

Das Mikroskop-Goniometer,

ein neues Instrument zum Messen von Krystallen
mit spiegellosen Flächen.

Von

J. Hirschwald in Berlin.

(Mit Tafel V.)

Neben der Anforderung einer ausreichenden Präcision, wird der Werth der Apparate zur Bestimmung der mathematischen Constanten der Krystalle wesentlich bedingt werden, durch eine möglichst uneingeschränkte Anwendbarkeit. Denn je zahlreicher und in je mannigfaltigerer Ausbildung die Objekte für die in Rede stehenden Untersuchungen verwendbar sind, desto eher wird es gelingen, unvermeidliche Beobachtungsfehler zu eliminiren und die in den Gesetzen der Krystallbildung liegenden Abweichungen, von den durch äussere Störungen veranlassten Anomalien, zu unterscheiden.

Vergleicht man, in Rücksicht hierauf, die Methoden der goniometrischen und optischen Bestimmung mit einander, so ergibt sich, dass die Resultate derselben von verschiedenem generellen Werth für die Krystallforschung sein werden.

Abgesehen von den Metallen, zeigen die allermeisten Mineralspecies und zwar in ihren mannigfachsten Vorkommnissen und Ausbildungen, eine hinreichende Pellucidität, um genaue optische Bestimmungen zu ermöglichen. Ein Gleiches gilt von fast allen künstlichen Verbindungen. Diese Ausgiebigkeit des Materials hat dahin geführt, die optischen Constanten, in Ab-

hängigkeit von gewissen, bisher nicht näher bestimmten Verhältnissen des individuellen Krystallbaues, als vielfach variable Werthe erkennen zu lassen.

Durchaus anders verhält es sich mit der goniometrischen Untersuchung. Die Methode derselben bringt es mit sich, dass nur Individuen mit ausgezeichnet spiegelnden Flächen zur Messung verwendet werden, und indem wir so, unter Hunderten von regelmässig und ebenflächig gebildeten Krystallen einzelne, nach bestimmter Eigenschaft auswählen, sind zugleich alle übrigen von der Winkelmessung ausgeschlossen. Überdies sind Krystalle mit völlig spiegelnden Flächen, zumal in häufigeren Vorkommnissen, nicht allen Mineralspecies eigen und es giebt viele derselben, deren gesammte goniometrische Kenntniss auf einzelnen Messungen beruht.

Läge es demnach schon im Interesse der fundamentalen Winkelbestimmung, die Messungen auf ein grösseres Untersuchungsmaterial ausdehnen zu können, als es die Individuen mit gut spiegelnden Flächen liefern, so würde es für die Lösung manigfacher Probleme der Krystallforschung von Interesse sein, die Krystalle in ihren verschiedenen Ausbildungstypen und Vorkommnissen, in systematischer Weise goniometrisch zu untersuchen und es wäre hierdurch vielleicht auch die Möglichkeit gegeben, den Beziehungen nachzuforschen, welche, aller Wahrscheinlichkeit nach, zwischen dem variablen optischen Verhalten und den Winkelverhältnissen bestehen.

Demnach erscheint es als eine nicht unwichtige Aufgabe, eine Methode der Krystallmessung zu finden, für welche die Reflexionsfähigkeit der Flächen keine nothwendige Vorbedingung sei.

Zieht man die Hilfsmittel in Betracht, deren sich die Experimentalphysik zur Orientirung einer Fläche im Raume bedient, worauf ja im Wesentlichen die Krystallmessung beruht, so findet man, dass dieselben sämmtlich der für den vorliegenden Zweck erforderlichen Genauigkeit entbehren. Dagegen liess sich erwarten, dass die Empfindlichkeit eines geeignet construirten Mikroskops auf genaue Einstellung eines ebenflächigen Objekts, gross genug sein würde, um dieses Instrument für die Krystallmessung verwertthbar zu machen.

Ein Mikroskop mit Mikrometerschraube, deren Umdrehungen

an einem getheilten Kreise abgelesen werden konnten, wurde mit einem der gebräuchlichen Linsensysteme von 300 facher Vergrößerung versehen und es ergab sich, dass eine Veränderung der genauen Einstellung von 0,02 mm hinreichte, um eine merkliche Undeutlichkeit des Bildes zu bewerkstelligen. Denkt man sich also als Object eine Krystallfläche, von beispielsweise 10 mm Breite, von den parallelen Kanten A, B begrenzt, und es wäre das Mikroskop genau auf die der Kante A zunächst liegenden Theile der Fläche eingestellt, so wird es durch Drehung der letzteren, unter Voraussetzung einer geeigneten Construction des Apparates, möglich sein, auch den an B liegenden Flächentheil, innerhalb der Fehlergrenze von 0,02 mm, in die deutliche Sehweite zu bringen. Auf diese Weise wäre aber die Fläche selbst senkrecht zur Axe des Mikroskops eingestellt, vorausgesetzt, dass die Kante A diese Lage gehabt hätte. Der maximale Fehler der doppelten Einstellung ist daher, durch die Tangente des Abweichungswinkels (α) ausgedrückt:

$$\text{tg. } \alpha = \frac{0,02 \cdot 2}{10}$$

$$\alpha = 13 \text{ Min. } 46 \text{ Sec.}$$

Weitere Versuche in dieser Richtung ergaben, dass, bei zweckmässiger Wahl des Linsensystems, eine bei weitem grössere Genauigkeit, selbst für kleinere Krystalle, sich erreichen lässt und es ist daher dieses Princip, dem nachstehend beschriebenen Instrument zu Grunde gelegt worden.

Construction.

Tafel V.

Das Mikroskop-Goniometer besteht im Wesentlichen aus drei Theilen: dem Messkreise mit Krystallträger, dem Mikroskop mit Schlittenführung und dem Centriferrohr, welche Theile sämtlich auf einer gemeinsamen, metallenen Grundplatte befestigt sind.

1) Der Messkreis. Derselbe ist im Allgemeinen dem WOLLASTON'schen Goniometer entlehnt und kann auch selbständig zu Reflexionsmessungen benutzt werden. Die Theilung gestattet eine Ablesung von einzelnen Minuten. Zur genauen Einstellung dient die Mikrometervorrichtung J. Um einen grösseren Raum

zwischen Kreis und Mikroskop zu gewinnen, ist ersterer rechts vom Träger angebracht. Die Construction selbst ist eine äusserst stabile, da die geringsten Schwankungen des an der Kreisaxe befestigten Krystalls, die genaue mikroskopische Einstellung behindert. Der Krystallträger ist nach dem PETZVAL'schen Princip construirt. Er zerfällt in zwei Theile: dem Kugelsegment A, an vier Armen beweglich, und der Planscheibe B, die eine allseitige Verschiebung in einer zur Axe des Kreises rechtwinkligen Ebene ermöglicht.

2) Das Mikroskop. Es steht auf einem Doppelschlitten E, D und ist mittelst dieser, ebenfalls sehr sorgfältig und solide construirten Vorrichtung, genau parallel der Kreisaxe und rechtwinklig zu derselben verschiebbar, so dass es möglich ist, eine horizontal eingestellte Krystallfläche nach beiden Richtungen und in ganzer Ausdehnung mit dem Mikroskop zu bestreichen. Die Mikrometerschraube F hat ein Windungsintervall von 0,4 mm und trägt einen getheilten Kreis, mittelst dessen 0,004 mm Hebung oder Senkung des Mikroskops bestimmbar ist. Das Okular enthält einen, parallel der Axe des Messkreises ajustirten Faden, der für die Folge kurzweg als Okularfaden bezeichnet werden soll.

Die Theilung bei G giebt die Verschiebung des Schlittens E in halben Millimeter an; bei der Einstellung auf 0 fällt der Okularfaden genau in die Vertikalebene der Messkreisaxe. Diese Vorrichtung kann demnach zur axialen Parallelstellung der zu messenden Kante, sowie zur Controle ihrer Centrirung dienen. Mittelst der Schraube H ist der untere Schlitten D auf der Grundplatte festzustellen.

Das Linsensystem hat eine 350 fache, nach Ausschaltung der unteren Objektivlinse, eine 200fache Vergrösserung. Der Anforderung grösstmöglicher Empfindlichkeit des Systems auf genaue Einstellung, steht die Bedingung eines nicht zu kleinen Fokalabstandes entgegen. Letzteres ist sowohl zum Zweck einer guten Oberflächen-Beleuchtung für opake Krystalle, als auch des bequemeren Arbeitens wegen, erwünscht.

Das gewählte System zeigt bei 350 facher Vergrösserung, einen Fokalabstand von 1,2 mm und eine Empfindlichkeit der Einstellung von 0,004 mm; bei 200 facher Vergrösserung,

einen Fokalabstand von 6 mm und eine Empfindlichkeit von 0,008 mm¹.

Zur Beleuchtung durchsichtiger Krystalle dient ein, auf dem Schlitten E befestigter Planspiegel; für undurchsichtige wird eine starke Beleuchtungslinse angewendet. Dieselbe ist, mit doppeltem Kugelscharnier, an einem besonderen Stativ befestigt.

3) Das Centrirfernrohr K, mit verstellbarem Fadenkreuz. Letzteres ist genau in der Axe des Messkreises ajustirt. Die Objektivlinse kann durch eine andere von kürzerer Brennweite ersetzt werden, um der verschiedenen Sehweite, für grössere und kleinere Krystalle, zu entsprechen. Das Fernrohr ist ebenfalls mittelst eines Schlittens auf der Grundplatte C befestigt².

Methode der Messung.

Die zu messende Kante, des an dem Träger A befestigten Krystalls, wird mittelst des Okularfadens axialparallel eingestellt. Bei einer Drehung des Krystalls muss Kante und Okularfaden stetig parallel bleiben. Man controlirt die Genauigkeit der Adjustirung, indem man das Mikroskop auf eine der tautozonalen Krystallflächen einstellt und mittelst des Schlittens D axialparallel verschiebt. Das Bild der Fläche muss hierbei stets gleiche Schärfe behalten.

Nunmehr wird die zu messende Kante centrirte. Zu dem Ende verschiebt man die Planscheibe B des Krystallträgers, bis das Fadenkreuz des Fernrohrs K sich mit der Kante deckt. Behufs Controle der genauen Centrirung wird das Mikroskop, an der Theilung G, auf 0 gestellt; es fällt alsdann der Okularfaden in

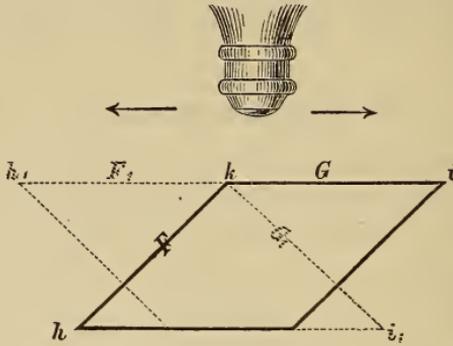
¹ Da die Präcision des Goniometers vor Allem von der Construction des Linsensystems abhängig ist, so darf von weiteren Versuchen in dieser Richtung eine Vervollkommnung des Instruments erwartet werden.

² Das Instrument ist von Hrn. Mechaniker Fuess (Berlin, Alte Jakobstrasse 109) ausgeführt und von demselben zu beziehen. Für genauere Reflexionsmessungen wird, auf Wunsch, ein besonderes Fernrohr beigegeben, das an Stelle des Mikroskops auf den Schlitten aufgeschoben werden kann.

die axiale Vertikalebene. Dreht man nun den Krystall, so muss bei genauer Centrirung Faden und Krystallkante in steter Deckung bleiben. Kleinere Correkturen sind unter dem Mikroskop leicht auszuführen.

Es erfolgt nunmehr die eigentliche Messung, wobei die Schraube H, am unteren Schlitten, festgezogen wird, so dass das Mikroskop nur noch vertikal zur Kreisaxe verschiebbar bleibt.

Die zu messende Kante k sei gebildet durch die Flächen F und G , die andererseits von den tautozonalen Kanten h , i begrenzt werden.



Nachdem das Mikroskop auf die der Kante k zunächst liegenden Theile der Fläche G genau eingestellt ist, schiebt man dasselbe über die Fläche G hin und dreht nunmehr den Krystall, bis auch die, der Kante i zunächst liegenden Flächentheile ein scharfes Bild geben. Ist auf diese Weise, eventuell unter Wiederholung des Verfahrens, die Fläche G genau fixirt, so wird der Krystall mittelst der Kreisaxe des Goniometers gedreht, bis auch die Fläche F , in gleicher Weise, genau eingestellt ist. Der am Goniometer ablesbare Drehungswinkel ist der Supplementwinkel der zu messenden Kante.

Um die Genauigkeit der Messung zu erörtern, nehmen wir an, dass der maximale Fehler der mikroskopischen Einstellung, je nach der Beschaffenheit der Krystallfläche, 0,004 bis 0,012 mm betrage (siehe oben). Für jede Messung bedarf es zweier Einstellungen. Den ungünstigsten Fall vorausgesetzt, dass nämlich beide Fehler sich summirten, würde die maximale Ungenauigkeit

des Messungsergebnisses annähernd durch die Formel gegeben sein:
 $\operatorname{tg} \alpha = \frac{u \cdot 2}{x}$, wobei u den Fehler der Einstellung, x die Durchschnittsbreite der Krystallflächen bedeutet.

Für $x = 10$ mm und $u = 0,004$ ist $\alpha = 2'45''$.

„ $x = 5$ „ „ $u = 0,004$ „ $\alpha = 5'30''$.

„ $x = 10$ „ „ $u = 0,008$ „ $\alpha = 5'30''$.

„ $x = 5$ „ „ $u = 0,008$ „ $\alpha = 11'0''$.

In Wirklichkeit erweist sich dieser Fehler aber wesentlich kleiner, da die Ungenauigkeiten der Einstellung sich zum Theil aufheben, so dass man, bei Wiederholung der Messungen an völlig ebenflächigen Krystallen, meistens nur Differenzen von 1 Minute und darunter erhält.

Anmerkungen zur Ausführung der Messung.

1) Die ebene Beschaffenheit der Krystallflächen wird controlirt, indem man letztere, nach ihrer genauen Einstellung, in ganzer Ausdehnung mit dem Mikroskop bestreicht und sich überzeugt, ob alle Theile gleich scharfe Bilder geben. Ist dies an einer Stelle nicht der Fall, so kann man mittelst der Mikrometerschraube des Mikroskops genau einstellen und an der Kreistheilung F das Mass der Unebenheit ablesen. Ebenso lässt sich, bei regelmässig gekrümmten Flächen, unter Zuhilfenahme der Theilung G , der Krümmungsradius bestimmen.

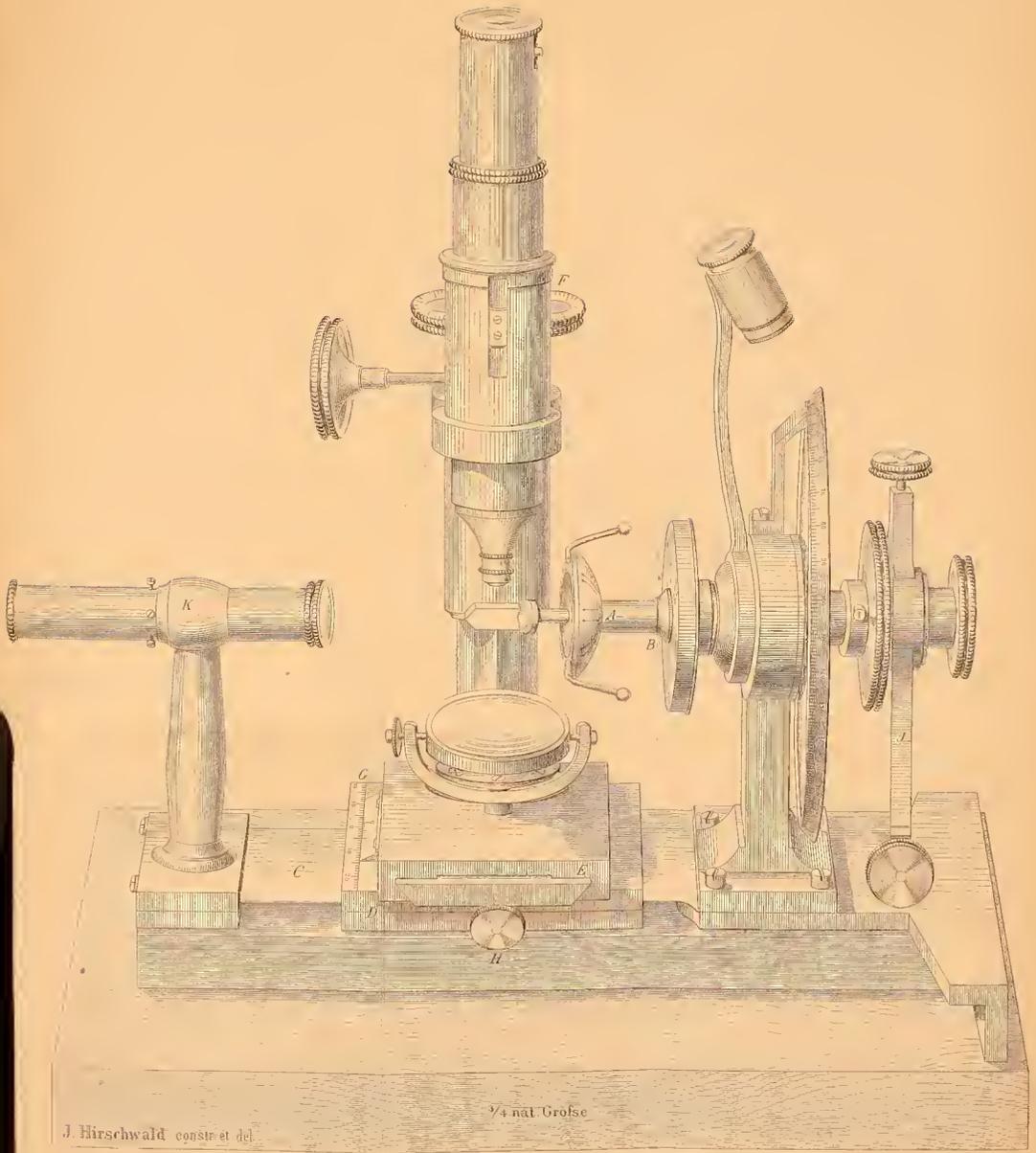
2) Zur Erzielung einer genauen mikroskopischen Einstellung empfiehlt es sich, die Krystallflächen mit einem feinen Pulver zu bestäuben. Für durchsichtige Krystalle wendet man zweckmässig sehr fein geriebene Lindenkohle an, die mittelst eines kleinen, mit Röhre versehenen Gummibällchens, aus einiger Entfernung aufgeblasen wird. Die mikroskopische Einstellung geschieht nicht auf die Kohlenpartikel selbst, sondern auf die Berührungsstellen derselben mit der Krystallfläche, so dass hierbei jede Ungenauigkeit ausgeschlossen ist.

Für undurchsichtige Krystalle verwendet man, namentlich wenn dieselben dunkel gefärbt sind, statt der Kohle, fein geriebenen Gummi arabicum. Mit der Linse oberflächlich beleuchtet, erscheinen die Gummistäubchen hell und durchsichtig und gestatten so eine recht präzise mikroskopische Einstellung.

3) Auch Krystalle mit regelmässig gekörnten, gestreiften oder polyëdrischen Flächen sind messbar. Man stellt das Mikroskop auf die Vertiefungen oder Erhabenheiten ein, je nachdem man sich überzeugt hat, dass die einen oder anderen in einer Ebene liegen (siehe Anm. 1).

4) Da die Krystallflächen, je nach ihrer Beschaffenheit, eine verschiedene Genauigkeit der mikroskopischen Einstellung gestatten, so ist es von Interesse, den Grad derselben in jedem einzelnen Falle, mit Hilfe der Mikrometertheilung F festzustellen. Bestimmt man alsdann die Breite der Krystallflächen am Massstab G, so lässt sich aus diesen beiden Faktoren der maximale Fehler der Winkelmessung berechnen. Unter sonst gleichen Bedingungen werden daher schmale Krystallflächen ein weniger genaues Resultat liefern, als solche von grösserer Ausdehnung, wie andererseits durchsichtige Krystalle eine präcisere mikroskopische Einstellung gestatten, als opake.

Im nächsten Heft soll eine Auswahl, mit dem Mikroskop-Goniometer ausgeführter Messungen mitgetheilt werden.



ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Neues Jahrbuch für Mineralogie, Geologie und Paläontologie](#)

Jahr/Year: 1879

Band/Volume: [1879](#)

Autor(en)/Author(s): Hirschwald Julius

Artikel/Article: [Das Mikroskop-Goniometer 301-308](#)