Untersuchungen über die Veränderlichkeit der Krystallwinkel.

Von

Dr. Fr. Pfaff.

(Vorgetragen am 14. Januar 1878.)

Das eine der Fundamentalgesetze der Krystallbildung, nämlich das der Unveränderlichkeit der Kantenwinkel, zuerst 1669 von dem Dänen Nic. Steno in einem Falle erkannt, wurde erst 100 Jahre später von dem Vater der Krystallographie, Romè de l'Isle in aller Bestimmtheit für jede Krystallspecies gültig aufgestellt.

Es bedarf kaum der Erwähnung, dass der empirische Beweis für dasselbe immer nur in der Grenze gegeben werden konnte, innerhalb derer die Winkelmessinstrumente eine Prüfung gestatteten. Seit Erfindung des Reflexionsgoniometers durch Wallaston 1809 lassen sich Krystallwinkel bis auf Secunden genau messen, wenn die Flächen des Krystalles nur vollkommen eben sind, was freilich nur selten angetroffen wird, in der Regel nur bei sehr kleinen Krystallen. Die mit diesen feineren Instrumenten vorgenommenen Messungen gaben nun ebenfalls keine Veranlassung, das Gesetz der Konstanz der Krystallwinkel als nicht stichhaltig hinzustellen, und wir können mit aller Sicherheit sagen, je vollkommener ein Krystall ausgebildet ist, je besser er genaue Winkelmessungen gestattet, desto strenger fügt er sich dem Gesetze.

Wir können aber trotzdem nicht voraussetzen, dass diese Unveränderlichkeit der Krystallwinkel eine absolute sei, die keine Störungen erleide, es wäre das nichts Anderes, als die Behauptung, dass die Krystallisationskraft unbeeinflusst von allen anderen Naturkräften arbeite, womit ihr eine Ausnahmsstellung in der Natur gegenüber allen physikalischen Vorgängen eingeräumt wäre.

Merkwürdiger Weise ist aber von solchen Störungen der Krystallisation, die sich auch auf die Winkel erstreckte, nichts bekannt, und nur ein Krystallograph hat dieselben erwähnt und glaubte sie durch Messung constatirt zu haben, nämlich Breithaupt, der 1829 *) an einer Reihe von Mineralien solche Abweichungen von der gesetzmässigen Grösse bestimmter Winkel erkannte und darauf selbst neue Krystallsysteme begründen wollte. Seine Angaben über die Veränderlichkeit der Winkel am Bergkrystall, Turmalin u. a. wurden jedoch angezweifelt, wozu wohl der Umstand mit beitrug, dass Breithaupt von einer bestimmten Theorie ausgehend und ihr zu Gunsten seine Messungen vornahm, deren Ergebnisse zum Theil auch auf die bekannte Thatsache sich zurückführen lassen, dass mit einer oft sehr kleinen Aenderung der chemischen Zusammensetzung auch die Winkel sich ändern, aber wieder streng gesetzmässig. Bei den isomorphen Verbindungen, ich erinnere nur an die Reihe der mit Kalkspath isomorphen, finden sich solche Fälle in grosser Anzahl.

Nichts destoweniger bleibt ein Theil der Breithaupt'schen Beobachtungen davon unberührt und die negativen Resultate, die später Andere an denselben Mineralien erhielten, bewiesen nur, dass Breithaupt's Theorie unrichtig sei, aber nicht, dass alle seine Beobachtungen falsch seien, wie man so ziemlich allgemein annahm.

Die Betrachtung der physikalischen Verhältnisse der Krystalle, vor Allem die genauere Untersuchung der optischen Eigenschaften derselben, zeigte nun, dass nicht unerhebliche Störungen in dem physikalischen Verhalten der Krystalle auftreten, die es in manchen Fällen sogar zweifelhaft machen können, zu welchem Krystallsysteme ein solcher zu rechnen sei. Sollte nun eine solche, allerdings oft nur an einzelnen Individuen einer Mineralspecies bemerkbare Störung des regelmässigen Aufbaues eines Krystalles ohne alle bemerkbaren Einfluss auf die Neigung der Flächen gegen einander sein? Ich für meinen Theil möchte von vornherein diese Frage nicht verneinen.

Es schien mir unter diesen Umständen daher der Mühe werth, darüber Untersuchungen anzustellen, ob sich eine merk-

*) Jahrb. der Chemie u. Physik von Schweigger-Seidel 1829. Bd. II. 1830. Bd. III. etc.

liche Veränderung von Krystallwinkeln, die als Störungen zu bezeichnen wären, nachweisen lasse.

Der Weg dazu ist durch die Natur, soweit es sich um die zu prüfenden Winkel handelt, klar vorgezeichnet. Offenbar kann man zur Beantwortung dieser Frage nur solche Winkel wählen, welche keiner Veränderung mit einer allenfallsigen Aenderung in der chemischen Zusammensetzung fähig sind, also Krystalle des regulären Systems, und aus dem quadratischen, rhombischen und hexagonalen Systeme die Winkel der rechtwinkligen und der sechsseitigen Säule.

Zu gleicher Zeit war es aber auch wünschenswerth, ein etwas grösseres Material zu erhalten, welches solche Messungen gestattete und auch zugleich günstigere Verhältnisse für das Erkennen solcher Störungen darbot, mit anderen Worten, es erschien als ein Bedürfniss die Leistungsfähigkeit des Reflexionsgoniometers zu steigern, da die Anwendung desselben, wenn es sich um Winkelbestimmung handelt, die bis auf eine Minute zuverlässig sein sollen, im Ganzen eine beschränkte, nur auf gut ausgebildete, vollkommen spiegelnde Krystalle ausdehnbare ist. Wer sich mit Krystallmessungen abgiebt, weiss ja, wie oft man mit unvollkommener, keine scharf begränzten Bilder liefernden Spiegelung zu kämpfen hat und wie darunter die Sicherheit der Winkelmessung leidet, wie namentlich grössere Krystalle selten befriedigende Bilder liefern.

Eine Steigerung der Leistungsfähigkeit des Reflexionsgoniometers erhält man nun, wenn man statt des gewöhnlich angewendeten, mässig vergrössernden Fernrohres zur Betrachtung des gespiegelten Objectes ein solches anwendet, welches die Gegenstände ziemlich verkleinert zeigt, was man leicht erreicht, wenn man statt des Fernrohrobjectives eine oder besser zwei Linsen von geringer Brennweite, jedenfalls von geringerer als der des Oculares anwendet *). Wer ein solches Fernröhrchen anwendet, wird erstaunen, wie durch ein solches betrachtet, Krystallflächen von weit entfernten Gegenständen noch ganz scharfe Bilder liefern, welche mit dem gewöhnlichen Fernrohre

*) Ich verwandte dazu zwei Linsen von 2 und 3 Ctm. Brennweite. Das Instrumentchen gewährt so auch den Vortheil, wenn man das Auge etwas weiter vom Ocular entfernt, den Krystall vergrössert zu zeigen, und so seine Justirung zu erleichtern.

betrachtet, nur ganz verschwommene, zu scharfer Messung ganz unbrauchbare Reflexe erzeugen, und wie lichtstark dieselben dabei sind.

Ich habe auf diese Weise die im folgenden aufgeführten Krystalle untersucht mit einem Goniometer mit horizontal stehendem Kreise, das eine directe Ablesung von einer Minute und eine genaue Einstellung durch eine Mikrometerschraube gestattete. Als Object dienten gewöhnlich die weissen Fensterleisten eines 60 Meter von dem Instrumente stehenden Hauses oder der Knopf und die ihn tragende Stange eines Kirchthurms, der 610 Meter entfernt war; statt des ersteren wurde zuweilen auch ein vor dem Himmel sich scharf abhebender Schornstein in einer Entfernung von 70 Meter benutzt. Der senkrechte Faden des Fadenkreuzes bestand aus zwei nahe an einander stehenden, was ermöglichte, auf schmalere Gegenstände so einzustellen, dass dieselben in der Mitte zwischen den beiden Fäden erschienen.

Es wurden folgende Krystalle untersucht, welche die sofort näher bezeichneten Resultate ergaben:

1) Granat von der Musaalpe. Winkel zweier Granatoëderflächen; die Messung ergab folgende Abweichungen, von dem geforderten von 60^0 (der Drehung) 15, 14, 13, 13, 13 Minuten. Mittel $13^3/_5$ Minuten.

Um dieses Resultat noch in anderer Weise zu controliren, wurde auf der einen Fläche das weisse Fensterkreuz des gegenüberliegenden Hauses in das Fadenkreuz gebracht und dann der Krystall genau um 60 Minuten gedreht. Das Fensterkreuz stand nun um die halbe Fensterbreite von dem Fadenkreuze entfernt *).

2) Flussspathwürfel von Stolberg. Länge der Würfelkante 24 Mm., sehr gute Bilder liefernd. Die Messung ergab eine Abweichung von der Rechtwinkligkeit als Mittel von 6 Messungen $9^1/_2$ Minute (Maximum 11, Minimum 7). Als Object für die Spiegelung wurde der Rand des Schlotes benutzt. Bei der Drehung der Alhidade mit dem Krystall genau um 90^0 ging der senkrechte Faden des Fadenkreuzes beiläufig um $^1/_3$ der

*) Ich bemerke hier, dass bei allen folgenden Messungen stets zur Kontrole das gleiche Verfahren angewendet wurde.

ganzen Schlotbreite vom Rande entfernt durch den Schlot hindurch.

3) Zinkblende, dunkelbraun, Spaltungsstück, sehr gut spiegelnd, 15 Mm. lang. Als Spiegelbild diente hier die Spitze des Kirchthurmes. Die Abweichung des Winkels der Dodecaëderflächen betrug im Mittel $10^1/_2$ Minuten (Minimum 10, Maximum 11).

4) Schwefelkies von Traversella. Kombination von Octaëder mit kleinen Dyakisdodecaëderflächen, Länge der Octaëderachse 15 Mm. Ränder der Objecte beim Spiegeln etwas verschwimmend. Der Winkel der Octaëderflächen ergab eine Abweichung von 27 Minuten (Differenz zwischen Maximum und Minimum 3 Minuten).

5) Schwefelkies von Traversella, Pentagondodecaëder, Länge der gemessenen Grundkante 14 Mm. Das Fensterkreuz wurde noch ganz gut von den beiden Flächen reflectirt. Mittel der Abweichung $20^1/_2$ Minute von dem Winkel des Pentagondodecaëders (a: 2a: ∞a) (Differenz zwischen Max. und Minim. 2 Minuten). Der gefundene Winkel $125^0\ 31'^1/_2$ giebt keine rationale Ableitungszahl (1.9847 . .), so dass das Pentagondodecaëder sicher für das gewöhnliche zu nehmen ist, aber mit einer Störung des Winkels. Bei einer Einstellung der zweiten Fläche durch Drehung um den normalen Winkel des genannten Pentagondodecaëders erschien statt des Fensterkreuzes der Rand des Fensters im Fadenkreuz.

6) Zirkon, loser Krystall, Länge der zur Winkelmessung angewendeten Kante der I. quadratischen Säule 7 Mm. Abweichung von der Rechtwinkligkeit im Mittel 11 Minuten (zwischen $9^1/_2'$ und 13′ die einzelnen Beobachtungen schwankend).

7) Vesuvian, brauner, loser Krystall. Zur Messung diente der Winkel der I. zur II. quadratischen Säule, Länge der Kante zwischen beiden 4 Mm. Eine Fläche sehr gut spiegelnd, die andere weniger gut, Abweichung des gemessenen Winkels von 45^0 im Mittel um $10^1/_4'$ (Minimum 8, Maximum 12).

8) Beryll, eine Fläche sehr gut spiegelnd, die andere weniger. Abweichung des Säulenwinkels 6 Minuten (zwischen 5 und 7 schwankend).

Ausser den genannten untersuchte ich bis jetzt noch einen anderen Beryllkrystall, einen schönen Smaragd, einen grünen Vesuvian, Bergkrystalle von Marmarosch und dem Wallis. Diese

zeigten alle bis auf eine Minute genau die normalen Winkel von 60 und 90°.

Aus den vorstehenden Beobachtungen glaube ich ganz entschieden den Schluss ziehen zu dürfen, dass Störungen in der normalen Lage der Krystallflächen eintreten können, die, wie man sieht, nicht unbeträchtlich sind und nahe $^1/_2$ Grad erreichen können.

Man könnte, um in der alten strengen Weise an dem Gesetze der Unveränderlichkeit der Krystallwinkel festzuhalten, etwa zu der Erklärung greifen wollen, dass nur durch die letzte unregelmässige Auflagerung der oberflächlichen Schichten, die man ja allerdings oft, namentlich an etwas grösseren Krystallen, beobachtet, diese Abweichung erzeugt werde. Doch möchte ich, wenn ich dieser auch einigen Einfluss nicht abstreiten will, nicht auf sie allein diese Winkelstörungen zurückzuführen. Eben die erwähnten optischen Abnormitäten, die namentlich beim Beryll und anderen optisch einaxigen Krystallen öfter zu beobachtenden Störungen der Kreisform der Ringe, welche man an senkrecht zur Achse geschliffenen Platten wahrnimmt, beweisen, dass Störungen der Aneinanderlagerung der Krystallmoleküle durch das ganze Innere des Krystalles Statt finden, und in Erwägung dieser Thatsache möchte ich auch die Winkelstörungen nicht als ein blosses Oberflächensymptom ansehen.

Die praktischen Konsequenzen, welche sich aus diesen Thatsachen ergeben, brauche ich wohl kaum zu erwähnen. Sie zeigen uns, dass wir eine absolute Konstanz der Winkel nicht voraussetzen dürfen und die Grenzen der Korrectionen, die wir an unseren Beobachtungen und Messungen von Winkeln anbringen dürfen, wohl etwas weiter stecken dürfen, als man bisher annahm, was gewiss auch zu mancher Vereinfachung von Flächensymbolen führen dürfte, wenigstens in Fällen, wo ein sehr unwahrscheinlicher Ausdruck gefunden und eine Korrection um mehrere Minuten zu einem annehmbaren führen würde.

Wie weit solche gehen dürfen, das erfordert allerdings eine noch grössere Anzahl von Beobachtungen wo möglich an dem Mineral selbst, an dem solche Korrecturen vorgenommen werden, und eine umsichtige Prüfung jedes einzelnen Falles, dass aber solche Prüfungen nicht überflüssig sein dürften, das wird jedenfalls aus den vorstehenden Untersuchungen hervorgehen.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Sitzungsberichte der Physikalisch-Medizinischen Sozietät zu Erlangen

Jahr/Year: 1875-1878

Band/Volume: 10

Autor(en)/Author(s): Pfaff Friedrich

Artikel/Article: Untersuchungen über die Veränderlichkeit der Krystallwinkel. 59-64