

Allgemeiner Theil.

I. Morphologie.

6. Krystallisirt und krystallinisch. Die meisten Minerale sind starr und bestehen aus einem oder aus mehreren einheitlichen Körpern, welche man oft als Individuen bezeichnet. Diese sind gleichartig (homogen), indem alle Theile derselben von gleicher Beschaffenheit befunden werden und Unterbrechungen der Gleichartigkeit nur dort eintreten, wo zufällig fremde Körper eingelagert vorkommen. Die Individuen haben entweder einen bestimmten inneren Bau sowie eine damit zusammenhängende bestimmte ebenflächige Gestalt und heissen Krystalle, oder sie besitzen zwar den bestimmten inneren Bau, zeigen aber äusserlich bloss zufällige, unregelmässige Formen und werden krystallinische Individuen genannt. Die meisten Minerale sind also entweder krystallisirt, sie zeigen ausgebildete Krystalle, oder sie sind krystallinisch. Die oft vorkommenden Krystalle von Quarz, Calcit, Pyrit sind Beispiele frei ausgebildeter Individuen, der körnige Kalkstein, der faserige Gyps zeigen dagegen Individuen mit den zufälligen Formen von Körnern und Fasern, welche durch gegenseitige Behinderung zu solcher Gestalt gelangt sind. Der Unterschied zwischen einem Krystall und einem krystallinischen Individuum desselben Minerals ist demnach ein bloss äusserlicher, der innere Bau ist aber bei beiden derselbe.

Die Gesteinsmassen, welche die Erdrinde zusammensetzen, sind grossentheils krystallinisch oder sie bestehen aus krystallinischen Fragmenten. Manche enthalten zahllose kleine oder auch grössere Krystalle, von welchen die ersteren häufiger sind, aber erst bei der mikroskopischen Betrachtung wahrgenommen werden. In Hohlräumen und in Spalten der Gesteine finden sich zuweilen deutliche und schöne Krystalle, welche an den Wänden haften. Solange man also mit freiem Auge in der Natur beobachtet, wird man selten Krystalle, dagegen häufig krystallinische Minerale wahrnehmen.

7. Amorph. Es gibt auch einige starre Minerale, welche nicht individualisirt erscheinen, und welche allen ihren Eigenschaften zufolge keinen regelmässigen Bau erkennen lassen. Sie kommen darin mit den flüssigen Mineralen überein und werden

wie diese als amorph oder gestaltlos bezeichnet. Ein Beispiel eines starren amorphen Körpers ist der Opal, der flüssige Zustand wird vor allem durch das Wasser dargestellt. Zwischen dem eigentlich flüssigen und dem starren Zustande liegt der zähflüssige, wie er am Bergtheer beobachtet wird, der milchige bis breiartige, aus welchem der amorphe Magnesit hervorgeht, der schleimige und gallertartige, mit welchem die Bildung des Opals beginnt. Man kennt eine Anzahl von derlei Körpern, welche in der ursprünglichen Flüssigkeit nicht aufgelöst, sondern wie der Leim bloß fein vertheilt waren. Sie werden seit Graham als Colloide bezeichnet zum Unterschiede von den Krystalloiden, welche in vollkommener Lösung enthalten sind und beim Verdunsten der Flüssigkeit sich krystallinisch abscheiden. Amorphe Minerale, die aus einem gallertartigen Zustande hervorgegangen sind, werden nach Breithaupt porodine Körper genannt. Andere bilden sich durch Erstarrung aus einem heissen Schmelzfluss, wie das Glas, und werden hyaline Minerale genannt. Ein Beispiel ist der Obsidian.

8. Grösse der Individuen. Die Grösse der Individuen schwankt ungemein, und zwar oft bei demselben Mineral. Ein Quarzindividuum, ob nun krystallisirt oder als Körnchen, kann von solcher Kleinheit gefunden werden, dass es nur bei starker Vergrößerung durch das Mikroskop wahrnehmbar wird. Andererseits gibt es Quarzkrystalle von Meterlänge und darüber. Feldspathindividuen sind gar häufig von mikroskopischer Kleinheit, doch kommen zuweilen solche von vielen Metern im Durchmesser vor. In der Grösse liegt sonach kein Merkmal, doch lässt sich im Allgemeinen sagen, dass nur bei den häufig vorkommenden Mineralen Individuen von bedeutenden Dimensionen vorkommen, und dass bei den übrigen erfahrungsmässig manche stets nur sehr kleine Krystalle oder überhaupt Individuen bilden.

9. Krystall. Die Krystalle sind von ebenen Flächen begrenzte starre Körper, welche durch ein gleichartig fortdauerndes Wachsthum entstehen. Ihre äussere Form ist daher das unmittelbare Ergebnis des regelmässigen Baues und beide stehen im nothwendigen Zusammenhange. An den fertigen Krystallen erkennt man diesen Zusammenhang am leichtesten durch die Spaltbarkeit, welche vielen Krystallen eigen ist. Diese haben die Eigenschaft, sich beim Spalten in bestimmten Richtungen nach ebenen Flächen zertheilen zu lassen, welche dieselbe Lage haben wie die Krystallflächen. Die äussere ebenflächige Begrenzung des Krystalls erscheint daher nur als eine Wiederholung des inneren Gefüges.

Krystalle kommen aber nicht bloß im Bereiche der Minerale, sondern auch unter allen anderen Gebilden vor, welche nicht organisirt sind. Die Krystalle des Zuckers, des Weinstein liefern Beispiele dafür. Die Lehre von den Krystallen ist daher nicht bloß der Mineralogie eigen, sondern sie bezieht sich auf alle krystallisirten Naturkörper, mögen diese in der Erdrinde vorkommen oder Producte der Laboratorien, der Industrie darbieten oder zufällig im Bereiche menschlicher Wirksamkeit oder auch in Organismen entstanden sein.

Der Inbegriff aller Kenntnisse von den Krystallen lässt sich als Krystallkunde bezeichnen, während man gewohnt ist, die Lehre von der Form dieser Bildungen als Krystallographie zu bezeichnen und jenen Theil, welcher sich mit

den Gesetzen der Krystallbildung beschäftigt, als Krystallonomie hervorzuheben. Die Krystallkunde würde ausser der Krystallographie auch die Lehre von den physikalischen Eigenschaften und deren Beziehungen zu der chemischen Zusammensetzung der Krystalle umfassen.

Die Krystalle zeigen auf den Flächen fast immer eine gröbere oder feinere Zeichnung, welche gleichfalls mit dem inneren Baue übereinstimmt und ein wesentliches Merkmal der Aechtheit der Flächen darbietet. Durch Spaltung erhält man aus Krystallen oder Individuen leicht ebenflächige Stücke, welche alle übrigen Eigenschaften der Krystalle mit Ausnahme der natürlichen, d. i. ursprünglichen Begrenzung haben. So kann man aus den Individuen von Calcit oder von Steinsalz leicht Spaltungskörper erhalten, welche Krystallen derselben Minerale täuschend ähnlich sind. Der Geübte vermag aber an dem Charakter der Flächen solche Körper leicht von Krystallen zu unterscheiden. Noch leichter gelingt dies bei Nachahmungen von Krystallen, z. B. aus Glas, ebenso bei Mineralen, an welchen ebene Flächen künstlich angeschliffen wurden.

Oft beobachtet man wahre Krystallformen, welche aber nicht das unmittelbare Ergebnis des Wachstums sind. Dieser Fall tritt ein, wenn der ursprünglich gebildete Krystall nachträglich eine Veränderung erfährt, welche entweder blos seinen inneren Bau umgestaltet oder welche zugleich seine Substanz betrifft. Derlei veränderte Körper, an welchen die Substanz oder der innere Bau oder beides nicht mehr im Einklang mit der äusseren Form stehen, werden Pseudomorphosen genannt und werden begreiflicher Weise nicht zu den Krystallen gerechnet.

10. Bildung der Krystalle. Die Krystalle bilden sich beim Uebergange der entsprechenden Substanzen aus einem beweglichen in den starren Zustand. Die beweglichen Zustände sind der gas- oder dampfförmige und der flüssige Zustand. Aus dem Wasserdampf entsteht bei der Abkühlung Schnee, welcher letztere aus kleinen Eiskrystallen zusammengesetzt ist. Geschmolzenes Wismut gibt beim Erstarren Wismutkrystalle. In den meisten Fällen bilden sich die Krystalle aus Lösungen, worin ein flüssiger Körper, das Lösungsmittel, einen oder mehrere andere Körper unter bestimmten Umständen in Lösung erhält. Jedes Lösungsmittel vermag bei einer bestimmten Temperatur blos eine bestimmte Menge einer Substanz in Lösung zu erhalten. Die Lösung heisst sodann bezüglich dieser Substanz gesättigt. Die meisten Lösungsmittel vermögen bei höherer Temperatur mehr von einem Körper aufzulösen als bei niederer Temperatur, die Krystallbildung erfolgt sodann bei der Abnahme der Temperatur. Eine Lösung von Salpeter in Wasser, welche bei 30° C. gesättigt ist, wird beim Abkühlen auf 20° Krystalle absetzen. Auch durch Verminderung des Lösungsmittels müssen sich Krystalle bilden. Eine gesättigte Lösung von Alaun in Wasser liefert beim Verdampfen des Wassers Alaunkrystalle. Oft entstehen Krystalle in Lösungen durch das Zusammentreffen von Stoffen, deren jeder für sich unter den gleichen Umständen keine Krystalle absetzt. Eine ungesättigte Lösung von Bittersalz, welche mit einer ungesättigten Lösung von Chlorcalcium zusammentrifft, gibt Krystalle von Gyps. In diesem Falle ist aber eine chemische Veränderung die Ursache der Krystall-

bildung, indem ein neuer Körper entsteht, welchen die Flüssigkeit nicht in solcher Menge aufgelöst zu erhalten vermag. Durch die letzte Art der Bildung lassen sich viele Krystalle darstellen, welche sonst nur als Minerale in den Spalten und Hohlräumen zu finden sind, wie z. B. Krystalle von Baryt, von Weissbleierz.

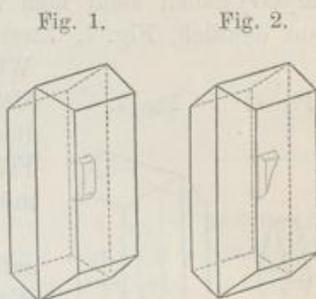
Die Krystalle bilden sich in der Natur entweder schwebend, wenn sie während ihrer Entstehung von einem beweglichen Medium getragen werden, welches ihnen zugleich den Zufluss von Stoff beim Wachsen gestattet, oder sie bilden sich sitzend, wofern sie einerseits auf einer starren Unterlage ruhen, auf der anderen Seite aber sich nach dem Raum hin ausbilden, welcher mit dem beweglichen Medium erfüllt ist.

Beispiele schwebend gebildeter Krystalle sind der Schnee, welcher in der Luft krystallisiert, die Krystalle von Pyrit, welche sich im Thon bilden. Beim Fortwachsen kommen derlei Krystalle bisweilen zur gegenseitigen Berührung oder sie sinken zu Boden, worauf sie ihre frühere Ausbildung meistens wieder verlieren. Beispiele sitzend gebildeter Krystalle sind die Bergkrystalle und Adularkrystalle auf Spalten im Gneiss, die Calcitkrystalle auf Klüften im Kalkstein oder Sandstein. Die sitzenden Krystalle (aufgewachsenen Krystalle) sind also in den Spalträumen der Gesteine zu Hause, die schwebend gebildeten sind mitten im Stein eingeschlossen anzutreffen.

Aufgewachsene Krystalle erhält man leicht, wofern eine Lösung in einer Schale dem Verdunsten ausgesetzt wird. Um schwebend gebildete zu erhalten, kann man die Lösung mit einem gelatinösen Körper wie Leim in solcher Menge versetzen, dass die entstandenen Krystalle nicht zu Boden sinken. Krystalle werden sich auch rundum ausbilden, wenn man sie an einem Haar oder feinen Draht befestigt in die Lösung hängt. Man vermag nach erlangter Uebung auf solche Weise ungemein schöne und vollkommene Krystalle darzustellen und Krystallsammlungen anzulegen, welche oft dasjenige weit überholen, was uns die Natur bietet. Freilich gelingt es nur bei jenen Körpern leicht, welche sich in grösseren Mengen in Wasser lösen, so dass man mit gesättigten wässerigen Lösungen operirt. Dagegen ist es bei vielen anderen Substanzen, die als Minerale vorkommen, ungemein schwierig, sie als Krystalle künstlich zu erhalten, in vielen Fällen ist es überhaupt nicht geglückt. Wir sehen hier einen ähnlichen Fall wie bei dem Gärtner, welcher im Freien bloss eine bestimmte Zahl von Gewächsen zu ziehen vermag, deren Fortkommen das Klima gestattet, und welcher auch im geschützten Raume wieder nur eine beschränkte Zahl zur Entwicklung zu bringen im Stande ist. Innerhalb dieser Grenzen aber bringt er oft Erscheinungen hervor, welche über das durch die freie Natur Gebotene hinausgehen.

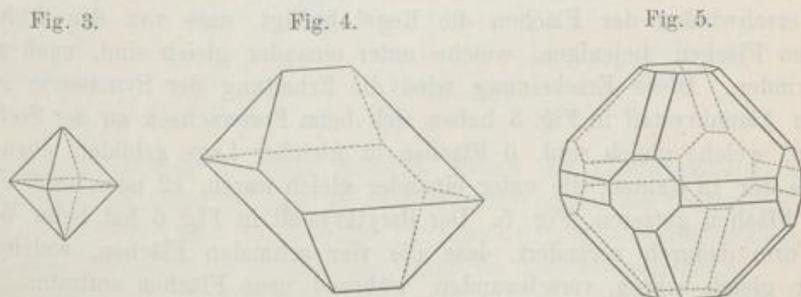
II. Das Wachsen. Die Krystalle sind häufig schon im ersten Augenblicke, da wir sie wahrnehmen, so beschaffen wie später, da sie an Umfang schon bedeutend zugenommen haben. Das Wachsen besteht hier bloss in einer gleichförmigen Anlagerung des Stoffes, welcher aus dem beweglichen Zustande in den starren übergeht. Diese Gleichförmigkeit ist der Aufbau ganz gleichartiger Schichten, denn der grosse Krystall hat seine Flächen parallel jenen, welche der

kleine junge Krystall zeigte, und hat ebenso scharfe Kanten und Ecken wie dieser, Fig. 1. Nimmt man aus einem Krystall ein beliebiges Theilchen heraus und lässt dasselbe wachsen, so wächst es zu einem vollständigen Krystall heran, und jener Splitter liegt darin ebenso orientirt, wie er im alten Krystall orientirt war, Fig. 2.



Demnach hat jedes Theilchen des Krystalls die Eigenschaft, andere Theilchen anzuziehen und in regelmässiger Weise anzulagern. Jedes Theilchen oder Partikelchen ist ebenso formbildend wie das andere, alle Theilchen eines Krystalls sind in Bezug auf Formbildung gleich. Sie müssen also, wofern ihnen schon für sich eine Form zukommt, alle die gleiche Form haben. Sie müssen aber auch gleiche Grösse besitzen, denn wären sie an Grösse ungleich, so könnten sie nicht Schichten von gleichförmiger Dicke bilden. Ausserdem aber müssen sie sich beim Wachsen alle einander parallel anordnen, sonst könnte ein Fragment eines Krystalls beim Fortwachsen bloss eine zufällige Gestalt erlangen, nicht aber die Form des ursprünglichen Krystalls wieder herstellen.

Beim Wachsen ereignen sich oft Umgestaltungen der früheren Krystallform. Die erste Art der Veränderung beruht darauf, dass die Krystalle auf einer Fläche die Schichten rascher auflagern als auf einer anderen. Lässt man Alaunkrystalle von der Form in Fig. 3 fortwachsen, so ereignet es sich öfter, dass dieselben später die Gestalt in Fig. 4 darbieten. An diesen grösseren Krystallen erscheinen

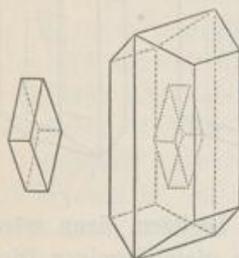


demnach die Flächen in gleicher Lage und Anzahl wieder, aber sie sind durch den Ansatz der Schichten parallel zu ihrer früheren Lage nach aussen verschoben, und zwar in ungleichem Maasse. Die neue Form erscheint verzerrt.

Eine zweite Art der Veränderung, die beim Wachsen oft eintritt, besteht darin, dass entweder Flächen auftreten, die früher in dieser Lage nicht vorhanden waren, oder dass umgekehrt früher vorhandene Flächen allmählig verschwinden. Dadurch geschehen bisweilen Formveränderungen, die zu einer ganz neuen Gestalt führen. So bemerkt man unter Umständen an Alaunkrystallen, welche die Form eines regelmässigen Oktaeders haben, wie in Fig. 3, beim Fortwachsen die allmähliche Abstumpfung der Ecken und Kanten durch neue Flächen, Fig. 5.

Barytkrystalle haben öfters in der ersten Zeit die Form von rhombischen Tafeln, Fig. 6, wachsen aber später zu säulenartigen Krystallen aus. An grösseren Barytkrystallen sieht man zuweilen die Form des ersteren Krystalls im Innern ganz deutlich, Fig. 7.

Fig. 6. Fig. 7.



Zwei Flächen des kleinen Krystalls zeigen sich in paralleler Wiederholung an dem grösser gewordenen Krystall, im Uebrigen aber sind neue Flächen hinzugekommen. Diese Beobachtungen zeigen, dass ausser den beobachteten Flächen an den Krystallen auch noch andere Flächen möglich sind.

Wenn beim Wachsen der Krystalle neue Flächen auftreten, so geschieht dieses im Allgemeinen in der Weise, dass die ursprünglich vorhandenen und die neu hinzukommenden Flächen durch den Parallelismus ihrer Kanten verbunden erscheinen. Die Oktaëderfläche in Fig. 5 bildet mit dem neu entstandenen achtseitigen wie auch mit den rechteckigen Flächen parallele Kanten, und die beiden letzteren sind wiederum durch parallele Kanten verbunden. Auch an den Barytkrystallen wird dies erkennbar, wenn die neuen Flächen zahlreicher sind als in Fig. 7. Da man sich nun jeden flächenreicheren Krystall durch das Wachsen eines einfach geformten entstanden denken kann, so ergibt sich, dass an jedem flächenreicheren Krystall die Flächen durch Kantenparallelismus verbunden sind, ob dies nun sogleich erkennbar ist oder nicht. Ausserdem zeigt sich beim Wachsen, dass die ursprünglich vorhandenen Kanten oder Ecken, welche ihrer Lage und Beschaffenheit nach einander gleich sind, durch die hinzukommenden Flächen auch in gleicher Weise verändert werden, ferner wird beim Verschwinden der Flächen die Regel befolgt, dass von den früher vorhandenen Flächen diejenigen, welche unter einander gleich sind, auch zugleich verschwinden. Diese Erscheinung wird die Erhaltung der Symmetrie genannt. An dem Alaunkrystall in Fig. 3 haben sich beim Fortwachsen an der Stelle aller 6 Ecken, welche gleich sind, 6 Flächen in gleicher Lage gebildet, ebenso sind an Stelle der 12 Kanten, die unter einander gleich waren, 12 neue unter einander gleiche Flächen getreten, Fig. 5. Der Barytkrystall in Fig. 6 hat beim Wachsen seine Form dadurch verändert, dass die vier schmalen Flächen, welche unter einander gleich waren, verschwanden, während neue Flächen auftraten, welche gegen die gleichen Ecken auch gleich gelagert sind, Fig. 7.

Man erkennt also durch die Betrachtung der Wachstumserscheinungen, dass bei dem Wachsen der Krystalle bald eine parallele Verschiebung der Flächen gegen aussen stattfindet, bald eine Vermehrung oder Verminderung der Flächenzahl, aber unter Beibehaltung der früheren Regelmässigkeit der Form eintritt, und man wird ausserdem zu dem Schlusse geführt, dass die Lage der früheren und der neuen Flächen einen gesetzmässigen Zusammenhang darbietet.

Lit. Frankenheim, Pogg. Ann. Bd. 111, pag. 1. C. v. Hauer, Verhandl. d. geol. Reichsanstalt 1877, pag. 45, 57, 75, 90, 162, 269. 1878, p. 185, 315. 1880, p. 20, 181. Scaechi, Pogg. Ann. Bd. 109, p. 365. Knop, Molecularconst. u. Wachsthum d. Krystalle 1867. O. Lehmann, Die Krystallanalyse, Leipzig 1891.

Wachs
grösse
seitige
Miner
welche
finden
krysta
bezeic

treffer
s und
Diese
des K
sich
v und
Fläch
wenig
Fläch

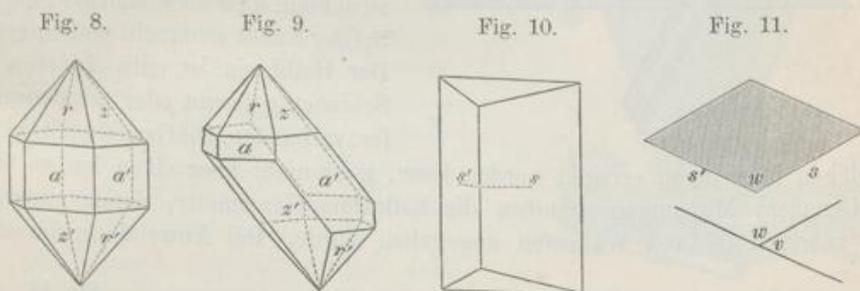
imme
wink
solch

Rede
das
am I

weit
bilde
Grös
hing
sind,
oder
r

12. Constanz der Winkel. Die Wahrnehmungen bei der Bildung und dem Wachsen der Krystalle zeigen, dass die einmal gebildeten Flächen bei der Vergrösserung zwar verschiedene Gestalt annehmen können, dass aber ihre gegenseitige Lage dieselbe bleibt. Demgemäss sind auch die Krystalle desselben Minerals oft verschieden gestaltet, aber es gelingt sehr häufig, an den Formen, welche im ersten Augenblicke sehr ungleich aussehen, Flächen und Kanten zu finden, welche die gleiche Lage haben. In den Figuren 8 und 9, welche Quarzkrystalle vorstellen, sind die Flächen gleicher Lage mit denselben Buchstaben bezeichnet.

Die gegenseitige Lage zweier Flächen, welche in einer Kante zusammentreffen, bestimmt sich dadurch, dass in einem Punkte der Kante zwei Senkrechte s und s' errichtet werden, deren jede in einer der Flächen liegt, Fig. 10 und 11. Diese beiden Linien bilden den Flächenwinkel, und zwar gegen das Innere des Krystalls den Winkel w . Durch Verlängerung einer der beiden Linien ergibt sich der Aussenwinkel v . Dieser zum vorigen addirt, gibt 180° , die beiden Winkel v und w sind supplementär. Der Aussenwinkel v ist für die Abweichung zweier Flächen charakteristisch, da er klein ist, wenn die beiden Flächen am Krystall wenig abweichen, also die Kante stumpf ist, und da er Null wird, wofern beide Flächen in dieselbe Ebene fallen.



An den Krystallen desselben Minerals geben die gleichliegenden Flächen immer denselben Winkel. So sind an allen Quarzkrystallen die äusseren Flächenwinkel $r : z = 46^\circ 16'$ und $r : a = 38^\circ 13'$. Inwiefern kleine Abweichungen von solcher Constanz stattfinden können, wird sich im Späteren ergeben.

Die Lehre von der Beständigkeit der Flächenwinkel, von welcher hier die Rede ist, wurde, wie schon erwähnt, bereits von Steno aus Beobachtungen über das Wachsen von Krystallen verschiedener Salze und durch die Wahrnehmungen am Bergkrystall (Quarz) abgeleitet.

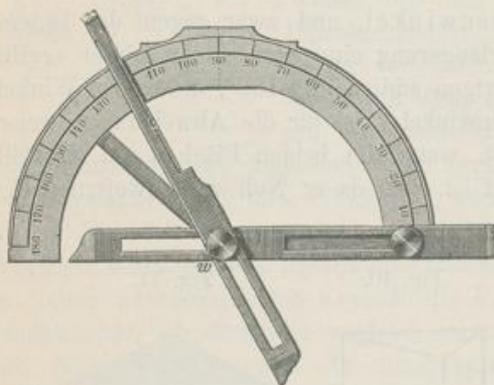
Krystallformen, deren Flächen so entwickelt sind, dass sie ungefähr gleichweit von dem Mittelpunkte des Krystalls abstehen, heissen ebenmässig ausgebildete. An diesen sind oft mehrere Flächen von gleicher Form und gleicher Grösse, wodurch die Regelmässigkeit der ganzen Gestalt augenfällig wird. Wenn hingegen die Flächen der Krystalle von dem Mittelpunkte sehr ungleich entfernt sind, so verschwindet jene Gleichheit und Regelmässigkeit, und man hat verzogene oder verzerrte Formen vor sich. Fig. 8 stellt eine ebenmässig ausgebildete, Fig. 9

Tschermak, Mineralogie. 5. Auflage.

eine verzerrte Form des Quarzes dar. Um die Gesetzmässigkeit der Gestaltung auch bei verzerrten Formen leichter zu erkennen, denkt man sich die Flächen, bei denen dies erforderlich, parallel zu ihrer ursprünglichen Lage verschoben, bis die Forderung der Ebenmässigkeit erfüllt ist. Die in der Natur vorkommenden Krystallformen werden in solcher Weise idealisirt. Bei dem Unterrichte geht man immer von derlei idealen Formen aus. Die Zeichnungen, welche Krystalle darstellen, sowie die Krystallmodelle stellen daher in der Regel idealisirte Formen dar.

13. Krystallmessung. Die Neigung zweier Krystallflächen gegen einander wird durch Anwendung von Instrumenten bestimmt, welche Goniometer genannt werden.

Fig. 12.



Für beiläufige Messungen an grossen Krystallen dient das Anlege-Goniometer oder Contact-Goniometer, auch Hand-Goniometer genannt, Fig. 12, welches aus zwei scheerenartig in einem Punkte verbundenen Linealen oder Schienen, ferner aus einem getheilten Halbkreis besteht. Bei der Anwendung hat man darauf zu achten, dass die Ebene der Schienen auf der Kante senkrecht stehen müsse. Der Halbkreis ist entweder von den Schienen getrennt oder mit denselben fest verbunden. Die Genauigkeit, welche

bei solchen Messungen erreicht werden kann, geht nicht über einen halben Grad.

Genauere Messungen erlauben die Reflexions-Goniometer, deren einfachste Form zuerst 1809 von Wollaston angegeben wurde. Bei Anwendung derselben

Fig. 13.

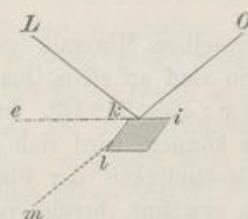
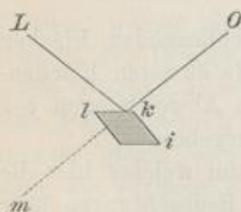
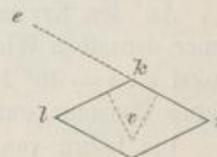


Fig. 14.



wird die Spiegelung der Krystallflächen benützt, indem zuerst auf der einen, dann auf der anderen Fläche dieselbe Reflexion eingeleitet und nachher die hiezu nöthig gewesene Drehung des Krystalls an einem getheilten Vollkreis abgelesen wird. Wenn der Krystall, Fig. 13, zuerst mit der einen Fläche kl spiegelt, so wird der von L kommende Lichtstrahl von dieser Fläche nach dem Auge O reflectirt. Wird hierauf der Krystall um die Kante k so weit gedreht, bis der Lichtstrahl von der Fläche ik reflectirt wird und denselben Weg nach O nimmt, wie vorher, so ist der Krystall um den Winkel ekl gedreht worden, und dieser Winkel wird an dem Instrumente abgelesen.

Während nun ikl der innere Winkel ist, wie er allenfalls durch das Hand-Goniometer bestimmt würde, ist der hier gemessene Winkel ekl der äussere Winkel. Mittels des Reflexions-Goniometers erhält man demnach immer den Aussenwinkel.

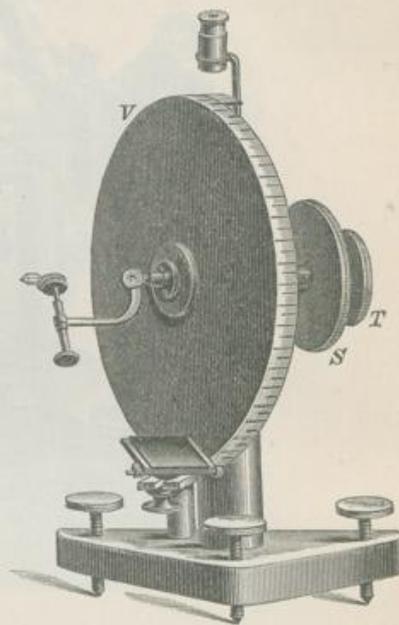
Wenn man von dem Inneren des Krystalles her senkrechte Linien auf die beiden Flächen lk und ik fällt, so schliessen diese beiden Linien einen Winkel v ein, welcher dem Winkel ekl gleich ist, Fig. 14. Der durch Reflexion erhaltene Winkel ist daher zugleich der Normalenwinkel der gemessenen Kante.

Damit der Lichtstrahl beide Male denselben Weg nehme, wird nicht nur der gespiegelte Gegenstand oder die gespiegelte Lichtflamme L unverändert bleiben, sondern auch das Auge bei O am selben Orte verharren müssen. Um letzteres zu erreichen, wird man von vornherein in der Richtung des reflectirten Strahles bei m eine Marke anbringen, so dass das Auge bei der ersten und bei der zweiten Beobachtung sowohl die Marke m als auch den reflectirten Strahl in derselben Richtung sieht, also Reflexbild und Marke einander deckend erblickt. Anstatt der Lichtflamme kann man auch einen passenden Gegenstand zur Reflexion benutzen. Anstatt also im Dunkeln zu arbeiten, kann man auch im vollen Tageslichte messen. In jedem Falle muss darauf geachtet werden, dass die Entfernung des benutzten Objectes nicht

zu gering sei, weil sonst die Richtung des auf die Krystallfläche einfallenden Strahles bei der ersten und zweiten Beobachtung nicht die gleiche ist, woraus ein merklicher Fehler entsteht. Hat der Krystall sehr glatte Flächen, so kann man ein fernes Object, wie z. B. eine Thurmspitze, als Signal verwenden, bei minder guten Flächen begnügt man sich damit, auf die Grenzen der Fensterbalken etc. einzustellen.

An dem Wollaston'schen Goniometer, Fig. 15, hat man eine sehr einfache mit freier Hand stellbare Vorrichtung, um den daran geklebten Krystall so zu drehen und zu verschieben, dass die zu messende Kante möglichst genau in die Verlängerung der Drehungsaxe des Instrumentes fällt. Häufig dient ein kleiner Spiegel mit eingerissenen Linien als Marke und zugleich als Visur, um die Einstellung des Krystalles zu erleichtern. In den gegenwärtig gebrauchten verbesserten Instrumenten Fig. 16 und 17 geht das einfallende Licht durch ein Fernrohr (Einlass-F.), in welchem ein Fadenkreuz oder Spalt angebracht ist, und auch das reflectirte Licht bewegt sich durch ein mit Fadenkreuz versehenes Fernrohr (Ocularfernrohr), so dass diese Fernrohre den Gang des Lichtes vorschreiben, also

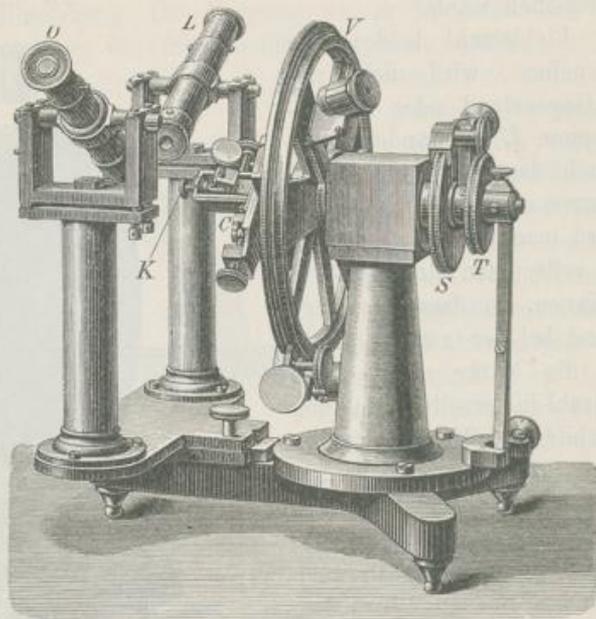
Fig. 15.



die Marke wegfällt. Instrumente mit Fernrohren wurden zuerst von Mitscherlich und von Babinet angegeben.

An diesen ist der Vollkreis oder Limbus *V* etwas grösser und mit einer feinen Theilung versehen, ferner mit einer Handhabe *S* verbunden, mittels welcher er gedreht werden kann. Bei der Drehung nimmt er auch die durch ihn gesteckte Axe mit, so dass sich die Axe mit ihm gleichzeitig dreht. Letztere ist

Fig. 16.



aber auch mittels der Handhabe oder Scheibe *T* für sich und unabhängig vom Limbus drehbar.

Wie schon aus dem früheren ersichtlich ist, muss die Ebene, in welcher sich der einfallende und reflectirte Lichtstrahl bewegt, dem Limbus parallel sein, demnach ist die durch die Fernrohre *L* und *O* gedachte Ebene parallel mit der Limbusebene. Die zu messende Kante des Krystalls muss zur Limbusebene senkrecht sein. Dies zu erreichen, benutzt man den Apparat bei *J*, welcher dazu dient, den bei *K* aufgeklebten Krystall zu justiren. Die Kante muss ferner in der Verlängerung der Axe liegen. Die hiezu nöthige Schiebung erlaubt der Schlitten-Apparat bei *C*, welcher dazu dient, den Krystall zu centriren.

Gegenwärtig sind zweierlei Reflexions-Goniometer im Gebrauche, nämlich solche mit verticalem Limbus, wie in Fig. 16, und solche mit horizontalem Limbus, Fig. 17. Die Genauigkeit, welche bei der Messung erreicht werden kann, geht bis in die Secunden, wofern das Instrument vorher sorgfältig geprüft worden. Die Reflexion der Krystallflächen ist aber selten eine so vollkommene, dass die Erreichung jener Grenze möglich wäre, und man begnügt sich daher gerne mit einer Genauigkeit, die bis auf eine Minute geht. Zur Messung nimmt

man K
grosse
wird
resulta
hat m
Werke
zumeis
Bd. IV

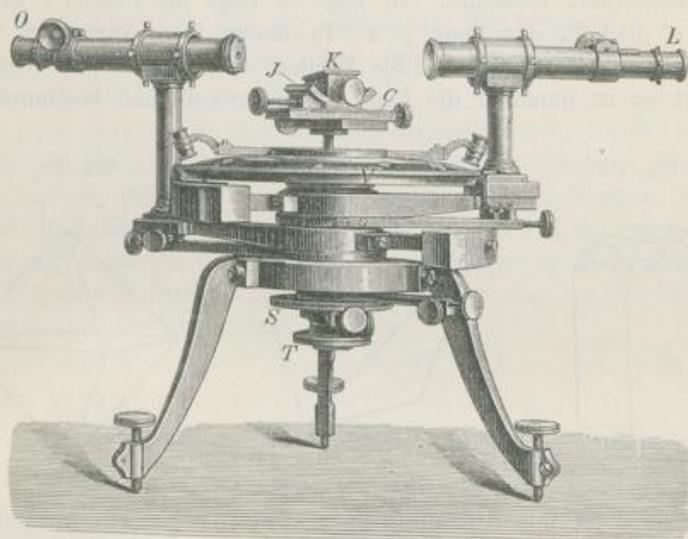
der K
skope
Resul
aus d
nur s

zusam
fläch
Fläch
aus
ausge

bilden
sind
Zone
unmi

man kleine Krystalle, weil diese im Allgemeinen glattere Flächen haben, als die grossen, und leichter zu behandeln sind. Die Messungen werden wiederholt und wird das arithmetische Mittel mehrerer gleich sorgfältiger Messungen als Endresultat benutzt. Um die Theorie des Instrumentes vollständig kennen zu lernen, hat man in den Lehrbüchern der Krystallographie und in den anfangs citirten Werken von Kupffer und Naumann nachzusehen und bezüglich der gegenwärtig zumeist angewandten Goniometer den Aufsatz Websky's i. d. Zeitsch. f. Kryst. Bd. IV, pag. 545, nachzulesen.

Fig. 17.



Anstatt die Flächenwinkel zu messen, kann man auch die ebenen Winkel der Kanten bestimmen. Dies wird bei Krystallen, welche bloß unter dem Mikroskope wahrgenommen werden, besonders zu empfehlen sein, obgleich die erhaltenen Resultate immer nur einen geringeren Grad von Genauigkeit haben können. Auch aus der Länge der Kanten lässt sich die Neigung der Flächen ableiten, doch ist nur selten hievon Gebrauch gemacht worden.

14. Flächenlage. Die Flächen der Krystalle treffen in Kanten und Ecken zusammen, die Kanten sind zweiflächig, die Ecken können drei- oder mehrflächig sein. An einem vollständig ausgebildeten Krystall steht die Anzahl der Flächen F , der Ecken E und der Kanten K in einem Zusammenhange, welcher aus der Stereometrie bekannt ist und durch die Gleichung $F + E = K + 2$ ausgedrückt wird.

Der Inbegriff jener Flächen einer Krystallform, welche parallele Kanten bilden, heisst eine Zone. Die Flächen derselben Zone, die tautozonalen Flächen sind alle einer Linie parallel, welche innerhalb des Krystalls gedacht wird und Zonenaxe heisst. Man kann eine Zone durch den Parallelismus der Kanten unmittelbar erkennen oder mittels des Reflexions-Goniometers nachweisen, weil,

nachdem zwei Flächen richtig eingestellt sind, alle übrigen Flächen der Zone beim Drehen der Axe Spiegelbilder geben.

Da zwei Flächen, welche sich schneiden, die Lage einer Kante angeben, so ist eine Zone ihrer Lage nach bestimmt, sobald zwei Flächen derselben angegeben werden, die nicht parallel sind. In Fig. 18 bilden die Flächen a, a', a'' eine Zone, ferner die Flächen a, p, c eine andere Zone. Man sagt, p liegt in der Zone ac oder a liege in der Zone pc oder c liege in der Zone ap .

Wenn eine Fläche gleichzeitig in zwei bekannten Zonen liegt, also dort, wo zwei bekannte Zonen einander durchschneiden, so ist dadurch die Lage jener Fläche mit Sicherheit bestimmt. In Fig. 18 liegt die Fläche r gleichzeitig in der Zone pa' und in der Zone $p'a$. In dieser Lage kann nur eine einzige Fläche vorkommen. Sind demnach die Flächen a, a' , ferner p, p' bezüglich ihrer Lage bekannt, so ist nunmehr die Lage von r unzweifelhaft bestimmt.

Fig. 18.

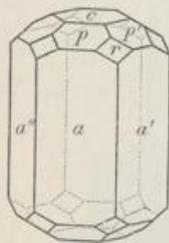


Fig. 19.

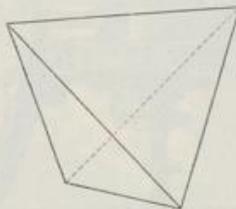
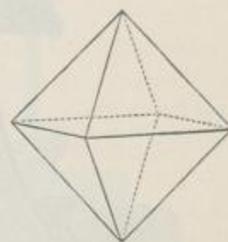


Fig. 20.



Die Fläche r ist mit den übrigen im Zonenverbande und die letzteren sind miteinander durch Zonen verbunden. Aus den Beobachtungen über das Wachsen der Krystalle [II] folgte schon, dass an allen Krystallen die Flächen im Zonenverbande liegen, ob dies nun unmittelbar ersichtlich ist oder nicht.

Eine wichtige Eigenschaft, wodurch sich die Krystalle vor allem aus der Reihe der beliebig gedachten stereometrischen Körper hervorheben, ist der Flächenparallelismus. An der Mehrzahl der Krystallformen beobachtet man das Auftreten paralleler Flächen, indem zu jeder Fläche auf der entgegengesetzten Seite des Krystalles eine zur vorigen parallele Fläche vorhanden ist. Fläche und Gegenfläche bilden ein Flächenpaar. Demnach bestehen die meisten Krystallformen aus Flächenpaaren. Fig. 18 und alle bisher angeführten Krystallfiguren sind Beispiele dafür.

Es gibt auch Krystallformen mit unpaaren Flächen, wie jene in Fig. 19, aber auch diese stehen mit den parallelfächigen im Zusammenhange. Denkt man sich an einer solchen Form zu jeder vorhandenen Fläche auf der entgegengesetzten Seite eine parallele, so entsteht eine neue Form, welche nicht nur möglich ist, sondern in der Natur wirklich vorkommt. Denkt man sich an der Form in Fig. 19 die parallelen Flächen hinzu, so erhält man die Form in Fig. 20, welche in der Natur häufiger ist als die vorige.

15. Axen. Die gegenseitige Lage der Flächen an einem Krystall kann auf die einfachste Weise geschildert werden, wenn man auf den Krystall eine Methode anwendet, welche der analytischen Geometrie entnommen ist. Dieser gemäss wählt man drei Krystallflächen aus, welche so liegen, dass sie entweder direct oder nach ihrer Vergrösserung ein Eck bilden, und bezieht auf diese Flächen alle übrigen in folgender Weise: Parallel zu jenen Flächen werden durch das Innere des Krystalls hindurch drei Ebenen gedacht, welche in drei Linien, den Axen schneiden. Letztere gehen alle durch einen gemeinschaftlichen Durchschnittspunkt. Man gibt nun bei jeder Fläche an, welche Abschnitte dieselbe nach gehöriger Vergrösserung an den Axen hervorbringt. Diese Abschnitte werden Parameter genannt.

An dem Augitkrystall, Fig. 21, werden die Flächenpaare r, l, t ausgewählt, um die Axen zu erhalten. Wären diese drei Flächenpaare allein vorhanden, so hätte der Körper die Form in Fig. 22.

Denkt man sich nun in den ersteren Krystall parallel zu den genannten drei Flächen Ebenen gelegt, welche alle durch einen im Inneren liegenden Punkt gehen, so ergeben sich drei Durchschnittslinien dieser Ebenen, nämlich XX', YY' und ZZ' , welche die Axen sind. Wenn die drei Axen, so wie in Fig. 23, besonders gedacht werden und die Fläche u vergrössert wird, so schneidet dieselbe die drei Axen in den Punkten A, B, C . Demnach sind die Stücke OA, OB und OC die Parameter der Fläche u .

Fig. 21.

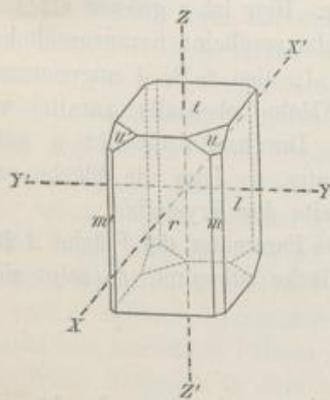


Fig. 22.

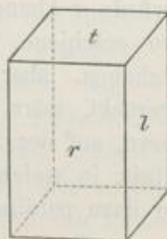
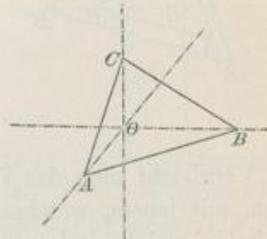


Fig. 23.



Es ist ersichtlich, dass die Kanten der Form in Fig. 22 den Axen parallel sind. Man kann daher auch sagen, die Axen werden erhalten, wenn man die drei Kanten, welche von den ausgewählten Flächen gebildet werden, parallel in den Krystall versetzt. Man kann also, anstatt von Ebenen auszugehen und deren Durchschnitte als Axen zu nehmen, auch kürzer verfahren, und drei Kanten des Krystalls, welche einander nicht parallel sind, für die Bestimmung der Axenrichtungen wählen. Im vorliegenden Beispiele, Fig. 21, kann man also geradewegs damit beginnen, die Richtung der Kante zwischen t und l als Richtung der X-Axe anzunehmen, und die Kante zwischen t und r für die Y-Axe, die Kante zwischen r und l für die Z-Axe zu benutzen.

Die Ebenen, welche in das Innere des Krystalls gelegt werden, um die Axen zu erhalten, werden Axenebenen genannt. Sie liegen, wie gesagt, Krystallflächen parallel. Es ist aber nicht nothwendig, dass diese Flächen an dem Krystall, der beschrieben wird, sichtbar sind, aber sie müssen mögliche Flächen sein. Das Beispiel am Alaun hat gezeigt, dass an demselben nicht bloß die Oktaëderflächen in Fig. 3, sondern auch Flächen möglich sind, welche die Ecken jener Form abstumpfen, Fig. 5. Diese abstumpfenden Flächen für sich gedacht, geben aber einen Würfel. Demnach können für die Formen des Alauns die Flächen des Würfels zur Ableitung der Axen dienen.

16. Parameter. Die Parameter werden in den Richtungen OX , OY und OZ positiv, in den Richtungen OX' , OY' und OZ' hingegen negativ gezählt. Werden die Parameter OA , OB und OC abkürzungsweise mit a , b , c bezeichnet, so wird die Lage der Fläche u in Fig. 21 durch die Parameter a , b , c , die Lage der Fläche u' hingegen durch die Parameter a , $-b$, c ausgedrückt, weil die letztere Fläche wohl dieselben Abschnitte an den Axen hervorbringt, wie u , jedoch der Abschnitt auf der Axe YY' auf dem negativen Aste derselben liegt.

Werden die Parameter einer Fläche mit derselben Zahl multiplicirt, so erhält man die Parameter einer Fläche, welche mit der vorigen parallel ist. Entsprechen einer Fläche ABC die drei Parameter a , b , c , so sind die Parameter einer dazu parallelen Fläche $A'B'C'$ in Fig. 24 ra , rb , rc . Hier ist r grösser als 1 angenommen, die Fläche erscheint herausgeschoben; würde r kleiner als 1, also z. B. $\frac{1}{2}$ angenommen, so erschiene die Fläche ebenfalls parallel verschoben, aber dem Durchschnittspunkt o näher gerückt, wäre r negativ, so läge die Fläche statt vorn, auf der Rückseite des Krystalls.

Vergleicht man das Verhältnis, in welchem die Parameter der Fläche ABC stehen, mit jenem, welches einer dazu parallelen Fläche zukommt, so zeigt sich, dass beide gleich sind, weil

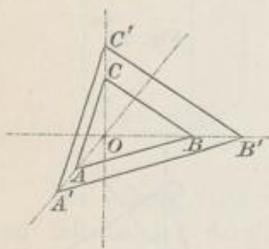
$$a : b : c = ra : rb : rc.$$

So gut wie die Krystallflächen parallel verschoben gedacht werden können, ohne dass ihre gegenseitige Lage sich verändert, ebenso darf demnach jedes Parameterverhältnis beliebig durch dieselbe Zahl multiplicirt oder dividirt werden.

Eine zu ABC nicht parallele Fläche wird nicht $a : b : c$, sondern ein anderes Parameterverhältnis ergeben. Ein völlig anderes Verhältnis würde aber entstehen, wenn man jeden der drei Parameter mit einer anderen Zahl multiplicirte; z. B. $ma : nb : pc$.

17. Flächentypen. Jede Krystallfläche ist entweder einer Axe parallel oder sie ist gegen dieselbe geneigt. Hieraus ergibt sich die erste Classification der Flächen, welcher gemäss drei Typen unterschieden werden.

Fig. 24.



keiner
Ihr P
u ein

die u
fläche
bezie
Axe p
genam
prism

parall
von d
r, l,
fläche
fläche

typen
mach
Pyram
dieser
bedeu
wenn
Param
werde
welch
lich v
nach,
midal
grösse
also i
entste

imme
und
(ma :
ständ
der X
prism

(ma :
so be
der X
Wink

1. Pyramidenflächen heissen diejenigen, welche alle Axen schneiden, also keiner derselben parallel sind, und demnach drei angebbare Parameter haben. Ihr Parameterverhältnis lautet demnach allgemein: $ma : nb : pc$. In Fig. 21 ist u eine Pyramidenfläche.

2. Prismenflächen werden jene genannt, welche einer Axe parallel sind, die übrigen Axen aber schneiden. Ein Beispiel ist m in Fig. 21. Jede Prismenfläche hat nur zwei Parameter. Den dritten pflegt man als unendlich gross zu bezeichnen; somit würden alle Prismenflächen, welche so wie m der aufrechten Axe parallel sind, durch $ma : nb : \infty c$ angedeutet. Sie werden aufrechte Prismen genannt, während jene, welche der Y -Axe parallel sind, gewöhnlich als Querprismen und die der X -Axe parallelen als Längsprismen bezeichnet werden.

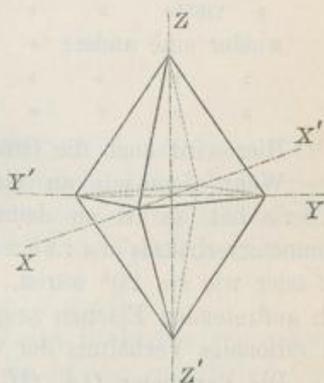
3. Endflächen pflegt man jene zu nennen, welche zugleich zwei Axen parallel sind, denen also stets zwei Parameter von der Grösse ∞ zukommen. In Fig. 21 sind r, l, t Endflächen, und zwar heisst r die Querfläche, l die Längsfläche, t die eigentliche Endfläche.

Der Zusammenhang zwischen allen Flächentypen wird anschaulich, wenn man sich klar macht, dass in dem allgemeinen Zeichen einer Pyramidenfläche, nämlich: $ma : nb : pc$ alle diese Flächen enthalten sind. Dieses Zeichen bedeutet vorläufig zwar nur eine einzige Fläche, wenn aber alle die positiven und die negativen Parameter von der angegebenen Länge combinirt werden, so erhält man die Zeichen von 8 Flächen, welche mit einander eine Doppelpyramide, ähnlich wie Fig. 25 geben würden. Man kann sonach, wenn diese 8 Flächen gleich sind, unter $(ma : nb : pc)$ eine solche pyramidale Form verstehen. Wird nun in diesem Zeichen der Werth p grösser und grösser gedacht, so entstehen Pyramiden von immer längerer und längerer Z -Axe, also immer spitzere Pyramiden und schliesslich, wenn p den Werth ∞ erreicht, entsteht ein aufrechtes Prisma $(ma : nb : \infty c)$.

Wenn hingegen in dem ursprünglichen Zeichen $(ma : nb : pc)$ der Werth n immer grösser und grösser gedacht wird, so entstehen Pyramiden, welche mehr und mehr nach der Y -Axe gestreckt sind, und zuletzt entsteht ein Querprisma $(ma : \infty b : pc)$. Wird endlich in dem ursprünglichen Zeichen der Werth m beständig zunehmend gedacht, so gibt dieses Zeichen Pyramiden an, welche nach der X -Axe gestreckt erscheinen, und das Endglied ist in diesem Falle das Längsprisma $(\infty a : nb : pc)$.

Kehrt man jetzt zu dem allgemeinen Zeichen des aufrechten Prisma $(ma : nb : \infty c)$ zurück und denkt sich hier den Werth n beständig zunehmend, so bedeutet dies ein aufrechtes Prisma, dessen Flächen sich immer mehr nach der Y -Axe strecken, dessen vorderer Winkel also beständig kleiner wird. Dieser Winkel verschwindet, sobald n die Grösse ∞ erreicht, und es entsteht das Quer-

Fig. 25.



flächenpaar ($ma : \infty b : \infty c$), was ebensoviel ist als ($a : \infty b : \infty c$). In entsprechender Weise gelangt man von den Prismen zu dem Längs- und Endflächenpaar.

18. Parametergesetz. Das Grundgesetz, welches, abgesehen von jenem der Symmetrie, die Krystallformen beherrscht und welches schon von Hauy in einer anderen Form ausgesprochen wurde, lautet:

Die Flächen, welche am selben Krystall auftreten oder an demselben möglich sind, haben immer nur solche Parameterverhältnisse, in welchen die Coëfficienten m, n, p als ganze Zahlen erscheinen, und zwar sind diese gewöhnlich einfache Zahlen wie 1, 2, 3, 4, 5, 6. Man drückt dieses Gesetz auch in der Weise aus, dass man sagt, das Verhältnis der Coëfficienten $m : n : p$ ist ein rationales. Wenn einer Fläche des Krystalls das Parameterverhältnis:

	$a : b : c$	zukömmt, so hat z. B.
eine andere Fläche das Verhältnis	$a : b : 2c$	
» dritte » » »	$a : 2b : c$	
» vierte » » »	$6a : 4b : 3c$	
wieder eine andere » » »	$a : b : \infty c$	
» » » » »	$2a : 3b : \infty c$	
» » » » »	$a : \infty b : 2c$	u. s. w.

Hier wird auch die Grösse ∞ zu den ganzen Zahlen gerechnet.

Wenn demnach an einem Krystall eine Fläche das Parameterverhältnis $a : b : c$ hat, so ist an demselben Krystall keine Fläche möglich, welcher ein Parameterverhältnis $ua : vb : wc$ zukäme, worin u, v, w irrationale Werthe, wie $\sqrt{2}$ oder wie $\sin 20^\circ$ wären, sondern die an dem Krystall möglichen oder wirklich auftretenden Flächen zeigen immer nur solche Parameterverhältnisse, welche ein rationales Verhältnis der Coëfficienten m, n, p darbieten.

Die Parameter OA, OB etc. sind Längen, welche in irgend einem Maasse, z. B. in Millimetern ausgedrückt werden könnten. Das Parameterverhältnis hingegen ist das Verhältnis dieser Längen, also nur ein Zahlenverhältnis. Das Parameterverhältnis jener Fläche, von der man bei der Betrachtung des Krystalls ausgeht (Einheitsfläche), also das Verhältnis $a : b : c$ wird gewöhnlich das Axenverhältnis genannt. Man schreibt selbes in der Regel so, dass wenigstens eine der drei Zahlen = 1 gesetzt wird. Für den Augit, Fig. 21 und 26, ist das Verhältnis $a : b : c$, welches von der Fläche u hergenommen wurde: 1704 : 1563 : 921. Wenn man dieses Verhältnis aber durch die für b angesetzte Zahl dividirt, so folgt 1.0902 : 1 : 0.5893, worin also der eine Werth = 1 erscheint.

An dem Augitkrystall, Fig. 26, ergäbe die Fläche u das Parameterverhältnis $a : b : c$. Die Fläche v würde sodann ein ganz verschiedenes Verhältnis liefern, sobald sie aber parallel verschoben wird, so kommt ein Augenblick, in welchem sie an den Axen XX' und YY' dieselben Abschnitte erzeugt, wie die vorige Fläche, Fig. 27. Dann aber trifft sie die Axe ZZ' in D , also in einer doppelt so grossen Entfernung vom Punkte O , als die vorige. Folglich ergibt sich für die Fläche v das Verhältnis $a : b : 2c$.

Die Fläche s hat die Parameter OA, OB, OC' , also das Verhältnis $a : b : -c$.

Wird die Fläche ζ parallel verschoben, bis sie die Axe XX' in demselben Punkte trifft, wie die Fläche u , dann würde sie die beiden anderen Axen in den Entfernungen $OE = \frac{1}{2}b$ und $OF = -\frac{1}{3}c$ treffen, Fig. 28, woraus das Parameterverhältnis $a : \frac{1}{2}b : -\frac{1}{3}c$ folgt, welches nach der Multiplication mit 6 gleich ist dem Verhältnisse $6a : 3b : -8c$.

Fig. 26.

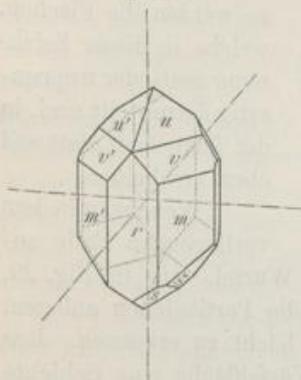


Fig. 27.

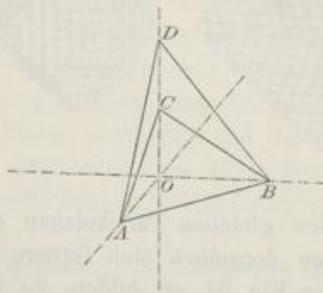
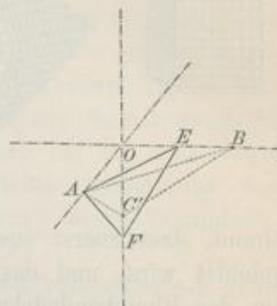


Fig. 28.



Die Fläche m wird die beiden Axen XX' und YY' in demselben Verhältnisse schneiden, wie u , woraus das Parameterverhältnis dieser Fläche des zweiten Typus, nämlich $a : b : \infty c$ folgt. In diesem Beispiel haben sich für die Coëfficienten die Werthe 1, 2, 3, 6, 8 und ∞ , also durchwegs rationale Verhältnisse der Parameter ergeben.

19. Erklärung. Das Parametergesetz ist aus vielen Beobachtungen abgeleitet und gilt vorerst nur für die beobachteten Fälle. Es ist ein empirisches Gesetz, doch wird es allgemein gültig, wird zum Naturgesetz, wenn wir zeigen, dass es die nothwendige Folge einer unanfechtbaren anschaulichen Vorstellung sei, also dass es von einem natürlichen Principe abgeleitet werden könne. Diese Ableitung wäre die Erklärung der unter das Gesetz fallenden Erscheinungen.

Hauy hat sogleich bei der Aufstellung des Parametergesetzes eine Erklärung versucht, welche jenes Gesetz mit einer einfachen Vorstellung verbindet. Nach dieser bestehen die Krystalle aus geformten, unter einander gleichen Partikelchen, die sich wie Ziegel eines Mauerwerkes regelmässig zusammenfügen. Denkt man sich die Krystalle in der angegebenen Weise aus vielen ungemein kleinen gleichen Körperchen schichtenartig gebaut, so erklärt sich daraus, dass die Krystalle mit ebenen Flächen und bestimmten Winkeln entstehen und dass die Lage der Flächen durchwegs dem Parametergesetze folgt.

Ein einfaches Beispiel gibt der Bleiglanz. Dieses Mineral krystallisirt häufig in Würfeln. Nach dem erwähnten Gesetze sind aber auch Oktaëder und Rhombendodekaëder möglich und in der That kommen die Flächen dieser Formen an manchen Bleiglanzkrystallen vor. Da nun der Bleiglanz nach den Würfflächen spaltbar ist, folglich jeder Bleiglanzwürfel in ungemein viele würffelförmige Partikel zertheilt werden kann, so nahm Hauy an, dass alle Bleiglanzkrystalle aus ungemein

kleinen Würfeln aufgebaut seien, also die Formen des Würfels, des Oktaeders und Rhombendodekaeders in der Weise, wie in den Fig. 29, 30, 31.

Fig. 29.

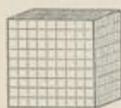


Fig. 30.

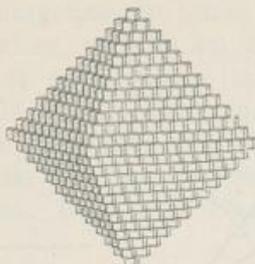


Fig. 31.



nimmt, dass zuerst aus den gleichen Partikelchen ein Würfel, wie in Fig. 29, gebildet wird, und dass an denselben sich fernere solche Partikelchen anlegen, um das Rhombendodekaeder Fig. 31 zu bilden, so ist leicht zu erkennen, dass beim Wachsen des Krystalls sich zunächst auf jeder Würfel­fläche eine Schichte absetzen muss, welche an allen vier Seiten der Fläche um ein Partikelchen weniger enthält als diese. Diese nächste Schichte enthält wieder jederseits ein Partikelchen weniger als die vorige u. s. f., wonach sich auf der früheren Würfel­fläche von den Kanten her eine vier­flächige Pyramide aufbaut, deren Höhe halb so gross ist als die Höhe des früher gedachten Würfels.

Die Abnahme der Schichten in Breite und Länge, die bei der Bildung jener Formen platzgreift, welche andere Flächen als die Grundform haben, nannte Hany die Decrescenz. Bei der Bildung des Oktaeders erfolgt die Decrescenz an den Ecken, indem jede Schichte daselbst um eine Reihe von Partikelchen weniger ansetzt als die vorige. Die Decrescenz kann sowohl an den Kanten als an den Ecken eine, zwei, drei, vier etc. Reihen von Partikelchen betragen oder abwechselnd zwei und drei, zwei und fünf u. s. w. Diese Zahlen sind gerade so wie die Coëfficienten m , n , p immer rationale Zahlen.

20. Die Vorstellung von der Bildung der Krystalle aus geformten Partikeln, welche sich ohne Zwischenraum berühren und den Krystall wie ein Mauerwerk erscheinen lassen, wurde wiederum aufgegeben, als es sich zeigte, dass sie nicht consequent durchführbar sei, und dass sie mit anderen Erscheinungen sich nicht gut vereinigen lasse. Die Lehren der Physik erfordern für jedes Körpertheilchen einen Raum, in welchem es jene Schwingungen ausführt, die uns als Licht, Wärme u. s. w. erscheinen, das Verschlucken von Gasen durch Krystalle setzt gleichfalls Zwischenräume voraus, die Erscheinungen der Elasticität gleichfalls u. s. f. Demnach ist es nothwendig, die Krystalltheilchen ohne gegenseitige Berührung zu denken.

Demgemäss betrachtet man jeden Krystall zusammengefügt aus Körperchen, welche einander nicht berühren, sondern frei schweben, welche aber im übrigen so angeordnet sind, wie die vorhin gedachten geformten Partikelchen. Die schwebenden Körperchen sind demnach so gegen einander gestellt, dass in der-

Da die würfel­förmigen Partikelchen von einer unangebbaren geringen Grösse sind, so werden die Flächen, welche in dieser Zeichnung rau­h oder treppen­artig dargestellt sind, in der That doch glatt und eben erscheinen.

Wenn man in dem vorliegenden Falle an-

selbe
ist, v
Körpe

Körpe
dass
währe
zweic
zu de
wie b
Masse
Molek
als ei
schen
Auges
hange

ihre
als K
Ort j

von
müssi

neuer
jeder
grenz
müssi
dersel
zuziel
Entfer
auf d
Ein P
ordnu
geben

welch
eben
und t

vorziel
geschic
Chemie
ellipso
Ansch

selben Richtung im Krystall jedes Körperchen von dem folgenden so weit entfernt ist, wie dieses von dem dritten, wie das dritte von dem vierten u. s. f. Solche Körperchen werden Krystallmolekel¹⁾ genannt.

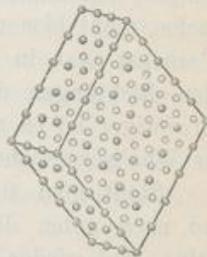
Es erscheint anfangs befremdlich, dass man sich die Theilehen eines starren Körpers schwebend zu denken habe, denn man kömmt sogleich zu dem Schlusse, dass man durch den freien Raum zwischen den Molekeln hindurchsehen müsste, während doch sehr viel starre Körper undurchsichtig sind. Weil aber die Distanz zwischen unserem Auge und jenen Molekeln unter allen Umständen im Vergleiche zu der gegenseitigen Distanz der Molekel ungemein gross ist, so ergeht es hier wie beim Anblick eines Waldes aus grosser Entfernung, der wie eine compacte Masse erscheint, obgleich die einzelnen Bäume von einander entfernt stehen. Die Molekel und ihre Distanzen sind so klein, dass ihre Vereinigung dem freien Auge als eine zusammenhängende Masse erscheint, und dass auch bei der mikroskopischen Betrachtung, welche gleichsam eine ausserordentliche Annäherung des Auges an das Object ist, noch immer keine Unterbrechung dieses Zusammenhangs erkennbar wird.

Den Krystallmolekeln hat man keine bestimmte Gestalt zuzuschreiben, denn ihre Form hat jetzt keine Bedeutung. Wenn sie daher später in der Zeichnung als Kügelchen oder Punkte dargestellt sind, so soll dieses nur dazu dienen, den Ort jeder Molekel anzugeben, ohne aber die Beschaffenheit derselben auszudrücken.

Die Vorstellung von dem Aufbau der Krystalle aus Molekeln ist namentlich von Bravais und von Frankenheim ausgebildet worden, welche beide die Gesetzmässigkeiten, welche daraus folgen, entdeckt und in ein System gebracht haben.

Um von der früheren Hauy'schen Vorstellung auf die neuere überzugehen, denkt man sich in den Mittelpunkt jeder geformten Partikel eine Molekel und lässt alle Begrenzungen der Partikel weg. Man hat sodann einen regelmässigen Bau, der aus schwebenden Molekeln besteht. Jede derselben hat die Eigenschaft, benachbarte Theilchen anzuziehen und in bestimmten Richtungen und bestimmten Entfernungen zu erhalten. Diese Entfernungen müssen sich auf derselben Linie von Molekel zu Molekel wiederholen. Ein Beispiel wäre Fig. 32, welche ein Bild von der Anordnung der Molekel in einem sehr kleinen Barytkrystall geben soll.

Fig. 32.



An einem solchen Bau erscheinen die vorhandenen Krystallflächen als Ebenen, welche eine ganze Schaar von Molekeln berühren, sie erscheinen als Tangentialebenen eines regelmässig angeordneten Systems von Molekeln. Die Spaltebenen und alle möglichen Krystallflächen sind Ebenen, welche durch eine grössere An-

¹⁾ Molecula, kleine Masse, Massentheilchen. Ich stimme mit L. Meyer überein, welcher vorzieht, das Wort aus der Ursprache zu nehmen und Molekel zu schreiben, anstatt, wie es öfter geschieht, das französische Wort Molekül zu gebrauchen. (L. Meyer, Die modernen Theorien der Chemie.) Jene Hypothesen, welche nach Hauy aufgestellt wurden und welche sphärische oder ellipsoidische Krystallmolekel annehmen, sind hier übergangen worden, um sogleich die heutige Anschauung zu entwickeln.

zahl von Molekeln gelegt gedacht werden können: sie sind Molekularebenen. Die Geraden, welche durch mehrere Molekel hindurch gelegt werden können, heissen Molekularlinien. Die Kanten des Krystalls sind ersichtlicher Weise Molekularlinien und demzufolge auch die Axen.

Die Molekel, welche in einer Ebene liegen, bilden eine netzförmige Vereinigung, ein Flächengitter. Jede Schichte des Krystalls, welche so dünn gedacht wird, dass in der Dicke nur eine einzige Molekel vorhanden ist, stellt also ein Molekulargitter vor. Der ganze Bau kann als ein Raungitter bezeichnet werden.

Die regelmässige Anordnung der Molekel im Krystall erklärt nun 1. die Erscheinungen beim Wachsen der Krystalle, 2. das Statthaben des Parametergesetzes, 3. die Spaltbarkeit. Ausserdem ist sie mit allen ferner zu besprechenden Eigenschaften der Krystalle im Einklange.

21. Unter dem Wachsen des Krystalls hat man sich die regelmässige parallele Aneinanderfügung der Molekel, welche in den starren Zustand übergehen, zu denken. Um die Sache anschaulich zu machen, darf man sich einen Platz vorstellen, welcher dicht mit Soldaten angefüllt ist, welche aber alle in beständiger Bewegung begriffen sind, indem sie unregelmässig durcheinandertreiben. Dies wäre das Bild eines Körpers im beweglichen Zustande, die Soldaten wären die einzelnen Molekel. Nun würde aber plötzlich ein Soldat stehen bleiben, die nächsten würden sich an denselben anstellen und es würden immer die nächsten diesem Beispiele folgen und sich an die vorigen seitlich und parallel anreihen. In kurzer Zeit würde ein kleines Rechteck oder Quadrat fertig sein, nach etwas längerer Zeit ein grösseres. Dieses Rechteck ist das Bild des Krystalles, dessen Molekel eine parallele und äquidistante Anordnung haben, und deren Complex gleichförmig anwächst. Das Bild ist aber unvollkommen, denn der Krystall wächst nicht bloß nach zwei Richtungen, nicht bloß nach einer Fläche, sondern er wächst auch in die Dicke, also nach drei Richtungen. Dieses Wachsen nach allen Richtungen des Raumes wird man sich weniger leicht vorstellen, noch schwieriger ist es zu zeichnen. Man muss in diesem Fall bei den ersten Anfängen des Wachsens stehen bleiben. Dann genügen wenige Beispiele.

Stellt man sich vor, dass eine Molekel vorhanden sei, welche nach oben und nach unten dieselbe Anziehung ausübt, eine andere Anziehung links und rechts, und wieder eine andere vorn und rückwärts, und denkt man sich an diese Molekel nach jeder der sechs genannten Richtungen eine fernere ihr gleiche Molekel angesetzt, so ergibt sich im ersten Augenblick des Wachsens ein kleines System von Molekeln, wie es die Fig. 33 darstellt.

Dauert das Wachsen nach derselben Regel fort, setzt also jede der in Fig. 33 bezeichneten Molekel wieder andere an, und zwar nach jeder der genannten sechs Richtungen, wofern sie noch nicht besetzt sind, so erhält man einen Krystall von der Gestalt einer Doppelpyramide, welche dieselbe Form hat, als jene ist, welche man erhält, wofern die Molekel in Fig. 33 durch Linien verbunden werden. Man kann sagen, durch das gleichförmige Fortwachsen entstehe eine vergrösserte Form desselben Systems, weil an dieses immer gleiche Schichten angesetzt werden.

Richtu
linien
sowoh
gelege
thums

grösse
Krysta
grösse
Theile
sich
Ergeb
der s
dersel
Richtu
gibt e
indem
zontal
jedoch

nung
Krysta
wird
zu bil
anged
einer
Umriss
dieses
Wach
Mediu
in de
strebt
zugter
den F

Das Wachsen geht in vielen Fällen nicht bloß nach den früher genannten Richtungen von statten, sondern auch nach Zwischenrichtungen, wofern sie Molekularlinien sind. Fig. 35 gibt einen Fall an, in welchem ein gleichförmiges Wachsen sowohl nach den ersten sechs Richtungen, als auch nach den acht zwischen denselben gelegenen Hauptrichtungen stattfindet. Bei gleichförmigem Fortschreiten des Wachstums nach der gleichen Regel wird sich die vergrößerte Form von Fig. 35 bilden.

Fig. 33.

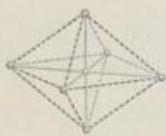


Fig. 34.

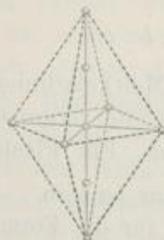


Fig. 35.

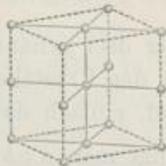
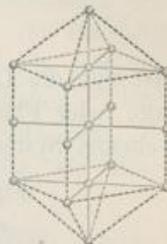


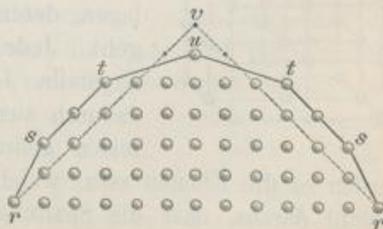
Fig. 36.



Auf solche Weise würden immer nur primitive Formen entstehen. Die Vergrößerung der Krystalle ist aber ein verwickelter Vorgang, weil der entstandene Krystall von einem beweglichen Mittel umgeben ist, welches den Stoff zur Vergrößerung des Krystalls abgibt, sogleich hernach aber die schwächer befestigten Theilchen wieder aufzulösen strebt. Die zur Ruhe kommenden Molekel befinden sich also dem beweglichen Medium gegenüber in einem Kampf ums Dasein, dessen Ergebnis dahin lautet, dass immer nur jene Flächen sich erhalten, welche zufolge der stärkeren Cohäsion der Molekel oder in Folge dichterem Beisammenstehens derselben am meisten widerstandsfähig sind. Demzufolge bleiben öfters einige Richtungen beim Wachsen zurück, während andere bevorzugt erscheinen. Fig. 34 gibt einen Fall an, in welchem die aufrechten Richtungen bevorzugt erscheinen, indem hier oben und unten eine zweite Molekel angesetzt ist, während die horizontalen Richtungen zurückbleiben. Fig. 36 zeigt ein Wachsen ähnlich wie Fig. 35, jedoch erscheinen auch hier die aufrechten Richtungen bevorzugt.

Das Wachsen der flächenreicheren Krystalle ist schwer durch eine Zeichnung darstellbar, daher muss hier Fig. 37 genügen, welche den Durchschnitt eines Krystalls zur Hälfte angibt. Wenn angenommen wird, die Molekel hätten die Tendenz, Flächen zu bilden, deren Profile durch die Linien *rvr* angedeutet werden, der Krystall sei aber zu einer Ausbildung gelangt, welche durch den Umriss *rstutsr* angegeben ist, so wird man dieses Ergebnis dahin deuten, dass beim Wachsen durch den Einfluss des beweglichen Mediums ein Abtragen von Molekeln, die sich in der aufrechten Richtung *uv* anzufügen strebten, stattfand, während auf der bevorzugten Fläche *rv* eine Auflagerung von Molekeln *rs* eintrat, zugleich aber an den Ecken *r* ein Zurückbleiben platzgriff.

Fig. 37.



22. Werden auf der Molekularlinie, welche gegen den Beschauer zuläuft, die gleichen Distanzen zwischen jeder Molekel und der folgenden mit a bezeichnet, ferner die gleichen Distanzen auf der querliegenden Molekularlinie mit b und die gleichen Distanzen an der aufrechten Linie mit c , so wären dies drei Längen, welche, auch in Millimetern ausgedrückt, von einer Kleinheit wären, die man sich nicht vorzustellen vermag. Das Verhältnis aber, in welchem diese drei Grössen zu einander stehen, kann durch Zahlen ausgedrückt werden und diese mögen mit a , b , c bezeichnet werden, so dass

$$a : b : c = a : b : c.$$

Ist nun die Lage der drei genannten Molekularlinien bekannt, so lässt sich die Lage jeder Fläche an den Krystallen, welche vergrösserte Formen der vorher besprochenen Systeme sind, einfach darstellen. Für Flächen in

- Fig. 33 hat man $a : b : c$, für jene in
 > 34 > > $a : b : 2c$, für die Form in
 > 35 > > $a : b : \infty c$ und $\infty a : \infty b : c$, für
 > 36 > > $a : b : \infty c$ und $a : b : c$.

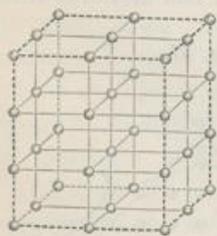
In Fig. 37 entspricht rs der Fläche $\infty a : b : 2c$, ferner st der Fläche $\infty a : b : c$ und tu der Fläche $\infty a : 3b : c$.

Diese Beispiele zeigen zur Genüge, wie sich das Parametergesetz erklären lässt, sie zeigen, dass dieses Gesetz eine Folge der regelmässigen Anordnung der Molekel ist, und es lässt sich die Erklärung in folgender Weise kurz aussprechen: da die Molekel beim Wachsen des Krystalls in den verschiedenen Richtungen nur zu einer, zu zweien, zu dreien . . . überhaupt nur nach ganzen Zahlen angesetzt oder abgetragen werden können, so werden auch die Krystallflächen nur solche Parameterverhältnisse darbieten können, deren Verhältnis durch ganze Zahlen ausgedrückt werden kann.

Der fertige Bau eines Krystalls ist gleichsam ein regelmässiges Netzwerk oder Raumbgitter, welches aus ungemein vielen Molekeln besteht. Die Fäden des Netzes sind nichts Körperliches, sondern sind die Verbindungslinien der Schwerpunkte zunächstliegender Molekel, die Knoten des Netzes aber sind körperlich, sind die Molekel. Ein sehr kleiner Theil eines solchen Netzes ist in Fig. 38 dargestellt. Man kann durch ein Molekularnetz viele Ebenen legen, deren jede mindestens durch drei Molekel hindurch geht. Jede solche Ebene ist eine mögliche Fläche des Krystalls. Unter diesen werden sich die Spaltungsebenen dadurch auszeichnen, dass in ihnen die Molekel am dichtesten gedrängt erscheinen. In Fig. 38, sowie in Fig. 32 werden es die Ebenen sein, welche der äusseren Begrenzung parallel sind. Man erkennt daraus, dass die Spaltungsebenen häufig den Endflächen und Prismenflächen parallel sein werden.

Ausser den Schriften von Bravais (v. vorn) und Frankenheim (Pogg. Ann. Bd. 97, pag. 337) handeln über die angedeutete Theorie: Sohneke, Entwicklung

Fig. 38.



einer Theorie der Krystalstruktur 1879, ferner in Wiedemann's Ann. der Phys., Bd. 16, p. 489 und Zeitschr. für Kryst., Bd. 13, p. 214; Bd. 14, p. 426; Wulff ebendas., Bd. 13, p. 503; Blasius, Sitzungsber. d. bayer. Akad. 1889, p. 40; Fedorow, Zeitschr. f. Kryst., Bd. 23, p. 99.

23. Symmetrie. An den ebenmässigen Krystallformen beobachtet man Flächen, die untereinander gleich sind, d. h. gleiche Gestalt und gleiche Grösse haben. An den parallelfächigen Formen sind Fläche und Gegenfläche stets einander gleich. Oft kommt es vor, dass zwei oder mehrere Flächen für die beiläufige Beobachtung völlig gleich erscheinen, und dass ihre Unterschiede sich erst bei genauer Prüfung ergeben. Man begnügt sich daher in zweifelhaften Fällen nicht mit der Betrachtung der Gestalt der Flächen, sondern erforscht ihre Neigung durch genaue Bestimmung der Winkel, und geht in dem Falle, als dies nicht ausreicht, zur physikalischen Untersuchung der Flächen über.

Krystallformen, welche aus gleichen Flächen bestehen, werden einfache Formen genannt, jene aber, die ungleiche Flächen darbieten, heissen Combinationen. Fig. 19 und 20 sind einfache Formen, Fig. 8 und 18 Combinationen.

Die Regelmässigkeit in der Vertheilung der gleichen Flächen an einem Krystall wird dessen Symmetrie genannt. Die Mannigfaltigkeit in dieser regelmässigen Vertheilung ist ziemlich gross, und es ergeben sich sehr verschiedene Arten der Symmetrie. Das hier herrschende

Gesetz, das Symmetriegesetz, lautet: An Krystallen können alle jene Arten der Symmetrie auftreten, welche mit dem Parametergesetze vereinbar sind. Am augenfälligsten ist jene Art, welche in der gleichen Vertheilung gleicher Flächen zu beiden Seiten einer Ebene besteht, welche Symmetrieebene und bei den Krystallen auch Hauptschnitt genannt wird. Der Hauptschnitt theilt den symmetrischen Körper in zwei gleiche Theile, welche sich zu einander verhalten, wie der Gegenstand zum Spiegelbilde, den Hauptschnitt als Spiegel gedacht. Da es bei einem Krystall nicht auf die Entfernung der Flächen von seinem Mittelpunkte, sondern bloss auf die gegenseitige Lage der Flächen ankommt, so beruht die Symmetrie des Krystalls nicht auf der gleichen Entfernung der Flächen vom Hauptschnitte, sondern sie beruht auf der Gleichheit der Lage der Flächen gegen die Symmetrieebene. Zu beiden Seiten der letzteren sind also die Kanten und Ecken von gleicher Grösse, die Flächen von gleicher Lage und alle Stücke von gleicher Reihenfolge.

Zum Zwecke einer Eintheilung der Krystalle werden zuerst sechs Grade der Symmetrie unterschieden:

1. Es gibt Krystalle ohne Symmetrieebene, an welchen der Flächenparallelismus die einzige sichtbare Regelmässigkeit ist. Fig. 39, Axinit.

Fig. 39.

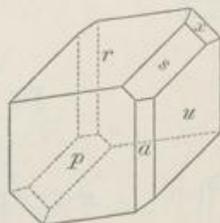
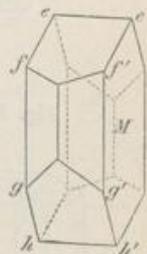


Fig. 40.



2. Andere zeigen den ersten Grad der hier betrachteten Symmetrie, indem sie eine einzige Symmetrieebene erkennen lassen. Der Orthoklaskrystall in Fig. 40 ist ein Beispiel dafür, denn man kann parallel zu der Fläche M eine Ebene hineingelegt denken, welche die Eigenschaften eines Hauptschnittes hat. Wird diese Ebene auf den Beobachter zulaufend gedacht, so entspricht von oben herab gezählt dem Eck e zur Linken ein ganz gleiches Eck e' zur Rechten, ferner dem Eck f das gleiche f' , der Kante fg die gleiche $f'g'$ u. s. w. Denkt man sich um den Mittelpunkt des Krystalls eine Kugelfläche gelegt, so wird der innere Raum derselben durch die Symmetrieebene in zwei gleiche Krystallräume geschieden.

3. Andere Krystalle sind so gebaut, dass man in dieselben drei Hauptschnitte gelegt denken kann, welche auf einander senkrecht stehen. Der Schwefelkrystall in Fig. 41 gestattet, durch die Punkte $n a n'$ eine horizontale Ebene zu legen, welche ein Hauptschnitt ist, ferner durch $o a o'$ eine zweite Symmetrieebene. Wenn man schliesslich den Krystall wendet, bis er die Ansicht in Fig. 42 gibt,

Fig. 41.

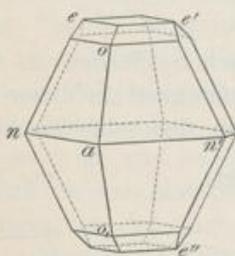


Fig. 42.

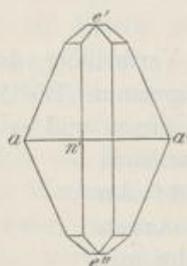


Fig. 43.

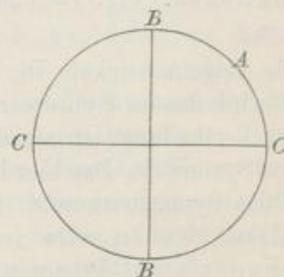


Fig. 44.

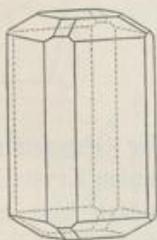


Fig. 45.

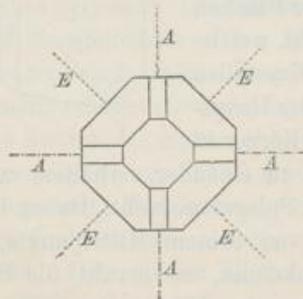
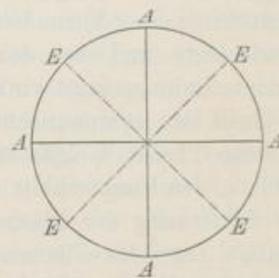


Fig. 46.



so erkennt man, dass noch eine dritte Symmetrieebene gelegt werden kann, welche durch die Punkte $e e' e''$ geht. Denkt man sich um den Mittelpunkt des Krystalls eine Kugelfläche gelegt, so wird deren Innenraum durch die drei Hauptschnitte A, B, C in acht geometrisch gleiche Theile, in acht Krystallräume geschieden, Fig. 43.

4. Eine fernere Abtheilung von Krystallen lässt fünf Symmetrieebenen erkennen, von welchen vier auf einer fünften senkrecht sind. Der Vesuviankrystall,

Fig. 44, verhält sich zuvörderst wie der früher betrachtete Schwefelkrystall. Ein Hauptschnitt, die Hauptebene, liegt beiläufig horizontal, ein zweiter richtet sich gegen den Beobachter, und ein dritter liegt quer vor demselben. Wenn man aber den Krystall von oben betrachtet, so erhält man ein Bild, wie in Fig. 45, worin die Hauptebene in die Ebene des Papiers zu liegen kommt. Nun wird man wahrnehmen, dass ausser den beiden früher genannten Hauptschnitten, welche in der Figur zu den Linien *AA* verkürzt erscheinen, noch zwei andere *EE* durch den Krystall gelegt werden können, welche die von den vorigen gebildeten rechten Winkel halbiren. Durch die Hauptebene und die Schnitte *A* und *E* werden 16 gleiche Krystallräume gebildet, Fig. 46.

5. Einen noch höheren Grad der Symmetrie beobachtet man an den regulären Krystallen, welche neun Symmetrieebenen aufweisen, und für welche die Bleiglanzkrystalle in Fig. 47 und 48 als Beispiele dienen sollen. Zuerst findet

Fig. 47.

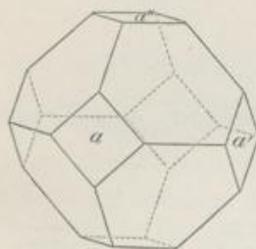


Fig. 50.

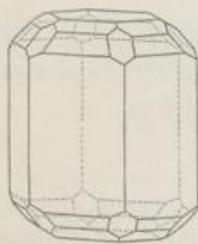


Fig. 48.

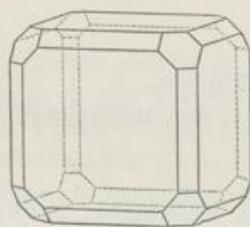


Fig. 51.

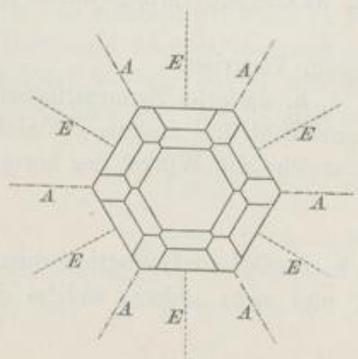


Fig. 49.

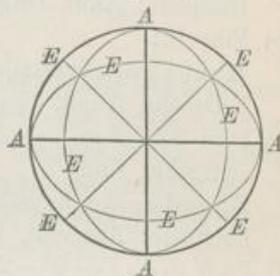
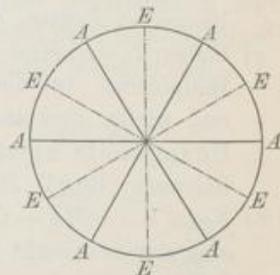


Fig. 52.



man leicht drei gleiche Hauptschnitte, welche dieselbe Lage haben, wie jene im Schwefelkrystall, und welche auf einander senkrecht sind. Die anderen Hauptschnitte sind von derselben Art, wie die beim Vesuvian mit *E* bezeichneten, indem sie die Winkel der vorigen halbiren. Da sich durch jede der drei Flächen *a a' a''* je zwei solcher Hauptschnitte legen lassen, so hat man sechs Hauptschnitte dieser zweiten Art. Die Hauptschnitte *A* theilen den um den Krystall gedachten Kugelraum in acht Krystallräume, durch die Hauptschnitte *E* wird aber jeder der letzteren wiederum in sechs getheilt, so dass 48 Krystallräume gebildet werden, Fig. 49.

6. Schliesslich kommen noch jene Krystalle in Betracht, welche sieben Symmetrieebenen darbieten. Der Beryllkrystall in Fig. 50 lässt zuvörderst einen horizontalen Hauptschnitt, eine Hauptebene erkennen, hierauf aber, wenn man ihn von oben betrachtet, Fig. 51, noch sechs andere, indem drei so gelegt werden können, dass sie den Seiten des Bildes parallel sind: AA u. s. w. und drei andere senkrecht gegen die Seiten, und zugleich die Winkel der vorigen Hauptschnitte halbirend: EE u. s. w. Durch die Hauptebene und die Schnitte A entstehen 12 Krystallräume, jedoch wird jeder derselben durch einen Schnitt E halbiert, so dass im Ganzen 24 Krystallräume gebildet werden, Fig. 52.

Die bis jetzt betrachteten Krystalle werden holoëdrische Krystalle genannt. Sie lassen sich nach der Zahl der Symmetrieebenen in folgende Klassen abtheilen:

- a) Keine Symmetrieebene:
Trikline Krystalle.
Beispiele: Albit, Oligoklas, Kupfervitriol.
- b) Eine S.:
Monokline Krystalle.
Beispiele: Augit, Gyps, Orthoklas.
- c) Drei S. = $1 + 1 + 1$, d. h. drei ungleiche Symmetrieebenen, die auf einander senkrecht sind.
Rhombische Krystalle.
Beispiele: Aragonit, Baryt, Kalisalpeter, Schwefel.
- d) Fünf S. = $1 + 2 + 2$, d. h. dreierlei Symmetrieebenen. Eine einzelne, die Hauptebene, auf dieser senkrecht zwei andere, die sich unter 90° schneiden, und wieder zwei andere, welche die vorigen unter 45° schneiden.
Tetragonale Krystalle.
Beispiele: Anatas, Zinnstein, Vesuvian.
- e) Sieben S. = $1 + 3 + 3$, d. h. dreierlei Symmetrieebenen. Eine einzelne, die Hauptebene, auf dieser senkrecht drei andere, die sich unter 60° schneiden, und wieder drei andere, welche die Winkel der vorigen halbiren.
Hexagonale Krystalle.
Beispiele: Beryll, Schnee.
- f) Neun S. = $III + 6$, d. h. zweierlei Symmetrieebenen. Drei gleiche, die auf einander senkrecht sind, und sechs andere, welche die Winkel der vorigen halbiren.
Tesserale Krystalle.
Beispiele: Bleiglanz, Gold, Steinsalz.

24. Hemiëdrie. Die übrigen Arten der Krystalsymmetrie lassen sich von den holoëdrischen Klassen durch ein bestimmtes Verfahren ableiten. Diesem zufolge werden Krystallräume, welche in den holoëdrischen Krystallen gleich erscheinen, bloß abwechselnd gleich gesetzt und demnach Formen erhalten, die man als hemiëdrische Formen bezeichnet. Das Verhältnis dieser Formen zu den holoëdrischen wird Hemiëdrie genannt. Als Beispiel mag eine Ableitung aus der Symmetrie der holoëdrisch-tesserale Klasse dienen. Fig. 53 stellt eine Form

aus dieser Klasse, und zwar das Oktaëder dar, wie es an dem Magnetit beobachtet wird. Durch die Kanten dieser Form können drei Hauptschnitte erster Art gelegt werden, welche in Fig. 54 durch Scheiben dargestellt sind und acht gleiche Krystallräume bilden. In dem Oktaëder des Magnetits sind alle Flächen gleich, also alle jene acht Krystallräume unter einander gleich. In dem Oktaëder der Blende, Fig. 55, erscheinen hingegen jene acht Räume bloß abwechselnd gleich,

Fig. 53.

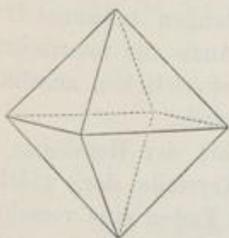


Fig. 54.

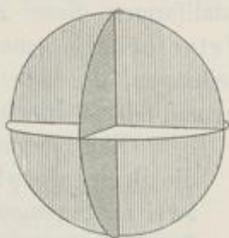
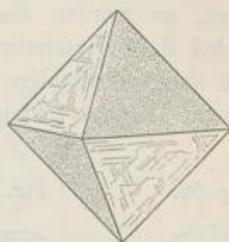


Fig. 55.



wie aus der Beschaffenheit der Flächen ersichtlich, indem vier derselben glänzend, die anderen vier hingegen matt sind. Die Krystalle der Blende gehören demnach zu einer hemiëdrisch-tesseralen Klasse. Wenn ausser ungleicher Beschaffenheit auch ungleiche Grösse der abwechselnden Flächen eintritt, so hat man den Fall in Fig. 57, in welchem die vorher als matt bezeichneten Flächen grösser sind als die anderen. In Fig. 56 sind die matten Flächen allein vorhanden und bilden eine vierflächige hemiëdrische Form, das Tetraëder. — Geht man aber nochmals auf die Fig. 55 zurück und denkt sich die glatt angegebenen Flächen vergrössert, während die matten fehlen, so entsteht die Form in Fig. 58, welche gleichfalls ein Tetraëder ist. Durch Hemiëdrie können demnach aus einer holoëdrischen Form zwei hemiëdrische abgeleitet werden, welche sich der Form nach wie der Gegenstand zum Spiegelbilde verhalten und welche man correlate Formen nennt.

Fig. 56.

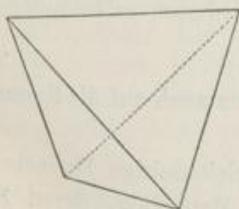


Fig. 57.

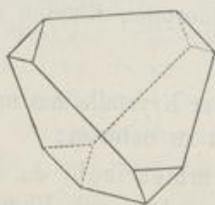
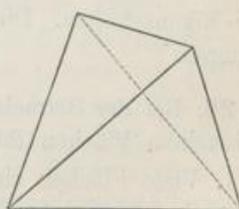


Fig. 58.



Bei der Classification der Krystallgestalten werden die holoëdrischen und die daraus abgeleiteten hemiëdrischen Formen in dieselbe Formenreihe gebracht. An die holoëdrisch-tesseralen Gestalten, von welchen das Oktaëder ein Beispiel ist, werden die hemiëdrischen, wie das Tetraëder, angereiht. Da jedoch ein Krystall nicht zugleich holoëdrisch und auch hemiëdrisch sein kann, so bilden die hemiëdrischen Krystalle selbständige Klassen.

25. Tetartoëdrie, Hemimorphie. Nicht selten werden auch solche Krystallformen beobachtet, welche sich aus holoëdrischen Formen durch Annahme einer wiederholten Hemiëdrie ableiten lassen. In diesem Falle sind von jenen Krystallräumen, welche in den holoëdrischen Krystallen unter einander gleich erscheinen, blos der erste, fünfte, neunte . . . unter einander gleich, so dass also von allen Krystallräumen des holoëdrischen Krystalls blos der vierte Theil Gleichheit darbietet. Weil nach dieser Regel Formen gebildet werden können, welche blos den vierten Theil jener Flächen aufweisen, die an holoëdrischen Krystallen zugleich auftreten, so werden die Krystallformen dieser Abtheilungen tetartoëdrische und wird diese Erscheinung Tetartoëdrie genannt. Auch die tetartoëdrischen Klassen sind selbständige Abtheilungen, die sich den holoëdrischen anschliessen. Quarz und Dolomit bilden hexagonal-tetartoëdrische Krystalle.

Fig. 59.

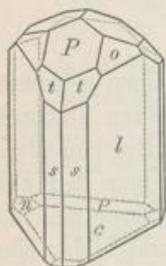
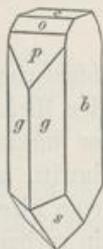


Fig. 60.



Eine besondere Art der Hemiëdrie bieten die hemimorphen Krystalle dar, welche an zwei entgegengesetzten Enden eine verschiedene Beschaffenheit der Flächen und häufig auch eine verschiedene Flächenausbildung zeigen. Beispiele sind der Turmalinkrystall in Fig. 59 und der Krystall des Kieselzinks in Fig. 60.

Alle symmetrischen Formen, die so gestaltet sind, dass eine der Axen von den übrigen verschieden ist, gestatten eine Ableitung nach dem Principe der Hemimorphie, indem angenommen wird, dass jene Axe in der einen und in der entgegengesetzten Richtung sich ungleich verhalte. Solche symmetrische Formen sind die holoëdrisch-rhombischen, die holoëdrisch- und hemiëdrisch-tetragonalen, die holoëdrisch- und hemiëdrisch-hexagonalen. Bei verticaler Aufstellung jener Axe sind die oberen und die unteren Flächen verschieden und die hemimorphen Gestalten zeigen blos die Hälfte der Flächen jener Gestalten, aus denen sie abgeleitet sind. Die Axe der Hemimorphie ist an beiden Enden verschieden, ist polar. Hemimorphe Krystalle zeigen dementsprechend bei elektrischer Erregung polare Eigenschaften. Die hemimorphen Klassen sind wiederum selbständige Abtheilungen.

26. Bei der Betrachtung der Krystalle hat man öfters auch auf die Symmetrie der einzelnen Flächen Rücksicht zu nehmen:

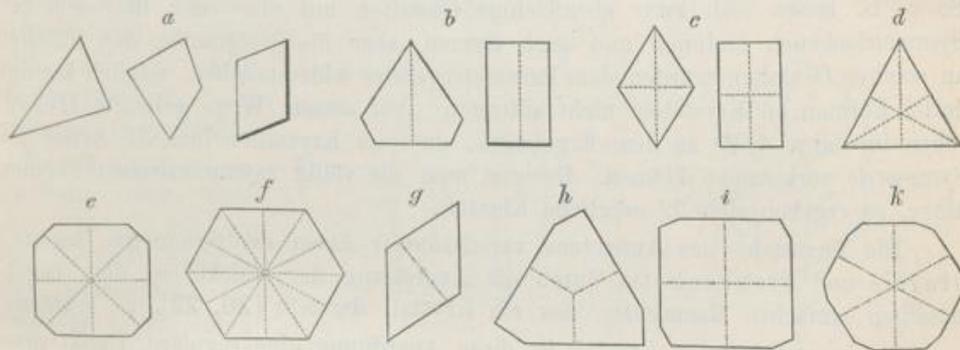
1. Viele Flächen sind asymmetrisch, da sie ungleichseitige Dreiecke, unregelmässige Vier- oder Vielecke oder auch Rhomboide darstellen, deren Seiten ungleichartig sind, weil sie ungleichen Kanten angehören. Siehe nebenstehende Figuren unter *a*. Triklone Krystalle zeigen durchwegs derlei Flächen.

2. An anderen Flächen ist eine Symmetrie zu beiden Seiten einer Linie zu bemerken, zu welchen die Begrenzungen der Flächen beiderseits spiegelbildlich gleiche Lage haben. Flächen, die von einer einzigen Symmetrieebene senkrecht getroffen werden, zeigen diesen ersten Grad der Symmetrie, sind monosymmetrisch, wie die beistehenden Figuren unter *b*. An monoklinen Krystallen sind

die gegen die Symmetrieebene senkrechten Flächen monosymmetrisch wie in Fig. 40 die Fläche $efc'f'$ und $ghg'h'$. Andere Flächen solcher Krystalle sind asymmetrisch.

3. Manche Flächen sind disymmetrisch, weil sie die Theilung durch zwei Symmetrielinien zulassen wie die beistehenden Figuren unter *c*. An rhombischen Krystallen sind die Flächen, welche von zwei Symmetrieebenen senkrecht getroffen werden, disymmetrische wie in Fig. 41 die oberste Fläche. Auch an anderen Krystallen werden solche Flächen häufig gefunden, wie an dem tetragonalen Krystall in Fig. 44 die vordere Fläche.

Fig. 61.



4. Trisymmetrische Flächen wie in Fig. *d* gestatten die Theilung durch drei Symmetrielinien. Eine Fläche, die von drei Symmetrieebenen senkrecht getroffen wird, ist trisymmetrisch wie die Oktaëderflächen in Fig. 47 und 53.

5. Tetrasymmetrische Flächen wie in Fig. *e* finden sich an tetragonalen Krystallen, wofür die mittlere Fläche in der Fig. 45, und an tesserale Krystallen, wofür die vordere Fläche in Fig. 47 Beispiele sind.

6. Hexasymmetrische Flächen wie Fig. *f* sind an holoëdrisch-hexagonalen Krystallen zu finden, wie die mittlere Fläche in Fig. 51 zeigt.

7. Andere Arten der Flächensymmetrie lassen sich so angeben, dass von dem Mittelpunkte der Fläche Strahlen senkrecht gegen die gleichartigen Seiten gerichtet werden. Flächen, welche bei diesem Verfahren je zwei um 180° divergirende Strahlen liefern, mögen als dimetrische bezeichnet werden. Ein Rhomboid, dessen parallele Seiten gleichen Kanten angehören, ist von dieser Art. Siehe Fig. *g*.

8. Flächen, welche je drei um 120° divergirende Strahlen ergeben, sind trimetrisch wie Fig. *h*. Sie kommen an hemiëdrisch-hexagonalen und hemiëdrisch-tesserale Krystallen vor.

9. Flächen, welche je vier um 90° divergirende Strahlen ergeben, wie Fig. *i*, sind tetrametrisch. Derlei Flächen werden an hemiëdrisch-tetragonalen und an hemiëdrisch-tesserale Krystallen gefunden.

10. Zuweilen werden Flächen gefunden, welche je sechs um 30° divergirende Strahlen liefern: hexametrische Flächen wie Fig. *k*. Eine hemiëdrisch-hexagonale Klasse bietet solche Flächen dar.

27. Erklärung. Die holoëdrischen und die von diesen abgeleiteten Klassen stellen eine Anzahl verschiedener Arten der Symmetrie dar. Anfänglich waren bloß wenige Klassen bekannt, im Laufe der Forschung nahm deren Zahl beständig zu. So z. B. waren längere Zeit von den hexagonalen Klassen bloß eine holoëdrische und eine hemiëdrische an den krystallisirten Mineralen beobachtet, allmählig aber wurden ausserdem noch eine hemiëdrische, zwei tetartoëdrische, zwei hemimorphe Klassen erkannt. Die Frage, ob die Zahl der bekannten und der noch künftig aufzufindenden, also die Gesamtzahl aller möglichen Klassen eine bestimmte sei, wurde durch geometrische Betrachtungen beantwortet.

Da die Krystalle nur solche Gestalten zeigen, welche dem Parametergesetze gehorchen [18], so können an diesen bloß gewisse Arten der Symmetrie vorkommen. So z. B. lassen sich zwar ebenflächige Gestalten mit vier oder fünf gleichen Symmetrieebenen ersinnen und auch formen, aber die Neigungen der Flächen an solchen Gestalten würden dem Parametergesetze widersprechen, folglich können derlei Formen an Krystallen nicht auftreten. Auf diesem Wege gelangte Hessel schon im Jahre 1829 zu dem Ergebnisse, dass an Krystallen bloß 31 Arten der Symmetrie vorkommen können. Rechnet man die völlig asymmetrischen Formen hinzu, so ergeben sich 32 mögliche Klassen.

Die Thatsache des Auftretens verschiedener Arten der Symmetrie suchten Bravais und Frankenheim durch die Anordnung der Molekel in dem regelmässigen einfachen Raumbgitter, das ein Krystall darstellt [20, 22], zu erklären.

In einem tesseralen Krystall ist diese Anordnung eine reguläre. Denkt man sich im Innern eines solchen Krystalls um irgend eine Molekel eine Kugelfläche, welche eine andere Molekel schneidet, so trifft diese Fläche zugleich eine ganze Anzahl von Molekeln, die auf der gedachten Kugelfläche gleichförmig vertheilt erscheinen. In einem tetragonalen oder hexagonalen Krystall ist nur die Anordnung parallel der Hauptebene eine reguläre. Legt man innerhalb dieser Ebene um irgend eine Molekel einen Kreis, der eine andere Molekel schneidet, so trifft dieser Kreis zugleich mehrere Molekel und alle in gleichen Zwischenräumen. Wie die Flächen dieser Krystalle, so sind auch die Molekel um die Hauptaxe im Wirtel angeordnet.

In den rhombischen, monoklinen, triklinen Krystallen zeigt sich in keiner Ebene eine reguläre Anordnung.

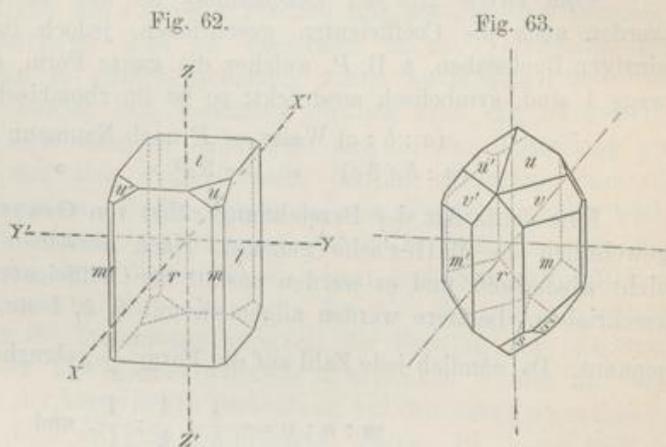
Diese Art der Erklärung geht aber davon aus, dass die Ursache, welche bewirkt, dass die Molekel gegen einander jene Stellungen einnehmen, welche diese oder jene Art der Symmetrie hervorbringen, in den Molekeln selbst liege, und sie vermag über die Hemiëdrien keine Rechenschaft zu geben.

Sonnecke denkt sich jedoch eine complicirtere Anordnung der Art, dass anstatt der einzelnen Molekel jenes einfachen Raumbgitters eine regelmässig gestaltete Gruppe von Molekeln eingesetzt wird und gelangt zu solchen Molekular-structuren, welche alle 32 Arten der Symmetrie angeben. Demnach wird der einzelnen Molekel noch keine Symmetrie, sondern bloß die Tendenz zur Anordnung unter gewissen Winkeln zugeschrieben.

Lit. Hessel in Gehler's Physikalischem Wörterbuch, Artikel Krystall Bd. V. (1830.) Gadolin, *Acta soc. fennicae*. Bd. 9. (1871.) Das Werk von Schönfliess.

(S. vorn.) Minnigerode, N. Jahrb. f. Min. Beilageband V. Fedorow, Zeitschr. f. Kryst. Bd. 20, p. 25. Sohneke, ebenda, p. 445; ferner die pag. 32, 33 angeführten Schriften.

28. Bezeichnungsweise. Die beiden früher genannten Gesetze, nämlich das Gesetz der Symmetrie und das Parametergesetz, erlauben jeden Krystall mittels kurzer Ausdrücke zu beschreiben. Zu diesem Zwecke wird vor allem angegeben, welche Art der Symmetrie an dem Krystalle ausgesprochen ist, es wird die Krystallklasse genannt. Zweitens wird in dem Falle, als nicht schon die Symmetrie darüber Aufschluss gibt, angeführt, welche Winkel die Axen bilden. Drittens wird in dem Falle, als es nicht selbstverständlich ist, das Parameterverhältnis $a : b : c$ angeschrieben. Nunmehr lässt sich jede Fläche, die an dem Krystall auftritt, kurz bezeichnen, indem die Coëfficienten m, n, p namhaft gemacht werden.



Ein Beispiel ist der Augitkrystall, Fig. 62, welcher schon früher betrachtet wurde. Derselbe ist monoklin. Die Axen XX' und ZZ' , welche in der Symmetrieebene liegen, bilden vorn den Winkel von $105^\circ 50'$ und aus der Symmetrie folgt, dass die Axe YY' mit den beiden vorigen Winkel von 90° einschliesst. Die Fläche u gibt das Parameterverhältnis

$$a : b : c = 1.0902 : 1 : 0.5893.$$

Nunmehr können die einzelnen Flächen des Krystalls bezeichnet werden, indem ihre Coëfficienten angegeben und dabei die Buchstaben, welche das Axenverhältnis andeuten, wiederholt werden, also:

$$\begin{aligned} u &= a : b : c & u' &= a : -b : c & t &= \infty a : \infty b : c \\ m &= a : b : \infty c & m' &= a : -b : \infty c & l &= \infty a : b : \infty c \\ & & r &= a : \infty b : \infty c. \end{aligned}$$

An dem zweiten Augitkrystall, Fig. 63, hat man ausser diesen Flächen noch:

$$v = a : b : 2c, \quad v' = a : -b : 2c, \quad s = a : b : -c, \quad \zeta = 6a : 3b : -8c.$$

Will man nicht jede einzelne Fläche für sich, sondern alle gleichen Flächen mit einem Male bezeichnen, so setzt man das Zeichen der einzelnen Fläche in die Klammer. Also bedeutet $(a : b : c)$ die Flächen u, u' , und noch die beiden rückwärts liegenden u -Flächen.

$(\infty a : \infty b : c)$ bedeutet die Fläche t sammt der dazu parallelen Fläche auf der Unterseite u. s. f. Statt des Minuszeichens schreibt man rechts neben den Parameter einen Strich, z. B.:

$$a : -b : 2c = a : b' : 2c \text{ oder } a : b : -\frac{1}{3}c = a : b : \frac{1}{3}c'.$$

Diese Art der Bezeichnung, welche die Flächen durch Symbole angibt, in denen die Buchstaben vorkommen, welche das Axenverhältnis andeuten und ausserdem die Coëfficienten, rührt von Weiss her. Im Folgenden werden Symbole dieser Art als Parametersymbole oft angeführt.

Eine zweite Art der Bezeichnung ist die von Naumann. Nach dieser werden auch die Coëfficienten geschrieben, jedoch in Verbindung mit einem einzigen Buchstaben, z. B. P , welcher die ganze Form, deren Coëfficienten durchwegs 1 sind, symbolisch ausdrückt; so ist im rhombischen System beispielsweise:

$$\begin{aligned} (a : b : c) \text{ Weiss} &= P \text{ nach Naumann} \\ (a : b : 3c) &> = 3P > > \text{ u. s. w.} \end{aligned}$$

Eine dritte Art der Bezeichnung rührt von Grassmann her, sie wird aber gewöhnlich die Miller'sche genannt. Nach derselben wird das Axenverhältnis nicht wiederholt, und es werden anstatt der Coëfficienten deren reciproke Werthe geschrieben. Letztere werden allgemein mit h, k, l etc. bezeichnet und Indices genannt. Da nämlich jede Zahl auf die Form $\frac{1}{x}$ gebracht werden kann, so ist auch

$$\begin{aligned} m : n : p &= \frac{1}{h} : \frac{1}{k} : \frac{1}{l}, \text{ und} \\ h : k : l &= \frac{1}{m} : \frac{1}{n} : \frac{1}{p}. \end{aligned}$$

Um die Indices zu erhalten, wird man entweder die Coëfficienten auf die Form $\frac{1}{x}$ bringen und die so erhaltenen drei Nenner als Indices anschreiben, oder man wird statt der Coëfficienten deren reciproke Werthe nehmen und das entstehende Verhältnis auf ganze Zahlen bringen, welche die Indices darstellen. Das Parameterzeichen $2a : 2b : 3c$ wird also entweder durch Division mit 6 auf die Form $\frac{1}{3}a : \frac{1}{3}b : \frac{1}{2}c$ gebracht, woraus die Indices 332 erhalten werden, oder es werden statt der Coëfficienten 2, 2, 3 deren reciproke Werthe $\frac{1}{2} : \frac{1}{2} : \frac{1}{3}$ genommen, welche nach der Multiplication mit 6 die Indices 332 liefern. Aus $a : b : c$ erhält man die Indices 111, aus $a : b : \infty c$ aber nach der zweiten Methode das Verhältnis $\frac{1}{1} : \frac{1}{1} : \frac{1}{\infty}$, wonach die Indices 110 sind. Aus $a : b : -c$ ergeben sich, dem früher Gesagten entsprechend, die Indices $11\bar{1}$, indem das Minuszeichen über den bezüglichen Index gesetzt wird. Sollen nicht die einzelnen Flächen bezeichnet, sondern alle gleichen Flächen, d. i. soll die vollständige einfache Form durch ein einziges Symbol dargestellt werden, so setzt man die Indices in die Parenthese, also ist $(a : b : c) = (111)$. Flächen, deren Indices bloß aus den Zeichen 1 und 0 bestehen, werden weiterhin als primäre Flächen bezeichnet.

Alle drei Bezeichnungsarten sind in deutschen Werken gebräuchlich. Die Weiss'sche weniger als die Naumann'sche. Letztere hat manche Bequemlichkeit für sich, gestattet jedoch nicht die Angabe einer einzelnen von den gleichen

Flächen, und complicirt sich durch verschiedene Anhängsel, deren später gedacht wird. Die Miller'sche ist für den Anfänger weniger bequem als die vorigen, aber sie gibt für die Rechnung den unmittelbaren Behelf, da man in diesem Fall nicht die Coëfficienten, sondern die Indices anwendet, ferner ist sie durch Kürze und Einfachheit den anderen überlegen und ist für die Schilderung des Zusammenhanges zwischen der Form und den physikalischen Eigenschaften besonders geeignet.

29. Projection. Die Eigenschaften der Krystallformen lassen sich am besten an Modellen studiren, welche die Lage der Flächen mit hinlänglicher Genauigkeit wiederholen. Der Anfänger wird am raschesten in das Verständnis der Gestalten eindringen, wenn er seine Anschauung zuerst an Modellen übt. Gut geschnittene Holzmodelle werden ihm besonders dienlich sein. Es ist aber für den Beginn der Studien auch sehr zu empfehlen, sich in der Herstellung von Krystallformen zu üben und sich dadurch nicht beirren zu lassen, dass die Gestalten anfänglich missrathen. Durch Eingiessen von Gypsteig in eine leicht herstellbare Form werden beiläufig würfelförmige Stücke bereitet und nach dem Erhärten werden daraus mit einem flachen Messer zuerst einfachere, dann flächenreichere Krystallgestalten geschnitten. Auf solche Art wird der eifrige Anfänger sich mit Leichtigkeit über die Zusammengehörigkeit der Formen, über die Symmetrie und Hemiëdrie, über die Zonenverhältnisse u. s. w. klar werden und bald dazu vorbereitet sein, von der körperlichen Darstellung zur Zeichnung überzugehen.

Der Geübtere wird sich an gute Zeichnungen halten. In diesen sind die Krystalle möglichst ebenmässig, ohne alle Verzerrungen dargestellt, und es wird von allen die Form ändernden nebensächlichen Vorkommnissen abgesehen. Häufig ist die Form ausserdem so gezeichnet, dass auch die Kanten der Rückseite ausgezogen sind. Es ist also eigentlich ein Netz gezeichnet, welches von den Kanten gebildet wird.

Die Krystallbilder, welche in wissenschaftlichen Werken vorkommen, sind aber nicht so dargestellt, wie die Krystalle wirklich gesehen werden. Sie sind nicht nach den Regeln der gewöhnlichen Perspective entworfen, denn sonst müssten parallele Linien, z. B. die Kanten eines Würfels, welche auf den Beobachter zulaufen, nach der vom Beobachter abgewendeten Richtung convergiren. Auf solche Weise würde der Parallelismus der Kanten, welcher namentlich für die Beurtheilung der Zonenverhältnisse wichtig ist, aufgehoben. Deshalb sind die Krystallbilder nach der Methode der Parallelperspective entworfen. Dieser entsprechend denkt man sich den Krystall vor eine Ebene gestellt, und denkt sich von jedem Eckpunkte des Krystalls auf die letztere senkrechte Linien gefällt. Werden die Fusspunkte derselben durch Linien, welche den Kanten des Krystalls entsprechen, verbunden, so entsteht eine parallel-perspectivische Projection, oder wie man es auch nennt, ein Bild, welches den Krystall aus unendlicher Entfernung gesehen darstellt. Unsere Krystallfiguren sind also parallel-perspectivische Projectionen.

Diese Art der Projection reicht aber nicht aus, um eine vollständige Uebersicht der Zonen eines Krystalls zu liefern oder die Winkelverhältnisse klar zu

machen. Zu solchen Zwecken dienen die schematischen Projectionen, deren gegenwärtig zwei in Uebung sind.

Nach der einen werden die Flächen als Linien projectirt. Man denkt sich den Krystall so gestellt, dass eine seiner vorhandenen oder möglichen Flächen, welche man im voraus dazu erwählt hat, der Projectionsebene, d. i. der Papierfläche parallel wird. Hierauf denkt man sich alle Flächen des Krystalls parallel verschoben, bis sie sämmtlich durch einen, ausserhalb der Projectionsebene liegenden Punkt gehen. Jedes Flächenpaar wird dadurch zu einer einzigen Fläche, und diese Flächen schneiden sodann die Papierfläche in Linien, die ausgezogen werden. Die Fläche, welche der Projectionsebene parallel gestellt wurde, erscheint gar nicht in dieser Zeichnung.

Denkt man sich einen Würfel auf eine Ebene projectirt, welche einem seiner Flächenpaare parallel ist, so besteht die Projection aus zwei gegeneinander senkrechten Linien, die Oktaëderflächen o liefern vier ein Quadrat umschliessende Linien. Vergl. Fig. 64 und 64a. Wird der Barytkrystall, dessen Bild in Fig. 65 gegeben ist, in dieser Weise auf eine Ebene parallel zu k projectirt, so wird das Flächenpaar P eine horizontale Linie geben, während die Flächen d zwei Linien liefern, die sich im Mittelpunkte der Zeichnung kreuzen. Fig. 65a. Die Pyramiden-

Fig. 64.

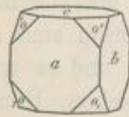


Fig. 64a.

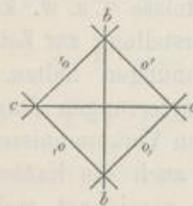


Fig. 65a.

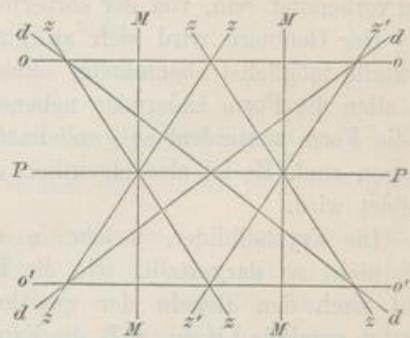
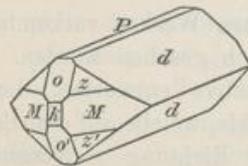


Fig. 65.



flächen z geben vier Linien, die vier Durchschnitte liefern. Weil die Fläche M in der Zone zz' liegt, so geht ihre Projectionslinie durch einen jener Durchschnitte. Das Entsprechende ereignet sich bei den Linien für o und o' . Man findet bald die Regel heraus, dass bei dieser Art der Projection die Zonen als Durchschnitte von zwei oder mehreren Linien erscheinen.

Nach der zweiten Methode, welche eine sphärische Projection ist, werden die Flächen des Krystalls als Punkte projectirt. Der Krystall wird in der Mitte einer Kugel gedacht, so dass das Centrum der Kugel innerhalb des Krystalls liegt. Werden hierauf aus dem Centrum gegen die Krystallflächen senkrechte Linien gezogen und diese verlängert, so treffen sie die Kugeloberfläche in Punkten, deren jede die Lage einer Fläche angibt. Die Fig. 66 gibt das Bild einer Projections-Sphäre, inner-

halb welcher ein Oktaëder gedacht ist. Die Bögen zwischen den Projections-
punkten entsprechen den Normalenwinkeln der Flächen [13].

In der Projectionsfigur wird der Krystall selbst nicht gezeichnet, sondern
es werden bloß die Punkte angegeben, welche nach jener Operation auf der Kugel-
fläche erscheinen würden. Ist eine Zone vorhanden, wie in Fig. 67, so wird sie

Fig. 66.

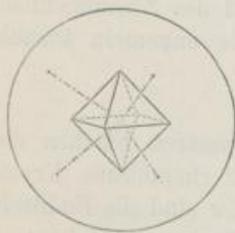


Fig. 67.

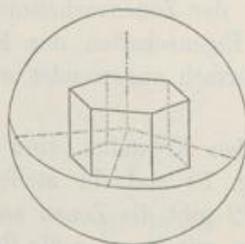
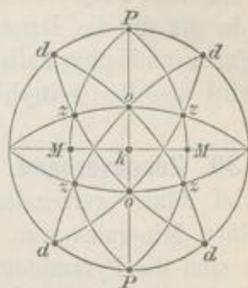


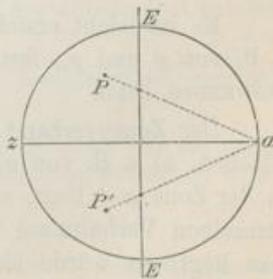
Fig. 68.



deutlich gemacht, indem die bezüglichen Projectionspunkte durch eine Linie ver-
bunden werden, die öfters gekrümmt sein wird. Beim Ausziehen solcher Zonen-
linien hat man sich an Folgendes zu erinnern: Die Senkrechten, welche vom
Centrum auf die Flächen einer Zone gefällt werden, liegen alle in einer Ebene,
die durch das Centrum geht. Eine solche Ebene schneidet aber die Kugel in
einem grössten Kreise, folglich ist jede Zonenlinie ein grösster Kreis auf der
Kugel der Projection. Für die Anfertigung der Zeichnungen ist es wichtig zu
wissen, dass nach der üblichen Methode die gekrümmten Zonenlinien als Kreis-
stücke erscheinen, folglich mit dem Zirkel dargestellt werden.¹⁾

¹⁾ Dies rührt daher, weil die Projection nicht etwa das Bild der Kugel aus einer grösseren
Entfernung gesehen darstellt, sondern weil sie gleichsam die Innenseite der Kugel ist, welche
sich einem in der Kugeloberfläche befindlichen Auge darbietet. Die Construction ist nämlich folgende:
Auf der Kugeloberfläche, welche die Flächenpunkte trägt, wird ein Punkt z ausgewählt, welcher den
Mittelpunkt der Zeichnung angeben soll. Eine Linie, welche von z
durch das Kugelenentrum gezogen wird, trifft die andere Seite der
Kugel in a , welches der Augenpunkt der Projection ist. Fig. 69.
Denkt man sich nun von a aus Strahlen zu den Flächenpunkten P
auf der Kugel gezogen, so wird eine Ebene EE , welche im Kugel-
centrum auf az senkrecht steht, von diesen Strahlen in ebenso
vielen Punkten durchschnitten werden. Das auf der Ebene EE ent-
stehende Bild ist nun unsere Projection, die man gewöhnlich in den
Kreis einschliesst, welcher sich aus dem Durchschnitte der Kugel
mit jener Ebene EE ergibt und Grundkreis heisst.

Fig. 69.



Den Beweis, dass bei dieser Projection die Zonenlinie als
Kreisstücke erscheinen, findet man in Grailich-Miller, Krystallo-
graphie, pag. 188; Lang, Krystallographie, pag. 291.

Ogleich für die genaue Ausführung der Zeichnung die angeführte Construction in Betracht
kommt, so kann doch der Anfänger davon absehen und so verfahren, als ob die Kugel von aussen
gesehen zu zeichnen wäre, wobei die Darstellung der Zonenlinien als Kreisstücke wie eine Er-
leichterung der Arbeit hingenommen wird.

Ein Beispiel von dieser Art sphärischer Projectionen ist in Fig. 68, welche ebenfalls die Flächen des Krystalls in Fig. 65 zum Gegenstande hat. Diese Form denkt man sich so gewendet, dass die Flächen P, d, d zu Linien verkürzt erscheinen und k in der Mitte des Bildes zu liegen kommt. Jetzt werden die Punkte für P und d in den Rand des Bildes, also in den Grundkreis fallen, die Zonen Pok und MkM werden sich als Gerade, die anderen Zonen aber als Kreisstücke projiciren. Die Symmetrie der Form tritt klar hervor.

Da diese Projectionsmethode für das Studium sehr bequem und übersichtlich, und da sie für die Darstellung der Zonenverhältnisse und des Zusammenhanges der Form und physikalischen Eigenschaften der Krystalle ungemein brauchbar ist, wird dieselbe weiterhin mehrfach angewendet werden.

30. Zonenverband. An den Krystallen sind die primären Flächen durch dreierlei Zonen verbunden. Fig. 70 und 71 stellen zwei rhombische Krystalle desselben Minerals vor. Fig. 72 gibt die Zonen an. a, b, c sind die Endflächen, mit o sind die Pyramidenflächen, mit m, p, r die Prismenflächen bezeichnet. Die Zonen laufen entweder durch die Endflächen und Prismenflächen, nämlich bc, ac, ab , oder sie gehen durch alle drei Flächenarten, nämlich ao', bo', co' , ferner ao, bo, co oder sie verbinden bloß Prismenflächen, nämlich $pm, p'm$, sowie p, m, p', m . Da jede der primären Flächen gleichzeitig in mehreren Zonen liegt, so kann man von einigen Flächen ausgehend, die Lage der übrigen durch Zonen bestimmen. Geht man von den drei Endflächen $a = a : \infty b : \infty c = 100$, $b = \infty a : b : \infty c = 010$, $c = \infty a : \infty b : c = 001$, ferner von der Einheitsfläche $o' = a : b : c = 111$ aus, so ist erstlich die Lage der Fläche m dadurch bestimmt, dass sie in der Zone ab liegt, folglich der aufrechten Axe parallel ist, zweitens dadurch, dass sie in der Zone $o'c$ liegt, folglich die beiden horizontalen Axen in demselben Verhältnis schneidet, wie die Fläche o' . Demnach hat man $m = a : b : \infty c = 110$. Entsprechend bestimmt sich aus

den Zonen ac und bo' die Lage von $p = a : \infty b : c = 101$
» » bc » ao' » » » $r = \infty a : b : c = 011$
» » ab » pr » » » $'m = a : b' : \infty c = 1\bar{1}0$
» » $o'b$ » $e'm$ » » » $'o = a : b' : c = 1\bar{1}1$ u. s. w.

Es ist leicht ersichtlich, dass man auch von den Flächen zweier Prismen, z. B. von p und p' , ferner m und $'m$ ausgehend, die Lage aller übrigen Flächen bestimmen kann.

Der Zonenverband ergibt aber auch die Position von anderen beobachteten Flächen, so z. B. von v aus den Zonen ao' und pm , Fig. 73. Da die Fläche v in der Zone ao' liegt, so schneidet sie die aufrechte und die querliegende Axe in demselben Verhältnisse wie die Fläche o' . Da ferner die Fläche v in der Zone pm liegt, so würde sie an der Combination der Flächen p und m in Fig. 74 die Kante $p : m$ berühren und demgemäss, während sie an der ersten Axe den Parameter a liefert, die beiden anderen Axen in doppelt so grosser Entfernung treffen wie die Flächen p und m , woraus $v = a : 2b : 2c = 211$ und entsprechend $v, = a : 2b : 2c' = 21\bar{1}$.

Würde ferner eine Fläche w beobachtet, welche in den Zonen vc und ab liegt, Fig. 75, so erhielte man $w = a : 2b : \infty c = 210$, ferner für eine Fläche z , welche in den Zonen wo' und pm liegt, $z = 2a : 3b : 6c = 321$ u. s. w.

Fig. 70.

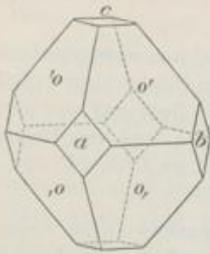


Fig. 71.

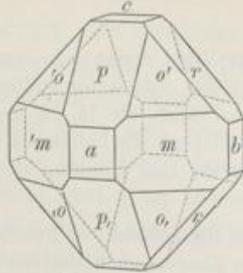


Fig. 72.

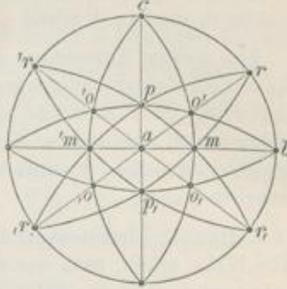


Fig. 73.

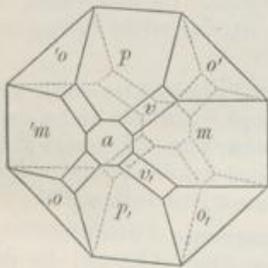


Fig. 74.

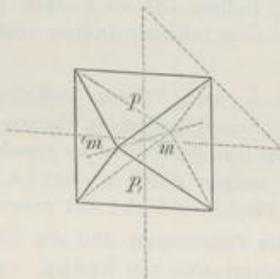
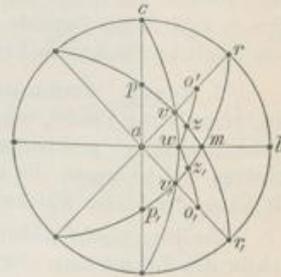


Fig. 75.



Man kann also von vier primären Flächen ausgehend zu immer neuen Flächen gelangen, welche mit jenen durch Zonen verbunden sind, und wird für jede der neuen Flächen ein Verhältnis der Parameter finden, welches aus dem Parameterverhältnis der primären Flächen durch ganze Zahlen abgeleitet ist. Da nun alle Flächen desselben Krystalls im Zonenverbande liegen [14], so können auch die Parameterverhältnisse aller an demselben Krystall möglichen Flächen aus demselben Grundverhältnisse abgeleitet werden. Der allgemeine Zonenverband und die Rationalität der Parameterverhältnisse sind also nur zwei verschiedene Ausdrücke desselben Gesetzes.

Die Bestimmung der Lage der Flächen durch den Zonenverband geschieht am kürzesten durch Rechnung mittels der Indices.

Sind die Indices zweier Flächen bekannt, z. B. 111 und 123, so erhält man das Zeichen der Zone, in welcher sie liegen, auf eine einfache Weise, indem man jene Indices mit Wiederholung der beiden ersten untereinander schreibt: $\frac{1}{1} \frac{1}{2} \times \frac{1}{3} \times \frac{1}{1} \times \frac{1}{1} \times \frac{1}{2}$.

Hierauf beginnt man beim zweiten oberen Index und multiplicirt mit dem dritten unteren. Dann bildet man ebenso aus dem dritten oberen und dem zweiten unteren ein Product oder, wie man sich kurz ausdrückt, man multiplicirt kreuzweise. Hierauf wird die Differenz beider Producte gewonnen, welche den ersten Index des Zonenzeichens liefert. Dieses Verfahren fortgesetzt, ergibt auch die beiden anderen Indices. Im obigen Beispiele hat man $1.3 - 1.2 = 1$, $1.1 - 1.3 = -2$ und $1.2 - 1.1 = 1$, wonach das Zonenzeichen [121]. Aus dem Zeichen der beiden

Flächen 201 und 110 würde man das Zonenzeichen $[\bar{1}12]$ erhalten. Die Zonenzeichen erlauben nun die Anwendung der folgenden Regeln:

1. Regel. Eine Fläche hkl , welche in der Zone $[uvw]$ liegt, erfüllt die Bedingung $hu + kv + lw = 0$. Um also zu erkennen, ob die Fläche 432 in der Zone $[\bar{1}21]$ liege, bildet man die Summe der drei Producte, nämlich $4 \cdot 1 - 3 \cdot 2 + 2 \cdot 1$, welche 0 gibt, also die Frage bejaht, während die Frage verneint wird, wenn man prüft, ob die Fläche 112 in jener Zone liege, da man nicht 0, sondern 1 erhält.

Eine andere Anwendung derselben Regel ergibt sich dann, sobald von einer Fläche sicher ist, dass sie in einer bestimmten Zone liege, jedoch die Indices dieser Fläche nicht vollständig bekannt sind. So z. B. würde man eine Fläche, die in der Zone $[\bar{1}21]$ liegt und von der man ausserdem weiss, dass sie der X -Axe parallel sei, die Indices $0kl$ schreiben, und jener Bedingung zufolge $0 - 2k + l = 0$ entwickeln, woraus man $l = 2k$, also die Indices $0, k, 2k$ oder kurz 012 erhalten würde.

2. Regel. Diese besagt, dass man die Indices des Durchschnittspunktes zweier Zonen auf dieselbe Weise erhält, nach der man das Zonenzeichen aus den Flächenindices entwickelt. Wenn man also weiss, dass eine Fläche sowohl in der Zone $[\bar{1}21]$ als auch in der Zone $[\bar{1}12]$ liegt, so erhält man nach dem obigen Verfahren der kreuzweise ausgeführten Multiplication und Subtraction der Producte aus diesen beiden die Indices 531 als Zeichen jener Fläche. Da man sonach für eine in zwei Zonen liegende Fläche stets rationale Indices erhält, so ist eine solche Fläche stets eine mögliche Fläche des Krystalls.

3. Regel. Werden die Indices zweier Flächen bezüglich jeder Axe addirt, so erhält man die Indices einer Fläche, welche die Kante der beiden vorigen abstumpft. Sind die beiden erstgenannten Flächen gleichartig, so hat man die Indices der geraden Abstumpfung, d. i. jener Fläche erhalten, welche gegen die beiden vorigen gleich geneigt ist. Demnach hat die Fläche, welche die Kante der beiden gleichartigen Flächen 211 und $\bar{1}21$ gerade abstumpft, die Indices 332.

Die theoretische Ableitung der Zonenregeln und des hier angegebenen Verfahrens findet sich in den Lehrbüchern der Krystallographie von Karsten, von Lang, Groth, Liebisch; die Berechnung der Indices aus den Krystallwinkeln in C. Klein's Einleitg. i. d. Krystallberechnung.

31. Krystallsysteme. Jede der früher genannten Klassen holoëdrischer Krystallformen sammt den etwa daraus ableitbaren hemiëdrischen (tetartoëdrischen, hemimorphen) Klassen bilden ein Krystallsystem, und es gibt demnach sechs Krystallsysteme, die nach dem inneren Baue der Krystalle, welcher aus der Form und den physikalischen Eigenschaften erschlossen wird, in drei Hauptabtheilungen gebracht werden:

A. Krystalle von einfacherem Baue:

- I. Triklines Krystallsystem. Holoëdrische Klasse.
- II. Monoklines Krystallsystem. Holoëdrische Klasse.
- III. Rhombisches Krystallsystem. Holoëdrische, hemiëdrische und hemimorphe Klasse.

B. Krystalle von wirteligem Baue:

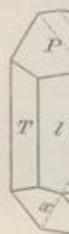
- IV. Tetragonales Krystallsystem. Holoëdrische Klasse, zwei hemiëdrische Klassen, eine tetartoëdrische Klasse.
- V. Hexagonales Krystallsystem. Holoëdrische Klasse, zwei hemiëdrische, zwei tetartoëdrische und zwei hemimorphe Klassen.

C. Krystalle von regulärem Baue:

- VI. Tesserales Krystallsystem. Holoëdrische Klasse, drei hemiëdrische Klassen, eine tetartoëdrische Klasse.

theilung
gleich,
von Flä
sind. Z
Gegenf
W
drei als
der dre
den W
zwischen
querlieg
D
angege

Fig.



flächen
gleich
Combin
sind d
auszug
 $P : M$
für die
Bei de
alle K
meter

I
besond
ständig
indem
bei de
hinstel
eine H

System
Tsch

32. Triklines System¹⁾. Holoëdrische Klasse. Die Krystalle dieser Abtheilung haben keine Symmetrieebene. Jeder beobachteten Fläche ist bloß diejenige gleich, welche mit ihr parallel ist, aber keine fernere. Der Krystall ist also nur von Flächenpaaren begrenzt, welche in ihrem Auftreten von einander unabhängig sind. Zu jeder vorhandenen Fläche gehört somit bloß eine zweite, nämlich die Gegenfläche.

Werden von den vorhandenen oder möglichen Flächen eines triklinen Krystalls drei als Endflächen genommen, so liefern ihre Durchschnittslinien die Richtungen der drei Axen, welche mit einander durchwegs schiefe Winkel bilden. Man pflegt den Winkel zwischen der aufrechten und der querliegenden Axe mit α , jenen zwischen der aufrechten und der längsliegenden mit β , endlich den zwischen der querliegenden und längsliegenden mit γ zu bezeichnen. Fig. 78.

Die Axen sind ungleich. Das Axenverhältnis $a : b : c$ wird gewöhnlich so angegeben, dass $b = 1$ gesetzt wird.

Fig. 76.

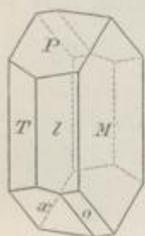


Fig. 77.



Fig. 78.

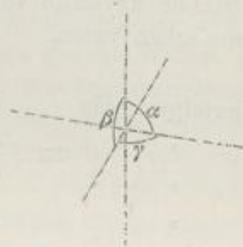
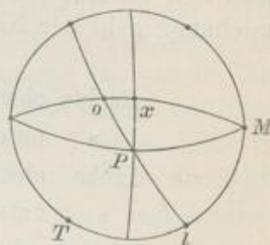


Fig. 79.



An dem Albitkrystall, Fig. 76, kann man die Flächen P und M als Endflächen annehmen, ebenso eine dritte Fläche k , welche in der Zone Px und zugleich in der Zone TlM liegt, also eine mögliche Fläche ist. Fig. 77 gibt die Combination dieser drei Flächen und damit die Axenrichtungen an. In Fig. 78 sind die Axen für sich gezeichnet. Anstatt von der Annahme der Endflächen auszugehen, hätte man auch geradezu die Kante zwischen P und M , welche als $P : M$ bezeichnet werden soll, für die Richtung der ersten Axe, die Kante $P : x$ für die Richtung der zweiten und $l : M$ für die der dritten Axe benutzen können. Bei der Aufstellung ist es praktisch, dem Vorschlage Naumann's zu folgen und alle Krystalle dieses Systems, so zu stellen, dass für die Queraxe der längere Parameter gilt, also $b > a$ wird.

Die Flächen bedürfen ausser der allgemeinen Nomenclatur [17] keiner besonderen Namen, da ihre Bezeichnung durch die Parameter oder Indices vollständig genügt. Naumann hat jedoch eine complicirte Nomenclatur angegeben, indem er, dem historischen Entwicklungsgange der Krystallographie entsprechend, bei den Krystallen der geringeren Symmetriegrade die rhombischen als den Typus hinstellte und die monoklinen und die triklinen Formen so benannte, als ob sie eine Hemiedrie und eine Tetartoëdrie der rhombischen Formen darstellten.

¹⁾ Ein- und eingliedriges System nach Weiss, anorthotypes System nach Mohs, anorthisches System nach Haidinger, triklinoëdrisches oder triklinisches System nach Naumann.

Tschermak, Mineralogie, 5. Auflage.

Demgemäss nannte er die Flächenpaare, welche als Pyramidenflächen erscheinen, Viertelpyramiden und machte ihre Lage dadurch erkenntlich, dass er in seinem Symbol dem Buchstaben P Striche anhing. Dabei wurden solche Pyramidenflächen, welche einer nach der a -Axe gestreckten Pyramide entsprechen, Brachypyramiden genannt und ihre Symbole durch ein Kürzezeichen \sim kenntlich gemacht, welches andeutet, dass der hinter P stehende Coefficient sich auf die a -Axe bezieht. Jene Pyramidenflächen hingegen, welche einer zur b -Axe gestreckten Pyramide entsprechen, wurden Makropyramiden genannt und ihr Symbol wurde entsprechend mit einem Längezeichen ∞ versehen. Die Flächenpaare, welche zu den Prismenflächen gehören, wurden Hemiprismen und Hemidomen genannt und in ihren Symbolen wurde durch \sim oder ∞ angedeutet, dass der Coefficient ∞ nach dem P sich auf die a -Axe, respective auf die b -Axe beziehe. Das entsprechende Verfahren wurde bei den Endflächen beobachtet.

Die folgenden Beispiele werden diese Bezeichnungsweise klarstellen, wobei sich die Flächenbuchstaben auf die Figuren 70 und 71 beziehen, unter welchen man sich im Augenblicke triklone Krystalle vorzustellen hat. Die Miller'sche Bezeichnung geht der Naumann'schen voran.

Rechte obere Viertelpyramide	$o' = (111) = P'$
» untere »	$o, = (1\bar{1}\bar{1}) = P,$
Linke obere »	$'o = (\bar{1}11) = 'P$
» untere »	$,o = (\bar{1}\bar{1}\bar{1}) = ,P$
Eine Brachypyramide rechts oben	$(133) = \bar{P}3$
» Makropyramide links oben	$(2\bar{1}2) = 'P2$
Rechtes Hemiprisma	$m = (110) = \infty P'$
Linkes »	$'m = (\bar{1}\bar{1}0) = \infty 'P$
Oberes Makrodoma	$p = (101) = 'P'\infty$
Unteres »	$p, = (10\bar{1}) = ,P,\infty$
Rechtes Brachydoma	$r = (011) = \bar{P}'\infty$
Linkes »	$r, = (0\bar{1}\bar{1}) = \bar{P},\infty$
Makropinakoid	$a = (100) = \infty \bar{P}\infty$
Brachypinakoid	$b = (010) = \infty \bar{P}\infty$
Basisches Pinakoid	$c = (001) = 0P$

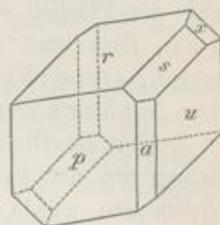
An dem Albit, Fig. 76, pflegt man, wie dies vorhin geschah, die Flächen P und M , nach welchen der Krystall spaltbar ist, als Endflächen zu nehmen, ferner l und T als primäre Prismenflächen. Nimmt man überdies x als eine primäre Prismenfläche, so ergibt sich aus den Zonen $Mo x$ und $Pl o$, dass o die zugehörige Pyramidenfläche, also:

$$P = \infty a : \infty b : c = 001, M = \infty a : b : \infty c = 010, l = a : b : \infty c = 110, \\ T = a : b' : \infty c = \bar{1}\bar{1}0, x = a : \infty b : c' = 10\bar{1}, o = a : b : c' = 11\bar{1}.$$

Die Figur 79 gibt die sphärische Projection dieses Albitkrystals, wenn derselbe von oben betrachtet wird, wonach die Flächen T , l , M in die Randzone fallen.

An dem Axinitkrystal in Fig. 80 kann man $p = a : b' : \infty c = 1\bar{1}0$, $u = a : b : \infty c = 110$, also beide Flächen als die primären aufrechten Prismenflächen nehmen, ferner $r = a : b' : c = 1\bar{1}1$ und $x = a : b : c = 111$; und es ergibt sich $s = a : \infty b : 2c = 201$ und $a = a : \infty b : \infty c = 100$.

Fig. 80.



33. Monoklines System.¹⁾ Holoëdrische Klasse.

Die holoëdrischen Krystalle dieses Systems haben eine einzige Symmetrieebene. Man kann sich in jedem derselben eine Ebene denken, zu welcher die Flächen der einen und der anderen Seite spiegelbildlich gleich gelagert sind. Es gibt aber keine weitere solche Ebene. Demzufolge kommen an diesen Krystallen sowohl Flächenpaare, als auch vierzählige Flächen-complexe vor.

A) Endflächenpaare. Das Querflächenpaar und das Endflächenpaar bilden mit der Symmetrieebene beiderseits gleiche Winkel, sie sind zur Symmetrieebene senkrecht. Eine Fläche, welche zur Symmetrieebene parallel ist, sammt ihrer Gegenfläche erfüllen auch die Forderung der Symmetrie. Sie bilden das Längsflächenpaar. Während die zur Symmetrieebene senkrechten Flächen monosymmetrisch, die anderen asymmetrisch sind, erscheinen die Längsflächen dimetrisch.

B) Prismenflächen. Die Flächen der querliegenden Prismen sind senkrecht zur Symmetrieebene, daher treten sie auch nur als einzelne Flächenpaare auf.

Das aufrechte Prisma und das Längsprisma sind vierflächig, denn jede Fläche, welche gegen die Symmetrieebene schief liegt, muss von einer zweiten begleitet sein, welche auf der anderen Seite der Symmetrieebene die entsprechende Lage einnimmt. Jede dieser beiden Flächen führt aber auch ihre Gegenfläche mit sich.

C) Pyramidenflächen. Jede Pyramidenfläche tritt viermal auf, weil sie ebenfalls zur Symmetrieebene schief liegt.

Die drei Endflächenpaare geben wiederum die Lage der Axen an. Werden diese Flächen in Combination gedacht, so geben sie eine Form wie in Fig. 81. Die Symmetrieebene ist parallel b hineinzudenken. Die ebenen Winkel, welche durch hineingesetzte Punkte bezeichnet sind, müssen rechte sein, weil die zwischen ihnen liegende Kante zur Symmetrieebene senkrecht ist. Dagegen bleibt der Winkel β wie im vorigen Krystallsystem ein schiefer. Sonach bilden von den drei Axen, Fig. 82, die aufrechte mit der auf den Beobachter zulaufenden einen schiefen Winkel β , während die übrigen Winkel, nämlich α und γ rechte sind. Man pflegt die Krystalle so zu stellen, dass die auf den Beobachter zulaufende Axe gegen diesen geneigt, also der in der Figur oben liegende Winkel β ein stumpfer ist. Die querliegende Axe wird auch Symmetrieaxe oder Orthodiagonale, die geneigte

¹⁾ Zwei- und eingliedriges System nach Weiss, hemiothotypes System nach Mohs, augitisches System nach Haidinger, monoklinoëdrisches oder monoklinisches System nach Naumann, monosymmetrisches System nach Groth.

Klinodiagonale genannt. Die drei Axen sind von ungleicher Länge, ihr Verhältnis $a : b : c$ wird gewöhnlich so dargestellt, dass $b = 1$.

An dem Gypskrystall in Fig. 83 ist b die Längsfläche, die, wie gesagt, parallel der Symmetrieebene liegt. Nimmt man die Flächen m als aufrechtes Prisma und die Flächen o als primäre Pyramidenflächen, so ergibt sich aus der Zone $o m u$, dass man die Flächen u als primäre Pyramidenflächen wählen darf, wonach $b = (\infty a : b : \infty c) = (010)$, $m = (a : b : \infty c) = (110)$, $o = (a : b : c) = (111)$, $u = (a : b : c') = (11\bar{1})$.

Um die Richtungen der Axen zu erhalten, geht man von der Fläche b , ferner von der möglichen Fläche a aus, welche die Kante $m : m$ gleichförmig abstumpfen würde, endlich von der möglichen Fläche c , die der vorderen Kante $m : o$ und der rückwärtigen $m : u$ parallel ist. Vergl. Fig. 81.

Fig. 81.

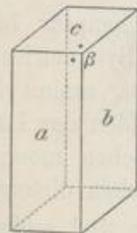


Fig. 82.

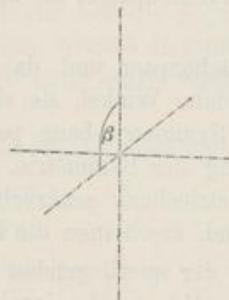


Fig. 83.

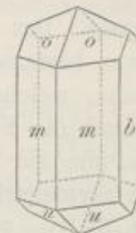


Fig. 84.



Der Gypskrystall, Fig. 84, zeigt bloß die oberen Pyramidenflächen o und sonst keine Pyramidenflächen.

Fig. 85.

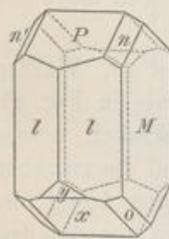
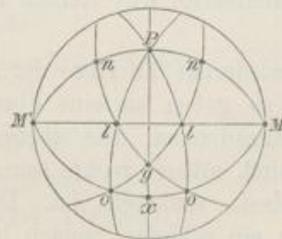


Fig. 86.



Der Orthoklaskrystall, Fig. 85, hat die Fläche M parallel zur Symmetrieebene, ferner die Flächen P , y und x senkrecht zur Symmetrieebene. Unter diesen pflegt man P als Endfläche zu nehmen, weil zu dieser parallel eine vollkommene Spaltbarkeit beobachtet wird. Wird nun l als aufrechtes Prisma betrachtet, so ergibt sich aus der Zone $P l o$, dass man o als primäre Pyramide nehmen darf. Zu dieser gehört x als querliegende Prismenfläche, während y eine andere querliegende Prismenfläche und n ein Längsprisma ist. Die Bezeichnung derselben kann durch Zonen ermittelt werden, wonach:

$$M = (010), l = (110), o = (11\bar{1}), x = (10\bar{1}), y = (20\bar{1}), n = (021).$$

Die Fig. 86 zeigt die sphärische Projection der Flächen desselben Krystalls. Die Symmetrieebene erscheint gegen den Beobachter gerichtet und schneidet die Sphäre in der Linie Px , welche zugleich die Projection der Zone darstellt, in

welcher die Endfläche und die querliegenden Prismenflächen liegen. Zu beiden Seiten dieser Linie herrscht also auch in der Projection Symmetrie. Werden jene erkennbaren Zonen, in welchen mehr als zwei Flächenpaare liegen, ausgezogen, so hat man die Zonen $Mn P$, ferner Ml und $Mo x$, welche alle auf der Symmetrieebene senkrecht sind, ferner die beiden Zonen $Pl o$, welche einander gleich sind endlich nly u. s. f.

Nach Naumann werden die vierflächigen Complexe, welche aus Pyramidenflächen bestehen, Hemipyramiden genannt, und zwar heissen die vier Flächen, welche im stumpfen Winkel der schiefen Axe liegen, nämlich $(a : b : c) = (111)$, die negative, die Flächen $(a : b : c') = (11\bar{1})$, welche im spitzen Winkel liegen, die positive Hemipyramide. An dem Gypskrystall, Fig. 83, ist demnach u die positive, o die negative Hemipyramide. Das Längsprisma wird Klinodoma genannt, während die querliegenden Prismen-Flächenpaare als Orthodoma bezeichnet und als negatives Hemidoma, z. B. (101) , und als positives Hemidoma, z. B. $(10\bar{1})$, unterschieden werden. Die Querfläche heisst Orthopinakoid, die Längsfläche Klinopinakoid, die Endfläche basisches Pinakoid. Ausserdem werden noch die nach der querliegenden Axe gestreckten Pyramiden als Orthopyramiden von denen unterschieden, welche nach der geneigten Axe gestreckt sind und Klinopyramiden heissen. Bei der Bezeichnung wird, falls die Zahl hinter dem P sich auf die Queraxe bezieht, durch das P ein horizontaler Strich gezogen, falls sie sich auf die Längsaxe bezieht, ein geneigter Strich.

Beispiele sind:

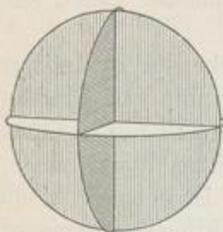
Positive Hemipyramide	$(a : b : c') = (11\bar{1}) = P$
Negative Hemipyramide	$(a : b : c) = (111) = -P$
Positive Hemipyramide	$(a : b : 3c') = (33\bar{1}) = 3P$
Positive Orthopyramide	$(a : 2b : c') = (212) = P2$
Negative Klinopyramide	$(2a : b : c) = (122) = -P2$
Prisma	$(a : b : \infty c) = (110) = \infty P$
Klinodoma	$(\infty a : b : c) = (011) = P\infty$
Positives Orthodoma	$(a : \infty b : c') = (10\bar{1}) = P\infty$
Negatives Orthodoma	$(a : \infty b : c) = (101) = -P\infty$
Negatives Orthodoma	$(a : \infty b : 2c) = (201) = -2P\infty$
Orthopinakoid	$(a : \infty b : \infty c) = (100) = \infty P\infty$
Klinopinakoid	$(\infty a : b : \infty c) = (010) = \infty P\infty$
Basisches Pinakoid	$(\infty a : \infty b : c) = (001) = 0P$

34. Rhombisches System.¹⁾ Holoëdrische Klasse. Die hierher gehörigen Formen entsprechen der Existenz dreier Symmetrieebenen, welche von einander verschieden und gegeneinander senkrecht sind. Diese theilen den Raum in acht gleiche Theile, Octanten, welche von einander blos durch die Lage verschieden

¹⁾ Ein- und einaxiges System nach Weiss, orthotypes oder prismatisches System nach Mohs, anisometrisches System nach Hausmann.

sind. Die Fig. 87 stellt die drei Hauptschnitte in der Gestalt von Scheiben dar. Der genannten Symmetrie entsprechend, gibt es in diesem Systeme sowohl achtflächige, als auch vierflächige Complexe, endlich Flächenpaare.

Fig. 87.



A) Endflächenpaare. Eine Fläche, die einem der drei Hauptschnitte parallel ist, liegt zugleich senkrecht gegen die beiden anderen Hauptschnitte, bildet also zu beiden Seiten der letzteren gleiche Winkel. Sie erfüllt demnach im Vereine mit ihrer Gegenfläche die Forderung der Symmetrie. Da die Hauptschnitte von verschiedenem Charakter sind, so gibt es auch drei verschiedene Flächenpaare dieser Art, welche wiederum als Quer-, Längs- und Endflächenpaar bezeichnet werden.

B) Prismenflächen. Jede Fläche, welche zu einem Hauptschnitte senkrecht, gegen die beiden anderen Hauptschnitte aber geneigt ist, erfüllt zwar die Symmetrie bezüglich der ersteren Ebene, die zwei anderen Ebenen aber erfordern ein viermaliges Auftreten einer solchen Fläche. Hierher gehört das aufrechte Prisma sowie das Längsprisma und Querprisma.

Fig. 88.

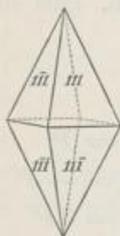


Fig. 89.

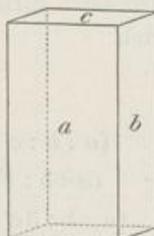


Fig. 90.

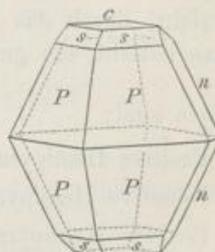


Fig. 91.

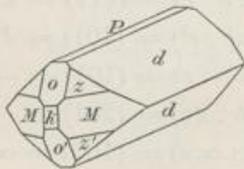
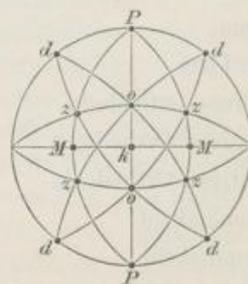


Fig. 92.



C) Pyramidenflächen. Die drei Symmetrieebenen, welche auf einander senkrecht sind, theilen den Raum um ihren gemeinschaftlichen Schnittpunkt in acht gleiche Theile, welche sich nur durch die Stellung von einander unterscheiden. Eine Fläche, die gegen die drei Symmetrieebenen geneigt ist, fällt in einen dieser Octanten, oder richtiger gesagt, ihre Normale fällt in einen dieser Octanten. Die Fläche muss sich daher in jedem der Octanten wiederholen, wird also achtmal auftreten. Diese achtflächige Form, welche Pyramide genannt wird, ist die erste

Gestalt, welche, aus gleichen Flächen bestehend, einen Raum vollkommen umschliesst. Sie ist eine geschlossene Form, wie man sich ausdrückt. Fig. 88.

Die drei Endflächenpaare geben die Lage der Axen an. Werden sie in Combination gedacht, so entsteht eine Form wie in Fig. 89. Die Symmetrie fordert, dass die Winkel zwischen den Kanten dieser Form einander alle gleich, dass sie also rechte Winkel seien. Es ist demnach $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$, oder wie man auch sagt, das Axensystem ist rechtwinkelig. Die Axenlängen sind ungleich, ihr Verhältnis $a : b : c$ wird gewöhnlich so berechnet, dass $b = 1$.

An dem Schwefelkrystall in Fig. 90 hat man, wofern P als primäre Pyramidenfläche genommen, also $P = (a : b : c) = (111) = P$ gesetzt wird, $n = (\infty a : b : c) = (011) = \bar{P}\infty$ und $c = (\infty a : \infty b : c) = (001) = 0P$ und es ergibt sich aus der Messung $s = (a : b : \frac{1}{2}c) = (11\bar{2}) = \frac{1}{2}P$, also eine stumpfere Pyramide.

An dem Barytkrystall in Fig. 91 kann man $M = (a : b : \infty c) = (110) = \infty P$, ferner $o = (a : \infty b : c) = (101) = P\infty$ annehmen, woraus folgt, dass k die Querfläche, P die Endfläche, z die primäre Pyramide, also $z = (a : b : c) = (111) = P$ sei, und es ergibt sich aus Zonen $d = (\infty a : 2b : c) = (012) = \frac{1}{2}\bar{P}\infty$. Die Projection dieser Formen gibt Fig. 92.

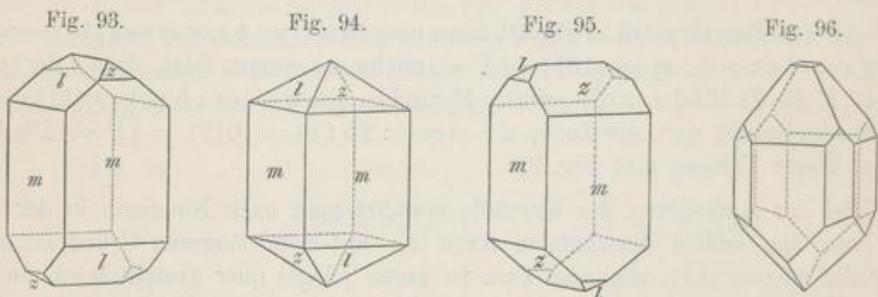
Bei der Aufstellung der Krystalle verfährt man nach Naumann in der Art, dass von den beiden horizontalen Axen die mit dem längeren Grundparameter (oder die längere Axe, wie man kurz zu sagen pflegt) quer gestellt wird. In der Nomenclatur stimmt sodann alles mit der hier gebrauchten überein, doch werden ausserdem die Bezeichnungen Makrodoma und Brachydoma, Makropyramide, Brachypyramide gebraucht. Dies zeigen folgende Beispiele:

Pyramide	$(a : b : c) = (111) = P$
Pyramide	$(a : b : \frac{1}{2}c) = (112) = \frac{1}{2}P$
Brachypyramide	$(2a : b : c) = (122) = \bar{P}2$
Makropyramide	$(a : 2b : 2c) = (211) = 2\bar{P}2$
Brachydoma	$(\infty a : b : 2c) = (021) = 2\bar{P}\infty$
Makrodoma	$(a : \infty b : c) = (101) = P\infty$
Prisma	$(a : b : \infty c) = (110) = \infty P$
Brachypinakoid	$(\infty a : b : \infty c) = (010) = \infty \bar{P}\infty$
Makropinakoid	$(a : \infty b : \infty c) = (100) = \infty P\infty$
Basisches Pinakoid	$(\infty a : \infty b : c) = (001) = 0P$

35. Hemiëdrische Klasse. Wegen des Auftretens an Mineralen sind hier auch die Formen der hemiëdrischen Abtheilung anzuführen [24]. In den Krystallen, welche dahin gehören, verhalten sich die acht Octanten blos abwechselnd gleich. Werden die einen Octanten positiv genannt, so heissen die anderen vier negativ. Um zu erfahren, welche Formen daraus folgen, hat man blos die Lage der Flächennormalen zu berücksichtigen. Diejenigen Normalen, welche in einen

Octantenraum fallen, nämlich die Normalen der Pyramidenflächen, haben entweder einen positiven oder negativen Charakter. Bedeutet einer von beiden, z. B. der negative, so viel als Mangel der entsprechenden Fläche, so werden vier Flächen der Pyramide fehlen, die übrigen vier vorhanden sein, und in dem Falle, als sie allein auftreten, eine tetraëderähnliche Form, das positive rhombische Sphenoid bilden. Fehlen die anderen vier Flächen, so ergibt sich das negative rhombische Sphenoid.

Diejenigen Normalen, welche in die Grenzen der Octantenräume fallen, nämlich die Normalen der Prismen- und Endflächen, haben alle zugleich positiven und negativen Charakter. In Bezug auf das Vorhandensein dieser Flächen hebt sich demnach der Einfluss der Hemiëdrie auf, die Prismen bleiben vierflächig, die Endflächen paarig, wie am holoëdrischen Krystall. Die hemiëdrischen Krystalle haben aber keine Symmetrieebene.



Ein Beispiel liefern die Krystalle des Bittersalzes, Fig. 93, 94, 95, welche ausser dem aufrechten Prisma noch die Flächen des negativen Sphenoids l und die des positiven Sphenoids z tragen.

An manchen sind die vier Flächen z klein, wie in der ersten Figur, oder sie fehlen auch ganz. An vielen sind wiederum die vier Flächen l nur klein, wie in der dritten Figur, oder sie fehlen. Es kommen aber auch scheinbar holoëdrische Krystalle vor, wie ein solcher in der zweiten Figur. Die erste Krystallform verhält sich zu der dritten wie die linke Hand zur rechten, die beiden Formen sind, wie man mit Naumann sagt, enantiomorph.

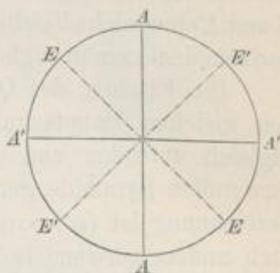
Hemimorphe Klasse. An einzelnen rhombischen Mineralen zeigt sich eine hemimorphe Ausbildung, indem die Krystalle an dem einen Ende einer Axe andere Flächen zeigen als an dem entgegengesetzten. Demnach fällt eine der drei Symmetrieebenen weg und die dazu senkrechte Axe ist polar. Ein Beispiel gibt der Krystall von Kieselgalmei in Fig. 96, welcher oben von der Endfläche, von Quer- und Längsdoma begrenzt ist, während er unten die Flächen einer Pyramide darbietet.

36. Tetragonales System.¹⁾ Holoëdrische Klasse. Die Regelmässigkeit des Baues dieser Krystalle wird durch fünf Symmetrieebenen beherrscht, von

¹⁾ Viergliedriges System, oder zwei- und einaxiges System nach Weiss, pyramidales System nach Mohs, monodimetrisches System nach Hausmann, tetragonales System nach Naumann, quadratisches System nach anderen Autoren.

welchen vier paarweise gleich sind, während die fünfte, die Haupt-Symmetrieebene, von jenen verschieden ist. Setzt man die letztere in die Ebene des Papiers und begrenzt sie durch einen Kreis wie in Fig. 97, so erscheinen jene vier Ebenen zu Linien verkürzt. Die Ebene AA ist gleich der dazu senkrechten $A'A'$, und ebenso ist die Ebene EE gleich der dazu senkrechten $E'E'$. Gegenüber dem vorigen System besteht also der Unterschied, dass erstens zwei Hauptschnitte gleich sind, und dass zweitens in diagonaler Stellung zu diesen noch zwei gleiche Hauptschnitte hinzukommen. So wird der Raum in sechzehn gleiche Theile getheilt.

Fig. 97.



Die vier Ebenen, welche paarweise gleich sind, schneiden sich in einer Linie, welche auf der Haupt-Symmetrieebene senkrecht ist und Hauptaxe genannt wird. Die Krystalle werden gewöhnlich so gestellt, dass diese aufrecht zu stehen kommt. Die beiden andern Axen ergeben sich aus den Durchschnitten zweier von den anderen Ebenen, nämlich AA und $A'A'$ mit der Haupt-Symmetrieebene. Die Axen sind demnach senkrecht aufeinander, wie im rhombischen System, aber die beiden horizontalen Axen sind einander gleich. Das Axenverhältnis ist $a : a : c$, was man auch $1 : 1 : \frac{c}{a}$ schreibt.

Die Flächencomplexe, welche hier vorkommen, sind entweder ein Flächenpaar oder sie bestehen aus vier, acht oder aus sechzehn Flächen.

A) Endflächen. Eine Fläche, die zur Hauptebene parallel ist, genügt im Vereine mit ihrer Gegenfläche den Forderungen der Symmetrie. Somit ergibt sich das Endflächenpaar $(\infty a : \infty a : c) = (001) = 0P$, welches zur Hauptaxe senkrecht ist. Dasselbe wird auch Pinakoid oder Basis genannt.

Die Querfläche und Längsfläche sind den Hauptschnitten AA und $A'A'$ parallel, welche untereinander gleich sind. Daher treten jene Flächen gleichzeitig auf und geben ein vierflächiges Prisma, welches gewöhnlich das verwendete Prisma heißt und dessen Bezeichnung $(a : \infty a : \infty c) = (100) = \infty P \infty$ ist.

Die Combination dieses Prisma mit den Endflächen erscheint in Fig. 98.

Fig. 98.

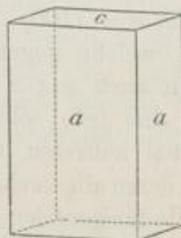


Fig. 99.



B) Prismenflächen. Die Flächen des aufrechten Prisma können so liegen, dass sie einem Hauptschnitt E parallel sind, dann entsteht ein vierflächiger Complex, das Prisma schlechtweg genannt, dessen Flächen die horizontalen Axen in gleichen Entfernungen schneiden, wonach die Bezeichnung $(a : a : \infty c) = (110) = \infty P$ wird. Fig. 99 zeigt die Combination des Prisma m mit dem verwendeten Prisma a und der Basis c .

Der Querschnitt des Prisma und der des verwendeten Prisma verhalten sich wie das Quadrat zu dem umschriebenen Quadrate, welches gegen das vorige um 45° verwendet erscheint.

Wenn die Fläche des aufrechten Prisma nicht parallel zu E ist, so muss sich dieselbe achtmal wiederholen, weil jeder der acht gleichen Räume zwischen den Hauptschnitten A und E eine solche Fläche fordert. Dies gibt ein achtseitiges Prisma, dessen Flächen die horizontalen Axen in ungleichen Entfernungen treffen: $(a : na : \infty c) = (hk0) = \infty Pn$.

Die Flächen des Querprisma und jene des Längsprisma sind senkrecht zu den gleichen Hauptschnitten AA und $A'A'$, daher werden alle diese Flächen zugleich auftreten und eine achtflächige geschlossene Form geben, welche die verwendete Pyramide genannt wird. Ein Beispiel ist in Fig. 100 dargestellt. Die Bezeichnung ist $(a : \infty a : c) = (101) = P\infty$ für die primäre Form, doch können auch andere verwendete Pyramiden auftreten, deren Flächen die eine horizontale Axe und die verticale Axe in einem anderen Verhältnisse als $a : c$ schneiden, so dass die allgemeine Bezeichnung für alle verwendeten Pyramiden $(a : \infty a : mc) = (h0l) = mP\infty$ sein wird.

Fig. 100.

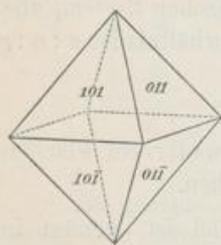


Fig. 101.

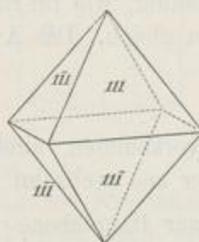


Fig. 102.

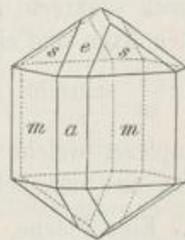


Fig. 103.



C) Pyramidenflächen. Eine Pyramidenfläche, welche gegen die Hauptschnitte AA und $A'A'$ gleich geneigt ist, wird in jedem Octanten bloß einmal auftreten, weil sie zu dem Hauptschnitte E senkrecht ist. Jede solche Fläche schneidet die beiden horizontalen Axen in gleichen Entfernungen. Die aus acht solchen Flächen bestehende, geschlossene Form heisst Pyramide schlechtweg, und die Bezeichnung ist $(a : a : c) = (111) = P$ für die primäre, hingegen $(a : a : mc) = (hhl) = mP$ für alle stumpferen und spitzeren Pyramiden. In Fig. 101 ist eine Pyramide dargestellt, während Fig. 102 die am Zinnerz vorkommende Combination der Pyramide $s = (111)$ mit der verwendeten Pyramide $e = (101)$, dem Prisma $m = (110)$ und dem verwendeten Prisma $a = (100)$ darstellt.

Pyramidenflächen, welche gegen die Hauptschnitte AA und $A'A'$ ungleich geneigt sind, erscheinen auch gegen die zwei anderen Hauptschnitte E ungleich geneigt, folglich wird eine jede solche Fläche in jedem Octanten zweimal, im Ganzen also sechzehnmal auftreten, was auf die geschlossene Form einer achtseitigen Pyramide führt, deren allgemeine Bezeichnung $(a : na : mc) = (hkl) = mPn$ ist, weil ihre Flächen die horizontalen Axen in ungleichen Entfernungen schneiden.

In Fig. 103 ist eine Combination des Zirkons abgebildet, in welcher die Pyramide $p = (111)$, das verwendete Prisma $a = (100)$, ferner die achtseitige Pyramide $x = (a : 3a : 3c) = (311) = 3P3$.

Die Combination am Zinnerz, Fig. 104, zeigt ausser dem Prisma $m = (110)$, der Pyramide $s = (111)$ und der verwendeten Pyramide $e = (101)$ noch die achtseitige Pyramide $z = (a : \frac{2}{3}a : 3c) = (321) = 3P\frac{2}{3}$ und das achtseitige Prisma $r = (a : 2a : \infty c) = (210) = \infty P2$. Die Fig. 105 gibt die sphärische Projection.

Fig. 104.

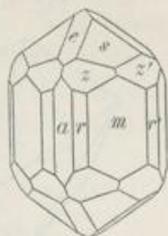
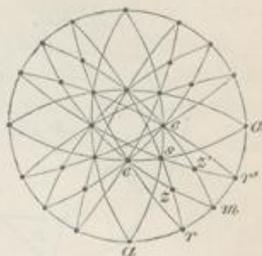


Fig. 105.



Die Naumann'sche Nomenclatur der Krystallformen wird aus den folgenden Beispielen genügend klar werden:

Achtseitige oder ditetragonale Pyramide	$(a : \frac{2}{3}a : 3c) = (321) = 3P\frac{2}{3}$
Achtseitiges oder ditetragonales Prisma	$(a : \frac{2}{3}a : \infty c) = (320) = \infty P\frac{2}{3}$
Pyramide erster Art oder Protopyramide	$(a : a : \frac{1}{2}c) = (112) = \frac{1}{2}P$
Pyramide erster Art	$(a : a : c) = (111) = P$
Prisma erster Art oder Protoprisma	$(a : a : \infty c) = (110) = \infty P$
Pyramide zweiter Art, verwendete Pyramide oder Deuteropyramide	$(a : \infty a : c) = (101) = P\infty$
Prisma zweiter Art, verwendetes Prisma oder Deuteroprisma	$(a : \infty a : \infty c) = (100) = \infty P\infty$
Pinakoid oder Basis	$(\infty a : \infty a : c) = (001) = 0P$

37. Hemiëdrische Klassen. Zu dem tetragonalen Systeme zählen auch zwei hemiëdrische Abtheilungen, deren eine die sphenoidische, die andere die pyramidale Hemiëdrie genannt wird.

Die sphenoidische Hemiëdrie entspricht vollkommen der beim rhombischen System erwähnten hemiëdrischen Abtheilung, indem auch hier die Octanten blos abwechselnd gleich erscheinen. Die acht Räume, welche durch die beiden Ebenen A und durch die Hauptebene gebildet werden, Fig. 97, sind also blos zu vieren einander gleich, deren Lage zu den anderen vier eine abwechselnde ist. Werden die ersten vier als positiv bezeichnet, so sind die anderen vier als negativ zu nehmen. Um zu erfahren, welche Formen in dieser Abtheilung auftreten, denkt man wiederum an die Lage der Flächennormalen. Liegen die Normalen einer Form in den Grenzen der Octantenräume, so haben sie gleichzeitig positiven und negativen Charakter. Bezüglich des Auftretens der zugehörigen Flächen heben sich die Wirkungen der Hemiëdrie auf. Daher bleiben die Basisflächen paarig, es bleiben Prisma und verwendetes Prisma vierflächig, das achtseitige Prisma und die verwendete Pyramide achtfächig.

Liegen die Normalen nicht in einem der drei genannten Hauptschnitte, sondern im Octantenraume, so wird die Wirkung der Verschiedenheit der abwechselnden Octanten eintreten. Von den Flächen der Pyramide erster Art sind daher jetzt blos vier einander gleich und bilden das positive Sphenoid, die

vier anderen das negative. Fig. 106. Von den Flächen der ditetragonalen Pyramide sind diejenigen unter einander gleich, welche in den positiven Octanten liegen. Sie bilden das positive tetragonale Skalenoöder. Fig. 107. Die anderen acht

Fig. 106.

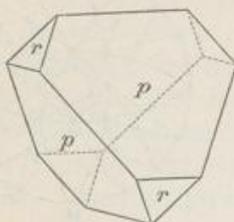


Fig. 107.

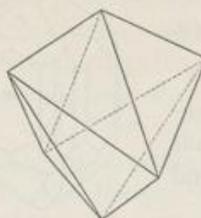
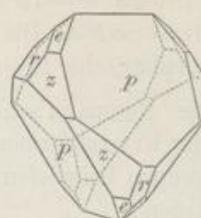


Fig. 108.



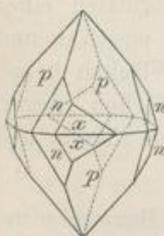
geben das negative tetragonale Skalenoöder. In den sphenoidisch-hemiédrischen Formen bleiben bloß die Symmetrieebenen E erhalten.

Miller bezeichnet die hemiédrischen Formen dieser Abtheilung durch Vorsetzung eines z vor das Symbol der entsprechenden holoédrischen Form. $z(111)$ ist also ein positives Sphenoid, $z(1\bar{1}3)$ ein negatives Sphenoid etc. Naumann schreibt $-\frac{P}{2}$ und $-\frac{\frac{1}{2}P}{2}$ etc. Dieses z sollte aber in allen Zeichen der hemiédrischen Formen wiederkehren, obwohl dies nach Miller nicht geschieht. Sonach würde $z(1\bar{1}0)$ das hemiédrische Prisma bezeichnen, welches wohl geometrisch, aber nicht physikalisch dem Prisma (110) gleich ist.

An dem Kupferkieskrystall, Fig. 106, hat man die Combination $z(111)$ und $z(1\bar{1}1)$, also die beiden primären Sphenoid p und r , wogegen an dem in Fig. 108 abgebildeten Krystall desselben Minerals ausserdem noch die verwendete Pyramide $e = z(101)$ und eine andere verwendete Pyramide $z = z(201)$ auftreten.

38. Die pyramidale Hemiédrie umfasst solche Krystalle, in welchen die acht Räume zwischen den Hauptschnitten A und E bloß abwechselnd gleich sind (s. Fig. 97). Wenn auch hier wiederum die Lage der Flächennormalen berücksichtigt wird, so ergibt sich, dass an allen Formen, deren Normalen in die Hauptschnitte A und E fallen, keine abwechselnde Verschiedenheit der Flächen eintreten wird. Daher werden in dieser Abtheilung vollflächig auftreten: das Pinakoid, die Pyramide erster, jene zweiter Art, ebenso das Prisma erster und jenes zweiter Art.

Fig. 109.



Die Normalen der Flächen jeder ditetragonalen Pyramide fallen in den Raum zwischen den Hauptschnitten A und E , ebenso jene der Flächen des ditetragonalen Prisma; daher zeigt sich hier die Wirkung der Hemiédrie, und es ergibt sich eine positive und eine negative Tritopyramide, ebenso ein positives und ein negatives Tritoprisma. Die Bezeichnung geschieht nach Miller durch ein vorgesetztes π . In dieser hemiédrischen Abtheilung zeigt sich nur die Hauptebene als Symmetrieebene erhalten.

Ein Beispiel sind die Krystalle des Scheelits, deren einer in Fig. 109 dargestellt ist. Die Flächen x gehören einer Tritopyramide $\pi(421)$ an. Sie treten bloß an einer Seite der Flächen n auf, welche der verwendeten Pyramide $\pi(201)$ entsprechen, wofern p die Pyramide $\pi(111)$ ist.

39. Hexagonales System.¹⁾ Holoëdrische Klasse. Die Formen dieser Abtheilung sind durch sieben Symmetrieebenen beherrscht, von welchen jedoch sechs Ebenen zu dreien einander gleich sind, während die siebente, die Haupt-Symmetrieebene, von jenen verschieden ist. Legt man die letztere in die Ebene des Papiers und begrenzt sie durch einen Kreis, so werden die anderen als Linien erscheinen, von welchen die einen *A* sich unter 60° schneiden, und die anderen *E* bei gleicher gegenseitiger Stellung die Winkel der vorigen halbiren. Fig. 110. Gegenüber dem früheren Systeme zeigt sich eine Gleichheit darin, dass

Fig. 110.

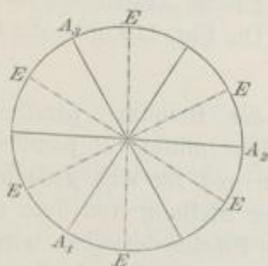


Fig. 111.

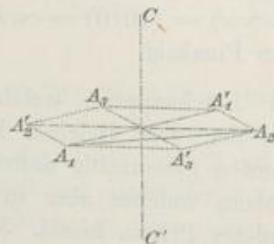
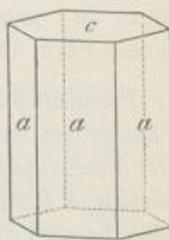


Fig. 112.



auch hier ein Hauptschnitt auf allen übrigen senkrecht ist, es zeigt sich aber ein Unterschied, indem die anderen Hauptschnitte sich nicht rechtwinkelig, sondern unter Winkeln von 30°, 60° u. s. w. treffen. Die Hauptschnitte theilen den Raum in 24 gleiche Theile.

Die zu dreien einander gleichen Symmetrieebenen schneiden sich in einer einzigen Linie, der Hauptaxe, die wiederum auf der Hauptebene senkrecht ist. Auch hier wird die Hauptaxe aufrecht gestellt. Die übrigen Axen ergeben sich aus den Durchschnitten der drei Ebenen mit der Hauptebene. Die Symmetrie dieser Abtheilung kommt also am besten zum Ausdrucke, wenn man sich nicht wie Miller mit drei Axen begnügt, sondern nach dem Vorgange von Weiss und Bravais deren vier annimmt. Die Hauptaxe ist senkrecht zu drei horizontalen Axen, welche einander gleich sind. Damit die Symmetrie auch in der Flächenbezeichnung hervortrete, werden an den drei horizontalen Axen jene Aeste, welche um 120° von einander abstehen, als positiv genommen, die anderen negativ. Ist also in Fig. 111 der eine Ast *A*₁ positiv, so ist der folgende *A*'₃ der negative Ast der dritten Axe, dann folgt *A*₂, der positive Ast der zweiten Axe u. s. w.

Das Axenverhältnis ist $a : a : a : c$, wofür man $1 : 1 : 1 : \frac{c}{a}$ schreibt.

Die Flächencomplexe, welche hier vorkommen, sind entweder ein Flächenpaar, oder sie bestehen aus sechs oder zwölf oder vierundzwanzig Flächen. Sie ergeben sich aus der Symmetrie in derselben Weise wie im tetragonalen System. Nur bei der Bezeichnung ist darauf zu achten, dass eine Fläche, welche zwei

¹⁾ Sechsgliedriges oder drei- und einaxiges System nach Weiss; rhomboëdrisches System nach Mohs, monotrimetrisches System nach Hausmann, hexagonales System nach Naumann.

Axen in gleicher Entfernung a trifft, den zwischenliegenden Ast der dritten Axe in der Entfernung $\frac{1}{2}a$ schneidet, wie dies leicht aus Fig. 111 zu ersehen.

A) Endflächen. Das der Hauptebene parallele Flächenpaar entspricht für sich allein der Symmetrie dieses Systems. Bezeichnung $(\infty a : \infty a : \infty a : c) = (0001) = 0P$. Das Pinakoid oder die Basis.

Die Flächenpaare, welche zu den drei gleichen Hauptschnitten A parallel sind, müssen gleichzeitig auftreten. Sie geben ein sechsseitiges Prisma, welches schlechtweg Prisma genannt wird. Die Flächen desselben sind sowohl der aufrechten als auch einer horizontalen Axe parallel und demzufolge gegen die beiden anderen Axen gleich geneigt, bilden also an diesen gleiche Abschnitte, daher die Bezeichnung $(a : \infty a : a' : \infty c) = (10\bar{1}0) = \infty P$. Die Fig. 112 gibt die Combination dieser Form mit dem Pinakoid.

B) Prismenflächen.¹⁾ Flächenpaare, welche der Hauptaxe parallel sind, können ausserdem auch zu den drei gleichen Hauptschnitten E parallel sein. Diese drei Flächenpaare werden gleichzeitig auftreten und für sich gedacht auch ein sechsseitiges Prisma geben, welches aber in der Stellung von dem vorigen verschieden ist und verwendetes Prisma heisst. Jede Fläche desselben wird zwei der horizontalen Axen in gleicher Entfernung a , die dritte aber in der halben Entfernung $\frac{1}{2}a$ schneiden, daher die Bezeichnung $(a : a : \frac{1}{2}a' : \infty c) = (11\bar{2}0) = \infty P2$. Bei dem Naumann'schen Symbol, in welchem der erste Coefficient rechts, der letzte links von dem P geschrieben wird, muss man sich daran erinnern, dass $a : a : \frac{1}{2}a' : \infty c = 2a : 2a : a' : \infty c$.

Fig. 113 stellt die Combination des Prisma mit dem verwendeten Prisma und dem Pinakoid dar. Der Querschnitt des einen Prisma verhält sich zu dem des anderen wie ein reguläres Sechseck zu dem umschriebenen regulären Sechseck.

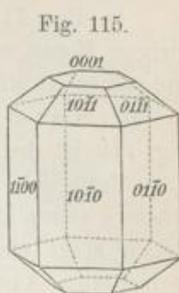
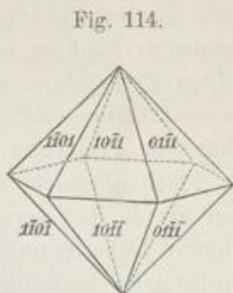
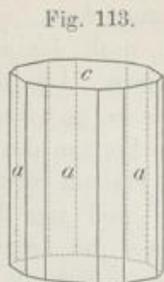
Eine aufrechte Prismenfläche, welche weder zu einem Hauptschnitte A , noch zu einem Hauptschnitte E parallel ist, wird sich zwölfmal wiederholen, da jeder der zwölf gleichen Räume zwischen den erwähnten Hauptschnitten eine solche Fläche fordert. Dies gibt ein zwölfseitiges Prisma, dessen Flächen die drei horizontalen Axen in ungleichen Entfernungen schneiden. Die Bezeichnung ist allgemein $(na : pa : a' : \infty c) = (hik0) = \infty Pn$.

Eine Fläche, welche zu einer horizontalen Axe parallel ist und die übrigen Axen schneidet, hat eine den horizontalen Prismen der früheren Systeme entsprechende Lage. Sie wird zwei der horizontalen Axen in gleicher, die aufrechte Axe in einer anderen Entfernung schneiden und wird oberhalb der Hauptebene sechsmal und unterhalb derselben auch sechsmal auftreten, was eine sechsseitige Doppelpyramide ergibt. Fig. 114. Diese aus zwölf Flächen bestehende geschlossene Form wird kurzweg die Pyramide, von manchen Autoren auch das Dihexaëder genannt und wird mit $(a : \infty a : a' : c) = (10\bar{1}1) = P$ bezeichnet, wofern die primäre

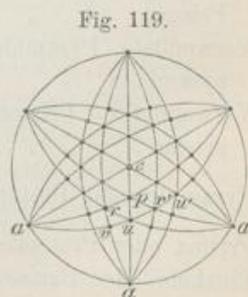
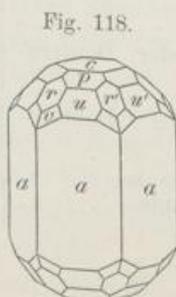
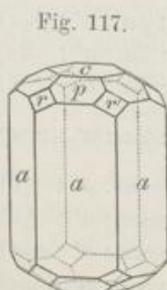
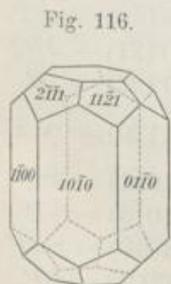
¹⁾ Die Classification der Flächen erfolgt hier nach Analogie des tetragonalen Systems. Diese Analogie ist bei der früheren rein geometrischen Behandlung der Krystallographie nicht in Betracht gezogen worden, weshalb die Nomenclatur der Formen beider Systeme nicht übereinstimmt.

Pyramide gemeint ist, während alle stumpferen und alle spitzeren Pyramiden unter die allgemeine Bezeichnung $(a : \infty a : a' : mc) = (h0hl) = mP$ fallen.

Die Pyramide hat dieselbe Stellung wie das Prisma, ihre Flächen bilden mit jener des Prisma drei verticale Zonen. Fig. 115 zeigt die Combination der Pyramide mit dem Prisma und dem Pinakoid, welche am Grünbleierz beobachtet wird.



C) Pyramidenflächen. Eine Pyramidenfläche kann so gelagert sein, dass sie zwei der horizontalen Axen in gleicher Entfernung schneidet. Sie wird sodann die dazwischen liegende dritte der horizontalen Axen in halber Entfernung treffen. Eine solche Fläche wird oberhalb der Hauptebene sechsmal und unterhalb dieser Ebene ebensovielmal wiederkehren, so dass eine geschlossene Form entsteht, welche zwölf Flächen besitzt und ebenfalls eine sechsseitige Doppelpyramide bildet. Sie wird die verwendete Pyramide genannt, weil ihr horizontaler Schnitt sich zu demjenigen der Pyramide so verhält, wie das umschriebene zu dem eingeschriebenen Sechseck, also gegen dieses um 30° verwendet ist. Sie besitzt gleiche Stellung mit dem verwendeten Prisma, ihre Flächen bilden mit den Flächen des letzteren drei verticale Zonen. Ihre Bezeichnung ist $(2a : 2a : a' : 2c) = (11\bar{2}1) = 2P2$, wofern die primäre Form anzugeben ist und $(2a : 2a : a' : mc) = (h, h, 2h, l) = mP2$ im Allgemeinen. Die verwendete Pyramide $(11\bar{2}2) = P2$, als jene, welche die halbe Höhe der primären besitzt, stumpft die Kanten der primären Pyramide $(10\bar{1}1)$ ab. In Fig. 116 ist eine am Beryll auftretende Combination dargestellt, welche das Prisma $(10\bar{1}0) = \infty P$, die verwendete Pyramide $(11\bar{2}1) = 2P2$ und das Pinakoid erkennen lässt, während die Combination in Fig. 117 ausser diesen Flächen auch noch die Pyramide $p = (10\bar{1}1)$ darbietet.



Eine Pyramidenfläche, welche zu den gleichartigen Hauptschnitten ungleich geneigt ist und demnach die drei horizontalen Axen in drei ungleichen Entfernungen schneidet, muss sich zu jeder Seite der Hauptebene zwölfmal wieder-

holen, was eine zwölfseitige Pyramide gibt, deren allgemeine Bezeichnung hier $na : pa : a' : mc = (h\bar{i}kl) = mPn$ sein wird. Dieses Zeichen ist so zu schreiben, dass p grösser als n ist und dem entsprechend $h > i$ wird.

In Fig. 118 ist ein Beryllkrystall gezeichnet, welcher ausser den in der vorigen Figur erkennbaren Flächen auch noch die einer spitzeren Pyramide u und einer zwölfseitigen Pyramide v darbietet. Aus den Zonen ergibt sich, dass $u = (a : \infty a : a' : 2c) = (20\bar{2}1) = 2P$ und $v = (\frac{2}{3}a : 3a : a' : 3b) = (21\bar{3}1) = 3P\frac{2}{3}$. Fig. 119 ist die sphärische Projection der Formen des letzten Krystalls.

Bezüglich der Flächenbezeichnung erkennt man in diesem System eine grössere Complication als in den vorigen, weil vier Axen angenommen wurden, jedoch zeigt eine kurze Ueberlegung, dass die Lage jeder Fläche gegen die horizontalen Axen vollständig bestimmt ist, wofern die Abschnitte an zwei dieser Axen bekannt sind. Der Abschnitt an der dritten ergibt sich dann von selbst, und zwar zeigt eine einfache Betrachtung, dass $p = \frac{n}{n-1}$ und dass folglich $h + i = -k$, wonach man bloß zwei der Indices, welche sich auf die horizontalen Axen beziehen, zu kennen braucht, indem der dritte stets die negative Summe der beiden ersten ist. Für die Berechnung der Zonenzeichen und für die Ermittlung der Flächenindices aus letzteren benutzt man daher auch in diesem Systeme bloß drei Indices, indem man den Index der dritten horizontalen Axe consequent weglässt; demnach würden für die Berechnung der in Fig. 117 und 118 vorkommenden Flächen die Zeichen $c = 001$, $p = 101$, $r = 111$, $a = 100$, $u = 201$, $v = 211$ erhalten.

Naumann erreicht eine grössere Einfachheit der Bezeichnung dadurch, dass er immer bloß zwei der horizontalen Parameter berücksichtigt, den dritten, der sich von selbst versteht, weglässt. Im Vorhergehenden ist die Weiss'sche Bezeichnung so eingerichtet, dass man, wie die Gleichstellung $(na : pa : a' : mc) = mPn$ zeigt, in jener sogleich die Werthe m und n für das Naumann'sche Symbol findet und die zweite Axe unberücksichtigt lässt, z. B. $(\frac{1}{2}a : 4a : a' : 4c) = 4P\frac{1}{2}$.

Die übliche Nomenclatur wird in folgenden Beispielen angeführt:

Zwölfseitige Pyramide oder dihexagonale	
Pyramide	$(na : pa : a' : mc) = (h\bar{i}kl) = mPn$
Zwölfseitiges Prisma oder dihexagonales	
Prisma	$(na : pa : a' : \infty c) = (h\bar{i}k0) = \infty Pn$
Verwendete Pyramiden oder Deutero-	$\left\{ \begin{array}{l} (2a : 2a : a' : 2c) = (11\bar{2}1) = 2P2 \\ (2a : 2a : a' : c) = (11\bar{2}2) = P2 \end{array} \right.$
pyramiden	
Verwendetes Prisma oder Deutero-	$\left\{ \begin{array}{l} (2a : 2a : a' : \infty c) = (11\bar{2}0) = \infty P2 \\ (a : \infty a : a' : c) = (10\bar{1}1) = P \\ (a : \infty a : a' : \frac{1}{2}c) = (10\bar{1}3) = \frac{1}{2}P \end{array} \right.$
prisma	
Pyramide oder Protopyramide	
Prisma oder Protoprisma	$(a : \infty a : a' : \infty c) = (10\bar{1}0) = \infty P$
Pinakoid oder Basis	$(\infty a : \infty a : \infty a' : c) = (0001) = 0P.$

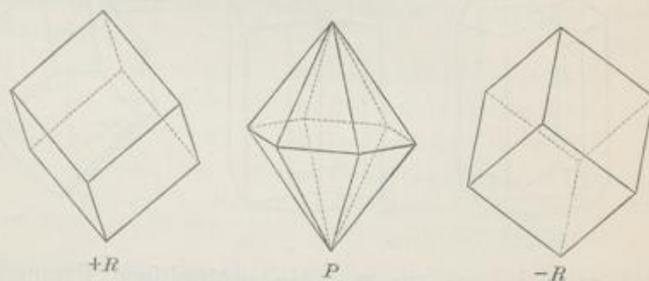
40. Rhomboëdrisch-hemiëdrische Klasse. In dieser Abtheilung verhalten sich die zwölf Räume (Duodecanten), welche durch die Hauptschnitte A und die Hauptebene gebildet werden, bloß abwechselnd gleich. Wird nun wiederum

die Lage der Flächennormalen berücksichtigt, so ergibt sich, dass die Normalen des Pinakoides, der verwendeten Pyramide und aller Prismen in den genannten Hauptschnitten liegen, also den gleichen und ungleichen Duodecanten in gleicher Weise zukommen. Diese Formen treten daher mit derselben Flächenzahl auf, wie in der holoëdrischen Abtheilung. Innerhalb der Duodecanten liegen die Normalen der Pyramide und der zwölfseitigen Pyramide, daher werden diese Formen durch die rhomboëdrische Hemiëdrie zerlegt.

Von den zwölf Flächen der Pyramide werden also die abwechselnden sechs zwar einander gleich sein, aber sich anders verhalten als die übrigen sechs, welche wieder untereinander gleich sind; daher können auch die einen vorhanden sein, die anderen fehlen. Die Form, welche von den sechs gleichen Flächen eingeschlossen wird, ist ein Rhomboëder. Die Flächen jedes Rhomboëders sind paarweise parallel. Die Kanten sind zweierlei. Die drei von der Spitze herablaufenden und die von der unteren Spitze heraufkommenden, also die Polkanten sind untereinander gleich, während die im Zickzack herumlaufenden Kanten von jenen verschieden und untereinander gleich sind.

Aus jeder Pyramide können zwei Rhomboëder abgeleitet werden, z. B. aus der Pyramide in Fig. 120 die beiden daneben gezeichneten Rhomboëder, welche sich geometrisch blos

Fig. 120.



durch die Stellung unterscheiden. In dem ersten Falle erscheint die erste, dritte, fünfte Fläche sammt den drei Gegenflächen als Rhomboëder, im zweiten Falle die zweite, vierte, sechste Fläche sammt ihren Gegenflächen. Wenn

das eine Rhomboëder im oberen Theile gegen den Beschauer eine Fläche zukehrt, so wird das andere ihm eine Kante zukehren. Zur Unterscheidung wird das eine als positives, das andere als negatives Rhomboëder bezeichnet. Weil das Rhomboëder einer besonderen paralleleflächigen Hemiëdrie entspricht, so wird man vor die Indices ein ρ setzen. Demnach können zwei Rhomboëder vorkommen, welche Flächen von derselben Neigung haben, wie die Pyramide $(10\bar{1}1) = P$, nämlich die beiden Rhomboëder $\rho(10\bar{1}1) = +R$ und $\rho(0\bar{1}\bar{1}1) = -R$.

Die Rhomboëder können bei demselben Mineral spitzer oder stumpfer sein, indem sie einer spitzeren oder stumpferen Pyramide entsprechen. Das Rhomboëder $\rho(0\bar{1}\bar{1}1)$ ist spitzer als das Rhomboëder $\rho(0\bar{1}\bar{1}4)$.

Alle rhomboëdrischen Formen, folglich auch alle Rhomboëder, ob sie nun positive oder negative sind, besitzen drei Symmetrieebenen, indem die Hauptschnitte E gleichsam erhalten bleiben. Jede Rhomboëderfläche ist zu einem Hauptschnitte senkrecht, daher sind die Flächen der Rhomboëder monosymmetrisch, obgleich sie für sich als Rhomben erscheinen.

Tschermak, Mineralogie. 5. Auflage.

In der Bezeichnung zeigt sich bei Naumann eine Abweichung, indem für das Rhomboëder nicht die einer Hemiëdrie entsprechende Bezeichnung $\frac{P}{2}$ gebraucht, sondern für das zur Vergleichung als Grundform gewählte Rhomboëder der Buchstabe R angewandt wird, so dass also $\rho(10\bar{1}1) = R$, $\rho(01\bar{1}1) = -R$, $\rho(10\bar{1}4) = \frac{1}{4}R$, $\rho(02\bar{2}1) = -2R$ etc.; auch das Prisma wird dem entsprechend bezeichnet, wonach ∞P und ∞R dieselbe Form bezeichnen.

Als einfache Beispiele rhomboëdrischer Combinationen sind die folgenden, welche am Calcit vorkommen, zu betrachten. Fig. 121 zeigt das Prisma $(1010) = \infty R$ und ein stumpfes Rhomboëder $\rho(01\bar{1}2) = -\frac{1}{2}R$, die Fig. 122 dasselbe Rhomboëder mit dem verwendeten Prisma $(11\bar{2}0) = \infty P2$, ferner die Fig. 123 das Rhomboëder $\rho(02\bar{2}1) = -2R$ mit dem Grundrhomboëder $\rho(10\bar{1}1) = R$. Aus der letzten Combination $-2R$ und $+R$ kann man die Regel entnehmen, dass jene Form, welche als Abstumpfung der herablaufenden Kanten eines Rhomboëders auftritt, ein Rhomboëder von halb so langer Hauptaxe in der anderen Stellung ist. Fig. 124 zeigt das Rhomboëder $-2R$ und das verwendete Prisma $\infty P2$.

Fig. 121.

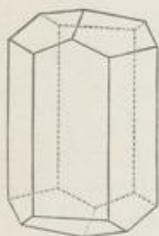


Fig. 122.

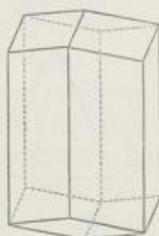


Fig. 123.

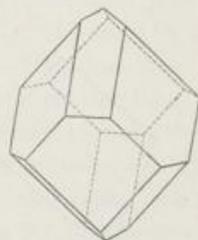
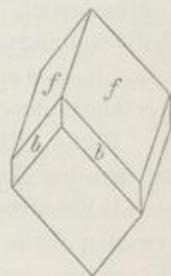


Fig. 124.



Von den 24 Flächen der zwölfseitigen Pyramide können der Hemiëdrie entsprechend zwölf vorhanden sein, während die andern zwölf fehlen. Da nun die zwölfseitige Pyramide in dem Raume, wo die sechsseitige Pyramide eine Fläche zeigt, deren zwei hat, so wird die hemiëdrische Form doppelt so viele Flächen haben als das Rhomboëder, indem statt jeder Fläche des Rhomboëders zwei Flächen auftreten. Diese zwölfblächige hemiëdrische Form wird das hexagonale Skalenoëder genannt. Fig. 125. Die herablaufenden Kanten sind abwechselnd gleich, während die Seitenkanten, welche wie beim Rhomboëder im Zickzack herumlaufen, alle untereinander gleich sind. Die Bezeichnung wird $\frac{1}{2}(na : pa : a' : mc) = \rho(h\bar{i}kl)$ lauten, und es werden wiederum zwei Stellungen zu unterscheiden sein.

Weil die Seitenkanten des Skalenoëders dieselbe Lage haben wie die eines Rhomboëders der gleichen Stellung, so gründet Naumann hierauf seine Bezeichnung, indem er für jedes Skalenoëder das Zeichen des eingeschriebenen Rhomboëders uR setzt und rechts eine Ziffer v hinzufügt, welche angibt, wie vielmal die Hauptaxe des Skalenoëders länger ist, als die jenes Rhomboëders, also uRv .

Für das Skalenoëder in Fig. 125 ist das eingeschriebene Rhomboëder das primäre Rhomboëder R , die Hauptaxe des Skalenoëders ist aber dreimal so lang, als jene von R , daher erhält dieses Skalenoëder das Zeichen $R3$. In Fig. 126 ist die Combination $R3$ mit R dargestellt. Fig. 127 gibt die Combination der Formen $R3$ und $\frac{1}{4}R3$, während Fig. 128 das Rhomboëder $4R$ mit $R3$ combinirt zeigt.

Fig. 125.

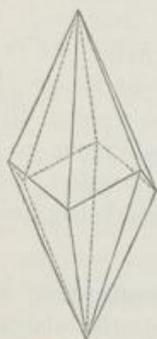


Fig. 126.

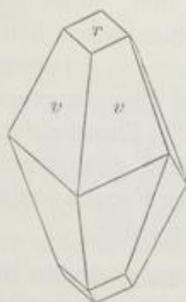


Fig. 127.

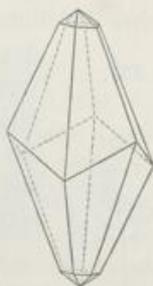


Fig. 128.



Um von dem Parametersymbol auf das Naumann'sche überzugehen, wählt man für die erstere Bezeichnung jene Flächen, deren zwei erste Parameter positiv sind, dann ergibt sich Folgendes:

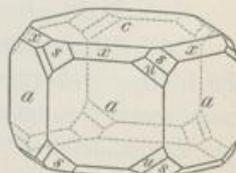
- Positive Rhomboëder $\frac{1}{2} (a : \infty a : a' : mc) = \rho (h0\bar{h}l) = mR$
- " Skalenoëder $\frac{1}{2} (na : pa : a' : mc) = \rho (hikl) = uRv$
- Negative Rhomboëder $\frac{1}{2} (\infty a : a : a' : mc) = \rho (0h\bar{h}l) = mR$
- " Skalenoëder $\frac{1}{2} (pa : na : a' : mc) = \rho (ih\bar{k}l) = -uRv$

worin $h > i$ $u = \frac{h-i}{l} = m \frac{2-n}{n}$ $v = \frac{h+i}{h-i} = \frac{n}{2-n}$

Miller geht bei der Behandlung der rhomboëdrischen und der hexagonalen Formen von dem Rhomboëder aus, welches ihm die drei Endflächenpaare darbietet, wonach den Kanten dieser Form parallel drei Axen gedacht werden, welche sich unter gleichen Winkeln schneiden. Das Rhomboëder ist sonach (100), das Pinakoid (111), das Prisma (211), das verwendete Prisma (101), das Rhomboëder $-\frac{1}{4}R$ wird zu (011), doch ist Miller genöthigt, die hexagonale Pyramide als Combination zweier Rhomboëder darzustellen, was unnatürlich ist.

41. Pyramidal-hemiëdrische Klasse. Jene Art der Hemiëdrie des hexagonalen Systems, welche die pyramidale genannt wird, macht sich darin geltend, dass die zwölf Räume zwischen den Hauptschnitten A und E blos abwechselnd gleich erscheinen. In diesen Räumen liegen die Normalen der Flächen, welche die zwölfseitige Pyramide und das zwölfseitige Prisma bilden. Diese liefern infolge der Hemiëdrie neue Formen und führen auf eine sechsseitige Pyramide und auf ein sechsseitiges Prisma, welche beide in einer Stellung erscheinen, die zwischen jener

Fig. 129.



der Pyramide und der verwendeten Pyramide liegt. Diese Art der Hemiëdrie wurde von Haidinger am Apatit erkannt. Fig 129 gibt einen Krystall dieses Minerals an, der ausser dem Prisma a , der Pyramide x und der Endfläche c auch die verwendete Pyramide s und die hemiëdrische Pyramide u zeigt. Letztere erhält die Bezeichnung π (1231).

42. Trapezoëdrisch-tetartoëdrische Klasse. Die Regel, nach welcher die Formen dieser Tetartoëdrie gebildet sind, lautet dahin, dass nach vorausgegangener rhomboëdrischer Ableitung an rhomboëdrischen Krystallen die zwischen

Fig. 130.

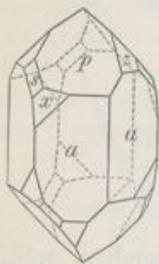


Fig. 131.



den Ebenen E gelegenen sechs Räume bloß abwechselnd gleich angenommen werden. Hiernach bleiben die Rhomboëder, das Prisma ∞R und das Pinakoid geometrisch unverändert, während alle übrigen Formen von der neuerlichen Hemiëdrie betroffen werden.

Ein Beispiel gibt der Bergkrystall, der zuweilen die in Fig. 130 und 131 dargestellte Combination darbietet. Hier erscheint ein Rhomboëder $p = R$, das Prisma $a = \infty R$ und das Rhomboëder $z = -R$ vollständig, während die

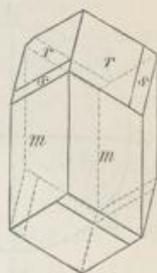
Skalenoëderflächen $x = 4R\frac{2}{3}$ bloß sechsmal auftreten, so dass diese Flächen für sich gedacht eine Gestalt liefern würden, welche von sechs Trapezflächen umschlossen wäre (Trapezoëder), ferner sieht man die Flächen der verwendeten Pyramide s auch nur sechsmal wiederkehren, so dass dieselben für sich eine trigonale Pyramide geben.

Die Formen, in welchen sich diese Art der Tetartoëdrie ausspricht, also im vorliegenden Beispiele die Flächen x und s , können wiederum entweder in der einen, der positiven Stellung auftreten oder in der anderen, der negativen. Eine Form mit positiven Flächen kann aber nicht durch eine Drehung dahin gebracht werden, dass sie nun der Form mit negativen Flächen gleicht, ebenso wenig findet das Umgekehrte statt. Die beiden correlaten Formen verhalten sich vielmehr zu einander wie die rechte Hand zur linken. Man hat also hier wiederum einen Fall der Enantiomorphie. Die beiden abgebildeten Formen des Quarzes sind enantiomorph, die erste stellt einen linken, die andere einen rechten Krystall dar.

43. Rhomboëdrisch-tetartoëdrische Klasse. Die Regel, nach welcher die hierher gehörigen Formen gebildet sind, kann so ausgedrückt werden, dass nach vorausgegangener rhomboëdrischer Ableitung die von den Hauptschnitten A und E gebildeten 12 Räume bloß abwechselnd gleich angenommen werden. Hiernach unterliegen die Formen der Skalenoëder, der verwendeten Pyramide und des zwölfseitigen Prisma einer neuerlichen Hemiëdrie, während die übrigen Formen geometrisch unverändert erscheinen.

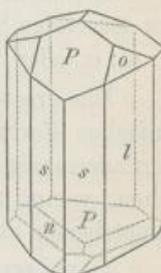
Ein Beispiel ist der Dioptaskrystall in Fig. 132, an welchem ein Rhomboeder r auftritt, welches als $-2R$ aufzufassen ist, weil die Flächen des Spaltungs-rhomboeders R seine Kanten abstumpfen, ferner das Prisma $m = \infty P2$, ausserdem aber noch die Flächen s beobachtet werden, welche letzteren dieselbe Lage haben, wie jene des Skalenoeders $-2R\frac{1}{2}$, dabei aber nur sechsmal auftreten, so dass sie für sich betrachtet ein Rhomboeder geben würden, welches eine Zwischenstellung hätte, die mit keiner Stellung der übrigen Rhomboeder übereinstimmt.

Fig. 132.



44. Rhomboëdrisch-hemimorphe Klasse. Ein ausgezeichnetes Beispiel aus dieser Abtheilung liefert der Turmalin, an welchem zuweilen die in Fig. 133 erscheinende Combination beobachtet wird. An dem oberen Ende des Krystalls treten die Flächen des Rhomboeders R und des negativen Rhomboeders $-2R$ auf, während am unteren Ende R mit $-\frac{1}{2}R$ combinirt ist. Die Prismenzone wird von den sechs Flächen des verwendeten Prisma, ferner von drei Flächen l gebildet, welche dieselbe Lage haben, wie das Prisma ∞R , welches durch die Hemimorphie diese Veränderung erfährt.

Fig. 133.



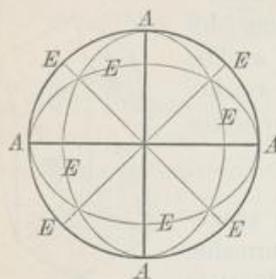
Der Hemimorphismus, welcher darauf beruht, dass die Hauptaxe nach oben und nach unten verschieden, also polar erscheint, wirkt demnach auf alle Flächen, welche zur Hauptaxe geneigt oder dazu senkrecht sind, in dem Sinne, dass er die obere und die untere Hälfte dieser Formen ungleich macht, er wirkt aber auch auf das Prisma, was durch den Anblick rhomboëdrischer Combinationen, z. B. Fig. 121, sogleich klar wird. Man erkennt hier, dass von den sechs Flächen des Prisma ∞R drei abwechselnde ein Eck nach oben kehren, während die anderen drei eine Seite nach oben wenden, dass also in Bezug auf den oberen Pol der Hauptaxe nur die abwechselnden Prismenflächen gleich sind. Wird dieser Pol von dem unteren verschieden, so zerfällt das Prisma in zwei ungleiche Hälften. Die Fortsetzung dieser Betrachtung lehrt, dass auch das zwölfseitige Prisma in zwei Hälften zerfällt, während das verwendete Prisma unverändert bleibt.

45. Tesserales System.¹⁾ Holoëdrische Klasse. Die Krystalle dieser Abtheilung erscheinen am regelmässigsten ausgebildet, da ihre Form auf neun Symmetrieebenen zurückzuführen ist. Diese zerfallen in drei untereinander gleiche Hauptschnitte, welche dieselbe Lage haben, wie die Hauptschnitte des rhombischen Systems, welche also auf einander senkrecht sind und mit A bezeichnet werden mögen, ferner in sechs gleiche Hauptschnitte, welche die rechten Winkel der vorigen halbiren und mit E bezeichnet sind. In Fig. 134 ist eine Kugel dargestellt, durch deren Centrum alle Hauptschnitte gehen. Die Linien, in welchen die Hauptschnitte A die Kugel treffen, sind stärker hervorgehoben, die zu den

¹⁾ Tessularisches System nach Werner, reguläres S. nach Weiss, isometrisches S. nach Hausmann, tesserales S. nach Naumann.

Hauptschnitten E gehörigen Linien sind schwächer angedeutet. Während im tetragonalen System bloß zwei Hauptschnitte A einander gleich waren und die dazu senkrechte Ebene ungleich (vergl. Fig. 97), sind hier alle drei einander gleich; während dort nur zwei fernere Hauptschnitte E in diagonalen Stellung hinzukamen, sind es hier sechs derlei Ebenen, welche die Winkel der vorigen halbiren. Das tesserale System erscheint also wie eine Vervollständigung des tetragonalen. Man findet aber auch leicht die Analogie mit den hexagonalen, speciell den rhomboëdrischen Krystallen, wofür man den Umstand berücksichtigt, dass die Hauptschnitte E sich auch unter Winkeln von 60° schneiden.

Fig. 134.



Die drei gleichen Hauptaxen A schneiden sich in drei aufeinander senkrechten Linien, welche zu Axen gewählt werden. Die drei rechtwinkligen Axen des tesseralen Systems sind sonach einander gleich und das Axenverhältnis lautet $a : a : a$, oder $1 : 1 : 1$.

Die grosse Zahl der Symmetrieebenen bringt es mit sich, dass die Zahl der einfachen Formen eine bedeutende ist. Es gibt Complexe zu sechs, acht, zwölf, vierundzwanzig und achtundvierzig Flächen. Man kann dieselben leichter übersehen, wenn man diejenigen Formen zuerst betrachtet, deren Flächen zu den Hauptebenen im einfachsten Verhältnis stehen.

a) Endflächen.

Hexaëder. Drei zu den Hauptebenen parallele Flächenpaare geben das Hexaëder oder den Würfel. Fig. 135. Derselbe hat durchwegs rechtwinklige Kanten und seine Flächen sind bei ebenmässiger Ausbildung des Krystalls Quadrate.

Fig. 135.

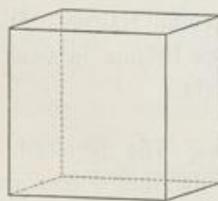


Fig. 136.

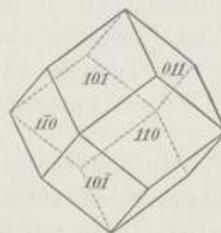
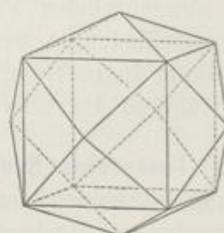


Fig. 137.



Die Kanten geben die Lage der Axen des tesseralen Systems an. Jede Fläche ist zwei Axen parallel, daher das Zeichen $(a : \infty a : \infty a) = (100) = \infty 0 \infty$. Man sieht, dass Naumann hier den Buchstaben O wählt (auf das Oktaëder bezüglich), und dass die Coëfficienten zu beiden Seiten desselben geschrieben werden, wobei für die Folge zu bemerken ist, dass bei Ungleichheit derselben der grössere links zu stehen kommt. Das Hexaëder ist eine häufig vorkommende Krystallform. Es tritt für sich am Bleiglanz, Fluorit, Steinsalz auf.

b) Prismenflächen.

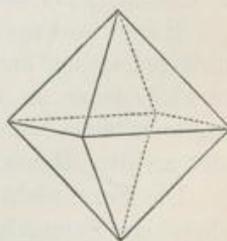
Rhombendodekaeder. Eine Fläche, die auf einer Hauptebene A senkrecht und gegen die beiden andern gleich geneigt, also einem Hauptschnitt E parallel ist, wird einer Axe parallel sein und zwei Axen in gleichen Entfernungen schneiden. Sie wird also zwischen den Aesten der Axen immer wiederkehren und im Ganzen zwölfmal auftreten. Dies führt auf das Rhombendodekaeder, Fig. 136, dessen Flächen bei ebenmässiger Ausbildung des Krystalls Rhomben sind, deren Diagonalen sich wie $1 : \sqrt{2}$ verhalten. Die Bezeichnung der Form ist $(a : a : \infty a) = (110) = \infty O$. Die Kanten messen 60° , wie z. B. die Kante $101 : 110$, dagegen sind zwei Flächen, welche in der Figur einander die Spitzen zuwenden, zu einander senkrecht, ihre Neigung beträgt also 90° , z. B. die Flächen $101 : 10\bar{1}$. Das Rhombendodekaeder tritt für sich am Granat, am Rothkupfererz auf. Wegen des häufigen Auftretens am Granat wurde die Form wohl auch Granatöeder genannt.

Tetrakisheptaeder. Jede Fläche, die auf einer Hauptebene senkrecht und gegen die beiden anderen ungleich geneigt ist, wird zweimal so oft auftreten, als die Fläche der vorigen Form. Dies gibt eine von vierundzwanzig Flächen begrenzte Form, das Tetrakisheptaeder, Fig. 137, welches so aussieht, als ob auf jede Fläche eines Würfels eine vierseitige Pyramide aufgesetzt worden wäre. Letztere kann etwas flacher oder etwas steiler sein. Die Form hat zweierlei Kanten, die einen hat sie mit dem Hexaeder gemein, die anderen sind jene, welche von der Spitze der genannten Pyramiden ausgehen. Jede Fläche ist einer Axe parallel, während sie die beiden anderen in ungleichen Entfernungen trifft, wonach die Bezeichnung $(a : na : \infty a) = (hk0) = \infty On$ wird. Die Form $(a : 3a : \infty a) = (310) = \infty O3$ ist am Fluorit öfter in Combination mit dem Würfel zu beobachten, $(210) = \infty O2$ am Gold u. s. w.

c) Pyramidenflächen.

Oktaeder. Eine zu den drei Hauptebenen gleich geneigte Fläche wird sich in jedem Octanten wiederholen, also ein Oktaeder liefern. Fig. 138: Bei ebenmässiger Ausbildung des Krystalls sind die Flächen dreiseitig, und zwar gleichseitige Dreiecke. Da die Flächen gegen die drei Axen gleich geneigt sind, folglich alle drei in gleichen Entfernungen treffen, so lautet die Bezeichnung $(a : a : a) = (111) = O$. Die Kanten sind unter einander gleich, und zwar messen dieselben $70^\circ 31' 44''$, z. B. die Kante $111 : 11\bar{1}$. Die Flächen, welche in der Fig. 138 die Spitzen gegen einander wenden, sind unter $109^\circ 28' 16''$ gegen einander geneigt, z. B. $111 : 1\bar{1}\bar{1}$. Das Oktaeder ist die einfachste aus Pyramidenflächen bestehende holoëdrische Form des tesserale Systems. Es tritt für sich häufig am Magnetit, Spinell, Gold, Alaun auf.

Fig. 138.



Triakisoktaeder. Eine Fläche, die gegen zwei Hauptebenen gleich, gegen die dritte anders geneigt ist, wird in jedem Octanten dreimal auftreten, gehört also jedenfalls einer vierundzwanzigflächigen Form an. Jede solche Fläche wird die Axen so treffen, dass zwei Parameter gleich sind, während der dritte davon

verschieden ist. Die Formen, welche durch solche Flächen gebildet werden, sind aber doch zweierlei.

Die eine, das Triakisoktaeder, Fig. 139, hat zweierlei Kanten, von denen die einen dieselbe Lage haben, wie die des Oktaeders. Die Form sieht so aus, als ob auf jede Oktaederfläche eine dreiseitige Pyramide aufgesetzt wäre, daher sie zuweilen Pyramidenoktaeder genannt wird. Jede ihrer Flächen trifft zwei Axen in einer kleineren, die dritte Axe in einer grösseren Entfernung, und zwar ist in dem Beispiel in Fig. 139 das Verhältniss 1 : 2, wonach ihr Symbol $(a : a : 2a) = (221) = 2O$. Flächen dieser Art kommen am Diamant, am Fluorit und Bleiglanz öfter vor.

Fig. 139.

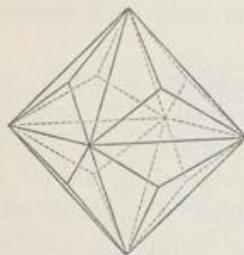


Fig. 140.

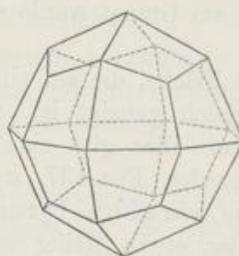
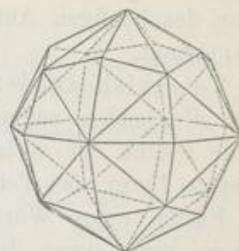


Fig. 141.



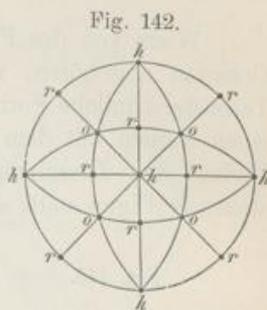
Ikositetraeder. Die andere hierher gehörige Form unterscheidet sich von der vorigen schon durch die Lage der Kanten, wie dies in Fig. 140 ersichtlich ist. Sie wird Ikositetraeder genannt. Bei ebenmässiger Ausbildung ist sie von vierundzwanzig Vierecken eingeschlossen, welche die Gestalt von Deltoiden haben. An diesen sind je zwei benachbarte Seiten gleich. Jede Fläche trifft eine Axe in der kleineren, die beiden anderen in grösserer Entfernung. An der Form in Fig. 140 ist das Verhältniss 1 : 2, wonach die Bezeichnung $a : 2a : 2a$, oder was dasselbe ist, $(\frac{1}{2}a : a : a) = (211) = 2O2$. Am Ikositetraeder unterscheidet man wiederum zweierlei Kanten; jene, welche zu dreien zusammentreffen, verursachen den Eindruck, als ob auch hier eine dreiseitige Pyramide auf die Oktaederfläche aufgesetzt wäre, jedoch in verwendeter Stellung in Bezug auf die vorige Form. Die Gestalt (211) kommt für sich am Granat und Analcim vor.

Hexakisoktaeder. Eine Fläche, welche gegen alle drei Hauptebenen ungleich geneigt ist, erscheint auch gegen die übrigen Hauptschnitte ungleich geneigt. Sie wird daher so vielmal auftreten, als Räume durch die sämtlichen Hauptschnitte gebildet werden (vide Fig. 134), nämlich achtundvierzigmal. Dieser Fall findet an dem Hexakisoktaeder statt. Fig. 141.

Die Form sieht ungefähr so aus wie ein Oktaeder, auf dessen Fläche eine sechsseitige Pyramide aufgesetzt ist. Letztere hat abwechselnd gleiche, also drei und drei gleiche Kanten und um die Basis der Pyramide laufen andere, aber untereinander gleiche Kanten, somit hat die Gestalt dreierlei Kanten. Sie hat ferner eine Aehnlichkeit mit dem Rhombendodekaeder, indem gleichsam auf jede Fläche des letzteren eine vierseitige Pyramide aufgesetzt erscheint, und ebenso wird man leicht die Aehnlichkeit mit dem Ikositetraeder, Triakisoktaeder, kurz

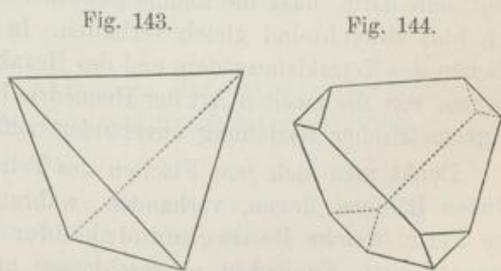
mit allen bisher betrachteten Formen des tesseralen Systems herausfinden. Die Bezeichnung wird lauten $(a : na : ma) = (hkl) = mOn$, und dieses Zeichen spricht ebenfalls den Zusammenhang dieser Form mit allen anderen zuvor betrachteten aus, indem in dem Symbol (hkl) bloß ein Werth = 0 oder zwei Werthe gleich gesetzt zu werden brauchen u. s. w., um die Symbole der übrigen Formen zu erhalten. Die Form in Fig. 141 ist $(632) = 3O2$. Am Diamant, am Fluorit, kommt die Form (421) für sich vor. Im übrigen zeigen sich auch Hexakisoktaëder, die andere Indices haben.

In der beistehenden Fig. 142 ist die sphärische Projection der Flächen des Hexaëders h , des Rhombendodekaëders r und des Oktaëders o , also aller constanten Formen sammt den entsprechenden Zonen dargestellt. Es ist nun leicht zu erkennen, wo sich die übrigen Formen projiciren werden. Die Flächen der möglichen Tetrakishexaëder zwischen r und h , die aller Triakisoktaëder zwischen r und o , die aller Ikositetraëder zwischen h und o , die aller Hexakisoktaëder in den Räumen zwischen den benachbarten hro .



46. Tetraëdrisch-hemiëdrische Klasse. Diese Hemiëdrie macht sich darin geltend, dass die von den Hauptebenen gebildeten Octanten bloß abwechselnd gleich erscheinen. Es ist also dieselbe Regel, welche schon im rhombischen und im tetragonalen System beobachtet wurde. Da nun die Normalen der Flächen des Oktaëders, des Triakisoktaëders, Ikositetraëders und des Hexakisoktaëders in diese Räume fallen, so werden die genannten Formen von dieser Art der Hemiëdrie betroffen. In den tetraëdrischen Formen sind die sechs Symmetrieebenen E erhalten, die anderen drei fehlen.

Denkt man sich von den acht Flächen des Oktaëders bloß die abwechselnden vier vorhanden, so gelangt man zu dem Tetraëder, Fig. 143, einer Form, die



von vier gleichseitigen Dreiecken umschlossen ist, und deren sechs Kanten $109^\circ 28' 16''$ messen. Es ist die einzige Krystallform, welche nicht durch Verzerrung geändert werden kann. Man hat, wenn es nöthig ist, ein positives und ein negatives Tetraëder zu unterscheiden, also $z(111)$ u. $z(\bar{1}\bar{1}\bar{1})$ oder $\frac{O}{2}$ und $-\frac{O}{2}$.

Fig. 144 ist die Combination dieser beiden Formen. Das Tetraëder kommt selbstständig am Fahlerz und am Helvin vor.

Wird bezüglich des Triakisoktaëders dasselbe Verfahren beobachtet, werden also die Flächen, welche in den einen Octanten fallen, vorhanden gedacht, während die des nächsten fehlen u. s. f., so gelangt man zu dem Deltoid-Dodekaëder,

Fig. 145, dessen zwölf Flächen Deltoide sind und welches zweierlei Kanten besitzt. An dem Lauf jener Kanten, welche zu dreien zusammentreffen, erkennt man leicht die Zugehörigkeit zu dem Triakisoktaeder. Die Form ist eine variable, die bestehende Figur ist $\alpha(332) = \frac{\infty O}{2}$.

Wenn von den Flächen des Ikositetraeders diejenigen, welche abwechselnden Octanten angehören, vorhanden gedacht werden, so erhält man wiederum eine Tetraeder-ähnliche Form, nämlich das Trigondodekaeder Fig. 146, welches die einen Kanten mit dem Tetraeder gemein hat, während die anderen durch ihren Verlauf den Zusammenhang mit dem Ikositetraeder erkennen lassen. Die bestehende Figur stellt die Form $\alpha(211)$ dar.

Fig. 145.

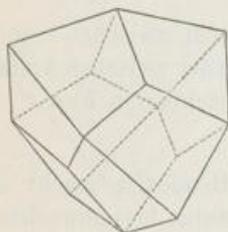


Fig. 146.

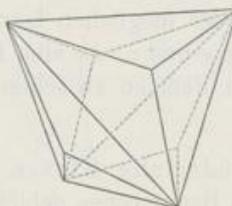
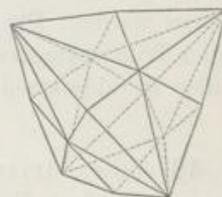


Fig. 147.



Das Hexakisoktaeder leitet endlich zu einer hemiedrischen Form, welche Hexakistetraeder genannt wird, Fig. 147, und welche von dreierlei Kanten eingeschlossen ist. Die Bezeichnung der Form, welche in der bestehenden Figur dargestellt ist, lautet $\alpha(654)$. Die letztgenannten hemiedrischen Formen können alle in der einen, der positiven, sowie in der anderen, der negativen Stellung auftreten, und kommen vorzugsweise am Fahlerz vor.

47. Pyritoëdrisch-hemiëdrische Klasse. Die zweite Art der Hemiëdrie zeigt sich darin, dass die Räume zwischen den sechs Hauptschnitten zweiter Art E sich bloß abwechselnd gleich verhalten. In diese Räume fallen die Normalen der Flächen des Tetrakishexaeders und des Hexakisoktaeders, daher werden diese beiden Formen von der zweiten Art der Hemiëdrie betroffen, während alle übrigen Formen in geometrischer Beziehung unverändert auftreten.

Denkt man sich jene Flächen des Tetrakishexaeders, welche in den abwechselnden Räumen liegen, vorhanden, während die anderen fehlen, so erhält man eine Form, welche Pentagondodekaeder heisst. Fig. 148. Sie wird von zwölf symmetrischen Fünfecken eingeschlossen und hat zweierlei Kanten, indem diejenigen, welche je einer Axe parallel liegen, von den anderen Kanten verschieden sind. Man kann auch hier zwei Formen unterscheiden, eine positive und eine negative. Die Bezeichnung erfolgt in der Weise, dass dem Symbol des Tetrakishexaeders π vorgesetzt wird, weil die Form eine parallelfächige ist. Fig. 148 stellt $\pi(210)$ oder $\frac{\infty O2}{2}$ dar. In Fig. 149 hat man ausserdem $\pi(201) = -\frac{\infty O2}{2}$.

Die Flächen des Hexakisoktaeders liefern bei dieser Art der Hemiëdrie eine vierundzwanzigflächige Form, welche Dyakisdodekaëder oder Diploëder genannt wird und welche dreierlei Kanten besitzt. Fig. 150. Man erkennt eine Aehnlichkeit mit dem Pentagondodekaëder, ebenso mit dem Ikositetraëder.

Fig. 148.

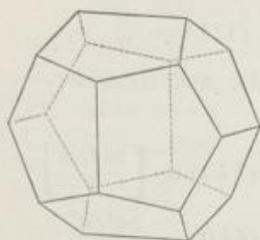


Fig. 149.

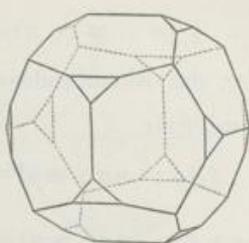
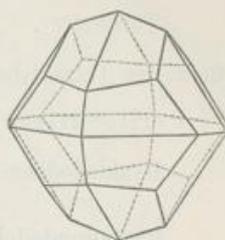


Fig. 150.



Die Bezeichnung entspricht der vorigen, jedoch wird das Naumann'sche Symbol mit einer Parenthese versehen, um die Verwechslung mit dem Hexakis-tetraëder zu vermeiden. Fig. 150 stellt die Form $\pi (321) = \left[\frac{30\frac{3}{2}}{2} \right]$ vor.

In den pyritoëdrischen Formen sind die drei Symmetrieebenen *A* erhalten, die sechs übrigen fehlen.

Es gibt auch noch eine dritte Art der Hemiëdrie, die plagiëdrische oder gyroëdrische, welche darin beruht, dass von den 48 Krystallräumen, welche durch die Ebenen *A* und *E* gebildet werden (Fig. 134), sich nur die abwechselnden gleich verhalten. Dieselbe wurde vom Autor an künstlichen Salmiakkrystallen nachgewiesen. Auch die im tesserale System mögliche Tetartoëdrie, welche sich daraus ergibt, findet sich nach Miers an einem Mineral, dem Ullmannit, ausgesprochen.

48. Im Folgenden hat man eine Uebersicht der im tesserale System auftretenden Formen und deren Symbole. Alle sind geschlossene Formen.

A) Holoëdrie.

Hexakisoktaëder	$(a : na : ma) = (hkl) = mOn$
Ikositetraëder	$(a : ma : ma) = (hkk) = mOm$
Triakisoktaëder	$(a : a : ma) = (hhk) = mO$
Tetrakisoktaëder	$(a : na : \infty a) = (hk0) = \infty On$
Oktaëder	$(a : a : a) = (111) = O$
Rhombendodekaëder	$(a : a : \infty a) = (110) = \infty O$
Hexaëder	$(a : \infty a : \infty a) = (100) = \infty O\infty$

B) Tetraëdrische Hemiëdrie.

$$\text{Hexakistetraëder} \quad . \quad \frac{1}{2} (a : na : ma) = \alpha (hkl) = \frac{mOn}{2}$$

$$\text{Trigondodekaëder} \quad . \quad \frac{1}{2} (a : ma : ma) = \alpha (hkk) = \frac{mOm}{2}$$

$$\text{Deltoiddodekaëder} \quad . \quad \frac{1}{2} (a : a : ma) = \alpha (hhk) = \frac{mO}{2}$$

$$\text{Tetraëder} \quad . \quad . \quad . \quad \frac{1}{2} (a : a : a) = \alpha (111) = \frac{O}{2}$$

Ausserdem das Tetrakishexaëder, das Rhombendodekaëder und Hexaëder.

C) Pyritoëdrische Hemiëdrie.

$$\text{Dyakisdodekaëder} \quad . \quad \frac{1}{2} [a : na : ma] = \pi (hkl) = \left[\frac{mOn}{2} \right]$$

$$\text{Pentagondodekaëder} \quad \frac{1}{2} (a : na : \infty a) = \pi (hko) = \frac{\infty On}{2}$$

Ausserdem das Ikositetraëder, Triakisoktaëder, das Oktaëder, Rhombendodekaëder und Hexaëder.

49. Combinationen. Die Zahl der Combinationen, welche an Mineralen des tesseralen Systems vorkommen, ist begreiflicherweise eine sehr grosse, doch sind die meisten derselben leicht aufzulösen. Hier mögen einige einfache Beispiele angeführt werden.

Fig. 151.

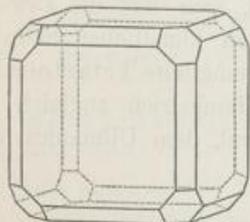


Fig. 152.

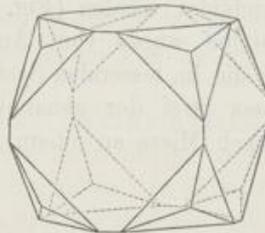
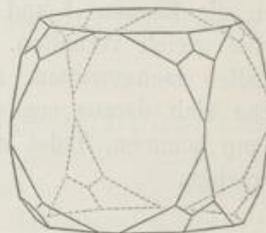


Fig. 153.



In Fig. 151 ist das Hexaëder vorwaltend, die Kanten desselben erscheinen durch die Flächen des Rhombendodekaëders, die Ecken aber durch die des Oktaëders abgestumpft. In Fig. 152 gesellt sich zum Hexaëder das Ikositetraëder $(211) = 2O2$, welches die Ecken von den Flächen her abstumpft, übrigens leicht an dem Laufe der Kanten erkannt wird. Fig. 153 zeigt die Combination des Hexaëders mit dem Triakisoktaëder $(221) = 2O$, welches die Ecken von den Kanten her abstumpft und gleichfalls am leichtesten durch den Verlauf seiner Kanten als solches erkannt werden kann. Fig. 154 bietet die Abstumpfung der Kanten des Oktaëders durch die Flächen des Rhombendodekaëders dar, während Fig. 155 die Combination des Oktaëders mit einem Ikositetraëder, und zwar mit dem gewöhnlich vorkommenden $(211) = 2O2$ darstellt.

Fig. 156 zeigt die Abstumpfung der Kanten des Rhombendodekaäders durch ein Ikositetraeder, dessen Symbol aus den vorhandenen Zonen leicht bestimmt wird. Dieses lautet wiederum (211).

In Fig. 157 wird die Abstumpfung der Kanten des Tetraäders durch die Flächen des Hexaäders, in Fig. 158 die Combination des Tetraäders mit dem

Fig. 154.

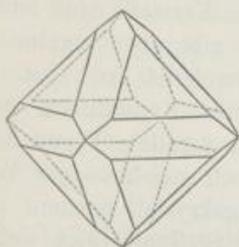


Fig. 155.

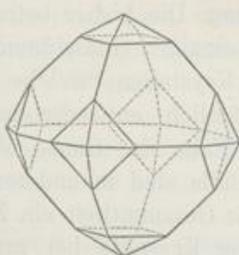
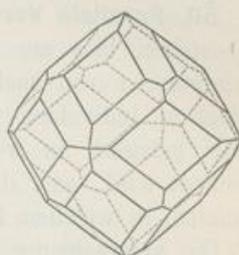


Fig. 156.



Rhombendodekaeder dargestellt. Dass hier nicht etwa die Combination des Tetraäders mit einem Deltoiddodekaeder vorliegt, ergibt die Betrachtung der von drei kleinen Flächen eingeschlossenen Ecken, welche mit den entsprechenden des Rhomben-

Fig. 157.

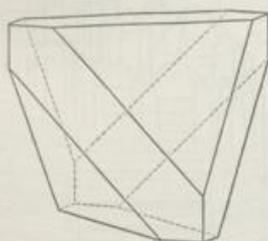
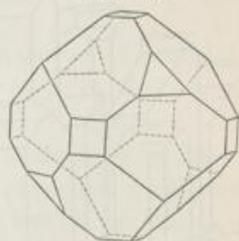


Fig. 158.



Fig. 159.



dodekaäders gleich sind. Die Fig. 159 lässt die Flächen des Rhombendodekaäders und des Hexaäders leicht erkennen, doch treten auch die Flächen eines Tetraäders als kleine Dreiecke hinzu.

Fig. 160.

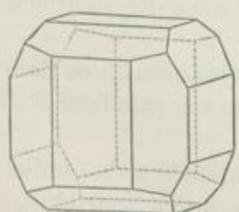


Fig. 161.

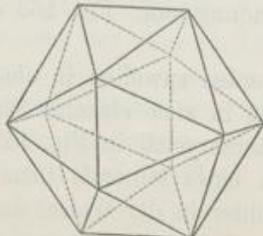
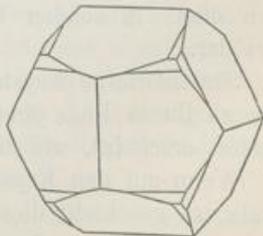


Fig. 162.



Das Hexaeder in Combination mit dem Pentagondodekaeder erscheint in Fig. 160, während in der nächsten Fig. 161 das gleiche Pentagondodekaeder, nämlich π (210), mit dem Oktaeder combinirt dargestellt ist. Die letztere Com-

ination erinnert an das Ikosaëder der Geometrie, weil es, wie dieses von zwanzig Dreiecken eingeschlossen wird, aber beim Ikosaëder sind die Dreiecke alle gleich, hier dagegen sind sie von zweierlei Art. Die Fig. 162 gibt die Combination des genannten Pentagonododekaëders mit einem Dyakisdodekaëder, dessen Symbol aus den Zonen zu $\pi (421)$ oder $\left[\frac{402}{2} \right]$ bestimmt wird.

50. Parallele Verwachsung. Die bisher betrachteten Krystalle sind einfach, sie bestehen blos aus einem einzigen Individuum. Es gibt aber regelmässige Vereinigungen von mehreren Krystallen, welche von zweierlei Art sind. Die vereinigten Individuen sind nämlich entweder nach ihrer Krystallform genau parallel gelagert, in welchem Falle das Ganze als eine parallele Verwachsung bezeichnet wird, oder die Krystalle sind in anderer, jedoch regelmässiger Weise verbunden, in welchem Falle die Gesamtheit ein Zwillingkrystall genannt wird.

Die Verwachsung mehrerer Krystalle bei paralleler Stellung zeigt sich in verschiedener Weise, je nachdem die letzteren grösser oder kleiner, gleich oder ungleich sind. Wenn mehrere Krystalle in paralleler Stellung verbunden erscheinen,

Fig. 163.

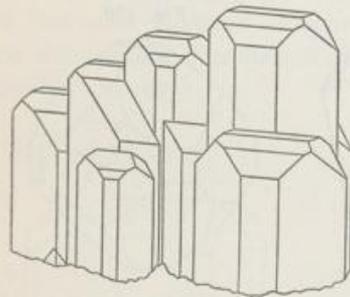


Fig. 164.

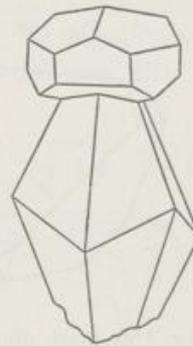
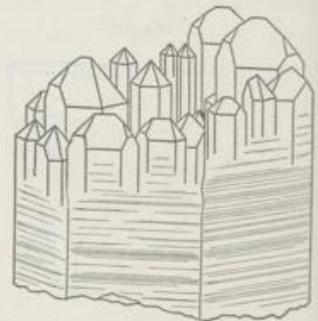


Fig. 165.



ohne dass sie durch gleiche Grösse oder innige Verwachsung eine charakteristische Gesamtforn darbieten, so kann man eine solche Vereinigung einen Krystallstock nennen. Würfel von Steinsalz, Krystalle von Quarz, Feldspath, Kalkspath treten öfters in solcher Verbindung auf. Fig. 163 stellt einen Krystallstock von Baryt dar.

Säulenförmige Krystalle enden zuweilen in einen Krystallstock, so dass die Säule an ihrem Ende pinselartig in viele einzelne Säulchen von paralleler Stellung aufgelöst erscheint, wie der Quarzkrystall in Fig. 165.

Wenn auf den Krystallen eines Minerals neue Individuen sich parallel ansiedeln, so geschieht dies mitunter in der Weise, dass die neuen Individuen sich einzeln auf jeden vorhandenen Krystall ansetzen, wobei sie entweder dieselbe Combination wiederholen oder eine andere Combination ausbilden. Auf Skalenoëdern von Calcit z. B. findet man an der Spitze einen Krystall desselben Minerals von der Form $-\frac{1}{2} R \infty R$ parallel angesetzt. Fig. 164.

Häufig zeigen Krystalle nach allen Richtungen in ihrer äusseren Schichte eine Bildung vieler kleiner Individuen in paralleler Stellung. Solche Bildungen machen den Eindruck, als ob ein grösserer Krystall aus vielen kleineren zusammengesetzt wäre, jedoch ist dies nur scheinbar und sollte niemals in diesem Sinne aufgefasst werden, denn im Innern ist der Krystall ein geschlossenes Ganzes, in der oberen Schichte aber geht er in einen Krystallstock, also in viele getrennte Individuen aus. So bildet der Fluorit öfters Oktaëder, welche äusserlich aus vielen kleinen Würfeln zusammengesetzt erscheinen, etwa so wie in Fig. 30 auf pag. 28, oder er bildet Würfel, welche aus kleinen Tetrakishexaëdern zusammengefügt erscheinen. Der Calcit bildet öfters Rhomboëder $-\frac{1}{2}R$, welche so aussehen, als ob sie aus vielen kleinen Rhomboëdern derselben Art aufgebaut wären; man findet aber auch öfters Skalenoëder $R3$, welche äusserlich aus vielen kleinen Krystallen der Form $-\frac{1}{2}R \infty R$ bestehen u. s. w.

51. Zwillingskrystalle. Unter diesem Ausdrucke versteht man die regelmässigen Verwachsungen je zweier vollkommen gleicher Krystallindividuen in unparalleler Stellung oder je zweier spiegelbildlich gleicher (enantiomorpher) Krystallindividuen in entsprechender Stellung. Die Regelmässigkeit der Verwachsung besteht darin, dass die beiden Krystalle immer mindestens eine gleichartige Krystallfläche gemein haben und dass ausserdem

- a) eine in jener Fläche liegende gleichartige Kante an beiden Krystallen dieselbe Lage hat oder aber
- b) dass zwei in jener Fläche liegende Kanten wechselweise parallel sind.

Die genannte Fläche und jene Kanten sind entweder an den einzelnen Individuen ausgebildet oder sie sind an denselben möglich. An dem Zwillingskrystall von Gyps, Fig. 167, sieht man zwei monokline Individuen in einer unparallelen Stellung so verwachsen, dass sie die Querfläche $a = 100$ gemeinschaftlich haben, und dass auch die in dieser Fläche liegenden aufrechten Kanten $a : m$ oder $m : b$ an beiden parallel sind. In dem Zwillingskrystall von Hydrargyllit, Fig. 175, erscheinen zwei monokline Individuen in unparalleler Stellung verwachsen derart, dass sie die Endfläche c gemein haben und gleichzeitig die Kanten $c : a$ und $c : m$ wechselweise parallel sind. Fig. 205 auf Seite 89 zeigt einen Fall der Verwachsung zweier enantiomorpher Individuen in den entsprechenden Stellungen.

Um von der Stellung des einen Individuums zu der des zweiten zu gelangen, kann man sich in allen Zwillingen vollkommen gleicher Individuen zuerst beide in paralleler Stellung, hierauf aber das eine um 180° , und zwar so gedreht denken, dass die geforderte Lage eintritt. Die Linie, welche in diesem Falle als Drehungsaxe fungirt, wird die Zwillingensaxe genannt. In Fig. 167 ist die Zwillingensaxe horizontal und ist senkrecht zur Querfläche 100. Auf die halbe Drehung bezieht sich auch der Ausdruck Hemitropie, welchen Hauy eingeführt hat.

Die Vorstellung einer Drehung um 180° ist bloss ein didaktisches Hilfsmittel, welches insoferne ganz zweckmässig erscheint, als man dadurch die meisten Zwillinge nachbilden kann. Bei den Zwillingen enantiomorpher und überhaupt correlater Formen kommt eine solche Drehung nicht in Betracht, die beiden Stellungen ergeben sich hier durch die geometrische Ableitung.

Die Ebene, zu welcher die Zwillingaxe senkrecht ist, wird die Zwillingsebene genannt. In allen Zwillingen parallelfächiger Individuen sind diese zur Zwillingsebene erkennbar symmetrisch gelagert oder die symmetrische Lagerung wird ersichtlich, nachdem der eine Krystall parallel mit sich selbst verschoben worden. In dem Gypszwilling, Fig. 167, sind die Theilkrystalle symmetrisch zur Zwillingsebene 100 gelagert, in dem Anorthitzwilling, Fig. 170, ist die Symmetrie nicht augenscheinlich, wohl aber nachdem der obere Theilkrystall parallel mit sich selbst verschoben und an den unteren angesetzt worden, Fig. 169. Dem Gesagten zufolge kann die Zwillingsebene in dem einzelnen Individuum kein Hauptschnitt sein, denn sonst wäre die Verbindung beider kein Zwilling, sondern eine parallele Verwachsung.

Fig. 166.

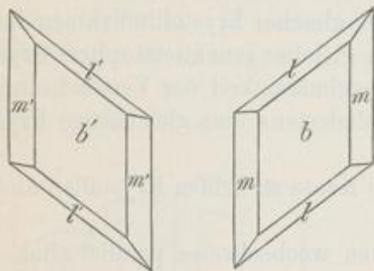


Fig. 167.

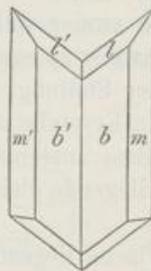
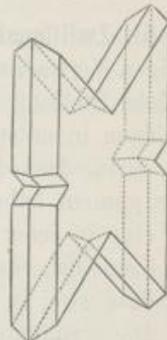


Fig. 168.



Die Zwillingsebene ist mit jener Krystallfläche, welche beiden Individuen des Zwillings gemein ist, entweder identisch, wie im vorgenannten Gypszwilling, oder sie ist zu derselben senkrecht, ohne dabei parallel irgend einer Krystallfläche zu liegen. Im letzteren Falle kann sie zu der gemeinschaftlichen Kante senkrecht oder parallel sein.

Die Verwachsungsarten der Individuen an den Zwillingen sind demnach vier:

1. Die Zwillingsebene ist einer möglichen Krystallfläche parallel. Das Beispiel des Gypszwilling, Fig. 167, gehört hierher. In diesem Falle ist also die Zwillingaxe senkrecht zu einer möglichen Krystallfläche.

2. Die Zwillingsebene ist senkrecht zu einer möglichen Kante. Die Zwillingaxe ist sodann parallel zu einer möglichen Kante, also zu einer möglichen Zone. In dem idealisirten Zwilling von Anorthit, Fig. 169, hat die Zwillingsebene eine zur Kante Pt senkrechte Lage. Die Zwillingaxe ist der Zone $Pthy$ parallel.

3. Die Zwillingsebene ist zu einer möglichen Krystallfläche senkrecht und zugleich parallel einer in dieser liegenden Kante. In dem idealisirten Glimmerzwilling, Fig. 171, erscheint die Zwillingsebene in der Zone com und senkrecht gegen c . Hier ist die Zwillingsebene in einer möglichen Zone gelegen. Die Zwillingaxe ist senkrecht zu einer Kante und liegt in einer möglichen Krystallfläche.

4. Die Zwillingsebene ist zu einer möglichen Krystallfläche senkrecht und gegen zwei in dieser liegende Kanten gleich geneigt. Fig. 173 gibt das Schema

Fig. 169.

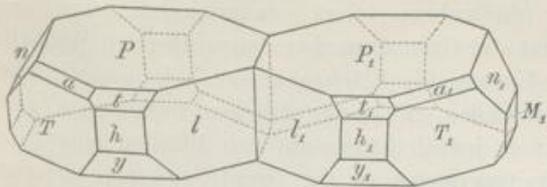


Fig. 170.

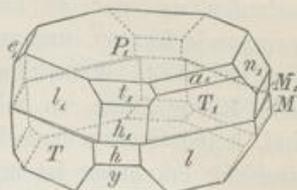


Fig. 171.

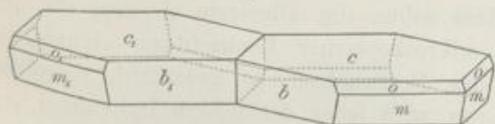


Fig. 172.

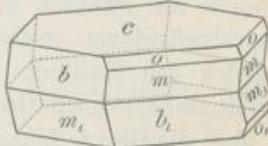


Fig. 173.

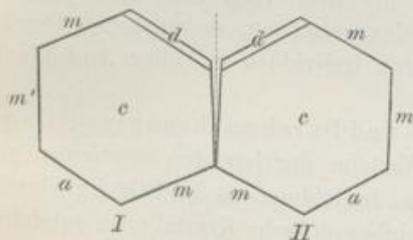


Fig. 174.

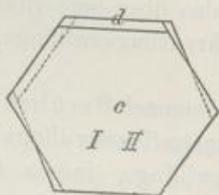
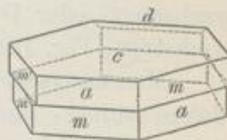


Fig. 175.



eines Hydrargyllit-Zwillings. Die als punktirtre Linie gezeichnete Zwillingsebene ist senkrecht zu c und gegen die Kanten a und m gleich geneigt. Eine zur punktirtren Linie parallele Gerade halbirt den Winkel zwischen a und m . Dem entsprechend ist die Kante m des ersten Krystals parallel der Kante a des zweiten und die Kante a des ersten parallel der Kante m des zweiten, d. i., die Kanten a und m sind wechselweise parallel.

Die Zwillingsebene ist meistens nur zu solchen Krystallflächen parallel oder normal, welche die einfachsten Indices haben, also den primären Flächen. Wenn eine Zone in Betracht kommt, ist es gleichfalls meist eine solche, deren Zeichen blos einfache Indices enthält.

Die Grenze der beiden Individuen eines Zwillings wird häufig von der Zwillingsebene gebildet. Man sagt sodann, die Zwillingsebene sei zugleich die Berührungs- oder Zusammensetzungsfläche. Zuweilen aber berühren sich beide Individuen in einer zur Zwillingsebene senkrechten Fläche. Fig. 170 stellt einen Anorthitzwilling in der thatsächlich beobachteten Verwachsung vor. Die Individuen berühren sich nicht an der Zwillingsebene, wie es die frühere Figur angibt, sondern in einer dazu senkrechten Fläche. Ebenso verhält es sich bei dem Glimmerzwilling in Fig. 172 und dem Hydrargyllit-Zwilling, der in Fig. 174

von oben gesehen, in Fig. 175 von der Seite gesehen dargestellt ist. In vielen Zwillingen berühren sich die Individuen in einer anderen oder aber in einer völlig unebenen Fläche.

Ist die Zusammensetzungsfläche in einem Zwillingkrystall eine ebene, so verlaufen an der Grenze beider Individuen öfters einspringende und auspringende Kanten, und man erkennt die Grenze an den einspringenden Winkeln. Fig. 167, 172. Wenn aber an der Grenze die Flächen beider Individuen in dieselbe Ebene fallen, so wird in den Fällen, als beide Flächen vollkommen glatt sind, keine Grenze bemerkbar sein; da jedoch häufig auf den Flächen eine feine Streifung erkennbar ist und die Streifensysteme an der Grenze zusammenstossen, so wird die letztere als Zwillingnaht hervortreten.

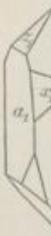
Die Zwillinge bilden sich nicht etwa aus früher getrennten Individuen, sondern sie wachsen in der Weise, dass schon die allererste Anlage als ein Doppelindividuum erscheint. Auch bei mikroskopischer Beobachtung sieht man sogleich den Zwilling. Wenn hierauf das Fortwachsen so geschieht, dass die Zwillingsebene auch Grenzebene bleibt, so wird jedes der beiden Individuen, da es über die Grenze hinaus sich nicht ausbildet, für sich betrachtet wie ein halber Krystall aussehen, es wird verkürzt erscheinen, Fig. 167. Wenn hingegen die Zwillingsebene nicht Grenze bleibt, sondern die Individuen sich auch jenseits derselben vergrößern, also über jene Ebene hinauswachsen, so entstehen Durchwachsungs- oder Durchkreuzungszwillinge, deren Individuen in voller Ausbildung erscheinen, Fig. 168.

Man unterscheidet demnach Berührungs- und Durchwachsungszwillinge (Juxtapositions- und Penetrationszwillinge). Manche der letzteren erscheinen als wahre Durchdringungszwillinge, indem beide Individuen so vollständig durch einander wachsen, dass nach aussen eine scheinbar einfache Krystallform entsteht. (Quarz, Fig. 203 und 204.)

Zwillingkrystalle, welche aus hemiëdrischen, tetartoëdrischen oder hemimorphen Individuen bestehen, können gleiche oder enantiomorphe Individuen enthalten. Der Zwilling zweier Tetraëder kann aus zwei positiven oder aus zwei negativen Tetraëdern gebildet sein. Diese beiden Fälle würden Zwillinge darstellen, die in geometrischer und in physikalischer Beziehung symmetrische wären. Aber auch der Zwilling aus einem positiven und einem negativen Tetraëder ist denkbar. Dieser würde blos in geometrischer Hinsicht symmetrisch sein. Anders ist es bei den Zwillingen enantiomorpher Individuen. Zwei gleichartige Krystalle, z. B. zwei linke Quarzkrystalle wie in Fig. 176, geben einen unsymmetrischen Zwilling, die Verwachsung eines linken und eines rechten Krystalls liefert hingegen einen symmetrischen Zwilling, Fig. 205. In allen hiehergehörigen symmetrischen Zwillingen ist die gemeinschaftliche Fläche einer solchen Ebene parallel, welche in den entsprechenden holoëdrischen Krystallen ein Hauptschnitt ist. Dadurch wird gleichsam die bei der Hemiëdrie verlorene Symmetrie wiederhergestellt und die Einzelkrystalle befinden sich in correlaten Stellungen. Derlei Zwillinge nannte Haidinger *Ergänzungszwillinge*. Fig. 178 stellt einen am Diamant vorkommenden Durchdringungszwilling zweier Tetraëder vor. Zwillingsebene ist eine Würfeläche. Obwohl beide Tetraëder positive sind, befinden sie sich doch in den abwechselnden Stellungen.

Der g
Kryst
auch

diese
sich
ohne
Fig. 1
gesetz
kann
zwill



nicht
aber
Forts

Geset
duum
ein fr
Albit
einan
Stell
stück
der
endli
lich
bezei
Wie
dass
also

bildu
als

Der gemeinschaftliche Kern beider ist ein Oktaëder, daher man sagte, die beiden Krystalle ergänzen einander zu einem Oktaëder. Hierher gehörige Beispiele sind auch der Quarzzwilling in Fig. 205, der Zwilling von Kieselgalmei in Fig. 195.

Eine und dieselbe Zwillingsbildung wiederholt sich zuweilen, und zwar kann diese fortgesetzte Bildung in zweierlei Weise geschehen. Im ersten Falle setzt sich an das zweite Individuum ein drittes nach dem gleichen Zwillingsgesetz an, ohne jedoch dem ersten Individuum parallel zu sein, und es entsteht ein Drilling, Fig. 177, Rutil. Die Vereinigung von vier Individuen nach dem gleichen Zwillingsgesetz und ohne Parallelismus der Individuen liefert einen Vierling u. s. f. Man kann derlei unparallele Fortsetzungen derselben Zwillingsbildung als Wendezwillinge bezeichnen. Die Erscheinung beruht darauf, dass bei der Fortsetzung

Fig. 176.

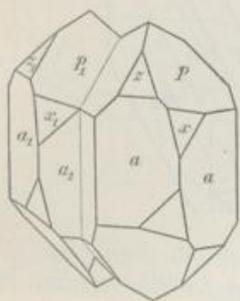


Fig. 177.

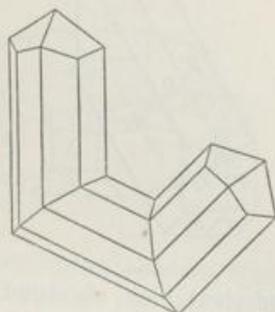
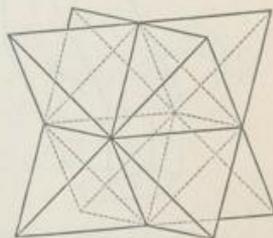


Fig. 178.



nicht dieselbe Krystallfläche Zwillingsfläche bleibt, sondern eine andere, welche aber mit der vorigen krystallographisch gleichwerthig ist; z. B. 110 und 110. Derlei Fortsetzungen liefern öfter fächerförmige oder radförmige Bildungen wie Fig. 193.

Im zweiten Falle setzt sich an das zweite Individuum nach demselben Gesetze ein drittes, dessen Stellung aber dieselbe ist wie die des ersten Individuums, ferner ein viertes Individuum, dessen Stellung dieselbe wie die des zweiten, ein fünftes, dessen Stellung dieselbe wie die des ersten und dritten u. s. f. Fig. 181. Albit. Wenn bei dieser Art der Zwillingsbildung die Zusammensetzungsflächen einander parallel sind, so kann die Wiederholung der Individuen in abwechselnder Stellung vielfach stattfinden, wodurch polysynthetische Zwillinge oder Zwillingsstöcke gebildet werden, die an den Seiten eine Wiederholung ein- und ausspringender Winkel darbieten. Werden dabei die einzelnen Individuen blattartig dünn und endlich ungemein dünn, so werden die ein- und ausspringenden Kanten schliesslich nur als feine Riefen erscheinen, welche Erscheinung als Zwillingsstriefung bezeichnet wird, während sie besser Zwillingsriefung zu nennen ist. Bei den Wiederholungszwillingen ist, wie man leicht erkennt, die Fortsetzung derart, dass stets genau dieselbe Krystallfläche als Zwillingsfläche fungirt, die Fortsetzung also eine parallele ist.

52. Beispiele. In jedem der Krystallsysteme gibt es Fälle von Zwillingsbildungen, und zwar sowohl von solchen, die nur aus Doppelindividuen bestehen, als auch von mehrfach zusammengesetzten Zwillingen.

Unter den triklin krystallisirten Mineralen zeigt der Albit fast immer eine Zwillingbildung nach dem Gesetze: Zwillingsebene die Längsfläche $M = (010)$. Die Verwachsung erfolgt an derselben Fläche. Die Fig. 179 stellt einen einfachen Krystall dar, an welchem die Endfläche P , die Längsfläche M , ferner die Prismenflächen T , l und x zu sehen sind. Der Zwillingkrystall Fig. 180 zeigt in Folge der Verkürzung vorne bloß die Fläche T des einen und des anderen Individuums, unterhalb treffen die Flächen x und x_1 in einer ausspringenden Kante, oberhalb aber P und P_1 in einer einspringenden Kante zusammen; hinten erscheinen wieder in Folge der Verkürzung nur die Flächen l der beiden Individuen.

Fig. 179.

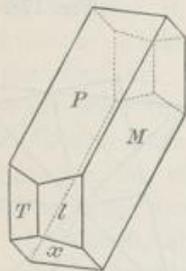


Fig. 180.

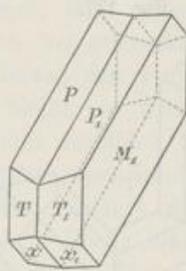
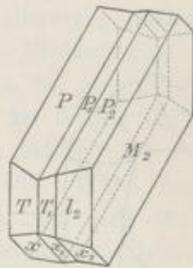


Fig. 181.



Diese Zwillingbildung wiederholt sich aber und liefert Zwillingstöcke, in welchen oft sehr viele, äusserst dünne Individuen in abwechselnder Stellung vorhanden sind. Fig. 181 gibt eine Verwachsung dreier Individuen an, das dritte hat dieselbe Stellung wie das erste, weil aber jetzt der Raum nach rechts der Ausbildung freien Spielraum lässt, so erscheint am dritten Individuum die Fläche l , während am ersten bloß T erschien. Oberhalb und unterhalb zeigen sich jetzt aus- und einspringende Winkel durch das Zusammentreffen der Flächen P und x von Seiten der einzelnen Individuen. Denkt man sich diese Bildung fortgesetzt, so erhält man blasebalgähnliche Anreihungen. Bei der ungemein geringen Ausdehnung der einzelnen Individuen zeigen aber die Zwillingstöcke des Albits gewöhnlich nur feine Riefen parallel den Kanten $P : M$ und $M : x$. Weil in dem monoklinen System die Fläche M die Symmetrieebene ist, so liefert eine symmetrische Verwachsung parallel M hier keine Zwillinge. Dieses Zwillingsgesetz ist deshalb nur im triklinen Systeme möglich und daher liefern bloß die triklinen Feldspathe solche Zwillingstöcke, welche auf P die Riefen erkennen lassen, die der Kante $P : M$ parallel sind. Daraus ergibt sich ein wichtiges Kennzeichen dieser Feldspathe. Weil bei denselben das ebengenannte Zwillingsgesetz herrscht, so kann man aus der abwechselnden Stellung der Individuen parallel M oder aus jener Riefung auf die triklinen Feldspathe schliessen.

Noch ein anderes Zwillingsgesetz macht sich bei vielen Gliedern aus der Reihe der triklinen Feldspathe geltend. Es lautet dahin, dass die Zwillingsebene senkrecht ist zu der Zone $100 : 001$. Diesem Gesetze folgen unter anderen auch viele Zwillinge des Anorthits. Fig. 182 zeigt zwei Krystalle von Anorthit, deren

jeder
y = (3
begren
Pthy
Individ
überha
Zwilling
Weise
ebene
lagert

nicht
beide
forder
Lauf
wird.
Der Z
keine
aufzu

welch
An d
Zwilling
fallen
duer
ganze
Kante

Durch
welch
Er en
ersch
verlau
Buebs
die Q

jeder von den Flächen P, M, T, l , ausserdem von dem Querprisma $t = (201)$, $y = (20\bar{1})$ und der Querfläche $h = 100$, endlich von einer Prismenfläche $n = (021)$, begrenzt ist, in der symmetrischen Stellung zu einer Ebene, welche zur Zone $Pthy$ senkrecht ist. Demnach erscheinen vorn auch die Flächen T der beiden Individuen entfernt, die Flächen l hingegen nahe an der Zwillings-ebene und überhaupt alle die Flächen symmetrisch gegen die letztere Ebene gelagert. Die Zwillingskrystalle des Anorthits, welche diesem Gesetze folgen, sind aber in der Weise ausgebildet, dass die beiden Individuen nicht zu beiden Seiten der Zwillings-ebene lagern, sondern, ihre gegenseitige Stellung beibehaltend, übereinander gelagert erscheinen, wie dieses Fig. 183 darstellt. Hier ist also die Zwillings-ebene

Fig. 182.

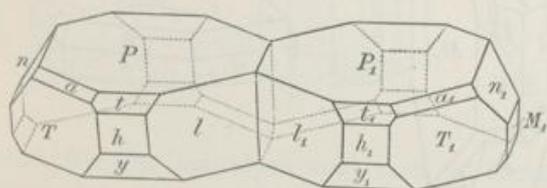
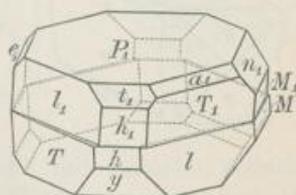


Fig. 183.



nicht zugleich die Berührungsebene, sondern eine dazu senkrechte Fläche und die beiden Individuen grenzen sich so ab, wie es das Wachsthum der Krystalle erfordert. Die Flächen beider Individuen treffen also in Kanten zusammen, deren Lauf durch das Zusammentreffen der Flächen T und l_1, T_1 und l etc. verursacht wird, während in der Figur diese Flächen gegeneinander abgesetzt erscheinen. Der Zwilling ist, wie leicht ersichtlich, ein solcher, dessen richtige Auffassung keine leichte Aufgabe war. Erst Gerhard vom Rath gelang es, das Zwillingsgesetz aufzufinden und diese merkwürdige Zwillingsbildung zu enträthseln.

In dem monoklinen Systeme herrscht sehr häufig ein Zwillingsgesetz, welches eine zur Symmetrieebene senkrechte Fläche als Zwillingsfläche angibt. An dem Gypszwilling, Fig. 167, ist es die Querfläche 100, welche zugleich Zwillings- und Verwachsungsebene ist. Die Längsflächen b der beiden Individuen fallen am Zwilling in dieselbe Ebene, doch macht sich die Grenze beider Individuen öfter durch eine Zwillingsnaht bemerklich. Die Zone bm bleibt durch den ganzen Zwilling erhalten. Die Pyramidenflächen l bilden ein- und ausspringende Kanten. Durchwachsungszwillinge, wie Fig. 168, kommen auch öfter vor.

Der Orthoklas oder monokline Feldspath liefert oft Zwillinge, welche zu den Durchwachsungszwillingen gehören. Die Fig. 185 stellt einen dieser Zwillinge dar, welche nach einem der Fundorte häufig Karlsbader Zwillinge genannt werden. Er entspricht dem zuvor genannten Gypszwilling. Die beiden Krystallindividuen erscheinen aber gleichsam in einander geschoben und ihre Grenze ist eine zackig verlaufende Linie. Die Flächen des einen Individuums sind durch gestrichelte Buchstaben von denen des anderen unterschieden. Man kann hier, wie beim Gyps, die Querfläche 100 als Zwillings-ebene betrachten, doch ist klar, dass ebensogut

eine Ebene, welche die Zone lM senkrecht durchschneidet, welche also in der Figur horizontal liegt, als Zwillingsebene und dementsprechend die Axe jener Zone als Zwillingsaxe angenommen werden kann. Es hängt also hier vom Belieben ab, das Zwillingsgesetz in dieser oder jener Weise auszudrücken.

Andere Orthoklaszwillinge folgen dem Gesetze: Zwillingsebene die Endfläche $P = 001$. In Fig. 184 ist ein solcher Fall dargestellt. Die Verwachsung findet an

Fig. 184.

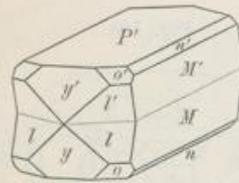


Fig. 185.

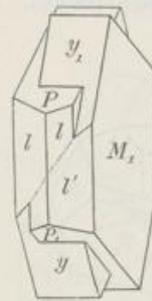


Fig. 187.

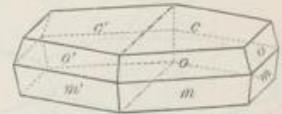
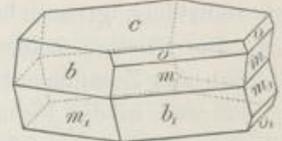


Fig. 186.



Fig. 188.



der Zwillingsebene statt. Die Krystallflächen erhalten die Bezeichnung $P = (001)$, $M = (010)$, $l = (110)$, $y = (20\bar{1})$, $n = (021)$, $o = (11\bar{1})$.

Die Glimmer bieten häufig Zwillinge dar, welche in zweierlei Ausbildung auftreten. Die Zwillingfläche ist senkrecht auf der Endfläche c und parallel der Kante $c : m$. Die Fig. 187 zeigt einen Zwilling, welcher nach dieser Regel gebildet ist. Die beiden Individuen befinden sich in den Stellungen, welche in Fig. 186 angegeben sind. Im Zwilling erkennt man die Zwillingsebene, an welcher zugleich die Verwachsung stattfindet, an einer Zwillingsnaht. In der Zeichnung ist die Grenze punktirt. Die beiden Individuen sind im Zwilling verkürzt und mit gleicher Grösse ausgebildet. In der Mehrzahl der Fälle sind aber die Glimmerzwillinge anders gebaut, indem die beiden Individuen übereinander gelagert erscheinen. Fig. 188 gibt eine Vorstellung von einem solchen Zwilling. Die beiden Individuen, von welchen das früher rechts gelegene jetzt oben liegt, berühren sich mit den c -Flächen und bilden an den Seiten ein- und ausspringende Kanten. Das eine erscheint gegen das andere um 120° gedreht. Oft lagern viele Individuen in abwechselnden Zwillingsstellungen übereinander und bilden Säulchen mit vielen horizontalen Riefen. Die beschriebene Zwillingsbildung lässt sich aber auch auf die Gemeinschaftlichkeit der Endfläche c und den wechselweisen Parallelismus der Kanten $c : b$ und $c : m$ zurückführen.

Im rhombischen System sind die Zwillingsebenen meistens Prismenflächen, weil die Endflächen hier sämtlich den Hauptschnitten parallel sind und die Fläche 111 als Zwillingfläche in den Krystalsystemen von geringeren Symmetriegraden seltener vorkommt. Ein Beispiel ist der Zwillingkrystall des Aragonits, Fig. 189, welcher nach dem Gesetze: Zwillingsebene die Prismenfläche 110 ge-

Fig. 189.

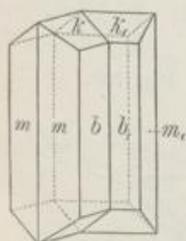


Fig. 190.

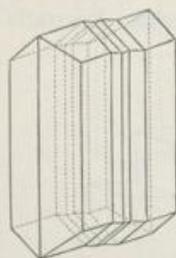


Fig. 191.

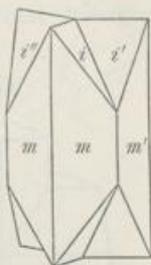
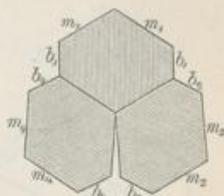


Fig. 192.



bildet ist. Die Individuen sind auch an dieser Fläche mit einander verbunden. Wenn sich, wie es nicht selten der Fall ist, die Zwillingbildung wiederholt, so tritt entweder der Fall ein, dass die Wiederholung an jedem folgenden Individuum an derselben Fläche geschieht, z. B. an der Fläche 110, wie in Fig. 190; dann sind immer die abwechselnden Individuen, also 1, 3, 5, einander parallel und es entsteht ein Zwillingstock, oder aber die Fortsetzung der Zwillingbildung geschieht in der Art, dass ein Individuum mit einem zweiten an der Fläche 110, mit einem dritten aber an der Fläche 110 verbunden ist, und es entsteht ein Wendezwilling. Obwohl also das Zwillingsgesetz das nämliche, erzeugen sich doch auf solche Weise andere Verwachsungen, nämlich Drillinge und Vierlinge, wie z. B. der Drilling in Fig. 191.

In Fig. 192, welche einen Drilling von oben gesehen darstellt und die Endflächen der Individuen parallel b gerieft zeigt, lagern drei Individuen aneinander, doch bleibt, weil das Prisma des Aragonits nicht 120° , sondern bloß $116^\circ 10'$ misst, noch eine Lücke. Diese wird gewöhnlich durch das Weiterwachsen eines der drei Individuen ausgefüllt.

Drillingkrystalle, welche Durchwachsung zeigen, bietet öfter der Chrysoberyll, s. Fig. 193. Die Zwillingsebene entspricht einem Längsprisma (031).

Ein Mineral, das rhombische Krystalle zeigt und oft Durchkreuzungszwillinge liefert, ist der danach benannte Staurolith. Ein Zwillings wird durch Fig. 194 veranschaulicht. Die Zwillingfläche ist hier eine Domenfläche (032), welche gegen die aufrechte Axe unter $44^\circ 12'$ geneigt ist, daher das Zwillingkreuz beinahe rechtwinkelig ist.

Ein merkwürdiger Zwillingkrystall ist auch der in Fig. 195 abgebildete, welcher am Kieselzinkerz beobachtet wurde. Dieser Ergänzungszwilling zeigt zwei hemimorphe Individuen an der Endfläche 001 verbunden, welche an dem einzelnen Individuum keine Symmetrieebene ist. (Vergleiche Fig. 60.)

Krystalle des tetragonalen Systems erscheinen öfters in Zwillingverwachsung, indem entsprechend dem Gesetze, welches im vorigen Systeme gewöhnlich herrscht, eine Fläche der verwendeten Pyramide (101) die Zwillingsfläche abgibt. Nach diesem Gesetze sind die Zwillinge des Zinnerzes gebildet. Fig. 196, deren Individuen kurz säulenförmig gestaltet sind und an denen durch das Zusammentreffen der Pyramidenflächen ein einspringender Winkel entsteht. Diese Stelle der Zwillinge wurde öfters mit dem Visir eines Helmes verglichen, daher der Ausdruck Visirgruppen. Entsprechende Zwillingsbildungen werden beim Rutil beobachtet, welcher meist langgestreckte Krystalle liefert. Die Zwillinge

Fig. 193.

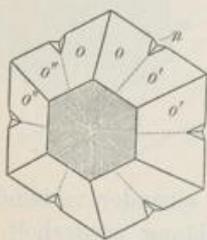


Fig. 194.

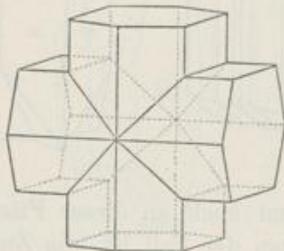


Fig. 195.

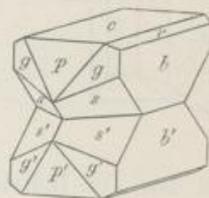


Fig. 196.

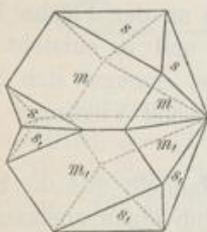


Fig. 197.

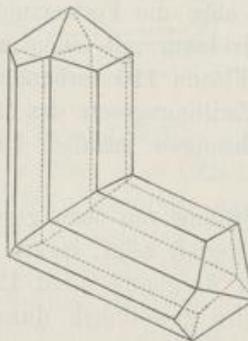
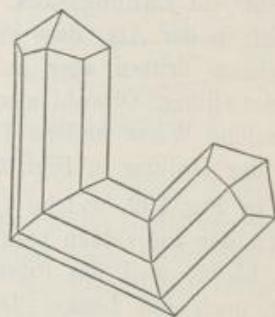


Fig. 198.



sind knieförmig, wie jener in Fig. 197, und es kommen auch häufig Drillinge vor, wie dies Fig. 198 angibt, und durch Fortsetzung derselben Bildungsweise Vierlinge etc.

Die holoëdrisch krystallisirten Minerale des hexagonalen Systems zeigen selten Zwillingsbildungen, desto häufiger sind solche in der rhomboëdrischen Abtheilung.

Die Zwillingsbildungen des Kalkspathes folgen häufig der Regel, nach welcher die Zwillingsfläche der Endfläche parallel erscheint, welche in der rhomboëdrischen Abtheilung keine Symmetrieebene ist. Ein Zwillings, dessen Individuen Skalenoëder $R3$ sind, hat das Ansehen wie Fig. 199. Die Zwillingsgrenze verläuft horizontal und es folgen an derselben einspringende und ausspringende Kanten.

Individuen mit den Flächen $\infty R. - \frac{1}{2}R$ geben nach demselben Gesetze den Zwilling in Fig. 200, an welchem die Zwillingsgrenze oft verschwindet; aber

Fig. 199.

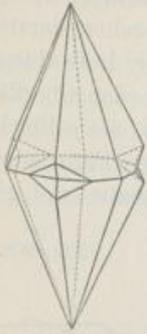


Fig. 200.



Fig. 201.

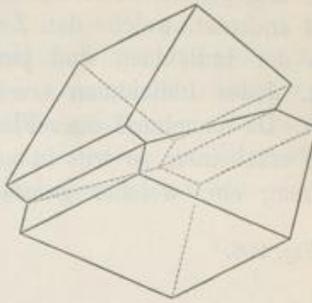


Fig. 202.

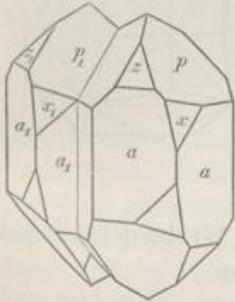


Fig. 203.

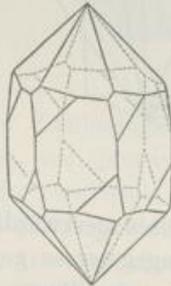


Fig. 204.

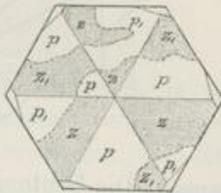
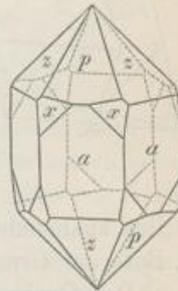


Fig. 205.



der Vergleich mit dem einfachen Krystall in Fig. 121 lässt alsbald die Zwillingnatur erkennen.

Ein anderes Zwillingsgesetz, welches am Kalkspath ungemein häufig beobachtet wird, lautet dahin, dass die Zwillingsebene parallel einer Fläche des Rhomboeders $-\frac{1}{2}R$ ist. In Fig. 201 erscheinen zwei Individuen von der Form des Grundrhomboeders in dieser Weise verbunden. Gewöhnlich wiederholt sich diese Zwillingbildung.

Beispiele von Zwillingen mit tetartoëdrischen Individuen liefert der Quarz. Man sieht zuweilen zwei Individuen in der Art verbunden, wie es die Fig. 202 angibt. Man kann den Zwilling durch Hemitropie nachahmen, wonach eine auf a senkrechte Linie Drehungsaxe ist. Dennoch ist der Zwilling ein unsymmetrischer. Die Fläche $p = +R$ des einen Individuums ist parallel der Fläche $z = -R$ des zweiten, die Prismenflächen beider sind einander parallel. Die beiden Individuen sind aber selten in dieser Weise aneinander gewachsen, häufig dagegen erscheinen sie durcheinander gewachsen, so dass ein scheinbar einfacher Krystall entsteht. Treten an einem solchen Durchdringungszwilling jene Trapezflächen x auf, welche den Quarz als tetartoëdrisch charakterisiren, so erscheint er wie in

Fig. 203. Anstatt dass die Trapezflächen bloß an den abwechselnden Ecken auftreten, wie an einem einfachen Krystall (vergl. Fig. 130), sind dieselben an diesem Zwillings an allen auf einander folgenden Ecken zu beobachten. Die beiden Individuen in diesem scheinbar einfachen Krystall sind manchmal ebenflächig gegen einander abgegrenzt, meistens aber unregelmässig krummflächig, wie dies die Fig. 204 andeutet, welche den Zwillingskrystall von oben gesehen darstellt. Die Grenzen der Individuen sind punktirt, die Flächen s beider Individuen dunkel angelegt. Jedes Individuum erscheint demnach zweimal an der Oberfläche des Krystalls. Da manchmal die s -Flächen beider Individuen matt, die p -Flächen aber glänzend erscheinen, so tritt in solchem Falle die in der obigen Figur angedeutete Erscheinung ein, welcher gemäss an den Kanten immer matte und glänzende

Fig. 206.

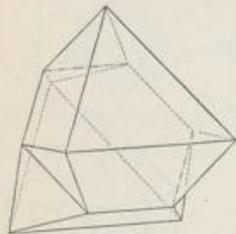


Fig. 207.

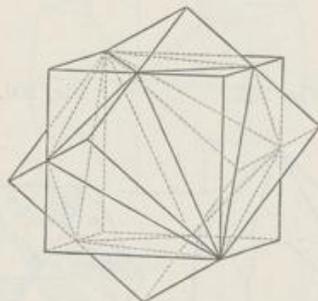
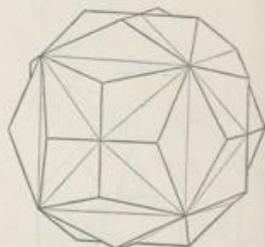


Fig. 208.



Stellen aneinander grenzen. Die Deutung dieses merkwürdigen Wechsels hat zuerst G. Rose auf Grund des bezeichneten Zwillingsgesetzes gegeben.

Der Quarz bildet öfters auch Ergänzungszwillinge, indem ein rechter und ein linker Krystall mit einander verbunden erscheinen. Der gleichförmig ausgebildete Zwillingskrystall hat die Form wie in Fig. 205. Der Vergleich mit den Fig. 130, 131 zeigt, dass die beiden tetartoëdrischen Individuen zu einer Fläche des verwendeten Prismas symmetrisch liegen, welche einem in holoëdrischen Krystallen geltenden Hauptschnitt E parallel ist. Der Zwillingskrystall sieht so aus, wie ein rhomboëdrischer Krystall, wenn die Flächen x ein Skalenoëder darstellen würden.

Im tesseralen System bieten die holoëdrisch krystallisirten Minerale ziemlich häufig Zwillinge dar, welche dem Gesetze gehorchen, das eine zur Oktaëderfläche parallele Ebene als Zwillingssebene annimmt. Wenn die einzelnen Individuen selbst die Oktaëderform an sich tragen, so ergeben sich Zwillinge wie in Fig. 206, wie sie am Spinell, Magneteisenerz u. s. w. vorkommen. Nach dem gleichen Gesetze ist auch der Zwillings in Fig. 207 gebildet, der zwei Hexaëder zeigt, welche einen Durchdringungs-Zwilling darstellen. Derselbe kommt am Flussspath häufig vor. Die Zwillingsaxe geht hier von links oben nach rechts unten durch das Eck, in welchem sechs Würfelkanten zusammenlaufen.

Die hemiëdrischen Abtheilungen zeigen öfters Ergänzungszwillinge, wie z. B. den in Fig. 178 auf pag. 83, welcher zwei positive Tetraëder in den ergänzenden

Stellungen darbietet. Der Diamant zeigt zuweilen derlei Verwachsungen. Zwillingsebene ist hier eine Würfelfläche. Ein anderes Beispiel ist der am Pyrit öfter vorkommende Zwilling in Fig. 208, welcher der Zwilling des eisernen Kreuzes genannt wurde, und zwei positive Pentagon-Dodekaëder jedoch in den beiden Stellungen zeigt. Zwillingsebene ist hier eine Rhombendodekaëderfläche.

53. Zwillinge höheren Grades. Die Zwillingbildungen, welche aus mehr als zwei Individuen bestehen, können nach dem Vorgesagten entweder Wendezwillinge oder Zwillingstöcke sein. In beiden Fällen bieten sie eine Fortsetzung desselben Zwillingsgesetzes dar. Es gibt aber auch solche zwillingsartige Verwachsungen, die aus mehr als zwei Individuen bestehen, und welche ein Bildung

Fig. 209.

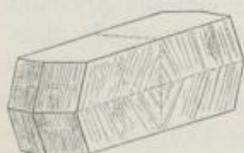


Fig. 210.

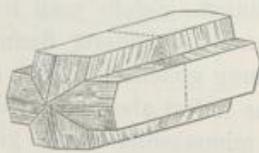
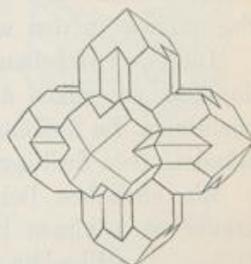


Fig. 211.



nach zwei verschiedenen Zwillingsgesetzen darbieten, ja es kommen auch Verwachsungen vor, die drei, vier, fünf verschiedene Zwillingsgesetze erkennen lassen. Derlei oft ganz ungemein verwickelte Verbindungen von einer grösseren Anzahl von Individuen sind als Zwillinge höheren Grades zu bezeichnen. Ein Beispiel dafür gibt der Phillipsit. Die monoklinen Krystalle desselben erscheinen als Durchkreuzungszwillinge, wie in Fig. 209, in welchen 001 die Zwillingsebene. Diese verbinden sich gewöhnlich zu zweien gemäss einem anderen Gesetze, welches 011 als Zwillingsebene ergibt, Fig. 210. Zuweilen erscheinen aber drei Complexe der letzteren Art nach einem ferneren Gesetze, nämlich nach 110 als Zwillingsebene verbunden und geben Verwachsungen, wie in Fig. 211. In diesen Gebilden von 9 Symmetrieebenen haben die Individuen zwölf verschiedene Stellungen. Andere Beispiele liefern die als Plagioklas bezeichneten triklinen Feldspathe, welche oft verwickelte Bildungen nach mehreren Zwillingsgesetzen darbieten.

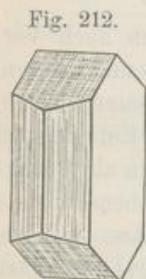
54. Mimetische Krystalle. Mehrere Minerale niederen Symmetriegrades, deren Krystallform einzelne Winkel darbietet, welche sich den Winkeln der Formen höheren Symmetriegrades nähern, zeigen durch gleichzeitige Ausbildung ungleichartiger Flächen häufig Combinationen, welche einer höheren Symmetrie zu entsprechen scheinen. Monokline Minerale, denen ein Prismenwinkel von ungefähr 60° zukommt, wie Biotit, Klinochlor, bieten oft einen Querschnitt, welcher einem regelmässigen Sechseck sehr nahe kommt. Die Combinationen haben nicht selten einen rhomboëdrischen Typus. Rhombische Minerale, deren Prismenwinkel bei 60° beträgt, wie Cordierit, Glaserit, Carnallit bilden oft Krystalle von anscheinend hexagonaler Symmetrie. Rhombische Minerale, deren Prisma nahe 90°

misst, zeigen Combinationen von tetragonalem Ansehen, wie der Autunit. Derlei Krystalle, welche Grenzformen darbieten, nehmen demnach öfters eine Symmetrie höheren Grades an. Dieses Voraneilen der Symmetrie an einfachen Krystallen kann man als Pseudosymmetrie bezeichnen.

Derlei pseudosymmetrische Individuen bilden aber häufig Zwillingstöcke, Wendezwillinge und Zwillinge höheren Grades, welche nicht nur die höhere Symmetrie äusserlich vollständig erfüllen, sondern auch in ihren Flächenwinkeln diesen Krystallsystemen beinahe genau entsprechen. Diese stets aus vielen Individuen in complicirter Weise aufgebauten Zwillingbildungen zeigen demnach Gestalten, welche die Formen eines Krystallsystems höherer Ordnung nachahmen. Sie werden hier mimetische Krystalle und die Erscheinung wird Mimesie genannt. Diese gewinnt ein besonderes Interesse, wenn sie nicht zufällig, sondern constant auftritt, d. i. wenn alle Krystalle desselben Mineralen die Erscheinung darbieten, wie in den weiterhin beschriebenen Fällen.

Diese verwickelten Bildungen, welche man früher für einfache Krystalle gehalten hat, verdanken die Form von höherer Symmetrie dem Umstande, dass bei Grenzformen die Zwillingbildung gleichzeitig nach allen ähnlich gelegenen Ebenen stattfindet. Jede Zwillingsebene liefert aber eine Symmetrieebene des ganzen Baues.

Ein einfaches Beispiel mimetischer Form gibt jener Kalifeldspath, dessen Krystalle aus triklinen Individuen zusammengesetzt sind und welcher den Namen Mikroklin erhalten hat. Die Krystalle erscheinen monoklin, bestehen aber aus ungemein vielen Individuen, welche parallel der Zwillingfläche, welche die Längsfläche 010 ist, aneinandergesetzt sind. Fig. 212. Es ist dieselbe Art der wiederholten Zwillingbildung, welche auch am Albit vorkommt und welche in Fig. 181 dargestellt ist, jedoch sind dort alle Individuen dicker als bei dem Mikroklin, dessen Individuen von solcher Dünne sind, dass sie durch die feinen Striche in nebenstehender Figur noch viel zu grob angegeben werden. Da der Winkel, welchen die Endfläche 001 und Längsfläche 010 des Mikroklinen mit einander bilden, $89^{\circ} 40'$ beträgt, also einem rechten Winkel sehr nahe kommt, so sind an den Zwillingstöcken die einspringenden Kanten kaum zu bemerken.



Die Sammelindividuen des Mikroklinen zeigen äusserlich die Symmetrie des nächst höheren Grades, sie erscheinen monoklin, daher sie auch früher für Orthoklas gehalten wurden, bis Descloizeaux zeigte, dass hier mimetische Formen vorliegen. Man beobachtet öfters auch Zwillingbildungen des Mikroklinen von der Form der Karlsbader Krystalle in Fig. 185. Hier bilden also die Sammelindividuen einen groben Zwilling nach einem anderen Gesetze, als jenes ist, nach welchem sie selbst aufgebaut sind.

Unter den mimetischen Formen, welche eine rhomboëdrische Symmetrie darbieten, sind jene des Pennin ein ziemlich einfaches Beispiel. Der Pennin bildet Krystalle, deren Form früher als Combination eines steilen Rhomboëders mit dem Endflächenpaar aufgefasst wurde, Fig. 215. Die Seitenflächen sind horizontal gerieft. Die Untersuchungen Mallard's und des Autors ergaben jedoch, dass hier eine vielfache Zwillingbildung vorliegt, indem zahlreiche dünne monokline Lamellen

in drei um 120° verschiedenen Stellungen über einander gelagert erscheinen. Fig. 213 gibt das Gesetz der Zwillingsbildung an. Die Individuen sind von den Endflächen $c = (001)$, den Domenflächen $i = (\bar{1}01)$ und den Pyramidenflächen $v = (132)$ begrenzt. Die Zwillingsene ist senkrecht zu c und parallel der Kante $001 : 110$ wie beim Glimmer, pag. 86. Die Zwillingsblättchen sind nicht neben, sondern über einander gelagert, wie es die schematische Fig. 214 darstellt. Da

Fig. 213.

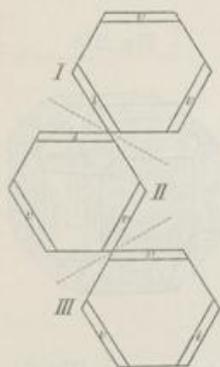


Fig. 214.

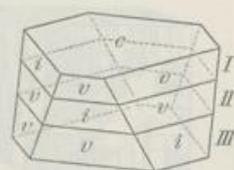
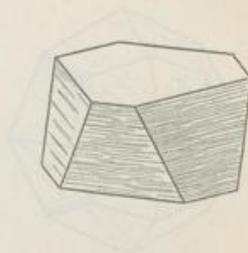


Fig. 215.



die Flächen i und v gegen die Endfläche ungefähr gleich geneigt sind und da viele ungemein dünne Blättchen in den drei Stellungen aufeinander folgen, so hat die Sammelform eine rhomboëdrische Gestalt.

Einen Fall von mimetischer Form mit tesseraler Symmetrie bietet der Leucit, welcher meistens in rundum ausgebildeten Krystallen auftritt. Letztere zeigen die Form des Ikositetraëders (211), an welcher nur selten eine Andeutung des Rhombendodekaëders durch kleine Flächen erkennbar ist. Weil die Form jenes Ikositetraëders für den Leucit charakteristisch ist, so hat man dieselbe das Leucitoëder genannt und der Leucit galt als ein ausgezeichnetes Beispiel des tesseralen Krystall-systems, bis Gerhard vom Rath an glänzenden Krystallen eine Zwillingsbildung erkannte, welche die Fläche des Rhombendodekaëders als Zwillingsene voraussetzt, was im holotesseralen System nicht vorkommen kann, und bis derselbe Beobachter durch Messungen zeigte, dass die Winkel des Leucits nicht dem tesseralen System entsprechen. Die Krystalle sind aber niemals einfach, sondern sie bestehen immer aus ungemein vielen dünnen Lamellen in zwillingsartiger Verwachsung, wovon die Fig. 216 eine Andeutung gibt. Man erkennt aber das Vorhandensein der vielen dünnen Blättchen immer nur auf den Flächen der glatten Krystalle. Die Zwillingsene hat eine Lage, welche bei tesseraler Auffassung die einer Rhombendodekaëderfläche wäre. Auf Grund optischer Untersuchungen hält Mallard die Individuen des Leucits für monoklin, Klein für rhombisch. Die Leucitkrystalle zeigen zuweilen auch deutliche Zwillinge, die nach dem genannten Gesetze gebildet sind.

Zu den mimetisch-tesseralen Krystallen gehören auch jene des Perowskits. An manchen derselben erkennt man die Zusammensetzung aus vielen Individuen

schon an der Oberfläche der würfelförmigen Krystalle, wovon Fig. 217 eine Vorstellung gibt. Die feinen Erhabenheiten zeigen zuweilen die Form eines vierseitigen Prisma, welches mit einem Flächenpaar zur Oberfläche des Scheinwürfels parallel ist. Diese Prismen stossen oft unter 45° zusammen. Die Ebenen, welche am Würfel (100) und (110) wären, fungiren als Zwillings Ebenen. Nach den Erscheinungen beim Aetzen sind die Individuen für monoklin zu halten.

Ein Beispiel für Mimesie gibt auch der Boracit. Die Formen sind anscheinend tetraëdrisch. Auf den Flächen sieht man öfters eine feine Riefung, welche Fig. 218

Fig. 216.

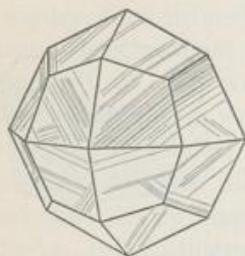


Fig. 217.



Fig. 218.



mit übertriebener Deutlichkeit angibt. Die Zwillings Ebenen haben am Würfel die Lagen (110). Die Individuen, welche als hemimorph-rhombisch oder als monoklin aufgefasst werden können, sind nach (110) oder (111) gestreckt.

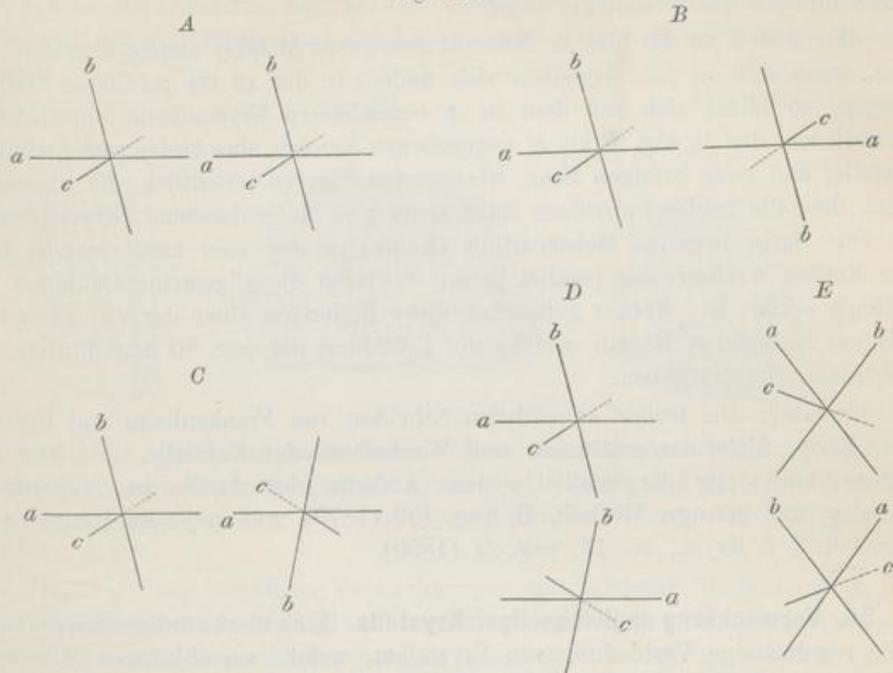
Ueber die mimetischen Formen im Allgemeinen handeln: Mallard, *Annales de mines*, Bd. 10 (1876); Autor, *Zeitschr. d. deutsch. geol. Ges.*, Bd. 31, pag. 637 (1879); Brauns, *Die optischen Anomalien der Krystalle*, Leipzig 1891; Ueber d. Mikroklin: Descloizeaux, *Comptes rend.*, Bd. 82, pag. 16 (1876); Penin: Autor, *Sitzungsber. der Wiener Akad.*, Bd. 99, pag. 174 (1890); Leucit: G. vom Rath, *Jahrb. f. Mineralogie*, 1873, pag. 111; Klein, *Nachrichten der Ges. d. Wissensch. zu Göttingen* 1884, Nr. 11; Perowskit: Baumhauer, *Zeitschr. f. Kryst.*, Bd. 4, pag. 187; Boracit: Mallard, *Bull. soc. min.*, Bd. 5, pag. 144.

55. Erklärung. Die Bildung der Zwillingskrystalle lässt sich mit Zuhilfenahme der Moleculartheorie als eine bei der Entstehung des Krystalls durch bestimmte Umstände herbeigeführte Erscheinung darstellen, wobei die Krystalle als einfache Raumbitter betrachtet werden. Die Molekel, welche bei der Krystallisation aus dem beweglichen Zustande in den starren übergehen, verlieren allmählig die Geschwindigkeit fortschreitender Bewegung, bis letztere null wird und die Molekel aneinander fixirt werden. Bevor dies geschieht, haben die Molekel auf einander orientirend gewirkt, sie haben sich mit den gleichartigen Molecularlinien parallel zu stellen gesucht. Diese beiden Momente treten entweder nacheinander ein, d. h. die Molekel fixiren sich, nachdem sie schon vollständig orientirt wurden, oder die beiden Momente greifen in einander, d. h. die Molekel fixiren sich, bevor sie vollständig orientirt wurden.

Das Orientiren geht zwar von allen Molecularlinien aus, doch werden bei einem bestimmten Wachsthum einige derselben vorzugsweise thätig sein. Von

diesen aber lassen sich drei, die nicht in derselben Zone liegen, als Resultirende aller wirkenden orientirenden Kräfte betrachten und diese sollen durch a , b , c angezeigt werden, so dass Richtung und Grösse der stärksten Wirkung mit a , der schwächsten mit c bezeichnet werden.

Fig. 219.



Ist die Orientirung vollständig abgelaufen, so stehen die beiden zu betrachtenden Molekel parallel, wie dies Fig. 219 A angibt. Wenn aber die Orientirung nicht vollständig ausgeführt werden konnte, wenn also die Molekel die nöthigen Drehungen nicht ganz durchführen konnten, so wird die Parallelstellung nur theilweise vollbracht sein. Vor allem wird die Ebene stärkster orientirender Kraft, nämlich die Ebene ab in beiden Molekeln parallel sein. Ausserdem wird die erste Orientirungsaxe a in beiden Molekeln dieselbe Stellung angenommen haben, oder es werden sich die beiden Axen a und b , wenn denselben ungefähr die gleiche orientirende Kraft zukommt, wechselweise parallel gestellt haben. Diese Bedingungen festgehalten, ergeben sich folgende vier Fälle unvollständiger Orientirung:

1. Beide Molekel haben a und b parallel, c nicht. Fig. B. Denkt man sich die zweite Molekel um 180° gedreht, wobei die Drehaxe zur Ebene des Papiers senkrecht ist, so erhält man die parallele Stellung wie in A.

2. Beide Molekel haben bloß a und die Ebene ab parallel, b und c nicht. Die a -Axen laufen in beiden gleichsinnig. Fig. C. Eine halbe Drehung der zweiten Molekel um die Linie a als Drehaxe würde zur Parallelstellung wie in A führen.

3. Beide Molekel haben bloß a und die Ebene ab parallel, b und c nicht, die a -Axen laufen in beiden widersinnig. Fig. D. Hier kann durch eine halbe

Drehung der zweiten Molekel um eine in der Ebene ab liegende, auf a normale Linie die Parallelstellung wie in A erreicht werden.

4. Die beiden Molekel haben die Ebene ab parallel und ausserdem die Richtungen a und b wechselweise parallel, c nicht. Fig. E . Die halbe Drehung der zweiten Molekel um eine Linie, welche den Winkel zwischen a und b halbirt, würde hier die Parallelstellung ergeben.

Wenn sich an die hier in Betracht gezogenen Molekel andere ansetzen, und zwar, wenn sich an jede derselben viele andere in der zu ihr parallelen Stellung anfügen, so bildet sich aus dem in A bezeichneten Krystallkeim ein einfacher Krystall, aus den in Fig. B bis E angegebenen Keimen aber bilden sich Zwillingkrystalle, und zwar befolgen diese, wie aus den Figuren ersichtlich, die allgemeine Regel, dass die beiden Individuen mindestens eine Molecularebene (Krystallfläche) und eine darin liegende Molecularlinie (Kante) parallel oder zwei einander ähnliche Kanten wechselweise parallel haben, wodurch die allgemeine Definition der Zwillinge erklärt ist. Ferner gehorchen diese Bildungen einer der vier eben entwickelten besonderen Regeln, welche die Erklärung der pag. 80 angeführten vier empirischen Gesetze geben.

Literatur: Die früher angeführten Schriften von Frankenheim und Bravais, ferner Knop, Molecularconstitution und Wachsthum der Krystalle. Die hier angeführte Auffassung dargestellt in dem Aufsatz des Autors in Tschermak's Mineralog. und petrogr. Mittheil. II, pag. 499 (1879) und in jenem Brögger's in d. Zeitschrift f. Kryst., Bd. 16, pag. 24 (1890).

56. Verwachsung ungleichartiger Krystalle. Eine merkwürdige Erscheinung ist die regelmässige Verbindung von Krystallen, welche verschiedenen Mineralen angehören. In diesem Falle sind die Krystalle zweier verschiedener Mineralarten in der Weise mit einander verbunden, dass beide mindestens eine Krystallfläche parallel zeigen, welche aber an beiden häufig eine verschiedene krystallographische Bedeutung hat, ferner dass beide auch den Parallelismus von mindestens einer Kante in jenen beiden Flächen darbieten. Die Krystalle sind also gegen einander bestimmt orientirt. Es herrscht eine Aehnlichkeit mit den Krystallstöcken und den Zwillingen, welche aber bei dem Umstande, als die gegen einander orientirten Krystalle meist verschiedenen Krystallsystemen angehören, gewöhnlich blos eine entferntere ist.

Der längst bekannte, hierher gehörige Fall ist die orientirte Verwachsung von Disthen (triklin) mit Staurolith (rhombisch), welche schon von Gernar 1817 beschrieben wurde. Die Fläche M am Disthen und b am Staurolith spiegeln mit einander, ausserdem haben beide Krystalle die Kanten einer Zone parallel. Fig. 220. Ein häufiges Vorkommen ist die zuerst von Breithaupt beschriebene orientirte Verwachsung von Eisenglanz (rhomboëdrisch) und Rutil (tetragonal). Fig. 221. Die Rutilkrystalle lagern mit den Kanten der Prismenzone parallel zur Kante $OR : \infty P2$ der Eisenglanztabelle und die Basis der letzteren ist parallel zur Fläche des verwendeten Prisma am Rutil. Sehr bekannt ist die Verwachsung von Orthoklas (monoklin) und Albit (triklin), welche von L. v. Buch beschrieben worden. Beide

Krystalle haben die Längsfläche 010 und die Kanten der Zone des aufrechten Prisma parallel. In dieser Zone haben beide auch ähnliche Winkel. Die Fig. 222 zeigt einfache Krystalle und Zwillinge von Albit an den Flächen l eines Orthoklas-krystalls. Augit und Amphibol (beide monoklin) zeigen nach Haidinger zuweilen parallele Verwachsung, Augit und Olivin (rhombisch) ebenfalls. Amphibolkrystalle sind zuweilen mit Oktaëdern von Magnetit besetzt, so dass die Flächen der letzteren parallel 001 des Amphibols und die Kante dieser Fläche mit 100 parallel einer

Fig. 220.



Fig. 221.

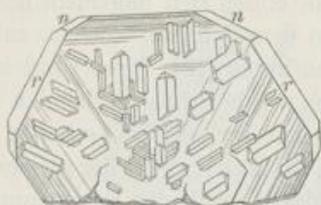


Fig. 222.



Oktaëder-Kante. Fahlerzkrystalle haben öfters einen rauhen Ueberzug, der aus parallel gelagerten Kupferkieskrystallen besteht. Bekannt sind die orientirten Verwachsungen von Speerkies mit Pyrit, von Calcit mit Quarz, von Bleiglanz mit Blende u. a. m.

Das Auftreten orientirter Verwachsungen verschiedener Minerale zeigt, dass auch verschiedenartige Molekel auf einander anziehend wirken, so dass unter günstigen Umständen eine Anlagerung in derselben Weise erfolgt, als ob sie gleichartig wären.

Man kann hierhergehörige Verwachsungen auch absichtlich hervorrufen. Darunter sind jene besonders interessant, welche man durch Einlegen frischer Spaltungstücke von Calcit in eine gesättigte Lösung von Natriumsalpeter erhält. Auf die Kanten und Flächen des Calcits lagern sich bei der Krystallisation Rhomboëder des Natriumsalpeters in paralleler Stellung.

Lit. Frankenheim, Lehre von der Cohäsion, 1835. Haidinger, Handb. d. bestimm. Mineralogie, 1845, pag. 279. Breithaupt, Berg- und hüttenmänn. Zeitung, 1861, pag. 153. G. v. Rath, Pogg. Ann., Bd. 155, pag. 24. Sadebeck, Angew. Krystallographie, 1876. Becke, Tschermak's Min. u. petr. Mitth., Bd. 5, pag. 331.

57. Ausbildungsweise der Krystalle. Die Krystalle bilden sich öfter nach den verschiedenen Richtungen ziemlich gleich aus, wodurch sie nussförmig erscheinen, was bei den tesseralen sehr gewöhnlich ist. Im Uebrigen haben die Krystalle entweder eine vorherrschende Ausdehnung nach einer Ebene, wodurch sie tafelförmig werden, oder sie sind nach einer Richtung besonders stark ausgedehnt, nach den übrigen weniger entwickelt, wodurch sie säulenförmig werden. Letztere Ausbildung liefert bei geringen Dimensionen nadelförmige oder haarförmige Krystalle.

Die Krystalle, welche fortwährend schwebend wachsen, sind schliesslich ringsum ausgebildet. Wird die Matrix, in welcher sie enthalten waren, entfernt, so dass die Krystalle frei liegen, so heissen diese nun lose Krystalle. Die sitzend gebildeten Krystalle sind auf der einen Seite aufgewachsen und an dieser nicht ausgebildet. Werden sie von der Stelle entfernt, so präsentiren sie sich als abgebrochene Krystalle.

Man findet öfter abgebrochene Krystalle, besonders häufig von Quarz, welche an den Bruchflächen die Erscheinung des Fortwachsens durch Anlagerung neuer Substanz, manchmal bis zur Bildung neuer ebener Flächen darbieten. Die Bruchflächen sind hier gleichsam ausgeheilt.

Beim Wachsen der Krystalle bilden sich ungemein häufig verzernte Formen, an welchen jene Flächen, welche dem Symmetriegesetze zufolge gleich sind, tatsächlich mit ungleicher Grösse auftreten [12]. Diese Ungleichheit führt öfter dazu, dass eine oder die andere Fläche, welche früher vorhanden war, beim Fortwachsen ganz verschwindet, während die mit ihr gleichen erhalten bleiben. An manchen Krystallen zeigt sich also eine Unvollständigkeit der gleichen Flächen (Meroëdrie), was aber keine Täuschung veranlasst, weil die Erscheinung eine völlig unregelmässige ist und der Vergleich mehrerer, nebeneinander gebildeter Krystalle genügt, um zu erkennen, dass dieses Ausbleiben von Flächen mit keiner Hemiëdrie oder Hemimorphie zusammenhängt.

Eine andere Erscheinung, welche das Aussehen der Krystalle völlig zu verändern vermag, ist das Voraneilen des Wachsthums in bestimmten Richtungen oder Ebenen und das in Folge dessen stattfindende Zurückbleiben in den übrigen. Wenn das Wachsen der Krystalle in Ebenen vorherrscht, welche vom Mittelpunkte des Krystalls durch gleiche Kanten gehen, so bleiben die dazwischen liegenden Flächen im Wachsen zurück. Anstatt der Flächen entstehen Vertiefungen, die öfter treppenartige Absätze zeigen, und der ganze Krystall sieht wie abgemagert oder eingefallen aus. Derlei Bildungen werden öfter Krystallskelette genannt. Ein Beispiel geben manche Krystalle von Cuprit, an welchen statt der Oktaëderflächen treppenartige Vertiefungen auftreten. Fig. 223. Die Nebenfigur zeigt einen Durchschnitt parallel der Würfelfläche. Das Kochsalz liefert ein anderes Beispiel. Beim Abdampfen einer Kochsalzlösung erhält man an der Oberfläche der Lösung schüsselartig vertiefte Körperchen, die eine Zeit lang schwimmen, und am Boden bilden sich Würfelchen mit ausgehöhlten Flächen.

Durch das Vorherrschen des Wachsens an den Ecken und Kanten erzeugen sich öfter eigenthümliche, aus Aestchen, Stäbchen oder Blättchen zusammengesetzte Individuen von zierlicher Gestalt, welche sternförmig, baum- und strauchförmig, farnkrautartig, netzartig, pinselartig etc. erscheint. Die einzelnen Aestchen u. s. w. sind wiederum mit kleinen Individuen von paralleler Stellung besetzt. Beispiele sind die sternförmigen Schneekrystalle, die baumförmigen Individuen von Gold, die netzförmigen von Cuprit. Manche dieser Bildungen entsprechen nicht einfachen Individuen, sondern Zwillingskrystallen, wie die baumförmigen Gestalten des Kupfers, die netzartigen des Rutils, welcher in der Sagenit genannten Art wie ein Gewebe feiner Nadeln erscheint. Für Krystalle von solcher Ausbildung eignet sich die von Bréon gebrauchte Bezeichnung Gitterkrystalle, nach dem älteren Ausdrucke

werden sie gestrickte Formen genannt. Bei fortgesetztem allmählichem Wachstum können sich alle diese Formen, welche eine regelmässige Unterbrechung der Raumaufüllung zeigen, zu vollständigen und ebenflächigen Krystallen ausbilden, sie sind daher als unvollständige Krystalle aufzufassen. Fig. 224 ist ein Gitterkrystall von Silberglanz in natürlicher Grösse, wie sich derselbe in einem Durchschnitte parallel der Würfeläche darstellt. Fig. 225 zeigt einen Theil davon in vergrössertem Maassstabe und lässt erkennen, dass viele kleine Oktaëder sich nach den drei Axen des Würfels anordnen.

Fig. 223.

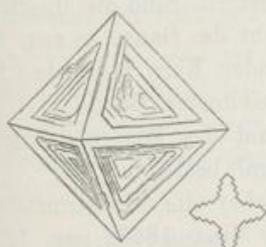


Fig. 224.

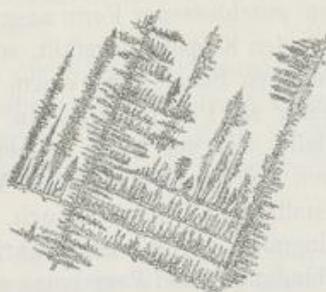


Fig. 225.

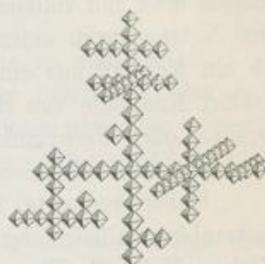
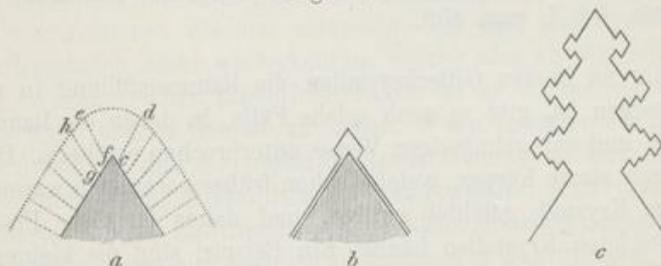


Fig. 226.



Diese netzartigen Gebilde, welche überall dort auftreten, wo eine rasche Krystallisation stattfindet, haben eine grosse Verbreitung. Lehmann erklärt auf Grund seiner mikroskopischen Beobachtungen ihre Entstehung in folgender Weise: Jedes Krystallindividuum vergrössert sich nur dann, wenn die umgebende Lösung etwas übersättigt ist, es entnimmt dabei aus der nächsten Umgebung Stoff, wodurch um das wachsende Individuum ein Hof verdünnter Lösung entsteht. Die Diffusion verursacht hierauf wieder einen Ausgleich, so dass neuer Stoff in den Hof eintritt. Fig. 226 a. Die vorhandenen Ecken und Kanten beherrschen aber ein viel grösseres Feld der Diffusionsströmung als ein gleich grosses Stück der Flächen des wachsenden Individuums. Sie sind daher beim Stoffansatz im Vortheil. So beherrscht die hier dargestellte Kante den Diffusionsraum $cdef$, während von dem gleich grossen Flächenelement fg nur der viel kleinere Raum $efgh$ in Anspruch genommen werden kann. Demnach setzt sich über dem ebenen Flächenelement fg sowie über allen benachbarten gleichen Flächenelementen in einem bestimmten Zeitraume bloß eine dünne Krystallschichte ab, während über dem gebrochenen

Flächenelemente cf sich eine viel dickere Zuwachsschichte absetzen wird. Fig. *b*. Diese letztere bildet an der Kante einen Ansatz, welcher von Krystallflächen eingeschlossen ist. Beim Fortwachsen fügen sich durch dieselbe Veranlassung an die Kanten dieses Ansatzes wieder neue auffallend starke Zuwachsschichten und es entsteht nach einiger Zeit eine Bildung wie in Fig. *c*, schliesslich nach weiterem Verlaufe ein Gitterkrystall. Bei raschem Wachsthum aus stark übersättigter Lösung ist der Hof breit, die Diffusionsströmung stark, es erfolgt ein vorherrschender Ansatz an Ecken und Kanten. Beim allmäligen Wachsen aus wenig übersättigter Lösung ist der Hof schmal, die Strömung schwach, der Ansatz also gleichförmig.

Es kann auch der Fall vorkommen, dass ein Individuum innen netzförmig, aussen aber mit vollkommen geschlossener Form ausgebildet ist. Sind die Maschen des Netzes durch einen fremden Körper ausgefüllt, so sieht das Ganze so aus, als ob ein Krystall aus einer dünnen Schale und einem fremden Kern bestünde. So erklärt Knop die von Scheerer als Perimorphosen bezeichneten Gebilde, z. B. Granat- oder Vesuviankrystalle, die aus einer dünnen Haut des Minerals, innen aber aus einem Gemisch von Calcit und demselben Mineral bestehen.

Ueber verzerrte Krystallformen: A. Weisbach, »Ueber die Monstrositäten tesseral-krystallisirender Minerale«. G. Werner, Jahrb. f. Min., 1867, pag. 129. Klein, »Ueber Zwillingsverbindungen und Verzerrungen«. Heidelberg, 1869. Ueber die netzartig gebildeten Krystalle: Knop, »Molecularconstitution und Wachsthum der Krystalle«. Hirschwald, Jahrb. für Min. pag. 129. Lehmann, Zeitschr. für Krystallographie, Bd. I, pag. 458.

58. Während in den Gitterkrystallen die Raumauffüllung in regelmässiger Weise unterbrochen ist, gibt es auch solche Fälle, in denen die Raumerfüllung in einer zufälligen und unregelmässigen Weise unterbrochen erscheint. Dies geschieht namentlich durch starre Körper, welche schon früher vorhanden waren oder gleichzeitig mit dem Krystall gebildet wurden, und daher ist diese Erscheinung bei schwebend gebildeten Krystallen häufig. Ein Beispiel sind die kleinen Tafeln von Titaneisenerz im Basalt, welche oft so aussehen, als ob sie in Striemen und Lappen zerschnitten wären. So wie starre Körper ein Hindernis der continuirlichen Raumauffüllung bilden können, ebenso werden auch Flüssigkeiten und gasförmige Körper, welche bei der Krystallisation den Raum verlegen und die Anlagerung der gleichartigen Molekel beeinträchtigen, stellenweise eine Unterbrechung im Zusammenhange bewirken können.

Manche der schwebend gebildeten Krystalle leiden stark unter dem Einflusse der Umgebung, ihre Form ist oft gestört, andere hingegen zeigen sich fast immer scharf ausgebildet, so dass man schliessen darf, sie vermögen bei der Krystallisation kleine fremde Partikelchen fortzuschleppen. Solchen Mineralen, welche fast immer scharfe Krystalle zeigen, schreibt man also eine grössere Krystallisationskraft zu, als anderen. Beispiele sind Magneteisenerz, Spinell, Apatit, Quarz. Das Fortschleppen und Heben fremder Körper bei der Krystallisation ist übrigens direct beobachtet. Bunsen in den Ann. der Chemie, 1847, Bd. 62, pag. 1 und 59. Das Bersten von Steinen, in deren Poren Krystallisationen stattfanden: Volger: Pogg. Ann., Bd. 93, pag. 214.

So wie die geschlossene Form der Krystalle durch äussere Umstände verschiedene Störungen erleiden kann, so vermögen auch derlei Einflüsse auf die Lage der Krystallflächen zu wirken und kleine Abweichungen von der Constanz der Kantenwinkel hervorzurufen. Dauber hat durch viele Messungen gezeigt, dass diese kleinen Anomalien ganz gewöhnlich vorkommen, und jede Beobachtung, welche sich auf mehrere Krystalle sowohl desselben Fundortes als auch verschiedener Fundorte erstreckt, gibt das Resultat, dass erstere in einem kleineren, die letzteren in einem grösseren Betrage in ihren Kantenwinkeln von einander abweichen, und zwar macht die Abweichung öfter viele Minuten aus. Brezina hat durch Beobachtungen am unterschwefelsauren Blei den Einfluss der Schwere auf diese Anomalien zu verfolgen gesucht.

Ganz anderer Art sind die Winkelunterschiede, welche an mimetischen Krystallen vorkommen. Da dieselben gewöhnlich Zwillingstöcke höheren Grades sind, so werden derlei Krystalle andere Winkel zeigen, je nachdem dieselben vorherrschend nach diesem oder vorherrschend nach jenem Zwillingsgesetze aufgebaut sind.

59. Mikrolithe. Viele Krystalle sind so klein, dass sie erst durch das Mikroskop wahrgenommen werden. Diese zeigen ebene Flächen und meistens dieselben Umrisse, wie jene, deren Formen uns durch die Beobachtung mit freiem Auge bekannt sind. Es gibt aber unter den mikroskopischen Bildungen solche mit Formen, die von krummen Flächen eingeschlossen sind und die an den grossen ausgebildeten Krystallen nicht wiederkehren, welche also als Jugendformen zu betrachten sind. Wegen solcher Eigenthümlichkeit ist es wünschenswerth, eine Bezeichnung für diese kleinen Gebilde zu haben. Wenn dieselben bestimmte Umrisse darbieten, so dass man ihre Krystallnatur daran erkennt, so wird der von Vogel-sang vorgeschlagene Name Mikrolith auf sie angewendet, doch versteht man darunter vorzugsweise solche Individuen, welche stäbchenförmig oder nadelförmig ausgebildet sind. Diese lassen sich nämlich am leichtesten wahrnehmen, während feine Blättchen in der breiten Ansicht oft nicht ganz scharf hervortreten oder unbestimmte Umrisse haben, in der schmalen Ansicht aber wiederum wie Nadeln erscheinen, während endlich die Mikrolithe gleichförmiger Ausdehnung in ihren Umrissen selten charakteristisch sind und meist wie Staubkörner aussehen. Die Form einfacher Stäbchen ist die häufigste, zuweilen sind die Mikrolithe stachelspitzig, andere erscheinen kopfig oder keulig oder auch biscuitförmig. Beistehende Fig. 227 gibt einige Formen an, von welchen die ersteren einfache, die letzten drei zusammengesetzte sind. Manche Mikrolithe haben Endigungen wie Schwalbenschwänze oder sie haben sanduhrförmige Gestalten, sind jedoch einfache Individuen mit eigenthümlicher Wachstumsform. Echte Zwillinge kommen natürlich auch vor. Auffallend sind die gekrümmten Formen, die bald ein gebogenes Stäbchen, bald eine Schlinge nachahmen, und gar die undurchsichtigen, haarförmigen Gebilde, welche von Zirkel Trichite genannt werden und welche in feine Spitzen endigen, oder die borstenartig steif aussehenden, mit gleichzeitig auftretenden Krümmungen und zackigem Verlaufe. Eine überraschende Erscheinung ist die Gliederung mancher Mikrolithe, die rosenkranzförmig aneinander gereiht erscheinen.

Manche dieser Mikrolithe lassen sich auf bestimmte Minerale beziehen, so z. B. kennt man Apatit-, Feldspath-, Augit-Mikrolithe u. s. w. Viele Mikrolithe aber sind in ihrer Entwicklung noch nicht so genau verfolgt, als dass man angeben könnte, welcherlei Krystalle sich bei der Vergrößerung aus ihnen entwickeln.

Mikrolithe zeigen sich besonders häufig und deutlich im Obsidian, Perlstein und Pechstein. Ebenso finden sich derlei Bildungen häufig in den künstlichen Schlacken. Durch Mischung krystallisirbarer Substanzen mit zähflüssigen Körpern kann man Mikrolithe erhalten und deren Wachstum studiren, weil der zähflüssige Körper verzögernd auf die Krystallisation wirkt. Vogelsang bemerkte bei der

Fig. 227.



mikroskopischen Beobachtung jener Gebilde, welche der Schwefel bei der Krystallisation innerhalb Canadabalsam darbietet, solche Anfänge der Krystallbildung, welche noch keinen polyëdrischen Umriss, aber schon eine regelmässige Anordnung zeigen, und hat solche Körperchen Krystallite genannt. Diese Vorstufe der Mikrolithe kommt auch oft in den Gesteinen vor.

Lit. Zirkel, Die mikroskop. Beschaffenheit der Minerale und Gesteine, wo auch die fernere Literatur angegeben ist. Lehmann in der vorher citirten Abhandlung.

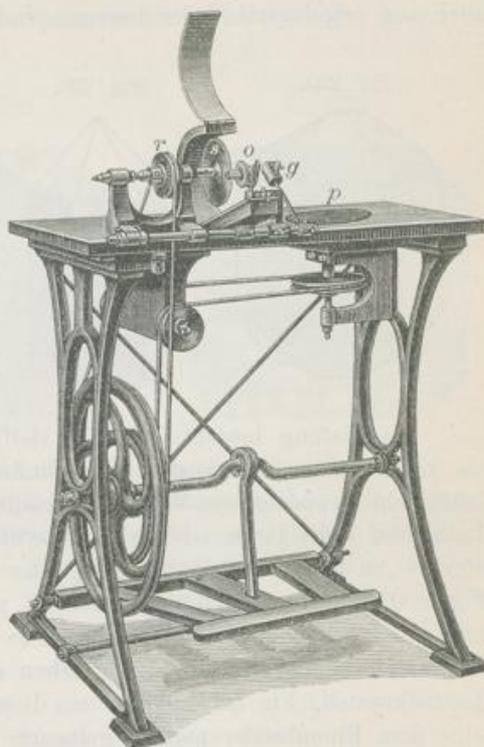
60. Mikroskopische Untersuchung. Die Beobachtung der Formverhältnisse, welche mit freiem Auge nicht mehr erkannt werden können, ist erst in der letzten Zeit mit Erfolg betrieben worden, obgleich die Anwendung des Mikroskops schon früher versucht wurde. Erst nachdem durch Sorby eine praktische Methode gefunden war, aus den Mineralen dünne Schichten herzustellen, welche Durchsichtigkeit besitzen, trat das Mikroskop auch hier in seine Rechte.

Härtere Minerale werden zu diesem Zwecke zuerst durch Zerschlagen in die Form dünner Splitter oder durch Zerschneiden in die Gestalt von Täfelchen gebracht, um sodann durch Schleifen in höchst dünne und durchsichtige Blättchen verwandelt zu werden. Das Zerschneiden geschieht durch eine Maschine, eine Art Drehbank, welche eine dünne Scheibe von Eisen in Rotation bringt. Eine Art der gegenwärtig im Gebrauche stehenden Schneidmaschinen ist in Fig. 228 abgebildet. Die Eisenscheibe *s* wird benetzt, am Rande fleissig mit Smirgelpulver bestrichen, oder sie wird mit Diamantpulver, welches mit Öl angerührt und in den mittels eines Messers eingehackten Rand hineingestrichen wird, bewaffnet, worauf sie bei schneller Drehung in das angedrückte Mineral eindringt und in der gewünschten Richtung einen Schnitt hervorbringt. Das Schleifen geschieht anfänglich auf einer Platte von Sandstein, auf einer Smirgelplatte oder auf einer Metallplatte, am besten einer Gusseisenplatte, die mit Wasser benetzt und mit Smirgelpulver bestreut ist.

Der feinere Schliff wird entweder auf einer ebenen Thonschieferplatte, oder besser auf einer matten Glasplatte mit feinem Smirgelpulver ausgeführt. Jeder Splitter und jedes Täfelehen wird zuerst auf der einen Seite eben und fein geschliffen, sodann mit dieser Seite vermittels Canadabalsam an ein handliches Stück einer dicken Glasplatte gekittet, um schliesslich auch auf der anderen Seite eben und fein geschliffen zu werden, bis es durchsichtig geworden. Es ist nicht nöthig, das schliesslich erhaltene dünne Blättchen, den Dünnschliff, welcher so durchsichtig sein muss, dass man eine darunter gelegte Schrift lesen kann, auch noch zu poliren, vielmehr wird selbes nach dem Feinschleifen sogleich präparirt, indem es durch Erwärmen des Kittes und Abziehen von der Unterlage befreit und auf eine reine Glasplatte, einen Objectträger, gebracht und dort durch Umgebung mit Canadabalsam und Bedeckung mit einem dünnen Glasplättchen für die mikroskopische Beobachtung geeignet gemacht wird.

Die Beobachtung geschieht mittels des Mikroskops entweder ohne Zuhilfenahme fernerer Apparate oder man benützt je nach dem besonderen Zwecke verschiedene Vorrichtungen. Die Messung der Grösse der Objecte verlangt Glasmikrometer oder Mikrometerschrauben, die Messung der Winkel an mikroskopischen Krystallen erfordert Visuren im Instrumente in der Form von Fadenkreuzen oder Linien auf Glasplatten, ferner Theilkreise, die entweder am Tische des Mikroskops oder am Ocular angebracht sind, die Beobachtung im polarisirten Lichte, von der später noch die Rede sein wird, Nicol'sche Prismen am Ocular und unter dem Tische des Mikroskops. Für höhere Temperaturen sind bestimmte Einrichtungen zu treffen. Die Beobachtung der Erscheinungen bei Krystallisation aus Lösungen setzt ebenfalls einen hiefür geeigneten Bau des Instruments voraus. Für das Zeichnen der mikroskopischen Bilder, für das Photographiren derselben sind wiederum gewisse Vorkehrungen nützlich oder nothwendig. Die Dünnschliffe können auch, wofern sie einerseits unbedeckt gelassen werden, zu chemischen Reactionen im kleinen Maasstabe, deren Resultat mikroskopisch verfolgt wird, benutzt werden. Ausführlicheres über all dieses in dem angef. Werke von Zirkel; ferner Rosenbusch: Mikroskopische Physiographie, Groth, Physikalische Krystallographie. Fuess, Jahrb. f. Min. Beilageband 7, pag. 406. Wülfing, Zeitschr. f. Kryst. Bd. 17, pag. 445.

Fig. 228.



61. Oberfläche der Krystalle. Die Flächen, von welchen die Krystalle eingeschlossen werden, sind entweder vollkommen glatt und eben, oder sie erscheinen nicht glatt, sondern gerieft, fein gezeichnet, oder matt, rauh, drusig etc. Die matte oder rauhe Beschaffenheit kann dem Krystall als solchem zugehören, oder auch von angelagerten oder hervorragenden fremden Partikelchen herrühren.

Fig. 229.

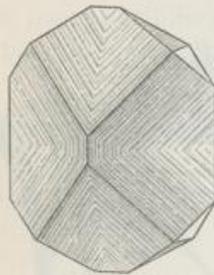


Fig. 230.



Fig. 231.

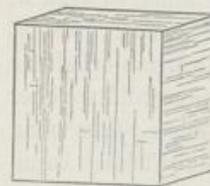


Fig. 232.



Die Riefung besteht in einer vielfachen Wiederholung von feinen Kanten, sie kann demnach entweder eine Combinations- oder eine Zwillingsrieffung sein, indem ein treppenartiger Wechsel derselben zwei Flächen stattfindet, die entweder demselben Individuum oder vielen zwillingsartig verbundenen Individuen angehören. An dem Krystall von Arsenkies in Fig. 229 und an dem Quarzkrystall, Fig. 230, ist eine Combinationsrieffung parallel den vorhandenen Kanten zu bemerken. Der hemihädrische Pyritwürfel in Fig. 231 bietet auch eine derlei Riefung dar, welche von sehr schmalen Flächen eines Pentagondodekaeders herrührt. Der Korundkrystall, Fig. 232, liefert ein Beispiel der Zwillingsrieffung, welche durch feine dem Rhomboeder parallel gelagerte Lamellen hervorgebracht wird.

Die feine Zeichnung, welche manche Krystallflächen darbieten, rührt von regelmässig geformten Erhabenheiten und Vertiefungen her, welche der Fläche oft ein halb mattes Ansehen geben, bei einer bestimmten Beleuchtung aber einen Glanz verleihen, so dass die Oberfläche damastartig erscheint. (Fluorit, Quarz.) Wenn die Zeichnung etwas gröber wird, so erscheint die Fläche gekörnt, gestrichelt, geschuppt, getäfelt, parquettirt etc., und man erkennt nun oft schon mit freiem Auge die Form der einzelnen Erhabenheiten und Vertiefungen, welche parallel angeordnet sind. Die Erscheinung lässt sich bis dahin verfolgen, wo diese Erhabenheiten als von Krystallflächen begrenzte, hervorragende Krystalltheile erkannt werden, und schliesslich bis zu dem Extrem, da keine Ebene mehr erkennbar ist, sondern statt des einfachen Krystalls ein Krystallstock vorliegt. Die regelmässigen Erhabenheiten, welche an den Krystallflächen, bald nur unter dem Mikroskope, bald schon unter der Loupe, endlich auch mit freiem Auge beobachtet werden, sind von Krystallflächen begrenzt. Sie sind daher regelmässig geformt und erscheinen wie kleine Krystallindividuen, welche sich aus der Fläche der grösseren Krystallmasse in paralleler Stellung bald mehr, bald weniger emporheben. Scharff hat über diesen Gegenstand eine Reihe von Arbeiten geliefert, Sadebeck, welcher sich eingehend mit demselben beschäftigt, bezeichnet die kleinen Individuen als

Subindividuen. Fig. 233 stellt die feine Zeichnung auf den Flächen eines Blende-krystalls dar. Die Flächen des positiven und jene des negativen Tetraeders haben eine verschiedene Beschaffenheit, Fig. 234 gibt nach Zeichnungen von Rumpf die mit Subindividuen und feinen Riefen bedeckte Fläche 001 eines Apophyllitkrystalls wieder und Fig. 235 zeigt an, in welcher Weise die Basisflächen zweier Apophyllitkrystalle mit Subindividuen bedeckt sind.

Fig. 233.

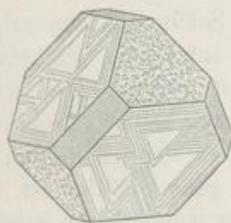
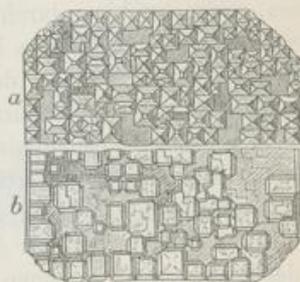


Fig. 234.



Fig. 235.



Die angeführten Erscheinungen auf den Flächen der Krystalle rühren zum grossen Theile von Umständen bei der Bildung der letzteren her. Die verschiedenen Umstände bewirken es, dass entweder ein solid ausgebildeter Krystall mit glatten Flächen entsteht, oder auf die Flächen kleine Subindividuen aufgebaut werden, welche ein Voraneilen mancher Punkte in der Bildung des Krystalls bekunden, oder endlich, dass durch ein solches Voraneilen eine netzartige Bildung oder ein Krystallstock hervorgeht. Oefter aber sind die feinen Unebenheiten der Oberfläche das Resultat einer späteren Veränderung, indem die ebenfächigen Krystalle dem Angriffe auflösender Substanzen ausgesetzt waren.

Scharff, Jahrb. f. Min. 1861. S. 32, S. 385. 1862. S. 684. Rose-Sadebeck. Elemente der Krystallographie. 2. Bd., pag. 156.

62. An manchen Krystallen erscheinen die grösseren Flächen gebrochen, d. i. sie bestehen aus zwei oder mehreren glatten Flächen, die äusserst schwach gegen einander geneigt sind. Diese liegen meist in ausgebildeten Zonen und besitzen hohe Indices, welche aber, wie Schuster am Danburit zeigte, zu denen der einfachen Flächen in einer gesetzmässigen Beziehung stehen. Derlei Flächen, welche in ihrer Lage bestimmten Flächen sehr nahe kommen, hat Websky Vicinalflächen genannt.

Es kommt bei Zwillingen vor, dass die einzelnen von einander wenig abweichenden Flächen verschiedenen Individuen angehören. Für diesen Fall ist auch der Ausdruck Polyödrrie, welchen Scacchi für diese Erscheinung vorschlägt, verwendbar. Wenn man den Ausdruck Polyödrrie auf die Erscheinung bei Zwillingen und mimetischen Krystallen beschränkt, dann verhält sich diese zu dem Auftreten der Vicinalflächen, wie die Zwillingsriefung zur Combinationsriefung. Vicinale Flächen sind am Diamant, Aragonit, Adular, Danburit, Granat und vielen anderen Mineralen beobachtet worden.

Seacchi's Abh. über Polyëdrie in deutscher Uebertragung von Rammelsberg. Zeitschr. Deutsch. geol. Ges. Bd. 15, pag. 19. Websky's Abh. ebendas. pag. 677. Zepharovich über Aragonit. Sitzungsber. der k. Akad. zu Wien. Bd. 71 (1875). Schuster über Danburit: Tschermak's Min. u. petrogr. Mitth. Bd. 5 und 6.

63. Zuweilen werden an den Krystallen auch unechte Flächen beobachtet. Sie sind von zweierlei Art. Man sieht nämlich nicht selten matte oder fast matte Flächen, die bei genauerer Beobachtung gar keine ebenen Elemente erkennen lassen, vielmehr blos durch die Wiederholung feiner Kanten oder durch viele in derselben Ebene endigende kleine Ecken gebildet werden. Solche Flächen zeigen öfter eine Lage, welche der einer echten Krystallfläche entspricht, manchmal aber davon abweicht, wodurch schon Täuschungen veranlasst wurden. Die zweite Art der unechten Flächen sind Abformungen. Wenn ein Krystall beim Fortwachsen an einen andern bereits fertigen Krystall anstösst, so formt er sich an diesem ab und so entstehen bisweilen glatte Flächen, deren Lage eine ganz zufällige ist. Da bei solcher Abformung öfter die feinsten Zeichnungen mit einer wunderbaren Schärfe wiederholt werden, so sehen diese unechten Flächen zuweilen den wahren Krystallflächen täuschend ähnlich.

64. Obwohl die Krystalle wesentlich von ebenen Flächen begrenzt sind, so kommen doch auch manchmal krumme Flächen vor. Dieselben sind entweder durch das Zusammentreffen vieler kleiner ebener Flächen gebildet, wie man es an manchem Quarz, Desmin, Prehnit wahrnimmt, oder sie haben eine continuirliche Krümmung, wie an Krystallen von Gyps, Diamant. Wenn alle Kanten und Ecken abgerundet erscheinen, so bekommt der Krystall ein solches Ansehen, als ob er eine oberflächliche Schmelzung erlitten hätte, die Oberfläche erscheint geflossen, wie dies an manchem Bleiglanz vorkommt. Die im körnigen Kalke eingeschlossenen Krystalle von Augit, Hornblende, Apatit zeigen auch eine geflossene Oberfläche, die ganz unregelmässig gekrümmt erscheint.

65. Inneres der Krystalle und Individuen überhaupt. Die Bildungsweise bringt es mit sich, dass an vielen der grösseren Krystalle der schichtenartige Bau deutlich hervortritt. Die Erscheinung ist am einfachsten, wenn der Krystall blos eine einzige äussere Schichte und einen inneren Kern unterscheiden lässt, welche beide aus derselben Mineralart bestehen. Solche Vorkommnisse nennt Kopp Krystalle von doppelter Bildung. Beispiele dafür sind Calcit, Fluorit: Calcitkrystalle zeigen einen dunklen Kernkrystall mit der Form $\rightarrow 2R$, während die Hülle das Grundrhomboëder R zeigt, Fig. 236; Fluoritkrystalle haben einen Kern von Oktaëderform, die Hülle ist als Würfel ausgebildet. Einen Barytkrystall von doppelter Bildung stellt Fig. 237 dar.

Häufiger kommt der Fall vor, dass die Schale und der Kern dieselbe Flächencombination darbieten, so dass die Schale eine genaue Wiederholung der Form des Kernes bildet. Beispiele sind wieder Calcit, Fluorit, aber auch Turmalin, Epidot u. a. m. In jenen Fällen, in welchen überhaupt Kernkrystalle bemerkt werden, zeigt sich oft der Kern anders gefärbt, als die Hülle. Der Kern ist braun

oder gelb, die Hülle farblos (Calcit), über einem farblosen Kern eine violette Hülle (Fluorit), über einem blauen Kern eine braune Schalenhülle (Turmalin), ein schwarzgrüner Kern mit hellgrüner Hülle (Epidot).

Viele der grösseren Krystalle bestehen aus mehreren oder auch aus vielen Schichten desselben Minerals, welche sich durch die verschiedene Reinheit und Durchsichtigkeit oder durch verschiedene Färbung von einander unterscheiden.

Fig. 236.

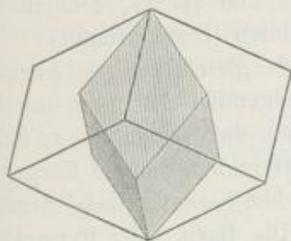


Fig. 237.

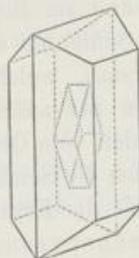


Fig. 238.

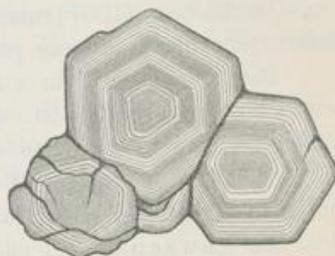


Fig. 239.



Fig. 240.



Quarz, Baryt, Flusspath, Turmalin liefern Beispiele. Manchmal wird die Schichtung erst bei der beginnenden Zerstörung deutlich, wie bei manchen Feldspathen. Zuweilen sind die Schichten bloß locker mit einander verbunden, indem sie durch äusserst dünne Lagen eines fremden Minerals zum Theil getrennt erscheinen. In solchem Falle gelingt es bisweilen bei grösseren Krystallen, dieselben in einen Kern und mehrere folgende parallele Schalen zu zerlegen, wie bei manchem Quarz (Kappenquarz), dessen Schichten mit Glimmerblättchen belegt sind. Am Wolframit, Vesuvian, Epidot sieht man diesen schaligen Bau ebenfalls nicht selten. Die schalige Zusammensetzung erfolgt bisweilen bloß nach einer Fläche, wie beim Bronzit und Diallag.

In den ebenmässig ausgebildeten Krystallen ist jede Schichte überall von gleicher Dicke. So zeigt der Durchschnitt einer Gruppe von Melanitkrystallen (tesselal) Fig. 238 eine Abwechslung von braunen und gelben Schichten, deren jede überall gleich dick ist. Lang gestreckte säulenförmige Krystalle verdanken diese Ausbildung dem Umstande, dass jede Schichte, soweit sie die Säulenflächen bedeckt, sehr dünn, wo sie die Flächen der Endigung überzieht, sehr dick ist. In dem Durchschnitte eines Turmalinkrystalls (rhomboëdrisch-hemimorph) Fig. 239 sind die seitlich angesetzten Schichten sehr dünn, jene auf den Rhomboëderflächen

des Endes angesetzten Schichten hingegen um Vieles dicker. Bisweilen zeigt jede umlaufende Schichte, soweit sie krystallographisch gleiche Flächen überzieht, dieselbe, auf den davon verschiedenen Flächen aber eine andere Farbe. In dem letzt-erwähnten Turmalindurchschnitte zeigt sich ein farbloser Kern. Die darauf folgenden die Prismenflächen überziehenden sehr dünnen Schichten sind blassgrün, die an der Endigung auftretenden Schichten aber dunkelbraun. Im auffallenden Lichte zeigen derlei Krystalle ein schwarzes Ende (Mohrenköpfe). In dem Durchschnitte eines Augitkrystalls (monoklin) Fig. 240 sind die umlaufenden Schichten, welche den Querflächen (100) entsprechen und im Bilde links und rechts erscheinen, violett, jene der Endigung parallelen Schichten aber gelblich (Sanduhraugit).

Denkt man sich in einem Krystall, welcher durch gleichförmigen Ansatz von Schichten gebildet ist, die Ecken der aufeinanderfolgenden Schichten durch Linien verbunden, so gehen diese Linien vom Centrum aus und setzen bis zu den äusseren Ecken derselben fort. Sie bilden die Seiten von pyramidenförmigen Körpern und man erhält so viele Pyramiden, als der Krystall Flächen besitzt. Becke nennt dieselben Anwachskegel oder Anwachspyramiden. Die Basis jeder Pyramide ist eine Krystallfläche, die Spitze liegt im Centrum des Krystalls. Jede solche Pyramide ist ein System paralleler Schichten. In jedem Schnitte, welcher durch das Centrum des Krystalls geführt wird, liefert sie ein Dreieck, aus parallelen Streifen bestehend. So z. B. ergeben sich in den Durchschnitten der Fig. 238 je sechs gleiche Schichtendreiecke, in Fig. 240 vier paarweise gleiche Schichtendreiecke. Durch diese Betrachtung erklärt sich die Thatsache, dass Schnitte und Spaltebenen, welche durch einen Krystall geführt werden, nicht immer eine so gleichartige Beschaffenheit darbieten, wie die Krystallflächen, sondern dass dieselben oft an verschiedenen Stellen und in verschiedenen Richtungen ein ungleiches Verhalten zeigen. Der Schnitt in Fig. 240 zeigt dies sehr deutlich.

Die Kernkrystalle und alle die geschichteten und schaligen Krystalle, welche von demselben Mineral gebildet werden, repräsentiren in gewissem Sinne eine parallele Verwachsung gleichartiger Individuen. Manche der Kernkrystalle und der geschichteten Krystalle stellen jedoch parallele Verwachsungen ungleichartiger Minerale dar, deren Verschiedenheit bisweilen durch den Unterschied in der Farbe kenntlich wird.

Ein Kern von schwarzem Biotit, umgeben von einer blassen Schichte von Muscovit oder ein Kern von Eisenturmalin mit einer Hülle von Edelturmalin sind Beispiele von Ueberwachsung verschiedenartiger Minerale, die zu derselben Gattung gehören. Krystalle von Granat, Turmalin, welche einen mehrfachen Wechsel von verschiedenfarbigen Schichten zeigen, sind wiederholte Ueberwachsungen von untereinander verschiedenen Mineralarten gleicher Form.

Derlei Bildungen lassen sich in mannigfacher Art herstellen, so z. B. schöne Kernkrystalle, wenn Oktaëder von Chromalaun in eine Lösung von gewöhnlichem Kalialaun gelegt werden. Der dunkle Kern von Chromalaun erscheint mit einer farblosen Hülle gleicher Form bekleidet. Abwechselnde Schichten gleicher Form, aber verschiedener Beschaffenheit können dadurch erzeugt werden, dass man Bittersalzkrystalle abwechselnd in Bittersalzlösung und in solche Lösungen bringt, welche ausser Bittersalz auch Manganvitriol enthalten.

Die schichtenartige Vereinigung mehrerer Arten oder Varietäten von gleicher oder ähnlicher Krystallform wird *isomorphe Schichtung* genannt. Bei der chemischen Untersuchung so gebauter Körper ergibt sich, wie begreiflich, kein einfaches Resultat, sondern man erhält ein Ergebnis, welches die Mengung aus mehreren einfachen Mineralien bestätigt. Die grobe Mengung, welche mit freiem Auge zu sehen ist, bietet jedoch alle Abstufungen bis zur feinen Schichtung, welche nur mittelst des Mikroskops erkennbar wird, und diese geht in eine ganz gleichförmige Mischung über, in welcher keine Schichten und keine Verschiedenheiten mehr zu beobachten sind. Häufiger als die isomorphe Schichtung ist diese isomorphe Mischung, welche nur mehr aus dem Ergebnis der chemischen Analyse als solche erkannt wird.

Lit. über Kernkrystalle: Kopp, Ann. d. Chemie, Bd. 94, pag. 111. Autor. Sitzb. d. Wiener Akad., Bd. 40, pag. 109. Isom. Schichtung: C. v. Hauer, Verhandl. d. geol. Reichsanst. 1880, pag. 20, 181. Ueber Anwachskegel: Becke, Lotos v. 26. Nov. 1892. Blumrich in Tschermak's Min. u. petr. Mitth. Bd. 13, pag. 239.

66. Durch das netzartige Wachsen oder durch bestimmte Unterbrechungen des schichtenförmigen Fortwachsens entstehen im Innern der Krystalle und der Individuen überhaupt Lücken mit ebenfächigen Begrenzungen, es bilden sich regelmässige Poren und Höhlungen. Wenn dieselben von Krystallflächen begrenzt sind, so werden sie auch *negative Krystalle* genannt. Im Steinsalz werden würfelförmige Hohlräume häufig beobachtet, im Quarz erkennt man zuweilen negative Krystalle, welche dieselbe Form haben, wie der ganze Krystall, im Eis, im Gyps ist die Erscheinung auch nicht selten. Die Höhlungen und Poren sind aber viel häufiger von krummen Flächen gebildet, sie erscheinen demnach kugelförmig, eiförmig oder überhaupt rundlich, öfter auch gedehnt und verzweigt, wie beim Quarz und Topas.

Die mikroskopischen Untersuchungen haben gezeigt, dass derlei Poren in Krystallen eine sehr verbreitete Erscheinung sind. Sie liegen, entweder unregelmässig vertheilt oder linear angeordnet, in Schichten zusammengedrängt oder zu Schwärmen gruppiert. Manche Krystalle, wie die Hauyne von Melfi, sind besonders reich daran.

67. Einschlüsse. Das Auftreten von fremden Körpern in den Individuen ist eine sehr häufige Erscheinung, weil beim Wachsen der letzteren die im Wege liegenden starren Körper umhüllt, ferner Theile der Mutterlauge umschlossen, ja sogar die Bläschen von Gasen und Dämpfen, welche in der Mutterlauge absorbirt waren, bei der Krystallbildung umwachsen werden.

Die Einschlüsse lassen sich mit Gästen vergleichen, welche der Krystall als ihr Wirth beherbergt. Der Ausdruck Wirth, auch bezüglich der Parasiten üblich, wurde von Rosenbusch in Vorschlag gebracht. Die eingeschlossenen Körper können entweder so gross sein, dass sie noch mit freiem Auge, oder wie man jetzt öfter sagt, makroskopisch wahrgenommen werden, oder sie können so klein sein, dass sie nur mit Hilfe des Mikroskopes erkannt werden, bis zu der Grenze, da sie auch bei starker Vergrösserung nicht mehr deutlich gesehen werden. Die Ein-

schlüsse zeigen alle Aggregatzustände, indem gasförmige, tropfbar flüssige und starre Körper als solche vorkommen. Die Lagerung und Vertheilung ist meistens eine unregelmässige; zuweilen aber sind krystallisirte Einschlüsse regelmässig eingelagert, was eine die orientirte Verwachsung ungleichartiger Krystalle fortsetzende Erscheinung ist.

Manche Individuen zeigen, wie zuvor bemerkt wurde, schon bei der Betrachtung mit freiem Auge regelmässige, öfter jedoch unregelmässige Höhlungen, die ganz leer zu sein scheinen, welche aber selbstverständlich nicht absolut leer sind, sondern mit einem Dampfe oder einem Gase erfüllt sein müssen (Dampfporen, Gasporen). So z. B. erkennt man in manchen Steinsalzkry stallen würfelförmige Höhlungen, die leer erscheinen, jedoch ein Gas enthalten, welches nach Bunsen's Untersuchungen vorherrschend Sumpfgas und Stickstoffgas ist. Da es im comprimirtten Zustande darin vorhanden ist, so entwickelt sich dasselbe beim Auflösen mit knackendem Geräusch (Knistersalz von Wieliczka).

Die Höhlungen, welche in den verschiedenen Mineralen beobachtet werden, sind aber nicht selten zum Theil mit einer Flüssigkeit, zum Theile mit Dampf gefüllt, welcher als bewegliche Blase auftritt. Steinsalzkry stallen und Quarzkry stallen, welche Höhlungen zeigen, lassen öfter wandernde Blasen erkennen. Beim Herumdrehen wendet sich die Blase immer so, dass sie schliesslich die höchste Stellung in der Höhlung einnimmt, während gleichzeitig die enthaltene Flüssigkeit nach abwärts sinkt.

Starre Körper sieht man in den Krystallen am häufigsten. Sie erscheinen oft ebenfalls krystallisirt in der Form von Säulen oder von Nadeln, Fasern, Blättchen und Schuppen oder auch wie ein grober oder wie ein feiner Staub. Oft stecken die Einschlüsse zum Theil im Krystall, zum Theil ragen sie aus demselben hervor, oder sie erscheinen dem Krystall aufgestreut. Nicht selten erkennt man im Innern des Krystalls eine schichtenartige Vertheilung derselben, z. B. Chlorit oder Glimmer in parallelen Schichten in Quarzkry stallen. Zuweilen sind die Einschlüsse in solcher Anzahl vorhanden, dass die Menge derselben überwiegt und der Krystall kaum noch seinen Zusammenhang bewahrt, wie dies zuweilen beim Quarz vorkommt, welcher ganz mit Chlorit erfüllt erscheint. Der Quarz in der durchsichtigsten Abänderung als Bergkrystall ist jenes Mineral, welches die verschiedenartigsten Einschlüsse unter den mannigfaltigsten Erscheinungen darbietet. Hornblende in feinen Fasern, Rutil und Göthit in feinen Nadeln, Glimmer oder Eisenglanz in Schüppchen, Chlorit oder Pyrit als feiner Staub sind häufig im Bergkrystall. In früherer Zeit standen Bergkrystalle, welche derlei Einschlüsse enthalten, bei den Sammlern in hohem Werthe. Auch der Calcit ist oft reich an Einschlüssen. Einen hierher gehörigen Fall hat man an dem sogenannten krystallisirten Sandstein, der aus Calcitkry stallen besteht, welche ungemein viel Quarzsand einschliessen. Der Gyps bildet auch derlei Krystalle. Die verschiedenen Feldspathe zeigen sich ebenfalls reich an deutlich erkennbaren Einschlüssen. Wenn die Krystalle in einer glasigen Masse, z. B. im Obsidian oder Pechstein liegen, so findet sich zuweilen auch im Inneren etwas von dem Glas eingeschlossen.

Eine regelmässige Vertheilung der Einschlüsse sieht man in einem Feldspath, dem Sonnenstein von Tvedestrand, worin metallisch glänzende Blättchen zu

gleicher Zeit glänzen, ebenso im Carnallit, ferner in dem Dolomit vom Greiner, worin Tremolitifasern den Rhomboëderkanten parallel gelagert sind, und in mehreren anderen Fällen.

Ueber makroskopische Einschlüsse handeln: Blum, G. Leonhard, Seyfert und Söchting: Einschlüsse von Mineralen in kryst. Mineralen. Harlem 1854. Söchting: Die Einschlüsse in kryst. Mineral. Freiberg 1860. Kenngott: Mineralog. Notizen. Sitzungsber. d. Akad. zu Wien 1852—55. Ueb. Knistersalz: Bunsen, Pogg. Ann. Bd. 83, pag. 251.

68. Mit Hilfe des Mikroskopes lässt sich das Auftreten der Einschlüsse in den Krystallen weiter verfolgen und als eine fast in allen Krystallen wahrnehmbare Erscheinung erkennen. Dabei stellt sich insofern ein unerwartetes Resultat heraus, als nunmehr die Menge der gasförmigen und flüssigen Einschlüsse viel grösser erscheint, als man dies nach den Beobachtungen mit freiem Auge erwarten sollte.

Diese haben selbstverständlich die Gestalt der Hohlräume, sie sind also entweder in den negativen Krystallen enthalten, oder sie sind kugelig, eiförmig, unbestimmt rundlich, verzweigt oder schlauchartig gedehnt. Fig. 241. Die Grösse

Fig. 241.



Mikroskopische Einschlüsse in Quarz nach Zirkel.

Fig. 242.

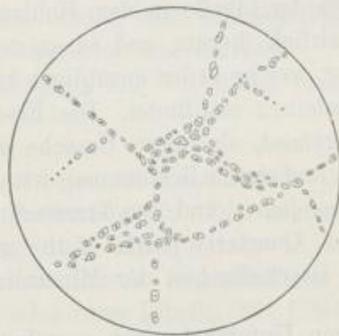


Fig. 243.



Einschlüsse in Feldspath.

ist verschieden bis zu derjenigen, in welcher sie auch bei der stärksten Vergrößerung nur mehr als feine Pünktchen wahrgenommen werden. Durch das ausserordentlich zahlreiche Auftreten geben solche Einschlüsse dem Krystall ein trübes bis milchiges Aussehen. Die trüben Minerale, in welchen auch bei starker Vergrößerung keine derlei Einschlüsse wahrgenommen werden, dürften demnach solchen kleinen Hohlräumen, welche eine unter der Grenze der Wahrnehmbarkeit liegende Grösse haben, diese Beschaffenheit verdanken. Die kleinen Blasen sind entweder ganz unregelmässig vertheilt oder in Häufchen versammelt, welche nicht selten verzweigt erscheinen, Fig. 242, oder sie sind in Streifen angereiht oder endlich auch in Schichten angeordnet. Fig. 243. Diese Schichten entsprechen sodann den Zuwachsschichten der Krystalle und lassen schliessen, dass während

des Wachsthums die Entwicklung der Bläschen in der Mutterlauge periodisch erfolgte. Die Häufigkeit der gasförmigen und flüssigen Einschlüsse ist nach der Mineralgattung verschieden, indem manche Minerale unter gleichen Umständen mehr von solchen Einschlüssen aufnehmen als andere. Dies hat Sorby durch Krystallisirenlassen von Alaun und Kochsalz aus derselben Lösung gezeigt, wobei die Krystalle des letzteren sehr reich, des ersteren sehr arm an flüssigen Einschlüssen gebildet wurden. Es ist dies leicht erklärlich, wenn man berücksichtigt, dass das Kochsalz ein eigenthümlich treppenartiges, also lückenhaftes Fortwachsen, der Alaun hingegen ein solides Wachstum zeigt.

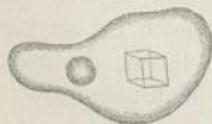
Die kleinen Hohlräume haben entweder breite dunkle Contouren, und in diesem Falle enthalten sie gasförmige Stoffe, oder sie zeigen schmale, zarte Contouren und dann sind sie von einer Flüssigkeit erfüllt, oder aber sie zeigen eine kleine Blase, eine Libelle, wodurch das gleichzeitige Vorhandensein von beiderlei Stoffen erkannt wird. Durch Neigen des Präparates, durch Erschütterung desselben auf dem Tisch des Mikroskopes kann man die Libelle zuweilen zum Wandern bringen, oft aber bleibt sie unbeweglich oder sie wird erst beim Erwärmen beweglich.

Eine der seltsamsten Erscheinungen im Mineralreiche ist das freiwillige Wandern und Tanzen mancher Libellen welches in manchen Quarzkrystallen älterer Gesteine wahrgenommen wird. In solchem Falle beobachtet man bei vollständiger Ruhe des Präparates und bei gleichbleibender Temperatur ein beständiges Umhergehen oder Umhertanzen der Libelle in dem Hohlraum. Hier dreht sich also Dampf und Flüssigkeit continüirlich herum und es entsteht der Eindruck einer ewigen automatischen Bewegung, welche in den unzähligen kleinen Hohlräumen der Krystalle in weit verbreiteten Gesteinen stattfindet. Die Erscheinung wird als Brown'sche Molecularbewegung aufgefasst, als deren Ursache die Wärme gilt.

Ueber Einschlüsse und deren Bestimmung handeln: Brewster's Abhandlungen in dem Edinburgh philos. journ. und den Transactions of roy. soc. Edinb. aus den Jahren 1813—45. Sorby, Quarterly journ. of the geol. soc. 14. pag. 473 (1858). Zirkel, Die mikroskop. Beschaffenheit der Mineralien und Gesteine, 1873.

69. Die bisherigen Untersuchungen ergaben das Resultat, dass die gasförmigen Einschlüsse meist aus Wasserdampf, Kohlensäure, Stickstoff-, Sauerstoffgas und aus Kohlenwasserstoffen bestehen, während die flüssigen Einschlüsse zumeist Wasser und wässrige Lösungen sind. Die Einschlüsse, welche diese

Fig. 244.



Flüssigkeiten enthalten, zeigen beim Erwärmen keine irgend auffallenden Erscheinungen. Zirkel beobachtete aber in Quarz Einschlüsse mit Libellen, die einen würfelförmigen Steinsalzkristall neben der Libelle schwimmend zeigten. Fig. 244. Solche Einschlüsse zeigen beim Erwärmen eine vollständige Auflösung des Krystalls und nach dem Erkalten eine Wiederbildung eines oder mehrerer Krystalle. Dass hier Steinsalz vorliege, wurde auch dadurch bestätigt, dass der Quarz einerseits spectralanalytisch untersucht, die Natriumreaction gab, andererseits aber nach dem Pulvern unter Wasser in der Lösung das Chlor nachgewiesen werden konnte.

Unter den flüssigen Einschlüssen waren schon Brewster diejenigen aufgefallen, welche sich durch eine schwächere Lichtbrechung und durch eine starke Expansion bei der Erwärmung auszeichneten. Diese Angaben brachten später Simmler auf die Vermuthung, dass die Flüssigkeit liquide Kohlensäure sein dürfte. Im Jahre 1869 aber gelang es Vogelsang und Geissler, durch sinnreiche Versuche darzuthun, dass jener merkwürdige Körper in der That aus flüssiger Kohlensäure bestehe. Dies wurde nicht nur daraus erkannt, dass jene Einschlüsse dieselben Expansionserscheinungen darbieten, welche Thilorier und Andrews an der flüssigen Kohlensäure beobachtet hatten, sondern beim Erhitzen der Quarz- und Topasstücke, welche solche Einschlüsse zeigten, wurde ein Gas erhalten, welches bei der spectralen Untersuchung sich wie Kohlensäure verhielt und, in Kalkwasser geleitet, eine Trübung durch Bildung von kohlenurem Kalk erzeugte. Ausser im Quarz wurde die flüssige Kohlensäure durch Sorby im Sapphir und durch Zirkel u. A. im Augit, Olivin und in den Feldspathen verschiedener, auch basaltischer Gesteine erkannt. Folgendes Verhalten dieser Flüssigkeit ist sehr charakteristisch: Sie dehnt sich, wenn das Präparat gelinde erwärmt wird, so stark aus, dass die Libelle rasch verschwindet und der Hohlraum vollständig ausgefüllt erscheint. Beim nachherigen Abkühlen kehrt die Libelle mit einem Schlage wieder zurück oder es entstehen statt der früheren einen Blase mehrere kleine auf einmal, wodurch eine kochende Bewegung der Flüssigkeit hervorgerufen wird. Während die wässerigen Einschlüsse auf eine wasserhaltige Mutterlauge schliessen lassen, führen die Einschlüsse von flüssiger Kohlensäure darauf, dass die Gesteine, in welchen sie enthalten sind, unter hohem Drucke gebildet sein müssen.

Zirkel: Jahrb. f. Min. 1870, pag. 802, Vogelsang und Geissler: Pogg. Ann., Bd. 137, pag. 56 u. 265.

70. Die starren Minerale, welche als Einschlüsse vorkommen, sind theils krystallisirt oder krystallinisch, theils amorph. Die letzteren verhalten sich bei der mikroskopischen Beobachtung zum Theil gerade so wie Flüssigkeiten. Sie füllen negative Krystalle oder kleine Blasen und rundliche Hohlräume ganz oder zum Theil, erscheinen also mit oder ohne Libelle. Die Libelle bewegt sich selbstverständlich niemals und verändert sich auch beim Erwärmen nicht. Da es aber Flüssigkeitseinschlüsse von gleichem Verhalten gibt, so könnte es manchmal schwer zu entscheiden sein, ob man einen flüssigen oder einen starren amorphen Einschluss vor sich habe, doch gibt sodann die Natur der Umgebung hinreichende Anhaltspunkte.

Die Art der Vertheilung ist bei den starren, amorphen Einschlüssen dieselbe wie bei den Flüssigkeiten. Sie kommen bald unregelmässig, bald schichtenartig angeordnet vor. Häufig sind sie im Inneren des Krystalls vorherrschend. Fig. 245, Augit. Ein Beispiel regelmässiger Vertheilung bietet mancher Leucit (Fig. 246 nach Zirkel), welcher in seiner farblosen Masse braune Glaseinschlüsse mit Libelle beherbergt. Die letzteren sind Ausfüllungen negativer Krystalle und dabei schichtenförmig vertheilt, so dass sie im Durchschnitte kranzförmig angeordnet erscheinen.

Die starren amorphen Einschlüsse in Krystallen, welche in frischen vulkanischen Gesteinen, wie Obsidian, Perlit, Basalt auftreten, sind als glasartige

(hyaline) Partikel anzusehen und als Beweis der Bildung des Wirthes aus dem Schmelzflusse zu betrachten.

Die krystallisirten oder krystallinischen Einschlüsse erscheinen als vollständige Krystalle oder als Körner, Nadeln, Blättchen, Schüppchen, endlich als feiner Staub. Oft sieht man dieselben Formen, wie sie bei den Mikrolithen beschrieben wurden. Meistens sind diese Einschlüsse ganz unregelmässig vertheilt, öfter aber ist eine parallele oder schichtenförmige, überhaupt eine regelmässige Anordnung und Interponirung zu bemerken. Eine parallele Anordnung von Calcitblättchen zeigt mancher Diallag, welchem dadurch ein weisslicher Schiller verliehen wird. Der Leucitkrystall, Fig. 247, zeigt schichtenartige Einlagerungen von Mikrolithen.

Fig. 245.

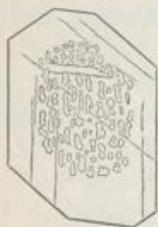


Fig. 246.

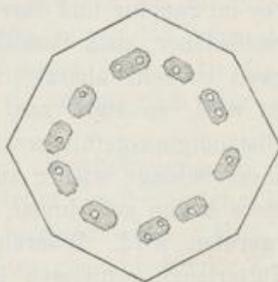
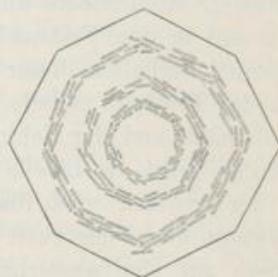


Fig. 247.



Die krystallinischen Einschlüsse kommen aber öfter nicht blos zufällig parallel gelagert und nicht blos mit einer Fläche parallel gelagert vor, sondern sie zeigen sich in manchen Fällen gegen den Wirth krystallographisch orientirt, sowie dies bei den orientirten Verwachsungen [56] angegeben wurde. Ein Beispiel ist das Auftreten der Einschlüsse im Bronzit, Fig. 248. Es sind diese

Fig. 248.

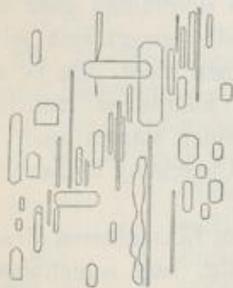


Fig. 249.

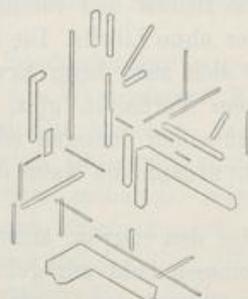
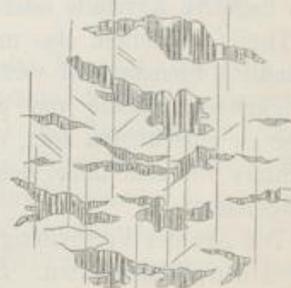


Fig. 250.



sowohl nadelförmige Krystalle als auch dünne Blättchen, deren Form auf das rhombische Krystallsystem schliessen lässt. Beiderlei Einlagerungen zeigen die Kante einer Zone zur c -Axe des rhombischen Bronzits parallel und ausserdem eine Fläche dieser Zone zur Fläche 100 des Bronzits parallel. Die Blättchen verleihen dem Bronzit einen metallartigen Schiller auf 100. Ein anderes Exempel gibt der Glimmer (Phlogopit) von Burgess in Canada, in welchem parallel der

Endfläche 001 unzählige, meist sehr schmale Individuen eines anderen Minerals in der Weise eingelagert sind, dass ihre Langseiten zugleich den Flächen (110), zuweilen auch den Längsflächen (010) parallel sind, wodurch eine Anordnung unter 60° , 120° , zuweilen auch unter 90° erfolgt (Fig. 249). Tafeln dieses Glimmers lassen beim Durchsehen eine Lichtflamme als prächtigen sechsstrahligen Stern erscheinen (Asterismus). Orientirte Interponirungen zeigen auch der Eläolith, mancher Labradorit u. a. m.

Eine besondere, hierher gehörige Erscheinung ist die parallele Durchwachsung verschiedener Feldspathe. Früher wurde schon erwähnt, dass Krystalle von Orthoklas zuweilen von Albitkrystallen in paralleler Stellung besetzt und bekleidet werden. Der Albit findet sich aber bei gleicher krystallographischer Orientirung auch im Innern vieler Orthoklaskrystalle in der Form von Fasern und Blättchen, welche nach der aufrechten Axe gestreckt sind. Wird von einem solchen Orthoklaskrystall ein dünnes Blättchen parallel der Endfläche abgespalten, so zeigt sich schon bei schwacher Vergrößerung die Einschaltung von Albit, Fig. 250, indem die langgestreckten Durchschnitte des letzteren sich durch feine Zwillingsriefung hervorheben.

71. Alle die verschiedenen starren Einschlüsse kommen bisweilen in Krystallen in so grosser Menge vor, dass sie dem Wirth eine ihm sonst fremde Farbe verleihen. So z. B. wird der Stilbit durch viele Blättchen und Körnchen von Eisenglanz roth gefärbt, die Feldspathkrystalle in den Gesteinen erhalten durch Einschlüsse von Augit oder von Magnetit eine grüne oder eine schwärzliche Farbe u. s. w. Manche Minerale beherbergen, wo immer sie vorkommen, stets eine sehr grosse Menge von Einschlüssen, so dass sie im isolirten, im reinen Zustande gar nicht bekannt sind, wie der Staurolith. In solchem Falle ist es fast nicht möglich, das Mineral für eine chemische Untersuchung rein zu erhalten, und dann verhindern die Einschlüsse die Kenntniss der chemischen Zusammensetzung des reinen Mineralen, während sie in anderen Fällen, da sie wohl in erheblicher, aber nicht übergrosser Menge vorhanden sind, das Resultat der Analyse stark beeinflussen und für denjenigen unverständlich machen, welcher das Vorhandensein der Einschlüsse nicht vermuthet. H. Fischer hat bei manchen Mineralen auf diesen Umstand aufmerksam gemacht¹⁾ und den Einfluss der Einschlüsse auf das Ergebnis der Analyse besprochen.

Leider lässt sich nur ein Theil, freilich der grössere Theil der Minerale, in die Form durchsichtiger Blättchen bringen, also im durchfallenden Lichte mikroskopisch untersuchen. Daher ist die feinere Textur und das Vorhandensein der Einschlüsse in den vollständig undurchsichtigen (opaken) Mineralen bisher noch wenig bekannt, und aus diesem Grunde ist bei der Analyse solcher Minerale doppelte Vorsicht geboten. Hier lässt sich aber durch Anschliffe und eine zweckmässige mikroskopische Untersuchung im auffallenden Lichte schon vieles leisten. Diese zeigt, dass in den opaken Mineralen die fremden Einschlüsse in derselben Art und Vertheilung vorkommen, wie in allen übrigen Mineralen, obwohl sich

¹⁾ Kritische mikroskopisch-mineralogische Studien, Freiburg i. B. 1869, und zwei Fortsetzungen 1871 und 1874.

dieselben nicht bis zu solcher Kleinheit verfolgen lassen, wie bei der Beobachtung im durchfallenden Lichte.

72. Krystallgruppe. Die Krystalle derselben Art finden sich theils einzeln, theils regelmässig mit einander verbunden, wie dies bei den parallelen Verwachsungen und Zwillingen bemerkt wurde, theils erscheinen sie unregelmässig verbunden, so dass eine krystallographische Gesetzmässigkeit in ihrer Vereinigung nicht zu erkennen ist, wenn auch äusserlich Formen zu Stande kommen, welche man im gewöhnlichen Leben als regelmässig bezeichnen würde. Diese nicht gesetzmässig gebildeten Gesellschaften werden als Gruppen und als Drusen unterschieden.

Eine Krystallgruppe ist die Vereinigung mehrerer oder vieler Krystalle in der Art, dass dieselben einander gegenseitig zur Stütze dienen. Wenn die ganze Gruppe keinen Anwachspunkt zeigt, wird sie eine freie Gruppe genannt, dagegen eine halbfreie, wofern der Anfangspunkt der Gruppe aufgewachsen erscheint.

Die freien Gruppen sind schwebend gebildet, z. B. Gruppen von Schneekrystallen in der Luft, Gruppen von Gypskrystallen im Thon. Die halbfreien sind meistens schon ursprünglich sitzend gebildet, indem der erste Ansatz von Krystallen auf einer Unterlage seine Stütze fand, während die später gebildeten sich über diesen aufbauten. In Folge dessen erscheinen manche dieser Gruppen gestielt. Gruppen von Calcit, Buntbleierz.

Die Gesamttform der Gruppe ist öfter eine so charakteristische, dass man selbe durch ein Wort scharf bezeichnen kann. So kommen kugelförmige Gruppen, welche wie zusammengerollte Igel aussehen, am Gyps vor, kugelige, nierenförmige und pilzförmige am Pyrit. Tafelförmige Krystalle bilden zuweilen radförmige Gruppen, wie mancher Glimmer, oder fächerförmige oder keilförmige wie der Prehnit, auch rosettenförmige, wie der Eisenglanz (Eisenrosen). Die säulenförmigen Krystalle liefern öfter sternförmige Gruppen, wie sie am Gyps vorkommen und mikroskopisch an den Mikrolithen zu sehen sind, oder sie bilden cylindrische Gruppen wie am Aragonit, gestielte, büschelförmige Gruppen am Malachit, Aragonit oder bündelförmige am Desmin u. s. w.

73. Krystalldruse. Darunter versteht man eine unregelmässige Vereinigung von Krystallen, welche nebeneinander sitzen und auf einer gemeinschaftlichen Unterlage ihre Stützen finden. Oft sind die Drusen blos die auskrystallisirten Enden der Unterlage. Stängeliger oder körniger Kalkspath endet in einer Druse von Kalkspathkrystallen, körniger Bleiglanz in einer Druse von Bleiglanzkrystallen. Ein gemengtes Gestein, wie der Granit, zeigt auf Klüften die Erscheinung, dass die Gemengtheile in Krystallen endigen und eine gemischte Druse von Feldspath und Quarz hervorbringen. In allen diesen Fällen haben die Krystalle, aus welchen die Druse besteht, gleichsam ihre Wurzeln in der Unterlage (autochthone Druse). Häufig aber ist die Unterlage eine fremdartige. Die Krystalle sitzen ganz unvermittelt auf einer Unterlage von anderer Art (heterochthone Druse). Drusen von Schwefelkies auf einer Unterlage von Quarz, Drusen von Gyps auf einer Unterlage von Thon sind Beispiele.

Die Drusen haben äusserlich öfter Formen, welche, von der Gestalt der Unterlage abhängig, einen bestimmten Eindruck hervorrufen. Halbkugelige, nierenförmige, scheibenförmige, keulige, cylindrische Gestalten kommen nicht selten vor. Drusen, welche durch das Herabsickern einer Lösung entstanden sind, haben tropfsteinartige (stalaktitische) Formen. Drusen, welche einen rundlichen Hohlraum auskleiden, werden Geoden oder auch Hohldrusen genannt. Hohldrusen von Quarz, Natrolith, Chabasit, Calcit sind Beispiele. Solche Bildungen finden sich in Melaphyren und Basalten, welche von diesem Vorkommen die Bezeichnung Mandelsteine erhalten haben. Drusen von kleinen und untereinander ziemlich gleich grossen Krystallen bilden drusige Krusten, oder, wenn die Dicke geringer ist, Ueberzüge und Drusenhäute, welche besonders auffallend sind, wofern sie grössere Krystalle überziehen, die schon früher gebildet waren, wobei die Form der letzteren noch deutlich erkennbar ist.

So finden sich Ueberzüge von Quarz auf Bleiglanz, von Schwefelkies auf Barytkrystallen. Kann man die Kruste oder Drusenhaut von den unterhalb gelegenen Krystallen abheben oder ist von Natur aus die krystallisirte Unterlage entfernt, so erscheinen auf der Unterseite die Hohldrücke der abgeformten Krystalle. Man hat derlei Ueberzüge und Umhüllungen, ob sie nun krystallinisch oder amorph sind, als Epimorphosen bezeichnet.

74. Formen krystallinischer Minerale. Wenn Individuen eines Mineralen bei der Krystallisation an der Ausbildung ihrer regelmässigen Form behindert werden, so bilden sich krystallinische Minerale. Das Hindernis kann in einer dem Krystall fremden Umgebung liegen oder durch das gleichzeitige Entstehen mehrerer oder vieler Individuen hervorgebracht sein. So wird ein Individuum von Kalkspath durch das umgebende Gestein an der Bildung der Krystallform gehindert, und es entsteht anstatt eines Krystalls ein krystallinisches Individuum oder es bilden sich im anderen Falle viele Individuen von Kalkspath neben einander, dieselben wachsen aneinander, und es bildet sich demzufolge an keinem Individuum eine Krystallfläche aus oder blos an den zu äusserst liegenden Individuen je eine einzige Krystallfläche. In solcher Art entsteht krystallinischer Kalkspath, welcher durch sein Gefüge die Zusammensetzung aus vielen Individuen verräth.

Zuweilen bildet sich ein Mineral krystallinisch aus, ohne dass ein mechanisches Hindernis erkennbar ist. Da jedoch die Bildung der Krystalle nicht blos Raum, sondern auch Ruhe beansprucht und einer gewissen Zeit bedarf, so werden Bewegungen des Mediums oft störend gewirkt oder es wird die Zeit nicht ausgereicht haben. Es gibt aber auch Minerale, welche selbst unter günstigen Umständen keine Krystalle bilden, doch aber krystallinisch auftreten, wie das unter dem Namen Brauner Glaskopf bekannte Eisenerz.

Wenn ein krystallinisches Mineral aus vielen Individuen zusammengesetzt ist, so werden diese Zusammensetzungsstücke keine Krystallform besitzen, wohl aber von unregelmässigen Flächen begrenzt sein, welche Zusammensetzungsflächen heissen. Dieselben sind meistens uneben.

Je nachdem die Individuen die Tendenz haben, gleichförmig ausgebildete oder tafelförmige, oder säulenförmige Krystalle zu bilden, wird ihre Form auch

bei gehinderter Ausbildung bald nach den verschiedenen Richtungen ungefähr gleiche Ausdehnung darbieten oder tafelig oder in die Länge gestreckt sein. Die Form der Individuen oder Zusammensetzungsstücke bedingt das feine Gefüge (die Textur) der krystallinischen Minerale, wovon man der vorigen Andeutung zufolge drei Arten unterscheidet. Die körnige Textur als die erste Art wird weiter als grobkörnig, kleinkörnig, feinkörnig unterschieden, die blätterige oder zweite Art im weiteren als dickschalig, dünnschalig, geradschalig, krummschalig, grossblätterig, kleinblätterig, grobschuppig, kleinschuppig, körnigschuppig, schiefrigschuppig, die stengelige oder dritte Art als dickstengelig, dünnstengelig, grobfaserig, feinfaserig, parallelstengelig, parallelfaserig, radialstengelig, radialfaserig, verworrenstengelig, verworrenfaserig.

Für die Beobachtung mit freiem Auge verschwindet oft die Abgrenzung der Individuen, wofern diese eine allzu geringe Grösse haben, dann erscheint das Mineral dicht. Die feinkörnige, feinschuppige und die feinfaserige Textur bilden sonach den Uebergang zur dichten Textur. Ein dichtes Mineral wird aber bei der Beobachtung unter dem Mikroskop wieder körnig oder schuppig oder verworrenfaserig erscheinen. Der Ausdruck »dicht« bezieht sich also blos auf die makroskopische Betrachtung.

Während die meisten krystallinischen Minerale compact aussehen, kommen doch auch solche vor, die man als löcherig oder als porös ansprechen muss, wie derlei Bildungen am Kalkspath, Quarz und Dolomit öfter auftreten. Ferner zeigt sich im Gegensatze zum compacten und festen Gefüge zuweilen ein lockeres, und manche Minerale erscheinen zerreiblich, wie dies beim Kaolin und der Kreide der Fall ist.

Krystallinische Minerale bestehen zuweilen aus mehreren Lagen, welche den allmäligen schichtenartigen Absatz erkennen lassen und ein gröberes Gefüge des Ganzen (Structur nach Naumann) darbieten. Durch wiederholten Absatz entstehen schalige Bildungen, wie sie am Achat, Aragonit, Kalkspath, Limonit beobachtet werden. Wenn diese Schalen ein radialstengeliges oder radialfaseriges Gefüge haben, so ist dieses so beschaffen, dass die Richtung der einzelnen Stengel oder Fasern durch alle aufeinander liegenden Schalen fortsetzt. Man hat also eine Erscheinung vor sich, welche an den schichtenförmigen Aufbau der Krystalle erinnert. Das Gefüge ist gleichzeitig radialfaserig und concentrisch schalig, also ein doppeltes Gefüge, das von manchen Mineralogen als Glaskopftextur bezeichnet wird, weil es am braunen Glaskopf (Limonit) und rothen Glaskopf (Rotheisenerz) in ausgezeichneter Weise vorkommt.

75. Die ursprüngliche äussere Form, welche ein krystallinisches Mineral besitzt, kann von dreierlei Art sein. Wenn bei der Bildung ein freier Raum oder ein nachgiebiges Medium vorhanden ist, welches die Entfaltung der eigenthümlichen Form gestattet, so bilden sich freie Formen; wenn hingegen kein solcher verfügbarer Raum vorhanden ist, werden erborgte Formen entstehen; wenn endlich krystallinische Minerale nach ihrer Bildung durch äussere Umstände Formenveränderungen erfahren, so werden sie zufällige Formen annehmen.

Die freien Formen, welche Mohs nachahmende Gestalten genannt hat, schliessen sich den Krystallgruppen und Krystalldrusen an. Der Krystallgruppe entsprechen die kugeligen Bildungen, wie sie an dem Erbsenstein zu beobachten sind. Sie haben eine doppelte Textur, da sie zugleich radialfaserig und concentrisch schalig sind. Hierher gehören die Oolithe, Pisolithe, Sphärolithe. Minerale, welche die Tendenz haben, derlei kugelige Formen anzunehmen, bilden öfter Gruppen und Anhäufungen rundlicher Einzelkörper, so dass die mannigfaltigsten Formen entstehen. Der Kalkspath ist es namentlich, welcher derlei Concretionen bildet, die im Thon und Mergel häufig angetroffen werden. Sie ahmen oft verschiedene Gegenstände, besonders organische Formen, nach, und in der Zeit, welche noch keine wissenschaftliche Auffassung der Mineralformen kannte, standen diese »Naturspiele« bei den Sammlern in besonderem Ansehen. Die anderen freien Bildungen entsprechen zumeist der Druse. Die halbkugeligen Bildungen, wie sie am Natrolith und an manchen faserigen Mineralen vorkommen, sind nicht so häufig, als die complicirteren Vereinigungen, deren einzelne Theile sich mit der Tendenz gebildet haben, Halbkugeln zu bilden. Es sind die nierförmigen und die traubigen Vereinigungen, wie sie schön am Chalcedon, an dem sogenannten braunen und rothen Glaskopf, am Malachit zu sehen sind. Die letzteren zeigen zugleich die doppelte Textur sehr deutlich, während sie der Chalcedon öfter kaum wahrnehmen lässt. Die nierförmigen Gestalten setzen sich aus Ausschnitten grösserer Kugeln, die traubigen aus Ausschnitten kleinerer Kugeln zusammen. Wenn man derlei Bildungen zerbricht, erhält man oft an der Grenze der einzelnen Ausschnitte ebene Zusammensetzungsflächen, besonders schön an den Glasköpfen. Andere freie Formen sind die cylindrischen oder die keulenförmigen, wie sie der Kalkspath öfter bildet, oder die zahnigen, drahtförmigen, wie sie am Silber und am Kupfer oft gesehen werden, oder die haarförmigen oder moosförmigen am Silber und am Gold. An den Ausblühungen oder Efflorescenzen von Eisenvitriol, die an verwittertem Schwefelkies entstehen, oder von Kalksalpeter, welche sich am Boden oder an porösem Gestein bilden, treten derlei haar- oder moosförmige Gestalten häufig auf.

Eigenthümlich sind die dendritischen Bildungen mit ihren baumförmigen, strauchförmigen und farnkrautähnlichen Umrissen. Sie finden sich in Klüften, wo sie wenigstens in Bezug auf ihren Umriss als freie Bildungen zu gelten haben, aber auch flach gestreckt als Ueberzüge und nach allen Seiten frei entwickelt, wo sie zweifellos freie Bildungen sind. Sie nähern sich in ihrem Wesen den gestrickten Formen, welche theils Krystallstöcke, theils Zwillingstöcke sind. Dendriten zeigt das Kupfer sehr schön, ebenso zeigen sie mehrere Manganerze.

Zu den freien Bildungen gehören auch die Krusten, Schalen und Ueberzüge krystallinischer Minerale. Wenn derlei Ueberzüge sich auf früher gebildeten Krystallen abgesetzt haben (Epimorphose), so zeigen sie nach Entfernung der letzteren deren Abdrücke, wie solche Abformungen schon bei den drusigen Ueberzügen erwähnt wurden. Ueberzüge von Limonit, welche Calcitkrystalle abformen, oder Ueberzüge von Schwefelkies, welche Barytkrystalle abformen, sind Beispiele.

Die grösste Mannigfaltigkeit freier Formen bieten die tropfsteinartigen (stalaktitischen) Bildungen. Bei diesen sind es die besonderen Umstände, das beständige Nachfolgen neuer Tropfen und Lösungsmengen, welche seltener eine

Bildung deutlicher Krystalle gestatten, dagegen häufiger die Entstehung von Zapfen und Cylindern, von Kolben und zuweilen auch von Röhren begünstigen. Derlei Zapfen und Zäpfchen stehen oft mit traubigen und nierförmigen Gestalten in Verbindung und bezeugen deren ähnliche Bildung. Anstatt einfacher Cylinder bilden sich bisweilen knospenförmige oder staudenförmige Gestalten oder auch zackige Formen, wie solche an der Eisenblüthe, einer Art des Aragonits, vorkommen.

Die erborgten Formen entstehen zum Theil dadurch, dass Hohlräume oder Spalten der Gesteine von krystallinischen Mineralen eingenommen werden. Diese bilden sich im beschränkten Raume und sind auf solche Weise gehindert, Krystalle zu bilden oder jene Formen darzustellen, wie die freien Bildungen. Das krystallinische Mineral nimmt dadurch die Form der Umgebung an, welche im Allgemeinen eine unregelmässige ist. Ausfüllungen von Klüften geben Platten, die Ausbreitung derselben gibt im Querschnitte oft Formen, die als Adern bezeichnet werden. Ausfüllungen sehr dünner Klüfte geben nach dem Blosslegen dünne Lamellen, die Anfüge heissen.

Die Ausfüllung rundlicher Räume im Gestein erscheint kugelig oder knollenförmig. Beispiele sind die Achatknollen. Zuweilen ist eine solche Ausfüllung ein einziges Individuum, was man bei dem im Mandelsteine vorkommenden Kalkspath durch die einheitliche Spaltbarkeit erkennt. Auch andere unregelmässige Räume im Gestein erscheinen zuweilen durch ein einziges Individuum ausgefüllt, was bei allen häufigeren Mineralen zu beobachten ist.

Das Vorkommen krystallinischer Minerale, welches nicht zu den vorgenannten gehört, also keine Kluftausfüllung und keine scharfbegrenzte kugelige Ausfüllung ist, wird kurzweg *derb* genannt, nur wenn die Masse klein ist, etwa wie eine Haselnuss oder kleiner, so wird das Vorkommen als *eingesprengt* bezeichnet. Der Ausdruck *derb* wird auch noch in anderem Sinne gebraucht, indem man ein beliebiges Stück eines nicht krystallisirten Mineralen als ein *derbes* Stück bezeichnet. Die Ausfüllungen, die *derben* und die *eingesprenkten* Massen, kommen gewöhnlich in einem fremdartigen Gestein vor, z. B. Schwefelkies oder Quarz im Thonschiefer, zuweilen aber ist das umgebende Gestein gleichartig, z. B. beim Vorkommen von körnigem Kalkspath im dichten Kalksteine.

Zu den Bildungen mit erborgten Formen gehören auch die Pseudomorphosen und die Versteinerungen, von denen später die Rede sein wird.

Die krystallinischen Minerale kommen so wie die amorphen sehr häufig in Formen vor, welche sie durch zufällige mechanische Vorgänge erhalten haben, also in der Form von Bruchstücken, von Geschieben und Geröllen, von Sand und Staub. Aus diesen losen Bruchstücken, Körnern etc. können sich wieder compacte Massen zusammenfügen (*Regeneration*), welche sodann theils im Bruche, theils bei der Untersuchung der Dünnschliffe ihre klastische Natur erkennen lassen.

76. Formen der amorphen Minerale. Hier kann von den flüssigen Mineralen nicht viel die Rede sein, ausser dass man die Tropfenform, die unter Umständen allen zukommt, und die Nebelform beim Wasser hervorhebt. Die starren amorphen Minerale zeigen freie Formen und erborgte Formen unter denselben Umständen.

wie die krystallinischen. Die amorphen Minerale, z. B. der Opal, bilden demnach halbkugelige, cylindrische, zapfenförmige oder knollige Gestalten, krustenartige, oft wellige Ueberzüge und Vereinigungen verschiedener solcher Formen. Die freie Oberfläche erscheint öfter schön traubig oder nierenförmig, beim Zerschneiden zeigt sich manchmal ein grobes Gefüge zufolge wiederholten Absatzes, also eine deutliche Schichtenbildung oder ein verworrenes Flechtwerk. Die natürlichen Gläser: Obsidian, Perlit zeigen unter dem Mikroskop sehr häufig die Fluidaltextur, d. i. eine Anordnung der Theilehen, welche durch das Fliessen vor dem Erstarren bedingt ist. Ein regelmässiges Gefüge fehlt natürlich ganz und gar. Demzufolge sind die amorphen Minerale auf ihren Bruchflächen meistens leicht als solche zu erkennen. Sie haben krumme, glänzende Bruchflächen, wie Glas oder Harz, während die dichten Minerale, welche eine verschwindende Textur besitzen, durch die mehr oder weniger matte Bruchfläche sich verrathen. Bleibt man über den Amorphismus eines Mineralen im Zweifel, so gibt die Aetzung, die mikroskopische und optische Untersuchung den gewünschten Aufschluss.

Bei der Bildung im beschränkten Raume nehmen die amorphen Minerale auch die Form von Platten und von Adern an, sie bilden zuweilen knollige Massen, rundliche Ausfüllungen, sie erscheinen derb und eingesprengt. Oefter finden sich die Opale und opalähnlichen (porodinen) Minerale als Imprägnation von krystallinischen Mineralen und geben diesen zuweilen das Ansehen eines völlig amorphen Minerals (Halbopal).

Die glasartig amorphen Körper gehen leicht in den krystallinischen Zustand über. Ein bekanntes Beispiel, welches nicht der Mineralogie angehört, ist der geschmolzene Zucker, welcher durch blosses Liegen allmählig zu krystallinischem Zucker umsteht. Die Bonbons zeigen öfter den Uebergang, indem ihre Rinde aus krystallinischem, und zwar faserigem Zucker besteht, während das Innere noch den amorphen Zustand erkennen lässt. Gewöhnliches Glas wird durch andauerndes Erhitzen in einen porzellanartigen Körper (Réaumur'sches Porzellan) verwandelt, es wird entglast und ist nun krystallinisch.

Die in der Natur vorkommenden Gläser, welche im Obsidian, Bimstein, Rhyolith etc. vorkommen, zeigen häufig solche Trübungen und krystallinische Bildungen, dass man auf eine im Laufe der Zeit eingetretene Entglasung schliesst. Dieser Schluss ist dadurch gerechtfertigt, dass bei der mikroskopischen Untersuchung jene krystallinische Beschaffenheit wahrgenommen wird, welche bei den künstlichen Entglasungen auftritt. Diese amorphen Minerale verhalten sich nach Lagorio wie innige Mischungen, wie Legirungen von Feldspath, Quarz, Augit u. s. w., welche bei der Entglasung allmählig sichtbare Individuen bilden. Lagorio in Tschermak's Min. u. petr. Mitth., Bd. 8, pag 421; Rutley, Proceedings of the Royal soc., 1885, pag. 87, und 1886, pag. 430.

Manche Minerale kommen in der Gestalt eines amorphen Pulvers oder thoniger, oder gallertartiger Massen vor. Diese zeigen unter dem Mikroskope Flocken oder Körnchen oder Kügelchen, welche oft in einander verfließen. Beispiele sind Bergmilch, Kaolin und die gallertartige Kieselsäure.

77. Pseudomorphosen. Das Auftreten der Minerale in erborgten Formen ist besonders auffallend an jenen merkwürdigen Gebilden, welche schon von Werner als unechte Krystalle erkannt und Afterkrystalle genannt wurden. Sie zeigen eine Krystallform und diese zuweilen in grosser Schärfe, aber ihre innere Beschaffenheit widerspricht dem Wesen des Krystalls, denn sie sind im Innern nicht gleichartig, sondern krystallinisch, zeigen also eine Textur, oder sie sind amorph. Aus vielen Beobachtungen hat sich ergeben, dass die Form der Pseudomorphosen von Krystallen herrührt. Demnach hat das Mineral oder das Mineralgemenge, aus dem sie bestehen, die Form eines früher vorhandenen Krystalls überliefert erhalten. Naumann definirt demnach die Pseudomorphosen als krystallinische oder amorphe Minerale, welche, ohne selbst Krystalle zu sein, die Krystallform eines anderen Mineralen zeigen.

Die Pseudomorphosen werden ihrer Bildung nach eingetheilt in Ausfüllungs- und in Veränderungs-Pseudomorphosen, die letzteren noch weiter in Umwandlungs- und in Verdrängungs-Pseudomorphosen.

Wenn der hohle Abdruck eines Krystalls durch irgend ein Mineral ausgefüllt wird, so kann sich ein Abguss, eine positive Abformung bilden, welche die Gestalt eines Krystalls nachahmt. Solche seltene Bildungen werden Ausfüllungs-Pseudomorphosen genannt. Kennigott schlägt die Bezeichnung Pleromorphosen vor. Die Abgussformen aus Thon, welche die Würfelform des Steinsalzes erkennen lassen, gehören in diese Abtheilung. Sie werden damit erklärt, dass Steinsalzkrystalle im Thon gebildet, später aber aufgelöst wurden, wobei sich allmählig eine feine Thonmasse in den Hohlraum einschlammte.

Die Ausfüllungen sind von keiner weitergehenden Bedeutung. Sie sind nur uneigentliche Pseudomorphosen. Die zweite Abtheilung hingegen, welche die Veränderungs-Pseudomorphosen umfasst, eröffnet ein weites, ausserordentlich interessantes Gebiet, in welchem die wichtigsten Thatsachen einer Physiologie der Minerale enthalten sind.

Diese Gebilde bezeichnen eine Metamorphose, welche vorhandene Krystalle erlitten, und zwar kann die letztere entweder nur das Gefüge betroffen haben (Paramorphosen) oder wie es in den meisten Fällen geschieht, auch die Substanz ergriffen haben, also eine chemische Veränderung sein. Von dieser chemischen Umbildung wird erst nach Betrachtung der substantiellen Eigenschaften der Minerale die Rede sein und gezeigt werden, dass dabei öfter ein Theil der Substanz erhalten bleibt (Umwandlung) oder die Substanz völlig ausgetauscht wird (Verdrängung).

Die Krystallform des ursprünglichen Mineralen ist an den Pseudomorphosen bisweilen vortrefflich erhalten, so dass die Winkel nur eine geringe Veränderung verrathen. Pseudomorphosen, aus Serpentin bestehend, gaben Haidinger Winkel, welche jenen der Olivinkrystalle sehr nahe kommen. Die grünen, aus Malachit bestehenden Pseudomorphosen, welche die Krystallform des Atakamits erkennen lassen, lieferten v. Koksharov und dem Autor bei der Beobachtung der Winkel Zahlen, welche mit den für Atakamit geltenden beinahe übereinstimmen. Auch die feine Zeichnung und Riefung der Flächen ist bisweilen schön erhalten, wie an den Brauneisenkörpern mit der Form des Eisenkieses oder an den aus Speckstein bestehenden Pseudomorphosen, welche die Formen von Quarzkrystallen bis

auf die feinste Riefung der Säulenflächen wohl erhalten an sich tragen. Die Form schwebender Krystalle wird durch die umhüllende Matrix conservirt, die Form sitzender Krystalle aber dadurch gut erhalten, dass sich zuerst ein dünner Ueberzug bildet und hierauf die Veränderung beginnt. So erhält sich nach Bischof die Form sitzender Cupritkrystalle zuweilen dadurch, dass die Umwandlung in Malachit unter einem Ueberzug von Brauneisenerz vor sich geht.

Die Textur der Pseudomorphosen ist in der Regel dicht bis feinkörnig oder wirr-blätterig, oder verworren-faserig. Gröber-körnige oder parallel-blätterige oder parallel-faserige Textur ist seltener. Die parallele Stellung der neu gebildeten Blättchen oder Fasern bringt es mit sich, dass derlei Pseudomorphosen sich in optischer Beziehung ähnlich wie Krystalle verhalten. Beispiele sind der blätterige Schillerspath, welcher eine aus Bronzit entstandene Pseudomorphose ist, der Uralit, welcher Augitform zeigt und im Inneren aus parallelen Hornblendefasern besteht.

Manche Pseudomorphosen bestehen aus einem einfachen Mineral, andere enthalten ausser dem herrschenden Mineral eine geringe Beimengung eines zweiten, manche endlich bestehen aus einem Gemenge zweier oder mehrerer Minerale. Man pflegt die Pseudomorphosen nach dem in ihnen herrschenden Minerale zu classificiren, also diejenigen, welche aus Kalkspath bestehen, in dieselbe Abtheilung, die aus Quarz bestehen, zusammengenommen in eine andere Abtheilung zu stellen. Man kann aber auch die Eintheilung nach dem ursprünglichen Minerale treffen, also z. B. diejenigen Pseudomorphosen, welche aus Augit entstanden sind, zusammenstellen, jene, welche aus Eisenkies hervorgegangen sind, nebeneinanderstellen u. s. f. Bei der Anführung der Pseudomorphosen pflegt man, nach dem Vorgange von Blum das Mineral, aus welchem die Pseudomorphose besteht, zuerst und hierauf das ursprüngliche zu nennen und beide Namen durch das Wörtchen »nach« zu verbinden. So wird eine der früher genannten als »Pseudomorphose von Serpentin nach Olivin«, eine andere als »Pseudomorphose von Speckstein nach Quarz«, eine dritte als »Pseudomorphose von Schillerspath nach Bronzit« bezeichnet. Pseudomorphosen, die aus einem Gemenge von Mineralien bestehen, erhalten eine entsprechende Bezeichnung, z. B. »Kaolin und Quarz nach Feldspath«.

Oft lässt sich die Verwandlung eines krystallisirten Minerals, also die Pseudomorphosenbildung, genau verfolgen. Dabei leistet, wie begreiflich die mikroskopische Untersuchung ganz Ausserordentliches. In vielen Fällen bildet das Umwandlungsproduct nur die äussere Schichte, während im Innern noch ein frischer Kern sichtbar ist. Die Umwandlung schreitet in solchen Fällen entweder unregelmässig, also nach krummen Flächen vor oder sie dringt nach ebenen Flächen gegen das Innere. Diese Art der Veränderung zeigen die rhomboëdrischen Krystalle von Eisenspath, welche sich in gewöhnliches Brauneisenerz (Limonit) verwandeln, oder Krystalle von Eisenkies, die sich in ein anderes Brauneisenerz (Göthit) verwandeln. Fig. 251 zeigt den Querbruch eines Würfels von Eisenkies, der noch einen frischen Kern enthält, im Uebrigen aber in dichten Göthit verwandelt ist.

Bisweilen schliessen der Kern und die neugebildete Rinde nicht eng aneinander, sondern es existirt ein Zwischenraum, ja der Kern verschwindet früher, bevor die von aussen vordringende Pseudomorphosenbildung zum Inneren gelangt, und es entstehen hohle Pseudomorphosen, die man schon oft für blosse Um-

hüllungen gehalten hat. Dies geschieht häufig bei der Bildung der Pseudomorphose von Quarz nach Calcit.

Die Umbildung schreitet zuweilen in der Weise vor, dass das zersetzende Medium in die feinen Sprünge des Krystalls eindringt. Diese Sprünge verlaufen gewöhnlich nach der Spaltbarkeit. Das neu entstehende Mineral bildet sich demzufolge in den Sprüngen und an den Wänden derselben. Hat es ein grösseres Volum als das ursprüngliche, so zersprengt es den Krystall von Neuem, die Verwandlung schreitet in gleicher Weise fort, bis die Sprünge wieder zusammenreffen und bis ein ganzes Netzwerk von Sprüngen, zugleich aber auch ein Netz des neuen Minerals entstanden ist. Endlich werden auch die Maschen des Netzes umgewandelt. Derart ist die Umwandlung des Olivins in Serpentin (Autor, Sitzungsber. d. W. Akad., Bd. 56). Fig. 252 gibt den mikroskopischen Durchschnitt eines Olivinkrystalls, an welchem nicht bloß eine Rinde von Serpentin entstanden, sondern die Serpentinbildung auch netzartig fortgeschritten ist. Weil bei dieser Umwandlung häufig auch etwas Magneteisenerz gebildet wird, so sieht man die schwarzen Körnchen desselben an den Stellen, wo sich früher Sprünge gebildet haben, nicht selten. Die folgende Fig. 253 zeigt den Durchschnitt der vollendeten Pseudomorphose, die ihre Bildungsweise an der netzförmigen Zeichnung deutlich erkennen lässt.

Fig. 251.



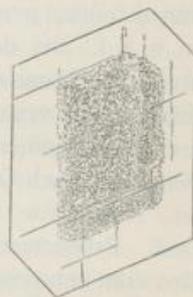
Fig. 252.



Fig. 253.



Fig. 254.



Bisweilen beginnt die Umwandlung im Innern des Krystalls, wie bei manchen Feldspathkrystallen, die in der äusseren Schichte noch kaum angegriffen sind, im Innern aber eine erdige Masse, wahrscheinlich Kaolin enthalten, wovon Fig. 254 eine Vorstellung gibt. Dieser sonderbare Anfang der Pseudomorphosenbildung kann dadurch veranlasst sein, dass der ursprüngliche Krystall aus Schichten von verschiedener Art zusammengesetzt war und der Kern aus einer leichten zersetzbaren Substanz bestand oder aber dadurch, dass im Innern der ursprünglichen Krystalle viele Lücken mit dampfförmigen oder flüssigen Einschlüssen vorhanden waren, so dass dem zersetzenden Medium, welches durch feine Sprünge in das Innere drang, dort eine grosse Oberfläche geboten war, also der Angriff daselbst rascher erfolgen konnte, als an der Oberfläche des Krystalls.

Da nicht nur Krystalle, sondern auch krystallinische Massen der Umwandlung unterliegen, so kommt es nicht selten vor, dass die durch Umwandlung entstandenen Minerale zwar keine Krystallform zeigen, aber durch ihr Gefüge den

Ursprung verrathen. Der rothe Glaskopf, welcher eine traubige oder nierförmige Oberfläche hat und jene doppelte Textur (Glaskopftextur) zeigt, die zugleich radialfaserig und concentrischschalig ist, geht aus dem braunen Glaskopf, einer Art des Limonits hervor, wobei Oberfläche und Textur erhalten bleiben. Haidinger sprach sich also dahin aus, dass der rothe Glaskopf eine Pseudomorphose nach braunem Glaskopf sei. Blätterige Massen von Aragonit, welche noch die Spaltflächen von Gyps erkennen lassen, (Schaumkalk) sind als Pseudomorphosen von Aragonit nach Gyps bezeichnet worden u. s. f. Hält man diese Bezeichnung fest, so muss dementsprechend die Naumann'sche Definition der Pseudomorphose erweitert und gesagt werden: Pseudomorphosen sind krystallinische oder amorphe Minerale, welche entweder die Form oder die Textur eines von ihnen verschiedenen Minerals oder auch beides an sich tragen.

Als ältere Schriften über Pseudomorphosen sind hervorzuheben: Breithaupt, Ueber die Echtheit der Krystalle. Freiberg 1815. Haidinger in Pogg. Annalen. Bd. 11, pag. 173 und 366. Bd. 62, pag. 161; als neuere Schriften: Scheerer, Ueber Afterkrystalle. Handwörterbuch der reinen und angewandten Chemie. 2. Aufl. 1837. L. Bischof, Lehrbuch der chemischen Geologie, 1. Aufl. 1847 und in der 2. Aufl. 1863—66. Bemerkungen über Ps. Delesse in den Annales de mines [5] Bd. 16, pag. 317. E. Geinitz, N. Jahrbuch f. Mineralogie, 1876, pag. 449. Eine Zusammenstellung eigener und fremder Beobachtungen sammt Angabe der Literatur gab R. Blum in dem sehr verdienstlichen Werke über die Pseudomorphosen des Mineralreiches. Stuttgart 1843, nebst erstem bis viertem Nachtrag aus den Jahren 1847, 1852, 1863, 1879, und auch Roth, Allgemeine und Chemische Geologie. Berlin 1879.

78. Versteinerungen. So bezeichnet man im Allgemeinen jene Formen einfacher Minerale und Gemenge, welche von Organismen herrühren, ob sie nun bloß die äusseren Formen oder bloß das Gefüge von organisirten Wesen, oder beides erkennen lassen. Da in den Versteinerungen ebenfalls Minerale mit erborgten Formen auftreten, so zeigt sich eine wesentliche Aehnlichkeit mit den Pseudomorphosen, daher auch wieder Abdrücke und Producte der Veränderung unterschieden werden können.

Hohle Abdrücke (Spurensteine) finden sich besonders häufig im Kalkstein, sonst auch im Dolomit, im Sandstein u. s. w. Sie entstehen durch die Abformung von Organismen, deren Substanz später in gelöster Form weggeführt wurde. Bei diesem Vorgange bleibt öfter der Abguss der Innenseite hohler Formen erhalten, wie dieses die Abgüsse des Innenraumes von Schnecken und Muscheln zeigen, welche Steinkerne genannt werden. Die eigentlichen Versteinerungen entstehen durch Veränderungen der Substanz, aus welcher die Organismen zusammengesetzt sind. Die Schalen und kalkigen Gerüste niederer Thiere liefern den grösseren Theil der Versteinerungen, wobei nur eine verhältnissmässig geringe Veränderung platzgreift, indem die Versteinerung wieder aus Kalkspath, seltener aus Aragonit besteht. Pflanzen und Thierkörper geben oft flachgedrückte Ueberreste, wie die Abdrücke von Blattpflanzen, Fischabdrücke, welche meist aus einer dünnen Schichte von Kohle bestehen. Die Anhäufung grösserer Mengen von

Pflanzenresten gibt schliesslich die verschiedenen Braun- und Schwarzkohlen, in welchen oft noch direct oder nach geschicktem Präpariren die pflanzliche Textur zu erkennen ist.

Das versteinerte Holz ist meistens verkieselt, aus Opal oder Quarz bestehend. Im ersteren Falle ist die ursprüngliche Textur so deutlich erkennbar, dass der Dünnschliff unter dem Mikroskop denselben Anblick gewährt, wie ein wohlgerathener Schnitt aus dem frischen Holze, und doch ist alles vollständig durch Opal ersetzt und von der Holzsubstanz nichts mehr vorhanden.

Man unterscheidet öfter zwischen *recent* und *fossil*, indem jener Ausdruck auf die wenig veränderten Reste jetzt noch lebender Organismen dieser auf die stärker veränderten Ueberbleibsel ausgestorbener Wesen angewandt wird.

Das Mineral, aus welchem die Versteinerung besteht, ist in vielen Fällen unbestimmt körnig, schuppig, dicht u. s. f. Manchmal gibt sich eine besondere Form des neu eintretenden Minerals kund, wie die »Kieselringe« des Chalcedons und Opals bei manchen Verkieselungen. Häufig hat das versteinerbildende Mineral seine Textur von dem organischen Ueberreste entlehnt. Hierher gehört das schalige Gefüge vieler Muschelversteinerungen, die radiallyfaserige Textur der Belemniten und als ein besonders auffallendes Beispiel die Orientirung der Kalkspathindividuen in jenen Versteinerungen, welche von Echiniden, Seesternen, Crinoiden herrühren. Jeder Stachel des Seeigels, jedes Stengelglied der Seelilie, jede Platte ihres Kelches etc. ist ein Kalkspathindividuum, dessen Hauptaxe entweder der Längsaxe des Stachels etc. parallel ist oder überhaupt eine bestimmte Stellung zu der Körperaxe einnimmt. Vergl. Hessel, Einfluss des organischen Körpers auf den unorganischen. Marburg 1826. Ebner, Sitzungsber. Ak. Wien, Bd. 95 (I), pag. 55.

Früher wurde schon erwähnt, dass manche krystallinische, selbstständige Bildungen Aehnlichkeit mit Versteinerungen besitzen. Die dendritischen oder die moosförmigen Bildungen sind früher eingemal als Pflanzenreste gedeutet worden.

Die erwähnten Minerale Kalkspath, Aragonit, Opal, Quarz, Kohle bilden hauptsächlich das Material für Versteinerungen, bisweilen aber treten Gyps, Baryt, Cölestin etc. an ihre Stelle. Wenn Minerale, die ein schweres Metall enthalten, wie Eisenkies, Brauneisenerz, Zinkspath, Rotheisenerz, Eisenspath, in der Form von Versteinerungen auftreten, so spricht man von Vererzung. Sowohl Thier- als Pflanzenreste finden sich öfter durch Eisenkies vererzt. Literatur über die Minerale der Versteinerungen in dem vorerwähnten Werke von Blum über die Pseudomorphosen des Mineralreiches.

II. Mineralphysik.

79. Elasticität. Cohärenz. Aeussere Einwirkungen vermögen die Gestalt der starren Körper vorübergehend zu verändern. Dabei setzen die letzteren jedoch einen Widerstand entgegen, dessen Grösse als Maass der Elasticität gilt.

Werden die Körper in die Form von Stäbchen gebracht, so lässt sich durch Anhängung von Gewichten ein Zug, durch Auflegung von Gewichten ein Druck auf dieselben ausüben und die Verlängerung oder Verkürzung messen. Stäbchen.