XVIII. Ueber einen Krystallmodellirapparat.

Von

V. Goldschmidt in Heidelberg.

(Hierzu 2 Textfiguren.)

Krystallmodelle spielen eine grosse Rolle beim Unterricht wie beim Studium der Krystallographie. Das kommt von der Seltenheit und Kleinheit gut ausgebildeter Krystalle und der Schwierigkeit der Darstellung der oft complicirten räumlichen Gebilde. Die Modelle begleiten jeden, der sich mit Krystallen beschäftigt, auf allen Stufen seiner wissenschaftlichen Entwicklung. Die Rolle, die sie dabei spielen, ist aber eine verschiedene. Wir können drei Stadien unterscheiden: das Stadium des Elementarschülers, des Hochschülers und des Naturforschers.

Erstes Stadium: **Elementarunterricht an Modellen.** Das Object des Unterrichts sind die Modelle. Höchstens werden zum Vergleich mit den erlernten Modellen einige einfache Krystalle herangezogen, die so gross und so gleichmässig ausgebildet sind, dass sie den Modellen gleichen. Z. B. ein Oktaëder von Magnetit, ein Pentagondodekaëder oder Würfel von Pyrit, ein Dodekaëder von Granat, ein Prisma mit Pyramide von Quarz u. a. Diese Krystalle erscheinen dem Elementarschüler als unvollkommene Wiederbildungen der Krystallformen, wie sie die Modelle in ihrer Reinheit zeigen. In der Natur hat man keinen vollkommenen Würfel und kein vollkommenes Oktaëder; die Seiten der natürlichen Würfel sind keine genauen Quadrate, die des Oktaëders keine gleichmässigen Dreiecke. Die Natur macht die Krystalle meist klein, combinirt die Formen, lässt Theile unausgebildet und gestattet, dass ein Krystall in der Ausbildung den anderen stört.

Zweites Stadium: **Hochschulstudium.** Tritt dann der Schüler der Natur näher, misst, rechnet und zeichnet selbst, so findet er den umgekehrten Thatbestand. Die Modelle erscheinen ihm als mangelhafte Nachbildungen der natürlichen Krystalle, deren Schönheit und reiche Gesetzmässigkeit ihn um so mehr erfreut, je mehr er mit ihnen vertraut wird. In

gleichem Maasse als die Krystalle in seiner Meinung steigen, sinken die Modelle. Sie erscheinen ihm plump, nichtssagend und unrichtig. Er macht sich frei von den Modellen, sucht lieber die correcteren Zeichnungen und Projectionsbilder der Beobachter auf, die sich in den Publicationen finden, und stellt solche selber her. Soweit gelangt wohl der Student auf der Hochschule.

Drittes Stadium: Naturforschung. Bleibt der Student der Krystallkunde treu, so tritt er in das Stadium des eignen Beobachtens. Er studirt neues Material, vergleicht mit früheren Angaben, und stellt die als neu erkannten Thatsachen in verständlicher Form zusammen. Nun möchte er gern wieder Modelle haben, aber nicht die schematischen des Elementarunterrichts, sondern solche, die gerade das zeigen, was er beobachtet hat, und was Andere an ähnlichem Material beobachtet haben. Solche Modelle aber sind nicht zu haben. Die Publicationen bestehen in Text, Zahlen und Zeichnungen, Modelle sind nicht dabei. Hie und da lässt ein Beobachter ein ihm interessantes Modell in den Handel setzen, oder er hat einen Mechaniker zur Hand, der unter seiner Leitung ein Modell hobelt und feilt, so wie er es haben will. Ausnahmsweise ist ein Beobachter ein so geschickter Mechaniker, dass er es selber machen kann. Aber das ist mit den bisherigen Mitteln nicht leicht, wenn die Flächen so sein sollen, wie sie beobachtet sind, unter den richtigen Winkeln und in der richtigen Gestalt.

Bisherige Herstellung von Modellen nach der Beobachtung. Sehen wir von den Pappmodellen ab, die sich mehr für schematische Formen, als zur Wiedergabe der Beobachtung eignen, so geschieht die Herstellung, indem man an einen Klotz von Holz oder Gyps eine Fläche nach der anderen unter den gemessenen Winkeln anschneidet. Die Lage einer neu angelegten Fläche wird nun bestimmt durch eine Zone und einen Winkel (Abstumpfung einer Kante) oder durch zwei Winkel (Abstumpfung einer Ecke). Letzteres ist besonders schwer richtig zu machen.

Neues Princip der Modellirung auf Grund zweikreisiger Messung. Die zweikreisige Messung, die reformirend in die Krystallometrie eingegriffen hat, ermöglicht auch eine Reform des Krystallmodellirens. Sie bestimmt die Lage der Flächen nicht, wie die einkreisige, durch die Winkel von Fläche zu Fläche, sondern durch die Position, d. h. die Richtung eines Strahles senkrecht zur Fläche gegen einen Pol und einen ersten Meridian. Zwei Winkel $\varphi\varrho$ definiren die Richtung einer Flächennormale. Um die Fläche selbst festzulegen, ist nur noch die Centraldistanz zu wählen, wenn $\varphi\varrho$ bekannt sind.

Wir kennen aber die $\varphi\varrho$ für alle beobachteten Formen aller natürlichen Krystalle; sie sind in den Winkeltabellen des Verfassers publicirt¹⁾.

1) Krystallographische Winkeltabellen. Berlin, Springer 1897.

Nur für neue Formen sind die φ durch Messung oder Umrechnung zu bestimmen.

Der **Aufbau der Krystalle durch die Natur** erfolgt so, dass sich Schicht auf Schicht ansetzt und die Flächen parallel mit sich vorrücken, d. h. in der Richtung senkrecht zur Fläche. Das **Modelliren** kann **nach dem gleichen Princip** aber in umgekehrter Richtung geschehen durch Abtragen, statt Auftragen. Wir nehmen ein Werkstück z. B. von Gyps oder Speckstein, stellen ein Messer ein unter den Positionswinkeln φ , die wir ja für jede Flächenart kennen, und schneiden parallel Schichten ab, so lange, bis die Centraldistanz klein genug ist.

Beschreibung des Apparates¹⁾.

Der Apparat ist in Fig. 1 und 2 schematisch dargestellt. Er besteht aus dem Vertikalkreis (φ -Kreis) **V** und dem Horizontalkreis (φ -Kreis) **H** mit Theilungen auf 10. Die Axe von **V** trägt das Werkstück **W**; **H** massiv als Tisch gebaut, trägt ein verticales Messer **M**. **M** gleitet auf einem Schlitten **S** in der Ebene der anzuschneidenden Fläche und wirkt als Hobel. Es lässt sich durch eine Schraube σ mit getheilter Trommel **T** nach dem Centrum von **H** verschieben. Durch σ mit **T** kann man die Centraldistanz der Fläche reguliren und messen.

Die **Herstellung der Modelle** geschieht so, dass man an das Werkstück der Reihe nach die Flächen anschneidet. Zuerst die grössten, die dem Krystall den Habitus geben, dann immer kleinere. Man hobelt Schicht um Schicht weg, indem man **M** auf **S** gleiten lässt. Dabei lässt man **M** durch Drehung von **T** vorrücken, bis die Centraldistanz passend ist. Soll das Modell symmetrisch (idealisiert) sein, d. h. sollen gleichwerthige Flächen

¹⁾ Der Apparat wurde durch Herrn Mechaniker P. Stoß in Heidelberg ausgeführt. In der Sitzung des naturhistor.-medicin. Vereins in Heidelberg am 6. Januar 1899 wurde der Apparat vorgestellt und seine Anwendung demonstriert.

gleiche Centraldistanz haben, so geht man für solche mit $T\sigma$ bis zur gleichen Marke vor.

Die **Herstellung rundum ausgebildeter Modelle** bietet einige Schwierigkeit durch die Nothwendigkeit des Festhaltens während des Schneidens und Beibehaltens genauer Orientirung. Uebrigens sind die meisten Krystalle nur an einem Ende ausgebildet oder enthalten eine Anwachsstelle, die keine Flächen trägt und zur Anheftung des Modells benutzt werden kann. Ferner können Flächen der unteren Hälfte, die solchen der oberen parallel sind, unter Beihülfe des Dickenmessers (Kaliber) aus der Hand nachgearbeitet werden. Zur Ueberwindung der hier noch bestehenden Schwierigkeiten sind Versuche im Gang.

Material zu den Modellen. Die verschiedenen Materialien haben verschiedene Vorzüge. Dem Material muss der Bau des Modellirapparates angepasst werden.

Gyps eignet sich für die meisten Fälle. Aus ihm lassen sich beliebig grosse Stücke billig herstellen. Er lässt sich leicht schneiden, besonders wenn er frisch hergestellt und noch feucht ist. Man kann ihn härten durch Kochen in Paraffin, Wachs, Leim u. a. und anmalen zur Unterscheidung der verschiedenen Flächenarten.

Speckstein giebt schöne Modelle, doch ist das Material härter als feuchter Gyps und erfordert deshalb einen stärker gebauten Apparat.

Wachs und Paraffin geben schöne Modelle von ähnlichem Glanz wie manche natürliche Krystalle. Sie schneiden sich leicht, sind aber etwas empfindlich und müssen schonend behandelt werden.

Holz, Elfenbein, Metalle (als Messing, Aluminium, Zinn, Silber u. a.) erfordern einen wesentlich stärkeren Apparat, vielleicht ein Ersetzen des Hobelns durch Feilen und Fräsen.

Glas. Um hieraus Modelle zu machen, müsste der Apparat in einen Schleifapparat verwandelt werden, was auch geschehen kann¹⁾.

Die Naturtreue dieser Modelle übertrifft weit die der bisherigen, auch der sorgfältigst hergestellten. Die Flächenpositionen sind in φ und ϱ auf $\frac{1}{2}^\circ$ richtig, unabhängig von Zahl und Art der Flächen. Die Centraldistanz lässt sich auf $\frac{1}{10}$ mm bequem reguliren. Dadurch erhalten die Flächen (symmetrisch oder unsymmetrisch) ihre natürliche Gestalt und Grösse.

Selbstmachen der Modelle durch den Beobachter kann leicht und rasch geschehen. Es erfordert keine grosse Uebung. Die Herstellung eines Modells geht meist rascher als die der entsprechenden Zeichnung. Die richtige Ausführung hängt nur ab von der aufmerksamen Einstellung der Winkel $\varphi\varrho$ und der passenden Wahl der Centraldistanz. Wie tief die Flächen einzuschneiden seien, ergibt sich während der Arbeit aus dem Aussehen des Werkstückes. Der Beobachter hat auch zu entscheiden, ob er idealisiren,

¹⁾ Ueber einen von mir construirten Schleifapparat mit zweikreisiger Einstellung für orientirte Schlitze an Krystallen will ich an anderer Stelle berichten.

d. h. in Bezug auf Centraldistanz die Symmetrie des Systemes berücksichtigen, oder ob er die Flächenausbildung im Modell der Beobachtung anpassen will.

Es ist für den Beobachter (wie den Schüler) wichtig, dass er im Stand ist, den durch Skizziren, Messen und Projiciren in Einzelbeobachtungen zerlegten Krystall als räumliches Gebilde wieder vor sich entstehen zu lassen. Der Beobachter selbst kennt den Krystall am genauesten; er kann am besten beurtheilen, ob das Modell die Gestalt desselben treu wiedergiebt.

Schönheit der Form in Krystall und Modell. Es liegt in den Grössenverhältnissen der Flächen ein Gleichgewicht, eine Harmonie, deren Gesetze wir noch nicht kennen, die uns aber aus den natürlichen Krystallen, wie aus richtigen Modellen sympathisch anspricht, und die wir Schönheit nennen. Je richtiger das Modell ist, desto schöner wird es uns erscheinen.

Austausch von Modellen. Publicationen haben den Zweck, dass Andere erfahren, was Einer beobachtet hat. Kann nun der Beobachter naturgetreue Modelle der gemessenen Krystalle leicht und billig ausführen (ein Laboratoriumsdienner kann ihm dabei helfen und das gleiche Modell in mehr Exemplaren herstellen), so ist es möglich, der Publication von Messungen und Zeichnungen solche von Modellen beizufügen und sie an Solche zu schicken, die sich für den Gegenstand interessiren. Die Krystallsammlungen würden an Werth gewinnen, wenn den Krystallen Modelle beigelegt wären, die das Verständniss der Originalstücke vermitteln. Es könnte ein Austausch von Modellen zwischen den Beobachtern und Museen eingeleitet werden, ähnlich dem Schriftenaustausch, wie er derzeit besteht¹⁾.

Verwendung des Modellirapparates als Goniometer. Der Apparat lässt sich unmittelbar als Grobgoniometer verwenden, wenn man dem Krystallträger eine Justirvorrichtung giebt (etwa wie beim Grobgoniometer; diese Zeitschr. 1898, 29, 589). Man setzt den Krystall an Stelle des Werkstückes auf und stellt ihn polar; dann dreht man den φ - und ϱ -Kreis (**V** und **H**) so, dass das Messer beim Verschieben auf dem Schlitten an der Fläche hingeleitet. Die abgelesenen Winkel geben die Position der Fläche. Das ist zur Messung an Modellen und sehr groben Krystallen ausreichend. Man kann den Apparat auch zur Verwendung als Reflexionsgoniometer adaptiren. Versuche über eine passende Construction sind im Gang, aber noch nicht abgeschlossen.

Studium der Centraldistanz mit Hülfe des Apparates. Die relative Centraldistanz der Flächen ist gewiss nicht zufällig. Sie giebt den Flächen ihre relative Grösse, den Krystallen den Habitus. Wir wissen, dass Kry-

1) Herr Mechaniker P. Stoë in Heidelberg (Jubiläumsplatz 70) fertigt solche Modelle auf Grund eingesendeter Zeichnung mit Angabe der Winkel φ ϱ .

stalle gleichzeitiger Bildung, gleichen Fundorts gleichen Habitus haben. Wir wissen ferner, dass die wichtigsten Flächen grosse Ausdehnung haben, d. h. kleine Centraldistanz, die unwichtigen kleine Ausdehnung. Im Uebrigen sind die Gesetze der Centraldistanz nicht bekannt. Die Centraldistanz ist an den natürlichen Krystallen schwer zu messen, besonders für die kleinen, untergeordneten Flächen, wegen Bruch, Kleinheit der Objecte und allerhand Unregelmässigkeiten.

Der Modellirapparat lässt die Centraldistanz unmittelbar ablesen. Hat aber das Modell das richtige Aussehen, die Flächen die Gestalt, wie in der Natur, so ist auch die relative Centraldistanz richtig getroffen. Ich halte diese Art der Bestimmung nicht für so ungenau, als sie erscheinen mag. Freilich gründet sich die Beurtheilung des richtigen Aussehens nur auf das Augenmaass. Aber eine kleine Aenderung der Centraldistanz giebt den Flächen eine merklich veränderte Abgrenzung. Andererseits schwanken die Centraldistanzen gleichwerthiger Flächen an Krystallen desselben Fundorts, desselben Anschlusses, ja desselben Individuums in so weiten Grenzen, dass nur an rohe Bestimmung gedacht werden kann.

Ich will versuchen, mittelst des Apparates die Centraldistanzen zu studiren und vermuthen, dass sich trotz der rohen Bestimmung interessante Gesetzmässigkeiten ergeben werden. Solche Gesetzmässigkeiten wären theoretisch von hoher Bedeutung.

Heidelberg, den 12. Januar 1899.