© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/;www.zobodat.at

Einige Bemerkungen über die jetzt gebräuchlichen Systeme der Krystallographie.

Von H. Guthe.*)

Die eben erschienene Krystallographie Quenstedt's und andererseits der Tod Naumann's, den Quenstedt in dem angeführten Buche mehrfach heftig angreift, veranlassen mich, hier einige Gedanken über die Entwickelung der neuern Krystallographie auszusprechen.

Unzweifelhaft wird man Weiss als den Begründer der heutigen Krystallographie ansehen, nachdem er im Jahre 1809 in seiner berühmten Abhandlung de indagando formarum crystallinarum charactere geometrico principali statt der bisher geltenden Hauyschen Lehre von den Decrescenzen ein ganz neues Princip in die Krystallographie einführte. Durch Aufsuchen der Symmetrieebenen in den Krystallen erhielt er als deren Durchschnitte gerade Linien, die er mit dem Namen Axen bezeichnete und welche es ihm nun möglich machten, die Lage jeder Fläche nach den Vorschriften der analytischen Geometrie durch die Angabe ihrer Parameter-Verhältnisse unzweifelhaft zu bestimmen. Wir sehen, dass Weiss damit jeder theoretischen Anschauung über den Aufbau des Krystalls aus seinen constituirenden Molecülen vollständig entsagt; darum mögen wir

*) Dies Manuscript ist mir am Tage nach dem am 28. Januar erfolgten Tode des Verfassers übergeben. L. Mejer.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

seine Methode vielleicht als eine mehr naturgeschichtliche bezeichnen, während Hauy den freilich voreiligen Versuch gemacht hatte, die Krystallformen aus der Anordnung der Molecüle zu erklären. Insofern diese Anordnung wieder von der chemischen Beschaffenheit derselben abzuhängen scheint, können wir sagen, dass Hauy ein naturwissenschaftliches System herzustellen die Absicht hatte, d. h. ein solches, in welchem die Form sich als Function des Inhalts (der Zusammensetzung der Substanz) zu erkennen gibt, womit also der Begriff der Causalität in die Betrachtung eingeführt wird.

Eigenthümlich ist es, dass Weiss, dessen Methode doch direct auf die Anwendung der analytischen Geometrie hinführte, nie von letzterer Gebrauch gemacht, sondern sich stets nur der Planimetrie und Trigonometrie als Hilfsmittel bedient hat. Dadurch ist er zwar der Erfinder mancher interessanten Sätze geworden; aber es ist ihm, wie manchen geistreichen Geometern ergangen, die auf Umwegen und unter Anwendung nicht sachgemässer Methoden eine Menge schöner Einzelheiten bewiesen, die von dem rechten Standpunkt aus sich als die natürliche Folge allgemeiner Principien ergeben und dann auch erst sich richtig gruppiren.

Manche seiner Speculationen z. B. über den Zusammenhang der Dimensionen der tesseralen Gestalten mit den Zahlenverhältnissen in der Tonkunst, sind Ausflüsse der falschen Naturphilosophie jener Zeit. Dagegen ist die Aufstellung des Begriffs der Zone, als eines Complexes von Flächen, die sich am Krystall in parallelen Linien schneiden, oder bei hinreichender Erweiterung schneiden würden, ein unvergängliches Verdienst von Weiss, denn mit der Aufstellung dieses Begriffs kam erst Beweglichkeit in die Flächen und wurde der Gegensatz zwischen Stereometrie und Krystallographie wahrhaft begründet. Damit hing sofort Annahme offener Prismen oder einzelner Flächenpaare nothwendig zusammen, Formen, die der Stereometrie ganz fremd sind.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Aber es wird sich andererseits auch behaupten lassen, dass Weiss doch mehr ein geistreicher Geometer als wirklicher Mineraloge war. Wie Hauy, um bessere und interessantere Zahlenverhältnisse zu bekommen, sich nicht an die durch das Reflexionsgoniometer erhaltenen Werthe band, den Winkel des Kalkspaths z. B. hartnäckig = 104°28′ annahm, so stand auch Weiss nicht an, bei den einzelnen Mineralspecies den Axen Längen zu geben, die sich vielleicht durch einen interessanten arithmetischen Zusammenhang auszeichneten, aber auf das vorliegende Mineral angewandt, Winkel in den Formen ergaben, die von den wirklich gemessenen oft ziemlich weit abliegen. Wir erinnern hier beispielsweise nur an seinen Versuch, die Zwillinge des Staurolithes mit tesseralen Formen in Verbindung zu bringen. Damit hängt es auch zusammen, dass Weiss bis an sein Lebensende nichts von schiefwinklichen Axen wissen wollte, sondern trotz der genauesten Messungen an rechtwinkligen Axen festhielt. Auf ein paar Minuten komme es nicht an, sagt sein Schüler Quenstedt bisweilen.

Auch in anderen Punkten fehlt ihm und Quenstedt der rechte Anschluss an die Natur. Wenn ich in der Natur, z. B. in der Combination ∞R, oR des Kalkspaths die Prismenflächen ∞R von den Pinakoiden oR sich durch Farbe, Glanz, Verhalten in Beziehung auf Brechbarkeit, Härte, Widerstandsfähigkeit gegen Säuren sich wesentlich unterscheiden sehe, so muss ich als Naturbeschreiber diesem Verhältniss dadurch Ausdruck geben, dass ich eben jenen Körper als eine zweizählige Combination ansehe. Wenn nun Weiss und Quenstedt dies in dem speciellen Theile der Krystallographie auch thun, so wird doch im allgemeinen Theile diese Combination als Einheit betrachtet: es ist der Vierzonenkörper. Ebenso spielt in den allgemeinen Betrachtungen die Combination R, oR — das sogenannte hexagonale Oktaid — eine ebenso ungerechtfertigte Rolle. Und derselbe falsche Standpunkt ist es, wenn Quenstedt wieder und wieder Tabellen über alle möglichen vierseitigen Prismen anstellt, wo wirkliche krystallographische Einheiten, der

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Würfel und das Rhomboeder, zusammengestellt werden mit zwei- und dreitheiligen Formen. Es ist doch sicherlich ein methodischer Widerspruch, vorn im Buche diesen Körpern eine krystallographische Existenz zuzuschreiben, nachher aber ihnen dieselbe nicht mehr zuzugestehen und sie als zusammengesetzt zu beschreiben.

Der Grund für diese Absonderlichkeit liegt darin, dass Quenstedt, wie die meisten Mineralogen, synthetisch verfährt und mit abstracten Allgemeinheiten beginnt, aus denen sich dann die bunte Mannichfaltigkeit der Natur entwickeln soll. Ich ziehe den umgekehrten Weg vor. Die Combination oft in den stärksten Verzerrungen ist es, die uns in der Natur am häufigsten entgegentritt. Sie muss zerlegt werden nach dem Satze, dass nur was physisch gleichartig ist, auch geometrisch zusammengehört. Dann werden wir nie zu solchen krystallographischen Undingen, wie der Vierzonen-Körper oder das hexagonale Oktaid kommen.*)

In einem Punkte aber haben Weiss und Quenstedt sich wirklich enger an die Natur angeschlossen, als die meisten der übrigen Krystallographen. Es ist die Bestreitung der Existenz des diklinischen Krystallsystems. Hier haben Mitscherlich, der es zuerst aufstellte, sowie Naumann, der noch in seiner letzten grösseren krystallographischen Arbeit (Elemente der theoretischen Krystallographie) die Existenz desselben auf's lebhafteste vertheidigte, sich mehr durch geometrische als durch krystallographische Gründe leiten lassen. Wenn er mit Entschiedenheit betont, man müsse, ehe man die Selbständigkeit des diklinischen Krystallsystems angreife,

*) Dies ist auch pädagogisch der richtigste Weg. Leider pflegt man gewöhnlich die Krystallographie erst als eine rein geometrische Disciplin vorzutragen, wobei dann in der Regel von selbst das Hauptgewicht auf die Form und nicht auf die Lage der Flächen gelegt wird. Man legt den Schülern Modelle vor, die ohne Rücksicht auf mögliche Flächenverschiebung gearbeitet sind und hat hinterher dann ein Capitel von den „Verzerrungen." Da und im speciellen Theile der Mineralogie kommen dann die Naturproducte selber erst vor.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

seine (Naumann's) Definition des Begriffs „Krystallsystem" gehörig in's Auge fassen und dann beurtheilen, ob er sich derselben consequent gehalten habe, so lag doch anderweitig in dem Widerspruche der Gegner für ihn die Aufforderung, seine Definition selbst darauf zu prüfen, ob sie der Natur entspräche oder eine autonom und willkürlich hingestellte sei.. Zuerst definirte Naumann so (s. Grundriss der Krystallogr., Leipzig 1826. S. 32): „Ein Krystallsystem ist der Inbegriff aller möglichen Gestalten von gleichen Zahl-Neigungs- und allgemeinen Grössenverhältnissen der Dimensionen." Das Wort Dimensionen will hier nichts anderes heissen als Axen.

Danach stellte er denn auch in richtigem Fortschreiten nach dem monoklinen System ein diklinometrisches auf, charakterisirt durch zwei rechtwinklige Axen, auf denen eine dritte schiefwinklich steht. Er glaubte, im Orthoklase ein Beispiel dafür gefunden zu haben, indem er dessen Prisma ∞ P (T und l) für rhomboidisch, d. h. die Fläche M nicht gegen T und l für gleich geneigt hielt.

Aber schon im folgenden Jahre (Pogg. Ann. 1827) nahm er dies System ganz zurück, nachdem Mitscherlich am unterschwefligsauren Kalk ein Axenkreuz nachgewiesen zu haben glaubte, in welchem wie beim triklinischen zwar die 3 Axen sich unter schiefen Winkeln schneiden, aber zwei Axenebenen auf einander senkrecht stehen. Naumann änderte nun seine Definition des Krystallsystems in folgender Weise: Ein Krystallsystem ist der Inbegriff aller derjenigen Gestalten, welche bei gleicher Zahl und gleichem allgemeinen Neigungsverhältniss der Coordinatenebenen dasselbe allgemeine Grössenverhältniss der Axen besitzen. (Lehrb. der reinen und angewandten Krystallographie, Leipzig 1830. I, S. 62). Ebenso wiederholt er diese Definition in den Anfangsgründen der Krystallographie, Leipzig 1850, S. 10. In den Elementen der Mineralogie gibt er gar keine Definition, in den Elementen der theoretischen Krystallographie, S. 73, umschreibt er wesentlich die früher aufgestellte Definition. Das Krystallsystem des unterschwefligsauren Kalks wird nunmehr zwischen

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

dem monoklinischen und triklinischen eingeschoben und als diklinoedrisches bezeichnet.

Wollen wir untersuchen, ob es zu Recht besteht oder nicht, so haben wir zunächst zu fragen, ob es durch ein besonderes physikalisches Verhalten gleich den übrigen Krystallsystemen ein Recht der Existenz nachweisen kann, denn den Zusammenhang zwischen Form und physikalischem Verhalten darf sich die heutige Krystallographie nicht mehr rauben lassen. Und da lautet die Antwort wohl entschieden verneinend. Die optische Prüfung der Krystalle zeigt uns vom rhombischen Krystallsystem einen Fortschritt zum monoklinischen und von diesem zum triklinischen, aber von einer Zwischenstufe wissen wir nichts. Aber noch abgesehen vom physikalischen Verhalten haben wir gegen das diklinische Krystallsystem, oder vielmehr gegen Naumann's Definition des Krystallsystems das Bedenken, dass in ihnen der Symmetrieverhältnisse der Krystalle durchaus keine Rechnung getragen ist.

Ueberschauen wir von diesem Gesichtspunkt aus die Krystallsysteme, so zeigt sich im tesseralen Gleichheit der Verhältnisse nach rechts und links, nach vorn und hinten, nach oben und unten.

Im tetragonalen System sind noch die vier Enden: rechts, links, vorn und hinten unter einander gleich, aber das obere und untere Ende sind davon differenzirt. Die Symmetrie ist ähnlich der der vier- und achtzählig gebauten Polypen und Blüthen. Im hexagonalen System treten dem obern und untern unter einander gleichen Enden sechs davon verschiedene unter sich gleiche im Kreise herumgelagerte Formencomplexe entgegen, wie in einer sechszählig gebauten Blüthe.

Im rhombischen System haben wir die drei Verschiedenheiten: oben-unten, rechts-links, vorn-hinten. In der belebten Natur finden wir diese Symmetrie in der Thierwelt wohl nur bei Diplozoon paradoxum, wo sie durch Verwachsung zweier Individuen erzeugt wird (also eigentlich einen krystallographischen Zwilling repräsentirt), in der Pflanzenwelt bei den

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

niedrigsten Formen, z. B. bei einigen Diatomeengattungen, Navicula u. a. Wir machen noch darauf aufmerksam, dass um das obere und untere Ende des Krystalles in volle Coincidenz zu bringen, wir die untere Hälfte um jede beliebige der beiden horizontalen Axen um 180 Grad drehen können. Im monoklinen System sind rechts und links noch gleich, aber vorn und hinten differenzirt. Es ist diejenige Symmetrie, die im Thierreich am häufigsten erscheint; sie herrscht bei den höheren Bauchthieren, den Gliederthieren, den Rückgratthieren, nur dass alle diese Formen zugleich im krystallographischen Sinn hemimorph sind, d. h. am oberen Ende durchaus verschieden vom unteren Ende. Was den Gegensatz zwischen oberem und unterem Ende an monoklinischen Krystallen anbetrifft, so erinnern wir daran, dass nur durch Drehung um eine bestimmte Axe, nämlich die Orthogonale, die beiden Enden in Coincidenz zu bringen sind.

Gehen wir nun auf dem begonnenen Wege weiter, so bleibt uns nichts weiter übrig, als dass sich auch die linke und rechte Seite verschieden darstellen — weil dieselbe Symmetrie (oder hier vielmehr Asymmetrie), wie sie in der Thierwelt etwa manche Krebse zeigen, z. B. Pagurus Bernhardus, dessen rechte Scheere der linken nicht entspricht, oder wie wenn ein Mensch die rechte Schulter höher trägt als die linke. Dieser Symmetrie entspricht das triklinische System. Was den Gegensatz zwischen oberem und unterem Ende anbetrifft, so kann durch keine Drehung um irgend eine der beiden Nebenaxen das eine Ende mit dem anderen in Coincidenz gebracht werden. Da alle diese Merkmale auf die Körper des sogenannten diklinischen Systems ebenso passen, wie auf die triklinischen, so müssen wir nothgedrungen ersteres streichen.

Es muss indess noch darauf aufmerksam gemacht werden, dass es noch eine Betrachtungsweise gibt, durch welche das diklinische System gerettet werden zu können scheint.

Bekanntlich hat jede Pyramide vom rhombischen System ab, in welchem zuerst die drei Axen sämmtlich ungleich-

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

werthig auftreten, drei Prismen als Grenzgestalten, je nachdem die eine oder andere Axe unendlich lang wird. Diese Prismen sind theils von rhombischem, theils von rhomboidischem Querschnitt, ersteres wenn der Neigungswinkel ihrer Diagonalebenen, d. h. der zwei bezüglichen Coordinatenebenen des Axensystems ein rechter, letzteres, wenn derselbe ein schiefer ist. Wir erhalten nun folgenden Fortschritt:

3 rhombische Prismen — rhombisches System,
2 rhombische und 1 rhomboidisches Prisma — monoklinisches System,
1 rhombisches und 2 rhomboidische Prismen — diklinisches System,
3 rhomboidische Prismen — triklinisches System.

Somit scheint die Existenz des diklinischen Systems gerettet. Allein die blos geometrische Betrachtung ist hier durchaus nicht am Platze. Es kommt ja bei den krystallographischen Untersuchungen nicht sowohl auf die Form, als auf die Werthigkeit der Begrenzungselemente an. Warum sind die beiden Flächen des Orthodoma (des rhomboidischen Prisma) im monoklinischen Systeme ungleichwerthig? Aus keinem anderen Grunde, als weil die ihnen entsprechenden d. h. durch sie abgestumpften Polkanten ungleichwerthig sind.

Wenden wir dies Princip auf das diklinische System an, so wird, da die sechs Kantenpaare der diklinischen Pyramide sämmtlich von einander verschieden und ungleichwerthig sind, das scheinbar auftretende rhombische Prisma dennoch als aus zwei ungleichwerthigen Hemiprismen zusammengesetzt erschienen. Andernfalls müssten ihm an der Pyramide zwei gleichwerthige Kantenpaare entsprechen, die aber nicht vorhanden sind. Es ist dies einer der mehrfachen Fälle, welche zeigen, wie in der Krystallographie die rein geometrische Betrachtung zu vorschnellen Folgerungen führen kann.

Ist nun in unserer obigen Tabelle das diklinische System gestrichen, so kann man auf den Gedanken kommen, die dadurch entstandene Lücke werde durch Naumann's oben angeführtes später von ihm verlassenes diklinometrisches System ausgefüllt. Untersuchen wir, wie es um die Winkel seiner

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Coordinatenebenen stehen möge. Im sphärischen Dreiecke gilt $\cos a = \frac{\cos A + \cos B \cos C}{\sin B \sin C}$. Ist nun $a = 90^0$, also $\cos a = 0$, so muss $\cos A + \cos B \cos C$ ebenfalls $= 0$ werden, d. h. es ist $\cos A = -\cos B \cos C$. Wenn nun A ein rechter Winkel, d. h. $\cos A = 0$ ist, so muss entweder auch B, oder B und C rechte Winkel sein; und umgekehrt wenn B oder C, oder beide rechte Winkel sind, so muss auch A ein rechter Winkel sein. Das Axenkreuz enthält also niemals nur einen rechten Winkel, daher kann ein rhombisches Prisma in diesem System nicht vorkommen. So spricht die Geometrie. Wenn wir aber wieder die Werthigkeit der Flächen bestimmen nach den ihnen entsprechenden Pyramidenkanten, so müssen wir in der diklinometrischen Pyramide die vier über den rechten Winkeln liegenden Polkanten als gleichwerthig, das durch sie bestimmte, ihre Kanten abstumpfende Prisma als von vier gleichwerthigen Flächen gebildet, d. h. als rhombisches ansehen. Die beiden anderen Prismen aber sind aus demselben Grunde rhomboidisch, d. h. als aus zwei Hemiprismen bestehend anzusehen. Wir müssen uns auch hier von der geometrischen Gestalt des Querschnittes vollkommen unabhängig machen.

Kommen wir zum Schluss dieser Betrachtung. Symmetrieverhältnisse und physikalisches Verhalten weisen die Existenz des Naumannschen diklinischen Systems zurück. Will man aber, der Natur zuwider, Krystallsysteme auf die Verschiedenheit in den Winkeln der Axen und Axenebenen bauen, so haben das diklinometrische und das diklinoedrische System gleiche Existenzrechte; sie stellen beide einen Fortschritt vom monoklinischen zum triklinischen System dar. Ob sie durch Erfunde in der Natur als wirklich vorhanden erwiesen werden, das ist eine andere Frage. Der unterschwefligsaure Kalk ist bekanntlich von Zepharowich in Wahrheit als triklinisch nachgewiesen. Der von Gerhard von Rath dagegen beschriebene Oligoklas vom Vesuv ist wirklich diklinometrisch; aber indem er nur ein Glied in der grossen Reihe der isomorphen

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/;www.zobodat.at

triklinischen Feldspathe bildet und an deren Symmetrieverhältnissen vollständig Antheil nimmt, macht er es gerade wahrscheinlich, dass es auch mit diesem System nichts ist.

Wenden wir uns nach dieser langen Auseinandersetzung nunmehr zur Charakterisirung der Mohs-Naumann'schen Auffassungsweise der Krystallographie, so müssen wir vor allem hervorheben, wie Mohs und seine Schüler bestrebt waren, sich überall eng an die Natur selbst anzuschliessen. Daher z. B. die Einführung des Reflexionsgoniometers in Deutschland und die Anwendung schärferer Rechnungen. Was hat allein Haidinger in dieser Richtung geleistet! So wurde durch diese Schule das Vorhandensein schiefwinkliger Axenkreuze festgestellt. Ein anderes unbestreitbares Verdienst von Mohs ist die Aufstellung pyramidaler Grundformen in allen Systemen, wodurch der Zusammenhang der Formen erst wahrhaft deutlich wird. Wir wissen wohl, dass schon bei Weiss pyramidale Grundformen vorkommen, aber ihre Verwendung zur Herleitung abgeleiteter Formen bis zu den Grenzgestalten der Prismen und Pinakoide nach strengen Folgerungen ist doch das unzweifelhafte Verdienst von Mohs und Naumann, während Weiss und Quenstedt, wie wir oben gezeigt haben, mit den Prismen nie vollständig gebrochen haben.

Für einen grossen Fortschritt halten wir es, dass Naumann die Mohs'sche Bezeichnungsweise aufgab, und statt ihrer eine solche gab, welche es äusserst leicht macht, von der Vorstellung der Grundform aus diejenige der betreffenden Form in Gedanken zu erzeugen, wobei zugleich, sobald nur einige Uebung erlangt ist, wir die uns vorliegende Form gewissermassen gleichzeitig neben der Grundform sehen und somit von selbst auf die Art geführt werden, wie beide zu Combinationen zusammentreten. Die Weiss'sche Bezeichnung durch einfache Angabe der Parameterverhältnisse führt uns doch zunächst immer nur darauf, uns eine Fläche der Form in Gedanken zu construiren. Dass ferner die Naumann'schen Zeichen kürzer sind, als die Weiss'schen, ist ein nicht zu unterschätzender Nebenvortheil. Dana hat sie bekanntlich

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

noch mehr gekürzt, indem er die Bezeichnung der Grundform wegliess, wobei er freilich genöthigt wurde, für die Prismen das Zeichen J, für die Domen dagegen i einzuführen. Wir halten dies für keinen Fortschritt. Dagegen ist es vollkommen in der Natur der Sache begründet, wenn Kenngott diejenigen Zeichen, durch welche die Parameter der Nebenaxen unterschieden werden, statt an der Grundform an den Zahlen der Parameter selbst anbringt. Blums Vorschlag, die Grundform jedes Systems durch einen besonderen Buchstaben zu bezeichnen, ist annehmbar; aber der Vortheil ist nicht sehr gross, da man, wo eine Combination auch nur aus ein paar Formen zusammengesetzt ist, aus der Bezeichnung derselben in den meisten Fällen unzweifelhaft ersehen wird, welchem Systeme die Substanz angehört.

Im allgemeinen beruhet Naumanns Bezeichnung auf der Angabe der Parameterverhältnisse; nur die rhomboedrische Abtheilung des hexagonalen Systems macht eine Ausnahme. Wir dürfen sie aus Zweckmässigkeitsgründen zulassen. Wie ungleich grösser ist die Mühe, die es uns macht, aus der Formel $\frac{1}{2}$ (a : $\frac{1}{n}$ a : $\frac{1}{n-1}$ a : $\frac{1}{m}$ c) uns im Geist die Gestalt eines Skalenoeders zu construiren, als aus der Formel m R n! Für Anfänger und Nichtrechner wird letztere Formel vollständig genügen. Dürften wir uns einen Vorschlag erlauben, so wäre es der, entweder $(m\ R)^n$ zu schreiben, oder kürzer $\frac{n}{m}$ R, damit jeder Gedanke, als könne n sich auf eine Nebenaxe beziehen, unmöglich gemacht werde. Das einzige, was man der Naumannschen Bezeichnungsweise hexagonaler Gestalten vorwerfen könnte, wäre der Umstand, dass bei der Bezeichnung solcher Combinationen, in denen eine Deuteropyramide vorkommt, z. B. R, $\frac{4}{3}$ P 2 des Eisenglanzes, von zwei verschiedenen Grundformen ausgegangen wird. Wer aber daran Anstoss nimmt, möge lieber schreiben $\frac{P}{2}$ statt R.

Gegen die Naumannsche Bezeichnungsweise im Ganzen ist wohl geltend gemacht, dass es bei ihr nicht möglich sei,

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

eine bestimmte Fläche irgend eines Körpers speciell hervorzuheben. Wir haben z. B. bei m O n die Wahl zwischen 48, bei m R n zwischen zwölf, bei P′ die Wahl zwischen zwei Flächen. Wo nun Krystallmessungen zur Berechnung vorliegen, wird, wenn das nicht gehörig beachtet wird, leicht eine Zweideutigkeit eintreten hönnen, und ich habe dies bei der Bearbeitung der krystallographischen Artikel im Gmelin-Kraut öfter erfahren. Gar häufig geben z. B. ungeübte Krystallographen für das Prisma einer monoklinischen Gestalt einen Winkel an, ohne dabei zu sagen, ob er an der Klinodiagonale oder Orthodiagonale liegt; unter — P : ∞P wird meistens stillschweigend der Winkel verstanden, den — P mit der anliegenden Fläche von ∞P bildet u. s. w. Diesem Uebelstand kann in der Regel durch einen kurzen Zusatz in Worten, oder meistens noch leichter dadurch abgeholfen werden, dass man die gemessenen Winkel sorgfältig nach Zonen ordnet. Es wäre aber auch denkbar, dass man die Naumannschen Parameter beibehaltend, für solche speziellen Zwecke eine Flächenbezeichnung analog der Millerschen anwendete. Man würde sich über die Reihenfolge der Axen einigen müssen. Nehme ich z. B. die Reihenfolge Hauptaxe, Längsaxe, Queraxe und bestimme dabei z. B., dass im rhombischen Systeme die Queraxe stets die Makrodiagonale sein soll, sowie die Richtung der + und — Hälften der Axen, so wäre $3\underline{1}\underline{2}$ eine bestimmte Fläche der Makropyramide $3P\bar{2}$. Im hexagonalen Systeme würde man für Rhomboeder und Scalenoeder die secundäre Bezeichnung aufgeben und sich über die Reihenfolge der Nebenaxen, ob von der nach dem Beschauer gerichteten nach rechts oder links, vereinigen müssen.

Noch wollen wir eines hohen Vorzuges der Naumannschen Darstellung gedenken. Es ist die überall hervortretende scharfe Consequenz eines logisch gebildeten Denkers. Er bildet darin den schroffsten Gegensatz zu Weiss, der eher einem Seher und Propheten gleicht. Aehnlich wie der grosse Geometer Steiner hat Weiss gewiss viele seiner Sätze längst gesehen, ehe er sie beweisen konnte.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Daher aber auch seine bilderreiche, oft unklare, an häufigen Wiederholungen leidende Sprache. Naumann war weniger genial, aber durch das Studium der Philosophie und der Alten besser geschult. Ruhig und bedächtig zieht er seine Schlüsse bis zu den letzten Consequenzen und weiss dadurch scheinbar sich widersprechendes zu vereinigen. Meisterhaft ist z. B. seine Anwendung der Hemiedrie auf solche vollflächigen Körper, die hemiedrisch werdend sich selbst wieder erzeugen. So behauptete er also z. B., dass das Oktaeder der parallelflächigen Hemiedrie unterworfen, zwar der Form nach sich selbst wiedererzeuge, aber doch ein ganz anderes sei, als das vollflächige. Quoad phaenomenon sei es dem holoedrischen gleich, aber nicht quoad nooumenon. Wie musste es den greisen Meister erfreuen, als vor ein paar Jahren Gustav Rose durch Beobachtungen über Krystallelektricität und Untersuchung der verschiedenen Oberflächenbeschaffenheit bewies, dass die scheinbar holoedrischen Formen physikalisch zu unterscheiden sind. Beim Schwefelkies sind die scheinbar holoedrischen Formen bald elektropositiv bald elektronegativ, erscheinen also ebenso differenzirt, wie sonst zwei aus derselben Stammform entspringende hemiedrische Formen. Hier erfüllt sich Schillers Wort:

> Mit dem Genius steht die Natur im ewigen Bunde,
> Was der eine versprach, leistet die andere gewiss.

Ich erinnere ferner an Naumann's Deutung des Zusammenvorkommens von scheinbar geneigt- und parallelflächig hemiedrischen Formen am chlorsauren Natron, indem er sie als tetartoedrisch deutete, so wie an seine geniale Deutung der Gestalten des Quarzes als tetartoedrischer Formen.

Obwohl man sagen kann, dass, wie auch Quenstedt kummervoll eingesteht, Naumann jetzt im allgemeinen das Feld beherrscht, so wird man doch andererseits behaupten können, dass er wahrscheinlich zur Verbreitung seiner Anschauungen noch viel mehr hätte thun können, wenn er das Gute anderer hätte aufnehmen und sich nicht spröde auf seine eigenen Mittel hätte beschränken wollen. Ich rechne

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

dahin, dass der Begriff der Zone nur in seinem letzten grösseren theoretischen Werk recht zur Geltung kommt; in den Anfangsgründen der Krystallographie kommt er blos anhangsweise vor, in den Elementen der Mineralogie erscheint das Wort zuerst in 7ter Auflage im beschreibenden Theile, ohne in der Einleitung erwähnt zu sein, in der 8ten Aufl. ist ganz nebenbei bei Gelegenheit des Pentagondodekaeders des Begriffes Zone Erwähnung gethan. Ebensosehr ist zu bedauern, dass Naumann sich die Quenstedt'sche Projectionsmethode nicht aneignete, von der Kugelprojection ganz zu schweigen. Und so kommt es denn leicht, dass wer lediglich nach ihm studirt, über der Betrachtung der starren stereometrischen Modellformen den beweglichen Complex verschiebbarer Flächen vergisst.

Wir wenden uns nun zu dem Miller'schen Systeme. Bekanntlich ist eine Haupteigenthümlichkeit desselben, dass er dem hexagonalen Systeme nur drei gleich lange und sich unter gleichen Winkeln schneidende Axen zu Grunde legt und damit das Rhomboeder zur Grundform annimmt. Er betrachtet also schon die sechsseitige Pyramide als eine Combination zweier verschiedener Formen. Nun fragt es sich aber, ob bei den sogenannten vollflächigen hexagonalen Substanzen, z. B. dem Beryll, dem Pyromorphit — wir dürfen auch den Apatit hinzunehmen — sich eine Spur eines differenten physikalischen Verhaltens der Pyramidenflächen nachweisen lässt. So lange das nicht möglich ist, wird man an den vier Axen festhalten müssen.

Ausserdem erinnere ich noch daran, wie das optische Verhalten der hexagonalen Substanzen uns zwingt, hier wie im tetragonalen Systeme die Existenz einer Hauptaxe anzunehmen, und dass die physische Realität dreier Nebenaxen durch Hankels thermoelektrische Untersuchung des Quarzes nachgewiesen ist. — Man hat wohl gegen die Annahme von 4 Axen geltend gemacht, dass wenn man die Realität von drei in einer Ebene liegenden Nebenaxen zugebe, es nicht abzusehen sei, warum nicht auch Formen existirten mit etwa fünf Nebenaxen. Die Natur habe sich offenbar auf die Ge-

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

sammtzahl von drei Axen beschränkt. Wer so spricht, trägt etwas in die Natur hinein, statt seine Belehrung aus ihr zu holen. Wenn man ferner für die Miller'sche Auffassung der hexagonalen Körper die Leichtigkeit der Berechnung, indem sich die allgemeinen Formeln für die 3-axigen Gestalten nun leicht für die hexagonalen Formen specialisiren lassen, so wie die grössere Bequemlichkeit der Flächenbezeichnung durch drei Indices statt der Weiss'schen vier anführt, so vergisst man, dass der Zweck der Krystallographie einzig die Erkenntniss der Natur ist, und dass wir ihr allein folgen müssen, sei der Pfad auch etwas beschwerlich, und dass es nicht erlaubt ist, sich aus Bequemlichkeit einen „Königsweg" zu bauen. Die Mathematik ist Dienerin, aber nicht Herrin der Krystallographie.

Was nun die Miller'sche Bezeichnungsweise der Parameter anbetrifft, so wie seine Manier, die am Reflexionsgoniometer abgelesenen Winkel, d. h. die Supplemente der in der Natur vorkommenden statt dieser selbst zu geben, so ist damit zwar dem Rechner sehr gedient, aber die Anschauung, wie sie Weiss und in höherem Grade Naumann gewährt, geht doch verloren. Wer überhaupt rechnen kann, macht sich das alles leicht zurecht.

Vor ein paar Jahren hat Schrauf einen anderen Versuch gemacht, sich von den vier Axen des hexagonalen Systems zu befreien; er sieht die vollflächigen Formen als Combinationen rhombischer Gestalten nach der Analogie des Witherits an. Er hat noch keinen Nachfolger gefunden.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Jahresbericht der Naturhistorischen Gesellschaft zu Hannover

Jahr/Year: 1872-1873

Band/Volume: 23

Autor(en)/Author(s): Guthe Hermann Adolf Wilhelm Otto

Artikel/Article: Einige Bemerkungen über die jetzt gebräuchlichen Systeme der Krystallographie 32-46