

Ueber einen vereinfachten Apparat zur Herstellung orientirter Krystalschliffe.

Von

E. A. Wülfing in Hohenheim.

Mit 14 Textfiguren.

	I n h a l t.	Seite
1. Bisherige Constructionen		2
2. Neue Construction		8
3. Arbeitsmethode		12

Bei einigen im Centralblatt für Min. etc. 1901. Heft 10 publicirten Versuchen bezüglich der VIOLA'schen Beobachtungen über die Fortpflanzung des Lichtes im Turmalin handelte es sich um die Herstellung orientirter Flächen ausserhalb gut entwickelter Zonen. Hierdurch wurde ich wieder vor ein Problem gestellt, das ich früher schon einmal zu lösen versuchte. Der zu diesem Zweck 1889 beschriebene Apparat hat meines Wissens keine Verbreitung in weiteren Kreisen gefunden; wenn ich dennoch auf das bei ihm zur Anwendung gelangte Princip zurückkomme und einige Constructionsverbesserungen beifüge, so geschieht dies in der Überzeugung, dass kein anderer Apparat mit so einfachen Mitteln eine sichere Lösung der Aufgabe gestattet. Bevor ich an die Beschreibung dieser Verbesserungen gehe, mögen die bisherigen Schleifvorrichtungen kurz besprochen werden.

1. Bisherige Constructionen.

1888. M. WOLZ (RAUFF), Über eine verbesserte Steinschneidemaschine, sowie über einen von M. WOLZ in Bonn construirten, damit verbundenen Schleifapparat zur Herstellung genau orientirter Krystallplatten. Dies. Jahrb. 1888. II. 243—246.
1889. R. FUESS, Über eine Orientirungsvorrichtung zum Schneiden und Schleifen von Mineralien nach bestimmten Richtungen. Dies. Jahrb. 1889. II. 181—185.
1889. E. A. WÜLFING, Über einen Apparat zur Herstellung von Krystallschleifen in orientirter Lage. Zeitschr. f. Kryst. 17. 1890. p. 445—459.
1895. A. E. TUTTON¹, Über ein Instrument zum Schleifen genau orientirter Platten und Prismen künstlicher Krystalle. Zeitschr. f. Kryst. 24. 1895. p. 431—454.
1896. R. BRUNNÉE, Goniometrische Orientirungsvorrichtung. Dieser Apparat ist nur in einem Katalog der Firma VOIGT & HOCHGESANG kurz erwähnt und abgebildet.
1896. G. HALLE, Ein neuer Handschleifapparat für Krystallpräparate. Dies. Jahrb. 1896. II. 252.
1896. A. E. TUTTON, Ein Apparat zum Schneiden, Schleifen und Poliren genau orientirter Krystallplatten und Prismen. Zeitschr. f. Kryst. 25. 1896. p. 79—85.
1897. F. STÖBER, Notice sur un appareil permettant de tailler un cristal suivant une direction déterminée, et sur une méthode de tailler des plaques à faces parallèles. Bull. de l'Acad. Roy. de Belgique. (3.) 33. No. 6. p. 843—858.
1899. A. E. TUTTON, Verbesserungen an dem Apparate zum Schneiden, Schleifen und Poliren genau orientirter Krystallplatten. Zeitschr. f. Kryst. 31. 1899. p. 458—467.

Die bisherigen Constructionen lassen sich in zwei Gruppen trennen, je nachdem der den Krystall tragende Orientirungsapparat mit der Schleifscheibe fest verbunden ist oder nur in losem Zusammenhang mit ihr steht. Zu der einen Gruppe gehören die von WOLZ, FUESS, TUTTON und BRUNNÉE, zu der andern die von STÖBER, HALLE und mir erfundenen Vorrichtungen. Bei den ersteren kann während der Herstellung des Schliffes nicht gut eine Controle auf die Richtigkeit der Flächenlage ausgeübt werden, bei den letzteren ist dies leicht ausführbar. Jene feste Verbindung mit der Schleifplatte hat

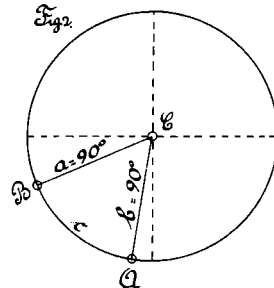
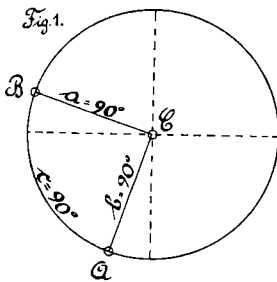
¹ Ich gebe die Arbeiten TUTTON's nach den Übersetzungen an. Die Originalarbeiten erschienen etwa ein Jahr früher in den Philosoph. Transact. Roy. Soc. und Proceed. Roy. Soc.

eine nicht unwesentliche Vertheuerung der Apparate zur Folge, was ganz besonders für das ausserordentlich genau gearbeitete TUTTON'sche Instrument gilt. Bei diesem kann die Anfangslage des Krystalls mittelst Fernrohr und Collimator genau geprüft werden, und es fallen dementsprechend die Resultate viel besser aus als bei den anderen Apparaten. Die WOLZ'sche Construction erlaubt überdies nur eine beschränkte Anwendung, da sie nur dazu dienen soll, „Krystallplatten parallel oder senkrecht zu einer natürlichen Fläche oder als gerade Abstumpfung zweier symmetrisch gelegener Flächen anzuschleifen“. Die nach den gleichen Principien gebauten Constructionen von FUESS und BRUNNÉE vermögen hingegen das Problem auch in seiner allgemeinsten Form zu lösen, indem sie gestatten, eine Fläche C gegen zwei Flächen A und B zu legen, wenn alle drei Flächen sich unter schiefen Winkeln schneiden. Diese Apparate haben nun aber wieder den Nachtheil, dass die Lage der Theilkreise, mit welchen die Orientirung des Krystalls nach der Methode der zweikreisigen Goniometer vorgenommen wird, durch den Mechaniker ausgeführt werden muss, und eine Justirung, wenn jene richtige Lage einmal gestört sein sollte, mit einigen Schwierigkeiten verbunden ist. Auch hier zeichnet sich die englische Construction, welche ich noch etwas eingehender besprechen möchte, wieder auf das vortheilhafteste aus.

Das TUTTON'sche Instrument ist eine sehr sorgfältig ausgeführte Vereinigung von Goniometer, Schleifscheibe und Orientirungsapparat, welcher letzterer sich in seiner Construction eng an die bei Goniometern gebräuchliche Justirvorrichtung anlehnt. TUTTON hat vier typische, beim Gebrauch des Instrumentes hauptsächlich in Frage kommende Fälle beschrieben und an Beispielen zweiachziger Krystalle erläutert.

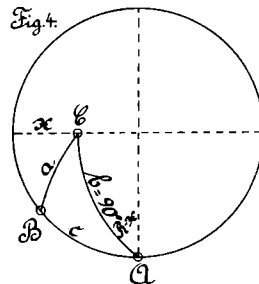
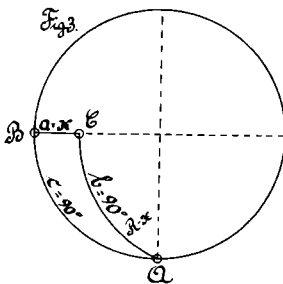
Fall I bezieht sich auf einen rhombischen Krystall, welcher zwei Pinakoide oder Prismen- oder Domenflächen trägt. Die Zonenaxe dieser Flächen soll die spitze Bissectrix sein, zu welcher senkrecht ein Präparat zur Messung des Winkels der optischen Axen herzustellen ist. Allgemeiner ausgedrückt: Ein Krystall trägt zwei Flächen A und B , die sich rechtwinkelig oder schiefwinkelig schneiden, und zu denen

senkrecht eine Fläche C gelegt werden soll (Fig. 1 und 2). Die Einstellung von A und B senkrecht zur Schleifplatte erfolgt durch Fernrohrbeobachtung; C wird in richtiger Lage erhalten, wenn die Ebene der Schleifplatte der durch Fernrohr und Collimator gehenden Ebene parallel läuft. Hier stimmt



die Anfangslage des Krystals mit der beim Anschleifen erforderlichen Endlage überein, während in den übrigen Fällen beide Lagen von einander abweichen. (In den Figuren 1—7 ist nur die Anfangslage der Flächen A , B und C in sphärischer Projection gezeichnet.)

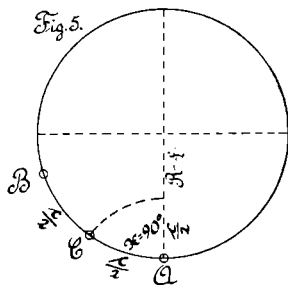
Fall II bezieht sich auf monokline Krystalle, welche ausser der Symmetrieebene eine Fläche der Orthodomonezone (Fig. 3) oder eine Prismen- oder Pyramiden- oder Kline-



domenfläche (Fig. 4) tragen, während eine Fläche der Orthodomonezone senkrecht zu einer Bissetrix gesucht wird. Allgemeiner ausgedrückt, lautet die Aufgabe: Eine Fläche (C) ist senkrecht zu einer (A), schief zu einer anderen (B) Fläche zu legen, wobei wieder zwei Fälle zu unterscheiden sind, je nachdem die beiden gegebenen Flächen (A und B) sich recht-

winkelig (Fig. 3) oder schiefwinkelig (Fig. 4) schneiden. Die auszuführende Correctur $R-x$, welche den Krystall aus der in Fig. 3 und 4 gezeichneten Anfangslage in die zum Anschleifen der Fläche C erforderliche Endlage bringt und also C in den Mittelpunkt der Projection rückt, ist gleich der Auslöschungsschiefe auf der Symmetrieebene, gemessen gegen die Kante, welche diese Ebene mit der zweiten gegebenen Fläche bildet.

Fall III bezieht sich z. Th. auf Verhältnisse, die schon im vorigen berührt worden sind. Dahin gehört, dass an einem rhombischen Krystall Prisma und Basis oder Pyramide und Basis gegeben sind und die Längs- oder Querfläche gesucht wird. Die Correctur $R-x$, welche im Fall II aus der als bekannt vorausgesetzten Auslöschungsschiefe unmittelbar folgt, muss zuweilen aus dem Dreieck ABC berechnet werden, was übrigens bei der rechtwinkligen Natur der Dreiecke eine geringe Mühe ist. Neue Verhältnisse treten auf, wenn an einem rhombischen Krystall keine Symmetrieebene ausgebildet ist, und Pinakoide, welche nicht senkrecht zu den vorhandenen Flächen liegen (Fall I), gesucht werden. Es ist z. B. die gerade Abstumpfung (C , Fig. 5) zweier Prismenflächen A und B herzustellen. Die Drehungen aus der in Fig. 5 gezeichneten Anfangslage betragen um die eine Axe 90° , um die andere $R-\frac{c}{2}$, wo c der Winkel des Prismas ist. Die Cylinderschlitten müssen ausserordentlich genau gearbeitet sein, um bei einer Drehung von 90° eine Einstellung bis auf $10'$ zu erlauben, so dass dieser sonst so einfache Fall nach dem TURTON'schen Princip nicht so leicht eine exacte Lösung der Aufgabe gestattet, wie dies in anderen Fällen möglich ist.

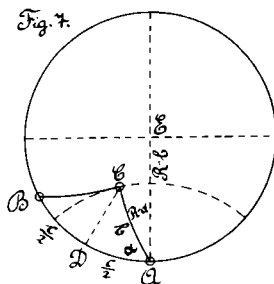
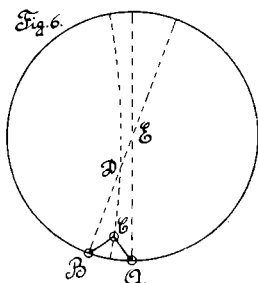


Fall IV behandelt mehrere vorher bei rhombischer Symmetrie besprochene Verhältnisse in ihrer Anwendung auf das monokline System. Als neue Aufgabe tritt hinzu, dass an einem monoklinen Krystall Prismenflächen auftreten, und ein in der Orthodomenezone liegendes Axenpräparat herzustellen

ist; dass allgemeiner ausgedrückt, eine Fläche C symmetrisch zu zwei Flächen A und B gelegt werden soll, ohne in deren Zone (Fall III) zu fallen oder auf ihnen senkrecht (Fall I) zu stehen.

TUTTON hat zur Lösung dieser Aufgabe einen Orientirungsapparat construirt, bei welchem die Ebene der Kreisbewegung des unteren Cylinderschlittens unter einem beliebigen Winkel gegen die entsprechende Ebene des oberen Schlittens gedreht werden kann. Die Angaben, wie dieser Apparat zu verwenden sei, dürften aber nicht zum Ziele führen. Ich lasse hier den Originaltext folgen, da in der Übersetzung mehrfach Ungenauigkeiten vorkommen. Es heisst dort p. 906: „As, however, there are only prism faces present in the vertical zone, symmetrically inclined to the symmetry plane, it is evident that the two circular motions fixed at right angles will not directly enable the axis of optical elasticity to be brought vertical.“ Was soll hier unter „not directly enable“ verstanden werden? Sicherlich nicht „nicht ausreichen“, wie in der deutschen Übersetzung steht, denn das würde schliesslich bedeuten, dass man mit einem Theodoliten nicht jeden Punkt des Himmels anvisiren könne. Wahrscheinlich legt TUTTON auf das „directly“ besonderen Werth. „But the necessary rotation of the symmetry plane in its own plane can evidently be effected by two equal motions in planes equally inclined to the symmetry plane. The special adjusting apparatus, in which the plane of the lower' circular motion can be set at any desired inclination to the plane of the other instead of being fixed ad right angles, enables this to be carried out. It is only necessary to set the two motions parallel to the two faces of a prism of the same form, one on either side of the symmetry plane and to rotate the segments by means of the tangent screws for the calculated number of degrees.“ So richtig diese Überlegungen auf den ersten Blick erscheinen, so wenig, glaube ich, entsprechen sie den thatsächlichen Verhältnissen. In Fig. 6 sind die Winkelverhältnisse derart gewählt, dass die Unterschiede der einzelnen Bewegungen recht auffällig erscheinen. Der eine Cylinderschlitten bewegt den Punkt C nach D und der andere von D nach E , welche beiden Stücke nicht nur in der Figur wegen der projectiven

Verzerrung, sondern auch in Wirklichkeit — wenn auch CD in der Figur als Kleinkreis, DE als Grosskreis gezeichnet ist — verschieden gross sind. Die Verschiebung der Fläche C nach dem Mittelpunkt der Projection lässt sich indessen sehr einfach mittelst dieses zweiten Orientirungsapparates ausführen, wenn man eine Prismenfläche parallel zur Ebene der Kreisbewegung des unteren Cylinderschlittens legt und dann



von der Nullstellung aus den unteren Schlitten gegen den oberen um den Winkel $\frac{c}{2}$ (Fig. 7) dreht, so dass jetzt mit dem oberen Schlitten die Bewegung in der Ebene DCE erfolgt. Die erforderliche Bewegung ist gleich dem Complement des Winkels DC . Auch lassen sich mit dem gewöhnlichen Orientirungsapparat die erforderlichen Bewegungen ausführen, nur muss man aus dem rechtwinkligen Dreieck ACD (Fig. 7) den Winkel α berechnen, um durch die Correcturen $R-\alpha$ und $R-b$ den Krystall aus der Anfangslage in die Endlage zu bringen.

Der grosse Vorzug des TUTTON'schen Instrumentes liegt in seiner soliden und sehr exacten Ausführung, wodurch es unter geübten Händen ganz Vorzügliches leistet, wie das die zahlreichen Arbeiten des Erfinders beweisen. Leider ist sein Preis ein so hoher (1800 Mk.), dass eine weitere Verbreitung wohl ausgeschlossen ist.

Von den übrigen drei Constructionen von STÖBER, HALLE und mir scheinen die beiden ersteren den Nachtheil zu haben, dass die auch bei der sinnreichen Anordnung STÖBER's nicht zu umgehenden Fehler in der mit der Anfangslage übereinstimmenden Endlage des Krystalls sich im Resultat bemerkbar machen.

2. Neue Construction.

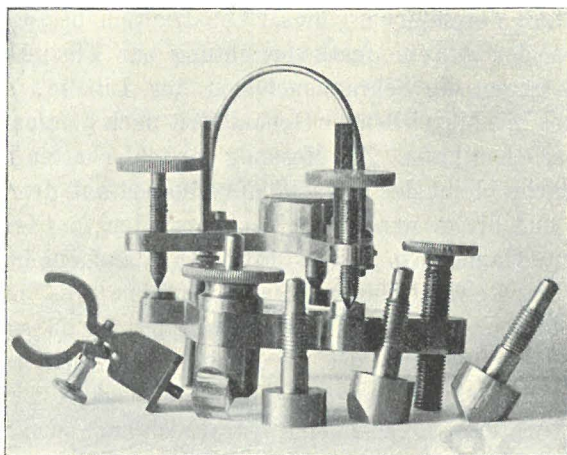
Die Anfangslage des Krystalls wurde bei meinem früheren Apparat durch ein ziemlich complicirtes Verfahren bestimmt, während sie bei der neuen Construction nur nach dem Augenmaass mit gelegentlicher Benutzung eines Anlegegoniometers erfolgt. Bei dieser Befestigung mögen im äussersten Falle fehlerhafte Lagen bis zu 5° vorkommen, welche Grenze übrigens unabsichtlich nie von mir erreicht wurde. Es ist nun die Aufgabe der Construction, den Krystall aus jener fehlerhaften Stellung gegen die Schleifplatte in die richtige zu bringen, zu welchem Zweck eine kleine Fläche — deren Herstellung in manchen Fällen einige Minuten, in anderen nicht einmal eine Minute Zeit erfordert — angeschliffen und in ihrer Lage gegen die beiden gegebenen Flächen auf dem Goniometer bestimmt wird. Die Correctur in der Stellung des Schleifdreifusses und damit des Krystalles gegen die Schleifplatte erfolgt dann gemäss den hier gefundenen Abweichungen.

Früher habe ich die Correcturen zum Übergang aus der fehlerhaften in die richtige Stellung durch eine zuweilen recht umständliche Rechnung ermittelt. Indessen äusserte ich mich schon damals am Schlusse des Aufsatzes, dass man auch ohne Rechnung durch tastende Versuche recht schnell zum Ziele gelangen könne. Diese Bemerkung scheint übersehen oder auch wohl nicht richtig verstanden zu sein, da z. B. STÖBER (p. 846) sagt: „que l'usage de ce petit appareil exige au préalable une série d'opérations géométriques et parfois même quelques tâtonnements.“ Es wurde aber nie die richtige Lage auf rechnerischem und tastendem Wege, sondern entweder auf die eine oder andere Weise gefunden, und heute will ich die Aufmerksamkeit besonders auf das letztere Verfahren lenken. Ich schrieb damals: „In vielen Fällen gelangt man recht schnell zum Ziel durch ein Näherungsverfahren, bei welchem nicht einmal, sondern zwei- vielleicht auch dreimal eine Fehlerfläche angeschliffen wird, ohne die Lage des Krystalls auf dem Träger h zu verändern; das Anschleifen dieser Fehlerflächen ist ja jedesmal in ein paar Minuten geschehen. Die Correcturen x und y , x , und y , $x_{,,}$ und $y_{,,}$ werden durch blosses Schätzen aus den auf dem Goniometer gemessenen

Winkeln a' und b' , a'' und b'' , a''' und b''' gewonnen. Oft genug ist sogar dieses rohe Näherungsverfahren der exacten Lösung vorzuziehen, wenn nämlich der Krystall infolge seiner Flächenbeschaffenheit keine genauere Orientirung als auf z. B. $\frac{1}{2}^\circ$ oder auch nur auf 1° erlaubt.“ Der letztere Satz bedarf einer Richtigstellung zu Gunsten des Apparates, da auch bei den nicht mathematisch genau angebrachten Correcturen die gesuchte Flächenlage sehr bald und sehr genau erhalten wird, so dass ich jetzt immer das Näherungsverfahren der exacten Lösung vorziehe.

In Fig. 8 ist der Apparat in seiner jetzigen Gestalt abgebildet. Gegen die frühere Form hat der Schleifdreifuss

Fig. 8.



einige Vereinfachungen und, wie ich glaube, nicht unwesentliche Verbesserungen erfahren, während der Libellendreifuss unverändert geblieben ist. Der Krystall wird nicht mehr auf einem in einer Hülse senkrecht auf und ab gleitenden Cylinder, sondern auf einem der drei Füße (in Fig. 8 vorne links) des Schleifapparates befestigt. Die Sorge, dass man bei dieser Anordnung während des Schleifens eine fortwährende Änderung der Lage des Krystalls gegen die Schleifplatte zu befürchten habe, da Krystall und Schraubenfüße sich ungleich abnutzen, hat sich als unwesentlich erwiesen. Das genaue Einspielen der Libelle wird durch den Schleifprocess selbst herbeigeführt,

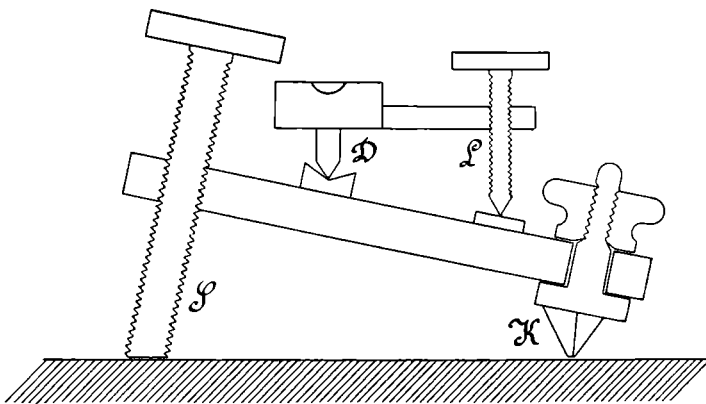
wobei man natürlich die Libelle vom Schleifapparat entfernt und sich von Zeit zu Zeit auf einer Niveauplatte überzeugt, ob man die richtige Lage erreicht hat. Dieses Verfahren führt sehr schnell zum Ziel, da die eigentliche Politur so gut wie nichts an der Lage des Krystalls ändert. Ausserdem erhält man bei dieser Einrichtung immer tadellos ebene Flächen, was nach längerem Gebrauch des älteren Apparates, infolge einer kleinen Lockerung des Cylinders in der Hülse, nicht mehr genau der Fall war.

Um die Befestigung des Krystalls in annähernd richtiger Lage zu erleichtern, ist der als Krystallträger dienende Fuss in vier leicht gegeneinander austauschbaren Exemplaren dem Apparat beigegeben. Die unteren Flächen dieser Einsätze sind unter 0° , 10° und 60° , 20° und 50° , 30° und 40° abgeschrägt. Eine weitere Vereinfachung dieser Construction besteht in dem Fortfallen der ganzen Justirvorrichtung zur Einstellung des Krystalls gegen die Schraubenebenen der Libelle, da diese Einstellung mit hinreichender Genauigkeit nach blossem Augenmaass geschehen kann. Zur Messung der fehlerhaften Lage der ersten Fläche bleibt der Krystall unverändert auf dem Schleifdreifuss, und dieser wird mit einer passenden in Fig. 8 links sichtbaren Klammer in ganzer Form auf das Goniometer gebracht. Das Gewicht des ganzen Schleifapparates beträgt in seiner jetzigen sehr massiven Ausführung in Messing und Stahl 270 g und kann bei Verwendung von Aluminium und überhaupt leichter Bauart ohne Schwierigkeit auf 100 g erniedrigt werden, so dass der Apparat sich auch zum Schleifen künstlicher Krystalle eignet.

Auf dem Schleifdreifuss steht eine durch kegelförmige Vertiefung, Rinne und Tafel in ihrer Lage genau fixirte, dreifüssige Dosenlibelle früherer Construction, deren Wirkungsweise ich hier noch einmal an Hand einer Zeichnung erläutern möchte. Fig. 9 stellt einen schematischen Querschnitt durch zwei Füsse des Schleifdreifusses dar; der eine dieser Füsse wird durch den Krystall *K*, der andere durch eine Stellschraube *S* gebildet. Auf dem Schleifdreifuss steht die Libelle, von welcher im Querschnitt auch wieder nur zwei Füsse *D* und *L* zu sehen sind. Mit der Stellschraube *S* lassen sich schon wegen der stets wechselnden Gestalt ihres Endes keine genauen

Correcturen ausführen, während das mit der in eine Spitze auslaufenden Libellenschraube L sehr genau möglich ist. Nachdem der Fehler der zuerst angeschliffenen Fläche ermittelt ist, stellt man den Schleifdreifuss auf eine horizontale Fläche und bringt die darauf gesetzte Libelle zum Einspielen. Soll alsdann der Krystall um α° nach rechts, d. h. im Sinne des Uhrzeigers gedreht werden und zwar innerhalb der Ebene der Zeichnung, so nimmt man diese Drehung zunächst mit der Libelle in umgekehrtem Sinne vor und dreht alsdann die Schrauben des Dreifusses bis die Libelle wieder einspielt.

Fig. 9



Bei der umgekehrten Lage von Schleifdreifuss und Libellendreifuss müssen die Veränderungen an den Schrauben gleichsinnig erfolgen. Im vorliegenden Fall müssen also beide Schrauben L und S verlängert werden. Man thut gut, die Schraube S ein klein wenig kürzer zu stellen, so dass die Libelle einen kleinen Ausschlag zeigt, um dann das genaue Einspielen durch den Schleifprocess herbeizuführen (vergl. p. 9 unten). Die Winkelbewegung in den Schraubenebenen der Libelle lässt sich nur dann ganz exact auf die entsprechenden Ebenen des Schleifdreifusses übertragen, wenn beide Bewegungen genau in der gleichen Ebene erfolgen, was im allgemeinen nicht der Fall ist. Die Unterschiede sind indes immer so gering, dass sie vernachlässigt werden können.

3. Arbeitsmethode.

Der Krystall, an welchen eine neue Fläche C gelegt werden soll, möge zwei Flächen A und B , deren Lage gegen die anzuschleifende Fläche als bekannt vorausgesetzt wird, tragen. Je nachdem die neue Fläche innerhalb oder ausserhalb der Zone der Orientierungsflächen liegt, ist die Arbeitsmethode etwas verschieden. Das Legen einer Fläche in die Zone möge als Fall I, ausserhalb der Zone als Fall II und III bezeichnet werden. Fall II soll sich darauf beziehen, dass die neue Fläche in symmetrischer Lage, Fall III, dass sie in unsymmetrischer Lage zu den Orientierungsflächen sich befindet. Als Fall IV gelte die Herstellung planparalleler Platten.

Fall I. Legung einer Fläche in eine Zone.

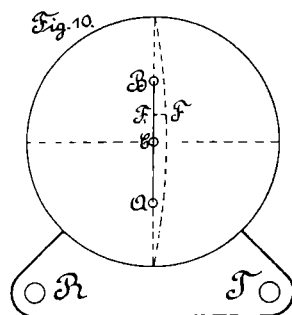
Einige hierher gehörende Beispiele sind folgende: 1. Aus einem quadratischen oder hexagonalen Krystall von prismatischer Ausbildung ist ein Prisma zur Bestimmung der Brechungsexponenten herzustellen. 2. An einen quadratischen oder hexagonalen Krystall von pyramidalen Ausbildung kann wenigstens die eine Fläche eines Prismas zur Bestimmung der Brechungsexponenten angeschliffen werden (über die Anlegung der zweiten Fläche s. Fall II). Im hexagonalen System lässt sich auch die zweite Fläche anschleifen, wenn das Prisma einen brechenden Winkel von 60° haben darf, sonst ist nach Fall II zu verfahren. 3. Aus einem quadratischen oder hexagonalen Krystall von pyramidalen Ausbildung ist ein Axenpräparat herzustellen. 4. An einen rhombischen Krystall sind Symmetrieebenen anzuschleifen, wenn Prismen- oder Domen- oder Pyramidenflächen auftreten, welche mit der gesuchten Symmetrieebene in eine Zone fallen. 5. Im hexagonalen System sind aus Spaltungstücken rhomboëdrischer Carbonate Prismen zur Bestimmung der Brechungsexponenten herzustellen, was am einfachsten in der Weise geschieht, dass man die eine Fläche dieses Prismas in die Zone $10\bar{1}1$ und $01\bar{1}\bar{1}$, die andere in die Zone $0\bar{1}11$ und $1\bar{1}0\bar{1}$ legt. 6. An einen monoklinen Krystall ist die Symmetrieebene anzuschleifen, wenn Prismen- oder Klinodomen- oder Pyramidenflächen entwickelt sind. 7. Im monoklinen System ist die Orthodomenzone entwickelt, und ist eine bestimmte Fläche dieser Zone anzuschleifen.

Zur Erläuterung des in diesen und ähnlichen Beispielen am zweckmässigsten einzuhaltenden Arbeitsplans wähle ich Beispiel No. 5 und will also an ein Kalkspathrhomboëder eine Prismenfläche zweiter Ordnung anschleifen, d. h. eine der Mittelkanten gerade abstumpfen (bei schiefer Abstumpfung innerhalb der Zone ist der Arbeitsplan genau der gleiche).

Unter den vier dem Instrument beigegebenen Krystalträgern wählt man den mit den Abschrägungen unter 50° und 20° aus und kittet auf die stärker abgeschrägte Fläche eine Rhomboëderfläche des Krystals in passender Lage auf. Alsdann dreht man vor dem Anziehen der Klemmschraube den Krystalträger mit dem darauf sitzenden Krystal nach Augenmaass derart, dass die Zone, in welche die neue Fläche gelegt werden soll, in der durch Fig. 10 wiedergegebenen Lage des Schleifdreifusses RT von vorne nach hinten läuft. Hierauf bringt man den Apparat auf eine Glastafel, corrigirt mittelst der Stellschrauben, so weit dies wieder nach blosssem Augenmaass geschehen kann und schleift eine kleine, kaum 1 mm breite Fläche an. Vielfach erkennt

man eine fehlerhafte Lage nach dem ersten Anschleifen an den Umrissen der entstehenden Fläche, worauf man noch kleine Correcturen anbringt, wieder ein wenig schleift und schliesslich polirt. Die Abweichung dieser Fläche F (Fig. 10) innerhalb und ausserhalb der Zone CF , und F_1, F' wird nach der WEBSKY'schen Methode (Zeitschrift f. Kryst. 4. 1880. p. 568) vorgenommen und

die Correctur in folgender Weise angebracht. Man stelle den Dreifuss mit dem Krystal und den unteren Schraubenden nach oben vor sich auf und entwerfe über dem Krystal eine stereographische Projection, wie das in Fig. 10 angegeben ist. Diese aus freier Hand ganz flüchtig auszuführende Projection hat nur den Zweck, keinen Zweifel über den Sinn der vorzunehmenden Correctur entstehen zu lassen. Man denke sich alsdann über dem Schleifdreifuss die Schleifplatte, so dass also Dreifuss und Schleifplatte umgekehrt wie beim Schleifen liegen, und nehme mit dieser Schleifplatte in Gedanken die Drehungen vor, damit beim späteren Schleifen nicht die fehlerhafte Fläche F , sondern die richtige Fläche C entsteht. Diese Drehungen mögen um zwei horizontale Axen erfolgen, von denen die eine von vorne nach hinten, die andere von rechts nach links läuft. Die erste Drehung bringt die Fläche F in



die Zone AB und zwar, wenn man den einen Schraubenfuss um so viel verlängert, wie den anderen verkürzt, von F nach F_1 ; die andere Bewegung lässt F_1 nach C wandern. Für die erste Bewegung muss nach Fig. 10 Schraube T verlängert, Schraube R verkürzt, für die zweite Bewegung müssen beide Schrauben verkürzt werden. (Die Bezeichnungen T und R beziehen sich darauf, dass die correspondirenden Libellenschrauben auf der Tafel oder in der Rinne stehen.) Man notirt sich diese aus beiden Bewegungen resultirende Verlängerung oder Verkürzung, stellt nun den Schleifdreifuss mit aufgesetzter Libelle auf die Niveauplatte und bringt letztere zum Einspielen. Jene Änderungen der Schraubenlängen sind nunmehr im gleichen Sinn an den Libellenschrauben anzubringen (vergl. p. 11), worauf dann das neue Einspielen der Libelle durch die Bewegung der Stellschrauben des Schleifdreifusses erfolgt.

Bei den bisher gebrauchten Libellen waren die Maasse so gewählt, dass einer Schraubenumdrehung eine Neigung von 1° in einer durch den dritten Fuss der Libelle und einen Schraubenfuss gehenden Ebene entsprach. Nach der eben beschriebenen Arbeitsmethode wird aber die Änderung in der Lage der Schleifplatte nicht in diesen Ebenen, sondern in Ebenen, welche bei der in Fig. 10 skizzirten Lage von vorne nach hinten und von rechts nach links vertical verlaufen, vorgenommen. Hier wirken die Schrauben etwas stärker, nämlich im Verhältniss der Kathete zur Höhenlinie eines rechtwinkligen Dreiecks. Kathete und Höhenlinie verhalten sich aber wie $\sqrt{2} : 1$; daher dürfen die an den Libellenschrauben anzubringenden Änderungen nur mit dem $\frac{1}{\sqrt{2}} = 0,7$ fachen Betrag angebracht werden.

Ausführung: Der Winkel der Orientierungsflächen beträgt $105^\circ 5'$. Die neue Fläche soll mit diesen in eine Zone fallen und mit jeder einen Winkel von $52^\circ 32\frac{1}{2}'$ bilden.

Für die Fehlerfläche F wurde gefunden:

$$FF_1 = 0^\circ 26', F_1 C = 1^\circ 26'.$$

Erste Correctur:

$$\text{Schraube } T = (+ 0^\circ 26' - 1^\circ 26') \times 0,7 = - 0^\circ 42',$$

$$\text{„ } R = (- 0^\circ 26' - 1^\circ 26') \times 0,7 = - 1^\circ 18'.$$

Nach Anbringung dieser Correcturen ergab sich für die neue Fläche eine Abweichung von $2'$ ausserhalb der Zone und ein Fehler von ebenfalls $2'$ innerhalb der Zone. Andere Schleifversuche ähnlicher Art ergaben folgende Abweichungen:

	Fehler ausserhalb der Zone	Fehler innerhalb der Zone
1. (obiges Beispiel)	2'	2'
2.	2	3
3.	1	1
4.	1	1

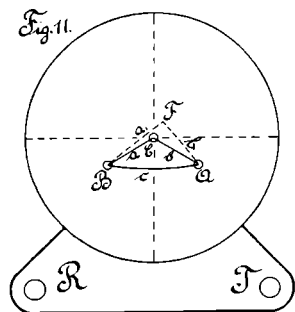
In einigen Fällen wurden zweimalige Correcturen vorgenommen, doch war schon nach der ersten Correctur die gesuchte Fläche jedesmal wenigstens innerhalb 10' richtig getroffen.

Fall II. Legung einer Fläche ausserhalb der Zone zweier gegebener Flächen und symmetrisch zu beiden.

Einige Beispiele, welche hierher gehören, sind folgende: 1. Aus einem quadratischen oder hexagonalen Krystall von pyramidalen Ausbildung ist ein Präparat zur Beobachtung des Axenbildes herzustellen, wenn nur zwei mit der Basis nicht in einer Zone liegende Pyramidenflächen entwickelt sind. Hierher ist auch die Anfertigung eines Axenpräparates aus einem Kalkspathrhomboëder zu rechnen. 2. An einen quadratischen oder hexagonalen Krystall von pyramidalen Ausbildung sind irgendwelche Flächen der Prismenzone zu legen (vergl. Fall I). 3. An einen rhombischen Krystall prismatischer Entwicklung sind die auf den Prismenflächen senkrecht stehenden Pinakoide anzuschleifen. 4. Aus einem rhombischen Krystall von pyramidalen Ausbildung sind Präparate zur Bestimmung aller optischen Constanten zu schleifen. 5. Im monoklinen System ist die Symmetrieebene herzustellen, wenn zwei Flächen der Orthodomenzone gegeben sind, oder es ist irgend eine Fläche der Orthodomenzone anzuschleifen, wenn zwei symmetrisch liegende Prismen- oder Pyramiden- oder Domenflächen auftreten.

Man dreht den auf dem passendsten Träger befestigten Krystall derart, dass die beiden Orientierungsflächen *A* und *B* (Fig. 11) eine symmetrische Lage zum Schleifdreifuss einnehmen, so weit dies dem Augenmaass nach sich leicht ausführen lässt. Nach

Herstellung der Fehlerfläche *F* und Messung der Winkel α_1 und β_1 erfolgt die Correctur zunächst wieder in Gedanken mit der Schleifplatte, wie das in Fall I beschrieben wurde. Nun hat aber eine Drehung um die Axe vorne—hinten im



Betrag von z. B. 1° nicht zur Folge, dass a_1 um 1° kleiner und b_1 um 1° grösser wird, sondern die Wirkung ist geringer und hängt ab von dem Winkel der Orientierungsflächen zu einander und den Winkeln, welche die neue Fläche mit jenen bildet. Man kann allerdings mit einem durch rohe Schätzung erhaltenen Betrag die Correctur ausführen, indessen gelangt man viel schneller zum Ziel, wenn man die in der Tabelle auf p. 17 für viele Winkelcombinationen ausgerechneten Factoren benutzt. Zur weiteren Erläuterung mögen zwei Beispiele näher ausgeführt werden.

Ausführung zu Fall II, 1. Es soll an ein Kalkspathrhomboëder die Basis angeschliffen werden. Der Winkel der Orientierungsflächen (A und B Fig. 11) beträgt demnach $c = 74^\circ 55'$, und die neue Fläche C soll einen Winkel von $a = b = 44^\circ 36\frac{1}{2}'$ mit den gegebenen Flächen einschliessen. Für die Fehlerfläche F wurde gefunden:

$$\begin{array}{cc} a_1 & b_1 \\ 47^\circ 42' & 44^\circ 38' \end{array}$$

Zur symmetrischen Stellung wäre a_1 um $1^\circ 32'$ zu verkleinern und b_1 um den gleichen Winkel zu vergrössern, wonach die neue Fläche unter $46^\circ 10'$ gegen A und B geneigt wäre. Man darf nun wegen der kleinen Winkelgrössen, welche hier in Betracht kommen, annehmen, dass diese Lage von $46^\circ 10'$ durch die Drehung der Schleifplatte um eine von vorne nach hinten gehende Axe erreicht wird, d. h. durch eine Verlängerung der Schraube T und eine Verkürzung der Schraube R . Alsdann ist noch die Schleifplatte um eine von rechts nach links laufende Axe nach vorne zu neigen, so dass die neue Fläche nicht mehr $46^\circ 10'$, sondern $44^\circ 36\frac{1}{2}'$ mit A und B einschliesst. Aus der Tabelle auf p. 17 ersieht man, dass für die erste Bewegung ein Factor zwischen 1,3 und 1,0, nämlich etwa 1,2, für die andere ein solcher zwischen 1,7 und 3,2 in Frage kommt. Aus dem Verlauf der übrigen Tabellenzahlen sieht man, dass im letzteren Fall die passende Zahl erheblich näher bei 1,7 als bei 3,2 liegt; ich habe 2,0 gewählt, was übrigens zufällig, wie ich nachher fand, auf die vorliegenden Winkelverhältnisse passt. Schliesslich ist noch zu berücksichtigen, dass alle Correcturen mit 0,7 zu multipliciren sind (vergl. p. 14). Dann ergeben sich also die

Factorentabelle für die an dem Libellendreifuss auszuführenden Correcturen.

Normalenwinkel der gegebenen Flächen gegeneinander

		165°	150°	135°	120°	105°	90°	75°	60°	45°	30°	15°	
		Normalenwinkel der gesuchten Fläche gegen die gegebenen Flächen.		90°	7,6 └─1,0	3,9 └─1,0	2,6 └─1,1	2,0 └─1,1	1,6 └─1,3	1,4 └─1,4	1,3 └─1,6	1,1 └─2,0	1,1 └─2,6
80°				5,2 └─1,0	2,9 └─1,1	2,1 └─1,1	1,7 └─1,2	1,4 └─1,4	1,3 └─1,6	1,2 └─2,0	1,1 └─2,6	1,0 └─3,9	1,0 └─7,6
70°					5,5 └─1,0	2,6 └─1,1	1,9 └─1,2	1,5 └─1,3	1,3 └─1,5	1,2 └─1,9	1,1 └─2,5	1,0 └─3,7	1,0 └─7,5
60°							2,5 └─1,1	1,7 └─1,2	1,4 └─1,4	1,2 └─1,7	1,1 └─2,3	1,0 └─3,4	1,0 └─6,7
50°								2,6 └─1,1	1,7 └─1,3	1,3 └─1,5	1,2 └─2,0	1,1 └─3,0	1,0 └─6,0
40°									3,2 └─1,0	1,6 └─1,3	1,2 └─1,7	1,1 └─2,5	1,0 └─5,2
30°											1,6 └─1,3	1,2 └─2,0	1,0 └─4,1
20°												1,6 └─1,3	1,1 └─3,1
10°													1,6 └─1,4

Die über den Winkeln stehenden Zahlen kommen bei einer Bewegung der Fehlerfläche von vorne nach hinten, die rechts von den Winkeln stehenden Zahlen bei einer Bewegung der Fehlerfläche von rechts nach links zur Anwendung.

Correcturen für die Schrauben T und R , die aber natürlich nicht an diesen Schrauben, sondern an den correspondirenden Libellenschrauben ausgeführt werden, folgendermaassen:

Erste Correctur:

$$\begin{aligned} \text{Schraube } T &= (+ 1^{\circ} 32' \times 1,2 - 1^{\circ} 34' \times 2,0) \times 0,7 = - 0^{\circ} 55', \\ \text{„ } R &= (- 1^{\circ} 32' \times 1,2 - 1^{\circ} 34' \times 2,0) \times 0,7 = - 3^{\circ} 29'. \end{aligned}$$

Nach dieser ersten Correctur wurde gefunden:

$$\begin{array}{cc} a_{II} & b_{II} \\ 44^{\circ} 33' & 44^{\circ} 27' \text{ anstatt } 44^{\circ} 36\frac{1}{2}'. \end{array}$$

Zweite Correctur:

$$\begin{aligned} \text{Schraube } T &= (+ 0^{\circ} 3' \times 1,2 + 0^{\circ} 6\frac{1}{2}' \times 2,0) \times 0,7 = + 0^{\circ} 12', \\ \text{„ } R &= (- 0^{\circ} 3' \times 1,2 + 0^{\circ} 6\frac{1}{2}' \times 2,0) \times 0,7 = + 0^{\circ} 6'. \end{aligned}$$

Nach dieser zweiten Correctur wurde gefunden:

$$\begin{array}{cc} a_{III} & b_{III} \\ 44^{\circ} 36' & 44^{\circ} 36' \text{ anstatt } 44^{\circ} 36\frac{1}{2}'. \end{array}$$

Einige weitere Versuche mögen hier nur im Endresultat mitgetheilt werden, um die Genauigkeit der Methode nach zweimaliger Correctur zu zeigen; nach einmaliger Correctur übersteigen auch hier die Abweichungen in keinem Fall 10'. Der Winkel gegen die dritte Rhomboëderfläche, die übrigens während der Herstellung des Präparats nie berücksichtigt wurde, da es sich ja in diesem Beispiel um die Legung einer Fläche symmetrisch zu nur zwei Flächen handelt, sei hier ebenfalls angeführt:

	Winkel der angeschliffenen Fläche gegen			Berechneter Winkel
	10 $\bar{1}$ 1	$\bar{1}$ 101	0 $\bar{1}$ 11	
1. (s. o.)	44° 36'	44° 36'	44° 37'	44° 36½'
2.	44 33	44 34	44 38	44 36½
3.	44 36	44 37	44 38	44 36½
4.	44 38	44 37	44 34	44 36½

Da es scheinen könnte, als wenn die dritte Rhomboëderfläche doch wohl das annähernd richtige Treffen der ersten Fehlerfläche erleichterte, mögen hier noch einige Versuche mitgetheilt werden, bei denen nur zwei Orientierungsflächen vorhanden waren. Zur Widerlegung der VIOLA'schen Messungen am Turmalin sollten aus diesem Mineral vierseitige Pyramiden mit möglichst gleichen Endkantenwinkeln geschliffen werden. Diese Winkel wurden in folgender Grösse erhalten:

	Gefunden				Berechnet
1.	76° 4'	76° 3'	76° 4'	76° 6'	76° 2'
2.	76 0	76 2	75 58	75 59	76 2
3.	80 59	81 0	80 57	80 58	80 58

Ausführung zu Fall II, 3. Es soll an einem rhombischen Krystall von prismatischer Ausbildung das auf dem Prisma senkrecht stehende Pinakoid angeschliffen werden. Als Material wählte ich kein rhombisches Mineral, sondern wieder den Kalkspath, da hieraus am leichtesten Krystalle mit einheitlich spiegelnden Flächen erhalten werden. Ich habe also eine Fläche *C* (Fig. 12) rechtwinkelig gegen zwei sich unter $75^{\circ} 55'$ schneidende Flächen *A* und *B* zu legen.

Für die Fehlerfläche *F* (Fig. 12) wurde gefunden:

$$\begin{array}{cc} b_1 & a_1 \\ 91^{\circ} 28' & 92^{\circ} 32'. \end{array}$$

Die Correctur erfolgte nach der Tabelle auf p. 17 mit den Factoren 1,6 und 1,3.

Erste Correctur:

$$\begin{array}{l} \text{Schraube } T = (-0^{\circ} 32' \times 1,6 + 2^{\circ} 0' \times 1,3) \times 0,7 = +1^{\circ} 13', \\ \text{„ } R = (+0^{\circ} 32' \times 1,6 + 2^{\circ} 0' \times 1,3) \times 0,7 = +2^{\circ} 25'. \end{array}$$

Die neue Fläche hatte die Lage:

$$\begin{array}{cc} b_{11} & a_{11} \\ 89^{\circ} 50' & 89^{\circ} 59'. \end{array}$$

Zweite Correctur:

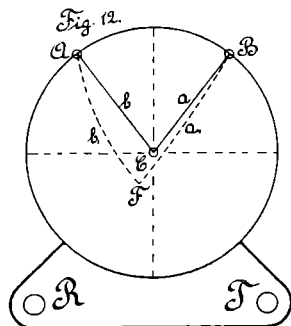
$$\begin{array}{l} \text{Schraube } T = (-0^{\circ} 4\frac{1}{2}' \times 1,6 - 0^{\circ} 5\frac{1}{2}' \times 1,3) \times 0,7 = -0^{\circ} 10', \\ \text{„ } R = (+0^{\circ} 4\frac{1}{2}' \times 1,6 - 0^{\circ} 5\frac{1}{2}' \times 1,3) \times 0,7 = 0^{\circ} 0'. \end{array}$$

Nach dieser zweiten Correctur wurde gefunden:

$$\begin{array}{cc} b_{111} & a_{111} \\ 90^{\circ} 2' & 90^{\circ} 0' \text{ anstatt } 90^{\circ} 0'. \end{array}$$

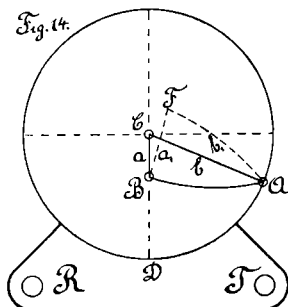
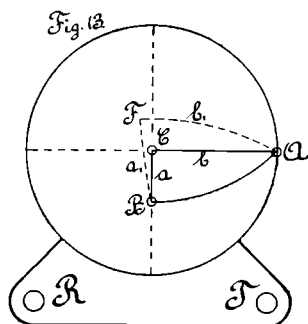
Andere Versuche ergaben:

$$\begin{array}{cc} 90^{\circ} 1' \text{ und } 89^{\circ} 59' \\ 89 59 \text{ „ } 89 59 \\ 90 3 \text{ „ } 90 1 \end{array}$$



Fall III. Legung einer Fläche ausserhalb der Zone zweier gegebener Flächen und unsymmetrisch zu beiden.

Unter den mannigfachen Einzelfällen, welche in diesem dritten Fall enthalten sind, findet sich wohl am häufigsten, dass die beiden gegebenen Flächen (A und B , Fig. 13) senkrecht aufeinander stehen und die gesuchte Fläche C wenigstens mit einer der gegebenen (A) ebenfalls einen rechten Winkel einschliesst. Z. B. ist im monoklinen System die Symmetrieebene A und eine Fläche der Orthodomenzone B gegeben, während eine andere Fläche C dieser Zone anzuschleifen ist. Der Krystall wird nach der in Fig. 13 skizzirten Lage aufgekittet und die Correctur ($a_1 - a$) und



($b_1 - b$) wie in Fall I angebracht. Andere ebenfalls nicht selten vorkommende Verhältnisse treten auf, wenn die beiden gegebenen Flächen sich schiefwinkelig schneiden, aber die gesuchte Fläche wenigstens mit einer der gegebenen einen rechten Winkel einschliesst. Z. B. ist im monoklinen System die Symmetrieebene A (Fig. 14) und eine Prismenfläche B gegeben, und es wird eine Fläche C der Orthodomenzone gesucht. Man kittet dann wohl am zweckmässigsten den Krystall nach der in Fig. 14 skizzirten Lage auf, corrigirt in der Richtung vorne—hinten mit dem Betrag ($a_1 - a$), während man in der Richtung rechts—links den Fehler ($b_1 - b$) mit einem Factor zu multipliciren hat, der vom auszurechnenden Winkel AD abhängt und sich dann leicht aus der Tabelle (p. 17) ablesen lässt. Indessen wird hier die systematische Arbeitsmethode schon etwas complicirter, so dass es fraglich ist, ob

man nicht ebenso schnell das Ziel erreicht, wenn man es darauf ankommen lässt, eine Fehlerfläche mehr anzuschleifen, was schliesslich doch eine sehr einfache und schnell auszuführende Operation ist. Für andere Winkelverhältnisse lassen sich keine weiteren Vorschriften geben, als dass man sich den bisherigen Arbeitsplänen anzupassen versucht.

Fall IV. Herstellung planparalleler Platten.

Unter den Krystalträgern ist der mit gerader Endfläche versehene auszuwählen, worauf man die Schraubenenden mit dieser Fläche genau in eine Ebene bringt. Dies erreicht man sehr annähernd, indem man den Dreifuss auf ein Spiegelglas stellt und unter dem Krystalträger, auf welchem jetzt noch kein Krystall aufgekittet ist, durchvisirt. Für die höchste Genauigkeit schleift man diese Endfläche noch einmal neu an, was in etwa einer Minute geschehen ist. Alsdann stellt man den Dreifuss, also immer noch ohne Krystall, auf die Niveauplatte, bringt die aufgesetzte Libelle zum Einspielen und weiss nun, dass diese Einspielung der Libelle wieder erreicht werden muss, wenn die zweite Fläche eines Krystals der ersten auf den Krystalträger gekitteten parallel laufen soll.

In den mitgetheilten Schleifversuchen ist die durchschnittliche Genauigkeit der Flächenlage an 40 Winkeln ohne besondere Mühe bis auf etwa 2' richtig hergestellt worden. Hieraus mag erkannt werden, wie leicht es sein muss, mit dem Apparat eine Genauigkeit von etwa 10', die wohl für alle krystalloptischen Untersuchungen genügt, zu erreichen.

Das Schleifen geschah immer auf feststehender Schleifplatte durch Bewegung des Dreifusses mit der Hand. Die Politur erfolgte bei harten Mineralien auf Glas. Bei weichen Krystallen wird zuweilen eine Unterlage von Tuch, Seide, Leder, Papier u. dergl. vorgeschlagen. Solche Unterlagen mögen zur Herstellung grösserer Flächen recht brauchbar sein, hier aber lassen sie sich nicht verwenden, da man wegen des Eindrucks, den die kleinen Krystallenden in dem weichen Material hervorrufen, gekrümmte Flächen erhält, die keine einheitlichen Reflexe geben. Die Verwendung von Pechplatten, auf denen sich bekanntlich ausgezeichnet poliren lässt, hat den Nach-

theil, dass diese Platten nicht leicht vollkommen eben herzustellen sind. Am einfachsten gelingt die Herstellung vollkommen ebener Platten zum Poliren weicher Körper durch Lackiren einer ebenen, fein geschliffenen Glastafel. Die dünne Lackschicht hält lange genug, um an ein und derselben Stelle mehrere Polituren auszuführen. Welcher Lack oder Firniss hier am geeignetsten ist, habe ich noch nicht ermittelt, doch erhielt ich mit einem Mastixfirniss eine sehr gute Oberfläche zum Poliren des Kalkspathes.
