine andere Eigenthümlichkeit, die mit der bereits hervorgehobenen Thatsache zusammenhängt, dass hier mehrere Winkel gleich gefunden wurden.

Der Umstand, dass einander entsprechende Flächenzeichen, wie (150) und (160) einerseits und (051), (061) andererseits in jenen Zonen wiederkehren, lässt sich jetzt auch in der Form zum Ausdruck bringen, dass man sagt, es habe um den Punkt  $b$  herum neben der besonderen, den betreffenden Zonen eigenthümlichen Combinationsbildung gleichzeitig die Tendenz sich geltend gemacht, nach verschiedenen Seiten hin die gleiche Art von Combinationsbildung zu wiederholen.

Bevor ich zur Besprechung der Zone  $bw$  und zur Erörterung der hier erzielten Messungsergebnisse übergehe, möchte ich nur kurz darauf aufmerksam machen, dass es noch einen zweiten Gesichtspunkt gibt, von welchem aus die bisher besprochenen vicinalen

Prismenflächen einheitlich betrachtet und mit einander verglichen werden können und welcher zugleich auch auf solche Vicinalflächen anwendbar erscheint, die nicht über den Pinakoïden auftreten. Dazu gelangt man nämlich dadurch, dass man die jeder einzelnen Vicinalfläche entsprechende Zunahme in der Substanzanlagerung berechnet, welche auf die Strecke  $\sigma$  des Durchschnittes der Zonenebene, der sie zugehört, mit der einfachen Fläche, auf welcher sie auftritt, entfällt.

In vorliegendem Falle (auf  $a$  und  $b$ ) geschieht dies in der Weise, dass man den in der einfachen Fläche gelegenen Parameter  $= \sigma$  setzt.

Der Parameter der zur einfachen Fläche senkrechten Axe gibt dann unmittelbar die Zunahme oder Abnahme, welche der betreffenden Vicinalfläche entspricht.

Zwischen den so erhaltenen Parameterzahlen, die aus einem später ersichtlichen Grunde Differenzzahlen genannt werden mögen, bestehen, wie leicht begreiflich, ebenso einfache Beziehungen, wie zwischen jenen, die oben aufgeführt wurden, indem sie bald der Einheit gleichkommen, wie bei den Flächenbildungen  $\beta_1'$  und  $\beta_3'$ , bald einfache Brüche darstellen, wie bei  $\beta_4$  und  $\beta_1$  etc., bald einander gleich sind, wie bei  $\beta_4$  und  $\bar{x}_6'$ ,  $\bar{x}_4$  und  $\gamma_1$ ,  $z_2'$  und  $\bar{y}_3$ , bald sich verhalten wie 1 : 2 etc. etc.

Die Differenzzahlen nun werden uns zunächst ein Mittel bieten, die Vicinalflächen, welche in der Zone  $bw$  auftreten, mit jenen, welche wir auf  $a$  und  $b$  angetroffen haben, zu vergleichen.

#### Messungen in der Zone $bw$ .

Der allgemeine Charakter der zwischen  $b$  (010) und  $w$  (041) ausgebildeten Zone unseres Krystalles war schon einmal Gegenstand der Betrachtung im ersten Theile der vorliegenden Arbeit; der Anblick der bereits mehrmals citirten Figuren  $3a$  und  $3b$ , Tafel V im Bande V dieser Mittheilungen, wird genügen, das dort Gesagte ins Gedächtnis zu rufen. Hier mögen nun die einzelnen Flächen selbst, namentlich diejenigen, welche an der streifigen Partie dieser Zone sich betheiligen, etwas genauer besprochen werden.

Die Beobachtung lehrte zunächst, dass es nicht nur für die Deutlichkeit, sondern auch für die gegenseitige Lage der Reflex-

bilder, welche die Zone ergab, nicht ganz gleichgiltig war, welche Stelle des der Zonenebene parallelen Querschnittes des Krystalles eingestellt, d. h. genau centrirt wurde, was übrigens schon bei oberflächlicher Betrachtung des Krystalles begreiflich erschien.

Denn, wenn auch in Folge des streifigen Charakters der Zone eine Anzahl von verschiedenen Flächen an verschiedenen Stellen neben einander sich wiederfanden, mit einander gleichsam ahwechselten, so liess sich doch gleichzeitig constatiren, dass im oberen Theile hauptsächlich die der Fläche  $w$  (041) näher liegenden, im mittleren die der Fläche  $g$  (071) benachbarten und im flachsten unteren Theile derselben die eigentlichen Vicinalflächen von  $b$  vorherrschten.

Wenn man daher den Krystall zunächst so zwischen die Fernröhre des Instrumentes bringt, dass die Ebene der Fernrohraxen den ganzen Flächencomplex, welcher über  $b$  bis zu  $w$  hin hier entwickelt erscheint, in zwei symmetrische Hälften theilt und wenn man dann jenen Theil der Streifenzone genau centrirt, welcher der Spitze der in der unteren Hälfte des Krystalles sich erhebenden vicinalen Hauptpyramide, in welche sich die Streifung selbst fortsetzt, zunächst liegt, und den Krystall nun so lange dreht, bis die vicinalen Flächenelemente von  $b$  spiegeln, so erhält man im Gesichtsfeld des Beobachtungsfernrohres das bereits oben beschriebene Bild, welches Vicinalreflexe vom Charakter  $b^\alpha$  und  $b^\alpha'$ , überdies auch solche vom Charakter  $b^\lambda$ ,  $b^\lambda'$  etc., endlich genau in der Zone zwei sehr scharfe und helle vom Charakter  $b^\gamma$  enthält.

Dreht man sodann den Krystall derart, dass die nach aufwärts gelegenen Flächen der Zone spiegeln, so erhält man nach beiläufig  $10^\circ$  betragender Drehung Reflexbilder, welche, wie sich zeigen wird, in der Nähe der Flächen (061), (071), (081) auftreten. Von der Fläche  $w$  erhält man bei dieser Centrirung kein Reflexbild.

Verschiebt man hingegen den Krystall so nach aufwärts, dass die oberen Partien der Streifenzone genau centrirt erscheinen, dann gibt  $w$ , welches auch hier nur schmal ausgebildet ist, zwei sehr schmale Reflexbilder, welche als die Begrenzung eines Lichtschimmers auftreten.

Im ersten Falle ergeben sich im Wesentlichen sieben durchaus deutliche, im zweiten Falle um zwei undeutliche Reflexbilder mehr, welche, von  $b$  aus auf einander folgend, nachstehende Winkel mit einander einschliessen:

I. Centrirung		II. Centrirung	
$\frac{1}{2}$ . . .	15'	$\frac{1}{2}$ . . .	15' 40''
$\frac{2}{3}$ . . .	10° 40''	$\frac{2}{3}$ . . .	10° 2' 30''
$\frac{3}{4}$ . . .	46' 16''	$\frac{3}{4}$ . . .	41'
$\frac{4}{5}$ . . .	2° 45' 40''	$\frac{4}{5}$ . . .	2° 48' 50''
$\frac{5}{6}$ . . .	1' 56'	$\frac{5}{6}$ . . .	1° 59' 50''
$\frac{6}{7}$ . . .	3° 41' 30''	$\frac{6}{7}$ . . .	3° 40'
		$\frac{7}{8}$ . . .	7° 21' 50''
		$\frac{8}{9}$ . . .	21' 30''

Die soeben angeführten Winkelwerthe stellen das Mittel von zahlreichen Einzelmessungen dar, deren Differenzen alle kleiner waren als je 1', bei den Reflexen 1, 2, 3 und 5 insbesondere nur wenige Secunden betragen. Die in beiden Reihen zu Tage tretenden Differenzen sind also sicher nicht blossen Beobachtungsfehlern zuzuschreiben.

Inwieferne die gegenseitige Beeinflussung der Seitenstrahlen der einander benachbarten Flächen dabei mitspielt, muss hier unberücksichtigt bleiben; wir wollen vielmehr an der Annahme festhalten, die Differenzen seien auf thatsächlich verschiedene Lage der spiegelnden Oberflächenelemente in der Zone  $b/w$  zurückzuführen, eine Annahme, welche aus zwei Gründen zulässig erscheint, einmal deshalb, weil wir es hier mit Vicinalflächen zu thun haben, deren Variabilität wir schon früher unter günstigeren Umständen ziemlich sicher nachweisen konnten und welche hier speciell im Einklange steht mit den Erscheinungen, welche sich unter der Lupe wahrnehmen liessen, zweitens deshalb, weil wenigstens die übrigen Reflexe, wenn wir 1, 2 und 6 ausnehmen, vollkommen einzeln auftraten, und nicht als Culminationspunkte cumulirter Reflexe sich darstellten, keiner von ihnen aber jene farbigen Säume erkennen liess, welche sonst einen auffallenden Charakter streifiger Reflexe bilden, waswohl daraus erklärlich wird, dass die einzelnen Streifen der gemessenen Zone wenigstens stellenweise eine ziemliche Breite besitzen.

Endlich glaube ich schon deshalb die folgenden Betrachtungen auf beide Reihen ausdehnen zu müssen, weil mir kein Grund vorliegt, der einen oder anderen von vorneherein einen Vorzug zuzugestehen.

Zunächst ist hervorzuheben, dass die Reflexe 1 und 2 in I mit  $\gamma_1$  und  $\gamma_2$ , die Reflexe 1 und 2 in II mit  $\gamma_5$  und  $\gamma_6$  auf Fläche  $b$  zu identificiren sind, deren Lage bezüglich der Zonenebene  $ab$ , mithin deren Winkel zum wahren Flächenorte von  $b$  bereits oben festgestellt wurden.

Wenn man dies berücksichtigt, dann ergibt sich aus der früheren Winkeltabelle die Thatsache, dass die Reflexe 8 und 9 Vicinalflächen von  $w$  (041), 7 solche von  $f$  (061) repräsentiren, während 6 in gleicher Weise auf  $g$  (071), 5 auf  $p$  (081), endlich 3 auf die von mir mit  $i$  bezeichnete Fläche (0.10.1) zu beziehen sind, 2 dagegen in beiden Fällen genau der Fläche (0.11.1) entspricht.

Die beiden letzten Flächen wurden bisher am Danburit überhaupt noch nicht beobachtet. Von den übrigen sind  $p$  und  $g$  zuerst von Hintze am Schweizer Danburit als neu beschrieben, jedoch, wie die Messungsdaten ergeben <sup>1)</sup>, gleichfalls nur als vicinale Flächen beobachtet worden, während  $f$  und  $w$  bereits von Dana am amerikanischen Danburit nach approximativen Messungen durch den Zonenverband erkannt worden waren.

Analog wie früher sollen auch jetzt die eben aufgezählten Reflexe mit dem Buchstaben derjenigen Hauptfläche (einfachen Fläche), welcher sie zugehören, und dieser selbst mit einem Exponenten versehen werden, welcher anzeigt, ob sie sich von der Flächennormale der zugehörigen Hauptfläche gegen die Endfläche hin (angezeigt durch  $\gamma$ ) oder nach der Längsfläche hin (angezeigt durch  $\beta$ ) entfernen.

In der nun folgenden Tabelle mögen ferner auf einer und derselben Horizontallinie Platz finden nicht nur der Schnitt, welcher den betreffenden Flächenelementen auf der Axe  $c$  zukommt, wofern sie auf der Axe  $b$  in die Entfernung = 1 gerückt werden, sondern auch der gleiche Parameter und Winkelabstand von der Längsfläche, welcher ihren Hauptflächen zukommt.

D., H., S. soll den Beobachter andeuten, welcher zuerst Veranlassung fand, auf jene Hauptflächen des Danburites hinzuweisen deren Vicinalflächen hier vorliegen.

<sup>1)</sup> C. Hintze. Ueber krystallisirten Danburit aus der Schweiz. Zeitschrift für Krystallographie. Bd. VII, 3, 1882, pag. 299.

Uebersicht der Messungsergebnisse in der Zone *bw*.  
Krystall XVIII.

			I. Centrirung			II. Centrirung		
Haupt- Flächen	Erster Beob.	Gerechnet. Winkel mit (010)	Charakter d. Fläche	Winkel mit (010)	Parameter auf <i>c</i>	Charakter d. Fläche	Winkel mit (010)	Parameter auf <i>c</i>
<i>b</i> (010)			$\gamma_1$	0° 27' 40"	258.8	$\gamma_5$	0° 25'	286.4
<i>b</i> (010)			$\gamma_2$	0° 42' 40"	167.8	$\gamma_6$	0° 40' 40"	176.01
<i>h</i> (0.11.1)	S.	10° 43' 24"	<i>h</i>	10° 43' 20"	11.001	<i>h</i>	10° 43' 10"	11.004
<i>i</i> (0.10.1)	S.	11° 46' 1"	$i_1\beta$	11° 29' 30"	10.246	$i_2\beta$	11° 24' 10"	10.329
<i>p</i> (081)	D.	14° 35' 42"	$p_1\beta$	14° 15' 10"	8.2005	$p_2\beta$	14° 13'	8.222
<i>g</i> (071)	H.	16° 34' 20"	$g_1\beta$	16° 11' 10"	7.1765	$g_2\beta$	16° 12' 50"	7.1635
<i>f</i> (061)	H.	19° 8' 46"	$f_1\gamma$	19° 52' 40"	5.7614	$f_2\gamma$	19° 52' 50"	5.7606
<i>w</i> (041)	D.	27° 30' 30"				$w_2\beta$	27° 14' 40"	4.0455
						$w_2\gamma$	27° 36' 10"	3.9841

Mit Ausnahme der beiden ersten Vicinalflächen, sowie der 7. der Reihe sind sie alle gegen die Ebene (001) stärker geneigt als die betreffenden Hauptflächen, nähern sich also dem *b* (010) mehr als diese selbst. Nur bei der Fläche *w* (041) ist eine Lage der beiden Vicinalreflexe zu beiden Seiten ihrer Flächennormale zu bemerken. Allein gerade in diesem Falle waren die Einstellungen zu ungenau, als dass es rätlich erscheinen möchte, die ihnen entsprechenden Werthe weiter zu verfolgen; es genüge in dieser Beziehung zu bemerken, dass das Mittel der angeführten Grenzwerte von der Lage des theoretischen Flächenortes von (041) nur sehr wenig abweicht. Die Bedeutung der Flächenelemente, welche den Reflexbildern  $\gamma_1$  und  $\gamma_2$ , respective  $\gamma_5$  und  $\gamma_6$  entsprechen, war schon einmal Gegenstand unserer Betrachtung. Wir haben uns deren Entstehung in der Weise anschaulich zu machen gesucht, dass wir sagten, es sei die ursprünglich angelegte Fläche (010) später nicht in allen ihren Theilen gleichmässig weiter gewachsen, sondern es habe vielmehr stellenweise ein reichlicherer Absatz von Molekeln stattgefunden, wobei nicht einzelne Molekeln, sondern ganze Schichten von Molekeln zum Absatz gelangten, Schichten, deren Breite ein einfaches Vielfaches der Strecke  $\sigma$  darstellt, deren Höhe hingegen eine Anzahl einzelner Molekel umfasst, so dass die auf die Strecke  $\sigma$



Parameter der Vicinalfläche darstellen, wofern dieselbe in die Endpunkte der Strecke  $\sigma$  gerückt wird, so dass die Strecken  $cc' = \delta'c$  und  $bb' = \delta'b$  gleichsam als Differenzzahlen der besprochenen Parameter erscheinen, so bestehen zwischen den aufgezählten Grössen folgende Beziehungen:

$$\begin{array}{ll} \zeta b = \sigma \sin \alpha & \zeta c = \sigma \cos \alpha \\ \zeta b : \zeta' b = \operatorname{tg} \alpha : \operatorname{tg} \alpha' & \zeta c : \zeta' c = \operatorname{ctg} \alpha : \operatorname{ctg} \alpha' \end{array}$$

$$\text{woraus } \zeta' b = \frac{\operatorname{tg} \alpha}{\operatorname{tg} \alpha'} \cdot \sigma \cdot \sin \alpha \qquad \zeta' c = \frac{\operatorname{tg} \alpha'}{\operatorname{tg} \alpha} \cdot \sigma \cdot \cos \alpha$$

$$\text{und } \zeta b - \zeta' b = \delta' b \qquad \zeta c - \zeta' c = \delta' c.$$

Wir erhalten so die in der Richtung der Axen  $b$  und  $c$  gemessene Abweichung der Vicinalfläche von der Ebene ihrer Hauptfläche, ausgedrückt in Einheiten jener Masszahl, welche beim Auftragen der Strecke  $\sigma$  zu Grunde gelegt wurde, und die so gefundene Zahl muss daher in Einheiten der betreffenden Axe umgewandelt werden.

Die auf solche Weise berechneten und reducirten Grössen sind in der nachfolgenden Tabelle für die zur Beobachtung gelangten Vicinalflächen der Zone  $bw$  übersichtlich zusammengestellt und die Länge der Strecke  $\sigma$  ist wie im Folgenden überall in Einheiten der kleinsten Molekelabstände, wie sie für  $o = 111$  auf der  $b$ -Axe anzunehmen sind, angegeben.

Dabei wurde die Berechnung der Differenzzahlen für die beiden auf den Pinakoiden gefundenen Grenzwerte 20 und 21 durchgeführt, deren Annahme von vorneherein gleich viel Berechtigung hat, von denen aber in jedem speciellen Falle, respective auf einer bestimmten Fläche, nur einer Geltung besitzen kann, insofern nämlich die Grösse desselben für alle gleichzeitigen Bildungen als constant anzusehen wäre.

Die folgende Betrachtung wird es wohl ergeben, welcher der beiden Werthe den realen Verhältnissen am meisten entsprechen dürfte, und ob etwa hinsichtlich der bei der ersten und zweiten Centrirung eingestellten Flächen in dieser Beziehung ein Unterschied existirt.

Zur Deutung der Vicinalflächen der Zone *bw*.  
Krystall XVIII.

Hauptfläche	$\alpha$	I. Centrirung				II. Centrirung				$\sigma$
		Vicinalfläche	$\alpha'$	$\delta'b$	$\delta'c$	Vicinalfläche	$\alpha''$	$\delta''b$	$\delta''c$	
<i>f</i> (061)	19° 8' 46''	$f_1\gamma$ $\alpha-\alpha'$	19° 52' 40''	0.2716	1.56	$f_2\gamma$ $\alpha-\alpha''$	19° 52' 50''	0.2725	1.56	20
			+ 43' 54''	0.2851	1.64		+ 44' 4''	0.2851	1.64	21
<i>g</i> (071)	16° 34' 20''	$g_1\beta$ $\alpha-\alpha'$	16° 11' 10''	0.141	1.00	$g_2\beta$ $\alpha-\alpha''$	16° 12' 50''	0.130	0.93	20
			- 23' 10''	0.148	1.05		- 21' 30''	0.136	1.00	21
<i>p</i> (081)	14° 35' 42''	$p_1\beta$ $\alpha-\alpha'$	14° 15' 10''	0.123	1.00	$p_2\beta$ $\alpha-\alpha''$	14° 13'	0.136	1.12	20
			- 20' 32''	0.129	1.06		- 22' 42''	0.1427	1.17	21
<i>i</i> (0.10.1)	11° 46' 1''	$i_1\beta$ $\alpha-\alpha'$	11° 29' 30''	0.098	1.00	$i_2\beta$ $\alpha-\alpha''$	11° 24' 10''	0.130	1.33	20
			- 16' 31''	0.103	1.05		- 21' 51''	0.136	1.39	21
<i>h</i> (0.11.1)	10° 43' 24''	<i>h</i>	10° 43' 10''	Null	Null	<i>h</i>	10° 43' 20''	Null	Null	—

Die vorstehende Tabelle zeigt bemerkenswerthe Eigenthümlichkeiten, die aus dem Vergleiche der darin enthaltenen Differenzzahlen  $\delta'b$ ,  $\delta'c$  etc. und des Unterschiedes zwischen den Neigungswinkeln  $\alpha$  der Hauptflächen und  $\alpha'$ , respective  $\alpha''$  der Vicinalflächen unter einander mit Leichtigkeit erkannt werden.

Wenn aber die auf diese zweifache Weise, nämlich im Winkelmasse durch die Differenz der Neigungswinkel und im Längenmasse durch die Parameterdifferenzen auf gleicher Strecke gemessene Abweichung der Vicinalflächen von der Lage der zugehörigen Flächen mit einfachen Indices uns eine Reihe von einfachen Beziehungen zwischen den von dem gleichen Zonenverbände umschlossenen Flächen *i* — *f* enthüllt und uns so einen unerwarteten Einblick in eine merkwürdige Thätigkeit des bauenden Krystalles eröffnet, so wird dieses als erster Beweis dafür angesehen werden können, dass wir uns auf keinem Irrwege befinden, indem wir die auf den Pinakoiden gemachten Erfahrungen auf die Untersuchung der Domenzone übertragen.

Was zunächst die relative Grösse der Differenzzahlen betrifft, so lässt sich in der That ganz allgemein der Satz aufstellen, dass dieselben bei sämmtlichen der hier aufgeführten Flächen entweder bezüglich der Verticalaxe *c* oder bezüglich der Horizontalaxe *b*

einander nahezu gleich sind, oder in einem sehr einfachen Verhältnisse stehen.

In dieser Hinsicht verhalten sich die bei der ersten und zweiten Centrirung gewonnenen Resultate gerade umgekehrt.

Besonders auffällig ist die Gleichheit der Differenzzahlen  $\delta'c$  in der Reihe I, von welcher Thatsache nur die erste Fläche  $f_1^\gamma$  eine Ausnahme macht, jene Fläche, welche von den übrigen auch dadurch sich unterscheidet, dass hier die Abweichung von der Lage der Hauptfläche nicht nach abwärts, sondern gegen die Endfläche hin stattfindet, was einer Zunahme der Substanzanlagerung parallel der Horizontalaxe  $b$ , mithin einer Abnahme rücksichtlich der Axe  $c$  gleichkommt, weshalb die auf letztere bezogene Differenzzahl hier als negativ bezeichnet wurde.

In der II. Reihe zeigen die Parameterdifferenzen  $\delta c$  hingegen keine Gleichheit, sondern vielmehr eine stetige Zunahme mit der Annäherung an das Pinakoid  $b$  (wenn wir von  $f_2^\gamma$  wieder absehen), es verhalten sich dieselben ihrer Grösse nach bezüglich der Flächen  $g_2^\beta$ ,  $p_2^\beta$ ,  $i_2^\beta$  und  $f_2^\gamma$  genau wie  $5 : 6 : 7 : 8$  (wenn wir  $f_2^\gamma$  in den Vergleich einbeziehen).

Hier in dieser Reihe nähern sich umgekehrt die Differenzzahlen  $\delta b$ , also auf der Horizontalaxe, wechselweise ungemein der Gleichheit und die in beiden Reihen gleichmässig auftretende Vicinalfläche  $f^\gamma$  erscheint mit den Vicinalflächen der II. Reihe wenigstens insoferne gesetzmässig verknüpft, als ihr  $\delta b$  genau das doppelte beträgt als das  $\delta b$  der darauf folgenden Vicinalflächen von  $g$ ,  $p$  und  $i$ .

Die zuletzt besprochenen Verhältnisse finden sich übrigens, wenn auch in einem minderen Grade von Deutlichkeit, in den in der Tabelle aufgeführten Winkeldifferenzen der Haupt- und Vicinalflächen selbst angedeutet, welche in der II. Reihe folgende Werthe annehmen:

$$\alpha - \alpha'' \quad \dots \quad i_2^\beta \quad p_2^\beta \quad g_2^\beta \quad f_2^\gamma \\ \alpha - \alpha'' \quad \dots \quad - 21' 51'' \quad - 22' 42'' \quad - 21' 30'' \quad + 44' 4''$$

Man ersieht hieraus, dass die Winkeldifferenzen der dem  $f$  vorausgehenden Flächen sich nur wenig von einander unterscheiden (so dass der Unterschied vielleicht gar in Beobachtungsfehlern zu suchen ist) und dass ihr Mittelwerth genau halb so gross ist, als

die Abweichung der Vicinalfläche  $f_2^\gamma$  von  $f$  beträgt. Bei der ersten Centrirung bilden die Winkeldifferenzen eine aufsteigende Reihe, da

$$\begin{array}{cccc} i_1^\beta & p_1^\beta & g_1^\beta & f_1^\gamma \\ \alpha - \alpha' . . . & - 16' 31'' & - 20' 32'' & - 23' 10'' & + 43' 54'' \end{array}$$

beträgt, und verhalten sich in dieser Beziehung ähnlich wie die entsprechenden Differenzzahlen  $\delta b$  derselben Reihe, welche, wie aus der Tabelle ersichtlich, mit der Annäherung an die Pinakoidfläche  $b$  ohne Ausnahme eine stetige Abnahme zeigen.

Man erkennt aber zugleich, dass die letztgenannten Differenzzahlen einfachen Brüchen nahekommen und dass diese unter einander ungefähr in demselben Verhältnisse stehen, wie die Abschnitte, welche den Flächen (072) (071) (081) (0 . 10 . 1) auf der Horizontalaxe zukommen, wenn sie auf der Verticalaxe durch einen und denselben Punkt gelegt gedacht werden, was in den Winkeldifferenzen allein noch nicht zum Vorschein kommt.

Der Vortheil, den die Methode, die Abweichung der Haupt- und Vicinalflächen von einander im Längenmasse auszudrücken, zu bieten scheint, tritt eben erst recht deutlich hervor, sobald man die absolute Grösse der Differenzzahlen ins Auge fasst.

Wenn man beispielsweise die in einer früheren Tabelle für  $b = 1$  aus den Winkeln unmittelbar abgeleiteten Parameter auf  $c$  für  $i_1^\beta = 10.246$  und  $g_1^\beta = 7.167$  betrachtet, wo die Differenzen gegenüber den einfachen Flächen (0 . 10 . 1) und (071), nämlich 0.246 und 0.167, sich sehr bedeutend unterscheiden, hingegen die für dieselben Vicinalflächen derselben Reihe in der obigen Tabelle eingetragenen Differenzzahlen auf der Axe  $c$  nachsieht und diese nicht nur gleich, sondern auch noch sehr einfach findet, da sie für  $\sigma = 20$  genau einen Molekelabstand in der Richtung der  $c$ -Axe betragen, so ist dies wohl der beste Beweis für die Vereinfachung, in welcher bei dieser Betrachtungsweise die Beziehungen der Vicinalflächen sich darstellen.

In der That sind die positiven Differenzzahlen der I. Reihe für alle Flächen ausser  $f_1^\gamma$  genau  $= 1$ , was man, nebenbei bemerkt, den Winkeldifferenzen an sich kaum entnommen hätte, und die positive Differenzzahl der Fläche  $f_1^\gamma$ , nämlich 0.285, ist genau  $= \frac{3}{4}$ . In der II. Reihe beträgt der Durchschnittswerth der Differenzzahlen auf der  $b$ -Axe, wie schon gesagt, ungefähr die Hälfte, also  $\frac{1}{2}$ .

Wenn wir die I. Reihe, wo die Verhältnisse am einfachsten liegen, noch einmal betrachten, so erscheint es überdies höchst eigenthümlich, dass die Differenzzahl  $\delta c$  auf der Strecke  $\sigma$  hier bei den mittleren Flächen genau den gleichen Werth besitzt, wie die Differenz zwischen den für  $b = 1$  abgeleiteten Parametern auf  $c$  der zugehörigen einfachen Fläche und der ihr nach derselben Seite hin, nach welcher die Abweichung der Vicinalfläche stattfindet, benachbarten einfachen Fläche, was beispielsweise zwischen (071) und (081) und zwischen (0.10.1) und (0.11.1) sehr deutlich zu bemerken ist.

Dass zwischen (081) und (0.10.1) eine Lücke besteht, darf die Betrachtung nicht stören, da, wie hier erwähnt zu werden verdient, an dieser Stelle zwar auch noch Reflexbilder erschienen waren, aber in viel zu wenig präciser Form, als dass diesbezügliche Messungen für die vorliegenden Untersuchungen hätten brauchbar sein können — so dass also auch die Beobachtung hier lückenhaft war.

Die zuvor erwähnte eigenthümliche Erscheinung fordert unwillkürlich zu einer Erklärung heraus.

Wenn es nun auch unmöglich wäre, eine solche hier zu unternehmen, ohne sich allzusehr in theoretische Ideen über den Krystallbau zu vertiefen, so dürfte die folgende allgemeine Betrachtung doch hinreichen, um zu zeigen, dass sich die oben aufgefundene Thatsache in einer viel übersichtlicheren Form darstellen lässt, welche uns gestattet, ähnliche einfache Verhältnisse, falls sie bei anderen Vicinalflächen zur Beobachtung kommen, mit Leichtigkeit wieder zu erkennen und auch verwickeltere Verhältnisse darauf zu beziehen.

Beim Anblicke der streifenförmig mit einander wechselnden Flächen der Zone  $bw$  wird man sogleich daran erinnert, dass hier die krystallbauende Thätigkeit unter gleichzeitiger Constanz auf allen Punkten einer und derselben Zonenkante im Verlaufe der Zonenebene Schwankungen erlitten haben müsse.

Der Umstand insbesondere, dass die gleiche Lage der spiegelnden Oberflächentheile des Krystallindividuums in verschiedener Höhe der Zone sich mehrmals wiederholt, ist ein Beweis dafür, dass auch die Ursachen, durch welche sie hervorgerufen wurden, an verschiedenen Stellen der Zone gleichsam periodisch sich wieder-

holt haben müssen. Da es sich hiebei offenbar im Wesentlichen um den bald in grösserer, bald in geringerer Menge und Schnelligkeit erfolgenden Anschluss von frei schwebenden an bereits fixirte Molekel handelt, so muss in dieser Hinsicht sowohl die Richtung als die Schnelligkeit, kurz die Art der letzten Annäherung der bewegten Molekel jedenfalls von grösster Wichtigkeit sein.

Auf die Annäherung der Molekel werden aber im Allgemeinen dreierlei Kräfte einen entscheidenden Einfluss zu nehmen vermögen;

1. Kräfte, die vom Krystall herrühren, die aber eine Art Massenwirkung desselben darstellen, von dem Schwerpunkt desselben ausgehen und nach diesem hin gerichtet sind; dieselben werden hauptsächlich auf die noch in grösserer Entfernung befindlichen Molekel einen bestimmenden Einfluss ausüben.

2. Solche, die von Oberflächentheilen des bereits gebildeten Krystalles ausgehen, deren Wirksamkeit sich hauptsächlich auf die bereits in nächster Nähe der Oberfläche befindlichen Molekel erstrecken wird, Kräfte, die, von der bereits erlangten Gestalt des Krystalles abhängig, einen von Punkt zu Punkt verschiedenen orientirenden Einfluss auszuüben vermögen, und endlich

3. solche Kräfte, deren Entstehung ausserhalb des Krystalles zu suchen ist, die als „ablenkende“ Diffusionsbewegungen den Ansatz der Molekel gleichfalls in bestimmter Weise beeinflussen.

Diese drei Arten von Kräften, so könnte man sich vorstellen, hätten, theilweise einander entgegenwirkend, im Vereine mit den speciellen Eigenschaften der Krystallmolekel an sich, den Wechsel von  $f$ ,  $g$ ,  $p$  hervorgerufen, indem dieselben an verschiedenen Stellen des Krystalles zu gleich grossen und gleich gerichteten Resultirenden sich vereinigten.

Allein der gegenwärtige Zustand des Krystalles würde seit jenem Momente, wo die genannten Flächen entstanden zu denken sind, noch weitere Veränderungen voraussetzen, die sich kurz so ausdrücken lassen, dass die genannten Flächen keineswegs gleichmässig weitergewachsen seien, indem zwar die Substanzanlagerung sich gleich blieb oder doch die Aenderung gleichmässig erfolgte auf allen Punkten einer und derselben zur Zonenebene senkrechten Linie, dagegen auf allen in der Zonenebene gelegenen Punkten, bald nach der Endfläche hin, bald nach der Längsfläche hin eine

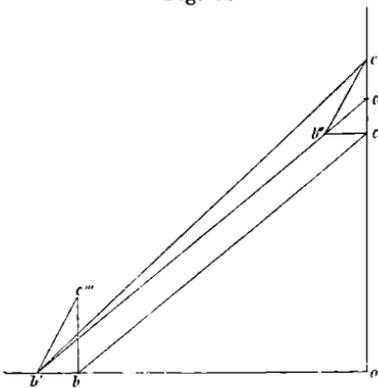
gesteigerte Thätigkeit, ein reichlicherer Absatz neuer Molekel stattgefunden habe.

Mit anderen Worten, es scheint bezüglich jener Kräfte, welche das Nebeneinandervorkommen der Flächen  $f$ ,  $g$ ,  $p$  veranlassten, eine Verschiebung der Perioden gleicher Wirksamkeit eingetreten zu sein.

Die nächstliegende Verschiebung, die dabei denkbar ist, wäre die, dass nunmehr über den einander zunächst gelegenen Flächen die benachbarte Flächenbildung sich geltend machte, so dass beispielsweise über der Fläche (071) plötzlich die Tendenz eintrat, die Molekel in derselben Weise neben und über einander zu gruppieren, welche zur Entstehung der benachbarten Fläche (081) hingeführt hatte.

Es ist gewiss höchst bemerkenswerth, dass die Grösse der von uns gefundenen Differenzzahlen in der That auf einen derartigen Vorgang hinzuweisen scheint, sobald man sie auf die kleinste Molekelschichte der den Vicinalflächen zu Grunde liegenden betreffenden einfachen Flächen bezieht, wenn man also die Voraussetzung macht, dass die zur Differenz hinführende Aenderung des Zustandes zwischen der Anlage zweier solcher Schichten zum Vorschein gekommen sei.

Fig. 2.



Stellt in der beifolgenden schematischen Figur, um an einen einfachen, concreten Fall anzuknüpfen,  $cb$  in einem bestimmten Zeitmomente die Trace der Grenzebene (011) auf der Axenebene  $bc$  dar, so würde  $b'c' = \sigma$  die Grenzebene nach Ablagerung einer weiteren Molekelschichte darstellen, wofern die Fläche als solche erhalten bliebe. Dieses ist jedoch

nicht der Fall, sondern die neue Grenzebene, welche nunmehr sich erhält und als solche vergrössert, erscheint gegeben nicht durch  $b'c'$ , sondern durch  $b'c''$ . Den Uebergang aus der einen in die andere Lage der Grenzebenen, mithin die Aenderung, die vor sich gehen musste, um zur neuen Grenzebene hinzuführen, kann man nun in der Weise zum Ausdruck bringen, dass man sagt, es habe, bevor noch das

$b'$  von einer neuen Molekel überdeckt wurde, über  $c'$  und allen in gleicher Entfernung folgenden, in gleicher Weise und in gleichem Verhältnis bereits ein Neuansatz weiterer Molekel  $c''$  etc. stattgefunden, derart, dass eben  $c''$  und die entsprechend gelegenen weiteren Molekel mit  $b'$  der neuen Grenzebene  $b'c''$  angehören, welche als Vicinalfläche in Erscheinung tritt. Hätte dieser Neuansatz nicht erst über der am Ende der Strecke  $\sigma$  befindlichen Molekel  $c'$ , sondern bereits bezüglich der gemäss dem inneren Netz des Krystalles einander zunächst liegenden Molekel sich geltend gemacht, wie durch  $c'''$  über  $b$  angedeutet wurde, so würde nicht die Vicinalfläche, deren Neigungsverhältnisse durch  $b'c''$  gegeben sind, sondern eine Fläche mit einfachen Indices, nämlich von der Lage  $b'c'''$ , also (021), entstanden sein. Dieselbe Ursache, welche das Auftreten von Vicinalflächen überhaupt bedingt, wäre es also, die hier die Flächenbildung (021) unseren Blicken entzog.

Umgekehrt aber könnten wir die Flächenbildung (021) als inducirende Ursache der durch die obige Differenzzahl = 1 umschriebenen Vicinalfläche hinstellen und uns kurz so ausdrücken, die betreffende Vicinalfläche sei inducirt durch (021).

Wenn wir diese Ausdrucksweise nun auf die oben aufgezählten Vicinalflächen der Zone  $bw$  anwenden und nach den einfachen Flächen fragen, welche in dem soeben erörterten Sinne als inducirende Ursache derselben anzusehen wären, so brauchen wir nur die kleinsten, das heisst einander zunächst liegenden Molekelschichten der ursprünglichen Fläche herzunehmen (deren Dicke, gemessen in der Richtung der drei Axen  $a$ ,  $b$  und  $c$ , aber gegeben ist durch das kleinste, in ganzen Zahlen ausgedrückte Verhältnis der Parameter) und die betreffende positive Differenzzahl zu dem der gleichen Axe angehörigen Parameter addiren.

$g_1^\beta$  erscheint demnach inducirt durch  $(\infty a : b : [1 + 7] c) = (181)$

$p_1^\beta$  " " " durch  $(\infty a : b : [1 + 8] c) = (091)$

$i_1^\beta$  " " " durch  $(\infty a : b : [1 + 10] c) = (0.11.1)$

und wenn wir die gleiche Betrachtungsweise auch auf den complicirteren, durch  $f_1^\gamma$  dargestellten Fall anwenden, so wäre diese Flächenbildung auf Induction von  $(\infty a : [1 + \frac{2}{3}] b : 6 c) = (\infty a : 9 b : 42 c)$

= ( $\infty a : 3b : 14c$ ) zurückzuführen, also auf eine Fläche, welche sich zusammensetzt aus  $2(041) + (061)$ <sup>1)</sup>.

Bemerkenswerth ist es, dass die am unteren Ende der Zone entwickelte Fläche  $h = (0.11.1)$ , welche nach der obigen Darstellung auf der benachbarten Fläche  $i$  als inducirende Ursache der Vicinalfläche  $i_1^\beta$  erscheint, selbst frei ist von Vicinalflächenbildung, worin man vielleicht einen Hinweis erblicken könnte, wie weit die Verschiebung der Perioden gleicher Wirksamkeit nach unten hin vorgeschritten sei, da sich die genannte Fläche  $h$  in ihrem ursprünglichen Zustande erhielt, wofern man sie nicht lieber (bei dem Umstande, dass auch auf der benachbarten Fläche  $b$  Vicinalflächen zur Ausbildung gelangten) als eine eben in Folge jener gedachten Kräfteverschiebung an der Kante  $bi$  zu Stande gekommene Neubildung auffassen möchte.

Die oberste Fläche  $f_1^\gamma$ , sowie die Vicinalflächen der II. Reihe könnten dagegen umgekehrt als Product wiederholter Aenderungen, also gleichsam als eine Art Vicinalflächen von Vicinalflächen hingestellt werden.

Somit wären alle diejenigen Flächen des mit XVIII bezeichneten Krystalles, die genauere Messungen gestatteten, in möglichst erschöpfender Weise durchgesprochen.

Es erübrigt, zur Vollständigkeit seiner Charakterisirung, nur noch über die verticalen Prismenflächen und die Pyramidenflächen  $\lambda$  ein paar Worte zu sagen.

Was die ersteren betrifft, so ist schon an der citirten Zeichnung<sup>2)</sup> zu bemerken, dass sie keineswegs einheitlich gebildet, sondern sehr rauh und uneben beschaffen, gleichsam eingerissen und aus vielen nach auf- und abwärts gekehrten Erhabenheiten zusammengesetzt erscheinen.

Wenn man daher beispielsweise die durch die Flächenorte von  $a$  und  $b$  gehende Ebene justirt und von der centrirten Mitte der ersteren Fläche zur Mitte der zweiten Fläche in der Messung fortschreitet, dann beobachtet man zwischen beiden eine Reihe

<sup>1)</sup> Wobei durch (061) wieder die betreffende Fläche von einfachen Indices, welche der Vicinalfläche zu Grunde liegt, durch (041) die ihr auf jener Seite zunächst gelegene Fläche von einfachen Indices gegeben erscheint, nach welcher hin die Abweichung der Vicinalfläche stattfindet.

<sup>2)</sup> Fig. 3a und 3b des ersten Theiles.

von Reflexbildern, die einen durchaus streifigen Charakter besitzen und bald links (nach oben hin), bald rechts (nach unten hin) von der eingestellten Zonenebene  $ab$  abweichen, wonach sie sich grösstentheils als vicinalen Pyramidenflächen zugehörig darstellen.

Der Abstand der zwei hellsten und am schärfsten hervortretenden, zugleich der genannten Zone am nächsten gelegenen Reflexbilder von dem Flächenorte  $b$  wurde bei Einstellung des durch die Mitte der vorherrschend entwickelten Endflächen gehenden Querschnittes zu  $40^{\circ} 38'$  einerseits (zwischen  $a$  und  $b$ ) und  $40^{\circ} 39'$  andererseits (zwischen  $b$  und  $a'$ ) gefunden. Bei Einstellung eines anderen Querschnittes (weiter aufwärts) erschienen an der gleichen Stelle minder gute Signalbilder, alle bereits mehr von der Zone abweichend, darunter das deutlichste zwischen  $a$  und  $b$ , beiläufig in dem Abstände  $40^{\circ} 12'$  von  $b$ .

Beide Messungen können wohl nicht allzu viel Vertrauen in Anspruch nehmen, weil wir es möglicherweise mit cumulirten Reflexbildern zu thun haben, was im zweiten Falle sogar sehr wahrscheinlich ist. Doch ist wenigstens das eine damit constatirt, dass diejenige Fläche, aus welcher die spiegelnden Flächenelemente offenbar sämmtlich nur wenig hervorragen, welche ihnen gleichsam als Grundlage dient, hier speciell hauptsächlich mit  $l$  (120) zu identificiren wäre.

Dieser Fläche käme der Winkel  $b/l = 42^{\circ} 33' 47''$  zu.

Die Indices, welche aus den schon angeführten Winkeln sich herleiten lassen, sind hingegen complicirter und würden zwischen  $21a : 10b : \infty c$  und  $22a : 10b : \infty c$  liegen, wofern dieselben auf wahre Prismenflächen bezogen werden, was übrigens nach dem früher Gesagten nur bezüglich der erst aufgeführten Reflexe gilt, die auch noch durch ihre symmetrische Anordnung um  $b$  vertrauenswürdiger erscheinen und deren Winkel fast genau auf das Verhältnis  $15a : 7b : \infty c$  hinweist, welches den Winkel  $= 40^{\circ} 36' 2''$  erfordern würde<sup>1)</sup>.

Von den Pyramidenflächen war nur die rechts oben dem  $a$  anliegende Fläche  $\lambda$  etwas einfacher gebaut und mit einer verhältnismässig gut spiegelnden Oberfläche versehen, während die

<sup>1)</sup> Es soll schon hier hervorgehoben werden, dass die in vicinaler Form auf  $a$  gefundene complicirte Flächenbildung  $15a : 14b : \infty c$  in die vorstehende Fläche übergeht, wenn man den Parameter von  $a$  mit 2 multiplicirt.

übrigen lediglich matte und undeutliche Reflexbilder gaben. Wenn trotzdem diese Messung hier ausführlich beschrieben wird, so geschieht dies deswegen, weil sich hier eine in Folge der begleitenden Umstände sehr günstige Gelegenheit darbietet, zu zeigen, bis zu welchem Grade von Genauigkeit es möglich ist, aus den Beobachtungen in der Zone  $bc$  den Correcturwinkel festzustellen, mit dessen Hilfe man die bezüglich der Vicinalfläche  $a^\gamma$  und  $a^\gamma$  durchgeführten Messungen auf den wahren Flächenort von  $a$  zu reduciren vermag.

Bei Einstellung der Zone  $a/\lambda$ , wobei das Mittelfeld zwischen den schon oben besprochenen Flächenpositionen  $a^\gamma$  und  $a^\gamma$  auf  $a$  zum Ausgangspunkte genommen wurde, erschienen auf der Fläche  $\lambda$  im Wesentlichen zwei Reflexbilder hinter einander.

Zuerst ein schwächerer, aber präciser (äusserer Reflex,  $\lambda^r$  in der früheren Bedeutung), dann ein sehr heller (innerer Reflex,  $\lambda^i$ ), welcher jedoch insoferne weniger scharf einstellbar war, weil er sich bei näherer Betrachtung von einem zweiten, gegen das obere Ende des Krystalles hin ausweichenden (seitlichen) Reflex theilweise überdeckt erwies. Ob wir es nun in diesem Falle mit einer Fläche zu thun haben, die nach der angenommenen Schreibweise mit  $\lambda^\lambda$  oder  $\lambda^c$  zu bezeichnen wäre, konnte diesmal auf dem Wege der Messung, wie gesagt, nicht constatirt werden.

Ein Blick auf die öfters citirte Figur lässt mit grosser Wahrscheinlichkeit vermuthen, dass dieser Reflex von Flächenelementen herrührt, die der Durchschnittskante mit dem links anliegenden  $\lambda$  parallel gehen.

Die in der Zone  $ac$  gelegenen Reflexbilder  $a^\gamma$  und  $a^\gamma$  waren auch bei dieser Einstellung, wo sie gleich weit rechts und links von der betrachteten Zone entfernt auftraten, sehr scharf und deutlich ausgeprägt und umschlossen mit ihren verengten centralen Theilen einen verschobenen Rhombus, dessen Mittelpunkt sich mit dem Durchschnittspunkt des Fadenkreuzes sehr genau zur Coïncidenz bringen liess.

Gemessen wurde einmal der Winkelabstand der inneren und äusseren Reflexe auf  $\lambda$  vom Centrum der beiden gesonderten Bilder von  $a^\gamma$  und  $a^\gamma$ , Reihe  $A$  und  $B$ , sodann  $C$  der Winkelabstand vom Mittelpunkte des zwischen letzteren liegenden dunklen Feldes.

Es wurde so gefunden als Mittel von je fünf Einstellungen :

	berechnetes Mittel	beobachtetes Mittel
$A \ a\gamma/\lambda^r = 71^\circ 57' 40''$		
$B \ a\gamma'/\lambda^r = 71^\circ 40' 55''$	$a/\lambda^r = 71^\circ 49' 18''$	$C \ a/\lambda^r = 71^\circ 49' 30''$
$A \ a\gamma/\lambda^t = 72^\circ 33'$		
$B \ a\gamma'/\lambda^t = 72^\circ 16'$	$a/\lambda^t = 72^\circ 24' 30''$	$C \ a/\lambda^t = 72^\circ 24'$

Der Unterschied der beiden Messungsreihen ( $A$  und  $B$ ) beträgt  $71^\circ 57' 40'' - 71^\circ 40' 55''$ , also  $16' 45''$ .

Wenn wir aus beiden Messungen das Mittel nehmen, so ist es so, als ob wir zur zweiten Messung die Hälfte des Winkels  $16' 45'' = 8' 23''$  zugezählt, respective von der ersten Messung ebensoviel substrahirt hätten.

Wenn wir aus dem Abstände  $a \cdot a\gamma$ , respective  $a \cdot a\gamma'$ , welcher an dem vorliegenden Krystall auf  $a$  mit der möglichst grössten Genauigkeit zu  $11' 35''$  festgestellt wurde, unter Berücksichtigung des Umstandes, dass die Zone  $ac$  mit der Zone  $a\lambda$  einen Winkel von  $46^\circ$  einschliesst, die Projection der gleichen Strecke auf die Zone  $a\lambda$  berechnen, so ergibt sich dafür der Werth zu  $8' 20''$ , also genau ebenso gross, wie er oben als empirischer Correcturwinkel aus dem Mittel der zu  $a\gamma$  und  $a\gamma'$  angestellten Messungen hervorging.

Das  $\lambda'$ , welches dem wahren Flächenorte von  $\lambda$  sehr nahe liegt, nur etwa  $3'$  davon abweicht, hat mehr den Charakter einer Scheinfläche. Der Winkel zur anderen Vicinalfläche ( $\lambda^r$ ) ist dagegen als ziemlich sicher bestimmt anzusehen, und man ist berechtigt, ihn der Rechnung zu Grunde zu legen, falls man auch hier die Frage zu beantworten sucht, ob und nach welcher Gesetzmässigkeit jene Aenderung der Substanzanhäufung über  $\lambda$  erfolgte, welche die unter dem betreffenden Winkel in der Zone  $a/\lambda$  nach abwärts abweichende Grenzebene hervorrief.

Die Voraussetzung, dass die in Rede stehende Vicinalfläche der Zone  $a/\lambda$  angehört, vereinfacht die Sache insoferne, als anzunehmen ist, dass auf allen Punkten der zur Kante  $\lambda/r$  parallelen Linien Gleichförmigkeit des Ansatzes neuer Molekel geherrscht habe, die Verschiedenheit des Ansatzes demgemäss auf die in der Zoneebene hinter einander liegenden Punktreihen sich erstrecke.

Wenn wir mutatis mutandis ähnlich verfahren wie bei Betrachtung der Zone  $bw$ , so ist zunächst zu untersuchen, wie sich

eine dem  $\sigma$  gleiche Strecke, gemessen auf der Fläche  $\lambda$ , und zwar in einer zur Zonenaxe senkrechten Richtung auf die gleichfalls der Zonenebene angehörige Axe  $a$  projicirt.

Bezeichnen wir diese Projection in Analogie mit dem Früheren mit  $\zeta a$  und mit  $\zeta' a$  diejenige Grösse, welche dem Abschnitte der in das Ende der Strecke  $\sigma$  verlegten Vicinalfläche auf derselben Axe entspricht, so ergibt sich aus der Relation  $\zeta a = \sigma \sin \alpha$  das  $\zeta' a = \zeta a \frac{\operatorname{tg} \alpha}{\operatorname{tg} \alpha'}$ , wofern unter  $\alpha$  und  $\alpha'$  etc. wieder die Neigungswinkel der betreffenden Haupt- und Vicinalflächen, und zwar diesmal bezüglich der Querfläche (100) verstanden werden.

Daraus erhält man aber  $\delta' a = \zeta a - \zeta' a$ , welches durch Division durch die Zahl 0·54446 in Einheiten der Axe  $a$  ausgedrückt erscheint, worauf es eben ankommt.

Da  $\alpha = 72^\circ 21' 30''$ ,  $\alpha' = 71^\circ 49' 30''$ , so berechnet sich für  $\sigma = 20$ ,  $\delta' a = -1\cdot09$ ,  $\delta c = 0\cdot552$  und  $\delta b = 0\cdot276$ .

Eine Deutung der so erhaltenen Differenzzahlen will ich bei dieser Messung, eben weil sie eine vereinzelt Pyramidenfläche betrifft und ein Vergleich mit den übrigen in Folge der mangelhaften Beschaffenheit des Krystalles unterbleiben musste, nicht vornehmen; dies wird vielmehr unsere Hauptaufgabe bei Untersuchung des nächstfolgenden Krystalles sein, an welchem sämtliche Pyramidenflächen  $\lambda$  messbare Reflexbilder ergaben, und nur das eine möchte ich betonen, dass die positive Differenzzahl auf der  $b$ -Axe hier genau ebenso gross gefunden wurde, wie der auf der Fläche (061) für die gleiche Strecke und auf derselben Axe festgestellte Werth, welcher der Vicinalfläche  $f_1\gamma$  entspricht, jener Fläche, welche in der Zone  $bw$  am vorherrschendsten entwickelt erscheint.

### Krystall IX.

(Besonders wichtig wegen der symmetrischen Lage der Vicinalflächen auf  $\lambda$  und der einfachen Deutung, welche ihr gegeben werden kann.)

Im Ganzen überaus symmetrisch gebauter Krystall. Typus I, ähnlich Fig. 2b und 2b', Tafel V. Die Domen  $d$  und  $d'$  rechts und links ziemlich im Gleichgewichte entwickelt, weit hinaufreichend, jedoch keine brauchbaren Bilder gebend. Sämmtliche

$r$ -Flächen als sehr schmale Abstumpfungen an den Kanten  $a/\lambda$  bloss angedeutet, ohne messbare Reflexe zu liefern.

Auf sämtlichen Flächen  $\lambda$  je drei Reflexe. Zwei davon sehr schön, in der Zone  $a/\lambda$  vom Charakter  $\lambda^r$  und  $\lambda^l$ , ein dritter seitlich gelegen; letzterer auf allen vier  $\lambda$ -Flächen bezüglich seiner Lage am variabelsten, aber stets der Zone zur seitlich benachbarten Fläche  $\lambda$  angehörend.

Auf  $a$  und  $a'$  der bekannte Vicinalflächenbau mit dem Abstände  $a\gamma : a\gamma^1 = 22' 4''$ , entsprechend dem Parameter  $8 \times 44$  (mit dem berechneten Winkel  $a.\gamma = 11' 4''$ ), woraus sich die Projection von  $a.\gamma$  auf  $a/\lambda$ , der Correcturwinkel bezüglich der Messung zu  $\gamma$ , zu  $7' 58''$  (nahezu  $8'$ ) ergibt.

Reihe A, Zone  $a/\lambda$  (100) (142).

(Blos die äusseren Reflexe ( $\lambda^r$ ) und die inneren ( $\lambda^l$ ) wurden hier berücksichtigt.)

Beobachtete Winkel	Abgeleitete Winkel	Corrig. Werthe
$\gamma : 1 = 71^\circ 35' 39''$	$\gamma : 1 = 71^\circ 35' 39''$	$a : 1 = 71^\circ 43' 39''$
$1 : 2 = 37' 57''$	$2 = 72^\circ 13' 36''$	$2 = 72^\circ 21' 36''$
$2 : 3 = 35^\circ 16' 47''$	$\underline{\gamma} : 3 = 72^\circ 29' 37''$	$a' : 3 = 72^\circ 21' 37''$
$3 : 4 = 36' 37''$	$4 = 72^\circ 53'$	$4 = 71^\circ 45'$

Reihe B, Zone  $a/\lambda'$  (100) (142).

Beobachtete Winkel	Abgeleitete Winkel	Corrig. Werthe
$\gamma : 1' = 72^\circ 35' 38''$	$\gamma : 1' = 71^\circ 35' 38''$	$a : 1' = 71^\circ 43' 38''$
$1' : 2' = 38' 6''$	$2' = 72^\circ 13' 44''$	$2' = 72^\circ 21' 44''$
$2' : 3' = 35^\circ 16' 24''$	$\underline{\gamma} : 3' = 72^\circ 29' 52''$	$a' : 3' = 72^\circ 21' 52''$
$3' : 4' = 37'$	$4' = 71^\circ 52' 48''$	$4' = 71^\circ 44' 48''$

Während die inneren Reflexe am wahren Orte von  $\lambda$  auftreten, so dass die Hauptfläche selbst durch sie vertreten erscheint, sind die äusseren Reflexe gleichfalls nicht nur fast vollkommen symmetrisch vertheilt auf allen vier Flächen  $\lambda$ , sondern sie entsprechen gleichzeitig sehr einfachen Flächenbildungen, wie die nachfolgende Betrachtung ergibt.

Die Flächenelemente, von welchen die vier „äusseren“ Reflexe herrühren, haben den Charakter  $\lambda^r$ , das heisst, sie erscheinen

<sup>1)</sup> Abgekürzt  $\gamma : \gamma'$ .

gegen das benachbarte  $r$  hin nach abwärts gerückt; ihr Auftreten scheint also darauf hinzudeuten, dass wenigstens stellenweise ein vermehrter Ansatz von Substanz in der Richtung der Axen  $c$  und  $b$  gegenüber einer gleichförmigen Vergrößerung der Pyramidenfläche  $\lambda$  sich müsse geltend gemacht haben.

Beim gleichförmigen Weiterwachsen der genannten Pyramidenflächen ginge der Absatz der Molekel gleichsam in Schichten vor sich, die über die ganze Fläche hin gleiche Dicke haben, also einander parallel sind.

Wofern die Dicke der Schichten gemessen wird in der Richtung der Axen  $a$ ,  $b$  und  $c$ , so wird die der einander nächstliegenden Schichten enthalten sein in dem Verhältnisse:

$$4a : b : 2c.$$

Auf diese Schichten wird aber die berechnete Differenzzahl zu beziehen sein, wenn wir analog verfahren wollen wie in der Zone  $bw$  am vorigen Krystall.

Nun entspricht den Winkeln  $72^\circ 42' 27''$  für die Strecke  $\sigma = 20$  und  $72^\circ 44' 22''$  für die Strecke  $\sigma = 21$  die Differenzzahl  $\delta a = -1.3\bar{3} = -\frac{4}{3}$ .

Da sich die durch die Beobachtung auf den vier Pyramidenflächen gefundenen Werthe im Bereiche der äusseren Reflexe fast sämmtlich zwischen diesen Grenzwerten bewegen, so dürften wir der Wahrheit am nächsten kommen, wenn wir die genannte einfache Differenzzahl mit den beobachteten Flächenbildungen direct identificiren.

Da sich diese Differenzzahl auf die  $a$ -Axe bezieht und hier negativ gefunden wurde, so sollten wir eigentlich die ihr entsprechenden +Differenzzahlen hinsichtlich der Axen  $c$  ( $\delta c$ ) und  $b$  ( $\delta b$ ) uns daraus erst ableiten.

Dies kann aber mit der erforderlichen Genauigkeit einfach dadurch geschehen, dass man  $\delta b = \frac{\delta a}{4}$  und  $\delta c = \frac{\delta a}{2}$  setzt, da nämlich der Fehler, der so begangen wird, sich ganz innerhalb der Fehlergrenzen der Beobachtung hält, wie man aus der bei Krystall XVIII wirklich durchgeführten Rechnung ersieht.

Demgemäss können wir behaupten, dass sämmtlichen in Rede stehenden vier Flächenbildungen, sei es bezüglich der Strecke 20,

sei es für  $\sigma = 21$ , eine Differenzzahl  $+ \frac{1}{3}$  auf  $b$ , respective  $\frac{2}{3}$  auf  $c$  entspricht.

Frägt es sich nun, welche Bedeutung dieser Grösse der Differenzzahl zukommt oder vielmehr in welcher Weise wir die Thatsache ihres Auftretens umschreiben können, wofern die darin ausgesprochene Aenderung im Krystallbau wieder in Form jener einfachen Flächenbildung ausgedrückt wird, zu deren Grenzebene man hingelangt, wenn die auf der Strecke  $\sigma$  auftretende Differenzzahl auf die dem inneren Netz entsprechend in der Ebene  $\lambda$  einander zunächst liegenden Molekel übertragen wird, so braucht man bloß in dem Verhältnis  $4a : b : 2c$  die Coëfficienten von  $b$  und  $c$  um  $\frac{1}{3}$  und  $\frac{2}{3}$  zu vermehren.

Man erhält so:

$$4a : (1 + \frac{1}{3}) b : (2 + \frac{2}{3}) c$$

$$4a : \frac{4}{3} b : \frac{8}{3} c$$

respective  $3a : b : 2c$

respective (263), welches daher im obigen Sinne als inducirende Ursache sämmtlicher vier Vicinalflächen  $\lambda$  hinzustellen wäre.

(263) = (142) + (121) repräsentirt aber nichts anderes als die erste Abstumpfung zwischen  $\lambda$  und  $r$ .

Man wird das gewonnene Resultat auch kurz so ausdrücken können, indem man sagt, es habe in allen vier Quadranten des Krystalles in gleicher Weise über den Pyramidenflächen  $\lambda$  sich in den an  $r$  angrenzenden Theilen das Bestreben geltend gemacht, die Fläche (263) zur Ausbildung zu bringen, wobei das  $r$  als eigene Fläche gänzlich verschwand und von  $\lambda$  nur noch ein Rest zurückblieb.

Die Annahme, dass an diesem Krystalle Begrenzungsebenen vorkommen, welche in ihrer Lage der wahren Fläche  $\lambda$  genau entsprechen, wird auch noch durch Messungen in den Zonen (142) : (142) und (142) : (142) bestätigt.

In dem ersteren Falle ergab sich für den Abstand der mit 2 und 2' bezeichneten Reflexe der Winkel von  $82^\circ 35' 45''$ , also beinahe genau gleich dem theoretischen Werthe  $82^\circ 36'$ , während im zweiten Falle für den Abstand der vorhin mit 3 und 3' bezeichneten Reflexe der Winkel etwas grösser, zu  $82^\circ 36' 55''$ , gefunden wurde.

Letzterer Werth ist etwas unsicherer als der frühere, da hier die sogenannten „seitlichen Reflexe“, vom Charakter  $\lambda^\lambda$ , welche

innerhalb der Zone ( $\bar{1}42$ ) : ( $\bar{1}42$ ) liegen, von den Zonen  $a\lambda$  und  $a\lambda'$  weniger stark abweichen als die entsprechenden seitlichen Reflexe der anderen Krystallhälfte, welche in der Zone  $(142) : (1\bar{4}2)$  auftreten, die scharfe Einstellung aber wegen der dadurch bedingten Annäherung an die inneren Reflexe beeinträchtigt wird.

Die symmetrische Lage der den seitlichen Reflexen entsprechenden Flächenelemente bezüglich der Symmetrieebene  $b$ , die unsymmetrische Vertheilung derselben hingegen in den der Symmetrieebene  $a$  benachbarten Krystallräumen zeigt nachstehende Uebersicht, wo die Lage der seitlichen Reflexe durch  $\times$  bezeichnet wurde:

$$\begin{array}{lll} 2 : \times = 15' & \times : \times = 82^\circ 4' 45'' & \times : 2' = 16' \\ 3 : \times = 24' & \times : \times = 81^\circ 48' 35'' & \times : 3' = 24' 20''. \end{array}$$

Für den Abstand der „äusseren“ Reflexe  $1 : 1'$  und  $4 : 4'$  ergab sich in Uebereinstimmung mit ihrem Abstände bezüglich des wahren Ortes von  $\lambda$  innerhalb der Zonenebenen  $a\lambda$  und  $a\lambda'$  ( $38'$ ) in diesem Falle ein durchschnittlicher Werth von  $82^\circ 14' 30''$ .

Wie weit diese Uebereinstimmung geht, erkennt man daraus, dass unter Berücksichtigung der Neigungswinkel, welche zwischen den Zonen  $a\lambda$ ,  $a\lambda'$  und  $\lambda\lambda'$  etc. gegen einander bestehen, dem Abstände zweier Flächen, die mit  $a$ , respective  $a'$  einen Winkel von  $72^\circ 43' 30''$  einschliessen, der Werth von  $82^\circ 14'$  entspricht.

Auch auf  $b$  hat eine reiche Vicinalflächenbildung stattgefunden.

In dieser Beziehung mögen folgende Andeutungen genügen.

Der Bau der Flächen  $b$  und  $b'$  ist ähnlich wie beim Krystall XVIII, nur noch etwas complicirter, wenigstens was die Zone  $bc$  betrifft.

Auf  $b$  ist die Zone  $ab$  blos durch zwei Reflexbilder vertreten (vom Charakter  $b^a$  und  $b^a'$ ), welche vollkommen symmetrisch zur Trace von  $bc$  gelegen sind.

In der Zone  $bc$  macht sich hingegen eine unsymmetrische Ausbildung nach auf- und abwärts von der Trace der Zone  $ab$  aus gerechnet geltend. In nächster Nähe der letzteren treten allerdings zwei der Zone  $bc$  angehörige Reflexe auf vom Charakter  $b^y$  und  $b^y'$ , welche ebensoviel oberhalb (gemessen  $23' 10''$ ) als unterhalb ( $23' 6''$ ) von  $ab$  gelegen sind, und es ist der wahre Flächenpunkt von  $b$  nicht nur als Durchkreuzungspunkt der genannten

beiden Zonen, sondern auch als Mittelpunkt der vier völlig symmetrisch um ihn vertheilten Reflexe  $b\gamma$ ,  $b\gamma'$ ,  $b^\alpha$  und  $b^\alpha'$  hier besser charakterisirt als bei jedem anderen Krystall.

Nach abwärts folgt aber in der Zone  $bc$  kein weiterer Reflex, während nach aufwärts zunächst eine streifige Zone mit einer Reihe cumulirter Reflexe auftritt, die sich, bald hinter  $b\gamma$  beginnend, bis zu einer Entfernung von  $1^\circ 39'$  von  $b$  ausbreitet. Hierauf folgt eine Unterbrechung von etwa  $4^\circ 3'$  und sodann, also ungefähr in einer Höhe von  $5^\circ 42'$  über  $ab$ , kommen ein Paar völlig symmetrisch zu  $bc$  vertheilte, rechts und links nahezu am Rande des Gesichtsfeldes auftretende Reflexbilder  $\pi$  zum Vorschein, welche den Charakter vicinaler Pyramiden besitzen, die ihrer Lage nach den Zonen  $b,\lambda$  und  $b,\lambda'$  angehören — wenn mit  $b_v$  ganz allgemein Vicinalflächen von  $b$  bezeichnet werden — sie wären demnach als Vicinalflächen zweiter Ordnung zu betrachten.

Im Einklange mit den früheren Beobachtungen sind also auch hier wieder in dem nach aufwärts gerichteten, dem frei ausgebildeten Ende des Krystalles zugewendeten Theile der Zone  $bc$  eine grössere Anzahl Vicinalflächen auch durch ihre zugehörigen Reflexbilder angedeutet, als auf der nach dem abgebrochenen Ende hin gelegenen Seite. Was insbesondere die präcisen und scharf einstellbaren Einzelreflexe  $b\gamma$  und  $b\gamma'$  betrifft, so ist zu bemerken, dass für ihren Abstand von einander an verschiedenen Stellen des Krystalles zweierlei Werthe gefunden wurden, nämlich  $46' 16''$  einerseits und  $47' 30''$  andererseits. Dem Winkel  $\frac{46' 16''}{2} = 23' 8''$  entspricht nun ein Parameter von 309.5 bezüglich  $c$ , welcher dem Multiplum  $7 \times 44 = 308$  mit dem theoretischen Abstände  $b \cdot b\gamma = 23' 15''$  sehr nahe kommt. Der Werth  $\frac{47' 30''}{2} = 23' 45''$  hingegen entspricht fast vollständig dem Parameter  $301 = 7 \times 43$ .

Letzteres ist überdies ein Werth, welcher auch an anderen Krystallen mehrfach beobachtet wurde.

Auf die Deutung der übrigen Vicinalflächen muss verzichtet werden, da sie zumeist nur Scheinreflexe lieferten, die bei jeder geänderten Einstellung variirten<sup>1)</sup>.

<sup>1)</sup> Sie zeigten ganz das Verhalten, wie es Websky bezüglich solcher Scheinreflexe so eingehend beschrieben hat.

Der Bau des entsprechend gelegenen Theiles der Gegenfläche  $b'$  ist im Ganzen analog, im Detail aber doch etwas verschieden.

Von Reflexen, welche den Flächen  $\pi$  entsprechen würden, ist hier nichts zu sehen. Dagegen ist die Streifenzone auf eine längere Strecke ( $2^\circ 22'$ ) hin entwickelt und enthält ungefähr vier deutlich und getrennt einander folgende Reflexbilder.

Zum Schlusse erscheint ein schwächerer Reflex, welcher von der Gegenfläche zu  $b\gamma'$  nur um  $7'$  abweicht.

Diesem folgen Flächenbildungen, welche den Gegenflächen von  $b\gamma$  und  $b\gamma'$  fast vollständig entsprechen. (Die Abweichungen liegen innerhalb der Fehlergrenzen der Einzelmessungen.)

Wenn man nun die am ganzen Krystall beschriebenen Erscheinungen überblickt, so dürften sie im Allgemeinen wohl den Eindruck hervorrufen, dass die zur Sprache gebrachten Vicinalflächenbildungen ursprünglich oder doch zu einer gewissen Zeit auf allen gleichartigen Flächen in völlig symmetrischer Weise angelegt gewesen seien, und dass erst im Verlaufe des weiteren Wachstums, wohl mit zunehmender Ungleichheit der den Krystall auf verschiedenen Seiten umgebenden Zustände der Lösung, eine gewisse Selbstständigkeit und Unabhängigkeit in der Weiterentwicklung dieser Bildungen, in unverkennbarer Weise wenigstens zu beiden Seiten der Symmetrieebene  $b$ , also auf der rechten und linken Längsfläche des Krystalles und hier wieder namentlich in dem nach aufwärts gerichteten Theile der Zone  $bc$ , sich geltend gemacht hätten.

B. Darstellung der Wechselbeziehungen zwischen der Entwicklung der typischen Flächen der Krystalle und der Ausbildung ihrer Vicinalflächen, sowie der Beziehungen der Vicinalflächen unter einander. Zusammenhang zwischen der Verzerrung der Krystallformen und den Aenderungen in den Neigungsverhältnissen der in der verzerrten Form sich vereinigenden Flächen.

#### Krystall V.

(Interessant sowohl wegen der Entwicklung des Vicinalflächenbaues auf den Flächen der Zonen  $ab$  und  $bw$ , als auch wegen der Vicinalflächen auf  $r$ .)

Das Individuum, dessen Besprechung ich mich nunmehr zuwende, ist in Fig. 4, Tafel V des ersten Theiles, ziemlich naturgetreu abgebildet worden. Sein Habitus, sowie der allgemeine Charakter seiner Flächenbeschaffenheit wurden bereits l. c. auf pag. 409, 432 etc. theilweise erörtert.

Indem ich daher glaube, mich hier auf diesen Hinweis beschränken zu können, möchte ich nur noch betonen, dass von sämtlichen typischen Flächenarten (die Endfläche 001 ausgenommen) mindestens je eine gut messbar ausgebildet erschien.

Dieses bedingt einen Vorzug gegenüber dem vorigen Krystall, wo unsere Untersuchungen im Wesentlichen nur die beiden Pinaikoide  $a$  und  $b$  und die Zone  $bw$  betrafen, auf welchen freilich durch Entwicklung einer grösseren Zahl gut messbarer Vicinalflächen in je einer Zone die Auffindung ihrer gesetzmässigen Beziehungen umgekehrt wesentlich unterstützt und erleichtert wurde.

Dafür eröffnet das gegenwärtig zu beschreibende Individuum die Reihe derjenigen, welche in Folge der geeigneten Beschaffenheit ihrer Flächen uns Gelegenheit bieten sollen, nicht nur die an den beiden früheren Krystallen aufgefundenen Gesetzmässigkeiten weiter zu verfolgen, sondern auch mit Hilfe der zuvor gewonnenen Erfahrungen eine Menge weiterer interessanter Beziehungen zwischen den Vicinalflächen gewisser Flächen und gewissen, am Krystalle entwickelten oder an anderen Individuen unseres Vorkommens beobachteten Hauptflächen derselben Zone und endlich zwischen den Vicinalflächen selbst, insoferne sie einer und derselben vicinalen Zone angehören, also gleichsam Vicinalflächen von Vicinalflächen darstellen, aufzufinden.

In ähnlicher Weise wie früher sollen zuerst die Messungen in den Zonen  $ac$  und  $ab$  auf  $a$ , dann die der Zone  $bc$ , respective  $bw$  auf  $b$  und schliesslich die in der Zone  $a\lambda$  vorgenommenen Messungen zur Sprache gebracht werden.

#### Fläche $a$ , Zone $ac$ .

Die Bestimmung des wahren Flächenortes von  $a$  liess sich hier ebenfalls sehr genau vornehmen, da gerade auf  $a$  lauter äusserst präzise und einzelne Reflexbilder vorlagen. Am schönsten waren die ein rechtwinkeliges Kreuz bildenden Signalbilder sichtbar

bei Centrirung des Scheitels der vicinalen Hauptpyramide der Fläche  $a$ .

In dieser Stellung wurde der Winkel der vollkommen symmetrisch ober- und unterhalb der Zone  $ab$  gelegenen zwei Flächenreflexe vom Charakter  $a\gamma$ , die mit  $\gamma_2$  und  $\gamma_2'$  bezeichnet werden mögen, im Mittel sehr genauer Einzelmessungen folgendermassen bestimmt:

$$\begin{aligned} \gamma_2 \cdot \gamma_2' &= 25' 20'' & a \cdot \gamma_2 &= 12' 39'' \\ & & \gamma_2' &= 12' 41''. \end{aligned}$$

Der Winkel  $12' 39''$  entspricht für  $a = 1$ ,  $307.8c$ , der Winkel  $12' 41''$  fast genau  $308 = 7 \times 44$ , welcher Parameter  $12' 40.5''$  erfordern würde.

Den früheren Erörterungen gemäss können wir die vorliegenden Vicinalflächen wieder in nachstehender Form ausdrücken:

$$(a : \infty b : 7\sigma c)$$

respective einfach durch das Miller'sche Zeichen *vic.*(701) umschreiben.

In der gemessenen Zone lagen auch die Reflexe der Flächen  $d$ , von welchen jedoch nur die dem  $a$  benachbarte deutlichere Signalbilder lieferte.

Es wurde nunmehr die Kante  $ad$  centrirt und der Winkel zu  $\gamma_2$  gemessen, während  $\gamma_2'$  entsprechend dem Baue der Fläche  $a$  bei dieser Centrirung nur mit einem sehr schwachen, wiewohl noch immer sehr scharfen Bilde im Gesichtsfelde erschien.

Von den verschiedenen Reflexen der Fläche  $d$  lag diesmal nur ein einziger scharfer genau in der eingestellten Zone.

Der Winkel  $\gamma_2 \cdot d\gamma$  betrug  $48^\circ 51' 45''$ .

Durch Rectificierung mittelst  $12' 40''$  berechnet sich daraus der Abstand  $a \cdot d\gamma = 49^\circ 4' 25''$ .

Da der Winkel  $a \cdot d = 48^\circ 35' 48''$ , so ist es klar, dass auch hier wieder eine Vicinalfläche vorliegt, und zwar eine Fläche, welche um  $28' 37''$  nach der Endfläche hin von  $d$  abweicht.

Berechnen wir wieder den auf die Strecke  $\sigma$  der Trace der Zonenebene auf der Fläche  $d$  entfallenden Zuwachs in der Richtung der horizontalen Axe  $a$ , indem wir nach einander  $\zeta a$ ,  $\zeta' a$  und  $\delta' a$  bestimmen, so ergibt sich letzteres für  $\sigma = 21$  zu  $\delta' a = 0.49$ , also sehr nahe  $= \frac{1}{2}$ .

Dieser Differenzzahl entspricht die inducirende Flächenbildung

$$(1 + \frac{1}{2}) a : \infty b : c = (\frac{3}{2} a : \infty b : c)$$

respective *induc.* (203)

was man sich zerlegt denken kann in (101) + (102), welches also, wie man sieht, gleichsam das zur ersten Abstumpfung zwischen  $\lambda'$  und  $r$  gehörige Prisma darstellen würde.

Da die übrigen Flächen der besprochenen Zone zur genaueren Messung nicht taugten, musste von einer Discussion derselben Abstand genommen werden.

### Zone $ab$ .

Hier sind auf  $a$  selbst nur drei Reflexbilder zu beobachten, die zwar unsymmetrisch vertheilt sind gegenüber der Zone  $ac$ , jedoch sämmtlich wieder von einer und derselben Zone umschlossen werden, die eben genau senkrecht steht zur Zone  $ac$  und mitten zwischen den Reflexbildern vom Charakter  $a\gamma$  hindurchführt. Zwei davon liegen auf der Seite der Fläche  $b$  (in der Zeichnung rechts); ich will sie mit  $\beta_{11}$  und  $\beta_1$  bezeichnen; der dritte ( $\beta'_{10}$ ) liegt auf der Seite der Fläche  $b'$ .

Wenn man den Krystall so centrirt, dass der Scheitel der vicinalen Hauptpyramide auf  $a$  in die Mitte des Gesichtsfeldes zu liegen kommt und nun, so gut es nach den drei einander doch ziemlich nahe liegenden Reflexbildern  $\beta'_{10}$  etc. möglich ist, die Zone  $ab$  justirt, hierauf den Krystall um die verticale Axe so lange dreht, bis die Fläche  $b$  im Gesichtsfeld erscheint, so bemerkt man bei Einstellung dieses Querschnittes des Krystalles auf  $b$  einen einzelnen sehr scharfen Reflex, der kaum merklich ausserhalb, und zwar zur Linken der eingestellten Zone liegt, und, wie sich später herausstellt, einer Fläche vom Charakter  $b\gamma$  angehört.

Wird hingegen der Fernrohrträger vor dem Krystalle so verschoben, dass jetzt ein anderer, tieferer, d. h. dem abgebrochenen Ende näher liegender Querschnitt eingestellt erscheint (siehe die Zeichnung l. c.), so tritt jetzt auf  $a$  blos  $\gamma'_2$  hervor, während auf  $b$  nunmehr zwei zu beiden Seiten der eingestellten Zone gleichmässig vertheilte Reflexbilder vom Charakter  $b\gamma$  und  $b'\gamma$  zu beobachten sind.

Die Zone, welche die Mittelpunkte der letzteren verbindet, ist genau  $90^\circ$  von der durch  $\gamma_2$  und  $\gamma'_2$  gehenden Zone entfernt.

Zwischen  $a$  und  $b$  erscheinen bei dieser Einstellung eine Reihe Reflexbilder streifiger Flächenelemente, die aber sämtlich oder doch hauptsächlich längs der Zonenebene  $ab$  hervortreten.

Dies Alles steht im Einklang mit der unter der Lupe durch sorgsamste Betrachtung festgestellten Flächenbeschaffenheit von  $a$  und  $b$ .

Wir sehen nämlich dabei, dass zwar auf  $a$  wie auf  $b$  im Allgemeinen ein ähnlicher Bau herrscht, jedoch die speciellere Ausführung dieses Baues auf gleichem Querschnitte nicht die gleiche ist; denn der Scheitel der Hauptpyramide auf  $a$  und derjenige der unvollkommener entwickelten vicinalen Pyramide auf  $b$ , d. h. jener Punkt, wo die höchste Erhebung über der Hauptfläche stattfindet, liegt auf  $b$  tiefer als auf  $a$ , wie die Zeichnung (Fig. 4) es lehrt.

Ich halte es für wichtig genug, dies zu betonen, weil sich an diesem Beispiele zeigen lässt, wie leicht es möglich wäre, in solchem Falle zu irren, wenn man den auf einer beliebigen Fläche auftretenden einzigen präcisen Reflex, welcher bei der ersten Einstellung (im oberen Querschnitte) hier z. B. auf  $b$  erschien, ohne weiters mit einer Hauptfläche, und zwar hier mit  $b$  selbst identificirt hätte, etwa deshalb, weil er wirklich genau im Abstände  $90^\circ$  von  $a$  erschien.

Es hätte dies aber wohl leicht geschehen können, ohne vorheriges Studium der Flächenbeschaffenheit nicht nur dieses Kryсталles, sondern der Eigenthümlichkeiten des ganzen Vorkommens; denn wir werden noch andere Beispiele zu besprechen Gelegenheit haben, wo die dem  $b'$  correspondirenden Flächenelemente, nämlich  $b''$ , nicht messbar hervortraten.

Im vorliegenden Falle wäre freilich ein weiterer Fingerzeig schon darin zu finden gewesen, dass die zwischenliegenden Streifen-complexe bei der falschen Einstellung, sämtlich einseitig gelegen, vicinalen Pyramiden angehörig erschienen, während sie sich bei richtiger Einstellung der Zone als grösstentheils auf Flächen vom Charakter verticaler Prismen zurückführbar erwiesen.

Doch ist der Fall nicht undenkbar und von mir auch thatsächlich beobachtet worden, dass entweder wirklich nur vicinale Pyramidenflächen an Stelle der Prismenflächen auftraten, oder doch die Reflexbilder durch seitliche Beeinflussung so

verschoben erschienen, dass mit ihrer Hilfe die Zone  $ab$  sich nicht genau fixiren liess.

Die zu Streifen vereinigten Complexe von Reflexbildern der verticalen Zone, auf eine Reihe äusserst schmaler Flächenelemente hinweisend und stellenweise zu scheinbar sehr präzisen Bildern sich durch Cumulirung und gegenseitige Beeinflussung verstärkend, traten in einem Raume auf, welcher dieselben als dem  $l$  und  $n$  benachbart erkennen liess.

Nur an einer einzigen Stelle schienen grössere einheitliche Flächenelemente vorhanden zu sein, und zwar sowohl zwischen  $a$  und  $b'$ , als zwischen  $a$  und  $b$ , und hier trat je ein einzelnes allerdings ziemlich schwaches, aber deutliches Signalbild  $l^\alpha$  und  $l^\alpha$  in einer vollkommen dunklen Umgebung gut messbar hervor, welches auch bei der Einstellung verschiedener Querschnitte des Krystalles in unverändertem Abstände von  $a$  sich erhielt.

Dieser Abstand wurde gemessen zu

$$a . l^\alpha = 45^\circ 46'$$

$$a . l^\alpha = 44^\circ 25'.$$

Berechnet man die diesen Winkeln entsprechenden Axenschnitte auf  $a$ , so ergeben sich dieselben für  $l^\alpha$  zu 1.898, also sehr nahe = 1.9, hingegen für  $l^\alpha$  genau zu 1.8.

Darnach würde das Weiss'sche Zeichen der beiden Flächen lauten:

$$(19 a : 10 b : \infty c) \text{ und } (18 a : 10 b : \infty c) = (9 a : 5 b : \infty c).$$

Wenn man daneben noch die einfache Fläche (120) =  $l$  =  $(2 a : b : \infty c)$  in Betracht zieht, so erkennt man, dass zwischen den vorstehend aufgezählten Flächenbildungen von einfacheren Indices und jener erstgenannten Fläche mit complicirten Indices die Beziehung besteht, dass dieselbe die Combinationskante der beiden anderen ziemlich gleichmässig abstumpft.

Kehren wir zur Betrachtung der Fläche  $a$  selbst zurück, so finden wir ein ähnliches Verhalten auch zwischen den dort beobachteten Vicinalflächen vom Charakter  $a^\beta$ , wie schon aus den nachstehenden Winkeln theilweise hervorgeht, die sich sehr genau bestimmen liessen.

$$a . \beta'_{10} = 1^\circ 26' 30'', \text{ entsprechend } 21.56 b$$

$$\beta_{11} = 1^\circ 22' 18'' \quad \text{„} \quad 22.74 b$$

$$\beta_1 = 1^\circ 31' 30'' \quad \text{„} \quad 20.49 b.$$

Nur der letzte Winkel entspricht einer Flächenbildung, die wir bereits am Krystall XVIII kennen lernten und daselbst auf den Axenschnitt  $20.5 = \frac{4}{2}^1$  bezogen, welcher bekanntlich den Winkel  $1^\circ 31' 20''$  erfordern würde.

Wir haben dieselbe dort mit  $(a : \sigma b : \infty c)$ , respective mit *vic.* (110) bezeichnet.

Die übrigen besitzen hingegen Axenschnitte, die auf den ersten Blick hin mit den an früheren Krystallen erhaltenen Resultaten nicht direct vergleichbar sind.

Desto auffallender ist die Vereinfachung, welche eintritt, wenn man die dort gemachten Erfahrungen hier wirklich in Anwendung bringt und demgemäss,  $\sigma = 20.5$  setzend, die Parameter der beiden anderen Vicinalflächen bezüglich der Axe *b* gleichfalls als Vielfache von  $\sigma$  auffasst.

Da nämlich  $21.57$  sich dann schreiben lässt in der Form  $2\sigma \cdot \frac{1}{3}$

und ebenso  $22.77 = 2\sigma \cdot \frac{5}{9}$

endlich  $20.5 = 2\sigma \cdot \frac{1}{2}$

so treten nunmehr zwischen den Parametern der Vicinalflächen auf *a* und denjenigen der ihnen benachbarten vicinalen Hauptflächen von *l* und dieser Fläche selbst merkwürdige Beziehungen auf, die aus der folgenden Gegenüberstellung ihrer Flächenzeichen mit Leichtigkeit erkannt werden:

$$\begin{array}{ll} \beta'_{10} \dots 19a : 2\sigma \times 10b : \infty c & l'^{\alpha} \dots 19a : 10b : \infty c \\ \beta_{11} \dots 18a : 2\sigma \times 10b : \infty c & l^{\alpha} \dots 18a : 10b : \infty c \\ \beta_1 \dots 20a : 2\sigma \times 10b : \infty c & l \dots 20a : 10b : \infty c \end{array}$$

Man ersieht hieraus sogleich, dass die Parameter der genannten Vicinalflächen von *a* (vom Charakter vicinaler Prismen) unter einander sich in diesem Falle ebenso verhalten wie die entsprechenden gleichstelligen Parameter der ihnen benachbarten verticalen Prismenflächen, unter denen allerdings *l* selbst an diesem Krystalle nicht nachgewiesen werden konnte, jedoch (wie vorgehend erwähnt werden mag) an anderen Krystallen wiederholt angetroffen wurde.

Wir könnten ferner, analog wie früher, den Factor  $\sigma$  weglassend, bezüglich  $\beta'_{10}$  etc. sagen, dass dieselben in „vicinaler“ Form die Flächenbildungen  $(20.19.0)$ ,  $(10.9.0)$  und  $(110)$  verkörpert darstellen.

Es ergibt sich dann zum zweitenmale die interessante Tatsache, dass die so geschriebenen Flächenzeichen in die Flächenzeichen der benachbarten „Hauptflächen“ sowohl solcher von complicirteren Indices, als auch solcher mit einfachen Indices übergehen, wenn man die Parameter von  $a$  mit 2 multiplicirt, respective die Indices von  $a$  im Miller'schen Zeichen durch 2 dividirt.

Die übrigen Flächen der Zone  $ab$  waren nicht einstellbar.

Bei vollständiger Drehung des Krystalles um seine verticale Axe erschienen nach einander zuerst auf  $a$  jene besprochenen drei Reflexe der Zone  $ab$ , dann auf  $b$  die symmetrisch nach auf- und abwärts gelegenen, die ich  $\gamma_7$  und  $\gamma'_7$  nennen will, vor und nach  $b$  die streifige Prismenzone mit einer Anzahl von Reflexen, von denen der einzig sichere  $l^\alpha$  bereits besprochen wurde, auf  $a'$ , der Gegenfläche von  $a$ , erschien gar kein deutlicher Reflex, dagegen auf der Gegenfläche von  $b$ ,  $b'$ , auf diesem Querschnitte ein, vermöge seiner seitlichen Abweichung aus der eingestellten Zone mit  $\underline{\gamma}'$  zu identificirender Reflex, welcher von der Verbindungslinie der Reflexe  $\gamma_7$  und  $\gamma'_7$  innerhalb der Zone genau um  $180^\circ$  abstand. Ob auch der Gegenfläche zu  $\gamma'_7$  auf  $b$  entsprechende Flächenelemente auf  $b'$  vorhanden seien, liess sich nicht feststellen.

In dem Raume zwischen  $b'$  und  $a$  erschien endlich zwischen einer Reihe von Scheinreflexen der oben besprochene und mit  $l^\alpha$  bezeichnete Reflex.

#### Vicinalflächen auf $b$ und in der Zone $bw$ .

Der allgemeine Charakter der Flächenentwicklung dieser Zone ist am vorliegenden Krystall, wie ein Blick auf Fig. 4 der Tafel V zeigt, etwas anders beschaffen als beim früher besprochenen Individuum XVIII, welches ja im Uebrigen vielfach ein Seitenstück dazu bildet.

Der auffälligste Gegensatz besteht darin, dass hier die Fläche  $b$  lang und schmal, aber keineswegs streifig entwickelt ist.

Aber auch die Flächen der Zone  $bw$  lieferten fast ausnahmslos nur einzelne und scharfe Reflexbilder.

Es waren da wieder vorhanden Reflexe in der Nähe der Flächen  $h$  (0. 11. 1),  $p$  (081),  $g$  (071),  $f$  (061) und  $w$  (041).

Darunter rührten die beiden ersten von schmäleren, die letzteren von breiten Flächenelementen her. Nur auf der Fläche

(061) erschien ein Streifencomplex; jedoch trat das erste und letzte Signalbild in diesem Complexe besonders scharf hervor und veränderten beide bei verschiedenen Einstellungen den Ort nicht, während die zwischenliegenden sich als variable Scheinreflexe erwiesen; nur die ersteren wurden berücksichtigt.

Die Untersuchung mit der Lupe hatte bezüglich der Fläche  $f$  noch eine andere Eigenthümlichkeit ergeben, nämlich die, dass dieselbe sowohl in dem den Pyramidenflächen benachbarten Krystallraume auftrat, hier mit  $w$  wechselnd und eine als schmale Abstumpfung über den Kanten  $w\lambda$  erscheinende kleine Fläche unterbrechend, als auch in dem weiter unterhalb gelegenen, seitlich bereits von verticalen Prismenflächen begrenzten Krystallraume zwischen den Flächen  $p$  und  $g$  sich öfters wiederholte.

Das Flächenbild von  $w$  war besonders vollkommen.

Auf  $w$  zeigte sich ferner, sobald nach der betreffenden Fläche von  $b$  aus hingesehen und das Auge dabei stark genähert wurde, eine schöne monosymmetrische Lichtfigur, dem Lichtbilde einer geätzten Calcit-Rhomboëderfläche vergleichbar, aber mit grösserer Divergenz der beiden unteren Schweife und mit nach aufwärts gerichteter seitlicher Krümmung.

Auf  $b$  selbst waren nur in einer bestimmten Höhe sowohl beide Reflexbilder vom Charakter  $b\gamma$  und  $b\gamma'$ , als je eines vom Charakter  $b^x$  und  $b^x'$  vorhanden, die letzteren zwar sehr lichtschwach und offenbar von sehr kleinen Flächenelementen herrührend, jedoch in hinreichender Deutlichkeit, um durch ihre Lage und Vertheilung darzuthun, dass auch hier ein äusserst symmetrischer Bau in der Anlage vorhanden gewesen und dass die Seitentheile der vicinalen Hauptpyramiden auf  $b$  wahrscheinlich erst später durch überwiegendes Wachsthum der anliegenden Prismenflächen der verticalen Zone zurückgedrängt und in der Ausdehnung reducirt wurden.

Dort, wo  $\gamma_7$  und  $\gamma_7'$  in gleicher Schärfe und Präcision vorhanden waren, liess sich der Winkel sehr genau bestimmen, und zwar ergab sich:

$$\gamma_7 : \gamma_7' = 46' 30''$$

und

$$b \cdot \gamma_7 = b \cdot \gamma_7' = 23' 14'', \text{ resp. } 16''.$$

Letzterer Werth entspricht genau dem Axenschnitt 308 in der Richtung der Axe  $c$ , welcher sich ebenso wie auf Fläche  $a$  in 7 und 44 zerlegen lässt.

Da wir darnach das Zeichen von  $\gamma_7 = (\infty a : b : 7\sigma c) = vic. (071)$  zu schreiben hätten, wäre  $\gamma_7$  auf  $b$  als eine dem  $\gamma_2$  auf  $a$  vollkommen entsprechende (correspondirende) Flächenbildung zu betrachten.

Aber auch noch in anderer Hinsicht erscheint der Vergleich der vorstehend genannten Flächenbildungen bemerkenswerth.

Man wird sich erinnern, dass der Winkel  $\gamma_2 : \gamma_2'$  auf  $a$  genau die Hälfte beträgt von dem Winkel  $\gamma_7 : \gamma_7'$  auf  $b$ .

Dem gegenüber steht nun eine eigenthümliche Grössenentwicklung der typischen Flächen am vorliegenden Krystalle, der zu Folge auf dem den Scheiteln der beiden vicinalen Hauptpyramiden auf  $a$  und  $b$  zunächst liegenden Querschnitte die senkrechten Abstände der Flächen  $a$  und  $b$  vom Mittelpunkte des Krystalles sich beiläufig ebenso verhalten wie 2 : 1.

Es folgt daraus, dass in diesem Falle die Höhen der vicinalen Hauptpyramiden und die Entfernung der Krystallflächen, auf welchen sie sich erheben, vom Mittelpunkte des Krystalles gerade im umgekehrten Verhältnisse stehen, worin man vielleicht einen Hinweis erblicken könnte, dass diese Flächenbildungen mit einer Art von jenem Punkte ausgehender Massenwirkung im Zusammenhange stehen.

Bei Messung der Winkelabstände der Flächen der Zone  $bw$  selbst wurde einmal die Kante zwischen  $\gamma_7$  und der nächstliegenden Fläche centrirt und in der Drehung bei  $\gamma_7$  angefangen, das zweitemal die Kante zwischen 4 und 5 (an der breitesten Stelle der genannten Zone) centrirt und bei 4 begonnen, aber jedesmal bis  $w$  (041) fortgeschritten.

Das Resultat war folgendes:

I. Centrirung:		II. Centrirung:	
Beob. Winkel	Abgel. Winkel	Abgel. Winkel	
1 : 2 . . . 10° 11' 15"	1 : 2 . . . 10° 11' 15"		
2 : 3 . . . 4° 14' 20"	3 . . . 14° 25' 35"		
3 : 4 . . . 1° 24'	4 . . . 15° 49' 35"	1 : 4 . . . 15° 49' 40"	
4 : 5 . . . 3° 29' 45"	5 . . . 19° 19' 20"	5 . . . 19° 16' 45"	
5 : 6 . . . 0° 36' 55"	6 . . . 19° 56' 15"	6 . . . 20° 2'	
6 : 7 . . . 7° 11' 10"	7 . . . 27° 7' 25"	7 . . . 27° 7' 20"	

Bei der zweiten Centrirung tritt ein merklicher Unterschied nur bezüglich der Einstellung von 5 und 6 hervor, welche sich auf

Anfang und Ende des Streifencomplexes von  $f$  beziehen, und dürften hier die Daten der zweiten Centrirung, weil sie grössere Flächenelemente betreffen, als die sichereren zu betrachten sein.

Ich habe die Winkel, welche sich aus der Messung zur Vicinalfläche  $\gamma_7 = 1$  ergeben, absichtlich wieder aufgeführt.

Wenn man nämlich die von C. Hintze in seiner Arbeit über den krystallisirten Danburit aus der Schweiz (l. c. auf pag. 299) veröffentlichte Winkeltabelle betrachtet und die dort aufgeführten, in der Zone  $bw$  gemessenen Winkel zum Vergleiche heranzieht, so zeigt es sich, dass sowohl der vorhin am Krystall XVIII zwischen  $b$  und  $p_2^\beta$  angegebene Winkel  $14^\circ 13'$ , als auch der vorstehend zwischen zwei unzweifelhaften Vicinalflächen, nämlich  $\gamma_7$  und 5, gemessene Winkel  $19^\circ 19' 20''$  dort gleichfalls vorkommen, indem  $b : p = 14^\circ 10'$  und  $b : f = 19^\circ 19'$  angegeben wird.

Dadurch wird die Vermuthung nahe gelegt, dass auch die von Dr. Hintze angeführten Messungen sich zum Theile auf Vicinalflächen beziehen, wie es bezüglich meiner Messungen in diesem Falle sichergestellt ist, und zweitens, dass diese Vicinalflächen nicht ganz willkürlich gelegen sein dürften, da sie sich an verschiedenen Exemplaren in gleicher Weise zu wiederholen scheinen.

Die bisher gefundenen Winkel beziehen sich auf  $\gamma_7$  als Ausgangspunkt.

Um den Abstand der Normalen der betreffenden Flächenelemente von der Normalen des wahren Flächenortes von  $b$ , also der Axe  $b$  selbst, zu finden, müssen wir daher zu den angeführten Zahlenwerthen je  $23' 15''$  addiren.

In der nachfolgenden Uebersicht ist dieses geschehen und wurde überdies jedem der auf solche Weise gefundenen Winkel der entsprechende Axenabschnitt der zugehörigen Fläche auf  $c$  für  $b = 1$  beigefügt.

Die Flächen selbst wieder sind conform wie früher derart bezeichnet, dass der Exponent  $\gamma$  auf Abweichung der betreffenden Vicinalfläche nach der Seite der Endfläche,  $\beta$  auf eine Abweichung nach der Seite der Längsfläche hindeutet, wenn von der Ebene der daneben gestellten Hauptfläche ausgegangen wird.

Uebersicht der Messungsergebnisse in der Zone *bw*.  
Krystall V.

Hauptflächen	Gerechnete Winkel mit (010)	Signatur	I. Centrirung		II. Centrirung	
			Winkel mit (010)	Parameter auf <i>c</i>	Winkel mit (010)	Parameter auf <i>c</i>
<i>b</i> (010)		$\gamma_7$	00° 23' 15"	308		
<i>h</i> (011. 1)	10° 43' 24"	$h_1\beta$	10° 34' 30"	11·157		
<i>p</i> (081)	14° 35' 42"	$p_1\gamma$	14° 48' 50"	7·876		
<i>g</i> (071)	16° 34' 20"	$g_3\beta$	16° 12' 50"	7·163		
<i>f</i> (061)	19° 8' 46"	$f_3\gamma$	19° 42' 35"	5·815	19° 40'	5·828
		$f_4\gamma$	20° 19' 30"	5·623	20° 25' 15"	5·595
<i>w</i> (041)	27° 30' 30"	<i>w</i>	27° 30' 40"	4·000	27° 30' 35"	4·000

Von allen in der Uebersicht enthaltenen gemessenen Winkeln stimmt nur ein einziger mit dem für die betreffende Hauptfläche berechneten überein.

Dieses ist der Fall bei *w* (041).

Der Winkel war sehr gut messbar, die Uebereinstimmung mit dem theoretischen Werthe ist aber auch eine nahezu vollständige, was wohl mit zu Gunsten des in der vorliegenden Arbeit aufgestellten Axenverhältnisses geltend gemacht werden kann, da der von Dana für *b:w* berechnete Winkel 27° 29' um mehr als eine Minute davon abweicht.

Alle anderen Flächen sind, wie man sieht, durch Vicinalflächen vertreten.

Wenn man  $\zeta b$  und  $\zeta' b$  und ebenso  $\zeta c$  und  $\zeta' c$  in der früher angegebenen Bedeutung auch für die vorliegenden Flächen und für die vorliegenden Winkel  $\alpha'$  wieder berechnet, so nehmen die Differenzzahlen  $\delta'b$  und  $\delta'c$  für  $\sigma = 20$  und  $\sigma = 21$  die nachstehend übersichtlich geordneten Werthe an.

Zur Deutung der Vicinalflächen der Zone *bw*.  
Krystall V.

II. C e n t r i r u n g						
			$\alpha''$	$\delta''b$	$\delta''c$	$\sigma$
<i>f</i> (061)	19° 8' 46"	$f_4\gamma$	20° 25' 15"	+0·499	-2·80	21
		$f_3\gamma$	19° 40'	+0·201	-1·125	21

I. C e n t r i r u n g						
		$\alpha'$	$\delta'b$	$\delta'c$	$\sigma$	
<i>g</i> (071)	16° 34' 20"	$f_4\gamma$	20° 19' 30"	+0.439	-2.465	20
				+0.459	-2.64	21
		$f_3\gamma$	19° 42' 35"	+0.2093	-1.210	20
				+0.220	-1.273	21
<i>g</i> (071)	16° 34' 20"	$g_2\beta$	16° 12' 50"	-0.130	+0.93	20
				-0.136	+1.00	21
<i>p</i> (081)	14° 35' 42"	$p_1\gamma$	14° 48' 50"	+0.0793	-0.624	20
				+0.083	-0.652	21
<i>h</i> (0.11.1)	10° 43' 24"	$h_1\beta$	10° 34' 30"	-0.0518	+0.581	20
				-0.053	+0.608	21

Man bemerkt zunächst, dass die hier aufgeführten Differenzzahlen von den beim früheren Krystalle angegebenen Werthen im Allgemeinen verschieden sind.

Dies steht aber im Einklange mit der Thatsache, dass auch die Zone selbst hier ganz anders entwickelt ist als dort, und wäre daher eher das Gegentheil zu verwundern.

Nur die zur Fläche  $g_2\beta$  gehörigen Zahlen stellen gleichsam eine Wiederholung der am Individuum XVIII beobachteten Verhältnisse dar, da sich das  $\delta'c$  in ähnlicher Weise, wie dort, für  $\sigma = 21$  (welches überhaupt fast durchwegs die einfacheren Werthe liefert) auffallend der Einheit nähert.

Ein durchgreifender Unterschied zwischen beiden Fällen besteht schon darin, dass im vorliegenden Falle die Differenzzahlen auf der gleichen Axe bei den aufeinander folgenden Flächen mit einfachen Indices abwechselnd positiv und negativ erscheinen, mithin auf Zunahme und Abnahme von Substanzanlagerung hindeuten, da, wo auf der Nachbarfläche das Gegentheil stattfand.

Es ist dieser Umstand vielleicht mit der Thatsache in Verbindung zu bringen, dass ein- und ausspringende Kanten zwischen den Flächen dieser Zone in bestimmter Weise abwechseln, und gleichzeitig mit der weiteren Thatsache, dass das  $f$  in allen Höhen der Zone sich wiederholt, während sich ein Gleiches von den übrigen Flächen derselben keineswegs ebenso behaupten lässt.

Interessant sind ferner die Beziehungen, welche in den Grössenverhältnissen der aufeinander folgenden Differenzzahlen bestehen.

Was die Differenzzahlen auf der Axe  $b$  anbelangt, so zeigt sich bei den Zahlen der ersten Centrirung ( $\delta' b$ ) die merkwürdige Erscheinung, dass die nächst höhere Differenzzahl immer genau der Summe der zwei vorausgehenden gleichkommt<sup>1)</sup>.

Die letzte der Reihe, welche sich auf  $f_4^Y$  bezieht, macht davon eine Ausnahme; wird dagegen  $\delta'' b$  aus der zweiten Centrirung herübergenommen, so stellt dieses wieder genau die Summe aller vorausgehenden Differenzzahlen dar.

Die Differenzzahlen bezüglich  $c$ ,  $\delta' c$  nehmen an Grösse ausnahmslos ab, je mehr man sich der  $b$ -Axe nähert, und zwar in einem einfachen Verhältnisse.

Da dieselben nach einander sich für  $\sigma = 21$  mit den einfachen Brüchen  $\frac{5}{5}$ ,  $\frac{6}{6}$ ,  $\frac{7}{7}$ ,  $\frac{8}{8}$ ,  $\frac{9}{9}$ ,  $\frac{10}{10}$  identificiren lassen, so verhalten sich ihre reciproken Werthe wie  $5 : 6 : 7 : 8 : 9 : 10$ .

Was insbesondere die positiven Werthe der Differenzzahlen betrifft, so ist hinsichtlich ihrer absoluten Grösse Folgendes zu bemerken:

Auf der Fläche  $f$  geben die positiven Werthe der zweiten Centrirung für  $\sigma = 21$  sehr einfache Zahlen, indem  $\delta'' b$  fast genau  $= \frac{1}{2}$  und  $\frac{1}{3}$  gesetzt werden kann.

Diese Werthe der Differenzzahlen gestatten auch eine sehr einfache Deutung.

Auf  $f$  (061) deutet  $\delta'' b = \frac{1}{2}$  auf Induction durch die Nachbarfläche  $w$  (041),

$\delta'' b = \frac{1}{3}$  ebenso auf Induction durch (051).

Die Zahlen der zweiten Centrirung bieten zwar nicht ganz so einfache Verhältnisse dar, so dass der Gedanke naheliegt, ihre Flächenelemente zum Theile wenigstens als Vicinalflächen von Vicinalflächen, also gleichsam als Vicinalflächen höheren Grades aufzufassen, doch ist auch in den complicirten Indices der jetzt als inducirend erscheinenden Flächen eine gewisse Gesetzmässigkeit noch unverkennbar.

Wir werden gemäss den früheren Erfahrungen  $\delta' b$  der ersten Centrirung beiseite lassen, dagegen alle folgenden + Differenzzahlen dieser Reihe für  $\sigma = 21$  in Betracht ziehen.

<sup>1)</sup> Wenn nur die absolute Grösse der Differenzzahlen, nicht aber ihr Zeichen berücksichtigt wird.

Auff (061)	entspricht	$\delta' b = 0.220 = \frac{2}{9}$	der Induction durch	$5f + 6$	(041)
" $g$ (071)	"	$\delta' c = 0.99 = 1$	"	"	" $5g + 5$ (010) resp. <i>ind.</i> (081)
" $p$ (081)	"	$\delta' b = 0.083 = \frac{1}{12}$	"	"	" $5p + 8$ (071)
" $h$ (0.11.1)	"	$\delta' c = 0.608 = \frac{8}{13}$	"	"	" $5h + 3$ (010)

Man erkennt, dass auch hier die aus der Differenzzahl abgeleiteten Flächenzeichen der inducirenden Bildungen eine Zerlegung gestatten, und zwar in ein Multiplum der Indices der betreffenden einfachen Fläche, über welcher die Vicinalfläche sich ausbildete, und ein Multiplum der Indices einer benachbarten einfachen Fläche, welche auf jener Seite der ersteren liegt, nach welcher hin die Abweichung der Vicinalflächen stattfand.

Man erkennt überdies, dass bei allen den genannten Flächenbildungen des vorliegenden Krystalles der Antheil der Indices jener einfachen Fläche, über welcher die Vicinalflächen sich erheben, ein ganz gleicher ist, und dass das  $\delta' c$  von  $g$  (071) eine ähnliche Deutung erlaubt, in Folge deren die hier inducirend gefundene Flächenbildung (081) als eine in ganz ähnlicher Weise zwischen  $g$  und  $b$  schwankende Krystallbildung anzusehen wäre, wie die durch die complicirteren Indices ausgedrückten Inductionen auf den übrigen Flächen.

Ohne den Gedanken hier weiter auszuführen, will ich nur andeuten, dass wir Aehnliches in vereinfachter Form auch zwischen  $\lambda$  und  $r$  antreffen werden und dass die Gleichheit jenes Antheiles  $5f$ ,  $5g$  etc. vielleicht damit in Zusammenhang zu bringen ist, dass vor Entstehung der besprochenen Vicinalflächen über allen den aufgezählten, einander benachbarten Flächen von einfachen Indices, auf welchen sich die Vicinalflächen später aufbauten, also in den ihnen benachbarten Krystallräumen dieser Zone, das absolute Wachsthum dasselbe war, d. h. das gleichförmige Fortwachsen derselben durch gleich raschen Absatz gleich vieler Schichten erfolgte.

#### Messungen in der Zone $a\lambda$ (100) (142).

Nur diese in der citirten Figur als Vorderseite gezeichnete Hälfte des Krystalles besass Pyramidenflächen, die zur genaueren Messung sich eigneten.

Die Einstellung der oben genannten Zone erwies sich hier schon aus dem Grunde interessant, weil sie vermöge der sonstigen

Umstände diesmal den genauen Nachweis bestimmter vicinaler Zonen gestattete, deren Existenz sich beim Anblicke gewisser Krystalle, so z. B. bei dem triklin verzerrten Individuum Fig. 12, zum Theile schon unmittelbar zu erkennen ergeben hatte.

Auf  $a$  erschienen bei ungefährender Justirung jener Ebene, welche die meisten der auf  $r$  und  $\lambda$  auftretenden Reflexe in sich vereinigte, wiederum die Reflexe  $\gamma$  und  $\gamma'$  in sehr präciser Form, wengleich das  $\gamma$  etwas lichtschwächer; ihr gegenseitiger Abstand, bezogen auf die justirte Ebene, wurde zu  $18'$  gemessen, fast genau gleich dem theoretischen Werthe der Projection des wahren Winkels  $\gamma : \gamma'$  auf die Zone  $a\lambda$ , welcher aus den Neigungswinkeln der beiden Zonen  $bc$  und  $a\lambda$  zu  $18' 12''$  sich berechnet.

Die Charakteristik der auf den Flächen  $r$  und  $\lambda$  bei dieser Einstellung auf einander folgenden Reflexbilder ist folgende:

Auf  $r$  (121) und  $\underline{r}$  ( $\bar{1}21$ ), welche eine parallel der Durchschnittskante mit  $\lambda$  geriefte Oberfläche besitzen, waren je zwei Reflexbilder als muthmassliche Culminationspunkte zu beobachten.

Auf  $r$  solche, die zu beiden Seiten des wahren Flächenortes lagen, also innere und äussere,  $1 = r^{\alpha}$  und  $2 = r^{\lambda}$ , auf  $\underline{r}$  lediglich solche, welche die Combinationskante  $\lambda r$  abstumpfen, nämlich  $7$  und  $8 = \underline{r}^{\lambda}$ , also nur innere Reflexe.

Auf den Flächen  $\lambda$  (142) und  $\underline{\lambda}$  ( $\bar{1}42$ ) waren alle drei bereits besprochenen Kategorien von Flächenelementen ausgebildet, äussere  $\lambda^{\alpha} = 3$  und  $\underline{\lambda}^{\alpha} = 6$ , innere  $\lambda^{\lambda} = 4$  und  $\underline{\lambda}^{\lambda} = 5$ , und seitliche, d. h. nach dem Kopfe des Krystalles hin gelegene, (4) und (5).

Die letzteren lieferten mattere Reflexe, die mit den inneren bezüglich ihrer Projection auf  $a\lambda$  nahezu zusammenfielen. Die genauere Untersuchung der gegenseitigen Lage der letzteren und ihrer Beziehungen, namentlich zur Streifenzone der Flächen  $r$ , ergab nachstehendes Resultat.

Wurden die Reflexe  $3$  und  $6$  genau in die Ebene der Fernrohraxen gebracht, so erschienen die Reflexbilder  $\gamma$  und  $\gamma'$  auf  $a$  rechts und links in gleichem Abstände vom Verticalfaden des Kreuzes im Beobachtungsfernrohr, und es zeigte sich so, dass  $3$  und  $6$  einer durch  $a$  selbst gehenden Zone angehören.

Die übrigen Reflexe (ausser  $5$  und  $6$ ) lagen sämtlich dieser Zone sehr nahe und nur unmerklich nach links, nach dem Kopfe des Krystalles hin ausweichend.

Bei genauer Justirung von  $\gamma$  und 3 lagen auch 1 und 2 genau in der eingestellten Zone, während 4, 5 und 6 zwar undeutlich, 7 und 8 dagegen schon stärker davon abwichen.

Die seitlichen Reflexe (4) und namentlich (5) lagen in diesem Falle ziemlich weit links abseits.

Wird endlich  $\gamma'$  mit dem 4 nahe gelegenen seitlichen Reflex (4) genau justirt und in die Drehungsebene gebracht, so ergibt sich die merkwürdige Thatsache, dass jetzt (5) in die eingestellte Zone fällt, während 6 bereits merklich und viel weiter noch 7 und 8 aus derselben heraustreten, diesmal zur Rechten des verticalen Fadens erscheinend.

Es sind also hier zweifellos vicinale Zonen vorhanden, die von  $\gamma$  und  $\gamma'$  ausgehen und einmal einen äusseren, einmal einen seitlichen Reflex von  $\lambda$  in sich aufnehmen, und die Riefung auf  $r$  selbst entspricht einer solchen vicinalen Zone.

Es wurden zwei Beobachtungsreihen angestellt.

A. Mit  $\gamma$  als Ausgangspunkt und Justirung der Kante  $\gamma : 3$ .

B. Mit  $\gamma'$  als Ausgangspunkt und Justirung der Kante zwischen  $\gamma'$  und derselben Fläche 3.

Die in dem einen und anderen Falle zwischen den aufgezählten Reflexbildern gefundenen Winkelabstände als Mittelwerthe gut übereinstimmender Einzelmessungen, die nur auf  $r$  etwas stärker variierten, sind in der nachfolgenden Uebersicht zusammengestellt.

Ich brauche wohl nicht erst hinzuzufügen, dass die Fehler, welche in die Positionen gegenüber  $a$  dadurch gebracht wurden, dass nicht die Zone  $a\lambda$  selbst, sondern eine dieser vicinale eingestellt wurde, gegen die Beobachtungsfehler völlig zurücktraten.

### Krystall V, Zone (100) (142).

	Reihe A, Zone $\gamma/3$				Reihe B, Zone $\gamma'/3$			
	Gemessene Winkel		Abgeleitete Winkel		Gemessene Winkel		Abgeleitete Winkel	
	Linke Seite des Krystalles				Linke Seite des Krystalles			
$\gamma : 1$	57° 16' 20"	$\gamma : 1$	57° 16' 20"	$\gamma' : 1$	57° 34' 20"	$\gamma' : 1$	57° 34' 20"	
1 : 2	34' 50"	2	57° 51' 10"	1 : 2	34' 40"	2	58° 9'	
2 : 3	13° 52' 20"	3	71° 43' 30"	2 : 3	13° 51' 50"	3	72° 00' 50"	
3 : 4	26' 50"	4	72° 10' 20"	3 : 4	26' 50"	4	72° 27' 40"	

Rechte Seite des Krystalles				Rechte Seite des Krystalles			
4 : 5	35° 13' 40"	$\underline{\gamma}' : 5$	72° 36'	4 : 5	35° 13' 50"	$\underline{\gamma} : 5$	72° 18' 30"
5 : 6	33' 10"	6	72° 2' 40"	5 : 6	32' 30"	6	71° 46'
6 : 7	12° 00' 50"	7	60° 1' 50"	6 : 7	12° 3'	7	59° 43'
7 : 8	44' 40"	8	59° 17' 20"	7 : 8	43'	8	59°

Man bemerkt, dass die in den Reihen A und B aufgeführten Winkel im Allgemeinen durchwegs um 18' differiren, entsprechend der Differenz der Abstände der ersten Fläche der Zone, 1, von  $\gamma$  und  $\gamma'$ .

Nur auf der rechten Hälfte ist bei (121) eine etwas merklichere Abweichung davon wahrzunehmen, wohl herrührend von der Unsicherheit der Einstellung gewisser aus der Zone heraus tretender Reflexe.

Was nun die Winkelabstände der aufeinander folgenden Reflexbilder selbst betrifft, so ist zu betonen, dass dieselben auf der rechten und linken Hälfte des Individuums ganz unsymmetrisch vertheilt sind und dass im Allgemeinen die Neigung der über einer und derselben Hauptfläche aufgebauten Vicinalflächen auf der linken Hälfte geringer ist als auf der rechten Seite.

Dem ist noch beizufügen, dass dies im Einklange steht mit der Grössenentwicklung der betreffenden Flächen, da  $r < \underline{r}$  und  $\lambda < \underline{\lambda}$  ausgebildet ist und insbesondere  $\underline{\lambda}$  auf die linke Seite des Individuums, mithin in den bei symmetrischer Entwicklung dem 142 angehörigen Krystallraum übergreift.

Bevor wir daran gehen, so wie am früheren Krystalle die aufgeführten Vicinalflächen der Zone hinsichtlich ihres Neigungsverhältnisses zur zugehörigen Hauptfläche zu untersuchen, ist es nöthig, ihren von den Vicinalflächen auf  $a$  gemessenen Abstand auf den wahren Abstand von  $a$  selbst zu reduciren.

Dieses kann wieder, wenigstens mit grösster Annäherung, auf zweifache Weise geschehen.

Einmal dadurch, dass das Mittel der beiden Beobachtungsreihen A und B genommen wird, das zweite Mal durch Addition der halben Differenz der Einstellungen  $\gamma : 1$  und  $\gamma' : 1$  (nämlich 9') zur Reihe A.

Man erhält dann folgende sehr nahe übereinstimmende Werthe:

Messungsergebnis der Zone (142) (100).

Krystall V.

	Mittel der Beob.-Reihen A und B	Corr. Mittel durch Addition von 9' zur Reihe A	Winkel der betreffenden Hauptflächen
$a:1$	57° 25' 20"	57° 25' 20"	$a:r = 57° 32' 36''$
2	58° 00' 5"	58° 00' 10"	
3	71° 52' 10"	71° 52' 30"	
4	(72° 18' 55")	(72° 19' 20")	
$a':5$	72° 27' 45"	72° 27'	$a:\lambda = 72° 21' 30''$
6	71° 54' 20"	71° 53' 40"	
7	59° 52'	59° 53'	
8	59° 8' 40"	59° 8' 20"	

Bei Besichtigung dieser Winkeltabelle fallen zwei Thatsachen sofort in die Augen:

1. Es sind diesmal durchwegs, sowohl auf  $r$  als auf  $\lambda$  nur Vicinalflächen vorhanden.

2. Diese Vicinalflächen sind, was besonders betont werden muss, fast alle unsymmetrisch vertheilt zur „Symmetrieebene“  $a$  des Krystalles, repräsentiren also auch hinsichtlich der Flächenneigungen jenen Gegensatz zwischen der „Symmetrie der inneren Anlage“ (die sich beispielsweise auf  $a$  noch deutlich verrieth) und der „Symmetrie der Ausbildung“, welcher hinsichtlich der Grössenentwicklung der Hauptflächen schon im ersten Theile der Arbeit auf Grund directer Beobachtungen wiederholt hervorgehoben wurde.

Die einzige Ausnahme davon bilden die Flächenelemente, die den Reflexbildern 3 und 6 zu Grunde liegen, mit nahezu gleichem Winkelabstande bezüglich  $a$  und  $a'$ .

Es ist möglich, dass auch dieser geringe Unterschied hier nur von einer gewissen Unvollkommenheit der Einstellung auf  $\lambda$  herrührt, die bei aller Vorsicht nicht zu vermeiden war (Reihe B).

Bezüglich der übrigen Reflexbilder ist diese Annahme aber jedenfalls ausgeschlossen.

Dass übrigens bei aller Unsymmetrie der Vertheilung ein gewisser Zusammenhang in der gegenseitigen Lage der einzelnen

Vicinalflächen, nicht nur jener, die zur gleichen Art von Hauptflächen gehören, sondern auch jener von verschiedener Art, dennoch besteht, tritt einigermaßen schon in der Thatsache hervor, dass auf der linken Seite sowohl die Abweichung der Vicinalflächen von dem wahren Flächenorte der ihnen zu Grunde liegenden Flächen von einfachen Indices, als auch ihr Abstand von  $\alpha$  gleichzeitig durchwegs geringer ist als der entsprechende Werth bezüglich der Hauptflächen und  $\alpha'$  auf der rechten Seite.

Noch deutlicher sind die gesetzmässigen Beziehungen aus den Differenzzahlen der einzelnen Vicinalflächen zu entnehmen.

Nur auf einen schon eingangs der Arbeit flüchtig berührten Umstand möchte ich noch zuvor die Aufmerksamkeit lenken, welcher Umstand beim Vergleiche der früheren Tabelle, welche die beobachteten Winkelabstände enthält, mit der späteren Tabelle, welche die daraus hergeleiteten Werthe bezüglich  $\alpha$  und  $\alpha'$  umfasst, zu Tage tritt.

Es ist dies die Gleichheit der Winkel  $\alpha : 4$  und  $\underline{\gamma} : 5$  und dementsprechend auch der Winkel  $\alpha' : 5$  und  $\gamma' : 4$  unter einander. Mit anderen Worten, es handelt sich um die merkwürdige Thatsache, dass der Abstand des der linken Hälfte unseres Krystalles angehörigen inneren Reflexes (4) auf  $\lambda$  von der ihm zunächst gelegenen Hauptfläche (100) gleich gross berechnet wurde, wie der Abstand des der rechten Seite angehörigen Reflexes (5) von der letzterem zunächst gelegenen Vicinalfläche  $\underline{\gamma}$  auf  $\alpha'$  gemessen wurde, etc.

Man könnte diese Thatsache auch so ausdrücken, dass man sagt, die letztere Fläche (5) sei aus einer ursprünglich zu (4) symmetrischen Lage (in der Zone beider) gleichsam um ebensoviel nach aufwärts verschoben, als die Projection des Abstandes  $\underline{\gamma} : \alpha'$  auf die Richtung der Zone beträgt.

Es genüge vorläufig darauf hinzuweisen, dass uns diese Thatsache auch bezüglich anderer Flächen noch wiederholt begegnen wird.

#### Zur Deutung der Vicinalflächen von $r$ .

Wenn wieder  $\alpha'$ ,  $\delta'a$ ,  $\delta'b$  und  $\delta'c$  etc. in der früheren Bedeutung gebraucht werden, dann nehmen die Resultate der Be-

rechnung der zu den auf  $r$  entwickelten Vicinalflächen gehörigen Differenzzahlen folgende Gestalt an:

	$\sigma = 20$	$\sigma = 21$
1) $\alpha' = 57^\circ 25' 20''$	$\delta' a = -0.144 = -\frac{1}{7}$	$-0.151$
2) $\alpha'' = 58^\circ 13''$	$\delta'' a = +0.575 = \frac{4}{7}$	$+0.60$
7) $\alpha''' = 59^\circ 8' 20''$	$\delta''' a = 2.00 = 2$	$2.10$
8) $\alpha'''' = 59^\circ 53'$	$\delta'''' a = 2.99 = 3$	$3.14$

In Betreff der vorstehenden Zahlenwerthe ist Folgendes zu bemerken:

$\delta' a$  stellt gewissermassen eine Beziehung her zwischen dem Vicinalflächenbau auf  $r$  und auf der benachbarten Fläche  $a$ , wenn man sich daran erinnert, dass eben dort bezüglich der Flächenbildungen  $\gamma_2$  die gleiche Differenzzahl, nämlich  $-\frac{1}{7}$ , auf der gleichen Axe constatirt wurde.

$\delta'' a$  repräsentirt genau das Vierfache von  $\delta' a$ .

Die Deutung dieser Differenzzahl ist allerdings nicht sehr einfach:

$\delta a = \frac{4}{7}$  verweist auf Induction durch eine Flächenbildung, welche sich aus  $2\lambda$  und  $5r$  zusammensetzt.

Die folgenden zwei Differenzzahlen sind sehr einfach, gleich 2 und 3, und gestatten auch eine sehr einfache Deutung.

Nach der Differenzzahl  $= 2$  erscheint Fläche 7) inducirt durch 142; es ist also so, als ob die Tendenz, die Nachbarfläche  $\lambda$  auszubilden, über den Krystallraum der Fläche  $r$  sich ausgebreitet hätte.

Fläche 8) mit der Differenzzahl 3 erscheint hingegen inducirt durch eine noch über  $\lambda$  hinausliegende Flächenbildung  $163 = \lambda + t$ , welche der ersten Abstumpfung zwischen  $\lambda$  und  $t$  gleichkommt.

### Zur Deutung der Vicinalflächen von $\lambda$ .

Es bleiben nun noch einige Worte über die Pyramidenflächen  $\lambda$  zu sagen übrig.

Hier repräsentiren wieder die Reflexbilder  $\lambda^r$  das constantere, diejenigen vom Charakter  $\lambda'$  das variabelere Element.

Wir werden uns deshalb auf die ersteren beschränken müssen, welche genau in der Zone  $a\lambda$  liegen.

Dazu sei im voraus bemerkt, dass sämtliche der beobachteten Winkel in diesem Falle auf Differenzzahlen führen, die

der Einheit sehr nahekommen, wie man schon daraus entnimmt, dass einer Grösse  $\delta a = -1$

für  $\sigma = 20$  der Winkel  $\alpha' = 71^\circ 52' 24''$

„  $\sigma = 21$  „ „  $\alpha' = 71^\circ 53' 50''$

entsprechen würde, die beobachteten Winkel aber zwischen den angeführten Grenzen liegen oder diesen doch sehr nahekommen.

Für  $\sigma = 20$  entspricht:

3) $\alpha' = 71^\circ 52' 10''$	$\delta'a = -1.007$	$\delta'b = 0.259$	$\delta'c = 0.518$
3) $\alpha'' = 71^\circ 52' 30''$	$\delta''a = -0.997$	$\delta'b = 0.256$	$\delta'c = 0.513$
6) $\alpha''' = 71^\circ 53' 40''$	$\delta'''a = -0.957$	$\delta'b = 0.246$	$\delta'c = 0.492$
6) $\alpha'''' = 71^\circ 54' 20''$	$\delta''''a = -0.937$	$\delta'b = 0.240$	$\delta'c = 0.48$

Aus der vorstehenden Uebersicht ist zu entnehmen, dass wir uns in der That in den Grenzen der Beobachtungsfehler halten, wenn wir bei Deutung der Differenzzahlen auf  $\lambda$  die bezüglich der  $a$ -Axe gefundenen negativen Werthe nach einfacher Division durch 2, respective 4, als positive Werthe auf die  $b$ - und  $c$ -Axe übertragen, aus welchen dann die inducirende Flächenbildung leicht abzuleiten ist.

Der Differenzzahl  $-1$  auf Axe  $a$ , respective  $+\frac{1}{2}$  auf  $b$  und  $\frac{1}{4}$  auf  $c$  entspricht aber die Induction durch eine Flächenbildung, welche sich aus  $3\lambda + 2r$  zusammensetzt, und welche wir schreiben können als *induc.* (5 . 16 . 8).

### Krystall X.

Das Individuum, dessen Winkelverhältnisse im Folgenden zur Sprache gebracht werden sollen, gehört bereits jenem Typus an, bei welchem die Endflächen in der verticalen Säulenzone nur noch als sehr schmale Abstumpfungen von Prismenkanten entwickelt sind, während unter den Flächen des Kopfes auch die Pyramidenflächen  $r$  eine ziemliche Ausdehnung gewinnen. Gerade deshalb scheint mir der betreffende Krystall besonders instructiv und werth, als Beispiel den früheren angereicht zu werden, da nicht nur sämtliche vier Pyramidenflächen  $\lambda$ , sondern auch sämtliche vier Flächen  $r$  des Kopfes messbare Reflexe lieferten.

Da die letztgenannten Flächen so ziemlich im Gleichgewichte entwickelt waren und in der verticalen Säulenzone nebst dem schmal ausgebildeten Prisma  $J$  das  $l$  vorherrschend auftrat, so bot der Krystall einen im Ganzen recht symmetrischen Anblick dar, ähnlich dem als Fig. 5 (l. c. Tafel V) abgebildeten Individuum,

nur ist diesem gegenüber zu erwähnen, dass auch das Doma  $d$  als untergeordnete Abstumpfung zwischen den  $r$ -Flächen auftrat und dass dieses durch etwas einseitige Entwicklung die Symmetrie des Kopfes wieder einigermassen beeinträchtigte.

Es scheint mir von grossem Interesse, dass in Uebereinstimmung mit dem eben Gesagten auch die Vicinalflächen im Ganzen und Grossen eine symmetrische Entfaltung besaßen, und dass umgekehrt gewisse Abweichungen von der symmetrischen Entwicklung Hand in Hand gehen mit der Grössenentwicklung der betreffenden Flächen, respective der Verschiebung derselben in benachbarte Krystallräume.

#### Zone $ab$ in der Nähe der Fläche $a$ (100).

Es wurde von  $a$  gegen  $b$  (010) und  $b'$  (0 $\bar{1}$ 0) hin gemessen.

Auf  $a$  war nur ein Reflexbild sichtbar, aber ziemlich gut entwickelt. Gegen  $b$  hin gelangten nach einander zuerst ein einzelnes verbreitertes Spaltbild  $J^x$ , welches auf eine  $J$  naheliegende Fläche zu beziehen war, dann eine Reihe heller Reflexe zur Beobachtung, welche letzteren, wie sich zeigen wird, um den wahren Flächenort von  $l$  herum gelegen sind.

Ebenso verhielt es sich, sobald die Untersuchung sich von  $a$  gegen  $b'$  hin bewegte.

Zugleich erwies es sich als eine Unmöglichkeit, bei Einstellung des Reflexes von  $a$  auf die Mitte des Fadenkreuzes auch die übrigen Reflexbilder der Prismenzone an der Mitte desselben vorbeizuführen, während die letzteren unter einander sich sämtlich in eine und dieselbe Ebene bringen liessen.

Mit anderen Worten, der Reflex auf  $a$  gehört nicht der Zone  $ab$  selbst an, wiewohl er nur wenige Minuten, und zwar nach aufwärts hin abweicht.

Da sich bei Einstellung der Zone  $ad$  später herausstellte, dass der erwähnte Reflex darin gelegen sei, so wird man ihn auf eine Flächenbildung vom Charakter  $a'$  zu beziehen haben.

Von den verbreiterten Reflexbildern wurde die Mitte eingestellt, aus der um  $l$  liegenden Reflexgruppe wurden die hellsten und präzisesten, welche sich als Cumulationspunkte darstellten, herausgegriffen.

Die Mittelzahlen der Messungsergebnisse sind folgende:

$$\begin{aligned} \text{Winkel von } a' \text{ nach } J^\alpha &= 28^\circ 5' 50'' & J^\alpha &= 28^\circ 6' 10'' \\ l &= 47^\circ 28' 30''^1) & l' &= 47^\circ 25' 50'' \\ & & & \text{(bester Reflex).} \end{aligned}$$

Der Winkel zu  $l$  und  $l'$  gleicht fast genau dem berechneten Werthe (100) (120), welcher  $47^\circ 26' 10''$  betragen würde.

Es ist demnach wahrscheinlich, dass ausser den Vicinalflächen von  $l$ , welche durch die in der Nähe dieser hellsten Reflexe gelegenen übrigen Signalbilder sich verrathen, auch Flächenelemente vorhanden sind, welche in ihrer Lage dem wahren Flächenorte von  $l$  fast genau gleichkommen.

$J^\alpha$  ist hingegen eine entschiedene Vicinalfläche, und zwar eine solche, welche  $a$  näher liegt, als die Fläche  $J$  selbst, da (100) (110)  $28^\circ 33' 58''$  beträgt.

Berechnet man auf dieser Fläche, deren Winkel als recht gut bestimmt angesehen werden darf (schon vermöge des Charakters des einzelnen Spaltbildes), wieder in gewohnter Weise  $\zeta a$ ,  $\zeta' a$  und  $\delta a$ , so ergibt sich dasselbe für  $\sigma = 20$  zu  $-0.334$ , also fast genau gleich  $-\frac{1}{3}$  bezüglich der Axe  $a$ , respective  $+0.346$ , also beiläufig  $+\frac{1}{3}$  auf der Axe  $b$ .

Es verdient wohl besonders betont zu werden, nicht nur die symmetrische Aufeinanderfolge gleichartiger<sup>2)</sup> Reflexbilder in dem Raume  $a/b$  wie  $a'/b'$ , sondern auch die Gleichheit der zu diesen gemessenen Winkel, welche bereits einen Beleg bietet für die oben aufgestellte Behauptung, dass die vordere und rückwärtige Hälfte des vorliegenden Krystalles sowohl nach den Grössen-, als auch nach den Neigungsverhältnissen der dieselbe bildenden Flächen ziemlich symmetrisch entwickelt war.

Nach der Grösse der Differenzzahl  $\delta' b = +\frac{1}{3}$  zu schliessen, müsste auf  $J$  die Tendenz aufgetreten sein, die Fläche (430) zur Ausbildung zu bringen.

Auf der Rückseite des Krystalles (im Raume  $a'b$  und  $a'b'$ ) ergaben sich im Allgemeinen ähnliche Verhältnisse; jedoch waren die Spaltbilder durchgängig von geringerer Präcision, so zwar dass die dort gemessenen Winkel mit den vorigen ihrem Werthe nach

<sup>1)</sup> Aehnlich dem von Hintze angegebenen beobachteten Werth. l. c. pag. 298.

<sup>2)</sup> d. i. solcher von gleicher Beschaffenheit.

sich nicht vergleichen lassen. Einer der hellsten Reflexe erwies sich durch den Winkel  $\alpha' b_v 46^\circ 12'$  als ungefähre Gegenfläche von  $b'$ .

Bemerkenswerth ist das hier beobachtete Auftreten zweier zu  $a'$  gehörigen Reflexe, von denen der eine ebensoviel über der Zone  $ab$  (entsprechend  $\alpha'$ ) als unter derselben erschien (Gegenfläche zu  $\alpha'$ ), und deren Zone von der Projection der Fläche  $a'$  auf  $ab$  genau  $180^\circ$  entfernt war.

Die Flächen  $b$  und  $b'$  lieferten keine sichtbaren deutlichen Reflexe.

Zone  $\alpha'/d'$ .

Auf der Fläche  $a'$  waren, wie erwähnt, der zur Endfläche  $c$  gehenden Zone angehörige Reflexbilder zu beobachten, und zwar im Abstände von  $23' 10''$ .

Es ist dies genau derselbe Winkel, welcher bereits beim Krystall XVIII zwischen zwei Flächen vom Charakter  $\alpha'$  und  $\alpha'$  gefunden wurde. Das gilt auch in diesem Falle.

Die halbe Differenz des Winkels  $\gamma : \gamma'$ , nämlich  $11' 35''$ , ergibt den wahren Abstand der zugehörigen Flächen vom wahren Orte  $a'$ .

Auf  $a$  war nur ein Reflex sichtbar, welcher sich genau als der Gegenfläche von  $\gamma'$  zugehörig darstellte.

Auf  $d'$  kamen zwei Reflexbilder zum Vorschein.

Aus  $\left. \begin{array}{l} \underline{\gamma} \cdot d'_1 = 48^\circ 24' \\ \underline{\gamma}' \cdot d'_1 = 48^\circ 47' 10'' \end{array} \right\} \text{ wurde } a' \cdot d'_1 = 48^\circ 35' 35''$   
 ferner aus  $\left. \begin{array}{l} \underline{\gamma} \cdot d'_2 = 48^\circ 35' 30'' \\ \underline{\gamma}' \cdot d'_2 = 48^\circ 58' 40'' \end{array} \right\} \quad a' \cdot d'_2 = 48^\circ 47' 5''$   
 bestimmt.

Das Resultat ist in zweifacher Hinsicht bemerkenswerth. Einmal wegen der Gleichheit der Winkel  $\underline{\gamma}' \cdot d'_1$  und  $a' \cdot d'_2$  einerseits,  $\underline{\gamma} \cdot d'_2$  und  $a' \cdot d'_1$  andererseits.

Sodann wegen der nahezu vollständigen Uebereinstimmung der letzteren mit dem Winkel  $ad$ , welcher nach meinem Axenverhältnis  $48^\circ 35' 40''$  beträgt.

Der Reflex  $d'_1$  erscheint demnach zurückführbar auf Flächenelemente von der Lage des wahren Flächenortes  $d$  (101).

Schon die Beschaffenheit des ziemlich lichtschwachen verschwommenen Reflexes lässt erkennen, dass er von keiner einheitlichen, glatten Fläche herrührt.

Die Betrachtung des Lupenbildes im Momente der Einstellung zeigt vielmehr, dass die den Boden der Aetzgrübchen bildenden Flächenelemente es sind, welche spiegeln und den Reflex zusammensetzen, so dass es fraglich erscheint, ob das  $d$  hier wirklich als Krystallfläche ausgebildet ist, oder ob es nur durch die Aetzung blossgelegt wurde.

$d'_2$  hingegen hat durchaus den Charakter einer Vicinalfläche ( $d'$ ), welche merkwürdigerweise von  $d'$  ebensoviel abweicht, wie die correspondirende Flächenbildung  $\gamma$  von  $a'$ .

Am interessantesten gestalteten sich die Messungen in den Pyramidenzonen, besonders bezüglich der Flächen  $r$ .

Zone  $a/r/\lambda$  und  $a/r'/\lambda'$ , d. h. sowohl auf der vorderen als auf der rückwärtigen Seite des Krystalles.

Auf jeder der Flächen  $r$ ,  $\lambda$ ,  $\lambda'$ ,  $r'$  etc., die sämmtlich gut messbar entwickelt waren, erschienen je zwei Reflexbilder; auf den Flächen  $r$ , welche eine ziemlich gleichmässige parallele Streifung zeigten, waren beide von gleicher Güte und in einer und derselben zu  $a$  und  $a'$  gehenden Zone gelegen; auf den Flächen  $\lambda$  waren sie von zweierlei Art: äussere, die mit den vorigen in einer und derselben Zone lagen, ferner innere, die aber nachweislich vom wahren Orte  $\lambda$  sich sehr wenig entfernten, in der Zone  $\lambda/t$ , endlich damit theilweise zusammenfallende Reflexe vom Charakter  $\lambda^e$ , d. h. zu den kreuzweise gegenüberliegenden Flächen  $\lambda$  hinführend. Die zu den gewissermassen cumulirten inneren Reflexen  $\lambda$  gehörigen Bilder waren in Folge des theilweisen Uebereinandergreifens derselben fast alle vier derart verzogen, dass nur die eine der beiden sich kreuzenden Begrenzungen der hellen Bogensegmente des Signalbildes scharf und gerade verlief, während die zweite matter, ziemlich breit und verschwommen sich darstellte.

Diese Ungleichförmigkeit der Spaltbilder war sowohl zu beiden Seiten der Domenfläche  $t$ , als auch jederseits der Symmetrieebene  $b$  ganz symmetrisch vertheilt.

Diese in unmittelbarer Aufeinanderfolge zur Einstellung gelangten Reflexbilder mögen in gewohnter Weise der Reihe nach von  $a$  beginnend und gegen  $t$  fortschreitend auf der vorderen Hälfte des Krystallindividuums mit  $\gamma$ , 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8,  $\underline{\gamma}'$

und analog diesem auf der rückwärtigen Hälfte mit  $\gamma$ ,  $1'$ ,  $2'$ ,  $3'$ ,  $4'$ ,  $5'$ ,  $6'$ ,  $7'$ ,  $8'$ ,  $\underline{\gamma}'$  bezeichnet werden<sup>1)</sup>.

Die Messungsergebnisse lassen sich nun in folgender Form wiedergeben:

Uebersicht der Messungsergebnisse der Zone  $a/\lambda$   
(100) (142).

A. Vorderseite des Krystalles. 100:142.

Linke Hälfte.		Correctionswinkel $8' 30''$ <sup>2)</sup> .	
Beob. Winkel	Abgel. Winkel	Corr. Werthe	
$\gamma : 1 \dots 58^\circ 9' 40''$	$\gamma : 1 \dots 58^\circ 9' 40''$	$a : 1 \dots 58^\circ 1' 10''$	
$1 : 2 \dots 20' 50''$	$2 \dots 58^\circ 30' 30''$	$2 \dots 58^\circ 22'$	
$2 : 4 \dots 14^\circ 00' 40''$	$4 \dots 72^\circ 31' 10''$	$4 \dots 72^\circ 22' 40''$	
Rechte Hälfte.			
$4 : 5 \dots 35^\circ 15' 30''$	$\underline{\gamma}' : 5 \dots 72^\circ 13' 20''$	$a' : 5 \dots 72^\circ 21' 50''$	
$5 : 7 \dots 14^\circ 9' 40''$	$7 \dots 58^\circ 3' 40''$	$7 \dots 58^\circ 12' 10''$	
$7 : 8 \dots 14' 35''$	$8 \dots 57^\circ 49' 5''$	$8 \dots 57^\circ 57' 35''$	

B. Rückseite des Krystalles. Zone 100:142.

Linke Hälfte.		Correcturwinkel $8' 20''$ .	
Beob. Winkel	Abgel. Winkel	Corr. Werthe	
$\gamma : 1' \dots 58^\circ 20' 50''$	$\gamma : 1' \dots 58^\circ 20' 50''$	$a : 1' \dots 58^\circ 12' 30''$	
$1' : 3' \dots 13^\circ 22' 30''$	$3' \dots 71^\circ 43' 20''$	$3' \dots 71^\circ 35'$	
$3' : 4' \dots 47'$	$4' \dots 72^\circ 30' 20''$	$4' \dots 72^\circ 22'$	
Rechte Hälfte.			
$4' : 5' \dots 35^\circ 16' 20''$	$\underline{\gamma}' : 5' \dots 72^\circ 13' 20''$	$a' : 5' \dots 71^\circ 21' 40''$	
$5' : 6' \dots 33' 40''$	$6' \dots 71^\circ 39' 40''$	$6' \dots 71^\circ 48'$	
$6' : 7' \dots 13^\circ 25' 40''$	$7' \dots 58^\circ 14'$	$7' \dots 58^\circ 22' 20''$	
$7' : 8' \dots 21' 10''$	$8' \dots 57^\circ 52' 40''$	$8' \dots 58^\circ 1'$	

Der Correcturwinkel  $8' 20''$  hatte sich in überraschender Uebereinstimmung sowohl aus der halben Differenz des Abstandes der Reflexbilder  $\gamma$  und  $\underline{\gamma}'$  gegenüber  $180^\circ$ , als auch aus der halben Differenz der Messungen bezüglich  $\underline{\gamma}$  und  $\underline{\gamma}'$ , respective aus dem halben Winkelabstande der Projectionen der letztgenannten Reflexe auf die Zone  $\bar{1}00 : \bar{1}42$  oder  $\bar{1}00 : \bar{1}\bar{4}2$  ergeben.

<sup>1)</sup> Davon waren  $1$ ,  $1'$ ,  $2$ ,  $2'$ ,  $7$ ,  $7'$ ,  $8$  und  $8'$  vom Charakter  $r^\lambda$ ,  $4$  und  $5$ ,  $4'$  und  $5'$  vom Charakter  $\lambda'$ , endlich  $3'$  und  $6'$  vom Charakter  $\lambda$ .

<sup>2)</sup> Berechnet wie bei Krystall XVIII.

Interessante Beziehungen finden nun wieder nicht so sehr zwischen den unmittelbaren Messungen statt, als zwischen den in der vorletzten Columne enthaltenen, daraus abgeleiteten Winkelabständen zu den Vicinalflächen  $\gamma$  auf  $a$  und den in der letzten Columne zusammengestellten, durch Correctur berechneten Werthen der Winkelabstände vom wahren Flächenorte von 100 und  $\bar{1}00$ , respective der Lage der Flächen bezüglich der Symmetrieebene  $a$ .

Aus der Reihe A ist besonders hervorzuheben:

1. Die fast vollkommen symmetrische Lage von 4 und 5 bezüglich  $a$ .

2. Der Umstand, dass das arithmetische Mittel von  $a:1$  und  $a:2$  auf der linken Seite dem Winkel  $a':7$  auf der rechten Seite sehr nahe kommt, so dass 7 eine Flächenbildung darzustellen scheint, welche die Kante zwischen 1 und 2 gleichmässig abstumpfen würde.

In der Reihe B ist in ähnlicher Weise

1. der Winkel  $1':3'$  nahezu gleich  $6':7'$ . Der Unterschied ist aber kaum Beobachtungsfehlern zuzuschreiben.

2. Sind die Flächen  $4'$  und  $5'$  auch hier symmetrisch zu  $a$  angeordnet.

3. Stellt, ähnlich wie oben, der Winkel  $a:1'$  beiläufig das arithmetische Mittel dar von  $a':7'$  und  $a':8'$ .

Noch beachtenswerther erscheint der Umstand, der beim Vergleich der Reihen A und B mit einander zum Vorschein kommt, dass  $a:1'$  auf der Vorderseite  $= a':7$  auf der Rückseite und  $a':7'$ , respective  $a':8'$  auf der Rückseite  $= a:1$ , respective  $a:2$  ist.

Diese Winkelverhältnisse allein sind schon auffallend genug und beweisen an und für sich schon mit ziemlicher Sicherheit, nicht nur, dass die Vicinalflächen durchaus keine gesetzlosen Bildungen darstellen, sondern noch insbesondere, dass der betrachtete Krystall in den Vicinalflächen von  $r$  eine Art von antimetrischer Ausbildung zum Ausdruck bringt, weil dieselben in den kreuzweise gelegenen Quadranten des Kopfes in ganz analoger Weise auftreten.

Berechnen wir wieder die Parameterdifferenzen, welche sich aus dem Vergleiche gleich grosser, dem Durchschnitte der Zonenebenen (100) (142), respective (100) ( $\bar{1}42$ ) mit den Haupt- und Vicinalflächen von  $\lambda$  und  $r$  entnommener Strecken von der Länge

$\sigma = 20$  bezüglich ihrer Projectionen auf die Axe  $a$  ergeben, und bezeichnen wir dieselben wieder mit  $\delta a$ , so erhalten wir:

Im linken vorderen Quadranten:

Für 1 mit  $\alpha' = 58^\circ 1' 10'' \dots \delta'a = 0.574 = \frac{4}{7}$

„ 2 „  $\alpha'' = 58^\circ 22' 10'' \dots \delta''a = 1.004 = 1 = \frac{7}{7} = \frac{5}{5}$

Im rechten vorderen Quadranten:

Für 7 mit  $\alpha''' = 58^\circ 12' 40'' \dots \delta'''a = 0.81$  nahezu  $\frac{4}{5}$

„ 8 „  $\alpha'''' = 58^\circ 57' 30'' \dots \delta''''a = 0.502 = \frac{1}{2}$

Im linken rückwärtigen Quadranten:

Für 1' mit  $\alpha'''' = 58^\circ 12' 10'' \dots \delta''''a = 0.8 = \frac{4}{5}$

„ 3' die eingeschobene Fläche vom Charakter  $\lambda'$   
mit  $\alpha' = 71^\circ 35' \dots \delta'a = -1.6 = -\frac{8}{5}$

Im rechten rückwärtigen Quadranten

ebenso für die zweite eingeschobene Fläche  $\lambda''$

6' mit  $\alpha'' = 71^\circ 48' \dots \delta''a = -1.14 = -\frac{8}{7}$

Für 7' „  $\alpha'' = 58^\circ 22' \dots \delta''a$  wie oben  $= 1 = \frac{7}{7} = \frac{5}{5}$

„ 8' „  $\alpha' = 58^\circ 1' \dots \delta'a$  „ „  $= \frac{4}{7}$

Was zunächst die Grösse der aufgeführten Differenzzahlen im Allgemeinen betrifft, so erkennt man leicht, dass sie sich einfachen Brüchen sehr stark nähern. Die geringen Abweichungen davon scheinen durchaus zurückführbar auf die Fehler, denen die Bestimmung der Winkelgrössen bei aller Sorgfalt unterlag.

Je günstiger aber gerade in dieser Beziehung die Verhältnisse hier waren, desto mehr Gewicht ist der Einfachheit der so erhaltenen Resultate beizumessen.

Die Beziehungen der Differenzzahlen, welche sich theilweise schon bei Betrachtung der Winkelgrössen verrathen, sind, wie aus der vorstehenden Uebersicht klar hervorgeht, wieder von zweierlei Art:

Solche, die sich ergeben, wenn man hier die  $r$ - und  $\lambda$ -Flächen für sich betrachtet, und solche, die zum Vorschein kommen, wenn man  $\lambda$  und  $r$  zugleich ins Auge fasst.

Zu den ersteren gehört namentlich die Wiederkehr gleicher Differenzzahlen der Vicinalflächen von  $r$  in denjenigen Krystallräumen, welche je einen positiven und negativen Ast der horizontalen Axen in sich aufnehmen, ferner der Umstand, dass, von dem Werthe  $8) = \frac{1}{2}$  abgesehen, in den dem  $t$  benachbarten Quadranten

die beiden Differenzzahlen der einen Seite zusammengenommen doppelt so gross sind, wie die vereinzelt Differenzzahl der anderen Seite, die also das arithmetische Mittel der vorigen darstellt. Der Werth  $= \frac{1}{2}$  dürfte aber auf eine andere Generation zu beziehen sein.

Zwischen den Vicinalflächen auf  $\lambda$  besteht eine ähnliche Beziehung, da sie um seinen Mittelwerth  $\frac{4}{3} = 1.333$  ziemlich gleichmässig schwanken, indem  $\frac{5}{3}$  nahezu ebensoviel darüber hinausgeht, als  $\frac{2}{3}$  darunter bleibt. Beide gehören Flächenbildern an, deren Normale vom wahren Orte  $\lambda$  nach abwärts gerückt erscheinen, jedoch in ungleichem Masse, daher sie bezüglich  $\alpha$  unsymmetrisch vertheilt sind.

Sämmtliche Beobachtungen werden uns zu dem Schlusse führen, dass in den meisten Fällen zu jeder Vicinalfläche die durch die Symmetriegesetze erforderten ihr entsprechenden, wenigstens der Tendenz nach, ursprünglich vorhanden sind, während sie bei ungleicher Vergrösserung ihrer Hauptflächen später zum Theile wieder verschwinden können.

Dieses hier vorausgesetzt, wäre als die ursprüngliche Flächenbildung hier jene anzunehmen, welche die Differenzzahl  $\frac{4}{3}$  erfordert, eine Flächenbildung, welche, nebenbei bemerkt, an vielen anderen Krystallen wirklich beobachtet wurde, und die unsymmetrische Vertheilung der vorliegenden Vicinalflächen, respective die eingetretene Verschiebung wäre darauf zurückzuführen, dass (vielleicht in Form einer Strömung) im Verlaufe der Zone  $(1\bar{2}1)$   $(\bar{1}21)$  eine Ursache geherrscht habe, welche die Substanzzunahme in der Richtung der Axe  $\alpha$  auf der einen Seite des Individuums in demselben Masse begünstigte, als sie dieselbe auf der anderen erschwerte.

Aehnliches ist auch von den benachbarten  $r$ -Flächen zu sagen; nur war dort die Wirkung von der auf  $\lambda$  verschieden, woher es kommt, dass die Kanten zwischen den so verschobenen Vicinalflächen nicht unverändert blieben, was die Verschiedenheit der Winkeldifferenz ( $1' : 3'$ ) einerseits und ( $6' : 7'$ ) andererseits beweist.

Zwischen den Differenzzahlen auf  $\lambda$  und  $r$  besteht endlich noch die Beziehung, dass auf jeder benachbarten  $r$ -Fläche je eine Differenzzahl genau die Hälfte darstellt des auf  $\lambda$  gefundenen Werthes.

## Zur Deutung der Vicinalflächen.

Die Normalen der Flächen über  $r$ , von denen zunächst die Rede ist, erscheinen sämmtlich vom wahren Flächenorte  $r$  gegen das benachbarte  $\lambda$  hin nach aufwärts gerückt, so dass gleichsam eine vermehrte Substanzanlagerung auf der Seite der Fläche  $\alpha$  vorauszusetzen ist.

Daher die positiven Werthe der Differenzzahlen auf Axe  $a$ .

Wenn nun auch hier der Versuch unternommen wird, die Vicinalflächen mit sehr complicirten Indices auf jene Flächenbildungen von einfacheren Indices zurückzuführen, die eben deshalb, weil sie auf fremder Unterlage vor sich gingen, in Vicinalflächen sich verwandelten, so ist zunächst zu bedenken, dass hier die Dicke der kleinsten Molekelschichten sich wieder ausdrücken lässt durch das einfachste Parameterverhältnis, also  $(2a : b : 2c)$ .

Wir haben in diesem Parameterverhältnis den Coëfficienten von  $a$  um die Differenzzahl zu vermehren, um zur inducirenden Flächenbildung zu gelangen.

Aus  $\delta'' a = 1$  erhält man auf solche Weise  $([2 + 1] a : b : 2c) = (3a : b : 2c) = \text{induc. } (263)$

Ebenso ergibt sich aus:

$$\delta' a = \frac{4}{7} \text{ induc. } (7.18.9)$$

$$\delta''' a = \frac{1}{2} \quad \text{„} \quad (4.10.5)$$

$$\delta''' a = \frac{4}{5} \quad \text{„} \quad (5.14.7)$$

Der Zusammenhang der vorstehenden Flächenbildungen lässt sich, analog wie dies Websky in seiner Abhandlung über die Deutung empirischer Oktaëdsymbole <sup>1)</sup> gethan hat, kurz in folgender Weise darstellen:

$$(4.10.5) = 6 (121) + 2 (142)$$

$$(7.18.9) = 5 (121) + 2 (142)$$

$$(5.14.7) = 3 (121) + 2 (142)$$

$$(263) = 2 (121) + 2 (142)$$

Man wird sich nun bereits eine deutlichere Vorstellung davon machen können, wie der Satz aufzufassen sei, den ich am Schlusse des ersten Theiles dieser Arbeit ausgesprochen habe, dass man die Vicinalflächen überhaupt und die des Danburites insbesondere als

<sup>1)</sup> Ueber die Interpretation der empirischen Octaëdsymbole auf Rationalität. Aus d. Monatsber. d. kön. Akad. d. Wiss. Berlin, Sitzung 7. Juli 1881.

das Resultat einer schwankenden Combinationsbildung betrachten könne.

Hier speciell hätte man sich vorzustellen, dass im Allgemeinen die Tendenz herrschte, die Fläche (263), respective die erste Abstumpfung zwischen  $r$  und  $\lambda$  zur Ausbildung zu bringen.

Alle anderen Vicinalflächen wären wieder als Vicinalflächen der durch (263) inducirten Vicinalfläche, als Vicinalflächen höherer Ordnung anzusehen.

Ganz ähnliche Verhältnisse treffen wir auf  $\lambda$ .

Hier entsprechen  $\delta' a = -\frac{8}{5}$ ,  $\delta' b = +\frac{4}{5}$  und  $\delta' c = \frac{2}{5}$   
 ebenso  $\delta'' a = -\frac{8}{7}$ ,  $\delta'' b = +\frac{4}{7}$  „  $\delta'' c = \frac{2}{7}$

Daraus leiten sich aber, wenn wir den auf der Strecke  $\sigma$  erfolgten Zuwachs wieder auf die in der Fläche zunächst liegenden Molekel beziehen, folgende inducirende Flächenbildungen ab:

Für die erstere (3') (7.20.10)

„ „ zweite (6') (9.28.14)

welche für den Augenblick sehr complicirt aussehen.

Es liegt wohl nahe, zu erwarten, dass über  $\lambda$  eine ähnliche Flächenbildung inducirend aufgetreten sein werde, wie über dem benachbarten  $r$ .

In der That nähern sich die durch die vorstehenden Parameterverhältnisse umschriebenen Flächen doch sehr auffallend der genannten einfachen Fläche.

Die Beziehung zu dieser Fläche wird aber noch auffallender, wenn man sich daran erinnert, was oben über die unsymmetrische Lage der Vicinalflächen von  $\lambda$  gesagt wurde.

Jene Fläche nämlich, welche in der Mitte liegt zwischen den beiden Positionen der letzteren, wofern man sich dieselben auf eine und dieselbe Seite des Krystalles verlegt denkt, jene Fläche also, aus deren Lage sie durch einseitige Verschiebung innerhalb der Zonenebene in die gegenwärtige, unsymmetrische Lage gebracht wurden, stellt genau (263) dar, wie man aus dem Resultat erkennt, welches sich ergibt, wenn man die gleichstelligen Indices addirt.

$$\begin{aligned} (7.20.10) &= 3(142) + 4(121) \\ (9.28.14) &= 5(142) + 4(121) \\ \hline (16.48.24) &= (263) \end{aligned}$$

Es wäre also auch in diesem Falle anzunehmen, dass nach Anlage der Vicinalfläche = *induc.* (263), während welcher in den dem  $t$  benachbarten Quadranten gleiches Wachstum herrschte, späterhin in den genannten Krystallräumen eine Aenderung des Krystallwachstums eingetreten sei, dergestalt, dass ähnlich, wie oft thatsächlich ein Uebergreifen der Fläche  $\lambda$  in den benachbarten Krystallraum zu bemerken ist, so auch der Antheil von  $\lambda$  an der inducirenden Flächenbildung in dem einen dieser Quadranten im vorherrschenden Masse sich geltend machte.

Zone  $dr$  (121) ( $\bar{1}\bar{2}1$ ) und ( $\bar{1}21$ ) ( $\bar{1}\bar{2}1$ ).

Wie bereits erwähnt, erscheinen bei Einstellung der Zone  $a\lambda$  die Reflexe der Vicinalflächen von  $r$  gegen die benachbarte Fläche  $\lambda$  hin nach aufwärts geschoben, jedoch sämmtlich in einer und derselben durch  $a$  gehenden Zone gelegen.

Bei Centrirung und Justirung der Kanten mit den benachbarten Domenflächen (101) und ( $\bar{1}01$ ) hingegen war im wesentlichen nur je ein deutlicher Reflex auf den  $r$ -Flächen zu bemerken; — die früher getrennt daneben beobachteten erschienen nunmehr bloß als seitliche Verlängerung des Bildes der innersten, d. h. dem  $\lambda$  unmittelbar anliegenden Flächenelemente, dessen centraler Mitteltheil übrigens ganz gut erkennbar war. Es wurde daher so eingestellt, dass die Mitte der Reflexbilder, die früher mit 2 und 1' bezeichnet wurden, und ebenso diejenige der Reflexbilder, die früher die Signatur 7 und 7' erhielten, justirt erschien.

Es wurden gemessen die Winkel:

$$2 : 1' = 72^\circ 12' 20''$$

$$7 : 7' = 72^\circ 12' 10''.$$

In beiden Fällen existirt demnach eine ganz ausserordentliche Uebereinstimmung zwischen dem Abstände der einander über  $d$  hin benachbarten Vicinalflächen von  $r$ .

Ueberdies erschien im letzteren Falle bei Zone ( $\bar{1}21$ ) ( $\bar{1}\bar{2}1$ ) fast genau in der Mitte zwischen beiden, nämlich im Abstände  $36^\circ 5' 40''$  einerseits und  $36^\circ 7'$  andererseits ein schwaches, aber ziemlich präcises Spaltbild, etwas seitlich von der eingestellten Zone (und zwar auf der Seite der Fläche  $a'$ ) auf dem Horizontalfaden des Fernrohres. Dasselbe rührt offenbar von den Vicinal-

flächen von  $d'$  her, die wir bereits oben als in der Zone  $ad$  gelegen feststellten.

Aus den angeführten Beobachtungen geht zunächst eines mit ziemlicher Gewissheit hervor, nämlich die völlig symmetrische Lage der Zone der Vicinalflächen  $r$  in allen vier Quadranten bezüglich der Symmetrieebene  $\bar{b}$  (010).

Die Abweichung des gemessenen Winkels  $r/r'$  und  $\underline{r}/\underline{r}'$  vom theoretischen Werthe, welcher  $71^\circ 31'$  betragen würde, ist  $41' 30''$ .

Diese Abweichung steht aber in völligem Einklange mit der in der Zone  $a\lambda$  constatirten Verschiebung der betreffenden Vicinalflächen vom wahren Orte von  $r$ .

Wenn man aus dem Dreiecke  $btr_v$ , respective  $b'tr_v$ , etc., wobei unter  $r_v$  die Vicinalflächen auf  $r$  zusammengefasst sind, den Abstand ihrer Positionen von  $b$ , aus den oben in der Zonenebene  $\lambda t$  festgestellten Abständen von  $t$  berechnet, so entspricht dem  $r$  selbst mit Abstand  $tr = 32^\circ 27' 20''$  ein Abstand  $br = 54^\circ 14' 30''$ , daher Winkel  $r:r$  über  $d$  gemessen  $71^\circ 31'$ , während die zwei Vicinalflächen von der durch die Reflexbilder 2 und 7' fixirten Lage einen Abstand  $72^\circ 16'$ , zwei solche von der Lage der Reflexe 7 und 1' einen Winkel von  $72^\circ 8'$  erfordern.

So wie aber die Beobachtung zwischen je einem Reflexe der ersten Art und der zweiten Art stattfand, so stellt auch der beobachtete Winkel in der That beiläufig das arithmetische Mittel der vorigen dar, welches  $(72^\circ 16' + 72^\circ 8') : 2 = 72^\circ 12'$  ausmachen würde.

#### Zone (142) ( $\bar{1}\bar{4}2$ ) und ( $\bar{1}42$ ) ( $\bar{1}\bar{4}\bar{2}$ ).

Es sind nun noch die Messungen zu verzeichnen, die in den Zonen ( $\bar{1}\bar{4}2$ ) (142) und ( $\bar{1}42$ ) ( $\bar{1}\bar{4}\bar{2}$ ) angestellt wurden. Darüber wurde übrigens bereits im ersten Abschnitte, wo von der Aufstellung des Axenverhältnisses die Rede war, berichtet. Ich erinnere daran, dass auch bei dieser Einstellung je zwei Reflexe auf jeder der beiden der Vorder- und Rückseite zugleich angehörenden Flächen  $\lambda$  zur Betrachtung gelangten, die wenigstens nahezu zusammen in je eine Zone fielen. Sämmtliche Signalbilder waren scharf und präcis.

Der Abstand der beiden äusseren Reflexe der Zone (142): ( $\bar{1}\bar{4}2$ ) betrug  $82^\circ 36' 9''$ , derjenige der beiden inneren Reflexe der-

selben Zone  $81^{\circ} 55'$ , in der Zone (142) ( $\bar{1}\bar{4}2$ ) betrug die analogen Winkel  $82^{\circ} 35' 50''$  und  $82^{\circ} 12'$ .

Die beiden „äusseren“ Reflexe in diesem Falle sind aber jene „inneren“ im früheren Falle, deren Position in der Zone  $a/\lambda$  mit dem wahren Orte von  $\lambda$  fast genau zusammenfällt.

Daraus lässt sich schliessen, dass hier Flächen vorhanden sind, welche bezüglich der Symmetrieebene  $b$  gleichmässig vertheilt sind und dem wahren Orte von  $\lambda$  sehr nahe kommen. Daneben treten aber auch Flächenbildungen auf, welche zur Ebene der Längsfläche unsymmetrisch vertheilt sind, welche in der Zone der dem Doma benachbarten Pyramidenflächen (142) ( $\bar{1}\bar{4}2$ ) vorne um  $21'$ , rückwärts um  $20' 9''$ , dagegen bei ( $\bar{1}\bar{4}2$ ) ( $\bar{1}\bar{4}2$ ) vorne um  $7' 50''$ , rückwärts um  $16'$  vom wahren Orte (142) sich gegen die angrenzende Fläche ( $\bar{1}\bar{4}2$ ) etc. hin entfernen.

### Krystall XIII.

Dieses Individuum ist dadurch ausgezeichnet, dass es eine wohl ausgebildete Endfläche besitzt, die einen einzigen, und zwar ziemlich präcisen, wenn auch lichtschwachen Reflex lieferte.

Im Uebrigen nähert sich sein Aussehen der Figur 6 der Tafel V, nur dass die Domenfläche  $d$  in ungleicher Weise ausgebildet und dementsprechend auch die Pyramidenflächen der einen Hälfte zum Theil auf eine geringere Grösse reducirt erscheinen, wie auf der anderen und zwar auf der Seite der negativen  $a$ -Axe.

Messungen wurden hier nur in den über die Endfläche  $c$  gehenden Zonen  $a/c$  und  $\lambda/c$  und in der Zone  $a/\lambda$  angestellt; die verticalen Prismenflächen lieferten lauter streifige cumulirte Reflexbilder, aus denen es unmöglich erschien, sichere Winkel abzuleiten.

Aber auch unter den Flächen des Kopfes waren, wie sich zeigen wird, nur gewisse von der geforderten Güte, zum Theil aber von ausgezeichneter Beschaffenheit.

### Zone $a/c$ .

Auf  $a$  erschienen zwei helle und scharfe Reflexbilder von 1 Millimeter Präcision, in der Zone  $ac$ , entsprechend Flächen vom Charakter  $a^{\gamma}$  und  $a^{\gamma'}$ . Der Winkel zwischen beiden betrug  $22' 4''$ , mithin ihr Abstand vom wahren Flächenorte  $11' 2''$ . Diesem Winkel entspricht der Parameter 353 auf der  $c$ -Axe.

Die ganze Flächenbildung nähert sich, da  $352 = 8 \times 44$ , ungemein einem Prisma (8 $\sigma$ .0.1), welches den Winkel  $11' 4''$  erfordern würde, was wir wieder durch *vic.* (801) ausdrücken wollen.

Auf  $d$  erschien ein einzelnes, aber etwas diffuses, mattes Reflexbild; die ganze Fläche ist mit Aetzfiguren vollständig bedeckt. Es dürfte daher das Reflexbild wieder nur aus den durch die Aetzung selbst blossgelegten Flächentheilen sich zusammensetzen.

Der Reflex der Endfläche war besser, die Gegenfläche von  $a$  und die Fläche  $d'$  nicht gut messbar entwickelt.

Die Messung ergab:

$$\begin{aligned} \gamma_3 : d_v &= 48^\circ 25' 16'' \\ d_v : c &= 41^\circ 23' 30''. \end{aligned}$$

Durch Correctur mittelst des Winkels  $11' 2''$  ergibt sich

$a : d_v = 48^\circ 36' 18''$ , welcher Werth von dem theoretischen Winkel  $ad = 48^\circ 35' 48''$  so wenig abweicht, dass man in Betracht der Beschaffenheit der Reflexbilder die Differenz lediglich der Unvollkommenheit der Einstellung bezüglich des Signalbildes auf  $d$  zuzuschreiben haben dürfte.

Da die Betrachtung der Fläche  $d$  unter der Loupe zugleich lehrt, dass die Grundflächen der Aetzfiguren es sind, welche bei dieser Einstellung spiegeln, so wird man nicht fehlgehen, anzunehmen, dass die wahre Fläche  $d$  hier durch Aetzung blossgelegt sei.

Da überdies der Winkel, welcher von  $d_v$  zu  $c$  gemessen wurde, vom theoretischen Werthe  $d : c = 41^\circ 24' 12''$  gleichfalls keine grössere Differenz aufweist, als hier die Beobachtungsfehler selbst betragen, so ist es gleichzeitig ebenso wahrscheinlich, dass die Endfläche hier am wahren Orte und nicht etwa als Vicinalfläche entwickelt sei, wie die Flächen  $a$  und  $a'$ , von denen die letztere ein beiläufig  $180^\circ$  von  $\gamma_3$  entferntes Reflexbild ergab, was auf Entwicklung einer Gegenfläche zu dieser Flächenbildung hinweist.

#### Zone $a\lambda$ (100) (142).

Auf  $a$  erschienen bei der Centrirung der Kante  $a/\lambda$  und der Justirung der Zone  $\lambda\lambda$  zwei Reflexe, von denen nur der eine der eingestellten Zone sehr nahe lag, während der andere um mehr als einen halben Grad davon abwich.

Der erstere entsprach, wie die Folge lehrte,  $\gamma'_3$ , der zweite einem Reflexe vom Charakter  $a^\beta$ .

Auf  $\lambda$  (142) zeigte sich ein einzelner, untadeliger, sehr präciser Reflex; die Fläche ist kleiner entwickelt. Auf der benachbarten  $\underline{\lambda}$  ( $\bar{1}42$ ), welche, grösser ausgebildet, theilweise in den Krystallraum der vorigen übergreift, zeigten sich zwei nahezu gleich helle und scharfe Reflexbilder, auf  $\underline{r}$  ( $\bar{1}21$ ) ein lichtschwächeres, aber auch sehr deutliches Signalbild; sämmtliche Reflexe erschienen genau in einer und derselben Zone.

Was die zuvor genannten Reflexe auf  $a$  betrifft, welche ausserhalb der Zone lagen, so wurde der Stand des Goniometers abgelesen, im Momente, wo die Mitte der Reflexbilder von  $\gamma'_3$  und  $\beta$  auf dem Horizontalfaden erschien.

Dadurch erhalten wir bezüglich  $\gamma'_3$  sozusagen genau, bezüglich  $\beta$  wenigstens auf  $\frac{1}{2}$  Minute angenähert die Abstände der übrigen Reflexbilder bezüglich der Projection der genannten Flächenpositionen auf die Zone  $a\lambda$ .

Wenn die aufeinander folgenden Reflexe der Zone  $a\lambda$  selbst mit 1 ( $\lambda$ ), 2 ( $\underline{\lambda}$ ), 3 ( $\underline{\lambda}'$ ) und 4 ( $\underline{r}'$ ) bezeichnet werden, nimmt die Uebersicht der Messungsergebnisse folgende Gestalt an:

Beob. Winkel	Abgel. Winkel	Corr. Werthe
$\gamma' : \beta$ 52'		
$\beta : 1$ 71° 36' <sup>1)</sup>	$\gamma' : 1$ 72° 29' 10"	$a : 1$ 72° 21' 20"
$1 : 2$ 35° 17'	$\underline{\gamma} : 2$ 72° 13' 50"	$a' : 2$ 72° 21' 40"
$2 : 3$ 12' 30"	$3$ 72° 1' 20"	$3$ 72° 9' 40"
$3 : 4$ 13° 49' 30"	$4$ 58° 12' 20"	$4$ 58° 20' 10"

Die in der letzten Columne aufgeführten Winkelwerthe wurden in gewohnter Weise auf Grund nachfolgender Ueberlegung aus den beobachteten Zahlen gewonnen.

Für den Abstand  $\gamma'_3 : a$  in der Zone  $ac$  hatten wir vorhin den Werth 11' 2" gefunden; diesem Abstände entspricht in der Projection auf die Zone  $a\lambda$ , welche mit  $ac$  circa 44° einschliesst, ein Werth von 7' 50" und eine seitliche Lage des Reflexbildes ausserhalb der Zone im Bogenabstande von beiläufig 7' 40".

<sup>1)</sup> Nahezu der gleiche Winkel wurde bei Krystall X zwischen einer Vicinalfläche von  $\lambda$  und dem wahren Flächenorte  $a$  festgestellt.

So viel ist sicher, dass man sich auch in diesem Falle ganz innerhalb der Grenzen der Beobachtungsfehler hält, wenn man voraussetzt, bei der in der oben angegebenen Weise vorgenommenen Einstellung wirklich die Projection der Strecke  $\gamma'_3 \cdot \lambda$  auf  $a\lambda$  gemessen zu haben.

Dann ist es aber gestattet, den Werth von  $7' 50''$  der Correctur der bezüglich der genannten Vicinalfläche von  $a$  gemessenen Winkel zu Grunde zu legen, um die Lage der Reflexbilder auf den Pyramidenflächen bezüglich des wahren Flächenortes von  $a$  daraus abzuleiten, wie es oben geschehen ist.

Aus dem innerhalb der Zone  $a\lambda$  gemessenen Abstand  $\gamma' : \beta = 52'$  berechnet sich (bis  $\frac{1}{2}$  Minute möglicherweise fehlerhaft) die Projection von  $a\beta$  auf  $a\lambda$  zu  $52' - 7' 50'' = 44' 10''$ .

Dieser Grösse würde gemäss den Neigungsverhältnissen der Zonen  $ab$  und  $a\lambda$  innerhalb der Zone  $ab$  der Winkelabstand  $a : \beta = 1^\circ 3' 36''$  und diesem wiederum ein Parameter  $= 29.428$ , also nahezu  $= 7 \times \frac{2}{3}$  entsprechen.

Wir hätten es sonach hier mit der bereits einmal angetroffenen und mit *vic.* (750) bezeichneten Flächenbildung zu thun.

Aus der Betrachtung der Winkeltabelle geht hervor, dass die mit 1 und 2 bezeichneten Reflexe sich auf Flächenelemente beziehen, die mit der Ebene der Flächen 142 und  $\bar{1}42$  nahezu vollständig zusammenfallen.

Die Reflexbilder 3 und 4 hingegen rühren von Vicinalflächen her, die zwischen  $\lambda$  und  $r$  liegen.

Die Berechnung der Differenzzahlen derselben für  $\sigma = 21$  welcher Werth 44 Molekelabständen in der Richtung der Axe  $c$  entspricht, ergibt für die Axe  $a$

auf  $\lambda$  nahezu den Werth  $\delta'a = -0.444 = \frac{4}{9} \dots a)$  welche Zahl den Winkel  $72^\circ 9' 22''$  erfordern würde, während der beobachtete Winkel  $72^\circ 9' 10''$  beträgt,

auf  $r^\lambda$  hingegen beiläufig  $\delta'a = 1 \dots b)$ .

Dem beobachteten Winkel  $a'r^\lambda = 58^\circ 20'$  entspricht  $\delta'a = 1.01$ . Die Differenzzahl 1 würde für  $\sigma = 21$  den Winkel  $58^\circ 19' 24''$  erfordern.

Die Flächenbildung  $a)$  können wir uns inducirt denken durch  $4 (\bar{1}42) + 1 (\bar{1}21)$ .

Die Flächenbildung  $b$  mit  $\delta' a = 1$  verweist auf (263) als inducirende Ursache.

Dieselbe ist also einer den beim Krystall X mit 2) und 7') bezeichneten, vollkommen analogen Vicinalfläche zuzuschreiben.

Allerdings entfernt sich der hier angeführte Winkel  $\alpha' r^\lambda = 58^\circ 20'$  von dem dort sowohl auf der Vorderseite als auf der Rückseite des Krystalles in völlig übereinstimmender Weise zu  $58^\circ 22'$  gefundenen um volle 2 Minuten, während die Einzelmessungen in beiden Fällen nur in den Secunden variiren. Es ist aber höchst beachtenswerth, dass in derselben Weise auch eine merkliche Verschiedenheit zwischen den Winkeln  $11' 2''$  und  $11' 35''$  besteht, die am vorliegenden Krystalle und am citirten Krystalle (X) für den Abstand der Vicinalflächen vom Charakter  $\alpha'$  bezüglich des wahren Flächenortes von  $a$  gefunden wurden.

So wie wir nun beim Krystall X die der Zone  $ac$  angehörigen Vicinalflächen von  $a$  mit *vic.*(801) für  $\sigma = 42$  (gemessen in Molekelabständen auf der  $c$ -Axe) beim vorliegenden Krystalle aber mit einem gleichen Prisma *vic.*(801) für  $\sigma = 44$  identificirten, so ergibt sich auch für die oben angeführten Winkel des Krystalles (X), nämlich  $58^\circ 22'$ , und für den hier gefundenen  $58^\circ 20'$  die gleiche Differenzzahl, mithin die gleiche Fläche (263) als inducirende Ursache, wenn im ersten Falle die 42 auf  $c$  entsprechende Zahl  $\sigma = 20$  (gemessen auf der Axe  $b$ ), im zweiten die 44 auf  $c$  entsprechende  $\sigma = 21$  (gemessen wieder auf der  $b$ -Axe) der Rechnung zu Grunde gelegt wird.

#### Zone $\lambda c \lambda'$ (142) (001) (142).

Es erübrigt noch, der Messung Erwähnung zu thun, welche in der vorstehend genannten Zone und zwischen den vorstehend angeführten Flächen angestellt wurde.

Das Resultat war folgendes:

$$\lambda c = 46^\circ 34' 20''$$

$$c \lambda^c = 46^\circ 12' 30''$$

$$c \lambda' = 46^\circ 34' 30''$$

Der erste und letzte Winkel geben fast genau den theoretischen Werth von (142) (001) wieder <sup>1)</sup>. Die Uebereinstimmung

<sup>1)</sup>  $\lambda c = 46^\circ 34' 24''$ .

damit ist eine nahezu vollständige, wenn man aus beiden das Mittel nimmt, wie dies bereits gelegentlich der Ableitung des Axenverhältnisses des Danburites von mir erörtert wurde.

Daraus geht zunächst hervor, dass die auf  $\lambda$  und  $c$  erscheinenden Reflexbilder von Oberflächentheilen des Krystalles herrühren, welche in diesem Falle ausnahmsweise genau in die Ebenen 142 und 001 fallen, eine Thatsache, die mit den in den Zonen  $ac$  und  $a\lambda$  gemachten Beobachtungen, wie man sieht, vollkommen übereinstimmt.

Auf  $\lambda'$ , also im kreuzweise gegenüberliegenden Quadranten, ist hingegen ausser der Fläche  $\lambda'$  am wahren Orte noch eine Vicinalfläche  $\lambda^c$  entwickelt, welche in der Zone  $\lambda'/c$  gelegen ist und um  $21'$  vom wahren Flächenorte gegen  $c$  hin abweicht.

### Krystall I.

(Merkwürdig durch Ausbildung einer vicinalen zu  $\gamma$  führenden Zone; einseitige Fortentwicklung bei ursprünglich symmetrischer Anlage einer Flächenbildung, die auf der einen Seite noch als solche erhalten ist. In der Zone  $bw$  nur  $w$  am wahren Orte entwickelt, sonst lauter Vicinalflächen vorhanden, zum Theil solche, die Hintze bereits gemessen.)

Derselbe gehört zum Typus III und vereinigt in gewisser Hinsicht das Aussehen der Figuren 7 und 8 auf Tafel VI, insoferne auf der Vorderseite<sup>1)</sup> neben den gross entwickelten Flächen  $\lambda$  auch als seitliche Abstumpfungen der Kanten mit  $a$  und  $a'$  kleine  $r$ -Flächen auftreten, während rückwärts, d. h. auf der negativen Seite der  $b$ -Axe, die Flächen der verticalen Prismen, und zwar hier hauptsächlich  $n$ , unvermittelt an das Doma  $d$  anstossen und selbst die Pyramidenflächen  $\lambda$  hier sehr zurückgedrängt erscheinen. Dies gilt von der Flächenentwicklung im Grossen und Ganzen.

Bei genauer Betrachtung erscheinen auch die der Vorderseite zugehörigen Flächen  $\lambda$  (142) und  $\lambda'$  ( $\bar{1}42$ ) nicht von gleicher Grösse; doch steht die Ungleichheit in der Entwicklung beider im umgekehrten Verhältnis zur Entfaltung der benachbarten  $r$ -Flächen (121) und ( $\bar{1}21$ ), und es ist ferner beachtenswerth, dass die Kante zwischen  $\lambda$  und  $\lambda'$ , (142) und ( $\bar{1}42$ ), dennoch genau in einer den Krystall gleichmässig halbirenden Ebene gelegen ist.

<sup>1)</sup> Respective auf der Seite der Fläche (010).

Der untere Theil dieser Kante ist abgestumpft durch mehrere Flächen, welche der Zone  $b/w$  angehören und zu einer schmalen Längsfläche  $b$  hinführen; die gerade Abstumpfung derselben Kante, nämlich die Fläche  $t$ , ist wohl angedeutet, aber nicht messbar entwickelt.

#### Zone $\lambda\lambda$ (142) ( $\bar{1}42$ ).

Auf  $a'$  waren bei Centrirung und Justirung der Kante  $\lambda\lambda$  drei Reflexbilder sichtbar, und zwar vom Charakter  $\underline{\gamma}$ ,  $\underline{\gamma}'$  und  $\underline{\beta}'$ , auf  $a$  hingegen bloß die Gegenfläche von  $\underline{\gamma}'$ , nämlich  $\gamma$ , durch ein nicht besonders scharfes Bild vertreten.

Auf  $r$  ( $\bar{1}21$ ) erschien ein sehr mattes, verwaschenes, ferner ein schwaches, aber sehr präcises Signalbild; nur das letztere war Gegenstand der Messung. Auf  $r$  (121) war ein einzelnes lichtschwaches Bild zu beobachten.

Die Pyramidenflächen  $\lambda$  und  $\lambda$  ergaben je zwei scharfe und deutliche Reflexbilder; ihrem Charakter nach sind dieselben als innere und äussere zu bezeichnen; der innere Reflex der Fläche  $\lambda$  war noch überdies von einem seitlichen Nebenreflex von gleicher Stärke und Präcision begleitet. Sowohl die inneren als die äusseren Reflexe der beiden Pyramidenflächen  $\lambda$  lagen in einer und derselben Zone.

Bei genauer Einstellung dieser Zone liessen sich auch die Reflexbilder der Flächen  $r$  und  $r$  an dem Verticalfaden des Beobachtungsfernrohres vorbeiführen, und es zeigte sich überdies, dass auch die Flächen  $\gamma$  und  $\underline{\gamma}'$  in die gleiche Zone fallen. Damit ist ihr Charakter als vicinale Zone bereits entschieden, und es wird zugleich sehr wahrscheinlich, dass wir es hier mit lauter Vicinalflächen zu thun haben.

Diese Vermuthung wird zur Gewissheit, wenn wir die Resultate der Messung in Erwägung ziehen.

Der Reflex vom Charakter  $\underline{\gamma}'$  wurde zum Ausgangspunkte gewählt, und es wurden zunächst nur jene Flächenreflexe berücksichtigt, welche in der eingestellten Zone lagen; erst zur Ermittlung des Correcturwinkels wurde auch das Reflexbild vom Charakter  $\underline{\gamma}$  zur Messung herangezogen, indem bei geänderter Justirung der Abstand des nächstliegenden Reflexes (der Fläche  $r$ ) sowohl bezüglich  $\underline{\gamma}'$  als bezüglich  $\underline{\gamma}$  festgestellt wurde. Der betreffende Winkel

ergab sich aus der halben Differenz der jedesmaligen Ablesungen zu  $8' 10''$ , ähnlich, wie in einem früheren Falle bei Krystall X. Nachstehend folgt eine Uebersicht der so erhaltenen Messungsergebnisse, wobei  $1 = \underline{r}^\lambda$ ,  $2 = \underline{\lambda}^r$ ,  $3 = \underline{\lambda}^\epsilon$ ,  $4 = \lambda^c$ ,  $5 = \lambda^r$ ,  $6 = r^\lambda$  gesetzt ist,  $\gamma$  und  $\underline{\gamma}'$  in der gewohnten Bedeutung gebraucht werden.

Beobachtete Winkel	Abgeleitete Winkel	Corrigirte Werthe
$\gamma : 6 \dots 57^\circ 33'$	$\gamma : 6 \dots 57^\circ 33'$	$a : 6 \dots 57^\circ 41' 10''$
$6 : 5 \dots 14^\circ 17' 30''$	$5 \dots 71^\circ 50' 30''$	$5 \dots 71^\circ 58' 40''$
$5 : 4 \dots 27^\circ 20''$	$4 \dots 72^\circ 17' 50''$	$4 \dots 72^\circ 26'$
$4 : 3 \dots 35^\circ 10' 30''$		
$3 : 2 \dots 30' 40''$	$\underline{\gamma}' : 3 \dots (72^\circ 31' 40'')$	$a' : 3 \dots (72^\circ 23' 30'')$
$2 : 1 \dots 13^\circ 40'$	$2 \dots 72^\circ 1'$	$2 \dots 71^\circ 52' 50''$
$1 : \underline{\gamma}' \dots 58^\circ 20' 20''$	$1 \dots 58^\circ 20' 40''$	$1 \dots 58^\circ 12' 30''$

Als beachtenswerth sind daraus die folgenden Thatsachen hervorzuheben.

Zunächst fällt es sofort in die Augen, dass der Winkel  $\gamma : 6$ , also zwischen zwei Flächenbildungen, die, wie wir ausführlich erörterten, beide den Charakter von Vicinalflächen besitzen, fast genau gleich kommt dem Abstände der bezüglichen Hauptflächen, nämlich  $a : r = 57^\circ 32' 36''$ .

Umgekehrt ist der Winkel zwischen den beiden Vicinalflächen 1 und  $\underline{\gamma}'$ , nämlich  $58^\circ 20'$ , von derselben Grösse, wie sie an mehreren der angeführten Krystalle bereits für den Abstand zweier Vicinalflächen auf  $r$  von dem wahren Orte der Fläche  $a$  constatirt wurde.

Unter den durch die Correctur festgestellten Winkeln sind die Winkel  $71^\circ 52' 50''$  und  $58^\circ 12' 30''$  uns bereits von anderen Krystallen her bekannt; was speciell die Flächenbildung auf  $\lambda$  und  $\underline{\lambda}$  betrifft, so zeigt es sich nunmehr, dass die inneren Reflexe von Flächenelementen herrühren, die innerhalb der vicinalen Zone zu beiden Seiten der Ebene  $a$  zwar nicht ganz symmetrisch vertheilt sind, deren Abweichung jedoch nur eine sehr geringe ist, was vielleicht mit der oben besprochenen Lage der Kante  $\lambda\underline{\lambda}$  in Verbindung zu bringen ist.

Die unsymmetrische Lage der äusseren Reflexe scheint hingegen mit der ungleichen Grössenentwicklung der Flächen  $\lambda$  gegenüber den benachbarten  $r$ -Flächen zusammenzuhängen.

Was endlich die Deutung der vorhandenen Vicinalflächenbildungen betrifft, so sollen davon zunächst jene in Betracht gezogen werden, die wir nun schon wiederholt antrafen, jene, deren Abstand von  $a$   $71^{\circ} 52' 50''$  und  $58^{\circ} 12' 30''$  beträgt.

Die erstere wurde bereits bei einer früheren Gelegenheit als inducirt betrachtet durch eine Flächenbildung, welche sich aus  $3\lambda + 2r$  zusammensetzt und für  $\sigma = 20$  eine Differenzzahl  $= -1$  auf  $a$  verlangt (berechn. Winkel  $71^{\circ} 52' 24''$ ). Die letztere entspricht nach unserer Auffassung für  $\sigma = 20$  einer inducirenden Flächenbildung von der Differenzzahl  $0.8 = \frac{4}{5}$  auf  $a$  und zusammengesetzt aus  $2\lambda + 3r$ .

Wenn wir von der Flächenbildung 2 (263) ausgehen, so erscheint die inducirende Ursache der Vicinalflächen auf  $\lambda$  als nächste Abstumpfung zwischen der genannten Bildung und der Fläche  $\lambda$ , auf  $r$  hingegen als erste Abstumpfung zwischen ihr und der Fläche  $r$ .

Angenommen, dass ursprünglich über  $\lambda$  und  $r$  die gleiche Tendenz der Flächenbildung vorhanden war, so ist in der linksseitigen Vicinalfläche von  $\lambda$  eine noch weiter gehende unsymmetrische Fortentwicklung der ersten symmetrischen Anlage zu erblicken, da dem Winkel  $71^{\circ} 58' 30''$  für  $\sigma = 20$  eine Differenzzahl von  $\delta a = -0.8$  auf  $a$  entspricht, woraus sich für die inducirende Ursache dieser Vicinalfläche das Zeichen  $2\lambda + r = (3.10.5)$  ableiten lässt, welche, in der Form  $4\lambda + 2r$  geschrieben, die nächste Abstumpfung zwischen  $\lambda$  und der zum Winkel  $71^{\circ} 52' 24''$  auf der rechten Seite des Krystalles gehörigen inducirenden Flächenbildung darstellt.

#### Zone $b/w$ .

Die Fläche  $b$  war nur sehr schmal entwickelt.

Dieselbe erschien fein gestreift und zeigte nur einen einzigen, ziemlich verschwommenen Reflex, sobald der oberste Theil derselben centrirt wurde. Etwas weiter abwärts war die Streifung eine viel gröbere, und hier erschienen zwei deutliche und scharfe Signale in der Zone, welche zu  $w$  hinführt.

Die oberste Fläche der Zone ergab ein einzelnes, sehr gutes Bild (2). Dazwischen nun lag ein Streifencomplex, welcher einen Bogen von circa  $1^{\circ}$  erfüllte. Auf den Anfangspunkt dieses Streifen-

complexes, welcher in gewissem Sinne als Culminationspunkt erschien, wurde eingestellt (1).

Die Winkel gegenüber dem zunächst gelegenen Reflexe auf  $b$  betragen:

$$\begin{aligned} \gamma.1 &= 19^\circ 18' 58''^1) & \gamma &= b\gamma. \\ \gamma.2 &= 27^\circ 15' 30''. \end{aligned}$$

Aus den vorstehenden Winkeln ersieht man zunächst, dass Flächen vorzuliegen scheinen, die in der Nähe von  $f$  (061) = 1) und  $w$  (041) = 2) liegen; die gemessenen Winkel weichen jedoch von den theoretischen Werthen ziemlich bedeutend ab, im ersten Falle um  $+ 10' 12''$ , im zweiten um  $- 15'$ .

Im ersten Falle, wo ein Streifencomplex vorliegt, wäre auf die Grösse dieses Winkels allerdings weniger Gewicht zu legen, desto mehr aber im zweiten Falle.

Da die Fläche  $b$  zwei Reflexe lieferte, so sieht man sich veranlasst, beide zu berücksichtigen. Die Reflexe hatten den Charakter  $b\gamma$  und  $b\gamma'$ . Der Winkel zwischen  $\gamma$  und  $\gamma'$  betrug aber  $30' 20''$ , mithin der halbe Winkel gerade so viel, als der gemessene Werth  $\gamma.w$  von  $b.w$  abweicht.

Es dürfte daher erlaubt sein, in Analogie mit früheren Fällen die beiden genannten Reflexe auf symmetrisch zu  $b$  vertheilte, sowohl nach  $c$ , als nach  $c'$  hin davon gleichviel abweichende Flächenelemente zu beziehen und die gemessenen Winkel danach zu corrigiren.

$$\begin{aligned} \text{Dieselben lauten nunmehr } b.f\gamma &= 19^\circ 34' \\ &\text{und } b.w = 27^\circ 30' 40''. \end{aligned}$$

Daraus geht hervor, dass hier die Flächen  $b$  und  $f$  durch Vicinalflächen vertreten sind, während die Fläche  $w$  am wahren Orte entwickelt ist.

Wenn man für den Winkel  $15' 10''$  den Parameter bezüglich  $c$  berechnet, so ergibt sich derselbe zu 473.

Diese Zahl stellt sehr genau ein Multiplum von 43 dar, nämlich  $11 \times 43$ .

Demnach würde hier gleichsam das Doma (0.11.1), welches wir bereits wiederholt unter den in der Zone  $b.w$  entwickelten Flächen wahrzunehmen Gelegenheit hatten, in Form einer Vicinal-

<sup>1)</sup> Abermals der von Hintze gemessene Winkel.

fläche vorhanden sein, weshalb  $\gamma$  und  $\gamma'$  hier zu schreiben wären als *vic.* (0.11.1).

Aber noch auf einen weiteren Umstand möchte ich die Aufmerksamkeit richten. Hintze<sup>1)</sup> hat nämlich unter den in der Zone *bw* gemessenen Winkeln auch die folgenden aufgezählt:

$$b : f = 19^{\circ} 19' \text{ appr.}$$

$$b : w = 27^{\circ} 16' \text{ appr.}$$

Das sind aber ganz genau die gleichen Werthe, wie wir sie oben für  $\gamma : f^{\gamma}$  und  $\gamma : w$  erhielten.

Daraus ist nach meiner schon früher erörterten Ansicht wieder zweierlei zu schliessen.

Zunächst ist es sehr wahrscheinlich, dass Hintze die gleichen Vicinalflächen vor sich hatte, wie sie hier vorlagen, nur dass die nach abwärts gelegene Flächenbildung  $b^{\gamma}$  nicht deutlich genug entwickelt war, um sich bemerkbar zu machen.

Sodann aber scheint mir darin ein weiterer Beweis zu liegen für die Gesetzmässigkeit der Erscheinungen, mit denen wir es hier zu thun haben, weil sie an so verschiedenen Individuen in gleicher Weise sich offenbaren<sup>2)</sup>.

Nachdem es einmal festgestellt war, dass die Fläche *w* hier am wahren Orte entwickelt sei, schien es von desto grösserem Interesse, den Winkel zu messen zwischen *w* und denjenigen Reflexbildern auf den benachbarten Flächen  $\lambda$  und  $\lambda'$ , welche gleichfalls, wie früher nachgewiesen wurde, nur etwa 2' bis 4' vom wahren Orte der Flächen 142 und 142 entfernt lagen, denjenigen also, welche vorhin unter dem Namen der „inneren“ Reflexe zusammengefasst wurden.

Das Resultat war folgendes:

$$w\lambda = 25^{\circ} 25' 50'' \text{ bis } 25^{\circ} 26' 30''$$

$$w\lambda' = 25^{\circ} 23' 27'' \text{ bis } 25^{\circ} 24' 30''$$

In beiden Fällen ist der beobachtete Winkel geringer als der theoretische Werth des Winkels (041) (142), welcher  $25^{\circ} 27' 36''$  beträgt.

Dieses steht im Einklange mit dem Charakter der „inneren“ Reflexe.

<sup>1)</sup> l. c. pag. 299.

<sup>2)</sup> Es ist dies bereits das dritte Mal, wo dieser Fall eintritt.

Die Reflexbilder waren sämtlich sehr scharf einstellbar. Der Unterschied der beiden Winkel  $w\lambda$  und  $w\lambda'$  ist daher keineswegs auf Rechnung von Messungsfehlern zu setzen, er deutet vielmehr darauf hin, dass die zugehörigen Reflexbilder bezüglich  $w$ , mithin auch bezüglich der Ebene  $a$  (sowie der Pole der übrigen nach abwärts gelegenen Flächen der Zone  $bw$ ) nicht vollkommen symmetrisch gelegen seien.

Die Beobachtungen in der Zone  $a\lambda$  haben die gleiche Tatsache ergeben.

Da überdies aus dem rechtwinkligen Dreieck  $\lambda_v t w$  sich für den Winkel  $w : \lambda_v = 25^\circ 26' 30''$  der Abstand  $t : \lambda_v = 17^\circ 36' 57''$ , respective  $a : \lambda_v = 72^\circ 23' 3''$  berechnet und ebenso für  $w : t_v = 25^\circ 24' 30''$  der Abstand  $t : \lambda_v = 17^\circ 33' 50''$ , respective  $a : \lambda_v = 72^\circ 26' 9''$ , die entsprechenden Winkel aber bei Einstellung der Zone  $a\lambda$  thatsächlich zu  $72^\circ 26'$  einerseits und  $72^\circ 23' 30''$  andererseits gemessen wurden, so kann man sagen, dass die Uebereinstimmung der in beiden Fällen erhaltenen Resultate eine nahezu vollkommene ist, besonders wenn man bedenkt, dass ja die Reflexbilder auf  $\lambda$  und  $\lambda'$ , wie es oben wahrscheinlich gemacht wurde, einer vicinalen Zone angehören.

Auch der vorhin mit 2 bezeichnete Reflex war bei dieser Einstellung sichtbar, jedoch ziemlich merklich seitlich von der Zone 3 :  $w$  gelegen; der Winkel von  $w$  zu diesem Reflexe wurde im Einklange mit dem obigen um circa  $22'$  grösser gefunden wie der Winkel 2 :  $w$ .

Nachdem nunmehr das Verhalten fast sämtlicher Arten von Flächen gegenüber der Messung zu wiederholtenmalen ausführlich erörtert wurde, ist es mir möglich, bei Aufzählung weiterer Beispiele, die ein bestimmtes Interesse bieten, mich kürzer zu fassen und mich hauptsächlich darauf zu beschränken, die Daten selbst zusammenzustellen, da die Art und Weise, wie dieselben gewonnen wurden, aus dem Früheren grösstentheils zur Genüge ersichtlich ist.

Die Bezeichnung schliesst sich der bisherigen an.

### Krystall XI.

Typus I, aber mit einseitiger Entwicklung der Domen  $d$  ( $d = 101$  herrscht vor gegen  $d' = \bar{1}01$ ) und Pyramidenflächen  $\lambda$  und  $r$ .

Daher ähnlich Fig. 2b' auf Tafel V, jedoch insoferne davon abweichend, als  $a$  und  $a'$  nur als ziemlich schmale Abstumpfungen der verticalen Prismenkanten auftreten. Die Flächen  $b$  und  $b'$  sind hingegen ausgebildet wie in Fig. 2b' und auch ebenso gleichförmig von oben bis unten horizontal gestreift.

Beispiel eines Individuums, an welchem die Vicinalflächen weitaus vorherrschen und zum Theile tadellose Reflexbilder geben, während diejenigen Reflexbilder, die auf die Hauptflächen selbst zu beziehen sind, soweit sie vorhanden waren, durchaus lichtschwächer und weniger präcis, zum Theile sogar für die Messung ganz unbrauchbar erschienen.

Die verticalen Prismenflächen und die Pyramidenflächen  $r$ , obwohl in ziemlicher Grösse entwickelt, lieferten ausschliesslich cumulierte Reflexe, Scheinreflexe, konnten daher in die genauen Messungen nicht einbezogen werden.

#### A. Zone (142) ( $\bar{1}4\bar{2}$ ). Vordere Hälfte des Krystalles.

Ausgangspunkt bildete die breitere der Querflächen mit einem Signalbilde  $\gamma$ , dann folgten 1 =  $\lambda^r$ , 2 ein matter, nicht gut einstellbarer Scheinreflex, 3 ebenso, 4 =  $\underline{\lambda}^r$ , endlich der dem  $\gamma$  analoge auf der Gegenseite, nämlich  $\underline{\gamma}$ , im Abstände 19' von der gedachten Gegenfläche zu  $\gamma$ , nämlich  $\underline{\gamma}'$ .

Beob. Winkel	Abgel. Winkel	Corr. Winkel <sup>1)</sup>
$\gamma : 1 \dots 71^\circ 47' 55''$		
$1 : 4 \dots 36^\circ 15' 55''$	$\gamma : 1 \dots 71^\circ 47' 45''$	$\alpha : 1 \dots 71^\circ 57' 15''$
$4 : \underline{\gamma} \dots 71^\circ 38' 30''$	$4 \dots 71^\circ 57' 30''$	$\alpha' : 4 \dots 71^\circ 48'$

Bei genauer Justirung von  $\gamma$  und 1 liegen die Flächen 4 und  $\underline{\gamma}$  ausserhalb der eingestellten Zone und umgekehrt.

Die Flächen 1', 2', 3', 4' der nachstehenden Einstellung gehören fast genau einer und derselben Zone an, welche sowohl auf  $\alpha$  als auf  $\alpha'$  die Reflexbilder  $\gamma$  und  $\underline{\gamma}$  gleich weit links liegen lässt, vermuthlich die wahre Zone  $\alpha\lambda$  darstellt.

#### B. Zone (1 $\bar{4}2$ ) ( $\bar{1}\bar{4}\bar{2}$ ). Rückwärtige Hälfte des Krystalles.

Ausgangspunkt wieder  $\gamma$ . Es folgen hierauf 1' =  $\lambda^r$ , hell und scharf, 2' =  $\lambda'$ , etwas lichtschwächer, aber immer noch ziemlich

<sup>1)</sup> Correcturwinkel =  $9' 30''$ .

präcis,  $3' = \underline{\lambda}'$ , wie das vorige,  $4' = \underline{\lambda}''$ , wieder heller und schärfer, endlich  $\underline{\gamma}$  in der vorigen Bedeutung.

Beob. Winkel	Abgel. Winkel	Corr. Werthe
$\gamma : 1' \dots 71^\circ 44' 10''$	$\gamma : 1' \dots 71^\circ 44' 10''$	$a : 1' \dots 71^\circ 53' 40''$
$1' : 2' \dots 27' 50''$	$2' \dots 72^\circ 12'$	$2' \dots 72^\circ 21' 30''$
$2' : 3' \dots 35^\circ 16' 30''$		
$3' : 4' \dots 33' 50''$	$\gamma' : 3' \dots 72^\circ 31' 30''$	$a' : 3' \dots 72^\circ 22'$
$4' : \underline{\gamma} \dots 71^\circ 38' 40''$	$4' \dots 71^\circ 57' 40''$	$4' \dots 71^\circ 48' 10'$

In der Reihe A sind nur äussere, in der Reihe B neben äusseren, aber nur untergeordnet, auch innere Reflexe vertreten.

Im Uebrigen sind aus beiden Reihen folgende Eigenthümlichkeiten besonders hervorzuheben:

Bezüglich der äusseren Reflexe:

a) Die Gleichheit der Winkelabstände der Vicinalflächen 4 und 4' (welche in den der Seite des nur ganz untergeordnet entwickelten  $d'$  angehörigen Quadranten liegen)<sup>1)</sup> bezüglich der Vicinalfläche  $\underline{\gamma}$ , wodurch die beiden erstgenannten sich als völlig analoge Bildungen darstellen, da sie gleichzeitig den correspondirenden Zonen  $(\bar{1}00)$  ( $\bar{1}42$ ) und  $(\bar{1}00)$  ( $\bar{1}\bar{4}2$ ) angehören.

b) die Gleichheit des Winkelabstandes zwischen denselben Vicinalflächen und der Position der wahren Fläche  $a'$  ( $\bar{1}00$ ) einerseits, mit dem Winkel  $\gamma : 1$  (also mit dem Winkel zwischen zwei Vicinalflächen) andererseits, und umgekehrt dieselbe Gleichheit zwischen  $a : 1$  und der Lage von 4 zur gedachten Gegenfläche von  $\gamma$ .

c) Die Ungleichheit der Winkelabstände der äusseren Reflexe (1 und 1') von  $\gamma$  respective von  $a$ , zu beiden Seiten des vorherrschend entwickelten Doma  $d$ , welches hier fast über die ganze in der Symmetrieebene 010 gelegene Kante der Pyramidenflächen 142 und  $\bar{1}\bar{4}2$  herabläuft.

d) Die in noch stärkerem Grade sich bemerklich machende unsymmetrische Vertheilung der äusseren Reflexe innerhalb der correspondirenden Zonen (100) (142) und (100) ( $\bar{1}\bar{4}2$ ) auf der positiven und der negativen Seite der Axe  $a$ , was im vollkommenen Einklang steht mit der ebenso einseitigen Flächenentwicklung des Kopfes, von der oben die Rede war.

<sup>1)</sup> So zwar, dass auf dieser Seite des Krystalles die Pyramidenflächen ( $\bar{1}\bar{4}2$ ) und ( $\bar{1}\bar{4}2$ ) in einer längeren Kante zusammenstossen.

Die „inneren“ Reflexe (2' und 3') erwiesen sich hingegen symmetrisch gelegen bezüglich  $a$  und  $a'$ , und es ist gleichzeitig zu bemerken, dass der Abstand derselben von  $a$  und  $a'$  dem theoretischen Werthe  $(100)(142) = 72^\circ 21' 30''$  ungemein nahe kommt, dass die ihnen zu Grunde liegenden Flächenelemente daher muthmasslich mit den Flächen von den einfachen Indices (142) selbst fast gänzlich zusammenfallen.

Die Berechnung der zu den vorstehenden Winkeln gehörigen Differenzzahlen liefert folgendes Resultat:

$\sigma = 21$  (auf der linken Seite des Krystalles)

1) Winkel  $71^\circ 57' 15''$  führt auf  $\delta a = -\frac{8}{9}$  (berechn. Winkel  $71^\circ 56' 56''$ )

1') „  $71^\circ 53' 40''$  „ „  $\delta a = -1 = \frac{8}{8}$  (berechn. Winkel  $71^\circ 53' 50''$ )

$\sigma = 20$  (auf der rechten Seite des Krystalles)

4) Winkel  $71^\circ 48'$   $\delta a = -\frac{8}{9}$  (berechn. Winkel  $71^\circ 48' 12''$ )

4') „  $71^\circ 48' 10''$   $\delta a = -\frac{8}{9}$

Diese Differenzzahlen stehen sonach in einem sehr einfachen Verhältnis.

Angenommen, dass ursprünglich symmetrische Anlage jener Flächenbildung geherrscht habe (die wir bereits so oft angetroffen haben), die zur Differenzzahl  $-1$  hinführt (1'), so würden die eben mitgetheilten Zahlen darauf hinweisen, dass seitdem Umstände eingetreten seien, die einerseits (auf 1) zur Erhöhung der Differenz gegenüber der Lage der einfachen Fläche  $\lambda$ , andererseits zu einer gleich grossen Verminderung derselben (auf 4 und 4') beitrugen.

Die Deutung der vorstehenden Vicinalflächen, welche ich demnach wieder für Vicinalflächen höherer Ordnung ansehen möchte, ist zwar keine ganz einfache, da die aus der Differenzzahl  $-\frac{8}{9}$  abgeleitete inducirende Flächenbildung sich aus  $6\lambda + 4r$ , die dem  $\delta a = -\frac{8}{9}$  entsprechende sich aus  $5\lambda + 4r$  zusammensetzt, sie scheint aber die Richtigkeit des eben entwickelten Gedankenganges insoferne noch zu bestätigen, als die Addition der gleichstelligen Indices auf die durch 1' vertretene einfachere Flächenbildung  $3\lambda + 2r$  hinführt.

Zone  $ad$  (100) (101).

Sowohl auf  $a$  (100) als auf  $d$  (101) erschien je ein einzelnes scharfes Signalbild ( $\gamma$  und  $d^\alpha$  entsprechend), auf  $a'$  ein eben solches  $\underline{\gamma}$  vom Charakter  $a'\gamma$ ; das Doma  $d'$  gab keinen messbaren Reflex.  $\gamma : \underline{\gamma}$  betrug  $179^\circ 33' 30''$  innerhalb der eingestellten Zone, derart, dass die Gegenflächen der eingestellten Reflexbilder jederseits mit den beobachteten Reflexbildern selbst, also  $\underline{\gamma}' : \underline{\gamma}$  und  $\gamma : \underline{\gamma}'$  einen Winkel von  $26' 30''$  einschliessen würden (symmetrische Vertheilung von  $\gamma$  und  $\underline{\gamma}$  um die wahre Position von (100) vorausgesetzt).

Der halbe Winkel  $13' 15''$  gibt dann den Abstand  $a \cdot \gamma$  und  $a' \cdot \underline{\gamma}$ . Diesem Winkel entspricht bezüglich  $c$  ein Parameter  $294 = 7 \times 42 = 7\sigma$ , in der früheren Bedeutung, also eine Flächenbildung *vic.* (701).

Beobachtet	Abgeleitet
$\gamma : d^\alpha = 48^\circ 10'$	$a : d^\alpha = 48^\circ 23' 15''$
$\underline{\gamma} : d^\alpha = 131^\circ 23' 30''$	$\underline{\gamma}' : d^\alpha = 48^\circ 36' 30''$

Man ersieht aus vorstehenden Daten, dass sowohl  $a$  als  $d$  hier durch je eine Vicinalfläche vertreten sind, und ebenso  $a'$ . Die Vicinalfläche  $d^\alpha$  erscheint als eine vom wahren Orte nach abwärts gerückte Bildung.

Bemerkenswerth ist die Beziehung, welche zwischen der Position der Vicinalfläche  $d^\alpha$  innerhalb der Zone und der Entwicklung des Vicinalflächenbaues auf  $a$  und  $a'$  hier besteht, indem, wie in einem früheren Falle, die Differenz ihres Abstandes vom wahren Flächenorte  $a$  ( $a \cdot d^\alpha$ ) und ihres Abstandes von der nächstgelegenen Vicinalfläche auf  $a$  ( $\gamma \cdot d^\alpha$ ) ungefähr halb so viel beträgt, als die Neigung der beobachteten Vicinalflächen von  $a$  und  $a'$  in der eingestellten Zone gegen ihre respectiven Gegenflächen ausmachen würde, woher es sich erklärt, dass der Winkel  $\underline{\gamma}' \cdot d^\alpha$  dem theoretischen Werthe von  $ad$  sehr nahe kommt.

Zone  $d\lambda$  (142) (101).

Es wurde gemessen der Winkel  $1 : d^\alpha$ , also zwischen jenen Flächen, welche am vorliegenden Krystall die besten Spaltbilder ergaben, und derselbe wurde zu  $44^\circ 5' 30''$ , also  $10' 45''$  vom theoretischen Werthe des Winkels  $d\lambda$  abweichend gefunden, da letzterer  $44^\circ 16' 15''$  beträgt.

Diese Abweichung steht im Einklange mit dem bereits durch die Messungen in den übrigen Zonen festgestellten Charakter der beiden Flächen als Vicinalflächen und mit ihrer in den betreffenden Zonen ermittelten Lage.

Zone  $b\lambda$  (010) (142).

Auf  $b$  erschienen zwei deutliche scharfe Reflexbilder, beide, wie sich durch anderweitige Beobachtung ergab, vom Charakter  $b\gamma$ , auf  $b'$  hingegen nur eines, gleichfalls sehr präzise, seiner Lage nach dem innerhalb der Zone  $bc$  weiter abwärts gelegenen Reflexe der vorgenannten auf  $b$  auftretenden Vicinalflächen entsprechend.

Gefunden wurde	Berechneter Winkel
$\gamma_1 : 1 = 48^\circ 26'$	
$\gamma_2 : 1 = 48^\circ 14' 30''$	$b\lambda = 48^\circ 42'$
$1 : 1' = 82^\circ 28' 10''$	$\lambda\lambda' = 82^\circ 36'$
$1' : \underline{\gamma}_1 = 48^\circ 26' 30''$	

Die Flächen 1 und 1' und die Vicinalflächen von  $b$  und  $b'$  lagen keineswegs genau in einer und derselben Zone.

Bei Einstellung der Zone  $\gamma_1 : 1$  blieben die weiteren Flächen links liegen, und das Gleiche geschah, wenn auf der anderen Seite  $\underline{\gamma}_1$  und 1 justirt wurden; die obenstehenden Winkel mussten daher von Kante zu Kante unter geänderter Centrirung und Justirung gemessen werden.

Bei Einstellung der Zone  $1 : 1'$  erwies sich der Abstand der Projectionen von  $\gamma_1$  und  $\underline{\gamma}_1$  auf die Zone um  $39' 20''$  geringer als 180.

Daraus ergibt sich wegen völlig symmetrischer Lage von  $\gamma_1$  und  $\underline{\gamma}_1$  auf  $b'$ :

$$\begin{aligned} b : 1 &= 48^\circ 45' 40'' \\ b' : 1' &= 48^\circ 46' 10'' \end{aligned}$$

Wenn man dieses Resultat mit den bezüglich der gleichen Flächen in den Zonen  $a\lambda$  und  $a\underline{\lambda}$  gewonnenen Resultaten vergleicht, so gelangt man zum Schlusse, dass die Flächen 1 und 1' der wahren Zone  $142 : 100$  und  $\overline{142} : 100$  angehören und nur innerhalb derselben vicinal verschoben sind.

In der Zone  $b\underline{\lambda}$  (010) ( $\overline{142}$ )

wurde der Winkel  $\gamma_1 : 4 = 48^\circ 29'$ , also etwas grösser gefunden wie der Winkel zur ähnlich gelegenen Fläche 1 der anderen Seite,

in Uebereinstimmung mit der Thatsache, dass die Normale der Fläche 4 innerhalb der Zone  $a\lambda$  noch weiter nach abwärts gerückt erscheint als die der Fläche 1, wodurch sich der Winkel gegenüber der Fläche  $\gamma$  auf  $b$  natürlich vergrössert, falls 1 und 4 wirklich einer zu  $bc$  senkrechten Zone angehören, was ja soeben behauptet wurde.

#### Krystall IV.

(Beispiel gestörten Baues.)

Ein Seitenstück zu dem bereits beschriebenen Krystall IX bildet der nun kurz zu besprechende Krystall, welcher dem gleichen Typus angehört und nahezu ebenso symmetrische Entwicklung sämtlicher  $\lambda$ -Flächen zeigt wie jener, welcher jedoch an der einen Seite eine Bruchfläche besitzt, die später wieder theilweise zugehilt ist. Siehe Fig. 2<sup>b</sup>, Taf. V.

Die Messungen lassen deutlich den Einfluss erkennen, den dieser Eingriff in das Wachsthum des Krystalles auf die weitere Entwicklung der Vicinalflächen genommen hat.

Die Vicinalflächen auf  $\lambda$  waren wieder theils solche, die den benachbarten Flächen  $r$  sich näherten (in der Zone  $\lambda/r$  gelegen), 1, 1', 4, 4', vom Charakter  $\lambda^r$ , theils solche, welche dem  $t$  sich näherten und dabei der Zone  $at$  angehörten ( $\lambda^t$ ), wie 2' und 3', theils waren sie solche, welche ausserhalb dieser Zone lagen. Von diesen werden hier nur zwei, die ihrer Lage gemäss nach der Seite der Längsfläche hin von der genannten Zone abwichen, berücksichtigt, nämlich 2 und 3.

Im Folgenden ist wieder mit  $\gamma$  die Vicinalfläche  $a^\gamma$ , mit  $\underline{\gamma}$  die entsprechend gelegene  $a'^\gamma$  bezeichnet.

Aus dem Flächenbaue von  $a$  und  $a'$  ergab sich  $a \cdot \gamma$  zu 11', welchem Werthe der Parameter  $8 \times 44 = 352$  (berechn. Winkel 11' 4'') und als Projection dieses Winkelabstandes auf die Zone  $a/\lambda$ , also als Correcturwinkel bezüglich der Messungen zu  $\gamma$  7' 58'', also 8' entspricht.

Der Winkel  $a \cdot a^\beta$  wurde zu 1° 14' 9'', der entsprechende  $a' \cdot a'^\beta$  zu 1° 3' 36'' gemessen.

Dem ersteren Werthe entspricht der Parameter 25·232, also nahezu  $25 \cdot 2 = 21 \times \frac{2}{3}$  (berechn. Winkel 1° 14' 16'').

Dem letzteren Werthe entspricht dagegen der Parameter 29·428, also nahezu  $29\cdot4 = \frac{7 \times 21}{5}$  (berechn. Winkel  $1^\circ 3' 40''$ ).

Beide Flächenbildungen wären daher zu schreiben in der Form: *vic.* (750) und *vic.* (650).

Die mit 1 und 2 bezeichneten Reflexbilder gehören jener Pyramidenfläche  $\lambda$  an, welche an die ausgeheilte Bruchfläche unmittelbar anstösst.

### Reihe A. (142) ( $\bar{1}42$ ).

Vordere Hälfte des Krystalles (in der Fig. 2<sup>b</sup>).

Beobachtete Winkel	Abgeleitete Winkel	Corrigirte Werthe
$\gamma : 1 \dots 71^\circ 34' 25''$	$\gamma : 1 \dots 71^\circ 34' 25''$	$a : 1 \dots 71^\circ 42' 25''$
$1 : 2 \dots 39' 5''$	$2 \dots 72^\circ 13' 30''$	$2 \dots 72^\circ 21' 30''$
$2 : 3 \dots 35^\circ 15' 37''$	$\underline{\gamma}' : 3 \dots 72^\circ 30' 54''$	$a' : 3 \dots 72^\circ 22' 54''$ <small>sehr nahe d. Zo. <math>a/\lambda</math></small>
$3 : 4 \dots 38' 24''$	$4 \dots 71^\circ 52' 30''$	$4 \dots 71^\circ 44' 30''$

Ausserdem wurde der Winkel  $4 : a^\beta$  zu  $71^\circ 30''$  gemessen, woraus sich die Projection  $a' \cdot a^\beta$  auf Zone  $a/\lambda$  (Differenz der Winkel  $71^\circ 44' 30''$  und  $71^\circ 30''$ ) zu  $44'$  ergibt, was einem Winkel  $a' \cdot a^\beta$  von  $1^\circ 3' 19''$  entspräche. (Beob.  $1^\circ 3' 36''$ .)

### Reihe B. ( $\bar{1}\bar{4}2$ ) ( $\bar{1}\bar{4}\bar{2}$ ).

Rückwärtige Hälfte des Krystalles.

Beobachtete Winkel	Abgeleitete Winkel	Corrigirte Werthe
$\gamma : 1' \dots 71^\circ 43' 10''$	$\gamma : 1' \dots 71^\circ 43' 10''$	$a : 1' \dots 71^\circ 51' 10''$
$1' : 2' \dots 36' 3''$	$2' \dots 72^\circ 19' 13''$	$2' \dots 72^\circ 27' 13''$
$2' : 3' \dots 35^\circ 11' 17''$	$\underline{\gamma}' : 3' \dots 72^\circ 13' 30''$	$a' : 3' \dots 72^\circ 21' 30''$ <sup>1)</sup>
$3' : 4' \dots 37' 10''$	$4' \dots 71^\circ 36' 20''$	$4' \dots 71^\circ 44' 20''$

Hier wurde noch überdies der Winkel  $a^\beta : 1'$  zu  $71^\circ$  gemessen; die Differenz dieses Winkels und des Winkels  $a : 1' = 71^\circ 51' 10''$  ergibt für die Projection  $a \cdot a^\beta$  auf  $a/\lambda$  den Werth  $51' 10''$ , während dem auf  $a$  beobachteten Winkelabstande von  $1^\circ 14' 9''$  eine Projection von  $51' 30''$  zukäme.

Was die Vicinalflächen von  $\lambda$  betrifft, so ist zunächst zu bemerken, dass die „äusseren“ Reflexe in ihrer Lage wieder eine

<sup>1)</sup> Liegt im Durchkreuzungspunkte von ( $\bar{1}42$ ) ( $\bar{1}\bar{4}\bar{2}$ ) und ( $\bar{1}\bar{4}\bar{2}$ ) ( $\bar{1}42$ ), repräsentirt also den wahren Ort von  $\lambda$ .

grosse Gesetzmässigkeit aufweisen; 1, 4 und 4' liegen nahezu vollständig symmetrisch und nähern sich ungemein Flächenbildungen, welche, wie beim Krystall IX, theils für  $\sigma = 20^{\circ}$  1), theils für  $\sigma = 21^{\circ}$  2) auf (263) als inducirende Ursache hinweisen.

Unter den übrigen Flächenelementen sind namentlich die den Reflexen 2 und 3' entsprechenden hervorzuheben. Letzterer Reflex liegt innerhalb der Zone  $a/\lambda$  an jenem Punkte, welcher dem wahren Flächenpole von  $\lambda$  zukommt. Der erstere hingegen hat hinsichtlich seiner Projection auf  $a/\lambda$  dieselbe Position, liegt aber dabei weit ausserhalb dieser Zone. 3 nähert sich sowohl der Zone als dem Flächenpole von  $\lambda$  sehr bedeutend.

Interessant ist nun die Combination der angeführten Messungen mit jenen, welche zwischen 2 und 2' einerseits, 3 und 3' andererseits, also in der Zone (142) ( $\bar{1}\bar{4}\bar{2}$ ) und ( $\bar{1}$ 42) ( $\bar{1}$  $\bar{4}$ 2) angestellt wurden.

Der Winkel 3 : 3' wurde zu  $82^{\circ} 42'$  gemessen, also ungefähr 6' abweichend vom theoretischen Werthe des Winkels 142 :  $\bar{1}\bar{4}\bar{2}$ .

Diese Abweichung ist lediglich auf Rechnung der Fläche 3 zu schreiben. Wenn nun dieselbe wirklich innerhalb der Zone  $b/\lambda$  erfolgt, so muss die Projection des Flächenpunktes von 3 auf die Zone  $a/\lambda$  zwischen  $\lambda$  und  $t$  fallen und in Folge des Winkels von  $73^{\circ} 46'$ , welchen die beiden Zonen miteinander einschliessen, vom Flächenpole von  $\lambda$  um  $1^{\circ} 39''$  abweichen. Thatsächlich finden wir für diese Abweichung den Werth von  $1^{\circ} 24''$  3), was indirect die Annahme zu bestätigen scheint, dass die Vicinalfläche 3 wirklich der Zone  $b/\lambda$  angehört.

Für den Winkel 2 : 2' wurde dagegen ein ganz abnormer Werth, nämlich  $82^{\circ} 7' 10''$ , gefunden.

Da 2, in der Zone  $a/\lambda$  gelegen, vom wahren Orte  $\lambda$  nur etwa 6' abweicht, so ist die ausserordentlich bedeutende Differenz gegenüber dem theoretischen Werthe von  $82^{\circ} 36'$  zumeist auf die Lage von 2 zurückzuführen. Dieses projicirt sich jedoch in diesem Falle, wie wir sahen, innerhalb der Zone  $a/\lambda$  genau am wahren Orte von  $\lambda$ .

---

1) entsprechend  $\alpha' = 71^{\circ} 42' 27''$  } und der Differenzzahl  $1:33 = \frac{1}{3}$ .  
 2) entsprechend  $\alpha' = 71^{\circ} 44' 22''$  }  
 3) Aus der Differenz  $72^{\circ} 22' 54'' - 72^{\circ} 21' 30''$ .

Dies spricht dafür, dass die Abweichung in einer zur Zone  $a/\lambda$  beiläufig senkrechten Zone stattfindet.

Nichts liegt näher, als diese Abweichung mit der benachbarten Bruchfläche in Zusammenhang zu bringen.

Nun ist es gewiss höchst bemerkenswerth, dass die Bruchfläche, zwischen  $n$  (140) und  $b$  (010) gelegen, die Kante zwischen beiden ziemlich gleichmässig abrundet, derart, dass sie im Ganzen in ihrer Lage beiläufig der Fläche (180) nahe kommt.

$\lambda$  (142) und (180) einerseits, (104) andererseits gehören aber einer Zone an, welche fast genau senkrecht steht auf der Zone  $a/\lambda$ .

Somit ergibt sich aus dem Angeführten indirect, dass während der Ausheilung der Bruchfläche an der Durchschnittskante mit dem benachbarten  $\lambda$  eine erhöhte Thätigkeit des Krystallwachstums um sich gegriffen habe, in der Weise, dass hier Kegelbildungen sich anhäuften (in der Figur nur undeutlich erkennbar), welche mit ihren nach aufwärts gerichteten, der Durchschnittskante der Bruchfläche mit der Fläche  $\lambda$  parallelen Seitenflächen Veranlassung geben zur Entstehung der Reflexbilder, welche wir mit 2 bezeichneten, und welche, wie hier besonders hervorgehoben werden soll, den Charakter von cumulirten Scheinreflexen besitzen.

Die übrigen „seitlichen“ Reflexe, welche als theils den Zonen  $b/\lambda$ , theils  $\lambda/d$  angehörig sich erwiesen und auf sämtlichen Flächen  $\lambda$  auf der der oberen Endigung des Krystalles zugekehrten Seite der Zone  $a/\lambda$  entwickelt waren und von der letztgenannten Zone ziemlich weit (20'—30') sich entfernten, konnten nicht weiter berücksichtigt werden, umsoweniger, da sie zumeist Scheinreflexe ergaben, die bei geänderter Einstellung Verschiebungen erfuhren.

## Krystall II.

Ganz symmetrisch gebaut, was die verticale Prismenzone betrifft, jedoch mit etwas ungleicher Entwicklung der beiden Domenflächen  $d$  und  $d'$ , was weiterhin eine ungleiche Ausdehnung sämtlicher Pyramidenflächen  $\lambda$  im Gefolge hat, dergestalt, dass die dem Krystallraume der vorherrschenderen Domenfläche angehörigen zwei Pyramidenflächen in die Krystallräume der benachbarten Pyramidenflächen etwas übergreifen.

Da die verticalen Prismenflächen hier sämtlich  $n$  sind, so erscheint zwischen den genannten Pyramidenflächen und den  $n$ -Flächen

der benachbarten Krystallräume die Zone  $d/\lambda/n$  ausgebildet. Im Einklange damit sind unter den seitlichen Reflexen solche, welche der Zone  $n/\lambda$  angehören, ganz vorherrschend entwickelt (z. B. neben 3). Andererseits kommen auch die über  $d$  hin benachbarten Pyramidenflächen zum Schnitte, und auch dieser Zone angehörige seitliche Reflexe sind zu beobachten, aber nur dort, wo das Doma zurücktritt und die Flächen  $\bar{1}42$  und  $\bar{1}\bar{4}2$  auf eine längere Strecke hin zusammenstossen, z. B. die in der folgenden Uebersicht mit 3 und 3' bezeichneten Reflexe, deren ersterer in der Zone  $b/\lambda$  um ebenso viel nach aufwärts, wie 3' in derselben Zone nach abwärts verschoben erscheint. 3 und 3' sind von Nebenreflexen begleitet, die fast genau in der Zone  $a/\lambda$  gelegen, fast vollständig am wahren Flächenorte von  $\lambda$  erscheinen.

Die Flächen  $a$  und  $a'$  treten als schmale Abstumpfungen auf.

Auf der breiteren von beiden liess sich durch Messungen in der Zone  $a/d$  das Vorhandensein von Flächen vom Charakter  $a\bar{\gamma}$  und daraus der Correcturwinkel zu 9' feststellen.

Die Flächen  $r$  erscheinen nicht messbar, überhaupt kaum angedeutet.

A. Zone  $a/\lambda$  (100) ( $\bar{1}42$ ).

Beob. Winkel	Abgel. Winkel	Corr. Werthe
$\gamma : 1 \dots 71^\circ 50' 30''$	$\gamma : 1 \dots 71^\circ 50' 30''$	$a : 1 \dots 71^\circ 59' 30''$
$1 : 2 \dots 33' 20''$	$2 \dots 72^\circ 23' 50''$	$2 \dots 72^\circ 32' 50''$
		$(72^\circ 35' 50'')$
		<small>dan. ausserh. d. Zo.</small>
$2 : 3 \dots 35^\circ 10'$	$\underline{\gamma}' : 3 \dots 72^\circ 26' 10''$	$a' : 3 \dots (72^\circ 17' 10'')^1)$
$3 : 4 \dots 17' 25''$	$4 \dots 72^\circ 8' 45''$	$4 \dots 71^\circ 59' 45''$

B. Zone  $a/\lambda'$  (100) ( $\bar{1}\bar{4}2$ ).

Beob. Winkel	Abgel. Winkel	Corr. Werthe
$\gamma : 1' \dots 71^\circ 50' 20''$	$\gamma : 1' \dots 71^\circ 50' 20''$	$a : 1' \dots 71^\circ 59' 20''$
$1' : 2' \dots 21' 40''$	$2' \dots 72^\circ 12'$	$2' \dots 72^\circ 21'$
$2' : 3' \dots 35^\circ 14'$	$\underline{\gamma}' : 3' \dots 72^\circ 34'$	$a' : 3' \dots (72^\circ 25'')^2)$
		$72^\circ 22'$
		<small>Nebenreflex i. d. Zo.</small>
$3' : 4' \dots 48' 20''$	$4' \dots 71^\circ 45' 50''$	$4' \dots 71^\circ 36' 40''$

1) Ausserhalb der Zone nach aufwärts.

2) Ebenso nach abwärts gelegen.

Die äusseren Reflexe sind wieder höchst gesetzmässig und symmetrisch vertheilt; sie verweisen abermals auf (3.10.5)<sup>1)</sup> als inducirende Ursache. Was den Reflex 4' betrifft, so bildet dieser eine Ausnahme, da ihm bezüglich der übrigen eine unsymmetrische Position zukommt; er verweist auf eine inducirende Flächenbildung, welche sich aus  $4\lambda$  und  $3r$  zusammensetzt und welcher der Winkel  $71^{\circ} 36' 30''$  für  $\sigma = 21$  zukommt. Doch ergibt sich zwischen dieser und den übrigen inducirten Flächenbildungen die einfache Beziehung, dass die Differenzzahl  $\delta a = -1.6$ , welche der ersteren zukommt, gerade das Doppelte von der Differenzzahl  $-0.8$  beträgt, welche den letzteren eigenthümlich ist.

#### Zone $a/d$ .

An Stelle der unter der Lupe andeutungsweise über den Seitenkanten der schmalen Fläche  $a$  sichtbaren, streifig entwickelten Flächen vom Charakter  $a^{\beta}$  und  $a^{\beta'}$  erschien im Gesichtsfelde des Beobachtungsfernrohres ein horizontaler Balken, welcher übrigens die Lage der Zone  $ab$  ziemlich scharf fixirte.

Dagegen liess sich die Zone  $d/d'$  sehr gut fixiren, da die Reflexbilder der Domen recht deutlich waren, und es trat nun innerhalb der Zone  $d/d'$  noch vor dem Lichtbalken auf  $a$  ein Reflexbild von grosser Schärfe hervor, welches also vom Charakter  $a^{\gamma}$  mit der Zone  $ab$  den Winkel von  $12' 30''$  einschloss, mithin auf einen Parameter von  $7 \times 44 = 308$  des zugehörigen Flächenelementes verwies, welchem der Winkel  $12' 39''$  entsprechen würde, ein bereits wiederholt gefundener Winkel.

Auf  $d$  selbst traten mehrere Reflexbilder auf; das deutlichste bildete mit der Zone  $ab$  einen Winkel von  $48^{\circ} 48' 33''$ , mit dem einzigen Reflexe der benachbarten kleineren Domenfläche  $d'$  hingegen den Winkel  $82^{\circ} 23'$ . Da der Winkel  $a/d$   $48^{\circ} 35' 48''$  beträgt, so geht zunächst daraus hervor, dass wir es hier mit zwei Vicinalflächen zu thun haben, und zwar solchen, die zwischen  $d$  und  $c$  liegen.

Da ferner der Winkel  $82^{\circ} 23' : 2 = 41^{\circ} 11' 30''$  den direct gemessenen  $ad_v$  fast genau zu  $90^{\circ}$  ergänzt, so ergibt sich daraus, dass die hier gemessenen Vicinalflächen völlig symmetrisch zur Fläche  $c$  angelegt sind. Während sich aber  $d'_v$  in ihrer Lage

<sup>1)</sup>  $2\lambda + t$ .

erhalten hat oder gar nicht weiter gewachsen ist, hat  $d_v$  bei der Vergrößerung noch weitere Vicinalflächen angelegt, wie die darauf ausserdem noch vorhandenen Reflexbilder beweisen.

Was endlich noch besonders bemerkenswerth erscheint, ist der Umstand, dass die Abweichung der Vicinalfläche  $d_v$  vom wahren Orte  $d$  fast genau so viel beträgt, wie der Abstand der Vicinalflächen  $a^\gamma$  von  $a$ , nämlich  $48^\circ 48' 33'' - 48^\circ 35' 38'' = 12' 45''$ , während  $a \cdot a^\gamma = 12' 30''$  gemessen wurde.

Die Grundflächen der Aetzfiguren auf  $d$  gaben auch hier wieder ein Sammelbild, welches bezüglich seiner Position in der Zone  $ad$  mit dem wahren Flächenorte von  $d$  innerhalb der Grenzen der Einstellungsfehler genau übereinstimmt.

#### Zone $d/\lambda$ .

An diesem Krystalle wurde endlich noch der Winkel zwischen  $d$  und jenem Reflexe der anliegenden Fläche 142 festgestellt, welcher von  $d$  am weitesten entfernt war. Es ist dies derselbe Reflex, dessen Projection auf  $a/\lambda$  in der Reihe A mit  $72^\circ 35' 50''$  angegeben wurde und welcher als ein Seitenreflex von 2 erschien.

Auf  $d$  erschienen auch diesmal zwei Reflexe, der von den Aetzflächen herrührende, verhältnismässig hellere, und in einer Entfernung von 4' der von der Vicinalfläche  $d^c$  herrührende schwächere, aber präzisere Reflex.

Die Einstellung ist natürlich hier keine sehr scharfe, weil die beiden Reflexbilder in diesem Falle nicht deutlich genug getrennt auftraten.

Der Reflex auf  $\lambda$  jedoch war sehr scharf und präzise.

Der Winkel von  $d : \lambda$  wurde zu  $44^\circ 37'$  bestimmt.

Da der theoretische Werth des Winkels  $101 : 142 = 44^\circ 16' 15''$  beträgt, so ergibt sich unter der Voraussetzung, dass jener Reflex  $\lambda$  der Zone  $d/\lambda$  angehört, eine Abweichung vom wahren Flächenorte  $\lambda$  um  $20' 45''$ , und zwar nach abwärts gegen  $n$  hin. Wenn die Annahme richtig ist, dann muss sich die Projection des Flächenpunktes von  $\lambda^n$  bezüglich der Zone  $a/\lambda$  aus dem Abstände  $a \cdot \lambda^n$  und den Neigungsverhältnissen der Zonen  $d/\lambda$  und  $a/\lambda$  berechnen lassen.

Da nun diese Zonen einen Winkel von  $48^\circ 5' 12''$  einschliessen, so projicirt sich eine Bogenlänge von 21' in der Zone  $\lambda/d$  mit circa 14' auf die Zone  $a/\lambda$ .

Der in Rede stehenden Vicinalfläche  $\lambda^n$  mit dem Bogenabstande  $20' 45''$  von käme  $\lambda$  sonach in ihrer Projection auf die Zone  $a/\lambda$  ein Winkel zu, welcher von dem wahren Winkel (100) (142) beiläufig um  $14'$  abweicht, also ein Winkel  $72^\circ 35' 30''$ , während er in Uebereinstimmung damit zu  $72^\circ 35' 50''$  festgestellt wurde, so zwar, dass die Annahme, die Fläche  $\lambda^n$  gehöre wirklich zur Zone  $d/n$ , auch hierin eine Bestätigung findet.

### Krystall III.

(Durch die äusseren Reflexe erscheint die Tendenz einer Flächenbildung angedeutet, welche entweder mit (263) zusammenfällt oder gleichmässig um dieselbe schwankt.)

Wurde auf der Tafel V in Fig. 2c und 2c' abgebildet.

Bezüglich der Ausbildungsweise desselben und der Beschaffenheit der einzelnen Flächen braucht sonach hier nur kurz darauf verwiesen zu werden.

Trotz des complicirten Aussehens lieferten die vier Flächen  $\lambda$  eigentlich nur eine geringe Anzahl Reflexe, darunter freilich solche, die sich als Scheinreflexe zu erkennen gaben. Von solchen Nebenreflexen abgesehen, waren im Allgemeinen auf jeder einzelnen Fläche je drei Reflexe bemerkbar.

Die Messung beschränkte sich bei diesem Krystall lediglich auf die Zonen  $a\lambda$  und  $a\lambda'$ , und wurde ausserdem nur noch der Flächenbau auf  $a$  und  $a'$  in Untersuchung gezogen zur Feststellung des Correcturwinkels der Messungen, die sämmtlich von einem sehr scharfen Reflexbild vom Charakter  $a\gamma$  ausgingen.

Dieser Winkel wurde zu  $8'$  bestimmt.

#### Reihe A. Zone $a\lambda$ (100) (142).

##### Fig. 2c.

Beob. Winkel	Abgel. Winkel	Corr. Werthe
$\gamma : 1 \dots 71^\circ 28' 20''$	$\gamma : 1 \dots 71^\circ 28' 20''$ ( $72^\circ 14' 30''$ )	$a : 1 \dots 71^\circ 36' 20''$ ( $72^\circ 22' 30''$ ) <small>weit ausserh. d. Zo. nach aufwärts</small>
$1 : 2 \dots 50' 10''$	$2 \dots 72^\circ 18' 30''$	$2 \dots 72^\circ 26' 30''$
$2 : 3 \dots 35^\circ 12'$	$\underline{\gamma} : 3 \dots 72^\circ 29' 30''$	$a' : 3 \dots 72^\circ 21' 30''$ <small>ohne seitl. Reflex</small>
$3 : 4 \dots 32'$	$4 \dots 71^\circ 57' 30''$	$4 \dots 71^\circ 49' 30''$

Reihe B. Zone  $a\lambda'$  (100) (142).

Fig. 2c'.

Beob. Winkel	Abgel. Winkel	Corr. Werthe
$\gamma : 1' \dots 71^\circ 41' 30''$	$\gamma : 1' \dots 71^\circ 41' 30''$ ( $72^\circ 14'$ )	$a : 1' \dots 71^\circ 49' 30''$ ( $72^\circ 22'$ ) <small>weit ausserh. d. Zo. nach abwärts</small>
$1' : 2' \dots 36' 30''$	$2' \dots 72^\circ 18'$	$2' \dots 72^\circ 26'$
$2' : 3' \dots 35^\circ 13'$	$\underline{\gamma} : 3' \dots (72^\circ 32' 30'')$	$a' : 3' \dots (72^\circ 24' 30'')$ <small>i. Zo. <math>b'/\lambda</math> n. abw.</small>
$36' 30''$	$3' \dots 72^\circ 29'$	$3' \dots 72^\circ 21'$
	$4' \dots 71^\circ 52' 30''$	$4' \dots 71^\circ 44' 30''$

Aus den vorstehenden Uebersichten scheint sich mit ziemlicher Sicherheit wieder zu ergeben, dass die unsymmetrische Vertheilung der Vicinalflächen mit der Verzerrung, respective ungleichen Fortentwicklung der einzelnen Flächen Hand in Hand geht.

Was die in der Zone  $a/\lambda$  gelegenen Reflexe betrifft, so ist hervorzuheben a) hinsichtlich der äusseren Reflexe die symmetrische Lage von 4 und 1', welche schief gegenüberliegenden Quadranten angehören, hingegen die unsymmetrische Lage in den der Kante  $t/\lambda$  benachbarten Theilen der Zone; dagegen b) hinsichtlich der inneren Reflexe die gleichartige Anordnung von 2 und 2', also auf der vorderen und rückwärtigen Hälfte des Krystalles, und ebenso das Fehlen innerer Reflexe, respective Auftreten der Fläche  $\lambda$  am wahren Orte (3 und 3') auf den beiden anderen, dem  $d'$  benachbarten Pyramidenflächen.

Bezüglich der seitlich von 2 und 2' auftretenden Reflexe ist zu bemerken, dass sie nahezu senkrecht zur Zone  $a/\lambda$  verschoben erscheinen, und zwar auf der vorderen Hälfte des Krystalles nach aufwärts (2), auf der rückwärtigen dagegen nach abwärts (2').

Der Seitenreflex von 3' gehört der Zone  $b'/\lambda$  an und liegt auf der Seite der Längsfläche.

Was die Flächenbildungen betrifft, die durch die äusseren Reflexe repräsentirt werden, so erscheinen sie sämmtlich inducirt durch eine (263) sehr nahe liegende Fläche; (263) =  $\lambda + r$  würde, falls sie selbst als inducirende Ursache gedacht wird, eine Differenzzahl von 1.3 und für  $\sigma = 21$  einen Winkel  $a\lambda''$  von  $71^\circ 44' 22''$  erfordern, mithin eine Lage, mit welcher diejenige des Reflexbildes 4' vollkommen übereinstimmt.

Für die übrigen, deren Lage um den genannten Winkel gleichmässig schwankt, ergeben sich, ähnlich wie an einem früheren Krystall, folgende Beziehungen:

1 deutet auf Induction durch die Flächenbildung  $3\lambda + 4r$ , welcher für  $\sigma = 21$  ein Winkel  $a\lambda_v = 71^\circ 36' 30''$  zukommt,

4 weist ebenso auf die Fläche  $4\lambda + 3r$  hin mit dem Winkel  $71^\circ 49' 40''$  für  $\sigma = 20$ ,

und ebenso verhält es sich mit (1').

### Krystall VII.

(Auf  $\lambda$  und der benachbarten Fläche  $r$  existirt entweder gleiche Parameterdifferenz oder die gleiche inducirende Flächenbildung.)

Von asymmetrischem Typus, insoferne bei einer gewissen Aehnlichkeit der Ausbildung mit Fig. 9, Tafel VI, bloss die vordere Seite mit glatten, gut messbaren Flächen versehen war, während die Rückseite von lauter rauhen Flächen bedeckt wurde,  $d$  und  $d'$  fast gar nicht vorhanden, dagegen das Eck, in welchem die vorderen Flächen  $\lambda$  und die verticalen Prismenflächen zusammenstossen, durch eine etwas verzerrt erscheinende Fläche  $w$  abgestumpft war.

Die Flächen  $a$  und  $a'$  waren dabei hinlänglich breit entwickelt, um einen äusserst symmetrischen Aufbau aus vier Flächen vom Charakter  $a^\gamma$  und  $a^\beta$  deutlich erkennen zu lassen.

Der Winkel  $\gamma . \gamma'$  von  $22' 10''$  verwies wieder auf die Flächenbildung vom Parameter  $352 = 8 \times 44$ , welcher der Winkel  $22' 8''$  zukommt, aus welchem sich der Correcturwinkel der Messungen bezüglich  $a^\gamma$  zu  $8'$  berechnet. Der Winkel  $a . a^\beta$  wurde zu  $2^\circ 4' 30''$  gefunden, entsprechend dem Parameter von  $15 \cdot 03$ .

Diese Zahl nähert sich ausserordentlich  $15$ , welche aufgefasst werden könnte als  $\frac{5 \times 21}{7}$  oder als  $\frac{3 \times 20^1)}{4}$ , und welcher ein Winkel von  $2^\circ 4' 44''$  innerhalb der Zone  $ab$  und eine Projection auf die Zone  $a/\lambda$  von  $1^\circ 26' 30''$  zukäme.

Für diese Projection wurde in der That bei Einstellung der Zone  $a/\lambda$  ein Werth von  $1^\circ 27'$  gefunden, mit einer für die Umstände überraschenden Uebereinstimmung.

<sup>1)</sup> Also *vic.* (570) oder *vic.* (340). — Da sich zeigen wird, dass bei den Flächenbildungen auf  $\lambda$  und  $r$  die Zahl 21 allein eine Rolle spielt, so dürfte die erstere Deutung hier den Vorzug verdienen.

Von den  $r$ -Flächen war nur die eine in gut messbarer Ausbildung entwickelt. Sie lieferte zwei Reflexe (5 und 6), welche mit den äusseren Reflexen auf  $\lambda$  und  $\underline{\lambda}$  (1 und 4) dem Anscheine nach einer und derselben Zone angehörten, während der Reflex 2 und ein seitlicher Nebenreflex von 3 merklich davon abwichen.

Zone  $a\lambda$  (100) (142).

Beob. Winkel	Abgel. Winkel	Corr. Werthe
$\gamma'$ 1): 1 . 72° 7' 50"	$\gamma'$ : 1 . . 72° 7' 50"	$a$ : 1 . . 71° 59' 20"
1:2 . . 25'	2 . . (72° 32' 20")	2 . . (72° 24' 20")
2:3 . . 35° 14' 10"	$\underline{\gamma}$ : 3 . . 72° 13' 30"	$a'$ : 3 . . 72° 21' 30"
3:4 . . 22'	4 . . 71° 51' 30"	4 . . 72° 59' 30"
4:5 . . 13° 24' 40"	5 . . 58° 26' 50"	5 . . 58° 34' 50"
5:6 . . 24' 50"	6 . . 58° 2'	6 . . 58° 10'

m. Nebenref. seitl.

Bemerkenswerth ist hier die symmetrische Lage der äusseren Reflexe vom Charakter  $\lambda^r$  und  $\underline{\lambda}^r$  gegenüber der unsymmetrischen Vertheilung aller übrigen.

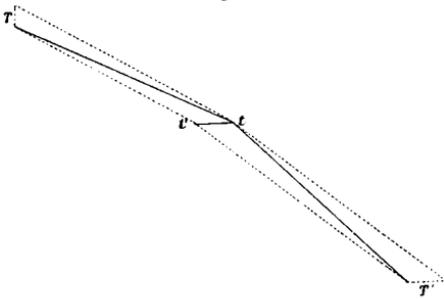
Noch bemerkenswerther aber ist die einfache Beziehung, welche zwischen den Flächenbildungen auf  $\underline{\lambda}$  und der benachbarten  $r$ -Fläche sich ergibt, sobald wir auch hier die Vicinalflächen als inducirte Bildungen auffassen und die inducirenden Flächen sowohl wie die Differenzzahlen auf der Axe  $a$  und die diesen entsprechenden Winkelabstände  $a\lambda$  und  $a'r$  berechnen und in Vergleich ziehen, wie dies in der folgenden Zusammenstellung geschieht.

	Beobachteter Winkel $a\lambda$	Inducirende Fläche	Differenzzahl	Constante $\sigma$	Berechneter Winkel $a\lambda$
1	71° 59' 20"	$2\lambda + r$	-0.8	21	71° 59' 30"
2	(72° 24' 20" ausser der Zone $a\lambda$ )				
3	72° 21' 30"	$\lambda$	0	am wahren Ort	
4	71° 59' 30"	$\frac{2\lambda + r}{2}$	-0.8	21	71° 59' 30"
5	58° 34' 50"	$\frac{2\lambda + r}{2}$	-1.3	21	58° 34' 32"
6	58° 10'	$\frac{2\lambda + 3r}{2}$	-0.8	21	58° 10' 14"

1)  $\gamma' = a\gamma'$ , weil dieses Bild bei Einstellung der Zone  $a\lambda$  tadelloser erschien als  $a\gamma'$ .

Die Flächenbildungen 1 und 4 sind an und für sich sehr einfach; sie deuten auf Induction durch eine Fläche, welche sich nach Obigem als erste Abstumpfung zwischen (263) und (142) darstellt. Die gleiche Fläche nun scheint auch auf der benachbarten  $r$ -Fläche inducierend aufgetreten zu sein. Hier entspricht derselben Ursache jedoch eine andere Wirkung, gemessen durch die Parameterdifferenz von Haupt- und Vicinalfläche bezüglich  $a$ . Unsere Differenzzahl ist ja, wie schon wiederholt gesagt, als ein Mass der Abweichung der Vicinalflächen von der wahren Flächenlage der Hauptfläche (ausgedrückt in einem Längenmasse) zu betrachten, und ihre Grösse hängt mit der Grösse der normalen Winkel zwischen der Hauptfläche  $\lambda$ , respective  $r$  und ihren Vicinalflächen einerseits und der Fläche  $a$  andererseits<sup>1)</sup> aufs innigste zusammen, wie sich aus nachfolgender Zeichnung ergibt.

Fig. 3.



Denken wir uns durch die Normalen zu den Hauptflächen und durch die Normalen zu den zugehörigen Vicinalflächen auf  $r$  und  $\lambda$  eine Ebene gelegt, so wird sie bei den der Zone  $a\lambda$  angehörigen Reflexen, welche wir allein in Betracht ziehen, mit der Zonenebene selbst zusammenfallen und mithin nicht nur die Tracen der genannten Flächen in sich enthalten, sondern auch die Axe  $a$  in sich aufnehmen. Bedeutet  $Tt$  in beistehender Zeichnung die Trace der Zonenebene  $a\lambda$  auf der Hauptfläche  $\lambda$  und zugleich die Länge  $\sigma = 20$ , respective hier 21 in Einheiten der  $b$ -Axe, ebenso  $tT'$  die Trace derselben Zone auf der Hauptfläche  $r$  und die gleiche Länge, stellt ferner  $Tt'$  die Trace der zugehörigen Vicinalfläche  $\lambda^r$  dar, und ist der Winkel  $Ttt'$  gleich dem Winkel der Fläche  $\lambda$  mit der Axe  $a$ , so bedeutet  $tt'$  hier nichts anderes als die Parameterdifferenz der Haupt- und Vicinalfläche  $\lambda$ , bezogen auf die in der Fläche liegende Strecke 20, respective 21, und es stellt die Verbindungslinie  $t'T'$  dann offenbar die Trace derjenigen Vicinalfläche  $r^\lambda$  dar, welcher auf der gleichen

<sup>1)</sup> Respective der Neigung der Axe  $a$  zu den genannten Flächen.

Strecke dieselbe Parameterdifferenz zukommt wie der benachbarten Fläche  $\lambda'$ .

Es erscheint also dadurch das Verhältnis illustriert, welches zwischen den Flächenelementen der Reflexe 4 und 6 hier im vorliegenden Beispiele besteht.

Diese Thatsache der Gleichheit der Differenzzahl, respective der gleichen Länge von  $t t'$  für beide benachbarte Flächen ist von der absoluten Grösse der Länge  $t T$  etc. unabhängig, und es bleibt also die Beziehung aufrecht bestehen, auch wenn diese Grösse im vorliegenden Falle nicht richtig gewählt sein sollte.

Die zweite Beziehung, nämlich die, dass die vicinalen Flächen 4 und 5 durch dieselbe inducirende Ursache hervorgerufen seien, steht hingegen mit der Wahl der Strecken, also mit der absoluten Grösse der Differenzzahl im engsten Zusammenhang.

Es genüge hier, auf diese beiden Punkte hingewiesen zu haben.

### Krystall VIII.

Ziemlich gross. Macht im Ganzen einen ähnlichen Eindruck wie Fig. 7b auf Tafel VI; wie dort ist die Vorderseite glänzend, die Rückseite mit matten Flächen versehen, jedoch ist auch rechts und links eine grössere Ungleichheit vorhanden, indem die Fläche  $a$  einseitig grösser entwickelt und an der Kante  $a\lambda$  dann eine deutlich messbare Fläche  $r$  auftritt, während an der viel mehr zurücktretenden Gegenfläche  $a'$  die Fläche  $\underline{r}$  bis auf einen geringen Rest, der nicht einstellbare Reflexe ergab, von der benachbarten Fläche  $\underline{\lambda}$  nahezu verdrängt erscheint.

Auf der Fläche  $a$  war auch der bekannte Vicinalflächenbau wieder durch vier vollkommen symmetrisch gelegene und scharf ausgebildete Reflexbilder vom Charakter  $a^\gamma$ ,  $a^{\gamma'}$ ,  $a^\beta$  und  $a^{\beta'}$  sehr schön wiedergegeben.

Auch hier bestimmte sich der Correcturwinkel bezüglich der Messungen zu  $a^{\gamma'}$  mit  $8'$ ; wir haben es somit hier mit denselben Flächenbildungen zu thun, die wir bereits wiederholt an anderen Krystallen nachzuweisen im Stande waren.

Auch die Längsdomen  $w$  und  $g$  fehlten hier nicht, sondern bildeten einen ähnlichen Streifencomplex, wie er an der Fig. 7b angedeutet erscheint; die seitlichen Domenflächen ( $d$ ) waren hier

nur sehr untergeordnet entwickelt, jedenfalls weit nach abwärts gerückt.

Die Messungen, welche sich auf die Zone  $\alpha\lambda$  beschränkten, gaben folgendes Resultat:

Zone  $\alpha\lambda$  (100) (142). — Vorderseite.

Beob. Winkel	Abgel. Winkel	Corr. Werthe
$\gamma': 1 \dots 58^\circ 7' 40''$	$\gamma': 1 \dots 58^\circ 7' 40''$	$a : 1 \dots 57^\circ 59' 40''$
$1 : 2 \dots 39' 30''$	$2 \dots 58^\circ 47' 10''$	$2 \dots 58^\circ 39' 10''$
$2 : 3 \dots 14^\circ 18'$	$3 \dots 72^\circ 5' 10''$	$3 \dots 71^\circ 57' 10''$
$3 : 4 \dots 23' 10''$	$4 \dots 72^\circ 29'$	$4 \dots 72^\circ 21'$
$4 : 5 \dots 35^\circ 17'$	$\underline{\gamma}': 5 \dots (72^\circ 16')$	$a': 5 \dots (72^\circ 24')$
		<small>seitl. gegen <math>\omega</math> hin nach abwärts</small>
	$72^\circ 14'$	$72^\circ 22'$
$5 : 6 \dots 30' 30''$	$6 \dots (71^\circ 46')$	$6 \dots (71^\circ 54')$
		<small>seitl. n. abwärts</small>
	$71^\circ 43' 20''$	$71^\circ 51' 30''$

Die etwas verbreiterten lichtschwächeren, aber doch mit ziemlicher Präcision einstellbaren Reflexbilder 1 und 2 (von  $r$ ) deuteten darauf hin, dass die zugehörigen Flächenelemente in schmalen Streifen vorhanden waren, was das Lupenbild vollinhaltlich bestätigte.

Die Flächenbildungen 3 und 4, soweit sie in der Zone liegen, entsprechen fast genau dem wahren Orte von  $\lambda$ , die Abweichung vom theoretischen Werthe  $\alpha\lambda$  dürfte auf blosse Einstellungsfehler zurückzuführen sein.

Alle anderen Flächenpositionen sind unsymmetrisch vertheilt zu beiden Seiten der Kante  $\lambda t$ , und zwar wieder in einem gewissen Zusammenhange mit der Verzerrung.

Auf der Seite der messbar entwickelten  $r$ -Fläche fehlen Seitenreflexe gänzlich, auf der anderen Seite, wo  $\lambda$  fast allein vorherrscht, ist jeder Reflex der Zone mit einem Seitenreflex versehen.

Dass auch hier zwischen sämmtlichen, der Zone  $\alpha\lambda$  angehörigen Flächenbildungen, also den äusseren Reflexen von  $\lambda$  und  $\lambda$  einerseits und zwischen diesen und den Reflexen der benachbarten Fläche  $r$  engere Beziehungen bestehen, wengleich dieselben etwas complicirter sind wie beim vorigen Krystall, dürfte aus folgender Uebersicht hervorgehen.

	Beobachteter Winkel $a\lambda$	Differenzzahl	Inducirende Fläche	Constante $\sigma$	Berechneter Winkel $a\lambda$
1	57° 59' 40"	$2\lambda + 5r$	$0.57 = \frac{4}{7}$	21	57° 59' 30" ( $r$ )
2	58° 39' 10"	$5\lambda + 2r$	$1.428 = \frac{10}{7}$	21	58° 38' 50" ( $r$ )
3	71° 57' 10"	$7\lambda + 4r$	$0.88 = \frac{8}{9}$	21	71° 57' 10" ( $\lambda$ )
4	71° 51' 30"	$4\lambda + 3r$	$1.09 = \frac{12}{11}$	21	71° 51' 15" ( $\lambda$ )

Die Flächenbildungen auf  $r$  sind, wie man sieht, derart, dass das arithmetische Mittel ihrer Differenzzahlen  $= 1$  ist.

Dieser Differenzzahl würde hier auf  $r$  (263) als inducirende Ursache entsprechen, und der zugehörigen Vicinalfläche würde der Winkel 58° 19' 24" für  $\sigma = 21$  zukommen, ein Winkel, der an anderen Krystallen wiederholt beobachtet wurde und welcher im vorliegenden Falle einer Fläche zukäme, die genau den Winkel 1 : 2 halbirt, die Kante  $1/2$  also gerade abstumpft.

Nun ist aber bemerkenswertherweise das arithmetische Mittel der Differenzzahlen auf  $\lambda$  und  $\underline{\lambda}$  bezüglich der Flächenbildungen vom Charakter  $r^\lambda$ , also 3 und 4, gleichfalls fast genau 1.

Es ist daher vielleicht erlaubt, sich den Entwicklungsgang des in Rede stehenden Krystalles so vorzustellen, dass ursprünglich auf  $r$  nur eine Flächenbildung vorhanden war, welche durch (263) inducirt wurde und die Differenzzahl 1 besass, und dass zu jener Zeit auf der benachbarten Fläche  $\lambda$  eine Vicinalfläche von gleicher Differenzzahl sich im Zusammenhange damit anlegte. Es wäre dies eine Bildung gewesen, die der Induction durch  $3\lambda + 2r$  gleichkäme, und welche wir durch Flächen von der Lage  $a\lambda = 71^\circ 53' 50''$  für  $\sigma = 21$  schon an mehreren Krystallen vertreten fanden.

Später bei der Weiterentwicklung des Krystalles, mit welcher seine Verzerrung Hand in Hand ging, wäre dann statt der ursprünglichen Vicinalfläche auf  $r$  die Anlage zweier ebensoviel nach  $r$  als nach  $\lambda$  hin geneigter Flächenbildungen erfolgt und auch auf den benachbarten Flächen  $\lambda$  und  $\underline{\lambda}$  eine Verschiebung der Flächenneigungen vor sich gegangen, in der Art, dass sich die auf einen engeren Raum zurückgedrängte Fläche  $\lambda^r$  in ihrer Lage dem wahren Orte mehr näherte, die auf einen weiteren Raum sich ausdehnende, über  $\underline{r}$  sich ausbreitende Fläche  $\underline{\lambda}^r$  von demselben gegen  $\underline{r}$  hin mehr entfernte.

Ein Rest der ursprünglich symmetrischen Anlage einer Flächenbildung  $3\lambda + 2r$  ist vielleicht in dem Seitenreflex zu 6 noch angedeutet.

### Krystall VI.

Von monoklinem Typus, im Aussehen zwischen Fig. 7b und 8 (Tafel VI) schwankend, mithin die vordere Hälfte der in der Figur gewählten Aufstellung, d. h. die Seite der positiven  $b$ -Axe vorherrschend entwickelt, während auf der positiven und negativen Seite der  $a$ -Axe nahezu vollständige Gleichheit herrscht. Da auch die quere Domenzone  $wf$  auf der Vorderseite nicht fehlt, so bildet dieser Krystall ein vollständiges Seitenstück zum zuletzt besprochenen, nur ist er in gewissem Sinne symmetrischer entwickelt als jener, insoferne hier die Flächen  $\lambda$  und  $\underline{\lambda}$  sowohl als auch  $r$  und  $\underline{r}$  in nahezu gleicher Grösse entwickelt und sämmtlich mit messbaren Reflexen versehen sind.

Auf  $r$  waren zwar mehrere Reflexe vorhanden, doch nur einer von wünschenswerther Präcision,  $\underline{r}$  hingegen ergab zwei messbare Reflexe.

Die Flächen  $a$  und  $a'$  waren beide deutlicher entwickelt wie beim letzten Krystall, der Correcturwinkel der Messungen zu den Vicinalflächen der Zone  $ac$  berechnete sich hier zu  $8' 20''$  (auf den Parameter  $8 \times 42$  verweisend).

Als besonders bemerkenswerth ist hervorzuheben, dass hier auf  $r$  und  $\underline{r}$  je ein Reflex vom Charakter  $r^a$  und  $\underline{r}^a$  zu beobachten war, also von Flächenelementen herrührend, welche zwischen dem wahren Orte  $r$  und den Querflächen  $a$  gelegen waren.

Die Messung musste sich auch hier beschränken auf die Flächen der vorderen Zone  $a\lambda$  (100) (142). [8' 20'']

Beob. Winkel	Abgel. Winkel	Corr. Werthe
$\gamma : 1 \dots 56^\circ 33' 10''$	$\gamma : 1 \dots 56^\circ 33' 10''$	$a : 1 \dots 56^\circ 41' 30''$ <small>andere Reflexe nicht einstellbar.</small>
$1 : 2 \dots 15^\circ 10' 50''$	$2 \dots 71^\circ 44'$	$2 \dots 71^\circ 52' 20''$
$2 : 3 \dots 32' 20''$	$3 \dots (72^\circ 16' 20'')$	$3 \dots (72^\circ 24' 40'')$ <small>geg. d. Endfläche hin ausweichend.</small>
$3 : 4 \dots 35^\circ 11' 40''$	$\gamma' : 4 \dots (72^\circ 31' 40'')$	$a' : 4 \dots (72^\circ 23' 40'')$
$4 : 5 \dots 33' 20''$	$5 \dots 71^\circ 58' 20''$	$5 \dots 71^\circ 50'$
$5 : 6 \dots 13^\circ 50'$	$6 \dots 58^\circ 8' 20''$	$6 \dots 58^\circ$
$6 : 7 \dots 1^\circ 6'$	$7 \dots 57^\circ 2' 20''$	$7 \dots 56^\circ 54'$

Angesichts der vorstehend mitgetheilten Messungsergebnisse lässt sich behaupten, dass auch in der Position der Reflexbilder die nahezu symmetrische Ausbildung und Grössenentfaltung der Flächen zu beiden Seiten der Kante  $t/\lambda$  ziemlich deutlich zum Ausdruck kommt.

Innere Reflexe sind innerhalb der Zone  $a\lambda$  hier nicht vorhanden, sie werden ersetzt durch die nach der Endfläche hin gelegenen Seitenreflexe. Damit im Einklange steht auch das Lupenbild.

Wenn wir wieder die den innerhalb der Zone  $a\lambda$  beobachteten Flächenpositionen zukommenden Differenzzahlen berechnen und daraus die Flächen abzuleiten suchen, auf deren Induction die vorhandenen Vicinalflächen zurückführbar erscheinen, so ergibt sich folgendes Resultat:

	Beobachteter Winkel $a\lambda$	Inducirende Fläche	Differenzzahl	Constante $\sigma$	Berechneter Winkel $a\lambda$
1	56° 41' 40''	$2r + a$	-1	20	56° 41' 12''
2	71° 52' 20''	$3r + 2\lambda$	-1	20	71° 52' 24''
5	71° 50'	$5r + 4\lambda$	-1.14	21	71° 49' 53''
6	58°	$5r + 2\lambda$	-0.57	21	57° 59' 30''
7	56° 54'	$5r + 2a$	-0.8	21	56° 53' 40''

1 repräsentirt eine sehr einfache Flächenbildung, nämlich die vicinale Ausbildung der inducirenden Fläche  $(342) = 2(121) + (100)$ .

Dieser kommt für  $\sigma = 20$  die Differenzzahl -1 bezüglich der Axe  $a$  zu. Die gleiche Differenzzahl entspricht derjenigen Bildung, die sich auf der benachbarten  $\lambda$ -Fläche etablirt hat; hier aber deutet sie hin auf die Induction durch  $3(121) + 2(142)$ .

Auf dieser Seite scheint die Zahl 20 als Constante eine Rolle gespielt zu haben.

Auf der Gegenseite gilt dieses nicht mehr; vielleicht steht dies mit der bei aller Aehnlichkeit doch vorhandenen Verschiedenheit der hier zum Vorschein kommenden Flächenbildungen im Zusammenhange.

Hier sind die Differenzzahlen nicht so einfach wie vorhin, stehen aber unter einander in enger Beziehung, da die Differenzzahl von 6 genau die Hälfte darstellt derjenigen von 5, und andererseits wohl nicht zu übersehen ist, dass in sämmtlichen als inducirend auftretenden Flächen  $5r$  hier den der Fläche  $r$  zukommenden

Theil vertritt, eine Eigenthümlichkeit, für deren Bedeutung allerdings vorläufig jede Vorstellung fehlt, wenn wir sie nicht, wie schon früher einmal, damit in Zusammenhang bringen wollen, dass vor Entstehung der oben aufgeführten Vicinalflächen auf den einander benachbarten Flächen  $r$  und  $\lambda$  die Uebereinanderlagerung der Schichten kleinster Dicke mit gleicher Schnelligkeit vor sich ging.

Im Vorausgehenden wurden hauptsächlich solche Krystalle abgehandelt, welche entweder alle Arten von Flächen in messbarer Gestalt aufwiesen, oder doch entweder die Pinakoide oder die Pyramidenflächen  $r$  oder  $\lambda$ , mithin eine bestimmte Art, in ziemlich vollständiger Entwicklung besaßen.

Dagegen sollen im Nachfolgenden auch einige Beispiele von Krystallen besprochen werden, bei denen die verticalen Prismenflächen mehr in den Vordergrund traten, zunächst solche, wo sie neben den anderen Flächen mit gleichwerthigen Reflexbildern zur Messung gelangten, dann endlich solche, wo sich die Messung ausschliesslich fast nur auf sie beschränkte.

Es wurde im Anfange bereits betont, dass diese Prismenflächen vermöge ihrer ausnahmslos gerieften Oberfläche in äusserst seltenen Fällen Reflexe ergaben, welche durch die Stabilität ihrer Position und ihres Aussehens auch bei Aenderungen der Centrirung sich als wahre Reflexe von den in der Regel allein vorhandenen Scheinreflexen mit Sicherheit unterscheiden liessen.

Die wenigen Krystalle nun, welche derartige Beobachtungen gestatteten, sollen im Nachfolgenden besprochen werden.

## Krystall XII.

(Vicinale Zonen über den Pyramidenflächen. Verschiedenheit des  $\sigma$  auf der Seite von  $a$  und  $a'$ .)

Ein ausgesprochener Repräsentant des monoklinen Typus III. Die Zone  $bw$  ist vorne vertreten, rückwärts fehlt sie gänzlich. Von seinem Aussehen gibt Fig. 7b, Taf. VI, ein Bild, worauf hiemit verwiesen werden soll.

Die Messung beschränkte sich auf die Zonen  $a\lambda$  (100) (142) und  $ab$ , bezüglich letzterer auf jenen Quadranten, welcher zwischen der in der Figur rechts sichtbaren Fläche  $a'$  und der vorderen

Fläche  $b$  liegt, nur die Reflexbilder auf  $a$  selbst wurden ausserdem noch in die Untersuchung einbezogen.

Auf  $a$  sowohl als auch auf  $a'$  erschienen je vier Reflexe vom Charakter  $a^\gamma$  und  $a^\beta$  in vollkommen symmetrischer Anordnung.

Auf  $a'$  wurde der Abstand  $\underline{\gamma} : \underline{\gamma}'$  zu  $20' 40''$  und auf  $a$  zu  $19' 50''$  gemessen.

Da der Winkel  $19' 40'' : 2 = 9' 50''$  dem Parameter 396, der Winkel  $20' 38'' : 2 = 10' 19''$  dem Parameter 396 entspricht, beide aber als die gleichen Multipla  $9 \times 44$  und  $9 \times 42$  einmal von 44, das anderemal von 42 sich darstellen lassen, erscheinen auf den beiden Gegenseiten zwei analoge Flächenbildungen, nämlich *vic.* (901), aber für verschiedene Werthe von  $\sigma$  zur Entwicklung gebracht.

Der Correcturwinkel für die Messungen, welche von  $\underline{\gamma}$  ausgehen, berechnet sich danach zu  $7' 26''$  bezüglich der Einstellung der Zone  $a\lambda$ ; für Messungen zu  $\underline{\gamma}$  würde er  $7' 5''$  betragen.

In der Zone  $ab$  wurde der Abstand  $\underline{\beta}$  und  $\underline{\beta}'$  auf  $a'$  zu  $1^\circ 52'$  gemessen.

Dieser Winkel liess sich sehr genau feststellen, da die Reflexbilder fast von 1 Millimeter Präcision waren und dabei durchaus den Charakter von Einzelreflexen besaßen und auch von Nebenreflexen keine Spur vorhanden war.

Derselbe entspricht einem Parameter =  $33.40b$ .

Diese Zahl lässt sich auffassen als  $\frac{5 \times 20}{3} = 33.3\bar{3}$ , welche den Winkel  $a' . \underline{\beta} = 56' 12''$  erfordern würde und als *vic.* (530) geschrieben werden könnte.

Auf der Gegenfläche  $a$  waren die Bilder nicht von solcher Schärfe; hier wurde ein zwischen  $1^\circ 47'$  und  $1^\circ 48'$  schwankender Werth für den Winkel  $\underline{\beta} . \underline{\beta}'$  gefunden, dessen Hälfte sich dem Winkel  $53' 28''$  nähert, welcher einem Parameter von  $35 = \frac{5 \times 21}{3}$  entsprechen würde, also ebenfalls *vic.* (530), aber für einen anderen Werth von  $\sigma$ , nämlich  $\sigma = 21$ , so dass auch bezüglich der Reflexbilder  $\underline{\beta}$  die gleiche Verschiedenheit von  $a$  und  $a'$  sich ausprägt, wie sie in der Lage der Reflexe  $\underline{\gamma}$  zum Vorschein kam.

Interessant ist es, hervorzuheben, dass hier in besonders deutlicher Weise bei Einstellung der genannten Zone und gleich-

zeitiger Verschiebung der Fernrohrebene über dem Krystalle, also bei Beobachtung in verschieden hohen Querschnitten desselben, bald nur die Reflexe  $\beta$  und  $\beta'$ , bald diese und nur ein oberer Reflex  $\gamma$  und nur höchst selten sämmtliche vier Reflexbilder im Gesichtsfelde erschienen, immer im Einklange mit dem Lupenbilde.

An einzelnen wenigen Stellen, wo das Lupenbild streifigen Wechsel von einzelnen der eben genannten Flächenelemente mit einander erkennen liess, erschienen auch sogleich die zugehörigen Scheinreflexe.

Man kann daraus neuerdings ersehen, dass die Regelmässigkeit des Vicinalflächenbaues auf  $\alpha$  unter Umständen sich gänzlich der Beobachtung entziehen kann, wenn man dieselbe nicht genugsam ausdehnt.

An allen den verschiedenen Stellen blieb aber hier der Winkel zwischen den Reflexbildern constant derselbe.

Das Doma  $d'$  ergab keine guten Bilder, bis  $6'$  schwankende Einzelwerthe, da der von zahlreichen Aetzflächen gelieferte Reflex mehr in Form eines hellen, quer übers Gesichtsfeld verlaufenden Lichtstreifens erschien, der nur in dem Mitteltheil eine Andeutung des Signalbildes enthielt.

Der Winkelabstand von  $a'$  wurde im Mittel zwischen  $48^\circ 36'$  und  $48^\circ 37'$  festgestellt, welche Werthe mit dem theoretischen Winkel  $ad = 48^\circ 35' 48''$  nahezu übereinstimmen.

Immerhin kann man sagen, dass auch hier, wie an verschiedenen der bereits beschriebenen Krystalle, sämmtliche Aetzfiguren zusammengekommen mit ihren Grundflächen einen Reflex liefern, welcher die Position des wahren Flächenortes von  $d$  mehr weniger genau angibt.

Danach erscheint es auch möglich, bei Vervielfachung der Beobachtungen zwischen  $d$  und  $d'$  und Ausdehnung derselben auf eine genügende Anzahl Krystalle den wahren Abstand  $d:d'$  auf dem einfachen Wege des arithmetischen Mittels zu bestimmen, was bezüglich der Flächen  $\lambda$  nach den bisherigen Erörterungen nicht in gleicher Weise gilt.

#### Prismenzone $a'b$ .

Die Messung begann mit  $\beta = 1$ .

Es gelangten nächst der Fläche  $a'$  keine weiteren Reflexe ins Gesichtsfeld. Erst in der Nähe des Prisma  $l = (120)$  trat

eine ganze Reflexgruppe auf, deren Culminationspunkt 2 aber sehr deutlich hervortrat und sich sehr sicher einstellen liess.

Der Winkel  $1:2$  wurde zu  $46^{\circ} 30'$  bestimmt.

Aus dem Abstände  $a':1 = 56'$  ergibt sich der Winkel  $a':2 = 47^{\circ} 26'$ , also nahezu gleich dem theoretischen Werthe von  $a'l = 47^{\circ} 26' 13''$ .

Dieser Hauptreflex war nach beiden Seiten hin von Nebenreflexen begleitet; auf der Seite des  $a'$  lagen nur noch zwei Nebenreflexe von ziemlicher Präcision, in einem Abstand von  $30'$  und einem weiteren Abstand von  $20'$ , also  $50'$  vom Culminationsreflex, mithin  $46^{\circ} 56'$ , respective  $46^{\circ} 36'$  von  $a'$  entfernt.

Auf der Seite des  $b$  hingegen waren eine lange Reihe von Reflexbildern zu beobachten, die so nahe aneinanderlagen, dass eine Sonderung derselben, mithin eine Einstellung derselben von vorneherein unmöglich erschien.

Hie und da zeigten sich einzelne scheinbare Culminationspunkte, die aber schon beim Durchgange durchs Gesichtsfeld ihre Position und gegenseitige Entfernung veränderten.

Es kamen hier eben alle jene Erscheinungen zur Beobachtung, welche bei sehr schmalen Krystallflächen durch gegenseitige Beeinflussung der Seitenstrahlen hervorgerufen werden, und die Websky so eingehend beschrieben hat.

Während aber die bisher erwähnten Reflexe sich sämmtlich zu einem Complexe vereinigten, dessen centraler Theil mit der Trace der Zone  $ab$  vollständig zusammenfiel, waren ausserdem im weiteren Verlaufe der Zone auch noch seitlich liegende Reflexbilder zu bemerken, die offenbar vicinalen Pyramidenflächen angehörten, welche aus der Zone  $ab$  nur sehr wenig abweichen.

Auf  $b$  selbst waren nur seitliche Reflexbilder zu beobachten.

Ganz ähnliche Erscheinungen traten auf in dem Krystallraume zwischen  $b$  und  $a$ , nur dass hier gar kein sicher einstellbarer Culminationspunkt aufzufinden war.

Auf  $a$  kamen die Gegenflächen von  $\beta$  und  $\beta'$ ,  $\gamma$  und  $\gamma'$  zum Vorschein, fast genau  $180^{\circ}$  von den entsprechenden Flächenelementen auf  $a'$  entfernt.

Rückwärts waren die Flächen sämmtlich zu rauh, als dass es überhaupt zu deutlichen Reflexbildern gekommen wäre.

Zone  $a\lambda$  (100) (142).

Die  $r$ -Flächen waren als selbstständige Flächenbildungen hier gar nicht vertreten.

Ein Blick auf die Fig. 7b auf Taf. VI (namentlich auf die rechts von der Kante  $\lambda\lambda^1$ ) liegende Partie des Kopfes) lässt bereits vermuthen, dass die hier auf  $\lambda$  und  $\lambda$  auftretenden vicinalen Flächenbildungen mindestens zwei vicinalen Zonen angehören; die Betrachtung der gegenseitigen Positionen der bei Einstellung der Zone  $a\lambda$  zum Vorschein kommenden Reflexbilder bestätigte diese Vermuthung vollständig, und zwar in folgender Art:

Auf der links liegenden Fläche  $\lambda$  waren im oberen Theile im Ganzen drei Reflexbilder, 1, 2, und ein seitlich von dem letzteren liegendes (2) zu bemerken, auf der rechts liegenden Fläche  $\lambda$  hingegen traten deren zwar auch drei, 3, 4, 5, auf, von denen aber jedes mit einem Seitenreflex versehen war (3), (4), (5).

Einmal wurde die Kante  $\lambda\lambda$  selbst in ihrem mittleren Theile genau centrirt und die dabei sichtbar werdenden, wie sich zeigen wird, symmetrisch um die Kante vertheilten äusseren Reflexe 1 und 4 in die Ebene der Fernrohraxen gebracht.

Es zeigte sich nunmehr, dass die eingestellte Zone auf  $a$  und  $a'$  genau in der Mitte zwischen den Reflexbildern  $\gamma$  und  $\gamma'$  hindurchging, mithin höchst wahrscheinlich die wahre Zone  $a\lambda$  darstellte.

Das Resultat der Messungen in diesem Querschnitte des Krystalles war folgendes:

## 1. Querschnitt.

Beobachtete Winkel	Abgeleitete Winkel	Corrigirte Werthe	Corr.-Winkel
$\gamma : 1 \dots 71^\circ 52' 20''$	$\gamma : 1 \dots 71^\circ 52' 20''$	$a : 1 \dots 71^\circ 59' 30''$	$7' 10''$
$1 : 2 \dots 28' 40''$	$2 \dots 72^\circ 21'$	$2 \dots 72^\circ 28' 10''$	
$2 : 3 \dots 35^\circ 10' 20''$	$\underline{\gamma}' : 3 \dots 72^\circ 14' 20''$	$a' : 3 \dots 72^\circ 21' 30''$	
$3 : 4 \dots 23' 10''$	$4 \dots 71^\circ 51' 10''$	$4 \dots 71^\circ 58' 40''$	
$4 : 5 \dots 16'$	$5 \dots 71^\circ 35' 10''$	$5 \dots 71^\circ 42' 40''$	
$\underline{\gamma} : 5 \dots 71^\circ 35' 10''$			$7' 30''$

Die Seitenreflexe von 2 und 3 liegen bei dieser Einstellung links vom Fadenkreuz.

Die vorstehenden Messungen lassen 3 als ein die wahre Fläche  $\lambda$  vertretendes Flächenelement erkennen, während 1 und 4

<sup>1)</sup> In der Figur  $\lambda^1 = \lambda$  des Textes.

fast vollkommen symmetrische Flächenbildungen darstellen, die wir schon wiederholt bei anderen Krystallen antrafen, und die wir auf Induction von  $(2\lambda + r)$  zurückführten.

5 endlich würde auf eine durch  $(\lambda + r)$  inducirte Bildung = *induc.* (263) hinweisen.

Die Winkelwerthe stimmen mit diesen Deutungen nahezu vollständig überein, wenn man links die Constante  $\sigma = 21$ , rechts  $\sigma = 20$  (also wie auf  $a$  und  $a'$ ) zu Grunde legt.

## 2. Querschnitt (Einstellung der Kante $\lambda a'$ ).

Nummehr wurde der äussere Reflex 4 mit dem auf der benachbarten Fläche  $a'$  ihm zunächst gelegenen  $a'^\gamma = \underline{\gamma}$  genau in eine Ebene gebracht, und da zeigte sich die merkwürdige Thatsache, dass jetzt die Seitenreflexe von 5, 3 und 2 genau derselben Zone angehören, während die vorhin eingestellten Reflexe 1, 2, 3 selbst jetzt etwas daraus heraustraten.

Mit anderen Worten, es scheint neben der wahren Zone  $a\lambda$  hier eine vicinale, von den einander benachbarten Reflexen  $\underline{\lambda}$  und  $a'^\gamma$  gleichsam erzeugte Zone entwickelt zu sein, indem die diesen entsprechenden Flächenelemente beim Weiterbau des Krystalles auf die Anlage neuer Vicinalflächen einen bestimmenden Einfluss nahmen.

Zwischen den Reflexen (4) und (5) war jetzt eine streifige Zone entwickelt, entsprechend dem Lupenbilde, welches in diesem Theile des Krystalles einen streifigen Wechsel schmalere Flächenelemente erkennen liess. Anfangs- und Endpunkt des Streifencomplexes waren aber diesmal sehr gut markirt.

Die Messung ging in diesem Falle aus von  $\underline{\gamma}$  und führte zu  $\gamma$ , welches genau in der eingestellten Zone lag.

Die einzelnen Flächenpositionen zeigten nun folgende Abstände:

Beobachtete Winkel	Abgeleitete Winkel	Corrigirte Werthe
$\gamma' : 1 \quad . \quad 72^\circ \quad 7'$	$\gamma' : 1 \quad . \quad 72^\circ \quad 7'$	$a : 1 \quad . \quad (71^\circ 59'' 50'')$ <small>ausser dieser Zone</small>
$1 : (2) \quad . \quad 25' \quad 10''$	$(2) \quad . \quad 72^\circ \quad 32' \quad 10''$	$(2) \quad . \quad 72^\circ \quad 25'$
$(2) : (3) \quad . \quad 35^\circ \quad 19'$		
$(3) : (4) \quad . \quad 18' \quad 30''$	$\underline{\gamma} : (3) \quad . \quad 72^\circ \quad 9'$	$a' : (3) \quad . \quad 72^\circ \quad 16'$
$(4) : (5) \quad . \quad 21'$	$(4) \quad . \quad 71^\circ \quad 50' \quad 30''$	$(4) \quad . \quad 71^\circ \quad 58'$
$(5) : \underline{\gamma} \quad . \quad 71^\circ \quad 29'$	$(5) \quad . \quad 71^\circ \quad 29' \quad 30''$	$(5) \quad . \quad 71^\circ \quad 37'$

Bei Centrirung der Kante  $a\lambda$  (linke Seite des Krystalles) ergaben sich fast dieselben Winkelabstände wie im ersten Falle.

Die Position  $71^\circ 37'$  nähert sich in ihrer Projection auf  $a\lambda$  jener Flächenbildung, welche wir bei anderen Krystallen als durch Induction von  $3\lambda + 4r$  hervorgebracht anzusehen veranlasst wurden, und welcher eine Differenzzahl  $-1.6$  entspräche, die gerade das Doppelte ist von der Differenzzahl, welche die benachbarte Flächenbildung 4 erfordert.

Wenn wir die an dem soeben besprochenen Krystalle gewonnenen Resultate zusammenfassen, so ist derselbe als ein Beispiel für unsymmetrische Entwicklung der inneren Vicinalflächen bei symmetrischer Anordnung einer gewissen Art äusserer Vicinalflächen und gleichzeitigem Vorhandensein vicinaler Zonen neben der wahren Zone  $a\lambda$  von besonderem Interesse.

### Krystall XVII.

Im Aussehen ungefähr der Fig. 9a entsprechend, nur in der Prismenzone anders entwickelt.

Die schärfsten Reflexbilder der Prismenzone waren auf den sehr schmalen Quer- und Längsflächen  $a$  und  $b$  zu bemerken, und zwar je ein seitlich über die Zone sich erhebendes, also vom Charakter  $\gamma$ , bezüglich seiner Projection auf  $ab$  genau  $90^\circ$  von dem zweiten abstegehendes Reflexbild.

Die Zone  $ab$  selbst war durch einen streifigen Wechsel von vicinalen, in der Nähe von  $l$  und  $n$  gelegenen Prismenflächen vertreten, und bei Einstellung dieser Zone wurden, vom Projectionspunkte  $a\gamma$  auf  $ab$  angefangen, bei Drehung zur Fläche  $b$  hin folgende Verhältnisse angetroffen:

Reflex 1, etwas verbreitert, einzeln, von einer schmalen Fläche herrührend, im Abstände  $a:1 = 33^\circ 8'$ .

Diesem Winkel entspricht auf der  $a$ -Axe der Parameter 1.198, also fast genau  $\frac{6}{5}$ . Dieser verweist auf die Fläche (560), welche die Fläche  $J$  selbst hier zu vertreten scheint.

Diese Fläche würde den Winkel  $33^\circ 10'$  erfordern.

Weiterhin folgte ein schwacher Reflex 2 im Abstände  $a:2 = 44^\circ 27'$ , entsprechend dem Parameter 18.01, also sehr nahe  $= \frac{9}{5}$ , mithin die Fläche (590) repräsentirend, welcher ein Winkel von  $44^\circ 25' 20''$  entspräche.

Die beiden Flächenbildungen können in gleicher Weise aus der wechselnden Induction von (110) und (120) hergeleitet werden, da (560) sich auffassen lässt als 4 (110) und (120), dagegen (590) umgekehrt aus 4 (120) und (110).

Nummehr erschien in der Gegend der Fläche  $l$  ein langstreifiges Reflexbild, dessen Culminationspunkt (4) mit  $a$  den Winkel  $a : 4 = 48^\circ 29'$  einschliesst. Wenn wir das zugehörige Flächenelement als vicinale Bildung von  $l$  (120) selbst auffassen und die Differenzzahl für die Strecke  $\sigma = 20$  berechnen, so ergibt sich dieselbe fast genau  $= +1$  in der Richtung der Axe  $a$  (berechneter Winkel  $48^\circ 27' 53''$ ), welche Differenzzahl auf Induction durch Fläche (130) hinweisen würde.

Endlich erschien ein noch längerer Streifencomplex in der Gegend der Fläche  $n$ , dessen hellste Stelle nur beiläufig  $2'$  genau festzustellen war, im Abstände  $63^\circ 48'$ , also etwa  $1^\circ 32'$  vom wahren Orte von  $n$  entfernt.

Wenn wir demgemäss das zu Grunde liegende Flächenelement ebenso als vicinale Bildung von  $n$  ansehen und bedenken, dass dem Winkel  $63^\circ 47' 40''$  für  $\sigma = 20$  bezogen auf  $n$  eine Differenzzahl  $\delta b = \frac{2}{3}$  entspricht, so wäre die Bildung als durch (250) inducirt zu betrachten.

Zwischen  $b$  und  $a'$  waren messbare, scharfe Bilder gar nicht vorhanden.

Zwischen  $a$  und  $b'$  erschienen wieder langstreifige Reflexgruppen, die sich abermals in der Nähe von  $l$  und  $n$  anhäuften.

In der zu  $l'$  gehörigen Reflexgruppe hoben sich drei Reflexe durch Präcision und Stabilität besonders hervor.

Ihr Abstand von  $a$  war folgender:

$$a : 1' = 46^\circ 46' 30'', \quad a : 2' = 47^\circ 47' 30'' \quad \text{und} \quad a : 3' = 50^\circ 1'.$$

Berechnen wir für diese drei Winkel die auf die Strecke 20 entfallende Zunahme bezüglich der Axen  $a$  und  $b$ , also die Differenzzahl zwischen der Fläche  $l$  und den Flächenbildungen  $1'$ ,  $2'$ ,  $3'$ , die wir dadurch zugleich als vicinale Bildungen von  $l$  hinstellen, so ergibt sich diese Zahl für  $1'$ )  $\delta b = 0.33 = \frac{1}{3}$ , für  $2'$ )  $\delta a = 0.348 = \frac{1}{3}$ , für  $3'$ ) endlich  $\delta a = 2.57$ , also nahezu  $\frac{2}{3}$  (berechneter Winkel  $49^\circ 59'$ ).

Flächenbildung  $1'$  erscheint demnach inducirt durch (230)  $= (120) + (110)$ ,  $2'$  ebenso durch (370)  $= (120) + (110) + (140)$ ,

3' endlich durch  $(270) = (120) + 3(140)$ , wobei als bemerkenswerth besonders das eine hervorzuheben ist, dass die Flächenbildung  $(370)$  sämmtliche auf der Gegenseite des Krystalles wenigstens durch darüber gebaute vicinale Bildungen repräsentirte einfache Flächen, nämlich  $J$ ,  $l$  und  $n$ , in sich vereinigt.

### Messungen in der Zone $ad$ .

In dieser war eigentlich nur Reflex 1) auf  $a$  tadellos; derselbe hatte den Charakter  $a\gamma$ .

Auf  $d$  waren zwei mattere Reflexbilder 2 und 3 zu beobachten, von denen bloß das erste bis auf eine Minute genau einstellbar erschien, während beide in einen queren Lichtstreifen verliefen.

$d'$  lieferte bloß einen Lichtschein,  $a'$  endlich ein zwar minder gutes, aber doch bis 1 Minute genau einstellbares Reflexbild 4) vom selben Charakter wie auf  $a$ , und diesem in seiner Lage gegenüber  $d'$  vollkommen entsprechend.

Aus dem Winkel  $\gamma:\underline{\gamma} = 1:4$ , welcher im Mittel zu  $180^\circ - 21'$  bestimmt wurde, ergab sich in Analogie mit anderen Fällen der Abstand  $a:\gamma$  indirect zu  $10' 30''$ , daher als Correcturwinkel für die Messungen der Pyramidenzonen  $a\lambda$  und  $a\lambda$  zu circa  $7'$ .

Der Winkel zwischen 1 und 2 betrug  $48^\circ 46' - 47'$ . Wenn man davon  $\underline{\gamma}:\underline{\gamma}' = 21'$  abzieht, so folgt daraus für den Abstand  $\underline{\gamma}':2$  der Winkel  $48^\circ 36'$ , welcher wieder dem theoretischen Winkel  $a\bar{d} = 48^\circ 35' 48''$  ausserordentlich sich nähert.

Für den Abstand  $a:3$  wurde auf ähnliche Weise der bei-läufige Werth  $50^\circ 21'$  gefunden, welcher jedenfalls auf das Vorhandensein einer zweiten Vicinalfläche von  $d$  hindeutet.

### Messungen in der Zone $a\lambda$ (100) (142).

Diese mussten sich auf die in nahezu gleicher Grösse entwickelten Flächen  $r$  und  $\lambda$  beschränken, auf denen je ein einziges, etwas verbreitertes Reflexbild auftrat; die Fläche  $\lambda = 142$  war zu rauh, um eine genauere Messung zu gestatten,  $\underline{r}$  fast gar nicht entwickelt.

Beob. Winkel	Abgel. Winkel	Corr. Werthe
$\gamma:1 \dots 57^\circ 40'$	$\gamma:1 \dots 57^\circ 40'$	$a:1 \dots 57^\circ 33'$
$1:2 \dots 14^\circ 9'$	$2 \dots 71^\circ 49'$	$2 \dots 71^\circ 42'$

Messungen in der Zone  $a\lambda'$  (100) (142).

Hier war auch das anliegende  $r$  von den benachbarten verticalen Prismenflächen, die hier viel höher zur Spitze des Krystalles heraufreichten, so ziemlich ganz verdrängt, und konnte daher blos der Winkel zur anliegenden linken Pyramidenfläche festgestellt werden, nämlich:

$$\gamma : 2' \dots 71^\circ 49' 40'', \text{ somit } a : 1 \dots 71^\circ 42' 40''$$

woraus hervorgeht, dass die benachbarte Fläche  $\lambda'$  genau symmetrisch gelegen ist innerhalb der Zone  $a\lambda'$ , wie die Fläche  $\lambda$  in der entsprechenden Zone  $a\lambda$ .

Was die Fläche 1 betrifft, so stellt dieselbe fast genau den Ort der wahren Fläche  $r$  dar, wie man sieht, wenn man den Winkel  $a : 1$  mit dem theoretischen Werthe  $a : r = 57^\circ 32' 36''$  vergleicht.

Die Flächenpositionen von 2 und 2' sind hingegen solche, wie sie an anderen Krystallen im Allgemeinen am häufigsten angetroffen wurden, und es kommt ihnen für  $\sigma = 20$  die Differenzzahl  $\frac{4}{3}$  zu, derart, dass sie sich deuten lassen als hervorgerufen durch die inducirende Fläche (263).

Messung in der Zone  $\lambda\lambda' = (142)$  (142).

Es wurde schliesslich der Versuch gemacht, den Winkel zwischen den beiden dem  $d$  anliegenden Pyramidenflächen und so indirect ihre Lage gegenüber  $b$  zu ermitteln, nachdem ihre Lage innerhalb der Zone  $a\lambda$  vorhin festgestellt worden war.

Die Reflexbilder waren leider nicht sehr vollkommen, derart, dass das Resultat zwischen  $82^\circ 13'$  und  $82^\circ 14' 30''$  schwankte.

Auf  $b$  und  $b'$  war bei dieser Einstellung gleichfalls je ein ziemlich gutes Reflexbild sichtbar, jedoch lagen dieselben nicht in einer Zone mit den vorigen, was schon indirect darauf hindeutet, dass sie vom Charakter  $b^{\gamma}$  sind. Dies bestätigt auch der Winkel, welcher zwischen den besseren Reflexen  $b^{\gamma}$  und  $2'$  zu  $48^\circ 31'$  bestimmt wurde, während unter der Voraussetzung symmetrischer Lage der beiden Flächen  $\lambda$  und  $\lambda'$  bezüglich der Ebene  $b$  derselbe dem Complementwinkel von  $82^\circ 14' : 2 = 41^\circ 7'$  gleich sein, also  $48^\circ 53'$  betragen müsste.

Daraus wäre zu schliessen, dass die Projection des Abstandes  $b . b^{\gamma}$  hier circa  $22'$  beträgt.

Aus dem rechtwinkligen Dreiecke  $bt2$ , in welchem die Strecke  $bt$  bekannt und  $b:2$  hier indirect zu  $48^\circ 53'$  bestimmt wurde, ergibt sich der Winkel  $t:2 = 18^\circ 17'$  und daraus der Abstand  $a:2$  zu  $90^\circ - 18^\circ 17' = 71^\circ 43'$ , welcher Werth mit den aus der directen Messung  $\gamma:2$  und  $\gamma:2'$  vorhin abgeleiteten Winkeln in höchst befriedigender Weise übereinstimmt.

Aus demselben Dreieck<sup>1)</sup> geht hervor, dass  $b.b'$  circa  $23'$  ausmacht, welcher Winkel dem beim Krystall V gefundenen Werthe gleichkäme.

#### Krystall XIV.

Im Aussehen der Fig. 8 ähnlich, aber mit sehr ungleichförmiger Grössenentwicklung der Domenflächen  $d$  und  $d'$  und der diesen anliegenden Flächen  $r$ , daher bereits dem triklinen Typus sich nähernd.

Die Prismenflächen waren insoferne ziemlich einfach gebaut, als im Ganzen nur die Flächen  $l$  entwickelt erschienen.

Allein diese waren nicht selbst vorhanden, sondern, wie die Messung lehrte, durch eine Anzahl Vicinalflächen vertreten.

Auf der Rückseite waren die einzelnen Flächenelemente zu schmal, um sichere Messungen zu gestatten, und überdies von zu rauher Beschaffenheit.

Auf der Vorderseite zwischen den schmalen Flächen  $a$ ,  $b$  und  $a'$ , deren Positionen durch seitlich von der Zone  $ab$  erscheinende Einzelreflexe vertreten wurden, deren Projectionen circa  $90^\circ$  innerhalb der Zone  $ab$  von einander entfernt lagen, waren die Prismenflächen zwar auch oscillatorisch entwickelt und gaben eine Reihe von Reflexbildern, doch gelang es glücklicherweise, einzelne auf dunklem Grunde und ohne Nebenreflexe auftretende, durch ihre Stabilität und ihre Präcision hervorragende Reflexbilder auf spiegelnde Oberflächentheile von grösserer Breite direct zurückzuführen und dieselben als reale Flächenpositionen mit ziemlicher Sicherheit zu erkennen. Bei diesen war auch die Einstellung mit befriedigender Schärfe vorzunehmen.

Ausgegangen wurde von dem lichtschwachen, aber präzisen Reflex  $\gamma$  auf  $a$  und gegen  $b$  hin fortgeschritten.

<sup>1)</sup> Respective aus den angeführten Winkeln desselben.

Auf  $a$  selbst erschien zunächst ein heller, sehr präziser Einzelreflex 1 vom Charakter  $a^\beta$ , also im Abstände  $\gamma : 1 = 1^\circ 7'$ , demnach entsprechend der beim Krystall XVIII angetroffenen Flächenbildung, welche genau den Parameter 28 auf  $b$  ergibt, den wir als  $\frac{4}{3} \times 21$  gedeutet haben, wonach diese Flächenbildung für  $\sigma = 21$  mit *vic.* (430) bezeichnet wurde. (Berechneter Winkel  $1^\circ 6' 50''$ .)

Gegen  $b'$  hin war eine Anzahl von Scheinreflexen zu einem Complexbilde verschmolzen, daher nicht einstellbar.

Auf  $a'$  trat eine Flächenbildung auf, welche beiläufig die Gegenfläche zur vorigen darstellte, thatsächlich aber  $13' 20''$  weniger als  $180^\circ$  davon entfernt war, woraus  $a' \cdot \beta'$  sich zu  $53' 40''$  bestimmt, ein Winkel, der, wie beim Krystall XII erörtert wurde, dem Parameter  $5 \times \frac{2}{3}$ , somit für  $\sigma = 21$  der Flächenbildung *vic.* (530) zukommt, welche den Winkel  $53' 28''$  verlangen würde.

Die in der Richtung  $ab$  aufeinanderfolgenden Reflexe mögen in derselben Reihenfolge, wie sie eingestellt wurden, mit 2, 3, 4, 5, 6 bezeichnet werden.

Die Mittelwerthe einer grossen Anzahl von Messungen, bezogen auf den durch  $\gamma$  fixirten Flächenpunkt  $a$ , lauten, wie folgt:

$$a : 2 = 46^\circ 27' \qquad a : 3 = 48^\circ 25' \qquad a : 4 = 52^\circ 34'.$$

Fläche 2 und 3 liegen um den wahren Flächenpunkt von  $l$  ( $al = 47^\circ 26' 10''$ ) herum und sind als Vicinalflächen vom Charakter  $l'$  und  $l''$  auf  $l$  zu beziehen.

Die Parameterdifferenzen für  $\sigma = 21$  berechnen sich für 2 zu  $\delta b = \frac{1}{2}$ , was einen Winkel von  $46^\circ 26' 54''$  erfordern würde, und für 3 genau zu  $\delta a = 1$ .

Wird diese Parameterdifferenz wieder als Zunahme bezogen auf die kleinsten Molekelschichten beim Weiterwachsen der Fläche  $l$ , so deutet 2 auf *induc.* (340) und 3 auf (130) als inducirende Ursache hin.

Die Fläche 4, welche den Parameter 2.397, also nahezu  $= \frac{1}{5}$ , auf der  $a$ -Axe besitzt, wäre als eine zwischen  $l$  und  $n$  stehende Flächenbildung (5.12.0) zu betrachten. (Berechneter Winkel  $52^\circ 34' 25''$ .)

Jenseits von  $b$  lagen die Reflexbilder 5 und 6 im Abstände  $a' : 5 = 48^\circ 44'$  und  $a' : 6 = 46^\circ 46'$ , beide in ähnlichem Ver-

hältnis zur Fläche  $l$  stehend wie 2 und 3 zur Fläche  $l$  und gleichfalls als Vicinalflächen vom Charakter  $l^n$  einerseits und  $l^r$  andererseits aufzufassen.

Für  $\sigma = 21$  entspricht dem ersteren Winkel die Parameterdifferenz  $\delta\alpha = 1.332 = \frac{4}{3}$ , was auf die inducirende Fläche (3.10.0) hinweist.

Für  $\sigma = 21$  entspricht dem Winkel  $\alpha' : 6$  Differenzzahl  $\delta b = \frac{1}{3}$ , und wird man dadurch hingeführt zu einer Flächenbildung, welche als *induc.* (230) zu bezeichnen wäre.

Aus dem Vorstehenden dürfte sich bereits ergeben, dass die Vicinalflächen von  $l$  ebenso gesetzmässig angelegt werden, wie dies für die vicinalen Bildungen über  $\lambda$  und  $r$  durch so vielfache Beispiele wahrscheinlich gemacht wurde.

Da sich die auf  $l$  als inducirend auftretenden Flächen in der Form:

$$(340) = (120) + 2(110) \text{ und } (130), \text{ resp. } (260) = (120) + (140)$$

die auf  $l$  angedeuteten Flächen ebenso

$$(3.10.0) = (120) + 2(140) \text{ und } (230) = (120) + (110)$$

schreiben lassen, so würde die Ungleichheit in der Entwicklung der Vicinalflächen auf der positiven und negativen Seite der  $a$ -Axe innerhalb der gemessenen Zone sich kurz dahin ausdrücken lassen, dass zwar in beiden Fällen über  $l$  sich die Tendenz geltend machte, die benachbarten Flächen  $J$  und  $n$  zur Entwicklung zu bringen, und dass schliesslich von den ursprünglichen Flächen  $l$  selbst nichts mehr übrig blieb, dass jedoch im linken Theile des Krystalles über  $l$  das Prisma  $J$ , im rechten (über  $l$ ) das Prisma  $n$  einen überwiegenden Einfluss geltend machte.

#### Messungen in der Zone $a\lambda$ (100) (142).

Aus der Erhebung des Reflexbildes  $\alpha^r$  über die Zone  $ab$  wurde der Correcturwinkel der Messungen zu diesem Reflexe für die Zone  $a\lambda$  zu circa  $7'$  bestimmt.

Auf der benachbarten  $r$ -Fläche waren zwei deutliche und scharfe, aber lichtschwache Einzelreflexe 1 und 2, auf  $\lambda$  ein einziges sehr helles und präcises Spaltbild 3 sichtbar. Auf  $l$  waren, deren zwei, gleichfalls von ziemlicher Güte, einstellbar,  $r$  lieferte

keinen brauchbaren Reflex, obwohl dasselbe grösser entwickelt war als  $r$ .

Beob. Winkel	Abgel. Winkel	Corr. Werthe
$\gamma:1 \dots 57^\circ 41'$	$\gamma:1 \dots 57^\circ 41'$	$a:1 \dots 57^\circ 48'$
$1:2 \dots 31'$	$2 \dots 58^\circ 12'$	$2 \dots 58^\circ 19'$
$2:3 \dots 13^\circ 33' 50''$	$3 \dots 71^\circ 45' 50''$	$3 \dots 71^\circ 52' 50''$
$3:4 \dots 35^\circ 46'$	$\gamma':4 \dots 72^\circ 28' 10''$	$a':4 \dots 72^\circ 21' 10''$
$4:5 \dots 21' 30''$	$5 \dots 72^\circ 6' 40''$	$5 \dots 71^\circ 59' 40''$

Dem Winkel $57^\circ 48'$	entspr. für $\sigma = 21 \dots \delta a = \frac{1}{3}$
$58^\circ 19' 24''$	" " $\sigma = 21 \dots \delta a = 1$
$71^\circ 53' 50''$	" " $\sigma = 21 \dots \delta a = -1$
$71^\circ 59' 40''$ endlich	" $\sigma = 21 \dots \delta a = -\frac{4}{5}$

Es scheinen demnach folgende Flächen über  $r$  und  $\lambda$  hier inducirend aufgetreten zu sein, wobei nur  $\lambda$  als solches zum Theile erhalten blieb:

- 1 . . .  $(5r + \lambda) = \text{induc. (6. 14. 7)}$
- 2 . . .  $(r + \lambda) = \text{" (263)}$
- 3 . . .  $(2r + 3\lambda) = \text{" (5. 16. 7)}$
- 4 . . .  $(r + 2\lambda) = \text{" (3. 10. 5)}$

Es ist nun höchst interessant, zu bemerken, dass einerseits die Flächenbildung (263), welche als der Tendenz nach über  $r$  auftretend und die Flächenbildung (130), respective (260), welche als der Tendenz nach über dem anstossenden  $l$  in der verticalen Zone auftretend angenommen wurde, beide die Axen  $a$  und  $b$  im gleichen Verhältnisse schneiden, und dass andererseits dasselbe auch von (3. 10. 5) über  $\lambda$  und (3. 10. 0) über  $l$  gilt.

Was die über 1 und 2 vorausgesetzten Flächenbildungen betrifft, so ist zu erwähnen, dass Flächen, welche gleiche Schnitte auf der Horizontalebene ergeben, nämlich (370) und (5. 16. 0), in der Zone der verticalen Prismenflächen entweder als Hauptflächen oder als inducirende Ursache von Vicinalflächen theilweise an früheren Krystallen bereits nachgewiesen wurden, theilweise an späteren noch mehrfach zur Besprechung gelangen werden.

Schon im ersten Theile dieser Arbeit wurde es wahrscheinlich gemacht, dass zwischen der Entstehung der Vicinalflächen auf  $\lambda$ ,  $r$  und den anstossenden verti-

calen Prismenflächen ein gewisser Zusammenhang bestehe, indem bei Betrachtung der Oberflächenbeschaffenheit nachgewiesen wurde, dass gewisse vicinale Bildungen auf den genannten Flächen von einer bestimmten gemeinsamen Stelle ihrer Durchschnittskanten ausgehen.

Es scheint nun, als ob es im vorstehenden Falle gelungen wäre, mit Hilfe der bisherigen Betrachtungsweise diesen Zusammenhang zahlenmässig auszudrücken, was abermals dafür zu sprechen scheint, dass diese Betrachtungsweise eine berechnete sei.

Derartige Beziehungen an recht zahlreichen Beispielen weiter zu verfolgen, wäre gewiss höchst wünschenswerth gewesen. Allein dazu fehlte es mir an dem nöthigen Materiale.

Denn der vorliegende Krystall war, trotz seiner mangelhaften Oberflächenbeschaffenheit, welche die Rückseite der Messung vollständig entzog, doch der einzige der ganzen Auswahl, welcher eine grössere Anzahl von Vicinalflächen derselben Prismenfläche mit befriedigender Genauigkeit messen liess und gleichzeitig auch auf  $\lambda$  und  $r$  brauchbare Reflexe lieferte.

#### Messungen der Zone *bw*.

Die Zone *ab* war hier durch einen Streifencomplex vertreten.  $b\gamma$  erhob sich über dieselbe um  $18' 20''$  fast genau dem Parameter  $9 \times 44$  entsprechend, welcher den Winkel  $18' 10''$  erfordert = *vic.* (091).

Von diesem Reflex 1 wurde ausgegangen.

Es erschien dann von der Fläche *w* ein ziemlich präcises Bild im Abstände  $1:3 = 27^\circ 11' 50''$ , zuvor aber ein bedeutend lichtschwächeres, verwaschenes Signalbild, wie von einer treppenförmig abgestuften Fläche, derart, dass  $1:2 = 25^\circ 52' 40''$ .

An diesem Krystall war ferner die Kante  $\lambda$  und  $\underline{\lambda}$  deutlich abgestumpft; allerdings war diese Abstumpfung immerhin noch so schmal, dass das Spaltbild zu einem queren Lichtstreifen ausgezogen erschien, in dessen Mitte übrigens ein Rest des Spaltbildes deutlich erkennbar blieb.

Der Winkel  $1:4$  wurde zu  $45^\circ 51' 10''$  gemessen.

Darauf folgte noch ein Reflexbild unter dem Winkel  $1:5 = 46^\circ 42' 40''$ .

Durch Addition von  $b:1 = 18' 20''$  ergibt es sich, dass  $w$  und  $t$  hier am wahren Orte entwickelt sind, da  $b:3 = 27^\circ 30' 10''$ ,  $b:4 = 46^\circ 9' 30''$  gefunden wurden (gegenüber den theoretischen Werthen  $bw = 27^\circ 30' 33''$  und  $bt = 46^\circ 9' 57''$ ).

Ausserdem ist aber auf jeder dieser Flächen noch je eine Vicinalfläche 3 und 6 entwickelt, von denen die eine zwischen  $w$  und  $b$  ( $b:3 = 26^\circ 11'$  circa), die andere dagegen zwischen  $t$  und  $c$  liegt ( $b:6 = 47^\circ 1'$ ).

#### Messungen in den Zonen $w\lambda$ und $w\underline{\lambda}$ .

Da am vorliegenden Krystall  $w$  am wahren Orte entwickelt war und ein gutes Spaltbild lieferte, und ebenso auch die Flächen  $\lambda$  und  $\underline{\lambda}$  messbar waren, so schien es geboten, diese seltene Gelegenheit nicht unbenutzt zu lassen, und auch den Winkel zwischen  $w$  und den Pyramidenflächen zu bestimmen, umsomehr, da die Position der letzteren innerhalb der Zone  $a\lambda$  bereits auf anderem Wege ermittelt wurde, und eine Controle der so gefundenen und der theoretischen Werthe ermöglicht war.

Der Winkel  $w:\lambda$ , und zwar zu jenem Reflexbilde, welches in der Zone  $a\lambda$  mit 3 bezeichnet worden war, wurde zu  $25^\circ 46' 20''$  gefunden.

Der Winkel  $w:\underline{\lambda}$  ergab einen zweifachen Werth, je nachdem auf den näheren (4) oder entfernteren (5) Reflex der Fläche  $\underline{\lambda}$  eingestellt wurde.

$$w:4 = 25^\circ 27' 50'' \text{ und } w:5 = 25^\circ 42'.$$

Berechnet man aus den rechtwinkligen Dreiecken  $w t 3$  und  $w t 5$  die Strecken  $t 3$  und  $t 5$ , so ergeben dieselben vollkommene Uebereinstimmung mit den thatsächlich beobachteten Werthen, indem  $t 3 = 18^\circ 6' 40''$  auf  $a:3 = 71^\circ 53' 20''$ ,  $t 5 = 18^\circ 20''$  auf  $a:5 = 71^\circ 59' 40''$  hinführen, welche Werthe den direct gemessenen innerhalb der Fehlergrenzen der Beobachtungen gleich kommen und  $w:4 = 25^\circ 27' 50''$  den theoretischen Werth  $w:\lambda = 25^\circ 27' 36''$  gleichfalls beinahe vollständig erreicht.

## Krystall XIX.

Aussehen ungefähr wie Fig. 5 der Tafel V.

Blos in der Prismenzone messbar und auch hier nur in dem zwischen  $b'$  und  $a$ ,  $a$  und  $b$  gelegenen Theile, während in den übrigen Krystallräumen schon wegen der Rauheit der Flächen jede einigermaßen sichere Messung unmöglich war.

Die Endflächen  $a$ ,  $b$ ,  $b'$  und  $a'$  waren sämtlich sehr schmal, im Abstände von beiläufig je  $90^\circ$  Reflexe liefernd.

$a$  ergab den besten Reflex von einer Fläche des Charakters  $a'$ , aber auch hier war die Einstellung nur bis zu 1 Minute genau.

Es wurde die durch diese schmale Fläche  $a$  abgestumpfte Kante centriert und justiert, und sodann in verschiedenen Querschnitten, jedoch immer beiläufig in der halben Höhe des nach der verticalen Prismenzone sehr langgestreckten Krystalles die Einstellung vorgenommen.

Da, wo eine Reihe von naheliegenden Reflexbildern auftrat, wurden nur jene, welche sich durch ihre Schärfe vor allen übrigen auszeichneten und deren Position bei allen den verschiedenen Einstellungen dieselbe blieb, berücksichtigt.

Von solcher Art wurden auf der linken Seite ( $b'$ ) wie auf der rechten Seite ( $b$ ) des Krystalles je drei, ungefähr symmetrisch um  $a$  angeordnete Reflexbilder angetroffen, welche theils in der Nähe von  $J = 1$ ,  $l = 2$  und  $3$ , theils in der Nähe von  $J' = 1'$  und  $l' = 2'$  und  $3'$  gelegen waren.

Die Winkel zum Flächenbild auf  $a$  wurden folgendermassen bestimmt:

$a : 1 = 28^\circ 49' 40''$	} Einzelreflex eines schmalen einzelnen Flächenstreifens.
$a : 1' = 28^\circ 19'$	
$a : 2' = 46^\circ 26' 30''$	} Die stabilsten und präzisesten einer Reihe von nebeneinander erscheinenden Reflexen.
$a : 3' = 47^\circ 25' 40''$	
$a : 2 = 46^\circ 24'$	
$a : 3 = 47^\circ 38'$	

Was zunächst auffällt, das ist der Umstand, dass 1 sich ebenso viel gegen  $l$  hin von der Position der wahren Fläche  $J$  entfernt, um wie viel die Position von  $1'$  von dem wahren Flächenpunkte von  $J'$  gegen  $a$  hin abweicht, so dass das arithmetische Mittel  $a : 1$  und  $a : 1'$ , nämlich  $28^\circ 34' 20''$ , fast genau dem Winkel  $(100) : (110) = 28^\circ 34'$  entspricht.

Ferner bemerkt man sofort, dass sich die Position von 2' dem wahren Werthe von  $\alpha : l'$ , welcher  $47^\circ 26' 10''$  beträgt, sehr nähert, und endlich dass 2 und 2' nahezu symmetrisch um  $\alpha$  vertheilt sind.

Wenn wir wieder 1 und 1' einerseits als Vicinalflächen (in dem hier darunter verstandenen Sinne) von  $J$ , 2, 3 und 2' andererseits als Vicinalflächen von  $l$  auffassend, die Parameterdifferenzen derselben auf den Axen  $a$ , respective  $b$  (je nach der Neigung gegenüber der Hauptfläche) für die Strecke = 20, respective 21 berechnen, so zeigt es sich, dass dieselben wieder einfachen Brüchen sehr nahe stehen und zugleich jene Beziehungen unter einander erkennen lassen, die schon in der Gleichheit der Winkel ihren theilweisen Ausdruck finden.

Es entspricht 1 für  $\sigma = 21$  d. Diff.-Z.  $\delta a = \frac{1}{5}$  (ber. Wink.  $28^\circ 49' 20''$ )

2 <sup>1)</sup>	) $\sigma = 20$	) $\delta b = \frac{1}{2}$ (	) $46^\circ 23' 58''$ )
3	) $\sigma = 21$	) $\delta a = \frac{1}{5}$ (	) $47^\circ 38' 11''$ )
1'	) $\sigma = 21$	) $\delta b = \frac{1}{5}$ (	) $28^\circ 18' 41''$ )
2'	) $\sigma = 21$	) $\delta b = \frac{1}{2}$ (	) $46^\circ 26' 54''$ )
3'	) $\sigma = 21$	) $\delta = 0$ (	) $47^\circ 26' 10''$ )

denn 3' gibt die Flächenposition von  $l'$  wieder.

Die Beziehungen, welche zwischen der relativen Grösse der einzelnen Differenzzahlen sich offenbaren und welche, soweit es sich um Gleichheit derselben unter einander handelt, wieder von der Grösse der der Rechnung zu Grunde gelegten Strecke  $\sigma$  bis zu einem gewissen Grade unabhängig sind, wofern nur auf allen Flächen die gleiche Grösse dieser Strecke beibehalten wird, sind aus der vorstehenden Uebersicht unmittelbar ersichtlich.

Wenn wir dagegen die absolute Grösse derselben berücksichtigen, so lassen sich daraus in der gewohnten Weise folgende inducirende Flächenbildungen ableiten:

1 <i>induc.</i>	(560)	= 5(110) + (010) über $J$
2	" (340)	= 2(110) + (120) über $l$
3	" (5.11.0)	= 5(120) + (010) über $l$ (fast genau $l$ )
1'	" (650)	= 5(110) + (100) über $J'$
2'	" (340)	= 2(110) + (120) über $l'$
3'	" (120)	= Rest von $l'$ selbst.

---

<sup>1)</sup> Fällt vermuthlich mit 2' zusammen, da hier der Winkel  $46^\circ 24'$  nicht so sicher bestimmt ist, als der von 2', nämlich  $46^\circ 26' 30''$ .

1 stellt in dieser Form eine vicinale Flächenbildung dar, die auch als selbstständige Fläche in einem anderen Falle, und zwar am Krystalle XVII bereits angetroffen wurde.

2 und 2' sind vicinale Flächenbildungen, die wir als solche auch am vorigen Krystalle zu bemerken Gelegenheit hatten.

Zum Vorstehenden ist noch zu bemerken, dass eben nur die besten und sichersten Reflexbilder bei der Rechnung in Verwendung kamen; es waren ausser den diesen zu Grunde liegenden gewiss noch anders gelegene Flächenelemente vorhanden, nur dass deren Position theils wegen der Kleinheit derselben, theils wegen deren ungünstiger Beschaffenheit (Begleitung durch Nebenreflexe) nicht mehr mit Sicherheit festzustellen war.

War also die Beobachtung hier wie an fast allen Krystallen von vorneherein lückenhaft, so dürfte doch zugegeben werden, dass auch die angeführten Beobachtungen schon geeignet seien, auf die scheinbar ganz unregelmässig angereichten Flächenbildungen der verticalen Prismenzone einiges Licht zu werfen, und die Gesetzmässigkeit derselben mindestens wahrscheinlich zu machen.

Dieses ist der Grund, warum ich glaubte, sie trotz ihrer Unvollständigkeit hier anführen zu müssen.

Anschliessend an den zuletzt besprochenen Krystall möchte ich mir erlauben, über die an den verticalen Prismenflächen an einer Anzahl anderer Krystalle gemachten Beobachtungen noch folgende allgemeine Bemerkungen hinzuzufügen.

Es ist hervorzuheben, dass  $l$  mehrfach als Hauptfläche aufzutreten scheint, da entsprechende Winkel, wie  $a:l = 47^\circ 27'$ ,  $47^\circ 26'$  und dergl., an verschiedenen Individuen wieder gefunden wurden.

Sehr häufig war es eben der Fall, dass, wie bei Krystall IX, einerseits  $l$  selbst, andererseits im benachbarten Krystallraume eine Vicinalfläche von  $l'$  auftrat.

Unter den Winkeln dieser Vicinalflächen wieder waren gleichfalls solche, die sich an mehreren Krystallen wiederholten, so namentlich der Winkel  $47^\circ 47'$  bis  $48'$ , hinweisend auf Induction durch die Flächenbildung (370).

$J$  war immer nur untergeordnet entwickelt und fast ausnahmslos durch Vicinalflächen vertreten,  $n$  ebenfalls viel seltener durch Reflexbilder von der entsprechenden Lage vertreten, auch wenn der Krystall im Grossen und Ganzen die Fläche  $n$  entwickelt zeigte; in der Regel waren an Stelle des  $n$  Flächen zur Ausbildung gebracht, die im Allgemeinen zwischen  $n$  und  $l$  lagen und dem (130) am nächsten kamen.

An mehreren Krystallen wurde diese Fläche selbst beobachtet.

Nicht selten war der Raum zwischen  $l$  und  $n$  von einer Reihe Reflexbilder erfüllt, die aber die Position von  $n$  nicht mehr erreichten.

In den meisten Fällen erstreckten sich dieselben nur etwa bis  $28^\circ$  vor  $b$ , während  $b:n = 24^\circ 40'$  wäre.

An mehreren Krystallen wurde der Winkel des Endreflexes zu  $28^\circ 51'$  gemessen, entsprechend dem Parameter  $3:3\bar{3}$  auf  $a$ , also einer Fläche (3.10.0).

Oft waren in dieser Gegend zusammenhängende Reflexgruppen entwickelt, die sich auf eine Länge von  $9^\circ$  ausdehnten und deren Ausdehnung mit der Verzerrung in einem bestimmten Zusammenhange zu stehen schien.

Was sonst noch über das Verhalten der verticalen Prismenflächen gegenüber der Messung zu sagen wäre, das wird man am besten der nachfolgenden Uebersicht entnehmen, welche sich auf einen bestimmten Krystall bezieht, mit welchem die Reihe der hier zur Darstellung gelangenden Krystalle ihren Abschluss finden möge.

Die darin enthaltenen Messungsergebnisse besitzen allerdings nicht eine solche Präcision, wie in den bisher erörterten Fällen, dagegen hat diese Zusammenstellung den Vortheil, dass sie fast keinen der in der rundum messbar entwickelten Prismenzone des fraglichen Krystalles zur Beobachtung gelangten Reflexe von der Betrachtung ausschliesst.

### Krystall XX.

Darunter ist jenes in Fig. 13 auf Tafel VI abgebildete Individuum zu verstehen, welches bereits im I. Theile der Arbeit eine kurze Besprechung veranlasste, da es den merkwürdigen Fall repräsentirt, wo zwei gegenüberliegende Flächen  $n$  und dementsprechend auch die gegenüberliegenden Flächen  $\lambda$

ganz vorherrschend entwickelt waren und auf solche Weise die ganze Combinationsentfaltung beherrschten.

Um so interessanter wird es sein, zu erfahren, ob und inwieferne die verschiedene Grössenentwicklung der Flächen auch mit einer Verschiebung ihrer Neigungsverhältnisse verbunden ist, mit anderen Worten, ob jene Kräfte, welche sich in der Verzerrung offenbaren, nicht auch gleichzeitig in der Neuanlage bestimmter Flächenbildungen sich zu erkennen geben.

Die Flächenbeschaffenheit des Krystalles war im vorliegenden Falle allerdings derart, dass die Einstellung nur mit einem kleinen Wollaston'schen Goniometer vorgenommen werden konnte, welches directe Ablesung von 5 Minuten gestattete.

In die nachfolgende Uebersicht wurden jene Reflexbilder einbezogen, welche beim fünfmaligen Durchmessen (unter Aenderung der Einstellungsmarke) die gleiche Position behielten.

Der mittlere Einstellungsfehler betrug schliesslich circa 2'; als oberste Fehlergrenze sind je nach der Güte des Reflexbildes 4 bis 5' zu betrachten, während einzelne Positionen bis auf 1' genau bestimmt erscheinen.

Uebersicht der Messungsergebnisse in der Zone der verticalen Prismenflächen beim Krystall XX.

Charakter der Reflexbilder	Signatur	Beob. Winkel	Winkel mit $b$ u. $b'$	Flächenzeichen			Berechn. Winkel mit $b$ u. $b'$
				selbstst. Flächen	$\sigma$	inducir. Flächen	
1. Breiteste Fläche des Krystalles, eine Gruppe von drei Reflexen liefernd	$b : 1a$	23° 45'	23° 45'	$n$ (140)	20	( <i>induc.</i> )	23° 43' 19"
					21	(2. 11. 0)	23° 45' 55"
	$1a : 1b$	1° 20'	25° 05'	"	21	(7. 24. 0)	25° 5' 44"
					21		25° 4' 30"
	$1b : 1c$	1° 05'	26° 10'	"	20	(250)	26° 12' 20"
					21		26° 8'
2. Gruppe von drei Reflexen, der mittlere der hellste	$1c : 2a$	15° 20'	41° 30'	$l$ (120)	20	(130)	41° 32' 7"
	$2a : 2b$	40'	42° 10'	"	20	(370)	42° 12'
	$2b : 2c$	45'	42° 55'	"	20	(7. 12. 0)	42° 55'
3. Gruppe einer Anzahl Reflexe, die beid. hellst. eingest.	$a : 3a$	47° 26'	42° 34'	$l$ (120)	--	--	42° 33' 47"
	$3a : 3b$	59'	41° 35'	"	20	(130)	41° 32' 7"

Charakter des Reflexbildes	Signatur	Beob. Winkel	Winkel mit $b$ u. $b'$	Flächenzeichen			Berechn. Winkel mit $b$ u. $b'$
				selbstst. Flächen	$\sigma$	inducir. Flächen	
4. Zwei Reflexe von gleicher Beschaff.	$3b : 4a$	$1^\circ 45'$	$39^\circ 50'$	(5.11.0)	—	—	$39^\circ 51' 26''$
	$4a : 4b$	$2^\circ 28'$	$37^\circ 22'$	(5.12.0)	—	—	$37^\circ 25' 36''$
5. Dreinahelg. Refl., d. mittl. eingestellt	$4b : 5$	$1^\circ 06'$	$36^\circ 16'$	(250)	—	—	$36^\circ 18' 14''$
6. Einzelreflex, sehr präcis	$5 : 6$	$4^\circ 47'$	$31^\circ 29'$	(130)	—	—	$31^\circ 28' 30''$
7. Hell. Refl. a. licht. Grund i. Verlaufe ein. Lichtstreifens	$b' : 7$	$29^\circ 52'$	$29^\circ 52'$	(5.16.0)	—	—	$29^\circ 51' 17''$
	$7 : 8a$	$2^\circ 53'$	$32^\circ 45'$	(7.20.0)	—	—	$32^\circ 44' 6''$
8. Zweinaheliegende Reflexe	$8a : 8b$	$30'$	$33^\circ 1'$	(5.14.0)	—	—	$33^\circ 15' 40''$
	$8b : 9a$	$2^\circ 20'$	$35^\circ 35'$	(7.18.0)	—	—	$35^\circ 32' 16''$
9. Gruppe von drei sehr scharfen Re- flexen	$9a : 9b$	$40'$	$36^\circ 15'$	(250)	—	—	$36^\circ 18' 14''$
	$9b : 9c$	$1^\circ 05'$	$37^\circ 20'$	(5.12.0)	—	—	$37^\circ 25' 36''$
	$9c : 10$	$2^\circ 30'$	$39^\circ 50'$	(5.11.0)	—	—	$39^\circ 51' 26''$
10. Einzelreflex	$a' : 11a$	$47^\circ 05'$	$42^\circ 55'$	$l$ (120)	20	(7.12.0)	$42^\circ 55'$
	$11a : 11b$	$40'$	$42^\circ 15'$	"	20	(370)	$42^\circ 12'$
	$11b : 11c$	$40'$	$41^\circ 35'$	"	20	(130)	$41^\circ 32' 7''$
11. Gruppe von drei sehr präzisen Refl. (folg. Gruppe von verwaschenen, ge- trennten Reflexen nicht eingestellt)	$11c : 12$	$3^\circ 20'$	$38^\circ 15'$	(370)	—	—	$38^\circ 13' 29''$
12. Von drei genähert. Refl. der mittlere	$12 : 13a$	$2^\circ 45'$	$35^\circ 30'$	(7.18.0)	—	—	$35^\circ 32' 16''$
	$13a : 13b$	$2^\circ 10'$	$33^\circ 20'$	(5.14.0)	—	—	$33^\circ 15' 40''$
13. Aehnlich. Gruppe, Anfangsreflex und Mitte	$13b : 14$	$40'$	$32^\circ 40'$	(7.20.0)	—	—	$32^\circ 44' 6''$
14. Mehrere Refl., der erste und	$14 : 15$	$1^\circ 10'$	$31^\circ 30'$	(130)	—	—	$31^\circ 28' 30''$
15. letzte sehr präcis							

Sämmtliche Pinakoide,  $a$ ,  $b$ ,  $b'$  und  $a'$ , welche in der Figur kaum angedeutet sind, lieferten diesmal je einen messbaren, deutlichen Reflex; ob derselbe ganz genau der Zone  $ab$  angehört, liess sich mit dem genannten Instrumente nicht sicher entscheiden, jedenfalls aber konnte die Abweichung nur eine sehr geringe sein; die Positionen dieser Reflexe wichen, abgesehen vom Einstellungsfehler, genau um je  $90^\circ$  von einander ab.

Zur vorstehenden Uebersicht der Messungsergebnisse ist Folgendes zu bemerken.

Auf den ersten Blick fällt es sogleich auf, wie verschieden sich dieselben in den verschiedenen Quadranten verhalten.

Wenn wir zunächst die Frage aufwerfen, ob die vom Systeme geforderte Symmetrie sich auch in der Position der zur Entwicklung gekommenen Flächen ausspricht, so ist die Antwort im Nachstehenden gegeben.

Reflexgruppe 1 betrifft die in der Zeichnung dem Beobachter zugekehrte, unter  $\lambda$  befindliche, breiteste Fläche des Krystalles; 2 die links daneben befindliche, oben sowohl an  $\lambda$  als an  $r$  anstossende Fläche.

Auf dieser Vorderseite des Krystalles sind, wie man ersieht, lauter Vicinalflächen, und zwar solche, die zu  $l$  und  $n$  gehören, vorhanden.

In dem links benachbarten Krystallraum zwischen  $a$  und  $b'$ , in der Zeichnung bereits nach rückwärts gewendet und unterhalb des den Krystall links abschliessenden, vorherrschenden Domas  $d$ , also an der linken Schmalseite des Krystalles, sind Reflexe vorhanden, welche darauf hindeuten, dass trotz Vicinalflächenbildung auf  $l'$  noch ein Rest der Hauptfläche übrig geblieben und ausserdem eine Anzahl anderer selbstständiger Flächenbildungen auftreten, die zwischen (5.11.0) und (130) liegen und  $n$  nicht mehr erreichen.

Die dem  $a$  benachbarten Quadranten enthalten also ganz unsymmetrisch angelegte Flächenbildungen.

Die einzige Bildung, welche sich in beiden wiederholt, ist (130), welches sowohl über  $l$  (zwischen  $b$  und  $a$ ), als über  $l'$  (zwischen  $a$  und  $b'$ ) inducirend auftritt.

Zwischen  $b'$  und  $a'$ , die rückwärtige Seite des Krystalles abschliessend, sind gar keine Vicinalflächen, sondern eine Reihe von Flächen, zum Theile freilich complicirte Indices besitzend, jedoch sämmtlich als selbstständige Bildungen erscheinend, zur Entwicklung gebracht, die zwischen (5.11.0) und (5.16.0) liegen, demnach weder  $l$  noch  $n$  erreichen.

Im rechten Eck der citirten Figur, zwischen  $a'$  und  $b$ , also auf der theilweise nach vorn gewendeten Schmalseite des Krystalles, sind sowohl Vicinalflächen (über  $l$ ) als auch eine Anzahl selbstständiger Flächen entwickelt.

Während in den Vicinalflächen von  $l$  und  $l'$  in diesem Theile des Krystalles eine Art symmetrischer Ausbildung bezüglich der Symmetrieebene  $a$  zum Ausdruck gelangt, insoferne auf den über  $b$  benachbarten Flächen  $l$  die gleichen Vicinalflächen in ganz gleicher Weise wiederkehren, gilt etwas Aehnliches wenigstens von einem Theile der über  $a'$  benachbarten, selbstständig auftretenden Flächenbildungen von complicirten Indices zu beiden Seiten der Symmetrieebene  $b$ , nur dass zwischen  $b'$  und  $a'$  mehr davon entwickelt sind als zwischen  $a'$  und  $b$ .

In dem Gesagten scheint die bemerkenswerthe Thatsache sich auszusprechen, dass die Tendenz, zu jeder Fläche die dem Symmetriegesetze gemäss ihr entsprechenden Flächen zur Ausbildung zu bringen, jedenfalls ursprünglich vorhanden war, jedoch keineswegs immer zur Ausführung kam.

Es müssen also Kräfte vorausgesetzt werden, welche den symmetrisch vertheilten einigermaßen entgegenwirkten.

Fragen wir weiter, wie es sich mit jenem noch allgemeineren Gesetze der Krystallbildung verhält, nämlich damit, dass jede Fläche eine Gegenfläche erfordert, so ist auch dieses hier nicht vollständig erfüllt.

Denn wir können die merkwürdige Wahrnehmung machen, dass hier keineswegs zu jeder Fläche die zugehörige Gegenfläche entwickelt ist, mit anderen Worten, auch die einander gegenüberliegenden Quadranten verhalten sich nicht gleich.

Dagegen ist eine andere, nicht minder wichtige Wahrnehmung, die, dass wenigstens die Tendenz, die Gegenfläche auszubilden, in Form einer durch dieselbe inducirten Vicinalfläche gegeben erscheint.

Umgekehrt ist die als inducirende Ursache von Vicinalflächen abgeleitete einfachere Fläche auf der Gegenseite meist als selbstständige Fläche entwickelt.

Wir wollen nun noch einen Blick darauf werfen, welche Flächenbildungen am vorliegenden Krystall entwickelt sind.

Was zunächst die als selbstständige Bildung auftretenden Flächen betrifft, so sind sie theils solche, die zu den typischen Flächen des Schweizer Danburites gehören und einfache Indices

besitzen, wie (140), (130), (120), theils solche, die als selbstständige grosse Flächen am Danburit fast gar nicht beobachtet wurden und complicirtere Indices besitzen, wie (250), (370) und (5.11.0), (5.12.0), (5.14.0), (5.16.0), (7.18.0), (7.20.0).

Dagegen ist es besonders beherzigenswerth, dass die auf  $\lambda$  und  $r$  nachgewiesenen inducirenden Flächenbildungen in der verticalen Prismenzone Schnitte geben, welche mit den Parameterverhältnissen der vorstehenden Prismenflächen vollständig übereinstimmen.

Was aber die Vicinalflächen am vorliegenden Krystall betrifft, so zeigt es sich, dass mehrere der oben aufgezählten, selbstständig auftretenden Flächen als inducirende Ursache derselben erscheinen wie namentlich (130), (250), (370).

Was ich dabei noch besonders betonen möchte, das ist der Umstand, dass nicht nur diese einfachen Flächen, sondern auch solche mit complicirteren Indices inducirend auftreten, wie (7.12.0) und (7.24.0), so dass man hieraus und aus dem zuvor Gesagten erkennt, dass complicirte Indices noch nicht das Wesen dessen ausmachen, was hier unter Vicinalflächen verstanden wird.

### C. Zusammenstellung der am Danburit vom Scopi vorgefundenen Flächenbildungen.

Bevor ich daran gehe, eine Uebersicht über sämmtliche sowohl in der Form vicinaler als auch in der Form selbstständiger Bildungen am Schweizer Danburit bisher nachgewiesene Flächen zu liefern, möchte ich mir noch erlauben, zuvor eine Anzahl solcher Winkel zusammenzustellen, welche gelegentlich der vorstehenden Untersuchungen und zum Theile schon durch Hintze zwischen typischen und secundären Formen des besprochenen Vorkommens zur Beobachtung gelangten, welche jedoch in der ersten Winkeltabelle noch nicht enthalten sind.

#### Nachtrag zur I. Winkeltabelle.

Berechnete Winkel typischer, einfacher Formen:

$$b : w = (010)(041) = 27^{\circ} 30' 30''$$

$$b : f = (010)(061) = 19^{\circ} 8' 46''$$

$$b : \xi^1 = (010)(130) = 31^\circ 28' 30''$$

$$w : \lambda = (041)(142) = 25^\circ 27' 36''$$

$$d : \lambda = (101)(142) = 44^\circ 16' 15''$$

$$d : r = (101)(142) = 35^\circ 45' 36''.$$

Berechnete Winkel secundärer, einfacher Formen:

$$b : g = (010)(071) = 16^\circ 34' 20''$$

$$b : p = (010)(081) = 14^\circ 35' 42''$$

$$b : i = (010)(0.10.1) = 11^\circ 46' 1''$$

$$b : h = (010)(0.11.1) = 11^\circ 43' 24''$$

$$a : \mu = (100)(560) = 33^\circ 10'$$

$$a : \nu = (100)(590) = 44^\circ 25' 20''$$

$$a : \rho = (100)(370) = 51^\circ 46' 31''$$

$$a : \upsilon = (100)(250) = 53^\circ 41' 46''$$

$$a : \tau = (100)(3.10.0) = 61^\circ 34' 32''.$$

Dazu käme noch die von Hintze beobachtete Fläche

$$a : \zeta = (100)(203) = 59^\circ 33' 10''.$$

Berechnete Winkel secundärer, complicirter Formen:

$$(100)(5.11.0) = 50^\circ 8' 34''$$

$$(100)(5.12.0) = 52^\circ 34' 25''$$

$$(100)(5.14.0) = 56^\circ 44' 20''$$

$$(100)(5.16.0) = 60^\circ 46' 31''$$

$$(100)(7.15.0) = 49^\circ 23' 58''$$

$$(100)(7.18.0) = 54^\circ 27' 44''$$

$$(100)(7.20.0) = 57^\circ 15' 54''.$$

Hierher wären wohl auch die von Hintze angegebenen Flächen  $\sigma = 572$  und  $y = (13.4.14)$  zu stellen.

Von den soeben aufgezählten Formen sind nur  $w$ ,  $p$ ,  $d$ ,  $\lambda$  und  $r$  auch vom amerikanischen Danburit her bekannt, alle anderen sind dem Schweizer Danburit eigenthümlich.

Von den übrigen sind  $f$  und  $g$  auch von Hintze bereits beschrieben worden.

Die zuletzt aufgeführten complicirten Flächenbildungen der verticalen Prismenzone wurden absichtlich mit keiner besonderen

<sup>1)</sup> Wurde im ersten Theile der Arbeit unter der Bezeichnung  $x$  aufgeführt, welche Bezeichnung aber fallen zu lassen ist, da Dana am amerikanischen Danburit bereits das Querdoma (301) mit diesem Buchstaben belegte.

Bezeichnung versehen, wiewohl die Mehrzahl davon als sicher bestimmt anzusehen ist.

Es geschah vielmehr aus folgenden Gründen:

Einmal um anzudeuten, dass ihre Zahl unvollständig sei und nach entsprechender Vermehrung der Beobachtungen ziemlich unbeschränkt vergrössert werden könnte und dass sie mir insoferne als variable locale Bildungen erscheinen, als sie vorübergehenden und lokalen Aenderungen im Zustande der den Krystall rings umgebenden Lösung ihre Entstehung verdanken mögen, dann aber auch deshalb, weil es sich deutlich zeigen wird, in welchem innigen Zusammenhange ihr Auftreten mit den auf verschiedenen Flächen der Krystalle beobachteten Vicinalflächenbildungen steht, diese Vicinalflächen aber dann folgerichtig ebenfalls ihre eigene Bezeichnung erhalten müssten, was bei der äusserst variablen, grossen Zahl derselben nicht durchführbar wäre und wohl auch wenig Sinn hätte.

Damit soll aber durchaus nicht gesagt sein, dass die erwähnten Flächen für das Verständniss des Krystallbaues des Danburites bedeutungslos wären; der letzte Satz beweist schon das Gegentheil und enthält eine indirecte Rechtfertigung darüber, warum sie dennoch hier aufgenommen wurden.

Was nun die Vicinalflächen betrifft, die am Schweizer Danburit nachgewiesen wurden, so muss schon wegen Raummangels darauf verzichtet werden, in Form einer Uebersicht eine vollständige Wiederholung der diesbezüglichen Winkelberechnungen und Winkelmessungen zu geben.

Hinsichtlich der Messungen der auf  $\lambda$  auftretenden Vicinalflächen ist übrigens eine solche Uebersicht gelegentlich der Discussion derselben zum Zwecke der Feststellung des genauen Axenverhältnisses im ersten Abschnitte bereits gebracht worden.

In ähnlicher Weise findet man auch beim Krystall XVIII, welcher die Reihe der Beispiele eröffnet, die Winkelverhältnisse zahlreicher in der Zone  $ab$  auf  $a$  und  $b$ , ferner in der Zone  $bw$  beobachteter Vicinalflächen übersichtlich zusammengestellt; hinsichtlich der Vicinalflächen, die in der verticalen Prismenzone eine hauptsächliche Rolle spielen, gilt das Gleiche von dem Krystall XX, welcher diese Reihe beschliesst.

Im Uebrigen muss auf die Beschreibung der einzelnen Krystalle verwiesen werden.

Dagegen ist es allerdings möglich, in gedrängter Kürze eine vollständige Uebersicht aller der Berechnung unterzogenen Vicinalflächen zu geben, wenn wir uns der in den früheren Abschnitten angewandten abgekürzten Schreibweise bedienen, somit im Miller'schen Zeichen der auf den Pinakoiden beobachteten Vicinalflächen vom Charakter krystallographischer Prismen den Factor  $\sigma = 20$ , respective 21<sup>1)</sup>, welcher von dem Parameter der zur betreffenden Hauptfläche parallelen Axe herrührt, einfach weglassen.

Die Vicinalflächen, welche auf den übrigen Flächen (Prismenflächen, Domenflächen, Pyramidenflächen) auftreten, können hingegen dem Früheren gemäss in der Weise umschrieben werden, dass die Parameterdifferenz, welche auf einer in den betreffenden Hauptflächen gelegenen, zur Durchschnittskante mit den zugehörigen Vicinalflächen senkrechten Strecke von der Länge 20, respective 21 sich geltend macht, auf die dem inneren Netze nach einander zunächst gelegenen Molekel der betreffenden Hauptfläche übertragen wird und die auf solche Weise sich ergebende einfachere Flächenbildung als inducirende Ursache der Vicinalfläche, an deren Stelle sie tritt, aufgeführt wird.

Von diesen Gesichtspunkten ausgehend, sollen im Nachfolgenden sämmtliche am Schweizer Danburit aufgefundene, sowohl typische als secundäre, einfache und complicirte, selbstständige und vicinale Flächenbildungen noch einmal aufgezählt werden.

### Pinakoide.

$$a = (100).$$

Eine Krystallfläche von der genauen Lage der Ebene  $a$  wurde am Schweizer Danburit von mir niemals angetroffen.

Im Anschlusse an die Ausdrucksweise von Scacchi<sup>2)</sup>, welche wohl nur in diesem Sinne zu nehmen ist, kann man daher sagen,

<sup>1)</sup> Ausgedrückt in Molekelabständen auf der  $b$ -Axe.

<sup>2)</sup> Dass nämlich eine Krystallfläche zwei oder mehrere verschiedene Lagen annehmen könne, l. c. pag. 19 des Sep.-Abdruckes a. d. Zeitschr. d. Deutschen Geol. Gesellschaft 1862.

dass das Pinakoid  $a$  am wahren Orte gar nicht beobachtet wurde, indem es lediglich durch Vicinalflächen vertreten war.

Als solche erschienen in der Zone  $ac$ :

- (701) bei den Krystallen II, V, XI,  
 (801) " " " I, III, IV, VI, VII, VIII, IX, X, XIII, XVIII,  
 (901) " " " XII, XIV und XVII;

in der Zone  $ab$ :

- (210), (750), (430), (760), (110), (7.10.0), (14.15.0) XVIII,  
 (530) XIV, (750) IV, XIII, (430) XIV, (650) IV,  
 (110), (10.90), (20.19.0) V, (570) VII.

$$b = (010).$$

Das Pinakoid  $b$  selbst ist gleichfalls an keinem Krystalle nachgewiesen worden. An seiner Stelle erschienen in vicinaler Form in der Zone  $ab$ :

- (120), (290), (150), (160) bei Krystall XVIII;

in der Zone  $bc$ :

- (041), (051), (061), (0.13.2), (091) XVIII,  
 (071) V, IX, (091) XIV, (0.11.1) I.

$$c = (001).$$

Das Pinakoid  $c$ , welches nur sehr ausnahmsweise auftritt, scheint in diesem Falle am wahren Orte entwickelt zu sein, XIII.

#### Prismenflächen.

(Querdomen.)

$$d = (101).$$

Die Grundflächen der Aetzfiguren auf dieser Fläche dürften mit der Ebene derselben zusammenfallen, wie die Messungen an den Krystallen II, X, XI, XII, XIII etc. und anderen erweisen.

Ausserdem treten eine Anzahl von Vicinalflächen darüber auf, theils vom Charakter  $d^a$ , theils vom Charakter  $d^c$ , die mit den Vicinalflächen auf  $a$  in der Zone  $ac$  in gesetzmässiger Weise verknüpft sind. Darunter solche, die von (203) inducirt erscheinen, V.

$$\zeta = (203)$$

als selbstständige Fläche von Hintze beobachtet.

(Längsdomen.)

$$t = (021)$$

sowohl am wahren Orte als in Form von Vicinalflächen vom Charakter  $t^\alpha$  und  $t^\gamma$  beobachtet, wie am Krystall XIV und anderen Krystallen.

$$w = (041)$$

unter den gleichen Verhältnissen angetroffen.

$$f = (061)$$

nur durch Vicinalflächen vertreten, welche inducirt erscheinen durch (041), (051) V, (0.14.3) XVIII und durch complicirtere Bildungen, wie  $(5f + 6w)$  V.

$$g = (071)$$

nur als Vicinalfläche beobachtet, inducirt durch (081) V, XVIII.

$$p = (081)$$

nur als Vicinalfläche beobachtet, inducirt durch (091) XVIII und die complicirtere Bildung  $(5p + 8g)$  V.

$$i = (0.10.1)$$

in vicinaler Form bei Krystall XVIII, inducirt durch (0.11.1).

$$h = (0.11.1)$$

als wahre Fläche, XVIII, und auch als Vicinalfläche beobachtet, V; im letzteren Falle inducirt durch die complicirtere Bildung  $(5h + 3b)$ .

(Verticale Prismenflächen.)

$$J = (110)$$

fast nie am wahren Orte entwickelt. Vertreten durch Vicinalflächen, welche inducirt erscheinen durch (430) X, (560), (650) XIX.

$$l = (120).$$

Diese Fläche selbst wurde an vielen Krystallen nachgewiesen, wie X, XIX, XX und sonst noch mehrfach. Im Uebrigen waren an ihrer Stelle meist Vicinalflächen ausgebildet, inducirt durch:

(130) XIV, XVII, XX besonders häufig,

(230) XIV, XIX,

(340) XIV, XIX,

(370) XVII, XX,

(270) XVII, (3.10.0) XIV, (5.11.0) XIX, (7.12.0) XX.

$$n = (140)$$

nur in Form von Vicinalflächen beobachtet, welche inducirt erscheinen durch (250) XVII, XX, (7.24.0), (2.11.0) XX.

Als weitere selbstständig auftretende Prismenflächen der Zone  $ab$  wurden beobachtet:

$\xi = (130)$  bei Krystall XX und sonst mehrmals,

$\mu = (560)$  XVII.

$\nu = (590)$  V, XVII,

$\rho = (370)$  XX und sonst noch,

$\upsilon = (250)$  XX,

$\tau = (3.10.0)$  XX und an anderen Krystallen,

ferner die mit keinem besonderen Buchstaben versehenen Flächen:

(5.11.0), (5.12.0), (5.14.0), (5.16.0), (7.18.0), (7.20.0) XX,

(5.12.0) XVII, (7.15.0) XVIII, (10.19.0) V.

#### Pyramidenflächen.

$$\lambda = (142).$$

Krystallflächen von der genauen Lage der Ebene 142 wurden, in mehrfacher Wiederholung an den Krystallen II, III, IV, VII IX, X, XI, XIII, XIV und vereinzelt fast an jedem der beobachteten Krystalle angetroffen.

Daneben waren aber ausnahmslos Vicinalflächen vorhanden, von denen die der Zone  $a\lambda$  angehörigen durch folgende Bildungen inducirt erscheinen:

$(\lambda + r) = (263)$		an den Krystallen III, IV, IX, XII, XVII und zwar in jedem Falle mehr- mals nachgewiesen,
$(2\lambda + r) = (3.10.5)$	" "	I, II, VII, XII, XIV gleich- falls in häufiger Wieder- holung vorgefunden,
$(3\lambda + 2r) = (5.16.8)$	" "	V, VI, XIV schon seltener,
$(4\lambda + 3r) = (7.22.11)$	" "	II, III, VIII,
$(3\lambda + 4r) = (7.20.10)$	" "	III, X, XII,
$(5\lambda + 4r) = (9.28.14)$	" "	X, XI im Zusammenhange mit den vorigen,
$(7\lambda + 4r) = (11.36.18)$	" "	XI, VIII im Zusammen- hange mit den früheren.

$$r = (121).$$

Flächenelemente, deren Lage der Ebene 121 genau entspricht, wurden hie und da beobachtet, z. B. am Krystall XVII, im Ganzen aber viel seltener wie bezüglich der benachbarten Fläche  $\lambda$ .

Auf den  $r$ -Flächen waren ausschliesslich solche Vicinalflächen zu beobachten, die der Zone  $a\lambda$  oder einer vicinalen angehörten. Dieselben erschienen durch folgende Bildungen inducirt:

- $\lambda$  = (142) V,
- $(\lambda + t)$  = (163) V,
- $(\lambda + r)$  = (263) X, XIII, XIV (zugehöriges Prisma 130),
- $(2\lambda + r)$  = (3.10.5) VII,
- $(2\lambda + 3r)$  = (5.14.7) I, VII, X,
- $(2\lambda + 5r)$  = (7.18.9) V, VI, VIII, X,
- $(5\lambda + 2r)$  = (7.24.12) VIII im Zusammenhang mit dem vorigen,
- $(\lambda + 3r)$  = (4.10.5) X (zugehöriges Prisma 250),
- $(\lambda + 5r)$  = (6.14.7) XIV (zugehöriges Prisma 370),
- $(a + 2r)$  = (342) VI,
- $(2a + 5r)$  = (7.10.5) VI.

Als Anhang sind noch die beiden von Hintze aufgeführten Flächen  $\sigma = (572)$  und  $y = (13.4.14)$  zu erwähnen.

Auf die Eigenthümlichkeiten, welche in dieser Gegenüberstellung, namentlich beim Vergleiche der als selbstständige Flächen und der als Vicinalflächen auftretenden Bildungen untereinander sich ergeben, soll vorläufig nicht näher eingegangen werden, und mag für jetzt nur eines betont werden, nämlich die grosse Verschiedenheit, die hauptsächlich an den Flächen des Kopfes gegenüber dem amerikanischen Vorkommen aufs deutlichste zum Vorschein kommt.

#### IV. Uebersicht der Resultate und Schlussbemerkungen über das Wesen der Vicinalflächen.

##### A. Empirische Resultate.

Die wichtigsten empirischen Ergebnisse der in den vorhergehenden Capiteln mitgetheilten Beobachtungen lassen sich zunächst in folgenden Sätzen zusammenfassen:

1. Die im ersten Theile der Arbeit geschilderte Oberflächenbeschaffenheit der Schweizer Danburitkrystalle bildet kein absolutes Hindernis, die krystallographischen Constanten dieser Substanz so genau festzustellen, als es unsere besten Instrumente überhaupt gestatten. Denn trotz aller Variabilität der Neigungsverhältnisse der spiegelnden Flächenelemente, welche in den Messungsergebnissen im Allgemeinen zum Vorschein kommt, gelingt es doch, durch ausreichende Vervielfältigung der Beobachtungen und sorgsame Berücksichtigung der Gruppierung und gegenseitigen Lage der gespiegelten Reflexbilder inmitten derselben unzweifelhaft Fixpunkte aufzufinden, welche den Projectionen der am Danburit gross und typisch entwickelten einfachen Flächen entsprechen.

2. Der Vergleich der aus dem auf solche Weise ermittelten Axenverhältnis für die typischen Flächen berechneten mit den in den einzelnen Fällen beobachteten Winkeln lehrt, dass an manchen Krystallen Begrenzungselemente vorkommen, welche in ihrer Lage mit den Ebenen jener einfachen Flächen vollständig zusammenfallen <sup>1)</sup>.

Die Uebereinstimmung geht bei tadellosen Reflexbildern bis in die Secunden hinab.

Das Gesagte gilt aber nicht von allen Flächen in gleicher Weise. Auf *a* und *b* z. B. waren niemals Reflexbilder zu beobachten, welche mit dem Projectionspunkte dieser Flächen vollständig coincidirten, sondern immer nur solche, welche sich denselben sehr stark näherten.

3. Indem wir die ihnen zugehörigen Flächenelemente als vicinale Bildungen von *a* und *b* bezeichneten, konnten wir sagen, *a* und *b* seien nur durch Vicinalflächen vertreten gewesen. In diesem Sinne waren hingegen alle übrigen typischen Flächen (mehr weniger häufig) sowohl selbst vorhanden (respective am wahren Orte entwickelt), als auch durch Vicinalflächen vertreten. Umgekehrt gibt es auch solche Krystalle, an denen ausschliesslich Vicinalflächen vorkommen oder doch vorherrschen und durchaus die besseren Reflexbilder geben; es kann dabei der Fall eintreten, dass die ihnen zugehörigen Reflexbilder von tadelloser Präcision sind, während

<sup>1)</sup> Auf *d* wird die wahre Position der Ebene (101) inmitten von gleichzeitig vorhandenen Vicinalreflexen wenigstens in den meisten Fällen durch die Grundflächen der Aetzfiguren mehr minder deutlich fixirt.

die daneben vorhandenen, vermöge ihrer Lage auf die Hauptflächen zu beziehenden Signalbilder bedeutend weniger präcis erscheinen und möglicherweise zu genaueren Messungen gar nicht taugen.

4. Die bereits im ersten Theile der Arbeit aus der blossen Betrachtung der Flächenbeschaffenheit unter der Lupe gewonnene Ansicht, dass diese vicinalen Erhebungen auf den typischen Flächen der Danburitkrystalle grösstentheils gesetzmässige Bildungen seien, hat auch auf dem Wege der Messung volle Bestätigung gefunden.

Es liess sich auf diesem Wege zunächst mit Sicherheit nachweisen, dass dieselben in den meisten Fällen in jenen Zonen liegen, die von den typischen Flächen des Danburites gebildet werden (Hauptzonen), viel seltener in solchen Zonen, die den eben erwähnten sehr nahe liegen (vicinalen Zonen).

Im letzteren Falle zeigte es sich zugleich sehr deutlich, dass die bereits erfolgte Anlage gewisser Vicinalflächen auf die Entwicklung weiterer Vicinalflächen einen bestimmenden Einfluss geübt habe.

5. Mit Hilfe der Messung war es jedoch möglich, noch einen Schritt weiter zu gehen und auch die Position der Vicinalflächen innerhalb dieser Zone einer genauen Prüfung zu unterziehen.

Es zeigte sich, dass dieselbe bei aller Variabilität doch gewisse Grenzen einhalte und innerhalb dieser in ihren Variationen selbst eine gewisse Gesetzmässigkeit unverkennbar sei, schon deshalb, weil die letzteren, wenigstens bei einer bestimmten Classe derselben, sprunghaft erfolgen und gewisse Positionen mit grosser Constanz und Häufigkeit an den verschiedensten Krystallen sich wiederholen.

Dies gilt von den vicinalen Bildungen sämmtlicher typischen Flächen in gleicher Weise.

Die in der Hintze'schen Winkeltabelle enthaltenen Beobachtungen lassen darauf schliessen, dass gewisse Vicinalflächen einer bestimmten Zone auch an den von diesem Forscher untersuchten Krystallen unter den gleichen gegenseitigen Neigungsverhältnissen auftraten, wie an den hier beschriebenen Individuen.

6. Die in ihrer allgemeinen Lage einander entsprechenden, so zu sagen gleichartigen Flächenelemente (man erinnere sich diesbezüglich an die äusseren und die inneren Reflexe auf den

benachbarten Flächen von  $\lambda$ ) erscheinen manchmal genau in jener Zahl und Vertheilung, welche das rhombische Symmetriegesetz verlangt, in vielen Fällen jedoch ist nur ein Theil derselben symmetrisch angelegt, während die übrigen ganz unsymmetrisch vertheilt sind; dann lässt sich aber ein Zusammenhang mit der ungleichen Grössenentwicklung meist unzweifelhaft darthun.

Daraus geht zweierlei hervor.

Einmal, dass die Ursache, welche zur Entstehung von Vicinalflächen überhaupt Anlass gibt, mit den Ursachen der Verzerrung, das heisst der ungleichen Fortentwicklung der Begrenzungselemente des Krystalles nicht identisch ist, sodann aber, dass jene Kräfte, welche die Verzerrung hervorbringen, auf die Entstehung bestimmter Vicinalflächen einen entscheidenden Einfluss auszuüben vermögen, indem sie die Art der Anlage der Vicinalflächen in bestimmter Weise modificiren.

7. Es dürfte für das künftige Studium der Krystallisationsgesetze von grosser Wichtigkeit werden, dass die Vicinalflächen in dieser Beziehung eine weit grössere Empfindlichkeit verrathen als die typischen, einfachen Flächen.

Während nämlich solche unter dem Einflusse der Verzerrung sich zwar verkleinern, aber doch noch in ihrer Lage erhalten, gibt sich in den darüber gebauten Vicinalflächen sehr bald eine deutliche Veränderung der Neigungsverhältnisse zu erkennen, indem die früheren Vicinalflächen gleichsam verschwinden und neue von geänderter Lage an ihre Stelle treten, welche als Vicinalflächen von Vicinalflächen anzusehen sind <sup>1)</sup>.

Diese Thatsache gewinnt hauptsächlich noch dadurch an Bedeutung, dass sich im Folgenden die Aussicht eröffnen wird, in vielen Fällen derselben einen zahlenmässigen Ausdruck zu geben.

8. Durch die Vicinalflächen offenbart sich ferner ziemlich deutlich jene Stelle des wachsenden Krystalles, an welcher beim Eintritte der Verzerrung eine Kräfteverschiebung stattgefunden haben muss; in der Regel werden wir darauf hingewiesen, dass diese Verschiebung von einer ursprünglich symmetrischen Kräftevertheilung ausgegangen sei, welche unter günstigen Umständen

<sup>1)</sup> Bei ungleicher Vergrösserung der Hauptflächen werden daher die symmetrisch angelegten in den meisten Fällen in solche von unsymmetrischer Lage übergehen.

in der Nähe jener Kanten, die nahezu unverändert blieben, noch erkennbar ist, wenn sich die ursprüngliche Flächenbildung etwa in einem Reste erhalten hat<sup>1)</sup>.

Auf den Pyramidenflächen  $\lambda$  ist es beispielsweise bald die Kante  $\lambda\lambda$  142  $\bar{1}42$ , an welcher die Veränderungen vor sich gingen, was völlig unsymmetrische Vertheilung der inneren Reflexe zur Folge hat, während umgekehrt die äusseren Reflexe von symmetrischer Lage dabei erhalten bleiben können, bald sind es die Kanten  $a\lambda$  und  $a'\lambda$ , wo ein ungleicher Einfluss sich geltend machte, was stets eine Verschiebung der äusseren Reflexe nach sich zieht.

Diejenigen Vicinalflächen, welche gleichsam durch Verschiebungen aus anderen Vicinalflächen hervorgehen, mögen als Vicinalflächen höherer Ordnung bezeichnet werden.

9. Was von der symmetrischen oder unsymmetrischen Vertheilung der Vicinalflächen in den einander benachbarten Krystallräumen gesagt wurde, das gilt in gewissem Sinne auch von den einander gegenüberliegenden Oktanten, und zwar bezüglich der Ausbildung von Gegenflächen.

Die allgemeine Tendenz zu jeder Vicinalfläche, nicht nur die vom Symmetriegesetze geforderte, ähnlich gelegene (analoge), sondern auch die ihr als Gegenfläche entsprechende, auf der Gegenseite des Krystalles zur Anlage und Ausbildung zu bringen, erscheint schon dadurch nachgewiesen, dass in mehreren Fällen Flächenelemente von der genauen Lage solcher Gegenflächen wirklich zur Beobachtung gelangten. In anderen Fällen fehlen dieselben freilich wieder ganz oder werden durch andere Flächenelemente von bloss ähnlicher Lage ersetzt.

Besonders merkwürdig erscheint in dieser Beziehung noch eine Art antimetrischer Wiederholung der gleichen Verhältnisse in den einander gegenüberliegenden Quadranten des Kopfes auf den Flächen  $\lambda$  und  $\nu$ , welche gleichsam eine Nachahmung darbieten jenes Falles, welcher bei hemiëdrischem Krystallsysteme bezüglich der Ausbildung der typischen Flächen die Regel sein müsste.

10. Immerhin lässt sich behaupten, dass auf den Pinakoiden selbst die rhombische Symmetrie (S. der inneren Anlage) noch am

<sup>1)</sup> In dieser Beziehung müssen Krystalle mit ausgeheilten Bruchflächen ein besonderes Interesse darbieten.

deutlichsten und häufigsten in den vollkommen symmetrisch um den wahren Flächenpol angeordneten Vicinalreflexen sich ausspricht, während die Vicinalflächen über den übrigen Flächen der Krystalle zumeist jene Symmetrie einhalten, welche in der „Ausbildung“ des Krystalles, in der Verzerrung sich kundgibt.

Die in Folge von Verzerrung bereits erlangte verschiedene Centraldistanz der einzelnen Hauptflächen scheint die Anlage weiterer Vicinalflächen auf denselben gleichfalls in verschiedener Weise zu beeinflussen.

Schliesslich muss hier noch hervorgehoben werden, dass die Regelmässigkeit des Vicinalflächenbaues namentlich auf den Pinakoiden keineswegs in allen Querschnitten des Krystalles immer in gleicher Deutlichkeit zu erkennen ist und dass völlig symmetrische Flächenvertheilung oft nur bei Einstellung eines bestimmten Querschnittes durch die Messung nachweisbar ist, sich demnach bei minder sorgfältiger Beobachtung derselben ganz entziehen kann.

11. Aber auch zwischen den Vicinalflächen selbst bestehen gesetzmässige Beziehungen, wie aus dem Vergleiche derselben unter einander und mit den zugehörigen Hauptflächen hervorgeht. In Betreff der Vicinalflächen, welche auf zwei benachbarten typischen Flächen einer und derselben Zone angehören oder dieser Zone wenigstens beide sehr nahe liegen, geben sich solche Beziehungen schon in der sehr häufig wiederkehrenden Thatsache zu erkennen, dass deren Positionen innerhalb der Zone, respective die Projection ihrer Flächenpositionen auf die letztere den gleichen Winkel einschliessen, wie er am selben Krystalle auf der Gegenseite, kurz in einem anderen Quadranten des Kopfes oder an anderen Krystallen an der gleichen Stelle zwischen je einer Vicinalfläche der einen typischen Fläche und dem wahren Flächenorte der benachbarten typischen Fläche durch Rechnung ermittelt, respective durch Beobachtung gefunden wurde, falls nämlich die betreffende Hauptfläche am wahren Orte entwickelt war.

12. Noch allgemeinere und darum interessantere Beziehungen kommen zum Vorschein, wenn man die Abweichung der einzelnen Vicinalflächen von der Lage der zugehörigen Hauptflächen, über denen sie aufgebaut erscheinen, sowohl im Winkel- als auch im Längenmasse ermittelt und die so erhaltenen Resultate mit einander vergleicht.

Die Abweichung im Winkelmasse, der „Differenzwinkel“, erscheint schon durch die Messung selbst unmittelbar gegeben. Die Differenzwinkel zeigen folgende Eigenthümlichkeiten:

a) bei Vicinalflächen derselben Zone auf derselben Hauptfläche, dass sie sich verhalten wie 1:2 oder in ähnlichen einfachen Verhältnissen stehen oder dass das arithmetische Mittel des Differenzwinkels zweier Vicinalflächen der einen Seite gleich ist dem Differenzwinkel einer Vicinalfläche der anderen Seite, so dass die letztere, auf die Gegenseite verlegt, die ersteren gleichmässig abstumpfen müsste;

b) bei Vicinalflächen derselben Zone auf benachbarten Hauptflächen die Wiederkehr gleicher Differenzwinkel;

c) bei Vicinalflächen verschiedener, jedoch einander entsprechender Zonen, wie beispielsweise  $ac$  auf  $a$  und  $bc$  auf  $b$ , der Umstand, dass die Grösse des Differenzwinkels zu der Centraldistanz der betreffenden Flächen in einem bestimmten Verhältnisse steht.

13. Klarer und deutlicher treten aber gerade die letzt-erwähnten Beziehungen erst dann hervor, wenn man die Abweichung von der Lage der Hauptfläche im Längenmasse ausdrückt, indem man die Parameterdifferenz bestimmt, welche bezüglich gleicher Strecken sämtlicher Hauptflächen den zugehörigen Vicinalflächen zukommt, wofern diese Strecken in jener Richtung gemessen werden, nach welcher die stärkste Abweichung stattfindet, nämlich in einer senkrechten zur gemeinschaftlichen Durchschnittskante.

Die so erhaltenen „Differenzzahlen“ ergeben beispielsweise in dem letzterwähnten Falle auf  $a$  in der Zone  $ac$  und auf  $b$  in der Zone  $bc$  das interessante Resultat, dass sie sich gerade umgekehrt verhalten wie die Centraldistanz der betreffenden Grundflächen, wodurch eine Abhängigkeit der Entwicklung des Vicinalflächenbaues von der Lage des Mittelpunktes der Krystallmasse in diesem Falle wenigstens wahrscheinlich gemacht wird.

14. Hinsichtlich der relativen Grösse der Differenzzahlen geben sich natürlich auf derselben Hauptfläche und in derselben Zone ähnliche Beziehungen zu erkennen, wie zwischen den Differenzwinkeln, indem sie gleich diesen im Allgemeinen unter einander in sehr einfachen Verhältnissen stehen.

Auf benachbarten Hauptflächen, die einer Streifenzone angehören, zeigt es sich ferner, dass die D. mitunter aufsteigende oder absteigende Reihen<sup>1)</sup> bilden, und bezüglich der gleichen Axe bald positiv, bald negativ erscheinen können, indem die einzelnen Vicinalflächen der Zone sich bald nur nach einer Seite hin, bald nach mehreren Seiten hin von ihrer Hauptfläche entfernen.

Beim Vergleiche der Vicinalflächen, welche zu verschiedenen Hauptflächen gehören, tritt zugleich der Unterschied zwischen Differenzzahl und Differenzwinkel sehr auffallend hervor. Gleichheit des Differenzwinkels bedingt hier Ungleichheit der Differenzzahl. Es erscheint nun in hohem Grade beachtenswerth, dass Gleichheit der Differenzwinkel immer nur auf Flächen derselben Zone beschränkt bleibt, während Gleichheit der Differenzzahlen umgekehrt sehr häufig und ganz allgemein auf benachbarten Flächen — ihre Vicinalflächen mögen derselben Zone angehören oder nicht — zu beobachten ist. Fast ebenso häufig ist der Fall, dass die Differenzzahlen auf benachbarten Flächen sich verhalten wie 1:2.

In den Differenzzahlen scheint demnach eine wesentlichere Eigenschaft der Vicinalflächen zum Ausdruck zu gelangen.

15. Bisher war immer nur von der relativen Grösse der Differenzzahlen die Rede.

Die absolute Grösse derselben hängt natürlich ab von der Wahl der Strecke, auf welcher die Parameterdifferenz bestimmt wird. Nun ist es gewiss höchst bedeutungsvoll, wenn bei einer bestimmten Wahl dieser Strecke sämtliche Differenzzahlen sich so vereinfachen, dass sie entweder in die Einheit übergehen<sup>2)</sup> oder doch wenigstens in sehr einfache Brüche verwandelt werden.

Beim Danburit ist dieses wirklich der Fall, wenn man die Strecke ( $\sigma$ ) so wählt, dass sie 20—21 Molekel auf der *b*-Axe um-

<sup>1)</sup> Bei der Lückenhaftigkeit der Beobachtungen, welche in den grossen Ansprüchen begründet ist, die an ihre Genauigkeit gemacht werden müssen, werden solche Reihen in der Regel lückenhaft erscheinen, auch wenn sie vollständig vorhanden sein sollten.

<sup>2)</sup> Es gibt keine Flächenart, auf welcher nicht Differenzzahlen von der Grösse = 1 an einem oder dem anderen Krystalle zum Vorschein kamen.

fasst, vorausgesetzt, dass das gegenwärtig angenommene Axenverhältnis die Grundabmessungen der Krystalle richtig wiedergibt<sup>1)</sup>.

Auf die gleiche Strecke wird man aber hingewiesen, sobald man die Parameter der auf den Pinakoiden in einer bestimmten Zone auftretenden Vicinalflächen unter einander vergleicht und bei sämtlichen Krystallen die Wahrnehmung macht, dass die Parameter, welche sich auf die der betreffenden Hauptfläche parallelen Axen beziehen, diese Grösse als gemeinschaftliches Mass besitzen, wie dies aus den im vorigen Capitel zusammengestellten Beobachtungen hervorgeht.

16. Wenn wir das Gesagte überblicken und bedenken, dass die Berechnung der Differenzzahlen Beobachtung und Berechnung der Winkelabstände bereits zur Voraussetzung hat, so wird es klar, dass die Betrachtung der Differenzzahlen umgekehrt alle bei jener Gelegenheit zu Tage tretenden Gesetzmässigkeiten vereinigt.

Es lassen sich daher die empirischen Gesetzmässigkeiten sämtlicher Vicinalflächen in folgendem Ausspruche zusammendrängen: Die Differenzen zwischen den Parametern der Vicinalflächen und der zugehörigen Hauptflächen bezüglich **irgend welcher**, aber auf sämtlichen Hauptflächen gleich gewählter Strecken der letzteren sind ihrer relativen Grösse nach entweder gleich oder stehen in einfachen Verhältnissen, während sie für eine **bestimmte** Strecke, welche beim Danburit 20 bis 21 Molekelabstände auf der *b*-Axe umfasst, ihrer absoluten Grösse nach noch überdies sehr einfach werden, indem sie entweder in die Einheit oder in sehr einfache Brüche übergehen.

Die Frage, was diese Einfachheit zu bedeuten habe und inwieferne die Beachtung der Differenzzahlen geeignet sein dürfte, über das Wesen der Vicinalflächen Licht zu verbreiten, wird uns im nächsten Abschnitte beschäftigen, welcher zugleich jene theoretischen Schlussfolgerungen enthält, die sich mir aus den in Früheren mitgetheilten empirischen Daten zu ergeben scheinen.

<sup>1)</sup> Bei anderen Grundannahmen würde, wie leicht einzusehen, dieselbe absolute Grösse von  $\sigma$  vorausgesetzt, nur die Schreibweise eine etwas andere werden, indem dann auch die Differenzzahlen eventuell das Doppelte oder die Hälfte ihres jetzigen Werthes erhielten.

## B. Theoretische Schlussfolgerungen.

Die bisher erörterten empirischen Daten lassen sich vom theoretischen Standpunkte aus im Rahmen einer einheitlichen Idee vereinigen, welche in den folgenden Worten wiedergegeben ist.

Am Schweizer Danburit ist eine besondere Art von Flächen zu beobachten, welche selbst sehr complicirte Indices liefern, dagegen mit anderen Flächen von einfacheren Indices in einem gesetzmässigen Zusammenhange stehen.

Zu diesen einfachen Flächen, mit denen sie gesetzmässig verknüpft sind, gehören vor allen die am Danburit gross und typisch entwickelten, fast keinem Krystalle fehlenden Flächen, denen jene mit complicirten Indices so nahe stehen, dass wir uns veranlasst sahen, die letzteren als „Vicinalflächen“ der ersteren — ihrer „Haupt- oder Grundflächen“ — zu bezeichnen.

Alle Beobachtungen drängen in übereinstimmender Weise zu dem Schlusse, dass dieser **Zusammenhang beider ein genetischer** sei und darin seinen Grund habe, dass eben jene Vicinalflächen bei Vergrösserung der betreffenden Hauptflächen entstanden zu denken sind in der Art, dass in dem gleichmässigen Fortwachsen der letzteren eine Aenderung eintrat.

Das Zeichen der zweiten einfachen Fläche, mit welcher jede der genannten Vicinalflächen gesetzmässig verbunden ist, ergibt sich aus der im Längensmass ausgedrückten Abweichung der betreffenden Vicinalfläche von ihrer Hauptfläche, wenn die für die Strecke  $\sigma$  der Hauptfläche berechnete Differenzzahl auf die dem inneren Netze gemäss einander zunächst gelegenen Molekel übertragen wird.

Sowie nun die Differenzzahl ein Mass abgibt für die Veränderung, welche in der Ueber- und Nebenerlagerung der Molekel, die einem gleichmässigen Fortwachsen der Hauptfläche entspräche, eingetreten sein musste, damit die Vicinalfläche zu Stande kommen

konnte, so scheint umgekehrt in der so abgeleiteten einfachen Fläche jene Anordnung der Molekel gegeben zu sein, zu welcher es gekommen wäre, wenn das Weiterwachsen nicht über der Hauptfläche stattgefunden hätte, welche letztere eine gewisse Beharrlichkeit, sich selbst zu erhalten, darin zum Ausdrucke brachte, dass sie die Aenderung in der Substanzanlage gleichsam auf die Strecke  $\sigma$  beschränkte.

Die Vicinalflächen des Danburites lassen sich demnach im Allgemeinen als das Product einer zweifachen Kräfteäusserung auffassen, einer solchen, die mit der Ankunft der neu angesetzten Molekel und ihrer Beschaffenheit zusammenhängt, und einer zweiten, die mit den bereits vorhandenen Flächen des bereits gebildeten Krystalles zusammenhängt und von diesen gleichsam ausgeht, — sie erscheinen, um es kurz zu sagen, **inducirt** dadurch, dass die Tendenz einer fremden Flächenbildung über einer bereits vorhandenen bestimmten Fläche sich geltend macht.

Die Ableitung, Erörterung und nähere Begründung der vorstehenden Sätze hat man eigentlich schon in den früheren Capiteln zu suchen; doch soll daraus das Wesentlichste hier nochmals kurz wiederholt und mit einigen weiteren Bemerkungen versehen werden, welche dazu dienen mögen, die Vortheile, welche die entwickelte Auffassung mit sich bringt, einerseits und ihre Berechtigung andererseits noch deutlicher zu machen.

Der zunächst in die Augen springende Vortheil dieser Betrachtungsweise, wodurch die Vicinalflächen auf andere Flächen zurückgeführt erscheinen, besteht in der Einfachheit der Verhältnisse, die nun zwischen ihnen zu Tage treten.

Diese Vereinfachung kann nicht besser illustriert werden als durch die Thatsache, dass es uns mit ihrer Hilfe gelang, sämtliche zur Messung gelangten, theilweise so complicirten Vicinalflächen<sup>1)</sup> in einem so übersichtlichen Gesamtbilde zu vereinigen, wie es oben pag. 477 etc. geschehen ist.

<sup>1)</sup> Mit Ausnahme der zu den seitlichen und inneren Reflexen auf  $\lambda$  gehörigen Vicinalflächen, welche zur Berechnung unbrauchbare Resultate lieferten, da sie zumeist nur Scheinreflexe ergeben hatten.

Ein weiterer, viel wichtigerer Vortheil besteht darin, dass dabei nicht nur alle jene Gesetzmässigkeiten, welche an den Differenzzahlen aufgefunden wurden, deutlicher hervortreten als je zuvor, da es vielmehr erst mit Hilfe dieser Betrachtungsweise möglich wird, ihnen eine allgemein verständliche Deutung zu geben, sondern dass sogar weitere gesetzmässige Beziehungen zum Vorschein kommen, welche sich aus den Differenzzahlen an und für sich noch nicht hatten ableiten lassen.

Haben wir beispielsweise als einfachste Beziehung der Vicinalflächen benachbarter Hauptflächen bisher die Thatsache erkannt, dass beide entweder denselben Differenzwinkel oder gleiche Differenzzahl besitzen, so ist jetzt dem noch beizufügen, dass sie beide auch durch dieselbe Flächenbildung inducirt sein können, welcher Fall in der That häufig zu beobachten war.

Wenn mehrere Vicinalflächen nebeneinander vorkamen, erschienen oft beide Gesetzmässigkeiten in ihnen am selben Krystalle vereinigt, wovon Krystall VII ein schönes Beispiel gibt, welcher in dieser Beziehung besonders instructiv zu nennen ist.

Es wurden sowohl Flächen von sehr einfachen Indices, als auch solche von complicirteren Indices als inducirende Ursache von Vicinalflächen erkannt.

Wenn wir aber in dieser Beziehung  $\lambda$  und  $r$ , über welchen die meisten Vicinalflächen zur Beobachtung und Berechnung gelangten, ins Auge fassen, so zeigt es sich, dass gerade die einfachsten am häufigsten wiederkehren und diese allein in symmetrischer Vertheilung am Krystalle angetroffen wurden.

Auf  $\lambda$  insbesondere war es die nächste Abstumpfung zwischen  $\lambda$  und  $r$ , nämlich (263), welche in weitaus der grössten Zahl der Fälle nachgewiesen wurde.

Nahezu ebenso häufig erschien (3.10.5), welches die nächste Abstumpfung zwischen der vorigen und Fläche  $\lambda$  darstellt.

Von den folgenden auf pag. 480 mitgetheilten kommt nur noch eine, nämlich (5.16.8), hie und da symmetrisch vertheilt vor, es ist das jene Flächenbildung, welche die einfachste Differenzzahl besitzt, indem diese der Einheit gleichkommt.

Alle anderen complicirteren Flächenbildungen wurden immer nur bei Verzerrungen nachgewiesen, mit denen sie in einem

unzweifelhaften Zusammenhänge stehen, indem sie oft aus den zu-  
vorgenannten durch eine Verschiebung der krystallbauenden Kräfte-  
resultanten hervorgegangen erscheinen, wie bei Gelegenheit der Be-  
schreibung der einzelnen Krystalle ausführlicher dargelegt wurde,  
wo sie als Vicinalflächen höherer Ordnung aufgefasst wurden.

Auf  $r$  waren ähnliche Resultate zu beobachten.

Abgesehen davon, dass (263) und (3.10.5) auch hier wieder-  
holt in inducirender Form zum Nachweise gelangten, traten hier  
noch weitere Abstumpfungen zwischen  $\lambda$  und  $r$  einerseits, wie  
(5.14.7), (4.10.5) etc., und zwischen  $r$  und  $a$  andererseits, wie  
(7.10.5), (342) inducirend auf, im Ganzen aber lauter einfache  
Flächen und complicirtere nur im Zusammenhänge mit einander.

Die eben angeführten Daten werden genügen, das früher  
Gesagte zu bestätigen; im Uebrigen muss auf die obige Zusammen-  
stellung verwiesen werden.

Festzuhalten ist vor Allem das eine, dass mindestens eine  
einfache Vicinalfläche jedesmal vorhanden war, aus welcher  
die anderen, complicirteren sich unschwer als Vicinalflächen höherer  
Ordnung ableiten liessen.

In dem häufigsten Falle in der Weise, dass die übrigen  
gleichmässig um diese einfachere Fläche schwankten, bald inso-  
ferne, als das Mittel ihrer Differenzzahlen die Differenzzahl der  
einfachere Fläche ergab, bald insoferne, als die gleichstelligen  
Indices im Zeichen der complicirteren Bildungen addirt, zum Zeichen  
der einfachen Fläche hinführten.

Wenn ich hinzufüge, dass sämtliche Flächenbildungen, welche  
über  $\lambda$  und  $r$  inducirend auftraten, soferne sie Flächen vom Charakter  
 $\lambda^r$  und  $r^\lambda$  angehören, sich zerlegen lassen in einen aus  $r$  und  $\lambda$  be-  
stehenden Antheil, so dürfte dieser Umstand eine weitere Vorstellung  
davon geben, wie der Satz gemeint war, welcher am Ende des  
ersten Theiles dieser Arbeit ausgesprochen wurde, dass man die  
Vicinalflächen als Resultat schwankender Combinationsbildung dar-  
stellen könne.

In den Differenzzahlen ist eben, bei solcher Deutung, ein  
Stück der Entwicklungsgeschichte der Krystalle zu lesen, und dem  
Zusammenhang zwischen Verzerrung und Combinationsbildung kann,  
wie zum Theile bereits angedeutet, in vielen Fällen nunmehr ein  
zahlenmässiger Ausdruck gegeben werden.

Wenn wir beispielsweise bei Krystall X die allgemeine Tendenz fanden, (263) auszubilden und daneben inducirende Flächenbildungen, die gleichmässig um die vorige schwanken, so konnten wir die dadurch zum Vorschein gekommene Kräfteverschiebung mit der gleichzeitigen ungleichen Entwicklung der  $\lambda$ -Flächen in der Weise verbinden, dass wir sagten, es hätten in den über  $t$  benachbarten Quadranten ursprünglich gleiche Verhältnisse geherrscht und erst später hätte sich ebenso, wie ein Uebergreifen der einen Fläche  $\lambda$  in den benachbarten Krystallraum zu bemerken war, auch der Antheil von  $\lambda$  an der inducirenden Flächenbildung gerade in diesem Quadranten in dem Masse erhöht, wie eben der Vergleich des betreffenden neuen Flächenzeichens mit (263) ergab.

Als weiteres Beispiel dafür möge noch Krystall XIV hier angeführt werden, an welchem die Ungleichheit in der Grössenentwicklung der Krystallflächen der Zone  $ab$  auf der positiven und negativen Seite der  $a$ -Axe in der Anlage einer Anzahl verschiedener Vicinalflächen über  $l$  und  $\bar{l}$  in der Weise zum Ausdruck gelangte, dass wir nach Feststellung derjenigen Flächenbildungen, wodurch dieselben inducirt erscheinen, und nach Zerlegung des betreffenden Flächenzeichens in einen aus der zugehörigen Hauptfläche 120 und  $\bar{1}20$  und aus den benachbarten typischen Flächen bestehenden Theil sagen konnten, es hätte in beiden Flächen sich die Tendenz geltend gemacht, die benachbarten Flächen  $J$  und  $n$  zur Ausbildung zu bringen, so zwar, dass von den Flächen  $l$  selbst schliesslich kein Rest mehr übrig blieb, dass jedoch im linken Theile des Krystalles (über  $l$ ) das  $J$ , im rechten (über  $\bar{l}$ ) das Prisma  $n$  einen überwiegenden Einfluss ausübte, welcher eben in der Verschiedenheit des Antheiles derselben Flächen im Flächenzeichen der Induction zahlenmässig hervortritt.

In anderen Fällen schliesslich wurde der Antheil der einen Fläche an der Induction bezüglich einer Reihe benachbarter Flächen gleich gross gefunden, was mit der Schnelligkeit des absoluten Wachsthum in benachbarten Krystallräumen vor der Entstehung dieser Vicinalflächen in Zusammenhang gebracht wurde.

Aber auch der Zusammenhang zwischen der Entstehung der Vicinalflächen über  $\lambda$  und  $r$  und derjenigen auf den anstossenden Flächen der verticalen Prismenzone, dessen Möglichkeit bereits im I. Theile der Arbeit bei der blossen Betrachtung der Oberflächen-

beschaffenheit aus dem Umstande abgeleitet wurde, dass gewisse vicinale Zeichnungen auf den Flächen des Kopfes und der Prismenzone von einem gemeinsamen Punkte der Durchschnittskante ausgehen — und welcher zum Theile durch die Gleichheit der Differenzzahlen bereits ziffernmässig erwiesen schien, lässt sich nun einfach in dem Satze wiedergeben, dass dieselben Flächenbildungen, welche über  $\lambda$  und  $r$  als inducirende Ursache nachgewiesen wurden, auch in der Prismenzone Vicinalflächen inducirten (worauf jene in der Nähe der Zone  $ab$  zum Vorschein kommenden Vicinalflächen zurückzuführen sein dürften, welche den Charakter vicinaler Pyramiden besitzen), und dass andererseits die über  $\lambda$  und  $r$  durch Vicinalflächen vertretenen Flächenbildungen aus der Zone  $r\lambda$ , auf den horizontalen Axen Schnitte ergeben, entsprechend solchen Flächenbildungen der Zone  $ab$ , welche innerhalb der letzteren Zone sowohl selbstständig auftretend als auch Vicinalflächen von  $J$ ,  $l$  und  $n$  inducirend thatsächlich gefunden wurden.

Es gilt dieses namentlich von den folgenden Bildungen: (142) und (140), (263) und (130), (3.10.5) und (3.10.0), (5.14.7) und (5.14.0), (5.16.8) und (5.16.0), (7.18.9) und (7.18.0), (7.20.10) und (7.20.0), (4.10.5) und (250), (6.14.7) und (370).

Haben wir uns im Vorstehenden hauptsächlich zu zeigen bemüht, welche Vortheile die hier angewandte Betrachtungsweise der Vicinalflächen zu bieten verspricht, so ist doch in den zuletzt aufgeführten Beispielen auch schon indirect Vieles enthalten, welches zu Gunsten ihres sonstigen Werthes vorgebracht werden könnte.

Was mir am meisten für die Berechtigung der entwickelten Auffassung zu sprechen und zugleich den besten Wahrscheinlichkeitsbeweis dessen zu enthalten scheint, dass der eingeschlagene Gedankengang kein unrichtiger sei, ist der zuletzt erwähnte Umstand, dass die meisten Flächenbildungen, die in Form von Vicinalflächen (d. h. als inducirende Ursache derselben) nachgewiesen wurden, auch als selbstständige Bildungen bald an demselben Krystall, bald an anderen Krystallen zur directen Beobachtung gelangten.

Denn solches ist von vorneherein zu erwarten, sobald die durch die betreffende inducirende Flächenbildung umschriebenen krystallbauenden Kräfte resultanten nicht über einer bereits vorhandenen Fläche, sondern etwa über einer nebenliegenden Kante sich

geltend machen, da eben in solchem Falle die Beharrlichkeit, mit welcher nach unserer Voraussetzung die Unterlage einem geänderten Aufbaue entgegenstrebt, wegfällt, somit die betreffende Kräfteäusserung in unmittelbarer Weise zum Ausdruck gelangen kann.

Dass die inducirende Flächenbildung aber keineswegs immer sich nebenan selbstständig vorfinden und umgekehrt die selbstständige Flächenbildung ebensowenig immer eine nachweisbare Vicinalfläche nach sich ziehen muss, ist selbstverständlich, da ja alles nur darauf ankommt, auf welchen Theil des Krystalles der betreffende Zustand beschränkt bleibt, respective in welchem Krystallraum derselbe herrscht; immerhin aber wird man umgekehrt in dem Nebeneinandervorkommen derselben Flächenform als inducirende und selbstständige Bildung im gleichen Quadranten, wie dies beispielsweise bezüglich (130) am Krystalle XX der Fall war, einen Fingerzeig erblicken können, dass die inducirende Ursache der betreffenden Vicinalfläche richtig erkannt worden sei, was nicht überall ganz zweifellos bleiben dürfte.

Denn wenn das Princip richtig ist, dass die Differenzzahl auf Schichten von kleinster Dicke zu beziehen ist, so bleibt dann, wenn beispielsweise die Fläche  $2a : b : \infty c$  vorliegt, möglicherweise die Frage offen, ob der Ansatz nach beiden Axen erfolgt oder nicht, in welchen Fällen die Schichten kleinster Dicke, gemessen in der Richtung der Axen, bald durch  $2a : 1b$ , bald durch  $1a : \frac{1}{2}b$  anzugeben wären, was nur nebenher erwähnt werden mag.

Der Krystall XX, welcher bekanntlich eine ganz eigenthümliche Verzerrung durch entschiedenes Vorherrschen zweier gegenüberliegender Flächen  $n$  zur Darstellung bringt, ist nicht blos in der vorhin erwähnten Hinsicht, sondern noch aus einem weiteren Grunde besonders lehrreich, weil hier auf den vorderen grossentwickelten Flächen  $l$  und  $n$  lauter Vicinalflächen, auf der gegenüberliegenden Breitseite des Individuums nur selbstständige Bildungen vorkommen, die zwischen  $l$  und  $n$  liegen, ohne diese Flächen selbst zu erreichen, und weil endlich, was das merkwürdigste ist, das Bestreben, das allgemeine Gesetz vom Flächenparallelismus zu verwirklichen, in gewissem Sinne hier dennoch sich geltend macht, indem nämlich die Flächenzeichen der über  $l$  und  $n$  die Induction bewirkenden Bildungen vollständig identisch

sind mit den Flächenzeichen der selbstständig auftretenden Bildungen der Gegenseite.

Auf einen bereits früher berührten Punkt möchte ich hier nochmals zurückkommen.

In den meisten Fällen waren die benachbarten einfachen typischen Flächen selbst als inducirende Ursache nachweisbar: „einfache Induction“ — oder eine ganz bestimmte Abstumpfung zwischen der betreffenden Hauptfläche und der dieser zunächst gelegenen typischen Fläche — wie z. B. (263), welche aber mit der selbstständigen Fläche (130) der Zone *ab*, die ja für das Schweizer Vorkommen als typisch zu betrachten ist, im einfachsten Zusammenhange steht.

Alle anderen Fälle dürften auf „wiederholte Induction“ einfacher Flächen zurückzuführen sein oder als eine Folge „complicirter Induction“, respective Induction durch benachbarte complicirtere Bildungen, aufzufassen sein, welche letztere dann nur als gelegentliche locale Bildungen erscheinen, deren Vorkommen gerade für die Zonen mit oscillatorischer Combinationsbildung charakteristisch ist, wie für die Zonen *ab* und *bw*.

Durch die vorstehenden Erwägungen wird zugleich dargethan, dass man bei der angewandten Betrachtungsweise wie von selbst darauf geführt wird, dass complicirte Indices allein noch keinen wesentlichen Unterschied bedingen gegenüber anderen, einfacheren Flächen, dass sie daher nicht das alleinige Wesen der Vicinalflächen ausmachen können, wenn unter diesem Namen eine besondere Flächenart verstanden werden soll, was eben durch die vorliegenden Untersuchungen nahegelegt wird.

Die aufgeführten Beispiele dürften bereits ein Urtheil gestatten, ob die vorgeschlagene Betrachtungsweise der Vicinalflächen in ihrer Anwendung auf die Prismen- und Pyramidenflächen sich als vorthellhaft und berechtigt erweist.

Es entsteht nun noch die Frage, wie sich in dieser Beziehung die auf den Pinakoiden vorgefundenen Vicinalflächen verhalten.

Indem wir hier im Parameter der zur betreffenden Hauptfläche parallelen Axen (also *b* und *c* auf *a*, *a* und *c* auf *b*) den Factor  $\sigma$  wegliessen, gelangten wir zu ganz einfachen Flächenzeichen, welche wir ohneweiters als Ausdruck jener einfachen Flächenbildung ansehen können, die sich über *a* und *b* etablirte,

respective wodurch die Vicinalflächen daselbst inducirt wurden — wenn wir uns vorstellen, dass zu einer gewissen Zeit auf den Pinakoiden gar kein Neuansatz von Molekeln stattgefunden habe, dass das Wachsthum der Flächen eine unbestimmte Zeit hindurch unterbrochen war, worauf erst dieser Ansatz von einem bestimmten Punkte aus (unter dem Scheitel der schliesslichen vicinalen Hauptpyramide) wieder begonnen und von da sich nach einem bestimmten Gesetze über und auf der Fläche ausgebreitet habe, welches Gesetz eben durch das so abgeleitete Flächenzeichen illustriert würde, wobei die Einwirkung der Grundflächen  $a$  und  $b$  mit dem  $\sigma$  in bekannter Weise eliminirt erschiene.

Wollte man hingegen eine Unterbrechung des Wachsthums der Pinakoide nicht zugeben, so müsste man umgekehrt annehmen, dass wenigstens von einem bestimmten Momente an, in welchem, sei es in der Materialzufuhr, sei es in der Art seiner Verwendung an einer und derselben Stelle eine dauernde Aenderung eintrat, das gleichförmig parallele Fortwachsen insoferne unterbrochen erschien, als nicht mehr in derselben Weise wie früher auf die ganze Fläche hin innerhalb eines nicht zu grossen Zeitraumes eine durchschnittlich gleiche Anzahl von Molekeln über einander zum Absatze gelangte und auch während der Anlagerung weiterer Schichten diese Gleichförmigkeit für so lange unterbrochen blieb, bis die von bestimmten Punkten ausgehende erhöhte Bauthätigkeit auch auf die nebenliegenden Molekel übergegangen war.

Die Schnelligkeit, mit welcher der geänderte Zustand sich auf die Nachbarmolekel übertrug, wird zur Grösse der Aenderung im gleichen Verhältnisse stehen müssen, wie die Schnelligkeit der Ueber- und Nebenlagerung der neu ankommenden Molekel, respective wie die Fixationsgeschwindigkeiten derselben in den zur Hauptfläche  $a$  oder  $b$  senkrechten und in den zu diesen parallelen Axenrichtungen, wofern die neu geschaffene Oberflächengestaltung sich länger erhalten soll, und die Aenderung wird daher wieder gemessen werden können durch das Resultat, welches sie hervorbrachte, durch das Verhältniss der Höhen zu den kürzesten Durchmesser der Basis der auf  $a$  und  $b$  aufgebauten vicinalen Hauptpyramiden, aus welchem Verhältniss natürlich der Factor  $\sigma$ , welcher dasselbe zu Gunsten der Ausbreitung auf der Fläche verändert hatte, nach unserer Vorstellungsweise zuvor zu entfernen ist.

Wir wollen nun wieder empirisch verfahren, indem wir die durch Weglassen jenes Factors erhaltenen Flächenzeichen unter einander und mit denen der Nachbarflächen vergleichen, welche mit ihnen der gleichen Zone angehören.

Werden zunächst diejenigen der Zone  $ac$  auf  $a$  diesbezüglich ins Auge gefasst, so tritt vor Allem die grosse Constanz in der Lage der dort angetroffenen Flächenbildungen vom Charakter  $a\lambda$  sehr auffallend hervor.

Diese Flächen, von denen die meisten Beobachtungen vorliegen, da sie zum Zwecke der Correctur der Messungen in der Zone  $a\lambda$  fast an jedem der besprochenen Krystalle genauer untersucht werden mussten, und welche in vielen Fällen so ausgezeichnete Reflexe ergaben, dass ihre Winkel und demnach ihr Flächenzeichen dort mit der grössten Sicherheit sich bestimmen liess, führen fast durchwegs auf (801) als inducirende Bildung; seltener, jedoch gleichfalls mehrfach wiederholt, wurden noch (701) und (901), niemals aber mehrere der genannten Vicinalflächen zugleich neben einander angetroffen, was vielleicht damit zusammenhängt, dass die Zone  $ac$  selbst keine Streifenzone ist.

Die genannten Flächenzeichen, zu denen im weiteren Verlaufe der Zone  $ac$  selbst sich kein Analogon vorfindet, zeigen hingegen eine eigenthümliche Beziehung zu den in der gleichfalls zur Endfläche gehenden verwandten Zone  $bc$  entwickelten Flächenbildungen, da in der letzteren gleichfalls wiederholt Vicinalflächen vom Zeichen (071) und (091) zur Beobachtung gelangten, welche den früher erwähnten, wie man sieht, völlig entsprechen, das heisst auf der beiden gemeinsamen Axe  $c$  den gleichen Parameter besitzen.

Stellen die zuletzt erwähnten Bildungen auf solche Weise eine Art Zusammenhang her zwischen den beiden Zonen  $ac$  und  $bc$ , so bilden sie andererseits zugleich mit den neben ihnen noch ausserdem gefundenen tautozonalen Inductionen (041), (051), (061), (0.13.2), (0.11.1) eine nahezu geschlossene Reihe, die, wie man sieht, zu den benachbarten einfachen Flächen der nahezu immer als Streifenzone entwickelten Zone  $bc$  ein fast vollständiges Analogon abgibt, so zwar, dass auch hier wieder dieselben Flächen inducirend gefunden wurden, die in der Nachbarschaft als selbstständige Formen auftreten, nämlich  $w = (041)$ ,  $f = (061)$ ,  $g = (071)$  und  $h = (0.11.1)$ .

Trotzdem die angeführten Beobachtungen, wegen der strengen Anforderungen, die dabei an die Beschaffenheit und Güte des Materiales gestellt werden mussten, nicht anders als lückenhaft sein können, ist doch die Uebereinstimmung, mit welcher die gleichen Verhältnisse hier wiederkehren, die wir zwischen den Vicinalflächen auf Prismen und Pyramidenflächen entdeckten, eine so auffallende, dass damit der Gedanke wohl endgiltig ausgeschlossen erscheint, dass dieselben auf einem Zufall beruhen.

Begeben wir uns nun in die Zone der verticalen Prismenflächen, und zwar zunächst wieder auf  $a$ , so bemerken wir zunächst, dass die dieser angehörigen Vicinalflächen vom Charakter  $a^{\beta}$  und  $a^{\beta'}$  ein ganz anderes Verhalten zeigen, wie die vorhin besprochenen auf derselben Pinakoidfläche vom Charakter  $a^{\gamma}$  und  $a^{\gamma'}$ , indem sie vor allem viel beweglicher und auch insoferne variabler erscheinen, als oft mehrere davon in derselben Zone am gleichen Krystall nebeneinander entwickelt sind.

Doch sind auch hier solche hervorzuheben, die sich an mehreren Krystallen mit einer gewissen Constanz wiederholen: z. B. die in abgekürzter Form geschriebenen Bildungen (430), (750) und (110). Von letzterer abgesehen, finden sich auch andere von ihnen im weiteren Verlaufe der verticalen Zonenebene in inducirender Form wieder, so (430) und (650), die über  $J$  auftreten. Die Flächenzeichen der übrigen gehen seltsamerweise fast ausnahmslos in solche über, die den auf  $J$ ,  $l$  und  $n$  oder selbstständig angetroffenen Flächenbildungen der in Rede stehenden Zone entsprechen, wenn man den Index bezüglich der  $b$ -Axe verdoppelt.

Es sei gleich hier bemerkt, dass Aehnliches auch von den auf dem Pinakoid  $b$  gefundenen Bildungen, wie (150) und (160) gesagt werden kann, und zwar hier bezüglich der zur  $a$ -Axe gehörigen Indices, wie man daraus erkennt, dass (250) und (130) nebenan ziemlich häufig angetroffen wurden.

Wenn so die auf den Pinakoiden  $a$  und  $b$  vorgefundenen Vicinalflächen hierin eine von den benachbarten Prismenflächen etwas abweichende Besonderheit zu erkennen zu geben scheinen, so zeigt sich dabei, dass sie vielmehr mit diesen zugleich einer noch allgemeineren Gesetzmässigkeit gehorchen, als vorhin dargethan wurde.

Es lassen sich nämlich Reihen zusammenstellen, die von  $a$  ausgehen und nach  $b$  hinführen, in welchen ein und dasselbe Flächen-

zeichen im Verlaufe der Zone zuerst durch Bildungen über  $a$ , dann im Bereiche von  $J$  (110),  $l$  (120) und  $n$  (140) und endlich über  $b$  repräsentirt erscheint, aber in der Art, dass in demselben je nach dem Krystallraume, in welchem die zugehörige Bildung wiederkehrt, der Index der  $b$ -Axe in dem gleichen Masse verdoppelt erscheint, wie in den für die obenstehenden Prismen geltenden Zeichen.

Die nachfolgenden Beispiele werden dies klar machen.

Es wurden gefunden:

- (430) auf  $a$ , (430) auf  $J$ , (230) auf  $l$ , (130) auf  $l$  und  $n$ , (160) über  $b$ ;  
 (210) „  $a$ , (110) selbstständig, (120) selbstständig und auf  $b$ ;  
 (750) „  $a$ , (7.10.5) auf  $r$ , (7.20.0) selbstständig, (160) auf  $b$ ,  
 nahezu (7.40.0);  
 (760) „  $a$ , (7.12.6) auf  $r$ , (7.12.0) auf  $l$ , (7.24.0) auf  $n$ ;  
 (650) „  $a$ , (650) auf  $J$ , (3.10.5) auf  $r$ , (3.10.0) auf  $l$  und  
 selbstständig,  
 (530) „  $a$ , (560) auf  $J$ , (560) selbstständig, (5.12.0) auf  $l$ .

Die gleichmässige Zunahme der Indices von  $b$  mit der Annäherung an die  $b$ -Fläche, welche nur zum Theile, nämlich bezüglich der Inductionen über den drei Prismenflächen, auch einer Gleichheit der betreffenden Differenzzahlen auf derselben Axe entspricht und dann dieser einen verständlicheren Ausdruck gibt — ist um so bemerkenswerther, als sie schon beim Vergleiche einer doch verhältnissmässig so beschränkten Anzahl Beobachtungen, wie sie in dieser Beziehung zu Gebote standen, mit solcher Häufigkeit hervortritt.

Es scheint demnach nicht nur jede Flächenart, sondern auch jede Zone ihre eigene Betrachtung zu erfordern. Immer aber gelangt man auf allen diesen Wegen zu einem übereinstimmenden Resultate, nämlich zur Ueberzeugung von der mathematischen Gesetzmässigkeit der hier beschriebenen, bereits an der Grenze der möglichen Beobachtung stehenden Bildungen.

Eine Thatsache endlich verdient hier noch Erwähnung zu finden, womit das Beweismateriale erschöpft erscheint, welches zur Unterstützung der oben ausgesprochenen Ansicht über das Wesen der am Danburit aufgefundenen Vicinalflächen herangezogen werden kann.

Als ich am Schweizer Danburit (203) auf  $d$  und 570 auf  $a$  unter den inducirenden Bildungen erkannte, stand für mich die

Möglichkeit, dieselben oder Flächen von ähnlichen Indices auch unter den selbstständigen Bildungen an diesem Vorkommen anzutreffen, ausser Zweifel.

Obzwar nun mir selbst keine Gelegenheit geboten war, an den eingehender untersuchten 20 ausgezeichneten Krystallen die thatsächliche Existenz derartiger Flächenbildungen zu beobachten, so hat doch die Richtigkeit der obigen Schlussfolgerung mittlerweile durch Forschungen von anderer Seite her eine Bestätigung erfahren, da bekanntlich Seligmann und Hintze in die Lage kamen, die Flächen (203) und (572), welche Hintze späterhin mit der Bezeichnung  $\sigma$  und  $\zeta$  belegte, in einem vereinzelt Falle thatsächlich nachzuweisen.

Jetzt, wo ich nach übersichtlicher Besprechung des Beobachtungsmateriales mit der Darstellung der Folgerungen, welche sich aus denselben zu ergeben scheinen, am Schlusse angelangt bin, wäre es vielleicht am Platze, die Frage zu erörtern, wie sich die Verhältnisse gestalten, d. h. welchen Werth und welche Deutung namentlich die Differenz-Zahlen erhalten, wenn anstatt der von Dana eingeführten Grundpyramide  $\sigma = (111)$ , entweder  $r = (111)$  oder  $\lambda = (111)$  gesetzt werden.

Auf eine nähere Discussion dieser Frage kann schon aus Raummangel hier nicht eingegangen werden; doch wird es gewiss genügen, in dieser Beziehung zu erklären, dass nach einschlägigen Untersuchungen unter den drei obenerwähnten, für den Schweizer Danburit zulässig erscheinenden Grundannahmen, die zuerst von Dana aufgestellte und hier acceptirte  $\sigma = (111)$  im Vereine mit der Annahme  $\sigma = 20$  resp. 21 (wobei die kleinsten Molekelabstände auf  $b$  als Maasseinheit genommen sind) bei weitem die einfachsten Resultate liefert.

Es erübrigt nun über die Bedeutung des Factors  $\sigma$  selbst noch einige Worte zu sagen.

Es wäre wohl nicht gerechtfertigt und würde mich zu sehr vom Boden der Thatsachen entfernen, wenn ich mich hier in theoretische Speculationen über den Krystallbau und Krystallisationsgesetze, die dem eigentlichen Thema dieser Arbeit doch ferne liegen, vertiefen wollte; solche Untersuchungen müssen Berufeneren

überlassen bleiben, die, wie Knop<sup>1)</sup>, Lehmann<sup>2)</sup> u. a., vom Experimente ausgehend, diesem Gegenstande ihr ausschliessliches Studium zugewendet haben.

Gleichwohl wird es erlaubt sein, wenigstens einige Andeutungen zu versuchen, wo man die Provenienz des so bedeutsamen Hervortretens des in Rede stehenden Factors zu suchen haben dürfte.

In welcher Weise dessen Wirksamkeit sich äussert, wurde bereits an anderer Stelle klar gemacht, wo derselbe als ein Ausdruck der Beharrlichkeit hingestellt wurde, mit dem jede bereits ausgebildete Fläche einer Aenderung ihrer Lage entgegenstrebt, sich also gleichsam selbst zu erhalten sucht.

Sich selbst erhält aber eine Fläche dann, wenn sie parallel weiter wächst.

Es sind daher zunächst die Umstände zu erwägen, unter welchen dieses stattfinden kann, und wodurch dasselbe unmöglich gemacht wird.

Wenn sich neue Molekel an bereits vorhandene ansetzen, so kommt ein zweifaches Moment in Betracht, ein räumliches und zeitliches, d. h. es kommt darauf an, wie sich die neu angekommenen gegen die früheren orientiren, und wie schnell der Anschluss erfolgt.

Wenn wir in Betreff des ersteren voraussetzen, dass die Orientirung eine vollständige sei, so wird in Betreff des zweiten Punktes noch zu bedenken sein, dass bei paralleler Vergrösserung einer vorhandenen Fläche nicht nur an allen Stellen derselben innerhalb einer gewissen Zeit gleich viel Stoff zum Absatze gelangt, sondern auch der Verbrauch an Stoff, welcher ja der nächsten Umgebung entnommen wird, im gleichen Masse sich ersetzt.

Mit andern Worten, zwischen der Materialzufuhr und der Verwendung desselben muss eine vollständige Wechselbeziehung bestehen, und die Verwendung selbst muss überall gleich rasch vor sich gehen.

In dieser Hinsicht wird die Beschaffenheit der Krystallmolekel selbst in erster Linie massgebend sein müssen.

<sup>1)</sup> Molekularconstitution und Wachsthum der Krystalle, Leipzig 1867.

<sup>2)</sup> Ueber das Wachsthum der Krystalle, Zeitschr. f. Krystallogr. I., pag. 453.

Denn es ist vorauszusetzen, dass jede neugekommene Molekel, um in den vollständigen Gleichgewichtszustand gegenüber der bereits fixirten überzugehen, also zur Vollendung ihrer Fixirung, auch wenn sie sich mit ihrem Schwerpunkt bereits an Ort und Stelle befindet, noch eine gewisse Zeit brauchen und unterdessen nach aussen hin so lange andere Anziehungskräfte entwickeln, so lange also selbst in ungleicher Weise fixirend einwirken wird, als ihre eigene Fixirung nicht vollendet ist.

Wenn ferner anzunehmen ist, dass jede fixirende Molekel nur auf jenen Molekularlinien, in welchen die letzte Annäherung der zu fixirenden Molekel erfolgt, ihre volle Kraft entwickelt, dass ferner die Fixirungsgeschwindigkeit auf jeder Molekularlinie eine bestimmte sei, mit diesen aber in einem bestimmten Verhältnis sich ändere, so ist es klar, dass in dem Verhältnisse der relativen Fixirungsgeschwindigkeit  $v$  auf allen innerhalb der Actionssphäre der einzelnen Molekel liegenden Theilen der Molekularlinien die zukünftige Oberflächengestaltung des Krystalles im Keime bereits gegeben sei.

So lange  $v$  dasselbe bleibt, wird auch der Krystallobitus unter allen Variationen äusserer Umstände wieder zum Durchbruche gelangen.

Stellen wir uns eine Molekel vor als Fixationsmittelpunkt, rings umgeben von Flüssigkeit, welche ansatzfähige Molekel enthält, so wird Zuströmen von allen Seiten erfolgen, und es wird auch Ansatz derselben in allen Richtungen innerhalb der Actionssphäre erfolgen können, aber es werden schliesslich nur eine Anzahl Ansatzrichtungen als solche hervortreten, nämlich jene, auf denen die schnellste Fixirung erfolgte, während alle übrigen latent bleiben.

Wenn nun dieser Ansatz im gleichen Masse erfolgt, wie neuer Stoff herbeiströmt, so wird, so lange das  $v$  auf den einzelnen Molekularlinien sich nicht oder nur gleichmässig ändert, auch die Combinationsentwicklung des entstehenden Krystalles die gleiche bleiben, mit Aenderungen des  $v$  aber sich wesentlich ändern müssen.

So wird auch beim Fortwachsen einer gross entwickelten Fläche aus dem Conflict oder der Uebereinstimmung zwischen Materialverbrauch und Zufuhr Gleichheit oder Ungleichheit der Vergrösserung sich ergeben, und Aenderungen können nur in der einen oder anderen Hinsicht eintreten.

Wenn wir nun den allgemeinen Zustand der Krystalle mit Vicinalflächenbildung ins Auge fassen, so lässt sich derselbe nicht besser charakterisiren, als so, dass man ihn als Zustand des Flächenwachsthum dem des Kantenwachsthum gegenüberstellt.

So wie nach Lehmann das Fortwachsen der Krystalle das Vorhandensein einer übersättigten Flüssigkeitsschichte<sup>1)</sup> einerseits und eines verhältnismässig substanzarmen Hofes in unmittelbarer Nähe des sich vergrößernden Krystalles andererseits voraussetzt, und wie ferner bei den rasch wachsenden Krystallen in stark concentrirter Lösung an jenen Stellen (wie an den Ecken und Zuschärfungen), über welchen das Gefälle der Concentration am grössten ist, die nöthige Uebersättigung in Folge des hier bei raschem Verbrauche erzeugten heftigeren Diffusionsstromes sich schneller wiederherstellt, als an anderen Stellen (über den Flächen) des Krystalles, durch welchen Umstand eben das vorherrschende Wachsthum an jenen Ecken und Kanten hervorgerufen wird, so ist umgekehrt der Fall denkbar, wo dieses Gefälle nahezu gleich Null wird und daher von einer Verschiedenheit des durch den Substanzverbrauch erzeugten Diffusionsstromes kaum noch die Rede sein kann.

Dieses wird also dann eintreten, wenn das Wachsthum sehr langsam und in einer sehr schwach concentrirten Lösung vor sich geht; hier wird die nöthige Uebersättigung wohl nur unter dem Einflusse der Attraction, welche der sich vergrößernde Krystall auf die umgebende Substanz ausübt, sich erzeugen, und es erscheint so möglich, dass in diesem Falle gerade Stellen, welche dem Mittelpunkte der anziehenden Masse näher liegen, bezüglich des zur Verfügung stehenden Materiales im Vortheil sein werden.

Das aber wird zur Folge haben, dass sich über jenem Theile der betreffenden Flächen im Allgemeinen Pyramidenbildungen erheben, ähnlich wie wir solche thatsächlich bei unseren Danburitkrystallen auf *a* und *b* angetroffen haben, wo sogar ein gewisses Abhängigkeitsverhältnis zwischen der Höhe der Pyramiden und der Entfernung ihrer Grundflächen von dem Krystallmittlepunkte in einzelnen Fällen nachweisbar erschien.

---

<sup>1)</sup> Was vielleicht mit der Entstehung von Krystallmolekeln in Verbindung zu bringen ist.

Dazwischen ist nun ein Zustand denkbar, wo der Krystall so lange völlig gleichförmig sich vergrössern wird, als in den Fixationsgeschwindigkeiten der einzelnen Molekel keine Aenderung eintritt.

Aus dem Angeführten ist zu schliessen, dass die hier zur Untersuchung gelangten Krystalle das Product sehr langsamen Wachsthum in sehr wenig concentrirter Flüssigkeit darstellen, was auch die reichlich vorhandenen Aetzfiguren noch bestätigen.

Dass jedoch hier in der Massenwirkung der Krystalle nur ein modificirender Umstand der Combinationsentwicklung zu erblicken sei, und dass die Vicinalflächen keinesfalls ausschliesslich darauf zurückzuführen seien, erkennt man schon daraus, dass beispielsweise über  $r$  und  $n$  nicht lediglich Flächenelemente entwickelt erscheinen, die nur nach jener Seite hin sich über die Grundfläche erheben, die dem Mittelpunkt der Krystallmasse näher liegt, sondern vielmehr auch solche, die beiderseits von der Flächennormalen abweichen.

Ausserdem haben wir sowohl in der Zone  $bw$  als in der Zone  $ab$  oscillatorische Combinationsbildung angetroffen und daraus geschlossen, dass über verschiedenen Punktreihen dieser Zonen die gleiche Constellation der krystallbauenden Kräfte resultanten periodisch wiedergekehrt sein müsse.

Man wird wohl nicht fehlgehen, in diesen Fällen eine Wechselwirkung anzunehmen von solchen Aenderungen (localer Natur), die von äusseren Umständen, wie Diffusionsbewegungen der umgebenden Flüssigkeit herrühren, und solchen (genereller Natur), die mit den Fixationsverhältnissen der einzelnen Molekel, also namentlich mit schwankender Combinationsbildung zusammenhängen.

Kehren wir nun zur Betrachtung des  $\sigma$  zurück, so ist daran zu erinnern, dass die Grösse desselben dem absoluten Werthe nach auf sämtlichen Flächen der untersuchten Krystalle und auf derselben Fläche, z. B.  $\alpha$ , in verschiedenen Zonen sozusagen gar keinen Unterschied ergab, wodurch wenigstens das eine wahrscheinlich gemacht wird, dass  $\sigma$  mit den betreffenden Flächen nur in einem äusserlichen Zusammenhange stehen könne, insoferne es über denselben seine Wirksamkeit äussert.

Man wird das Wesen desselben vielmehr ausserhalb des Krystalles im Zustande der den Krystall umgebenden Lösung,

respective im Zustande der gelösten Substanz selbst noch vor dem Festwerden zu suchen haben.

Wenn es erlaubt ist, dabei an jenen Zustand zu denken, welcher der Fixirung mittelbar oder unmittelbar jedenfalls vorausgegangen sein muss, nämlich an den Zusammentritt der chemischen Molekel zu Krystallmolekeln und die Vertheilung der neu gebildeten Molekel in der Lösung, so wird unter der Voraussetzung, dass die Bildung von Krystallmolekeln bei jenem Zustande der Lösung, welcher der Entwicklung von Vicinalflächen günstig ist, erst unmittelbar vor dem Festwerden in der Nähe der fixirenden Oberfläche der bereits gebildeten Krystalle vor sich geht, das  $\sigma$  möglicherweise mit dem Abstände in Verbindung zu bringen sein, in welchem die noch in freiem Zustande befindlichen einander benachbarten Krystallmolekel in jenem Momente von einander entfernt sind, wo sie auf der sich vergrößernden Fläche zum Absatze gelangen.

Es würde dadurch nicht nur erklärlich, dass diese Strecke, weil sie eben die Entfernung der Nachbarmolekel betrifft, bei allen Aenderungen in den Verhältnissen der Nebenlagerung dieser Molekel (namentlich aber hinsichtlich der Schnelligkeit, mit welcher sich die Aenderungen über die Fläche ausbreiten) ebenso die Einheit abgibt, wie die Molekelabstände im fertigen Krystalle hinsichtlich der Ueberlagerung, und es würde ferner dadurch erklärlich, wie eine geringe Schwankung dieses Werthes  $\sigma$  an verschiedenen Krystallen mit einer geringfügigen Aenderung der durchschnittlichen Concentration der Lösung sich vereinigen lässt.

### C. Rückblick und Schlusswort.

Dauber hat zuerst<sup>1)</sup> durch höchst sorgfältige Messungen die Thatsache unzweifelhaft festgestellt, dass auch die Winkel der glattesten, besten Flächen bisweilen nicht unerhebliche Abweichungen von den theoretisch erwarteten Werthen aufweisen.

Nach ihm hat namentlich Scacchi<sup>2)</sup> die weitere Thatsache, dass oft sehr gut spiegelnde Flächen eine Anzahl gleich guter Reflexbilder ergeben und bei genauerer Betrachtung aus mehreren nur wenig gegeneinander geneigten Elementen bestehen, d. h.

<sup>1)</sup> Poggendorf, Ann. 1858, I.

<sup>2)</sup> Mem. della Reale Accad. Scienze di Torino II. T. XXI. 1862, übersetzt von Rammelsberg, Zeitschr. d. deutschen geol. Gesellsch. 1862, Bd. 15.

gebrochen erscheinen, an einer Anzahl der verschiedenartigsten Minerale weiter verfolgt und der in den so gemessenen Winkeln gefundenen Variabilität in der Aufstellung des Begriffes der Polyëdrie Ausdruck gegeben.

Sodann ist Websky<sup>1)</sup> an die Frage herantreten, ob solche den einfachen sehr naheliegende Flächen für die Krystallisationsverhältnisse der betreffenden Substanz, an welcher sie zur Wahrnehmung gelangen, als charakteristisch zu betrachten seien, und ob es daher gerechtfertigt erscheint, die Axenschnitte derselben zu bestimmen, respective sie auf die Parameter der einfachen Formen zu beziehen, mit anderen Worten, ob sie bloß zufällige oder ebenso gesetzmässige Bildungen seien, wie die einfachen Flächen selbst.

Für die gestreiften Seitenflächen des Adulares hat der genannte Forscher den Nachweis zu liefern gesucht, dass letzteres in der That der Fall sei, und als ein Kriterium ihrer Gesetzmässigkeit die Eigenthümlichkeit hervorgehoben, dass ihre Parameter Glieder arithmetischer Reihen zu bilden scheinen.

Er hat solche Flächen als „Vicinalflächen“ bezeichnet, nachdem er auf den inneren Widerspruch aufmerksam gemacht, der in der Ausdrucksweise Sacchi's, dass eine und dieselbe Krystallfläche verschiedene Lagen annehmen könne, und in der daran geknüpften Lehre von der „Polyëdrie“ enthalten sei.

Seitdem ist keine grössere krystallographische Arbeit erschienen, die nicht einen Beitrag zur Kenntnis der Existenz solcher Vicinalflächen geliefert hätte, kein hervorragenderer Krystallograph hat es unterlassen, darauf Rücksicht zu nehmen.

Dass insbesondere die Parameter der Vicinalflächen Glieder arithmetischer Reihen zu bilden scheinen, haben nach Websky noch andere Forscher, u. a. Zepharovich am Aragonit<sup>2)</sup>, und in neuerer Zeit Grünhut am Topas<sup>3)</sup> zu bestätigen gesucht. Dass die Vicinalflächen mitunter über einfache Flächen sogar vorherrschen können (was beispielsweise betrifft (110) vom Aragonit gilt), hat u. a. gleichfalls Zepharovich dargethan, dass dieselben auch

<sup>1)</sup> Zeitschr. d. deutschen geol. Gesellsch. 1862, Bd. 15, pag. 677.

<sup>2)</sup> Sitzber. der k. Akad. d. Wiss. Bd. LXXI. 1875. Zuvor schon hatte Schrauf an den Krystallen von Werfen und Dognacka Pyramiden und Brachydomen mit hohen Werthen der Hauptaxe nachgewiesen, ebenda LXII. 1870.

<sup>3)</sup> Zeitschr. f. Krystallogr. Bd. IX, 2. Heft.

insoferne als keine bloß zufälligen Bildungen zu betrachten seien, als sie in verschiedenen Quadranten der Krystalle den Symmetriegesetzen entsprechend zuweilen unter ganz gleichen Winkelverhältnissen wiederkehren, haben beispielsweise Grünhut und letztlich auch Palla<sup>1)</sup> in einer eigens auf das Studium der Vicinalflächen des Natrolithes gerichteten Arbeit mit Nachdruck hervorgehoben.

Auch gewisse einseitige Verschiebungen solcher Flächen, die eine bestimmte Symmetrie niedereren Grades nachahmen, als dem betreffenden Krystallsysteme zukommt, erscheinen in der zuletzt genannten Arbeit bereits angedeutet; — wie man sieht, lauter Verhältnisse, die auch hier am Schweizer Danburit zur Beobachtung und Besprechung gelangten.

Wenn es so mehr als wahrscheinlich ist, dass wenigstens ein Theil der in der Literatur unter dem Namen Vicinalflächen beschriebenen Gebilde mit den hier unter der gleichen Bezeichnung besprochenen Begrenzungselementen zu identificiren sein dürfte, ist dieses jedoch keineswegs allgemein der Fall.

Zunächst ist hervorzuheben, dass es bisher wohl immer nur beträchtlichere Abweichungen zwischen Beobachtung und Berechnung waren, welche den gewissenhaften Forscher bei dem Bestreben, den realen Verhältnissen einen genaueren Ausdruck zu geben, als dies durch Beibehaltung des einfacheren Flächenzeichens geschehen wäre, veranlassen konnten, durch Aufstellung complicirter Symbole davon abzugehen.

Ich zweifle daran, ob man sich von vorneherein entschlossen hätte, Symbole wie (336.0.1) aufzustellen oder ihnen irgendwelchen Werth beizulegen, selbst auf Grund so ausserordentlich präziser Messungen, wie sie mir gerade bezüglich dieser Flächen zu Gebote standen, und obgleich sich derselbe Parameter an mehreren Krystallen unter genau gleichen Verhältnissen wiederholte, während man vielleicht an der Aufstellung des Symboles (1.20.0) keinen Anstoss genommen hätte.

Und doch gehören die beiden S. zu Grunde liegenden Flächenelemente einer und derselben vicinalen Hauptpyramide auf  $a$  an, und stehen, wie wir ausführlich nachzuweisen in der Lage waren, in so gesetzmässigen Beziehungen zu einander und zu entsprechend

---

<sup>1)</sup> Zeitschr. f. Krystall. Bd. IX, 4. Heft.

gelegenen Flächenelementen auf  $b$ , dass an ihrer Gleichartigkeit nicht gezweifelt werden kann.

Und so besteht der erste Unterschied zwischen den hier beschriebenen und den meisten in der Literatur bekannten Vicinalflächen schon darin, dass wir es im vorliegenden Falle fast durchwegs mit solchen Flächen zu thun hatten, bei denen die Abweichung der Winkelwerthe von denen der einfachen Flächen der Fehlergrenze von Beobachtungen minderer Güte sich bereits so weit nähert, dass sie nur bei ausserordentlich günstiger Beschaffenheit der spiegelnden Flächenelemente zum unzweifelhaften Nachweise gelangen konnten.

Zu zeigen, dass auch diesen Gebilden, die sich bis an die Grenzen der Beobachtung herab verfolgen lassen, eine hohe Gesetzmässigkeit innewohnt, war ein Hauptzweck der vorliegenden Arbeit.

Dieselbe hat uns aber zweitens in ihrem Verlaufe wie von selbst dahin geführt, einen Unterschied zu machen zwischen solchen Flächen mit complicirten Indices, die in selbstständiger, und solchen, die in vicinaler Form durch Induction von Vicinalflächen auftreten, und uns dadurch zur Erkenntnis gebracht, dass es eine besondere Art von Flächen gäbe, deren Wesen durch die Eigenthümlichkeit hoher Indices noch nicht erschöpft sei.

Alle unsere Beobachtungen und die daran geknüpften Untersuchungen haben uns vielmehr die Ueberzeugung verschafft, dass es unter den Vicinalflächen im bisherigen Sinne solche gäbe, die von ihrer Unterlage nicht loszutrennen sind, die mit dieser in einem genetischen Zusammenhange stehen, die sozusagen eine Erscheinungsform derselben ausmachen.

Damit sind wir aber zum Theile wieder zur Auffassung Scacchi's zurückgekehrt, welcher in den Vicinalflächen gleichfalls eine Art Erscheinungsform ihrer Grundflächen erblickt, nur dass er seiner Meinung in einer den Principien des Krystallbaues etwas widersprechenden Weise Ausdruck gab, nach welchen eine Krystallfläche, insoferne sie als parallele Wiederholung einer bestimmten inneren Molekularebene zu betrachten ist, eine variable Lage nur dann annehmen kann, wenn etwa die in ihr enthaltenen Molekel selbst eine von den übrigen Molekeln des Krystalles abweichende Orientirung besitzen, in welchem Falle aber kein einheitliches Individuum mehr, sondern eine Verwachsung vorliegt.

Scacchi scheint auch in der That bis zu einem gewissen Grade den Fall hypoparalleler Lagerung der Theile im Auge gehabt zu haben, wie namentlich aus dem Schlusscapitel der citirten Schrift hervorgeht, wo von der strahligen Krystallgruppierung die Rede ist.

Es wurde nun zur Erklärung der Entstehung dieser Flächen am Danburit oben der Satz aufgestellt und zu beweisen gesucht, sie seien als inducirte Bildungen aufzufassen und dadurch entstanden zu denken, dass sich in Folge einer generellen oder localen Verschiebung der krystallbauenden Kräfteresultanten eine fremde, und zwar in der Regel eine benachbarte Bildungstendenz über den bereits fertigen typischen Flächen geltend machte.

Wenn es gestattet ist, die am Danburit gemachten Erfahrungen auch auf andere Substanzen zu übertragen, so möchte ich daher vorschlagen, falls derartig gesetzmässige Begrenzungselemente auch an anderen Krystallen nachgewiesen werden, dieselben unter dem bereits von Scharff<sup>1)</sup> in die Literatur eingeführten Namen „Uebergangsflächen“ zusammenzufassen und den Ausdruck „Vicinalflächen“ auf solche zu beschränken, denen zwar auch hohe Indices zukommen, die sich aber nicht in gleicher Weise wie die vorigen auf irgendwelche am selben Krystalle vorkommende typische Flächen beziehen lassen, weshalb die letztere Bezeichnung sich mit dem Begriffe secundärer Flächen grösstentheils decken würde.

Es erübrigt noch kurz anzudeuten, welche praktischen Resultate man von den vorliegenden Untersuchungen erwarten darf.

Zunächst ist zu bedenken, dass die gesetzmässigen Beziehungen, welche sich bei der Untersuchung zwischen den Uebergangsflächen des Danburites ergaben, auch dann bestehen bleiben, wenn sich gegen die Erklärung, welche betreffs ihrer Herkunft versucht wurde, Zweifel erheben, oder wenn es gelingt, ihnen eine bessere Deutung zu geben.

Eine allgemeine Bedeutung und Wichtigkeit werden sie dagegen erst dann erlangen, wenn sie sich auch an anderen Mineralen nachweisen lassen.

Immerhin dürfte im Vorstehenden wenigstens der Beweis geliefert sein, dass das Studium solcher hart an der Grenze der Beobachtung stehender Gebilde nicht so aussichtslos ist, als es

<sup>1)</sup> Siehe dessen Schrift: „Ueber den Quarz.“ Abhandl. d. Senkenb. naturforsch. Gesellsch. Bd. III und IX.

erscheint, wiewohl zugestanden werden muss, dass derartige Untersuchungen zu den mühsamsten und zeitraubendsten gehören und ein der Messung ausserordentlich günstiges Material erfordern.

Wir wollen im Folgenden den Fall voraussetzen, dass die hier zur Beschreibung gelangten Gesetzmässigkeiten wirklich allgemeine Verbreitung besitzen.

Ihr Nachweis wird trotzdem der Natur der Sache gemäss nur in verhältnismässig einfachen Fällen gelingen können.

Andererseits ist nicht zu übersehen, dass die Ausbildung von Uebergangsf lächen nach dem Gesagten an einen bestimmten Zustand des wachsenden Krystalles gebunden erscheint und daher keineswegs an allen Mineralen von allen Fundorten in gleicher Weise zu erwarten ist.

Wir waren vielmehr gezwungen, in der Grösse des Factors  $\sigma$  kleine Variationen zuzulassen, und es ist schon darum die Möglichkeit nicht ausgeschlossen, dass er in einem gegebenen Falle entweder so gross werden kann, dass sich die dadurch veranlassten Vicinalflächen dem Nachweise entziehen, wenn nämlich die Winkelabweichungen wirklich unter die Beobachtungsgrenze hinabsinken, oder dass er sich sehr verkleinert, respective ganz verschwindet, in welchem Falle es zu Uebergangsf lächen gar nicht käme.

Wenn sonach auch nicht jedes Mineral derartigen Studien zugänglich sein dürfte, so wird es doch voraussichtlich an geeignetem Untersuchungsmateriale überhaupt nicht fehlen, da ja Vicinalflächenbildung eine im Reiche der Krystalle so häufige Erscheinung ist, und dürften in dieser Beziehung gerade die gewöhnlichsten, daher bezüglich der typischen Flächen am genauesten untersuchten Mineralvorkommen am geeignetsten erscheinen.

Aufgabe des Krystallzüchters würde es dann sein, Uebergangsf lächen künstlich hervorzurufen und willkürlich zu modificiren.

Wenn diese Art von Vicinalflächen wirklich jene Empfindlichkeit gegenüber den Einflüssen der Verzerrung, der ungleichen Fortentwicklung des wachsenden Krystalles besitzen, wie oben wahrscheinlich gemacht wurde, so liegt der ausserordentliche Vortheil, den eine Untersuchung künstlich gezogener und zwischen den einzelnen Messungen weiter wachsender Krystalle<sup>1)</sup> in dieser Beziehung bieten müsste, wohl auf der Hand.

<sup>1)</sup> Wie Aehnliches Scacchi l. c. bereits unternommen hat, ohne jedoch die Messungen auf einander zu beziehen.

Welche Perspective sich dem Studium der Krystallisationsgesetze dabei eröffnen könnte, wurde bereits früher angedeutet.

Besonders interessant würde sich in dieser Hinsicht die Untersuchung eines und desselben Mineralen von verschiedenen Fundorten gestalten, wenn es gelänge, festzustellen, in welcher Weise jene Individuen, die in den gross und typisch entwickelten Flächen übereinstimmen, sich etwa durch ihre Uebergangflächen unterscheiden lassen.

Für die Praxis der Krystallmessungen wären schliesslich folgende Consequenzen zu ziehen. Bei der Constanz, mit der gewisse Uebergangflächen bisweilen an Stelle der einfachen erscheinen, dürfte es namentlich in solchen Fällen, wo, wie bei den triklinen Mineralen, die Ausbildung symmetrischer Zonen der Deutung der Beobachtungen nicht zu Hilfe kommt, respective der Vergleich mit den Symmetrieverhältnissen ausgeschlossen ist, mitunter ganz unmöglich werden, das A. System mit Sicherheit zu bestimmen. Aehnlich dürfte es sich auch mit den mimetischen Krystallen verhalten, wo ebenso wie bei gewöhnlichen Zwillingbildungen der inducierende Einfluss der von beiden Individuen ausgehenden Flächenbildungen von vorneherein sehr wahrscheinlich ist, wie dies ja vor längerer Zeit *Web sky* bezüglich des Quarzes von *Striegau* bereits nachzuweisen versuchte. Am schwierigsten müssen die Verhältnisse sich da gestalten, wo die optischen Eigenschaften bei Bestimmung des Systemes gänzlich im Stiche lassen, bei undurchsichtigen, metallischen Substanzen.

Dass es im Falle des Auftretens von Vicinalflächen überhaupt nöthig erscheint, erst die Charaktereigenthümlichkeiten dieser Gebilde an dem gerade betrachteten Vorkommen festzustellen, wird aus der Discussion der Messungen in Zone  $a\lambda$  zur Genüge ersichtlich sein. Wo aber nicht genügend Material zu Gebote steht, um diese zu erkennen, oder die Individuen sehr winzig sind, da wird offenbar falsche Bestimmung des Axenverhältnisses oder sogar des Systemes unter gewissen Umständen kaum zu vermeiden sein.

Noch ein Moment verdient in dieser Beziehung hervorgehoben zu werden. Wir haben in den Flächen  $d$  des Danburites, wo fast jedesmal Reflexe von der genauen Lage des theoretischen Ortes derselben angetroffen wurden, die nachweislich von den Grundflächen der auf dieser Fläche erscheinenden Aetzfiguren herrührten, einen

Fall kennen gelernt, wo durch einfache Anwendung des rein mathematischen Calculs, z. B. durch Eliminirung der Beobachtungsfehler auf dem Wege des arithmetischen Mittels, die Möglichkeit gegeben ist, zum richtigen Winkel zu gelangen. Wir haben aber ebenso in  $\lambda$  ein Beispiel besprochen von Flächen, bezüglich welcher das einfache Mittel zu einem ganz falschen Resultate geführt haben würde, und wo es nothwendig war, auf die „mathematisch gleichberechtigten“ Werthe erst den „naturwissenschaftlichen“ Calcul anzuwenden, d. h. diejenigen herauszufinden, welche nach diesbezüglichen Untersuchungen sich zur Entscheidung der Frage nach der Lage der wahren Fläche  $\lambda$  am meisten eigneten, und erst diese wieder unter einander zu vergleichen.

Wie daher in letzter Zeit eine Anzahl von Werken erschienen, welche theils die rein mathematische Seite der Krystallographie zum Gegenstande haben, theils, wie beispielsweise die Untersuchungen von Brezina, darauf gerichtet sind, die in der Art der Beobachtung und den Apparaten gelegenen Fehlerquellen durch die sorgsamste mathematische Behandlung aufzudecken und zu eliminiren, so mag die vorliegende Arbeit als ein Beitrag zur Methode hingenommen werden, nach welcher diejenigen Correcturen festzustellen sind, welche mit Rücksicht auf die Charaktereigenthümlichkeiten jedes speciellen der Messung unterzogenen Individuums in den von der Messung direct gelieferten, wenn auch nur in den Minuten abweichenden Winkeln noch vor Anwendung des mathematischen Calculs angebracht werden müssen, damit sie schliesslich nicht nur mathematisch, sondern auch naturwissenschaftlich begründet erscheinen — als ein Versuch endlich, nachzuweisen, dass auch jene complicirten Thätigkeitsäusserungen der Krystalle, welche Scharff so wunderbar erschienen, dass er sie dem organischen Leben der Pflanzen zur Seite stellte, durch die Messung sich voraussichtlich noch viel weiter werden verfolgen und auf mathematische Gesetzmässigkeiten zurückführen lassen, als jener Forscher noch vor ganz kurzer Zeit für möglich hielt.

Wien, mineralogisch-petrographisches Universitäts-Institut, im October 1884.

---