

Die Produkte der Natur sind entweder organische, d. h. solche, welche mit verschiedenartigen zu einem Entwicklungs- und Lebensproceß nothwendigen Theilen (Organen) versehen sind, Thiere und Pflanzen, oder sie sind unorganische, denen keine Entwicklung und kein Leben und daher auch keine solche Organisation eigenthümlich ist.

Diese unorganischen Naturprodukte, in so ferne sie die feste Erdrinde bilden, heißen Mineralien und die Wissenschaften, die sich mit ihnen beschäftigen, sind vorzüglich die Mineralogie, Geognosie und Geologie. Die Mineralogie betrachtet die aus (physisch) gleichartigen Theilen bestehenden oder die einfachen Mineralien und zwar nur an sich oder unter solchen Verhältnissen, welche zu ihrer Bestimmung und Unterscheidung dienen, die Geognosie und Geologie betrachten sowohl die einfachen Mineralien, als auch ihre Gemenge in dem Vorkommen in der Natur und letztere beschäftigt sich insbesondere mit der Art ihrer Entstehung und Veränderung.

Der Granit besteht aus Quarz, Glimmer und Feldspath. Jeder dieser Gemengtheile für sich ist Gegenstand der Mineralogie, das Gemenge selbst (der Granit) Gegenstand der Geognosie. — Es ist klar, daß die Mineralogie der Geognosie vorausgehen müsse und daß diese ohne jene nicht bestehen könne, wohl aber umgekehrt.

Die Mineralogie zerfällt in den vorbereitenden und angewandten Theil. Der erstere begreift die Terminologie, Systematik und Nomenklatur, der letztere die Charakteristik und Physiographie.

I. Terminologie.

Die Terminologie charakterisirt, benennt und klassificirt die Eigenschaften im Allgemeinen, welche zur Erkennung und Unterscheidung der Mineralien dienen. Diese Eigenschaften sind physische oder solche, welche unmittelbar oder nur durch mechanische Mittel an den Mineralien wahrgenommen werden, und chemische, welche nur durch Veränderung des innern materiellen Wesens der betreffenden Substanz aufzufinden sind. Zu den physischen Eigenschaften, welche bei den Mineralien vorzüglich in Betracht kommen,

gehören: Gestalt, Spaltbarkeit und Bruch, Härte und Verschiebbarkeit, specifisches Gewicht, Pellucidität und Strahlenbrechung, Glanz, Farbe, Phosphorescenz, Electricität und Magnetismus, Geruch, Geschmack und Anfühlen.

Von den physischen Eigenschaften der Mineralien.

1. Von der Gestalt.

Die Mineralien kommen entweder krystallisirt oder amorph vor. Unter Krystallen versteht man feste Körper, welche bei ihrer Bildung mit einer bestimmten Anzahl gesetzmäßig zu einander geneigter Flächen begränzt wurden. Den Akt der Entstehung der Krystalle nennt man Krystallisation. — Der Amorphismus ist der Zustand des Starren ohne Krystallisation. Wenn z. B. flüssiges Fichtenharz allmählig erstarrt, so haben die Theilchen der Masse nur ihre Beweglichkeit verloren, es zeigt sich aber dabei keine krystallinische Gestaltung an denselben; wenn aber geschmolzenes Schwefelantimon allmählig erstarrt, so tritt mit dem Erstarren eine regelmäßige Gestaltung der Massentheilchen ein, eine Krystallisation derselben — Beispiele von amorphen Mineralien sind: Opal, Kieselmalachit, Obsidian, Eisensinter &c. — Der Amorphismus ist zuerst nach allen seinen Beziehungen von Fuchs nachgewiesen worden.

Krystalle bilden sich auf sehr verschiedene Weise, aus Auflösungen, aus dem Schmelzflusse, aus dem dampfförmigen Zustande, aus dem amorphen &c. So krystallisiren z. B. Kochsalz, Alaun &c. aus der wässrigen Auflösung beim Verdampfen des Wassers, Chlor Silber aus der ammoniakalischen Auflösung, Schwefel aus der Auflösung im Schwefelalkohol; aus dem Schmelzflusse krystallisiren Schwefelantimon, Kochsalz, Schwefel &c.; aus dem dampfförmigen Zustande krystallisiren durch Erkalten: arsenichte Säure, Jod, Salmiak &c. — Schwefel, Zucker &c. gehen allmählig aus dem amorphen Zustande, wenn sie in diesem dargestellt werden, in den krystallisirten über. Ein interessantes Beispiel dieses Ueberganges führt Hausmann an. Ein Stück amorpher glasartiger arsenichter Säure hatte nach einigen Jahren nicht allein eine stängliche Structur und porcellanartiges Ansehen bekommen, sondern es wurden später daran sogar auf der freien

Oberfläche viele deutliche Oktaeder sichtbar. Hermann beobachtete, daß eine ursprünglich plastische Masse ohne Spur von Krystallisation (aus dem Basalt von Stolpen in Sachsen) allmählig in ein Aggregat nadelförmiger Krystalle von Natrolith sich umwandelte. Bei raschem Erkalten geschmolzener Substanz entstehen öfters amorphe Massen, während sich beim langsamen Abkühlen krystallisirte bilden, so beim Schwefelantimon, Schwefel u. a. — Eine langsame Krystallisation giebt immer vollkommener ausgebildete Krystalle, als eine beschleunigte. Die Lehre von den Krystallen heißt Krystallographie.

A. Von den einfachen Krystallgestalten und ihren Combinationen.

§. 1. Bei der Bestimmung der Krystalle kommen in Betracht:

1. die Flächen oder die Ebenen, die einen Krystall umschließen,
2. die Kanten oder die Durchschnittslinien zweier zu einander geneigten Flächen,
3. die Ecken oder die Durchschnittspunkte von drei oder mehr Flächen, die sich gegen einander neigen,
4. die Axen oder geraden Linien, welche durch den Mittelpunkt eines Krystalls gehen und sich in der Mitte zweier gegenüberstehender Flächen oder Kanten, oder in der Spitze solcher Ecken endigen: Flächenaxen, Kantenaxen, Eckenaxen.

Diese Begranzungselemente, wie auch die Axen, sind an einem Krystalle entweder gleichartig oder ungleichartig. Die gleichartigen müssen sich, unter denselben Verhältnissen betrachtet, gleich verhalten, die Flächen also dieselbe Form und Lage (auch physische Beschaffenheit) zeigen, die Kanten dieselbe Länge, dieselben Bildungsflächen und Winkel, die Ecken ebenfalls dieselben Bildungsflächen, Kanten, Winkel u. Gleichartige Axen sind diejenigen, welche sich in gleichartigen Krystalltheilen endigen.

Am Würfel oder Hexaeder Fig. 1 sind die Flächen alle gleichartig, ebenso die Kanten und ebenso die Ecken, am Trapezoeder Fig. 10 sind die Flächen gleichartig, die Kanten zweierlei, a die längeren und b die kürzern; die Ecken dreierlei, e von den gleichartigen Kanten a gebildet, g von den gleichartigen Kanten b gebildet und f von zwei Kanten a und zwei Kanten b gebildet. — Fig. 23 zeigt dreierlei Flächen, h, d und o, deren Verschiedenartigkeit leicht zu erkennen ist.

Wenn an den Ecken nur einerlei Kanten zusammenstoßen, so heißen diese Ecken einkantige, stoßen aber zwei oder dreierlei u. zusammen, so nennt man sie zweikantige, dreikantige u. Fig. 10 sind die Ecken e und g einkantige (obwohl unter sich ver-

(scheiden), die Ecken f aber zweikantige. Bei der Beschreibung der Krystalle wird die Gestalt in eine solche Lage gebracht, daß eine bestimmte Axe vertikal steht, welche man die Hauptaxe nennt. Bei denjenigen Krystallen, in welchen drei rechtwinklich aufeinanderstehende und gleichartige Axen vorkommen, kann jede von diesen Hauptaxe sein; bei den übrigen ist immer eine solche Axe Hauptaxe, welche die einzige ihrer Art in der Gestalt ist. Dergleichen Axen heißen einzelne. Wo unter mehreren solchen die Wahl bleibt, wird derjenigen für die Hauptaxe der Vorzug gegeben, welche für die Betrachtung des Krystalls, seine Bezeichnung u. die geeignetste ist.

Beim Oktaeder Fig. 9 gehen drei rechtwinklich auf einander stehende Axen durch die Ecken und sind wie diese selbst gleichartig. Das Oktaeder wird daher bei der Krystallographischen Betrachtung nach einer dieser Axen vertikal gestellt und es ist gleichgültig, nach welcher von diesen dreien. Bei der Quadratpyramide Fig. 24 sind die durch die Ecken gehenden Axen auch rechtwinklich auf einander, aber sie sind nicht gleichartig, da nur 4 Ecken (r) unter sich gleichartig sind und die übrigen 2 (s) davon verschieden. Hier ist die Axe, welche durch die Ecken s geht, die einzige ihrer Art in der Gestalt und daher die Hauptaxe.

Diejenigen Krystallgestalten, in welchen ein Axenkreuz von drei gleichartigen rechtwinklichen Axen gefunden werden kann, heißen Polyaxien, die übrigen Monoaxien. Fig. 1—23 sind Polyaxien, Fig. 24—54 Monoaxien.

Bei den Monoaxien erhalten die Flächen, Kanten und Ecken je nach ihrer Lage zur Hauptaxe noch besondere Benennungen. Flächen, in welchen sich die Hauptaxe endigt, heißen Endflächen, auch basische Flächen, solche Kanten Endkanten und solche Ecken Scheitecken oder Scheitel. Flächen und Kanten, welche die Scheitecken bilden, also in ihnen zusammenstoßen, heißen Scheitelflächen und Scheitelkanten. Flächen und Kanten, welche der Hauptaxe parallel liegen, heißen Seitenflächen oder prismatische und Seitenkanten. Kanten, welche der Hauptaxe nicht parallel liegen, sie aber bei gedachter Verlängerung auch nicht schneiden (wie die Scheitelkanten), heißen Randkanten und Ecken, in welchen (nebst andern) solche Randkanten zusammenstoßen, heißen Randecken.

Handwritten notes:
 B
 2/1
 3/1
 4/1
 5/1
 6/1
 7/1
 8/1
 9/1
 10/1
 11/1
 12/1
 13/1
 14/1
 15/1
 16/1
 17/1
 18/1
 19/1
 20/1
 21/1
 22/1
 23/1
 24/1
 25/1
 26/1
 27/1
 28/1
 29/1
 30/1
 31/1
 32/1
 33/1
 34/1
 35/1
 36/1
 37/1
 38/1
 39/1
 40/1
 41/1
 42/1
 43/1
 44/1
 45/1
 46/1
 47/1
 48/1
 49/1
 50/1
 51/1
 52/1
 53/1
 54/1

Fig. 36 geht die Hauptaxe (die einzige ihrer Art) durch die Ecken s , diese sind also die Scheitecken und daher p die Scheitelflächen und t die Scheitelkanten. Die der Hauptaxe parallelen Flächen m sind Seitenflächen oder prismatische und die ebenso liegenden Kanten q Seitenkanten; die Kanten d sind Randkanten und die Ecken r Randecken.

Schnitte heißen die Ebenen, die eine Krystallform halbiren. Wird dabei keine Kante durchschnitten, so heißt der Schnitt ein Hauptschnitt, sonst ein Querschnitt. Fig. 1 ist der Schnitt $aaaa$ ein Hauptschnitt, der Schnitt $hhbb$ ein Querschnitt.

Horizontale Projection heißt die Figur, welche entsteht, wenn man aus den Ecken einer Gestalt in aufrechter Stellung Perpendikel auf eine horizontale Ebene fällt und die dadurch bestimmten Punkte mit Linien verbindet.

§. 2. Es giebt Krystallgestalten, welche als die Hälften oder auch als die Viertel von andern erscheinen, solche heißen hemiedrische oder tetartoedrische. Die Hemiedrie findet gesetzmäßig in der Weise statt, daß an einer vollzähligen (holoedrischen) Gestalt die abwechselnden Flächen, Flächenpaare oder Flächengruppen wachsen und dadurch die übrige Hälfte verdrängt wird, und daß dabei Gestalten entstehen, deren Flächen einen Raum vollkommen umschließen.

Wenn am Oktaeder Fig. 9 (mit 8 gleichseitigen Dreiecken) die abwechselnden Flächen zum Verschwinden der übrigen vergrößert werden, so entsteht ein Körper von 4 gleichseitigen Dreiecken begrenzt, das Tetraeder Fig. 15 und je nachdem man so die eine oder die andere Hälfte wachsen oder verschwinden läßt, müssen zwei solche Tetraeder zum Vorschein kommen, die sich nur, in Beziehung auf das Oktaeder, aus dem sie hervorgehen, in der Stellung unterscheiden, wie die Fig. 16 und 17 zeigen.

§. 3. Krystallgestalten, welche ungleichartige Flächen zeigen, heißen Combinationen, und die Verschiedenheit der Flächen kündigt verschiedene Formen an, die in der Combination vereinigt sind. Diese Formen werden erkannt und damit die Combination entwickelt, wenn man der Reihe nach die gleichartigen Flächen so vergrößert, daß sie zum Durchschnitt kommen und alle übrigen verdrängt werden. Eine Combination von zweierlei Flächen enthält also zwei Gestalten und heißt eine zweizählige, eine von dreierlei Flächen enthält drei Gestalten und heißt dreizählige u. s. w.

Fig. 6 zeigt eine zweizählige Combination. Werden, um sie zu entwickeln, die gleichartigen Flächen h zum Durchschnitt gebracht, so entsteht die Gestalt Fig. 1, werden aber die Flächen d zum Verschwinden der Flächen h vergrößert, so entsteht die Gestalt Fig. 13. Diese beiden Gestalten bilden daher die Combination. Fig. 23 zeigt eine dreizählige Combination. Die Flächen h gehören dem Hexaeder Fig. 1, die Flächen d dem Rhombendodekaeder Fig. 13 und die Flächen o dem Oktaeder Fig. 9.

Man hat sich bei Entwicklung von Combinationen zu erinnern, daß 2 Flächen, welche sich zusammenneigen, bei ihrer Vergrößerung, bis sie sich schneiden, eine Kante bilden müssen, 3, 4 oder mehrere sich unter gleichen Winkeln zusammenneigende Flächen aber Ecken hervorbringen, welche sonach 3flächig, 4fl., nsl. sein werden. Man hat ferner zu beachten, daß wenn sich Flächen gegen eine und dieselbe Axe oder Linie unter ungleichen Winkeln neigen, bei der Vergrößerung diejenigen eher zum Durchschnitt kommen müssen, welche unter dem stumpferen Winkel zu dieser Axe geneigt sind, als

die unter dem spizeren Winkel zu ihr geneigten. So geschieht es, daß 4 Flächen, die bei gleicher Neigung und ihrer Vergrößerung ein 4fl. Eck bilden würden, bei zweierlei Neigung kein Eck, sondern eine Kante bilden.

Gestalten mit gleichartigen Flächen heißen einfache und umschließen entweder einen Raum vollständig oder nicht. Erstere heißen geschlossene, letztere offene Gestalten.

Wie in den Combinationen offene Prismen und einzelne Flächenpaare zu deuten sind, wird bei den Krystallsystemen angegeben werden. Einfache Gestalten sind Fig. 1, 9, 10, 11, 12, 22, 32, 33 u.

Wird sich eine Combination, so werden die Krystalltheile einer einfachen Gestalt verändert und diese Veränderung besteht in Abstumpfung, Zuschärfung und Zuspizung.

Wenn an die Stelle eines Eckes oder einer Kante eine Fläche kommt, so heißt diese Veränderung Abstumpfung. Fig. 1 ist in Fig. 2 mit abgestumpften Ecken, in Fig. 6 mit abgestumpften Kanten dargestellt.

Wenn an die Stelle eines Eckes oder einer Kante zwei gleichartige sich zusammenneigende und also eine Kante bildende Flächen treten, so heißt dieses Zuschärfung. Fig. 1 ist in Fig. 7 mit zugeschärften Kanten, Fig. 9 in Fig. 22 mit zugeschärften Ecken dargestellt.

Wenn an die Stelle eines Eckes drei oder mehr gleichartige Flächen treten, die also ein neues (stumpferes) Eck bilden, so heißt diese Veränderung Zuspizung.

Bei Zuschärfung und Zuspizung beachtet man auch, ob die neuen Flächen auf den Flächen der veränderten Gestalt oder auf den Kanten derselben aufsitzen und unterscheidet danach von den Flächen aus oder von den Kanten aus zugeschärft oder zugespitzt.

Fig. 1 ist in Fig. 3 an den Ecken 3flächig von den Flächen aus, Fig. 4 ebenso von den Kanten aus zugespitzt dargestellt.

Bei combinirten Gestalten beobachtet man auch ihre gegenfeitige Stellung, wie bei den Krystallsystemen weiter angegeben ist.

§. 4. Winkelmessen. Um eine Krystallgestalt speciell und genau zu bestimmen, sind Winkelmessungen erforderlich. Man mißt die Neigungswinkel der Flächen und berechnet daraus die ebenen Winkel, die Arenlängen u. Die dazu dienenden Instrumente heißen Goniometer und sind deren zweierlei, das Anleggoniometer und das Reflexionsgoniometer. Das Anleggoniometer zeigt Fig. 67 tab. III. Es ist eine Scheere mit einem graduirten Bogen verbunden. Die Arme der Scheere werden beim Messen der Krystallfläche genau angelegt und so, daß sie auf der Kante, deren Winkel

bestimmt werden soll, rechtwinklich stehen (in der Lage, wo der Winkel am größten ist). Um dieses auszuführen, ist der Arm ab am Bogen herum beweglich, der Arm cd aber nur in einer Richtung verschiebbar, um ihn länger oder kürzer zu machen. Die Krystalle, welche mit diesem Instrument gemessen werden sollen, dürfen natürlich nicht zu klein sein. Die Messungen sind nur annähernd genau. Bei weitem genauere Resultate erhält man mit dem Reflexionsgoniometer Fig. 80 tab. IV. Es besteht in einem vertikalen, in Grade getheilten, Kreisbogen von Metall, welcher um die horizontale Axe beweglich und mit einem feststehenden Nonius zum Ablesen versehen ist. In der Richtung der Axe kann der zu messende Krystall so befestigt werden, daß die Kante, deren Winkel bestimmt werden soll, in diese Axe fällt. Man läßt nun von der einen Krystallfläche das Bild eines entfernten Gegenstandes, z. B. eines der auf einer Glas-tafel befindlichen Quadrate, Fig. 60 tab. II. (sie können 2" Seitenlänge haben), reflectiren, bemerkt dabei die Stellung des Kreises am Nonius und dreht nun den in der Axe befestigten Krystall zugleich mit dem Kreisbogen, bis das Bild (obiges Quadrat) auf der zweiten Fläche sichtbar wird. Man kann diese Quadrate aus schwarzem Papier ausschneiden. Zur Bequemlichkeit für das Einstellen und Ablesen ist das Instrument meistens so eingerichtet, daß die Axe mit dem Krystall durch Drehen der Griffscheibe A für sich allein beweglich ist, während beim Drehen von B der Krystall zugleich mit dem Kreisbogen gedreht wird. Um auf beiden Krystallflächen das Bild genau an derselben Stelle zu beobachten, z. B. die Berührungslinie der beiden Quadrate, zieht man auf eine weiße Tafel einen schwarzen Strich und legt die Tafel so auf den Tisch, der zum Experimentiren dient, daß der direct neben dem Reflexionsbild gesehene Strich mit der Berührungslinie der Quadrate zusammenfällt. Beim Ablesen erhält man je nach der ersten Stellung des Kreises den Winkel unmittelbar oder dessen Complement. Dieses Instrument ist von Wollaston erfunden und um so wichtiger, als damit auch kleine Krystalle, welche meistens die ebensten Flächen zeigen, gemessen werden können.

Wenn die Flächen kein Bild reflectiren, so muß man sich mit dem intensivsten Lichtschein begnügen und wendet am besten dazu, bei sonst dunklem Raume, Kerzenlicht an, indem man den Krystall mit einer Lupe beobachtet. Man kann auch befriedigende Resultate in diesen Fällen erhalten, wenn man den Krystall so dreht, bis die Fläche dem in der Entfernung von 1 — 1½ Fuß befindlichen Auge als Linie erscheint und Gleiches bei der zweiten Fläche vornimmt. In dieser Weise kann auch die Neigung zweier sich in einem Eck berührender Kanten zu einander gemessen werden, indem man diese

rechtwinklich gegen die Axe des Instruments und den Krystall so einstellt, daß das Eck, wo sich die beiden Kanten berühren, genau in diese Axe fällt. Man dreht dann zum Einstellen bis die Kante zum Punkt verkürzt erscheint, und wiederholt dieses (mit Drehen des Kreises) für die zweite Kante. Bei allen Messungen hat man Repetitionen vorzunehmen und das Mittel aus den nicht zu sehr differirenden zu rechnen. —

§. 5. Die allgemeinen Gesetze, die wir an den Krystallen und ihren Combinationen beobachten, sind folgende:

1) Das Gesetz des Flächenparallelismus. Es lautet: Jeder Fläche eines Krystalls steht eine parallele gleichartige Fläche gegenüber oder jede Fläche ist in einer parallelen gleichartigen am Krystall wiederholt. Pyramidale Gestalten Fig. 24, 25, 32 u. sind daher immer Doppelpyramiden, die Flächen an einem Ende eines Prismas repetiren sich am andern Ende u. Fig. 29, 30, 36, 37 u. Dieses Gesetz erleidet bestimmte Ausnahmen beim Auftreten geneigtflächiger hemiedrischer Gestalten. Beim Tetraeder Fig. 15, beim Trigondodecaeder Fig. 17 u. findet sich kein Flächenparallelismus, da diese Gestalten Hemiedrieen (von Fig. 9 und 10) sind. Daher sind auch dergleichen Ausnahmen von dem Gesetze als Hemiedrieen leicht zu erkennen. — Dieses Gesetz wurde zuerst von Romé de l'Isle ausgesprochen.

2) Das Gesetz der Symmetrie. (Von Hauy aufgefunden.) Es lautet: Gleichartige Theile einer Krystallgestalt (Flächen, Kanten, Ecken und daher auch Axen) erleiden bei eintretenden Combinationen gleiche Veränderung. Gleichartige Ecken z. B. werden bei eintretender Abstumpfung oder Zuspizung immer auf gleiche Weise abgestumpft oder zugespitzt sein, gleichartige Axen müssen für irgend eine der Natur der Krystalle entsprechende Construction, die wir vornehmen wollen, auf gleiche Weise verlängert oder verkürzt werden u.

In diesem Gesetze ist also ein wesentlicher Unterschied einer rein mathematischen und der krystallographischen Formenableitung begründet. Es ist z. B. klar, daß wir durch willkürliche Veränderungen aus irgend einer einfachen Krystallgestalt jede andere ableiten und construiren könnten, beachten wir aber das Gesetz der Symmetrie, so kann solches nicht geschehen. Da am Octaeder Fig. 9 alle Kanten gleichartig sind, so können wir nicht 4 derselben allein abstumpfen, wodurch wir eine Combination ähnlich Fig. 29 hervorbringen würden; wollen wir eine solche Veränderung vornehmen, so müssen alle Kanten auf dieselbe Weise abgestumpft werden und die Gestalt, welche die neuen Flächen bilden, ist das Rhombendodecaeder

Jede Fläche ist also gleich, ob die Combinationen von den Flächen oder den Axen ausgeht.

Fig. 13 und kann keine andere sein. Wir können dem Gesetze gemäß aus einem Quadrat keinen Rhombus construiren oder umgekehrt, weil wir es nur vermöchten, wenn wir Gleichartiges ungleichartig verändern oder auch dadurch Ungleichartiges gleichartig machen würden. Es läßt sich daher aus einer Pyramide, deren Basis ein Quadrat ist, krystallographisch keine Pyramide construiren, deren Basis ein Rhombus, es läßt sich aus einem Rhombus kein Rhomboid construiren u. s. w.

Dieses wichtige Gesetz erleidet wie das vorige Ausnahmen von sehr bestimmter Art bei dem Erscheinen hemiedrischer oder tetartoedrischer Gestalten, wie solches für sich klar ist. Es werden durch dieses Verhältniß also auch hemiedrische Gestalten leicht erkannt.

Es sind z. B. am Würfel Fig. 1 die Ecken gleichartig und ebenso die Kanten, und dieses gilt auch vom Oktaeder Fig. 9. Finden wir nun die Combination Fig. 8 oder Fig. 22, so zeigt sich schon in der Erscheinung, daß die Flächen $\frac{1}{2}$ einer Hemiedrie angehören und ebenso die Fläche $\frac{1}{2}$. Erstere verändern nur die Hälfte der Würfecken, letztere bilden an den Oktaederecken eine Zuschärfung, wo nach dem Gesetze keine stattfinden kann, da in jedem Ecke vier gleichartige Flächen und Kanten zusammenstoßen, eine Zuschärfung aber nur von zwei Kanten oder Flächen ausgehen kann. Die hier auftretenden Hemiedrien sind das Tetraeder Fig. 15 und das Pentagondodecaeder Fig. 21.

3) Das Gesetz der Axenveränderung. Es lautet: Bei eintretenden Combinationen geschehen an jeder Krystallform die Verlängerungen oder Verkürzungen für bestimmte Axen in comensurabeln Verhältnissen oder sind nach rationalen Coefficienten von einander ableitbar. Unter die betreffenden Axen gehören alle diejenigen, gegen welche zwei oder mehr gleichartige Flächen, die am Krystall vorkommen oder nach dem Gesetze der Symmetrie vorkommen können, symmetrisch gelagert und geneigt sind. Dieses Gesetz ist an der bei weitem größten Mehrzahl sämmtlicher Krystallformen unzweifelhaft nachgewiesen. Es ist auch an jenen Formen, die nur aus einzelnen, mit Ausnahme der parallelen, immer von einander verschiedenen Flächen bestehen, für gewisse bis jetzt übrigens nicht so allgemein zu bestimmende Axen erkannt worden.

Fig. 61 tab. III. zeigt eine Reihe von Krystallflächen des Baryts, o , a , b , c . Die Flächen a , b , c sind gegen die durch o gelegte Axe symmetrisch liegend und schneiden sie in ihrer Ausdehnung und zwar von demselben Punkte B aus schneidet die Fläche a oder die parallele BA'' die Axe in A'' ; die Fläche b oder die parallele BA' schneidet die Axe in A' ; die Fläche c schneidet sie in A . Die

Artheile $A'C$, $A'C$ und AC stehen in comensurabeln Verhältnissen. Man findet diese, indem man $BC = 1$ setzt (für alle Flächen gleich) und die Tangenten der Winkel $A'BC$, $A'BC$ und ABC aufsucht. Die Messung am Krystall giebt

$$\begin{aligned} a : o &= 158^{\circ} 4' \\ b : o &= 141^{\circ} 8' \\ c : o &= 121^{\circ} 25', \end{aligned}$$

wovon die Complemente

$$\begin{aligned} A'BC &= 21^{\circ} 56' \text{ und } \text{tang. } 21^{\circ} 56' = 0,4026734 : \frac{1}{4}, \\ A'BC &= 38^{\circ} 52' \text{ ,, } \text{tang. } 38^{\circ} 52' = 0,8059382 : \frac{1}{2}, \\ ABC &= 58^{\circ} 10' \text{ ,, } \text{tang. } 58^{\circ} 10' = 1,6107417 : 1. \end{aligned}$$

Man sieht, daß diese Tangenten sich verhalten wie $1 : \frac{1}{2} : \frac{1}{4}$, wenn $\text{tang. } 58^{\circ} 10' = 1$ gesetzt wird. Durch das Gesetz weiß man nun zum Voraus, daß noch viele andere Flächen vorkommen können, nämlich alle, deren Ableitungscoefficienten rationale ganze oder Bruchzahlen sind, und man wäre nicht überrascht, z. B. Flächen zu finden, wo diese $\frac{1}{3}$, $\frac{1}{5}$, 2, 3 ic.

Irrationale Ableitungscoefficienten dagegen kommen nicht vor.

Wenn man z. B. die Hauptaren mehrerer Quadratpyramiden a, b, c durch folgende Werthe bestimmt findet, indem man ihre Längen für übrigens gleiche Basis aus den Winkeln berechnet,

a.	b.	c.	
1,7670	0,5890	0,3534,	so stehen sie in einem rationalen Verhältnisse, denn setzt man die Arenlänge von a = 1, so ist die von b = $\frac{1}{3}$, die von c = $\frac{1}{5}$. Beobachtet man solche Pyramiden d, e, f, deren Arenlängen folgende:

d.	e.	f.	
1,5740	3,1480	0,5247,	so stehen diese unter sich auch in einem rationalen Verhältnisse, denn setzt man d = 1, so ist e = 2 und f = $\frac{1}{3}$, man kann aber die Arenlängen der Pyramiden a, b, c nicht nach rationalen Coefficienten aus denen von e, f, g ableiten oder umgekehrt, daher combiniren sich diese Pyramiden nicht.

Dieses Gesetz beschränkt also die Combinationsfähigkeit von Gestalten noch in solchen Fällen, wo sie das Gesetz der Symmetrie zuließe.

Es ist dabei zu bemerken, daß die vorkommenden Bruchzahlen gewöhnlich sehr einfach sind und Brüche mit großen Zahlen in Zähler und Nenner, welche auch irrationale Größen annähernd ausdrücken können, nicht vorkommen. Mit Rücksicht auf dieses Gesetz können die Krystallmessungen einer Prüfung unterworfen und Flächen und Gestalten weit sicherer bestimmt werden, als außerdem möglich wäre.

Eine Consequenz dieses Gesetzes ist, daß die Größen verschiedenartiger Aren an einer einfachen Gestalt in irrationalen Verhältnissen stehen müssen, weil sonst durch die zulässigen Veränderungscoefficienten ungleichartige Aren gleichartig werden könnten. Wäre z. B. an einer Quadratpyramide die halbe Diagonale der Basis zur halben Hauptaxe = 1 : 2, so könnte letztere durch den zulässigen Ableitungscoefficienten $\frac{1}{2}$ zu 1 werden, also das Octaeder entstehen. Irrationale Zahlen mit rationalen multiplicirt bleiben irrational.

4) Das vierte Gesetz lautet: Ungleichartige Gestalten können unabhängig von einander für sich oder in solchen Combinationen auftreten, die nach den vorhergehenden Gesetzen möglich sind. Wenn wir z. B. an einem Mineral eine Combination von drei verschiedenen Formen beobachten, so können wir schließen, daß dieses Mineral auch in jeder dieser Formen für sich vorkommen könne. Die Erfahrung liefert dafür hinreichende Belege.

5) Das fünfte Gesetz ist das Gesetz der Beständigkeit der Neigungswinkel. Es lautet: Die Neigungswinkel der Flächen einer Gestalt sind beständig und unveränderlich, wie ungleichmäßig auch diese Flächen ausgedehnt oder in Combinationen verändert erscheinen mögen.

Wir sind durch die Kenntniß dieses Gesetzes im Stande, dieselbe Form in den mannigfaltigsten Combinationen wieder zu erkennen und den Normaltypus auch da aufzufinden, wo ihn abnorme Flächenausdehnung verwischt hat. — Dieses Gesetz ist zuerst von Romé de l'Isle erkannt worden.

Auf diese Gesetze gründet sich das Wesentlichste der Erscheinung der einfachen Krystall-Individuen und aus einigen wenigen gegebenen Gestalten läßt sich mittelst dieser Gesetze der ganze Formenreichtum der unorganischen Natur a priori construiren und daher auch die Kenntniß möglicher Vorkommnisse anticipiren.

§. 6. Unter Krystallsystem versteht man den Inbegriff von Gestalten, welche nach dem Gesetze der Symmetrie in einander übergehen können.

Unter Krystallreihe versteht man den Inbegriff von Gestalten eines Krystallsystems, welche nach dem Gesetze der Arenveränderung von einander ableitbar und daher combinationsfähig

sind. Die Gestalt, welche man bei der Ableitung zum Grunde legt, heißt die Stammform.

Die Gestalten also, welche mit Beachtung des Gesetzes der Symmetrie aus einer gegebenen Gestalt abgeleitet werden können, gehören mit dieser zu einem und demselben Krystallsystem. Solcher Systeme sind sechs bekannt und diese heißen:

1. das tesserale System, ¹
2. das quadratische, ²
3. das hexagonale, ³
4. das rhombische, ⁴
5. das klinorhombische und ⁵
6. das klinorhomboidische. ⁶

Handwritten notes:
4. orthorhombische
5. rhomboedrisch

Im Folgenden bedeutet

- Kr. = Krystall,
- Abst. = Abstumpfung,
- Zuschärf. = Zuschärfung,
- Zuspiz. = Zuspizung,
- 3fl., 4fl. = dreiflächig, vierflächig u.
- Schülk. = Scheitelkanten,
- Rdkt. = Randkanten.

§. 7. Das tesserale Krystallsystem.

Die Gestalten dieses Systems unterscheiden sich auffallend von denen aller übrigen Systeme dadurch, daß sie drei rechtwinklich aufeinander stehende Axen gleicher Art haben, deren jede Hauptaxe sein kann. Es kommen an ihnen keine einzelnen Axen vor.

Die einfachen vollzähligen Gestalten dieses Systems sind sieben. Von diesen erscheinen einige hemiedrisch, wodurch die Zahl aller bis auf dreizehn vermehrt wird.

Wir wollen, um eine Anwendung der oben erwähnten Allgesetze zu zeigen, zunächst eine der sieben einfachen Gestalten näher betrachten und aus den daran möglichen Veränderungen die übrigen ableiten und kennen lernen. Diese Gestalt sei der Würfel oder das Hexaeder Fig. 1.

Das Hexaeder ist von 6 gleichen Quadraten begränzt, hat 12 Kanten und 8 3fl. Ecken von gleicher Art. Die Kantenwinkel messen 90°. Die Hauptaxen gehen durch die Flächen. — Findet sich häufig beim Steinsalz, Liparit, Pyrit, Galenit, Gold, Silber u.

Wenn wir nun an dieser Gestalt die Veränderungen anbringen, welche nach dem Gesetze der Symmetrie daran auftreten können, so

bestehen diese in Abstumpfung und Zuschärfung der Kanten und Abstumpfung und Zuspizung der Ecken*).

Die Abstumpfung der Kanten Fig. 6, welche wegen der Gleichartigkeit der Würfelflächen eine gleichwinkliche sein muß, d. h. so, daß die Abstfl. zu den beiden anliegenden Würfelflächen gleiche Neigung hat, bringt die Flächen einer neuen Form hervor und diese ist das Rhombendodecaeder Fig. 13.

Es ist von 12 Rhomben begränzt, deren Kantenwinkel alle 120° messen. Es hat 24 gleichartige Kanten und 14 Ecken von zweierlei Art. 6 sind 4fl., durch diese gehen die Hauptaxen, die übrigen sind 3flächig. In dieser Form krystallisiren Granat, Amalgam, Cuprit, Magnetit u.

Die zweite Veränderung, die an den Kanten des Würfels eintreten kann, ist Zuschärfung derselben Fig. 7. D; die dadurch entstehende Gestalt ist

das Tetrakishecaeder Fig. 14,

oder der Pyramidenwürfel (Pyramidenhecaeder), wovon es je nach dem Winkel der Zuschärfung (der natürlich immer größer als 90° und kleiner als 180° sein muß) mehrere Varietäten giebt. Diese Tetrakishecaeder sind von 24 gleichschenkligen Dreiecken begränzt. Sie haben 36 Kanten, wovon 12 längere a und 24 kürzere b. Die Ecken, 14 an der Zahl, sind ebenfalls zweierlei, 6 sind 4fl. und 1kantig, durch diese gehen die Hauptaxen, 8 sind 6fl. und 2kantig. Diese Form kommt ziemlich selten vor beim Liparit, Gold, Kupfer u. Die Varietäten folgen dem Gesetz der Axenveränderung. In Fig. 62 tab. III. sind die bisher beobachteten in der Art verzeichnet, daß die Veränderung der Axe ab zu ersehen ist. Wenn nämlich f, f, f Flächen des Hecaeders, so erscheinen dessen Kanten in a und c zum Punkt verkürzt; die Zuschärfungsflächen an diesen Kanten, woraus die Tetrakishecaeder entstehen, sind durch die Linien a'c, a''c, a'''c u. angegeben. Die beobachteten Zuschärfungswinkel sind

$$ca'c = 112^\circ 37'$$

$$ca''c = 126^\circ 52' 12''$$

$$ca'''c = 133^\circ 36'$$

$$ca''''c = 143^\circ 7' 48''$$

$$ca''''''c = 157^\circ 22' 48''.$$

Am Hecaeder ist $ab = \text{tang. } acb = \text{tang. } 45^\circ = 1.$

*) Eine Zuschärfung der Ecken kann hier nicht vorkommen, weil drei gleichartige Flächen und Kanten die Ecken bilden, also nicht zwei Flächen sie verändern können, wie es eine Zuschärfung erfordern würde.

Am Tetrakishepaeder $a'e$ ist $a'h = \text{tang. } a'eb$; $a'eb$ aber ist der halbe Zuschärfungswinkel von 90° abgezogen oder $= 33^\circ 41' 30''$, dessen Tangente $= 0,6667069$. Ebenso ist am Tetrakishepaeder $a''e$ die Axe $a''b = \text{tang. } 26^\circ 33' 54'' = 0,4999988$, an der Variet. $a'''e$ ist $a'''b = \text{tang. } 23^\circ 12' = 0,4286005$,
 $= \quad = \quad = \quad a''''e = a''''b = \text{tang. } 18^\circ 26' 6'' = 0,3333343$,
 $= \quad = \quad = \quad a''''e = a''''b = \text{tang. } 11^\circ 18' 36'' = 0,2000012$.

Die Axenlängen sind also

$$\begin{aligned} ab &= 1, \\ a'b &= 0,6667069 = \frac{2}{3}, \\ a''b &= 0,4999988 = \frac{1}{2}, \\ a'''b &= 0,4286005 = \frac{1}{2\frac{1}{3}}, \\ a''''b &= 0,3333343 = \frac{1}{3}, \\ a''''b &= 0,2000012 = \frac{1}{5}. \end{aligned}$$

Diese Bruchzahlen sind demnach die (rationalen) Ableitungskoefficienten für die betreffenden Tetrakishepaeder. Wenn man die Flächen der Tetrakishepaeder über die Würfel Flächen umschreibend legen will, wie in der Fig. für $a'e$ durch die Parallele ae' und für $a''e$ durch ae'' angedeutet ist, so wächst die Axe be ebenfalls nach rationalen Coefficienten. Man hat dabei nur die Tangenten der halben Zuschärfungswinkel oder der Winkel an den Kanten a Fig. 14 aufzusuchen. Diese Coefficienten werden für das Tetrakishepaeder $ca'e$ bis zu dem $ca''''e = \frac{2}{3}; 2; \frac{1}{3}; 3; 5$, wenn $be = 1$.

Die Veränderungen an den Ecken des Würfels betreffend, so kann ihre Abstumpfung Fig. 2, welche nach dem Gesetze der Symmetrie wegen der Gleichartigkeit der Würfel Fläche gegen jede dieser Flächen gleiche Neigung haben muß, nur zu einer Gestalt führen und diese ist

das Dktaeder Fig. 9.

Es ist von 8 gleichseitigen Dreiecken begränzt und hat 12 Kanten und 6 Ecken von gleicher Art. Die Kantenwinkel messen $109^\circ 28' 16''$. Die Hauptaxen gehen durch die Ecken. In dieser Gestalt krystallisiren häufig Magnetit, Cuprit, Spinell, Gold, Diamant ic.

Eine Zuspitzung der Ecken des Würfels kann auf dreierlei Art stattfinden, ohne daß dadurch das Gesetz der Symmetrie verletzt wird, nämlich

- 1) 3flächig von den Flächen aus Fig. 3,
- 2) 3fl. von den Kanten aus Fig. 4,
- 3) 6fl. von den Kanten aus Fig. 5.

Die Veränderung 1) führt zum

Trapezoeder Fig. 10.

Dieses besteht aus 24 symmetrischen Trapezen, mit 24 längern (a) und 24 kürzern (b) Kanten. Die Ecken sind dreierlei. 6 sind 4fl. und 1kantig, durch diese gehen die Hauptaren, 12 sind 4fl. und 2kantig und 8 sind 3flächig. Je nach dem Winkel der Zuspizung giebt es mehrere Varietäten dieser Gestalt, welche beim Granat, Leucit, Analcim, Gold u. vorkommt. Die Winkel der am häufigsten beobachteten Varietät sind an den Kanten $a = 131^{\circ} 48' 36''$, an den Kanten $b = 146^{\circ} 26' 33''$. An einer andern Varietät ist $a = 144^{\circ} 54' 12''$ und $b = 129^{\circ} 31' 16''$. Man kann auf verschiedene Art das Gesetz ihrer Arenverhältnisse nachweisen. Am einfachsten ist es, die Veränderungen der Eckenare des Heraeders zu bestimmen, welche die Flächen eines Trapezoeders schneiden. Stellt man das Heraeder nach einer Eckenare vertikal, so ist Fig. 63 tab. III. k eine Kante des Heraeders und f eine Fläche desselben oder deren Diagonale (k f k f sein Hauptschnitt). a'c und a'e sind die Flächen der genannten Trapezoeder. An 3flächigen einkantigen Ecken berechnet sich die Neigung der Fläche zur Eckenare durch die Formel $\cos. a = \frac{\cos. \alpha}{\sin. 60'}$, wo a der verlangte Winkel und α der halbe Kantenwinkel.

Man findet die Neigung der Würfeläche ac zur Eckenare ab $= 35^{\circ} 16'$, also ist der Winkel acb $= 54^{\circ} 44'$. Die Tangente dieses Winkels giebt den Werth von ab. Es ist $\text{tang. } 54^{\circ} 44' = 1,4140943$.

Am Trapezoeder, wo der Kantenwinkel der 3fl. Ecken $= 129^{\circ} 31' 16''$, findet man den Neigungswinkel der Fläche (a'c) zur Eckenare $= 60^{\circ} 30' 14''$, also den Winkel a'cb $= 29^{\circ} 29' 46''$. Die Arenlänge a'b ist die Tangente dieses Winkels $= 0,5656832$.

Am Trapezoeder, wo der Kantenwinkel der 3fl. Ecken $= 146^{\circ} 26' 34''$, findet man ebenso den Winkel a'cb $= 19^{\circ} 28' 16''$, dessen $\text{tang.} = 0,35355120 = a'b$. Setzt man am Heraeder ab $= 1,4140943 = 1$, so ist die Arenlänge a'b $= \frac{2}{3}$ und a''b $= \frac{1}{4}$, womit die gesetzlichen Ableitungscoefficienten erkannt sind.

Die Veränderung 2) führt zum

Triakisoktaeder Fig. 11.

Es heißt auch Pyramidenoktaeder. Es besteht aus 24 gleichschenkligen Dreiecken, hat 36 Kanten und 14 Ecken. Die Kanten sind zweierlei, 12 längere a und 24 kürzere b. Die Ecken sind ebenfalls zweierlei. 6 sind 8fl. und 2kantig; durch diese gehen die Hauptaren, die übrigen sind 3fl. und 1kantig. Man kennt mehrere Varietäten dieser Form, welche aber nur selten und untergeordnet am Galenit, Liparit, Cuprit u. a. beobachtet ist. Die Winkel einiger Varietäten sind

an a = 129° 31' 14"; an b = 162° 39' 31",
 141° 3' 28"; 152° 44' 2".

Die Veränderung 3) führt zum

Hexakisoktaeder Fig. 12.

Diese Gestalt, wovon es mehrere in den Winkeln abweichende Varietäten giebt, besteht aus 48 ungleichseitigen Dreiecken, hat 72 Kanten und 26 Ecken. Die Kanten sind dreierlei, ebenso die Ecken, worunter 6 8fl., und durch diese gehen die Hauptaxen. — Findet sich beim Diamant, Liparit, Magnetit u. Die Winkel einiger Varietäten sind

an a = 158° 12' 48"; an b = 148° 59' 50"; an c = 158° 12' 48",
 152° 20' 22"; 160° 32' 13"; 152° 20' 22".

Mit diesen Veränderungen ist die Reihe der Gestalten erschöpft, welche nach dem Gesetze der Symmetrie aus dem Würfel entwickelt werden können, es sind (den Würfel selbst mitgerechnet) die oben angeführten 7 Gestalten. Andere Gestalten können daraus nicht abgeleitet werden, wohl aber können mehrere der angegebenen hemiedrisch auftreten und die wichtigsten dieser Hemiedrien sind folgende:

1) Das Oktaeder Fig. 9 giebt durch Ausdehnung und Verschwinden der abwechselnden Flächen

das Tetraeder Fig. 15 und 16.

Es ist von vier gleichseitigen Dreiecken begränzt, hat 6 Kanten und 4 Ecken gleicher Art. Die Kantenwinkel messen 70° 31' 44". Die Hauptaxen gehen durch die Kanten. Findet sich beim Fahlerz, Helwin, Boracit.

2) Die Trapezoeder Fig. 10 geben, indem daran abwechselnd je eine um die 3fl. Ecken liegende Flächengruppe (Fig. 10 tz, tz, tz) wächst und die andere verschwindet,

die Trigondodecaeder Fig. 17.

Sie heißen auch Pyramidentetraeder und sind von 12 gleichschenkligen Dreiecken eingeschlossen, haben 18 Kanten und 8 Ecken. Von den Kanten sind 6 (a) längere, durch welche die Hauptaxen gehen, und 12 (b) kürzere; die Ecken sind auch zweierlei, 4 sind 6fl., 4 sind 3fl. Kommt beim Tennantit, Sphalerit u. vor.

Die öfter vorkommenden Varietäten haben die Winkel

an a = 109° 28' 16"; an b = 146° 26' 34",
 129° 31' 16"; 129° 31' 16".

3) Die Triakisoktaeder Fig. 11 geben, dem vorigen ähnlich hemiedrisch erscheinend,

die Trapezdodecaeder Fig. 18.

Sie sind von 12 symmetrischen Trapezen umschlossen, haben 24 längere und 24 kürzere Kanten a und b und viererlei Ecken. 6 derselben sind 4fl. und 2kantig, durch diese gehen die Hauptaxen. Sehr selten am Fahlerz (Tennantit und Tetraedrit).

Beobachtet sind die Winkel

$$\begin{array}{l} \text{an a} = 82^{\circ} 9' 45''; \text{ an b} = 162^{\circ} 39' 30'' \\ \phantom{\text{an a}} 90^{\circ} 0' 0''; \phantom{\text{an b}} 152^{\circ} 44' 2'' \end{array}$$

- 4) Die Herakisoktaeder Fig. 12 geben durch abwechselndes Wachsen je einer um die 6fl. Ecken liegenden Flächengruppen

die Herakistetraeder Fig. 19.

Sie sind von 24 ungleichseitigen Dreiecken eingeschlossen und haben 36 Kanten und 14 Ecken. Von letzteren sind 6 4fl. und durch diese gehen die Hauptaxen. Selten am Diamant, Fahlerz, Sphalerit.

Beobachtet sind die Winkel (s. Fig. 19)

$$\begin{array}{l} \text{an a} = 158^{\circ} 12' 48''; \text{ an b} = 158^{\circ} 12' 48''; \text{ an c} = 110^{\circ} 55' 29'' \\ \phantom{\text{an a}} 152^{\circ} 20' 22''; \phantom{\text{an b}} 152^{\circ} 20' 22''; \phantom{\text{an c}} 122^{\circ} 52' 22'' \end{array}$$

Diese Hemiedrien werden leicht als solche schon dadurch erkannt, daß sie keine parallelen Flächen haben (§. 5, 1).

Es entstehen aber auch dergleichen mit parallelen Flächen aus den folgenden Formen.

- 5) Die Tetraakishepaeder Fig. 14 geben durch Ausdehnung und Verschwinden der abwechselnden Flächen

die Pentagondodecaeder Fig. 21.

Diese sind von 12 Pentagonen umschlossen, welche 4 gleiche Seiten (b) und eine einzelne von diesen verschiedene (a) haben, daher auch die Kanten zweierlei. 6 fallen mit den einzelnen Seiten der Pentagone zusammen und durch diese gehen die Hauptaxen, die übrigen 24 entsprechen den übrigen gleichen Seiten. Die Ecken sind 3fl. und zweierlei; 8 sind 1kantig, die 12 übrigen 2kantig. Da es mehrere Varietäten von Tetraakishepaeder giebt, so giebt es auch mehrere Varietäten von Pentagondodecaeder. Die Winkel der am öftersten vorkommenden Varietät sind: an den Kanten a = $126^{\circ} 52' 12''$, an den Kanten b = $113^{\circ} 34' 41''$. Zwei andere Varietäten messen

$$\begin{array}{l} \text{an a} = 143^{\circ} 7' 48''; \text{ an b} = 107^{\circ} 27' 27'' \\ \phantom{\text{an a}} 112^{\circ} 37' 12''; \phantom{\text{an b}} 117^{\circ} 29' 11'' \end{array}$$

Vergleicht man die Tangenten der halben Winkel an den Kanten a, so verhalten sie sich bei den drei Varietäten = 2 : 3 : $\frac{7}{2}$. Häufig beim Pyrit und Kobaltin.

- 6) Die Herakisoktaeder Fig. 12 geben außer der 4) angeführten noch eine andere Hemiedrie durch abwechselndes Wachsen und

Verschwinden der an den Kanten *h* liegenden Flächenpaare.
Diese Gestalt ist (in mehreren Varietäten)

das Diakisdodecaeder Fig. 20.

Es ist von 24 mit einem Paar gleicher Seiten (*c*, *c*) charakterisirten Trapezoiden umschlossen. Die Kanten, 48 an der Zahl, sind dreierlei, ebenso die 26 Ecken. 6 dieser Ecken sind 4fl. und 2kantig, durch diese gehen die Hauptaxen. Findet sich beim Pyrit, Kobaltin und Hauerit.

Die Winkel zweier am Pyrit ausgebildet vorkommender Varietäten sind (Fig. 20)

$$\begin{aligned} \text{an } a &= 115^\circ 22' 37''; & \text{an } b &= 148^\circ 59' 50''; & \text{an } c &= 141^\circ 47' 12'' \\ & 128^\circ 14' 48''; & & 154^\circ 47' 28''; & & 131^\circ 48' 37''. \end{aligned}$$

Das Hexakisoktaeder kann möglicher Weise noch auf eine andere Art hemiedrisch und auch tetartoedrisch oder viertelflächig erscheinen, indessen sind nur die oben angeführten Hemiedrien bis jetzt in der Natur beobachtet.

Es ist einleuchtend, daß wir statt des Würfels, von welchem wir bei der Ableitung ausgegangen sind, jede andere der genannten sieben Gestalten anwenden können und daß wir zu denselben Resultaten kommen müssen. Es ist auch begreiflich, daß die Combinationen dieses Systems, der vielen einfachen Gestalten wegen, sehr mannigfaltig sein können und ihre Entwicklung hat dem Anscheine nach viele Schwierigkeiten. Wenn man aber die Zahl, Art und Neigung der Flächen gehörig berücksichtigt, so kann man mit Beachtung weniger Regeln sehr leicht die complicirtesten Combinationen entwickeln, da das Kreuz der rechtwinklichen gleichartigen Axen für alle in einer Combination vereinigten Gestalten ein gemeinschaftliches ist. Wird eine tesserale Gestalt irgend einer Art nach einer dieser Axen vertikal gestellt, so gilt Folgendes:

- 1) 4 als gleichartig erkannte Flächen (wenn deren nur vier vorhanden) gehören immer dem Tetraeder an.
- 2) 6 als gleichartig erkannte Flächen gehören immer dem Hexaeder an.
- 3) 8 dergleichen Flächen gehören immer dem Oktaeder an.
- 4) 12 gleichartige Flächen mit Parallelismus gehören
 - a) dem Rhombendodecaeder, wenn die Hauptaxen durch (4flächige) Ecken gehen,
 - b) einem Pentagondodecaeder, wenn die Hauptaxen durch Kanten gehen.
- 12 gleichartige Flächen ohne Parallelismus gehören
 - a) einem Trigondodecaeder, wenn die Hauptaxen durch Kanten gehen,

- b) einem Trapezdodecaeder, wenn die Hauptaxen durch Ecken gehen.
- 5) 24 gleichartige Flächen ohne Parallelismus gehören immer einem Hexakistetraeder, mit Parallelismus gehören sie
- a) einem Triakisoktaeder, wenn die Hauptaxen durch 8fl. Ecken gehen,
 - b) einem Tetraakisheptaeder, wenn die Hauptaxen durch 4fl. 1kantige Ecken gehen, die Flächen der Gestalt aber bei ihrer Ausdehnung außerdem noch 6fl. Ecken bilden,
 - c) einem Trapezoeder, wenn die Hauptaxen durch 4fl. 1kantige Ecken gehen, wie bei b, die Flächen aber bei ihrer Ausdehnung keine 6fl. Ecken bilden können,
 - d) einem Diakisdodecaeder, wenn die Hauptaxen durch 4fl. und 2kantige Ecken gehen.
- 6) 48 gleichartige Flächen gehören immer einem Hexakisoktaeder an.

Beispiele. Man habe die Combination Fig. 4. Die 3 rechtwinklichen gleichartigen Hauptaxen gehen durch die Flächen h. Diese Flächen sind 6 an der Zahl, sie gehören also dem Hexaeder. Die Flächen p sind 24 an der Zahl und es neigen sich immer 8 derselben über den h Flächen gegen die Hauptaxen. Bei ihrer Ausdehnung werden sie daher 8fl. Ecken bilden müssen, durch welche die Hauptaxen gehen, diese Flächen gehören daher (nach 5, a) einem Triakisoktaeder an.

Fig. 22 ist eine 2zählige Combination der Flächen o und der Flächen $\frac{ph}{2}$. Die gleichartigen Flächen o sind 8 an der Zahl, sie gehören also dem Oktaeder an. Die gleichartigen Flächen $\frac{ph}{2}$ sind 12 an der Zahl mit Parallelismus. Da die Hauptaxen an der Gestalt, welche sie bilden, durch Kanten gehen, so gehören diese Flächen (nach 4, b) einem Pentagondodecaeder an.

Fig. 23 ist eine 3zählige Combination. Die Flächen h, 6 an der Zahl und von gleicher Art, gehören (nach 2) dem Hexaeder an. Die Flächen o, 8 an der Zahl und von gleicher Art, gehören (nach 3) dem Oktaeder an. Die Flächen d, 12 an der Zahl und mit Parallelismus, gehören (nach 4, a) dem Rhombendodecaeder an, weil sich immer ihrer 4 über den h Flächen zusammenneigen, also

bei ihrer Ausdehnung daselbst 4st. Ecken bilden werden, durch welche die Hauptaxen gehen müssen.

Am Liparit oder Flußpath finden sich sämtliche holoedrische Formen des tesseralen Systems. Am Boracit kommen vor: Hexaeder, Iktaeder, Rhombendodecaeder, Trapezoeder, Hexakisoktaeder, Tetraeder, Trigondodecaeder und Hexakistetraeder. Bei manchen Combinationen steigt die Zahl der Flächen auf 62.

Am Perowskit hat Descloizeaux eine Combination beobachtet, bestehend aus Würfel, Iktaeder, Rhombendodecaeder, Triakisoktaeder, 2 Trapezoedern und 3 Tetraedern, also 170 Flächen.

§. 8. Das quadratische System.

Den Gestalten dieses Systems liegt ein rechtwinkliches Arenkreuz zum Grunde, an welchem 2 Aren einander gleich sind, die dritte aber verschieden. Die letztere ist die Hauptaxe (die einzige ihrer Art in der Gestalt). Außer dieser Hauptaxe kommt keine andere einzelne Are vor. Diesen Charakter hat das quadratische System mit dem hexagonalen gemeinschaftlich und beide sind dadurch leicht von allen andern Systemen zu unterscheiden, unter sich aber schon dadurch, daß im Auftreten gleichartiger Flächen, im quadratischen System die Zahlen 4, 8, 16, im hexagonalen aber 6, 12, 24 zu beobachten sind. Die einfachen vollflächigen Gestalten des quadratischen Systems sind wesentlich nur zwei, und diese erscheinen nur sehr selten hemiedrisch. Es sind die Quadratpyramiden *) und die Dioiktaeder.

1. Die Quadratpyramiden. Fig. 24.

Sie sind von 8 gleichschenkligen Dreiecken begränzt und haben 12 Kanten und 6 Ecken von zweierlei Art. Diejenigen Ecken, durch welche die Hauptaxe geht, die 2 Scheitelecken *s*, sind 1kantig, die übrigen Randecken *r* sind 2kantig. Die Scheitellanten *a* sind 8, die Randkanten *b* 4 an der Zahl; letztere entsprechen den Seiten der Basis oder des horizontalen Hauptschnitts, welcher ein Quadrat ist.

Diese Gestalten kommen von den verschiedensten Winkeln vor und haben in den Combinationen verschiedene Stellungen gegen einander, nämlich 1) parallele, wenn die Seiten ihrer Basis parallel, 2) diagonale, wenn die Seiten der Basis der einen Pyramide parallel den Diagonalen der Basis einer andern, und 3) abnorme, wenn die Seiten der Basis einer Pyramide weder den Seiten noch den Diagonalen der Basis einer andern parallel liegen. Denkt man

*) Quadratpyramiden, welche sich in Combinationen als von abnormer Stellung zeigen, sind hemiedrische Gestalten, halbe Dioiktaeder. S. u.

sich eine Gestalt dieser Art mit unendlich langer Hauptaxe, so daß der Randkantwinkel 180° mißt, so bildet sich das offene quadratische Prisma, welches sich in denselben Stellungen befinden kann, wie die Pyramiden. Denkt man sich aber die Hauptaxe unendlich klein, so bleibt nur die Basis übrig, entsprechend einer horizontalen Fläche, und diese heißt daher auch die basische Fläche. Mit dieser Vorstellung erläutert sich und wird allgemein gültig, was §. 3 über die Combinationen und ihre Entwicklung gesagt worden.

2. Die Dioctaeder. Fig. 25.

Sie sind von 16 ungleichseitigen Dreiecken umschlossen, die Basis oder der horizontale Hauptschnitt ist ein Octogon von abwechselnd gleichen Winkeln. Die 2 Scheitelecken, wodurch die Hauptaxen gehen, sind 8flächig, die 8 Randecken sind zweierlei und abwechselnd gleich. Die Scheiteltanten (a und b) sind ebenfalls zweierlei und abwechselnd gleich. Die Randkanten (c) entsprechen den Seiten der Basis. Wird die Hauptaxe einer solchen Gestalt unendlich lang gedacht, so bildet sich das octogonale Prisma, von abwechselnd gleichen Seitenkanten; wird die Hauptaxe unendlich klein gedacht, so entsteht die basische Fläche.

Es kommt kein Dioctaeder mit gleichwinkliger Basis vor und kann nach dem Gesetze der Symmetrie, wie auch nach dem der Axenveränderung von der Quadratpyramide nicht abgeleitet werden, wie sich leicht zeigen läßt. Es sei Fig. 26 aaaa ein Quadrat. Um ein Octogon von gleichartigen Seiten aus demselben zu construiren, hat man die Linien bb nach c zu verlängern und von c nach a Linien zu ziehen, welche nun ein solches Octogon darstellen. Da ob = der halben Seite des Quadrats aa mit oa = der halben Diagonale desselben nicht gleichartig ist, so kann es nach dem Gesetze der Symmetrie auch durch Veränderung desselben nicht gleich werden. oc wird also immer verschieden von oa sein müssen, ein gleichwinkliger Octogon dieser Art würde aber erfordern, daß sie gleich würden. Man sieht auch ein, daß ein gleichwinkliger Octogon ddd etc., welches vorkommen kann, keine gleichartigen Seiten hat und also in eine Combination zweier Quadrate in diagonalen Stellung zerfällt.

Hemiedrien sind in diesem System selten. Die wichtigsten sind die Quadratpyramiden von abnormer Stellung, welche aus den Dioctaedern durch Wachsen der an den abwechselnden Randkanten gelegenen Flächenpaare entstehen. Sie sind nur in Combinationen zu erkennen. Scheelit, Fergusonit.

Eine Hemiedrie nach den abwechselnden Flächen der Quadratpyramide giebt die tetraederähnlichen Sphenoeder, deren Dreiecke gleichschenkelig sind. Chalkopyrit.

Eine Hemiedrie des Dioctaeders nach den an gleichnamigen Scheiteltanten gelegenen Flächenpaaren giebt die quadratischen Skatenoeder. Sie sind wie die Sphenoeder nicht parallellflächig. Chalkopyrit.

Obgleich die Hauptformen dieses Systems wesentlich nur zwei sind, so ist die Mannigfaltigkeit der vorkommenden Combinationen doch sehr groß, weil es unendlich viele in den Winkeln und

Längen der Hauptaxen verschiedene Varietäten dieser Formen giebt und sie in den verschiedenen angegebenen Stellungen erscheinen. Die Entwicklung der Combinationen ist übrigens sehr einfach und gelten dafür folgende Regeln:

Ist die Gestalt nach der Hauptaxe (der einzigen ihrer Art in der Gestalt) vertikal gestellt, so gehören

- 1) je 4 gleichartige, nach dem Arenende geneigte Flächen (mit Parallelismus) immer einer Quadratpyramide an. Die Beurtheilung und Angabe der Stellung hängt von der gewählten Stammform ab;
- 2) je 8 gleichartige, nach dem Arenende geneigte Flächen gehören immer einem Dioктаeder an;
- 3) je 4 gleichartige, der Are parallele Flächen gehören einem quadratischen, je 8 dergleichen einem octogonalen Prisma an;
- 4) die basische Fläche liegt immer rechtwinklich zur Hauptaxe.

Beispiele für die Entwicklung der Combinationen.

- 1) Fig. 27 zeigt 4 zum Arenende geneigte Flächen b, 4 andere dergleichen a und noch 4 andere dergleichen c. Diese Flächen gehören daher (nach 1) drei verschiedenen Quadratpyramiden an und wenn a die Stammform, also in normaler Stellung, so ist leicht zu ersehen, daß b mit ihr in paralleler, c aber in diagonalen Stellung befindlich.
- 2) Fig. 28 zeigt die horizontale Fläche c. Diese ist also die basische. Ferner neigen sich 4 gleichartige Flächen a und noch 4 andere b zum Arenende, gehören daher (nach 1) zwei verschiedenen Quadratpyramiden an, die sich, wie leicht zu sehen, gegenseitig in diagonalen Stellung befinden.

Fig. 29 4 gleichartige Flächen p neigen sich zum Arenende, gehören daher einer Quadratpyramide an, 4 andere m liegen der Hauptaxe parallel, gehören daher einem quadratischen Prisma, welches mit p in paralleler Stellung.

Fig. 30 4 gleichartige Flächen p neigen sich zum Arenende, gehören also einer Quadratpyramide, 8 gleichartige Flächen d neigen sich zum Arenende, gehören also (nach 2) einem Dioктаeder an, die 4 Flächen m sind der Are parallel, also von einem quadratischen Prisma, welches gegen die Pyramide p in diagonalen Stellung befindlich.

Fig. 31 ist eine Combination von 4 Quadratpyramiden. a, b, c und d. Wenn a die Stammform, ist b damit in paralleler, c und d sind aber in diagonalen Stellung befindlich.

Im quadratischen System krystallisiren Zirkon, Anatas, Rutil, Apophyllit, Kassiterit, Scheelit ic.

§. 9. Das hexagonale System.

Diesem System liegt ein Arenkreuz zum Grunde, an welchem 3 gleichartige, sich unter 60° schneidende Aren von einer vierten

verschiedenen unter einem rechten Winkel geschnitten werden. Die letztere ist immer die Hauptaxe.

Die einfachen vollzähligen Gestalten dieses Systems sind nur zwei, nämlich die hexagonalen Pyramiden (Fig. 32) und die dihexagonalen Pyramiden (Fig. 35). Letztere, von 24 ungleichseitigen Dreiecken eingeschlossen und die Basis ein Zwölfeck von abwechselnd gleichen Winkeln, kommen sehr selten vor (Smaragd), dagegen erscheinen häufig Hemiedrien derselben, sowie auch dergleichen von den hexagonalen Pyramiden häufig vorkommen. Die wichtigsten dieser Hemiedrien sind die Skalenoeder und Rhomboeder.

1. Die hexagonalen Pyramiden. Fig. 32.

Sie sind von 12 gleichschenkligen Dreiecken eingeschlossen, haben 18 Kanten und 8 Ecken. Von den Ecken sind zwei 6fl. Scheitelcken, durch diese gehen die Hauptaxen. Die übrigen Randecken sind 4fl. und unter sich gleichartig. Von den Kanten sind 12 Scheitelkanten gleicher Art und 6 Randkanten, ebenfalls unter sich gleich, in einer Ebene liegend und den Seiten der Basis entsprechend, welche ein regelmäßiges Hexagon (ebene Winkel = 120°) ist.

Wie bei den Quadratpyramiden unterscheidet man für combinierte Gestalten dieser Art die Stellung, welche wieder parallel, diagonal und abnorm sein kann.

Wie bei jenen erhält man Prismen, wenn die Hauptaxe dieser Pyramide unendlich lang wird und diese sind die hexagonalen Prismen, welche dieselbe Stellung haben können, wie die Pyramiden. Wird die Hauptaxe = 0, so entsteht eine horizontale Fläche, welche, wie im quadratischen System, die basische Fläche heißt. Diese Gestalten erscheinen häufig durch Ausdehnung und Verschwinden der abwechselnden Flächen hemiedrisch und geben dann

2. die Rhomboeder. Fig. 33 und 34.

Sie sind von 6 gleichen und ähnlichen Rhomben begränzt, haben 12 Kanten und 8 Ecken. 2 dieser Ecken sind 1kantig und gleichwinklich. Diese sind die Scheitelcken und durch sie geht die Hauptaxe. Die übrigen 6 Randecken sind 2kantig. Von den Kanten sind 6 Scheitelkanten (a) und 6 Randkanten (b). Letztere liegen im Zickzack. Zwei aus einer Hexagonpyramide entstehende Rhomboeder befinden sich gegenseitig um die Hauptaxe um 60° gedreht und man nennt dieses in verwendeter Stellung. S. Fig. 33 und 34.

3. Die Skalenoeder. Fig. 39.

Sie sind von 12 ungleichseitigen Dreiecken begränzt, haben 18 Kanten und 8 Ecken. Von den Ecken sind zwei 6fl., die Scheitel-

ecken, durch welche die Hauptaxe geht, die übrigen 6 Randecken sind 4fl. Die Scheitellanten a und b sind zweierlei und abwechselnd gleich, die Randkanten c liegen im Zickzack. Diese Gestalten entstehen durch Hemiedrie aus den diheragonalen Pyramiden und wird dieses Verhältnisses hier hauptsächlich deswegen erwähnt, weil sich in Combinationen diese Skalenoeder, wie alle Hemiedrieen, in Beziehung auf das Gesetz der Symmetrie abnorm verhalten, aber eben dadurch auch leicht als solche erkannt und von den heragonalen Pyramiden unterschieden werden. Die zwei aus einer diheragonalen Pyramide entstehenden Skalenoeder erscheinen gegeneinander um die Hauptaxe um 60° gedreht und man nennt diese Stellung, wie bei den Rhomboedern, die verwendete. (Dabei kommen die Schflk. a des einen an die Stelle der Schflk. b des andern zu liegen.)

Selten vorkommende Hemiedrieen sind folgende:

- 1) Heragonale Pyramiden von abnormer Stellung sind die parallelschlächtigen Hemiedrieen der diheragonalen Pyramide nach den an den abwechselnden Randkanten gelegenen Flächenpaaren. Apatit.
- 2) Trigonale Pyramiden sind die geneigtflächigen Hemiedrieen der heragonalen Pyramide nach den an den abwechselnden Randkanten gelegenen Flächenpaaren. Quarz.
- 3) Heragonale Trapezoeder sind die geneigtflächigen Hemiedrieen der diheragonalen Pyramiden nach einzelnen Flächen. Quarz.
- 4) Trigonale Trapezoeder sind die geneigtflächigen Tetartoedrieen der diheragonalen Pyramide nach einzelnen Flächen oder die Hemiedrieen der heragonalen Skalenoeder. Quarz, Diopas. Diese Hemiedrieen treten in Combinationen und meistens nur sehr untergeordnet auf.

Da die angeführten Gestalten, obwohl nur wenige an der Zahl, von den verschiedensten Axenlängen und Winkeln vorkommen, so ist die Mannigfaltigkeit der Combinationen dieses Systems sehr groß und man kennt von Calcit allein gegen 700 Combinationen. Die allgemeine Entwicklung ist übrigens einfach und man hat, wenn die Gestalt nach der Hauptaxe vertikal gestellt, wie im vorigen System, vorzüglich die Zahl und Neigung der Flächen dabei zu beobachten. Es gelten folgende Regeln:*)

*) Diese Regeln gelten für die Gestalten mit Flächenparallelismus. Die seltenen Hemiedrieen und Tetartoedrieen ohne Flächenparallelismus sind zwar ebenso leicht zu bestimmen, wegen ihrer Seltenheit aber hier übergangen.

- 1) Je drei zum Arenende geneigte gleichartige Flächen gehören einem Rhomböeder an.
- 2) Je 6 zum Arenende geneigte gleichartige Flächen gehören einer Hexagonpyramide an, wenn ihre Scheitellantenwinkel alle gleich, einem Skalenoeder, wenn sie nur abwechselnd gleich.
- 3) 12 gleichartige, zum Arenende geneigte Flächen gehören immer einer dihexagonalen Pyramide an.
- 4) 6 gleichartige, der Hauptaxe parallele Flächen, gehören einem heragonalen Prisma, 12 dergleichen einem dihexagonalen Prisma an.
- 5) Die auf der Hauptaxe rechtwinklich stehende Fläche ist die basische Fläche.

Die Angabe der Stellung hängt von der Wahl der Stammform ab.

Beispiele für die Entwicklung der Combinationen:

Fig. 36. 6 gleichartige Flächen p neigen sich zum Arenende und ihre Kanten t sind gleichartig, die Gestalt ist also (nach 2) eine Hexagonpyramide; 6 gleiche Flächen m sind der Axe parallel, die Gestalt ist also (nach 4) das heragonale Prisma.

Fig. 37. Die Fläche e liegt rechtwinklich zur Hauptaxe, sie ist daher die basische Fläche; 6 gleichartige Flächen a , 6 andere dergleichen b und noch 6 dergleichen d neigen sich zum Arenende, ihr symmetrisches Erscheinen am Prisma m zeigt schon, daß sie dreien Hexagonpyramiden angehören (nicht Skalenoedern); 12 gleichartige Flächen e neigen sich zum Arenende und gehören also (nach 3) einer dihexagonalen Pyramide an; die der Axe parallelen Flächen m sind (nach 4) die des heragonalen Prismas. Man sieht leicht, daß die Pyramide d in diagonaler Stellung gegen die Pyramide a und h befindlich ist.

Fig. 38. 3 gleichartige Flächen e neigen sich zum Arenende, ebenso 3 andere dergleichen a und noch 3 dergleichen b . Diese Flächen gehören also (nach 1) 3 verschiedenen Rhomböedern an und zeigt sich, daß a gegen b und e (oder auch umgekehrt) in verwendeter Stellung befindlich.

Fig. 40. 3 gleichartige Flächen a und noch 3 dergleichen b neigen sich zum Arenende, gehören daher zwei verschiedenen Rhomböedern an; 6 gleichartige Flächen d und noch 6 andere dergleichen e neigen sich zum Arenende, ihre Scheitellanten sind nur abwechselnd gleich, sie gehören also (nach 2) zwei verschiedenen Skalenoedern an; 6 gleichartige Flächen e liegen der Axe parallel, gehören also dem heragonalen Prisma an.

In diesem System krystallisiren Calcit, Korund, Hämatit, Quarz, Smaragd, Apatit u.

§. 10. Das rhombische System.

Den Gestalten dieses Systems liegt ein Arenkreuz von 3 einzelnen rechtwinklich aufeinanderstehenden Aren zum Grunde. Außer

diesen kommen an ihnen keine andern einzelnen Arten vor, wodurch sie von den Gestalten der folgenden, wie von denen der hervorgehenden Systeme leicht zu unterscheiden sind. Jede der 3 einzelnen Arten kann Hauptaxe sein. Die möglichst einfache Ableitung der Krystallreihe bestimmt gewöhnlich diese Wahl.

In diesem System findet sich nur eine Art einfacher vollzähliger Gestalten und diese bilden

die Rhombenpyramiden Fig. 41.

Sie sind von 8 ungleichseitigen Dreiecken begrenzt, haben 12 Kanten und 6 Ecken, beide von dreierlei Art. Die Hauptaxe geht immer durch 2 Ecken und wird gewählt. Die Scheitelfanten a und b sind kürzere stumpfere und längere schärfere, die Randkanten c liegen in einer Ebene und entsprechen den Seiten der Basis, welche ein Rhombus. Die lange Diagonale der Basis heißt Makrodiagonale, die kurze heißt Brachydiagonale. Die vertikalen Hauptschnitte sind Rhomben, in den einen $dmdm$ Fig. 41 fällt die Makrodiagonale mm und die schärfern Schtkl. b bilden seine Seiten, in den andern $d\beta d\beta$ fällt die Brachydiagonale $\beta\beta$ und die stumpferen Schtkl. a bilden seine Seiten, diese Schnitte heißen daher auch der makro- und der brachydiagonale Hauptschnitt. Der horizontale Hauptschnitt $m\beta m\beta$ ist ein Rhombus = der Basis der Pyramide.

Wird die Hauptaxe dieser Gestalt unendlich lang, so bildet sich ein (offenes) rhombisches Prisma; wird sie unendlich klein, so entsteht die basische Fläche, wie in den vorigen Systemen. Was aber von dieser Art der Verlängerung und Verkürzung der Hauptaxen gilt, kann auch auf die Makro- und Brachydiagonale angewendet werden. Wird jene oder auch diese unendlich lang, so entstehen ebenfalls rhombische Prismen, welche aber horizontal liegen. Solche nennt man Domen und wird ein Doma ein makrodiagonales genannt, wenn seine Kanten der Makrodiagonale parallel liegen, ein brachydiagonales, wenn sie der Brachydiagonale parallel liegen. Fig. 44 sind die Flächen m die eines rhombischen Prisma's, die Flächen a und b gehören zwei verschiedenen Domen an, welche in Beziehung auf das Prisma brachydiagonale sind, denn ihre horizontalen Kanten haben die Lage der Linie, welche die stumpfen Seitenkanten des rhombischen Prisma's verbindet, und diese Linie ist die Brachydiagonale. Denkt man sich an der Rhombenpyramide die Makrodiagonale mm (Fig. 41) = o oder unendlich klein, so entsteht eine vertikale Fläche, dem Hauptschnitt $d\beta d\beta$ entsprechend, in welchem die Brachydiagonale $\beta\beta$ liegt und eine Fläche, welche diese Lage hat, heißt die brachydiagonale Fläche. Wird ebenso

die Brachydiagonale $\beta\beta = 0$, so entsteht rechtwinklich auf die vorige eine ähnliche vertikale Fläche, welche dem Hauptschnitte $dmdm$ entspricht, in welchem die Makrodiagonale mm liegt, diese Fläche heißt daher die makrodiagonale Fläche. Kommen beide miteinander vor, so bilden sie ein rechtwinkliches Prisma, aber von zweierlei Seitenflächen, das rechteckige Prisma, welches also eine Combination ist. Fig. 47 zeigt in $rrrr$ den Querschnitt eines solchen in die rhombische Basis eingezeichnet.

Die Rhombenpyramiden kommen nur äußerst selten hemiedrisch vor als rhombische Sphenoeder, welche ähnlich entstehen, wie das Tetraeder aus dem Oktaeder. Ihre Dreiecke sind ungleichseitig. Ep somit.

Die Mannigfaltigkeit der Combinationen dieses Systems ist nicht minder groß, als bei den vorigen, da Rhombenpyramiden, Prismen und Domen der verschiedensten Winkel und Arenlängen vorkommen. Gleichwohl sind die Combinationen leicht zu entwickeln und die Gestalten allgemein sehr einfach zu bestimmen. Ist die Gestalt nach der gewählten Hauptaxe vertikal gestellt, so gilt Folgendes:

- 1) Je 4 gleichartige, zum Arenende geneigte Flächen gehören einer Rhombenpyramide an.
- 2) Je 2 gleichartige, zum Arenende geneigte Flächen gehören einem Doma an. Die Bestimmung von makro- und brachydiagonal hängt von der Wahl der Stammform und ihrer Stellung zu dieser ab.
- 3) Je 4 gleichartige, der Hauptaxe parallele Flächen sind die eines rhombischen Prisma's.
- 4) 2 gleichartige, der Hauptaxe parallele Flächen sind entweder das makrodiagonale oder das brachydiagonale Flächenpaar, je nach der Stellung zur Stammform.
- 5) Eine zur Hauptaxe rechtwinklich liegende Fläche ist die basische Fläche.

Beispiele für die Entwicklung der Combinationen:

Fig. 42. Die Fläche d , rechtwinklich zur Hauptaxe, ist die basische; 4 gleichartige Flächen a und 4 andere dergleichen b neigen sich zum Arenende, sie gehören also (nach 1) zwei verschiedenen Rhombenpyramiden an; 2 gleichartige Flächen c neigen sich zum Arenende, sie gehören also (nach 2) einem Doma an und wenn die Pyramide b zur Stammform gewählt wird, so ist dieses Doma ein brachydiagonales, wie nach dem oben Gesagten leicht zu ersehen.

Fig. 43. 4 gleichartige Flächen p neigen sich zum Arenende, gehören also einer Rhombenpyramide an; 4 gleichartige Flächen m sind der Axe parallel und ebenso 4 andere dergleichen n , diese gehören daher (nach 3) zweien verschiedenen rhombischen Prismen an.

Fig. 45. 4 gleichartige Flächen p neigen sich zum Arenende, gehören also einer Rhombenpyramide an, 2 gleichartige Flächen o sind der Are parallel und ebenso 2 andere q , von diesen gehört das eine Paar der makrodiagonalen Fläche an; das andere der brachydiagonalen. Wird die Pyramide p zur Stammform gewählt, so zeigt eine Messung, daß die Kanten a die stumpfern und b die schärfern Scheitelskanten: da jene in den brachydiagonalen Hauptschnitt fallen, und diese in den makrodiagonalen, wie oben gesagt wurde, so ist o die makrodiagonale und q die brachydiagonale Fläche.

Fig. 46. Die Fläche b , rechtwinklich zur Hauptare, ist die basische Fläche, 4 gleichartige Flächen p neigen sich zum Arenende, gehören also einer Rhombenpyramide an; 2 gleichartige Flächen o d neigen sich zum Arenende, und ebenso 2 andere dergleichen q d, diese gehören also Domen an und mit Beachtung der Lage der Basis von p bestimmt sich o d als makrodiagonales und q d als brachydiagonales Doma; 2 gleichartige Flächen o liegen der Are parallel und ihre Lage zu p bestimmt sie als das makrodiagonale Flächenpaar, während die Flächen q sich als das brachydiagonale ergeben und die 4 gleichartigen, der Are parallelen Flächen m in einem rhombischen Prisma (von der Basis der Pyramide p) angehören.

In diesem System krystallisiren Topas, Chrysolith, Schwefel, Baryt, Cölestin, Lievrit ic.

§. 11. Das klinorhombische System.

In diesem System erscheinen keine einfachen geschlossenen Gestalten und sämtliche Combinationen bestehen aus rhombischen Prismen und einzelnen Flächenpaaren, welche bald vertikal, bald geneigt liegend vorkommen. Sie sind, wie die Gestalten des rhombischen Systems, durch 3 rechtwinkliche, ungleichartige Aren bestimmbar, von welchen eine zur Hauptare gewählt wird; sie unterscheiden sich aber sehr bestimmt von den Formen des rhombischen Systems dadurch, daß bei diesen außer den rechtwinklich aufeinanderstehenden Aren keine andern einzelnen vorhanden, während bei den klinorhombischen Gestalten die Zahl der einzelnen Aren wenigstens 5 ist, deren aber auch mehr vorkommen können.

Die einfachsten bestimmbarcn Gestalten dieses Systems sind die Hendyoeder. Fig. 48.

Sie bestehen aus einem rhombischen Prisma m , mit einer schief liegenden Fläche p geschlossen, letztere ist ein Rhombus, die Flächen m erscheinen als Rhomboide. Sie haben 5 einzelne Aren. Zur Hauptare wird immer diejenige gewählt, welche durch die rhombischen Flächen p parallel mit m geht, und die Gestalt so gestellt, daß die obere dieser Flächen, Endflächen, gegen den Beobachter gekehrt ist. Bei aufrechter Stellung liegt eine Diagonale dieser Flächen (hh) horizontal, diese heißt die Orthodiagonale und bildet mit den Seitenkanten

ee (Fig. 49) den orthodiagonalen Hauptschnitt hhhh, die andere Diagonale kk liegt geneigt, heißt die Klinodiagonale und bildet mit den Seitenkanten hh den klinodiagonalen Hauptschnitt kkkk. Eine Fläche, welche dem ersten Hauptschnitt parallel liegt, heißt die orthodiagonale Fläche, eine Fläche, die dem letztern parallel liegt, die klinodiagonale Fläche. Beide schneiden sich rechtwinklich. Die Randkanten des Hendyoeders sind zweierlei aa und dd, die Seitenkanten auch zweierlei b und c, wie am rhombischen Prisma. Die Randecken sind dreierlei, 2 verschiedene liegen an der Klinodiagonale, 2 gleiche an der Orthodiagonale.

Um das Hendyoeder vollkommen bestimmen zu können, wird das Prisma m so verkürzt angenommen, daß eine die Ecken k verbindende Linie oder Axe auf der Hauptaxe rechtwinklich steht. Gewöhnlich sind die m Flächen in der Richtung der Hauptaxe verlängert.

Alle Veränderungen, welche nach dem Gesetze der Symmetrie am Hendyoeder hervorgebracht werden können*), führen zu rhombischen Prismen und einzelnen Flächenpaaren. Die rhombischen Prismen liegen vertikal (sind Seitenflächen) oder sie liegen geneigt und letztere heißen Klinodomen; die einzelnen Flächenpaare sind entweder die oben genannten vertikalen, oder die Axe schief schneidend, wie die Endfläche, und diese heißen auch Hemidomen. Man unterscheidet je nach der Neigung der Hemidomen und Klinodomen nach vorne oder nach der Rückseite der Stammform vordere oder hintere.

Für die Entwicklung der Combinationen, wenn die Gestalt nach der gewählten Hauptaxe vertikal gestellt ist, ergiebt sich aus dem Gesagten Folgendes:

- 1) Je eine einzelne, zum Axenende geneigte Fläche gehört einem Hemidoma an, oder ist die Endfläche eines Hendyoeders.
- 2) Je 2 gleichartige, zum Axenende geneigte Flächen gehören einem Klinodoma an.
- 3) Je 4 gleichartige, der Axe parallele Flächen gehören einem rhombischen Prisma an oder sind Seitenflächen eines Hendyoeders (prismatische Flächen).
- 4) Je 2 gleichartige, der Axe parallele Flächen gehören entweder orthodiagonalen oder der klinodiagonalen Fläche an und zwar der erstern, wenn die Endfläche oder ein anderes

*) Diese Veränderungen können nur in Abstumpfung und Zuschärfung bestehen; Zuspizung kann nicht vorkommen, da keine Ecken vorhanden, welche 3 oder mehr gleichartige Flächen und Kanten haben, und eine Zuspizung nur an solchen auftreten kann.

Hemidoma schiefwinklich gegen sie geneigt ist oder auch die Kante eines Klinodoma's, der letzteren aber, wenn dieses nicht der Fall. (Jede Endfläche bildet mit der klinodiagonalen Fläche immer einen rechten Winkel.)

Beispiele für die allgemeine Entwicklung der Combinationen:

Fig. 50. Die Flächen p, r und s sind einzelne, zur Axe geneigte Flächen, gehören also 3 verschiedenen Hemidomen an, die der Axe parallelen Flächen m sind prismatische und bilden mit p oder r oder s geschlossene Hendyoeder. Wählt man das aus p und m bestehende Hendyoeder zur Stammform, so ist r ein vorderes, s ein hinteres Hemidoma.

Fig. 49. Die Flächen p, s und t sind einzelne, zur Axe geneigte Flächen, gehören also 3 verschiedenen Hemidomen an. Construiert man aus p und m die Stammform, so ist s ein vorderes, t ein hinteres Hemidoma. Die Flächen d, d, zwei gleichartige zum Axenende geneigt, gehören einem Klinodoma (nach 2) und in Beziehung auf die gewählte Stammform einem vorderen; die Flächen k, der Axe parallel, sind (nach 4) die klinodiagonalen Flächen.

Fig. 51. 2 gleichartige Flächen kk neigen sich zum Axenende, gehören also einem Klinodoma an; 4 gleichartige, der Axe parallele m sind prismatische; die Fläche l (nach 4) ist die klinodiagonale.

Fig. 52. Die Fläche p ist eine einzelne, zum Axenende sich neigend, also Endfläche oder Hemidoma, und da die Fläche m, wie im vorigen Beispiel, als prismatische zu erkennen, so kann aus p und m ein Hendyoeder als Stammform construiert werden; die Flächen kk, 2 gleichartige zum Axenende geneigt, gehören einem Klinodoma an, dessen Kante die Lage von p hätte, also einem vorderen; von den Flächen o und l ist o die orthodiagonale (nach 4) und l die klinodiagonale Fläche.

In diesem System krystallisiren Amphibol, Augit, Sphen, Gyps, Datolith, Kupferlasur, Eisenvitriol, Orthoklas ic.

Mehrere Krystallographen beziehen die Gestalten des klinorhombischen Systems auf ein Axensystem, an welchem 2 Axen sich schiefwinklich schneiden, die dritte aber zu beiden rechtwinklich steht. Als Grundform nehmen sie eine diesem Axensysteme entsprechende Pyramide, die klinorhombische Pyramide, Fig. 81, an, welche aus beobachteten (oder möglichen) Klinodomen construiert wird, völlig in der Natur gewöhnlich für sich nicht vorkommt.

§. 12. Das klinorhomboidische System.

Die Gestalten des klinorhomboidischen Systems unterscheiden sich wesentlich von allen vorhergehenden dadurch, daß sie nur aus einzelnen Flächen bestehen, welche also (die parallelen ausgenommen) alle von einander verschieden sind. Es kommen ferner keine rechtwinklich sich schneidenden Flächen vor und alle Axen sind einzelne, deren die einfachste Combination, das klinorhomboidische

Prisma, 13 zählt. An dieser Gestalt Fig. 53 sind sämtliche Flächen Rhomboide, ebenso sämtliche Schnitte. Es werden davon 2 Flächenpaare m und t zu Seitenflächen gewählt und die ihnen parallele Axe zur Hauptaxe, auf der die Endfläche p schief steht. Diese Endfläche hat viererlei (nicht wie am Hendyoeder zweierlei) Neigung zu den Seitenflächen, so daß die Randkanten viererlei sind und ebenso die Randecken. Die Seitenkanten r und s sind zweierlei, abwechselnd gleich. Alle Kantenaxen schneiden sich schiefwinklich.

Nach dem Gesetze der Symmetrie können, der beständigen Ungleichartigkeit anliegender Flächen wegen, keine Zuspitzungen oder Zuschärfungen vorkommen, sondern nur Abstumpfungen, welche aus demselben Grunde stets ungleichwinkliche sein müssen.

So schwer es auch ist, den innern Zusammenhang der Flächen dieses Systems nachzuweisen, so ist die Bestimmung des Systems selbst und die Unterscheidung desselben von ähnlichen bei ausgebildeten Krystallen ziemlich leicht und dient außer dem bereits Angeführten noch Folgendes:

Die als 6seitige Prismen erscheinenden Combinationen haben dreierlei Seitenkantenwinkel und die als 8seitige erscheinenden viererlei dergleichen.

Die den rhombischen Prismen ähnlichen Combinationen haben zweierlei Flächen, die sich als solche charakterisiren, wenn schließende Endflächen vorkommen. Wenn solches nicht der Fall ist, können sie nur durch Differenzen ihrer physischen Beschaffenheit, Spaltbarkeit, Glanz, Streifung, und wo diese nicht hervortreten, nur auf optischem Wege im Stauroskop als ungleichartig erkannt werden.

Die Gestalten dieses Systems können nicht auf ein rechtwinkliches Axenkreuz bezogen werden. Zur speciellen krystallographischen Ableitung wird gewöhnlich eine klinorhomboidische Pyramide, Fig. 82, gewählt, welche aus einzelnen beobachteten Flächen construirt wird, in der Natur als solche aber nicht vorkommt. Die Axen einer solchen Pyramide schneiden sich alle schiefwinklich und sind zu ihrer Bestimmung 5 von einander unabhängige Winkel erforderlich*).

In diesem System krystallisiren Arinit, Disthen, Albit, Kupfervitriol &c.

*) Bei dieser Grundgestalt ebenso wie bei der klinorhombischen Pyramide ist die Ableitung insofern nicht naturgemäß, als die Prismen (∞P) Flächen erhalten, welche gleichsam aus ungleichartigen Hälften bestehen.

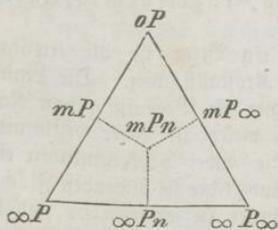
Den innern Zusammenhang der Gestalten einer Krystallreihe erkennt man seinen Gesetzen nach am deutlichsten, wenn man diesen Gestalten Zeichen giebt und die Ableitungszahlen, nach welchen sie aus der Stammform durch Veränderung der Aren hervorgehen, schießlich beifügt. Bezeichnungen dieser Art sind von Weiß, Mohs, Naumann u. A. gegeben worden. Diese letztern zeichnen sich durch Einfachheit und Kürze vorzüglich aus und sind in den meisten Fällen ohne besondere Schwierigkeiten zu entwerfen, da die Bestimmung vieler Flächen aus dem Parallelismus ihrer Combinationsecken mit andern bekannten Flächen ohne weitere Messung geschehen kann. Man hat übrigens dergleichen Zeichen mitunter einen zu großen Werth beigelegt, denn ihre Angaben enthalten wesentlich nur für specielle Fälle, was man im Allgemeinen schon durch das Gesetz der Arenveränderung weiß; um ferner aus ihnen für die Praxis brauchbare Elemente zu einer Krystallbestimmung zu erhalten, hat man daraus immer die Winkel zu berechnen, da nur diese und nicht die Arenlängen unmittelbar gemessen werden können. Diese Berechnungen sind zwar in den meisten Fällen ziemlich einfach, im klinorhomboidischen System aber so weitläufig, daß sich schwerlich Jemand die Winkel, die er verlangt, aus den Zeichen berechnen wird. Winkelangaben können daher durch die Angabe der Arenverhältnisse einer Stammform und der bezüglichen Ableitungszahlen der Zeichen nicht entbehrlich gemacht werden.

Als ein Beispiel, wie die Naumann'schen Zeichen sich begründen, mag hier als eines der einfachsten das quadratische System entwickelt werden.

Bezeichnet man die zur Stammform gewählte Quadratpyramide mit P , so ergibt sich eine Reihe abgeleiteter Pyramiden in paralleler Stellung durch Veränderung ihrer Hauptaxe nach einem rationalen Coefficienten m , welcher > 1 oder < 1 sein kann, auch ∞ und unendlich klein oder 0 . ∞P ist das quadratische Prisma von normaler Stellung, $0P$ ist die basische Fläche.

Zur Ableitung der Dyoctaeder werden die Diagonalen des Quadrats Fig. 26 nach einem rationalen Coefficienten n verlängert und die Linien af gezogen. Mit dem Winkel fao ist das Oktogon der Basis eines Dyoctaeders bestimmt. Den Coefficienten n schreibt man hinter das Zeichen von P , also ist Pn ein Dyoctaeder von derselben Hauptaxe, wie P , und von einer durch n bestimmten Basis. Was für P gilt, gilt auch für jede mP , man hat also auch mPn , ∞Pn (das oktagonale Prisma) und $0Pn$, gleichbedeutend mit $0P$. Wird $n = \infty$, so sieht man, daß der Winkel $fao = 90^\circ$ wird oder es baut sich um das Quadrat $aaaa$ das diagonale $gggg$ (von doppeltem Flächeninhalt) und ergibt sich damit die Bestimmung der

Quadratpyramiden von diagonaler Stellung, deren Zeichen also $P\infty$, $mP\infty$ und $\infty P\infty$ (= dem diagonalen quadratischen Prisma). Ein trianguläres Schema giebt die Uebersicht der sämmtlichen Gestalten.



zur Berechnung der Krystalle gegeben.

Die Bezeichnung der übrigen Systeme, wo man von einer Pyramide als Grundform ausgehen kann, ist analog und auch die tesseralen Gestalten können in dieser Weise und mit gewissen Rücksichten ganz wie die quadratischen bezeichnet werden. Für ein weiteres Studium verweise ich auf Naumann's Elemente der theoretischen Krystallographie. — Die wichtigsten, dienenden Formeln sind im Anhange

B. Von den Unvollkommenheiten der Krystalle.

Die Krystalle in der Natur erscheinen nur selten so vollkommen, daß alle gleichartigen Flächen daran auch gleiche Größe hätten, und dadurch entstehen oft die seltsamsten Entstellungen und Verzerrungen einer Gestalt. Dazu kommt noch, daß die Flächen häufig uneben, rauh, gestreift und gekrümmt erscheinen. Diese Unregelmäßigkeiten erklären sich aus der Art, wie die Krystalle überhaupt sich bilden. Es geschieht ihre Vergrößerung, wie die Vergrößerung einer Mauer, die man aufbaut, nämlich durch Zusatz von Außen, und es ist ein großer Krystall immer aus unendlich vielen kleinen zusammengesetzt. Wenn wir uns eine Anzahl kleiner Würfel denken, so werden wir einen dergleichen durch geeignetes Ansehen anderer vergrößern können und zwar so, daß sein ursprüngliches Bild dabei nicht verändert, nur vergrößert wird. Wenn wir aber z. B. nur in einer Richtung, nur auf einer Fläche den Bau fortführen, so wird die entstehende Gestalt nicht mehr das Bild eines Würfels geben, sondern eher das eines quadratischen Prismas, und gleichwohl sind es doch nur Würfel, welche die Gestalt zusammensetzen. In dieser Weise sind alle Abnormitäten der Flächenausdehnung zu erklären, welche übrigens nur in der Art an den Krystallen vorkommen, daß die Neigungswinkel der Flächen gegen die normalen Hauptdimensionen dabei nicht verändert werden. In den Winkeln also und durch die Beobachtung von Combinationen, sowie durch die Beobachtung des physischen Charakters der Flächen, welcher bei gleichartigen immer auch derselbe ist,

haben wir ein Mittel, eine durch diese Aggregation entstellte Form wieder auf ihr normales Bild zurückzuführen. Durch Ausdehnung zweier paralleler Flächen erscheinen die Krystalle oft tafelförmig, durch Krümmung der Flächen bauchig, kugelförmig, cylindrisch, linsenförmig *ic.*

Von besonderer Wichtigkeit und ein Beleg für die erwähnte Aggregation ist die Streifung der Krystallflächen. Die Linien, welche diese Streifen bilden, haben immer die Bedeutung von Kanten und Durchschnittslinien unendlich vieler in einer bestimmten Richtung verbundener Individuen. Die dabei vorkommenden einspringenden Winkel sind wegen der Kleinheit der sie bildenden Flächen oder ihrer vorragenden Theile nicht immer zu sehen. So sind die horizontalen Streifen an den prismatischen Krystallen des Quarzes nicht anders, als die Combinationskanten der pyramidalen und prismatischen Flächen unendlich vieler in derselben Richtung mit gemeinschaftlicher Hauptaxe verbundener Individuen und die Linien der dabei entstehenden einspringenden Winkel, wie solches Fig. 54 anschaulich macht.

An andern Gestalten deutet die Streifung auch eine Combination an, die sich in der Art zeigt, daß die Flächen treppenförmig zum Vorschein kommen und wegen der Kleinheit der von ihnen vorspringenden Theile diese Treppe nur als eine gestreifte Fläche erscheint, so beim Chabasit, Magnetit, Granat *ic.*

Die Streifung ist entweder einfach oder federartig, wie der Bart einer Feder nach zwei Richtungen von einer gemeinschaftlichen Linie ausgehend. Dergleichen am Chabasit, Harmotom, Scheelit *ic.*

Aus ähnlichen Verhältnissen unregelmäßiger Aggregation erscheinen Krystalle auch geflossen, treppenförmig, trichterförmig, eingedrückt *ic.*

C. Von den Verbindungen der Krystalle.

Wir haben so eben gesehen, daß sämtliche Krystalle eigentlich Aggregate unendlich vieler kleiner Individuen sind. Diese Krystalle geben uns gleichwohl das Bild dieser Individuen, nur mehr oder weniger vergrößert und in so fern können wir sie selbst für Individuen nehmen und weiter von ihnen als solchen sprechen, wenn wir ihr Zusammenvorkommen, ihre Verbindung und ihre Verwachsung betrachten. Diese haben entweder eine gesetzliche Regelmäßigkeit oder sind ganz zufällig.

§. 1. Zu den regelmäßigen Verbindungen der Krystalle gehören die Hemitropieen und Zwillingsskrystalle. Man ver-

steht darunter solche Verwachsungen zweier Individuen, wo bei gemeinschaftlicher Verbindungsfläche das eine gegen das andere um 180° gedreht erscheint oder bei gemeinschaftlicher Aze eine solche Drehung (öfters von 60° und 90°) um diese Aze stattfindet.

Dabei herrscht durchgehends das Gesetz, daß die Verbindungsfläche eine der Krystallreihe der verbundenen Gestalten angehörende ist und daß die verbundenen Gestalten nicht verschieden, sondern einerlei sind. Es ist übrigens keine Nothwendigkeit, daß die Verbindungsfläche äußerlich am Krystall sichtbar sei. Der Unterschied zwischen Hemitropieen und Zwillingen-, Drillings- und Vierlingskrystall besteht nur darin, daß erstere auch aus einem einzigen Individuum erklärt werden können, indem es den Anschein hat, als sei ein solches nach einer bestimmten Richtung halbiert und die eine Hälfte auf der andern halb (um 180°) herumgedreht (hemitropirt) worden. Zur Erklärung der Zwillinge zc. werden immer zwei oder mehr Individuen erfordert.

Zur Angabe des Gesetzes, nach welchem eine Hemitropie gebildet ist, gehört die Bestimmung der Zusammensetzungs- oder Drehungsfläche, auf welcher die Drehungsaxe rechtwinklich steht, bei den Zwillingen zc. giebt man ihre gegenseitige Stellung an. Drillinge, Vierlinge zc. bestehen aus 3 und 4 Individuen und das Gesetz ihrer Verwachsung ist gewöhnlich nur eine Wiederholung des Gesetzes für die Zwillinge, indem sich z. B. das vierte Individuum gegen das dritte verhält, wie dieses zum zweiten und das zweite zum ersten.

Beispiele von dergleichen Verbindungen sind folgende:

Fig. 59. Die oft vorkommende Hemitropie des Oktaeders, wobei die Drehungsfläche parallel einer Oktaederfläche o. Am Magnetit, Spinell, Gahnit zc.

Fig. 58. Eine Hemitropie des Skalenoaders, wobei die Drehungsfläche die basische, an der Gestalt nicht erscheinende, Fläche. Calcit.

Fig. 57. Eine Hemitropie an einer Combination der Quadrupyramide p mit dem quadratischen Prisma m. Die Drehungsfläche liegt parallel einem Paar der Scheitellanten s oder der Pyramidenflächen, welche diese abstumpfen können (von der nächst stumpferen diagonalen Pyramide). Kommt häufig am Kassiterit, auch am Autil vor.

Fig. 55. Eine Hemitropie an einer Combination des rhombischen Prismas m mit dem brachydiagonalen Doma d und der brachydiagonalen Fläche q. Die Drehungsfläche ist parallel einer Fläche des Prismas m. Arragonit, Cerussit.

Fig. 56. Zwillingenkrystall des Stauroliths, die beiden prismatischen Individuen mit rechtwinklich gekreuzten Hauptaxen verwachsen.

Außer diesen erwähnen wir noch der im hexagonalen Systeme häufig vorkommenden Hemitropieen, wo die Drehungsfläche parallel einer Rhomboederfläche und der im klinorhombischen vorkommenden, wo die Drehungsfläche parallel der orthodiagonalen Fläche (Gyps,

Kugit, Amphibol) oder parallel einer Endfläche (Orthoklas, Sphen) oder parallel der Fläche eines Klinodoma's (Orthoklas).

Zwillingsbildungen kommen häufig beim Hexaeder vor, indem zwei Individuen eine Eckenare gemeinschaftlich oder doch parallel haben und eines gegen das andere um diese Are um 60° gedreht ist. Liparit, Eisenkies etc.

Dasselbe Gesetz am Rhombendodecaeder. Granat.

Ähnliches findet sich bei Rhomboedern, wobei die Hauptare die gemeinschaftliche, Chabasit, Bitterspath etc.

Zwei Pentagonododecaeder kommen öfters so verwachsen vor, daß bei gemeinschaftlicher Hauptare eines gegen das andere um 90° um diese Are gedreht ist. Pyrit. Dasselbe Gesetz für 2 Tetraeder, Trigondodecaeder am Tennantit und Tetraedrit.

Im rhombischen Systeme sind Zwillingsskrystalle für den Harzotom charakteristisch. Zwei rechteckige Prismen mit den Rhombenpyramiden haben gemeinschaftliche Hauptare und ist ein Individuum gegen das andere um diese Are um 90° gedreht.

Im klinorhombischen Systeme kommen am Orthoklas häufig Zwillinge vor, wobei zwei Individuen parallele Hauptare haben und das eine gegen das andere um diese Are um 180° gedreht ist. Die Zusammensetzungsfläche ist die klinodiagonale Fläche und es zeigt sich ein Unterschied, ob das rechte oder linke Individuum herumgedreht wird.

Die hemitropischen und Zwillingbildungen sind gewöhnlich an den vorkommenden einspringenden Winkeln zu erkennen, auch an der verschiedenen Bildung an den Enden prismatischer Krystalle, im polarisirten Lichte u. s. w.

§. 2. Zu den unregelmäßigen Verwachsungen gehören die Aggregationen und Zusammenhäufungen, welche nach keinem bestimmten Gesetze erfolgen. Sie werden oft nach der Ähnlichkeit mit andern Gestaltungen benannt und sonach hat man büschel-, garben-, rosen-, fächerförmige, wulstige etc. Aggregate, ferner drahtförmige, blechförmige, moosartige, dendritische, gestricke u. s. w., welche vorzüglich bei gediegenen dehnbaren Metallen vorkommen, Gold, Silber, Kupfer etc. Mit der Lupe sieht man oft, daß die Drähte aus einandergereichten Krystallen, Oktaeder, Hexaeder etc., die Bleche aus dergleichen tafelförmigen Krystallen bestehen.

Mehrere ringsum ausgebildete verwachsene Krystalle nennt man eine Krystallgruppe, mehrere auf einer gemeinschaftlichen Unterlage aufgewachsene eine Krystalldruse. Sehr oft sind Krystalle so zusammengelagert, daß sie sich in ihrer Ausbildung gegenseitig gestört haben und nach den verschiedensten Richtungen um einander

gelagert sind. Solche Aggregate nennt man krystallinische Massen und unterscheidet:

- 1) das körnige, wenn die Theile wie Körner aussehen;
- 2) das stängliche, wenn die Theile aus Stängeln zu bestehen scheinen. Strahlig heißt eine Masse, wenn nach der Länge der Stängel Flächen (von Blätterdurchgängen) wie Strahlen erscheinen;
- 3) das faserige, wenn die Theile aus Fasern bestehen;
- 4) das schalige, wenn die Theile aus dünnern oder dickern Platten bestehen.

Dabei bestimmt man wieder grob- und feinkörnige, lang- oder kurzfasrige 2c.

Werden bei einer krystallinischen Masse die Theile bis zur Unkenntlichkeit klein, so geben sie die dichten oder, wenn fein oder nur ein geringer Zusammenhang stattfindet, die erdigen Massen. Die dichten Massen gleichen oft vollkommen den amorphen.

Die äußere Gestalt, unter welcher krystallinische und dichte Massen erscheinen, ist öfters ganz unbestimmt, öfters kann sie bezeichnet werden mit: kuglich, knollig, niereförmig, traubig, zapfenförmig, röhrenförmig, tropfsteinartig 2c. Eine dichte Masse ist öfters porös, durchlöchert, zerfressen 2c. Kommt ein Mineral (krystallinisch oder dicht) als eine nußgroße Masse vor, so sagt man, es komme derb vor, in geringer Menge in ein Gestein eingestreut oder als dünner Ueberzug darauf, nennt man solches eingesprenzt, angeflogen 2c.

D. Von den Pseudomorphosen.

Unter Pseudomorphosen versteht man jene Gestalten, welche auf ein Mineral von Krystallen eines andern übergegangen und daher seiner Mischung fremdartig sind, oder welche, wie bei den Petrefakten, von zerstörten Organismen herrühren.

Die Krystallpseudomorphosen entstehen entweder dadurch, daß eine Mineralmasse die Eindrücke ausfüllt, welche zerstörte oder ausgebrochene Krystalle in einem andern Mineral zurückgelassen haben, oder daß sie Krystalle eines fremden Minerals incrustirt, oder daß die Mischung sich verändert, die Form aber dieselbe bleibt, wie am unveränderten Mineral. Diese letztere Art ist von besonderem Interesse. Die Vorgänge sind sehr mannigfaltig und in vielen Fällen zur Zeit nicht erklärt. Man kann mit Winkler unterscheiden:

- 1) Pseudomorphosen, in denen Bestandtheile des alten Minerals zur Bildung des neuen mit gedient

haben. Beispiele sind Calcit, kohlensaurer Kalk, in der Form von Gaylussit. Der letztere besteht aus kohlensaurem Kalk mit kohlensaurem Natrium und Wasser. Bei der Zersetzung ist das kohlensaure Natrium ausgelaugt worden und der an sich rhomboedrisch krystallisirende Calcit erscheint nun in der klinorhombischen Form des Gaylussits. — Bleivitriol, schwefelsaures Bleioryd, in der Form von Galenit, Schwefelblei. Die Umwandlung geschah durch Drydation des letztern; die neue Verbindung, an sich rhombisch krystallisirend, erscheint äußerlich in der tesseralen Form des frühern Galenit. — Malachit, kohlensaures Kupferoryd mit Wasser, in der Form von Cuprit, Kupferorydul. Die Umänderung geschieht durch Drydation des Kupferorydul zu Kupferoryd und gleichzeitigen Zutritt von Kohlen Säure und Wasser. Der Malachit, dessen Krystallsystem klinorhombisch, erscheint in der tesseralen Form des Cuprits. — Bei dergleichen Umwandlungen hat die neue Substanz der Pseudomorphose innerlich ihre eigenthümliche Krystallisation und nur die äußern Umrisse des Krystalls haben die Form des frühern Minerals. Wenn also Calcit pseudomorph in Formen des Gaylussit erscheint, so sind die Calcitheilschen wie gewöhnlich rhomboedrisch, nicht klinorhombisch krystallisiert, ihr Gesammtaggregat hat aber äußerlich die Gaylussit-Form.

2) Pseudomorphosen, bei denen nichts vom Material des zerstorten Minerals zur Bildung des neuen verwendet wurde.

Bei diesen Pseudomorphosen war das verschwundene Mineral häufig ein Präcipitationsmittel für das neue, dessen Substanz in irgend einer Auflösung mit jenem in Berührung kam. So findet sich Limonit und Hämatit (Eisenorydhydrat und Eisenoryd) in Formen, welche dem Calcit (der ihr Fällungsmittel war) angehören, Quarz ebenfalls in Formen des Calcit, aber auch Calamin (Zinksilicat) in Formen von Galenit, Kassiterit (Zinnoryd) in Formen von Orthoklas (Thon-Kali-Silicat) u., welche Bildungen noch unerklärt sind. Die pseudomorphen Krystalle sind meistens von den ächten leicht zu unterscheiden, indem ihre Flächen gewöhnlich rauh und Ecken und Kanten stumpf sind, oder indem sie hohl sind, oder durch erdige, faserige und strahlige Structur im Innern und dadurch sich erkennen lassen, daß sie häufig mit den von einem Mineral als ächt bekannten Krystallen nicht combinationsfähig erscheinen.

2. Von der Spaltbarkeit und dem Bruche.

§. 1. Unter Spaltbarkeit versteht man die Eigenschaft eines Krystalls oder einer krystallinischen Masse, sich nach gewissen Rich-

tungen so theilen zu lassen, daß dabei ebene Flächen, wie die Krystallflächen selbst, zum Vorschein kommen. Diese Richtungen heißen Spaltungsrichtungen oder auch Blätterdurchgänge, weil sich sehr vollkommen spaltbare Mineralien, wie z. B. die Glimmerarten, in diesen Richtungen abblättern lassen und aus Blättern zusammengesetzt erscheinen. Die Untersuchung der Spaltbarkeit geschieht bei den meisten Mineralien mit einem Meißel und Hammer auf einem kleinen Ambos. Je nach Art der Spaltung unterscheidet man sehr vollkommen, vollkommen, unvollkommen, wenig u. spaltbar und berücksichtigt auch die Beschaffenheit der Spaltungsflächen, ob sie eben, abgerissen und unterbrochen, glatt oder gestreift u.

Jede Spaltungsfläche kann als identisch mit einer Krystallfläche angesehen werden und auch als solche äußerlich erscheinen, und Spaltungsflächen, die sich gleichartig verhalten, haben daher die Bedeutung gleichartiger Krystallflächen, Spaltungsflächen verschiedener Art entsprechen ungleichartigen Krystallflächen. Ein würfelnähnlicher Krystall, welcher nur in einer Richtung spaltbar ist oder in zweien mit verschiedener Vollkommenheit, ist daher kein ächter Würfel des tesserale Systems, denn die Spaltung verräth nicht einerlei Flächen, wie sie dem Würfel zukommen, sondern verschiedenartige. So dient diese Eigenschaft häufig dazu, Krystallflächen und deren Gleichartigkeit oder Verschiedenartigkeit zu bestimmen und kenntlich zu machen.

Kommen an einem Mineral drei oder mehr Spaltungsrichtungen vor, welche also wegen des Parallelismus 6 Flächen geben oder die doppelte Zahl an Flächen, so ist die Spaltungsform öfters vollkommen bestimmbar und dieses ist deshalb besonders beachtenswerth, weil die Spaltungsrichtungen bei einer und derselben Mineralspecies immer konstant sind, wenn sie sich zeigen, was freilich an einem Individuum nicht immer so deutlich vorkommt, als an einem andern.

Eine Spaltungsform, welche also für sich krystallographisch vollkommen bestimmbar ist, giebt uns die Stammform zur Entwicklung der ganzen Krystallreihe des betreffenden Minerals. Die Spaltungsform des Calcits ist z. B. ein Rhomboeder von $150^{\circ} 5'$ Scheitelkantenwinkel und ist damit vollkommen bestimmbar; indem wir nun die krystallographischen Gesetze darauf anwenden, sind wir im Stande, den ganzen Formenreichtum dieses Minerals zu entwickeln und darzustellen, wie er in der Natur auch wirklich beobachtet wird. Es ist dieses um so wichtiger, als solche Spaltungsformen öfters aus derben Massen erhalten werden können, an welchen äußerlich gar keine Krystallfläche zu sehen ist.

Wo Spaltungsrichtungen keine geschlossenen Gestalten, wie das Oktaeder, die Pyramiden, Rhomboeder u. geben, da bezeichnet man ihre Lage an der Stammform. Dergleichen kommt nur in den

monoaxen Systemen vor. So ist z. B. die Stammform basisch spaltbar, oder prismatisch nach irgend einem Prisma, makrodiagonal oder brachydiagonal, zuweilen beides, im rhombischen System, domatisch nach einem Doma, klinodomatisch, hemidomatisch, ortho- und klinodiagonal u. im klinorhombischen System.

Bei Untersuchung der Spaltbarkeit hat man darauf zu sehen, alle Spaltungsrichtungen, die an einem Mineral vorkommen, aufzufinden und die als gleichartig sich zeigenden Flächen gleich groß zu denken, um das normale Bild der Gestalt zu erhalten, welche sie zusammensetzen.

Aus dem bisher Gesagten ergibt sich die Regel, bei der Wahl der Stammform, auf welche die Entwicklung der Krystallreihe gegründet wird, vorzüglich Spaltungsformen zu beachten, wenn sie an sich bestimmbar sind, und wo dergleichen fehlen, solche vollkommen bestimmbare äußere Gestalten zu wählen, welche häufig in den Combinationen vorkommen und eine möglichst einfache Ableitung gestatten.

§. 2. Wenn man ein Mineral nach Richtungen zerschlägt, nach welchen keine der besagten Spaltungsflächen zum Vorschein kommen, so nennt man die erhaltenen Flächen Bruchflächen oder den Bruch. In Beziehung der Beschaffenheit der Bruchfläche unterscheidet man muschligen Bruch, wenn die Bruchfläche muschlig aussieht, splittigen, wenn Splitter darauf haften, ebenen, unebenen, erdigen und hackigen Bruch. Die letztere Art findet sich nur bei dehnbaren Metallen und ist mehr ein Zerreißen, als ein Brechen. Auch die Beschaffenheit der Bruchstücke kommt in Betracht, ob sie scharf- oder stumpfartig, keilförmig, plattenförmig u. s. w.

3. Von der Härte und Verschiebbarkeit.

Unter Härte versteht man den Widerstand eines Körpers, welchen er gegen das Eindringen eines andern in seine Masse äußert. Man kann mit einem Feuerstein den Marmor ritzen, aber nicht umgekehrt, sonach ist jener härter, als dieser. Um den Härtegrad eines Minerals zu bestimmen, bedient man sich einer Vergleichungs-Skala von Mineralien, welche man als normal hart annimmt. Diese sind nach Mohs:

- | | |
|------------------------|---------------|
| 1. Talk, | 6. Orthoklas, |
| 2. Steinsalz, | 7. Quarz, |
| 3. Calcit, | 8. Topas, |
| 4. Liparit (Flußpath), | 9. Korund, |
| 5. Apatit, | 10. Diamant. |

Die Untersuchung geschieht bei den weicheren Mineralien von 1. anfangend bis 5. incl. auf einer guten Feile durch vergleichendes Streichen der Probe und der Mineralien der Skale, bei den härteren durch Rizen mit scharfen Ecken auf diesen Mineralien oder umgekehrt. Die Härtegrade werden mit obigen Nummern angegeben und ein Mittel durch Decimalen bezeichnet. So ist z. B. die Härte des Spinells = 8, des Serpentin = 3, des Vesuvians = 6,5 u. s. f. Die Prüfung mit der Feile ist für die weniger harten Mineralien sicherer, als das Rizen, denn ein Pyramideneck des Har- motoms ritzt z. B. den Orthoklas und selbst den Quarz, während die Feile nur 5 angiebt.

Auch bei dieser Eigenschaft beobachtet man, daß gleichartige Flächen sich gleich verhalten und daß Flächen, welche ungleiche Härte zeigen, nicht krystallographisch gleichartig sind. So zeigt der Calcit auf den Flächen des heragonalen Prisma's größere Härte, als auf denen des Spaltungshomboeders, der Dittien auf den zweierlei Flächen seines Spaltungsprisma's merklich verschiedene Härte, der Liparit ist härter auf den Hexaederflächen, als auf den Oktaederflächen u.

Diese Unterschiede sind übrigens meistens so fein, daß sie bei der gewöhnlichen Art, die Härte zu prüfen, nicht wahrgenommen werden. Mit dem sogenannten Sklerometer von Grailich und Pekirek zeigen sie sich aber sogar auf derselben Fläche, je nachdem man die Prüfung in der Richtung ihrer Seiten oder nach den Diagonalen u. vornimmt. So sind die Flächen des Rhombendodecaeders am Sphalerit nach der langen Diagonale härter, als nach der kurzen, die Hexaederflächen des Liparits parallel den Kanten am weichsten, in den Diagonalen am härtesten und so umgekehrt am Steinsalz.

Verschiebbarkeit der Theile, ohne zu brechen, gestatten bis zu einem gewissen Grade alle festen Körper, am meisten die geschmeidigen und dehnbaren, welche sich platt schlagen und strecken lassen (gediegen Gold, Silber, Kupfer, Argentit), am wenigsten die spröden. Letztere geben beim Schaben mit dem Messer ein knirschendes Geräusch und die Theilchen springen weg. Ist dieses nur in einem geringen Grade der Fall, so nennt man solche Mineralien milde (Galenit, Antimonit u.). Biegsamkeit läßt sich nur in größern Blättern und Fasern erkennen und man unterscheidet elastisch- und gemein=biegsam (Muskowit, Biotit, — Talk, Ripidolith).

4. Vom specifischen Gewichte.

Specifisches Gewicht nennt man das Gewicht eines Körpers, verglichen mit dem eines gleichgroßen Volumens Wasser, wobei das Gewicht des Wassers = 1 gesetzt wird. Wenn z. B. ein Würfel von (reinem, destillirtem) Wasser 10 (Loth, Gran u.) wiegt, so wird ein gleichgroßer Würfel von Quarz 26, von Topas 36, von Silber 105, von Gold 196 u. s. w. wiegen und das Gewicht des Wassers, in diesem Beispiel 10 als Einheit genommen und = 1 gesetzt, wird das specifische Gewicht von Quarz = 2,6 sein, von Topas = 3,6, von Silber = 10,5, von Gold = 19,6 u. s. w. Die Bestimmung des specifischen Gewichtes eines Körpers setzt also voraus, daß man sein absolutes Gewicht = p und das Gewicht eines seinem Volumen gleichen Volumens Wasser = q kenne, dann ist $q : p = 1 : x$ und daher das Gewicht x oder s desselben = $\frac{p}{q}$.

Das Gewicht eines gleichen Volumens Wasser kann man leicht auf mehrere Arten erfahren. Die eine ist folgende: Man tarirt ein wohl verschließbares, mit Wasser gefülltes Gläschen, wiegt daneben wie gewöhnlich das betreffende Mineral und bringt es dann in das Gläschen. Da dieses voll Wasser war, so ist klar, daß bei dem Hineinbringen des Minerals ein dieses gleiches Volumen Wasser daraus verdrängt werden muß, und hat man das Gläschen wie vorher verschlossen und natürlich das außen abhärrende Wasser gehörig entfernt, so muß der Gewichtsverlust des Ganzen das Gewicht des verlangten gleichen Volumens Wasser (des verdrängten) angeben. Ein Stück Kupferkies z. B. wiege in der Luft 37,8 Gran = p und verdränge aus dem Gläschen 9 Gran Wasser = q, so ist $9 : 37,8 = 1 : s$ und $s = 4,2 =$ dem specifischen Gewichte des Kupferkieses.

Ein solches Gläschen soll nicht über eine Unze schwer sein und ungefähr 200 Gran Wasser fassen, der Stöpsel muß gut eingeschlossen sein und natürlich beim Wägen darauf geachtet werden, daß Luftblasen, die sich beim Hineinbringen des Minerals anhängen, zu entfernen sind, ebenso außen abhärrendes Wasser u.

Diese Art, das specifische Gewicht zu bestimmen, hat Vorzüge vor andern, da auch kleine Krystalle oder Bruchstücke, grobes Pulver u. angewendet werden können. Man kann sich aber auch des Nicholson'schen Areometers oder der hydrostatischen Wage bedienen.

Wenn ein Mineral im Wasser auflöslich ist, so wiegt man es in einer Flüssigkeit, in der es sich nicht auflöst, und berechnet dann das specifische Gewicht für das des Wassers als Einheit. Man bedient sich dabei des beschriebenen Gläschens. 50 Theile Steinsalz (p)

z. B. in Terpentinöl gewogen, verdrängen eine Menge, deren Gewicht $q' = 19,53$; das specifische Gewicht des Terpentinöls verhält sich aber zu dem des Wassers $= 0,872 : 1$, man hat also $0,872 : 1 = 19,53 : q$. daher $q = 22,396 =$ dem Gewichte eines gleichen Volumens Wasser. Da nun

$s = \frac{p}{q} = \frac{50}{22,396} = 2,232$, so ist 2,232 das specifische Gewicht des Steinsalzes.

Am besten eignen sich zur Bestimmung des specifischen Gewichtes reine Krystalle oder Krystallbruchstücke, im Gewichte nicht viel unter etwa 30 Gran oder 2 Grammen. Poröse Substanzen müssen als Pulver gewogen werden.

5. Pellucidität und Strahlenbrechung.

Pellucid sind alle Mineralien, deren Masse das Licht durchläßt, opak oder undurchsichtig diejenigen, deren Masse es nicht durchläßt oder absorbiert.

Bei den pelluciden Mineralien unterscheidet man: durchsichtig, halbdurchsichtig, durchscheinend, wobei man kein Bild mehr erkennt, und wenig oder an den Kanten durchscheinend, eigentlich in dünnen Splintern. Das Pellucidsein und das Opaksein sind meistens wesentlich, die Grade der Pellucidität aber meistens zufällig.

Die Krystalle besitzen entweder einfache oder doppelte Strahlenbrechung. Bei der ersten sieht man in allen Richtungen durch den Krystall nur ein Bild eines Gegenstandes, bei der letztern sieht man in gewissen Richtungen deren zwei. Es wird dabei ein Strahl gleichsam getheilt und folgt ein Theil den Gesetzen der gewöhnlichen Brechung, indem er dasselbe Brechungsverhältniß in verschiedenen Richtungen zeigt; der andere Theil ändert aber, in verschiedenen Richtungen untersucht, sein Brechungsverhältniß. Den erstern Strahl nennt man auch den ordentlichen O, den letztern den außerordentlichen E*). Die zum tesseralen System gehörenden Krystalle (die Polyaxieen) haben nur einfache Strahlenbrechung, alle übrigen (die Monoaxieen) besitzen die doppelte. Die doppeltbrechenden Krystalle sind aber, wie schon gesagt, nur in gewissen Richtungen solche, in andern zeigen sie sich auch einfach brechend und diese letztern Rich-

*) Nach Fresnel gilt dieses nur für die optisch einaxigen Krystalle und folgt in den optisch zweiaxigen keiner der beiden Strahlen der gewöhnlichen Brechung, sie wären also nicht mit O und E, sondern mit E' und E'' zu bezeichnen.

tungen heißen Brechungsaren, optische Aren. Manche Krystalle zeigen eine solche optische Are, manche zeigen deren zwei und die Erfahrung hat gelehrt, daß diese einarigen zum quadratischen oder zum heragonalen, die zweiarigen aber zum rhombischen, klinorhombischen und klinorhomboidischen System gehören. Die Lage der optischen Aren ist an den einarigen Krystallen leicht zu finden, denn sie fällt mit der der krystallographischen Hauptare zusammen, bei den zweiarigen ist dieses nicht der Fall.

Wenn man am Calcit durch 2 parallele Flächen des Spaltungsrhomboeders sieht, so bemerkt man zwei Bilder eines Gegenstandes, wenn man aber durch die basischen Flächen, die rechtwinklich zur Hauptare liegen, also parallel dieser Are durchsieht, so zeigt sich nur ein Bild, daher hier die Hauptare identisch mit der optischen Are.

Dieser innige und interessante Zusammenhang der Krystallisation und Strahlenbrechung macht die Ausmittelung der letzteren besonders in solchen Fällen wichtig, wo gerade an einer, übrigens hinreichend pelluciden Substanz keine Krystallisation erkannt werden kann und wir haben an dem Verhalten der Krystalle im polarisirten Lichte ein Mittel, sowohl die Art der Strahlenbrechung, als die Zahl und Lage der optischen Aren in vielen Fällen auf eine sehr einfache und elegante Weise bestimmen zu können.

Polarisirtes Licht entsteht sowohl durch Reflexion, als beim Durchgehen durch gewisse Substanzen. Wenn man aus einem durchsichtigen Prisma von grünem oder braunem Turmalin der Hauptare parallel 2 dünne Tafeln herauschneidet, so werden sie in derselben Richtung wieder auf einander gelegt, das Licht wie vorher durchlassen; dreht man aber die eine Tafel um 90° herum, so bemerkt man, daß nun das Licht nicht mehr durchfällt, sondern absorbirt wird. Lichtstrahlen, welche dieses Verhältniß von Durchgehen (auch Reflexion) und Absorption unter den geeigneten Umständen zeigen, heißen polarisirte und diese Eigenschaft Polarisation des Lichtes.

Wenn man durch eine der erwähnten Turmalintafeln auf einen schwarzen Glasspiegel unter 35° sieht, so ist der Effect derselbe, nämlich in einer Richtung fällt Licht durch die Turmalintafel und beim Drehen derselben um 90° wird es absorbirt und die Tafel erscheint dunkel. Diese Methode, mit Spiegel und Turmalin zu beobachten, ist für die hier anzustellenden Versuche die bequemste.

Um nun die Art der Strahlenbrechung auszumitteln, hat man nur zwischen den Turmalin, der bis zum Dunkelwerden gedreht und gestellt worden, und den Spiegel eine durchsichtige Platte des betreffenden Minerals zu bringen. Ist das Mineral von einfacher Strahlenbrechung, so zeigt sich in keiner Lage eine Veränderung beim

Durchsehen durch den Turmalin; ist es aber von doppelter, so wird der Turmalin in gewissen Lagen des eingeschalteten Krystalls von durchfallendem Lichte hell, als wenn er um 90° gedreht worden wäre.

Es erklärt sich dieses aus Folgendem.

Man nimmt an, daß in einem polarisirten Lichtstrahl die Aetherschwingungen nur in einer Richtung stattfinden, während sie in einem gewöhnlichen nach verschiedenen Richtungen erfolgen. Befinden sich zwei polarisirende Substanzen in einer solchen Stellung, daß das durchfallende Licht in beiden in gleicher Richtung schwingt, so bemerkt man keine Absorption; es zeigt sich aber diese, wenn der polarisirte Strahl der ersten Platte rechtwinklich schwingt gegen den der zweiten. In einer Turmalinplatte, geschnitten wie vorher gesagt, nimmt man die Schwingungen parallel der Krystallhauptaxe an, es lassen also zwei Platten, die mit paralleler Hauptaxe aufeinanderliegen, das Licht durch und erscheinen beim Durchsehen hell; dieses geschieht auch noch, wenn die eine gegen die andere um 45° gedreht wird; die Verdunkelung tritt aber ein, wenn sich die Hauptachsen beider Platten rechtwinklich kreuzen. Nun ist in allen doppelbrechenden Krystallen sowohl der ordentlich gebrochene (O) Strahl, als auch der außerordentlich gebrochene (E) polarisirt und zwar sind beide Strahlen entgegengesetzt polarisirt oder schwingen rechtwinklich gegen einander. Dreht man also eine doppelbrechende Platte zwischen den gekreuzten, dunkel gestellten Turmalinen, so werden (aufeinander rechtwinklich) zwei Richtungen sein, wo das Dunkel ungeändert bleibt, in allen übrigen, besonders aber in den um 45° dazwischenliegenden, wird mehr oder weniger Helligkeit eintreten, weil die Mittelplatte gegen die erste Turmalinplatte (durch welche das Licht einfällt) ihr polarisirtes Licht nicht rechtwinklich schwingt und die zweite Turmalinplatte (durch welche man sieht) sich ebenso gegen die Mittelplatte verhält. Daß aber die beiden Strahlen einer doppelbrechenden Substanz entgegengesetzt polarisirt sind, davon kann man sich leicht überzeugen. Man nehme ein Spaltungsstück von Calcit, welches hinlänglich dick ist, um zwei Bilder deutlich neben einander zu zeigen. Das Bild, welches an der kurzen Diagonale gegen das Scheitelek s, Fig. 66, liegt, gehört dem ordentlichen Strahl O an, das zweite dem außerordentlichen Strahl E. Man klebe ein schwarzes Papier, an dem mit einer Nadel ein Loch durchgestochen, auf eine Fläche des Krystalls, so erblickt man, indem man durch die nicht beklebte parallele Fläche sieht, zwei Löcher. Sieht man aber gegen einen horizontalen schwarzen Spiegel und hält den Krystall so, daß die kurze Diagonale der Rhombenfläche ebenfalls horizontal liegt, so verschwindet eines der Lochbilder und zwar das dem O Strahl

entsprechende, während das umgekehrt stattfindet, wenn man die kurze Diagonale aus der horizontalen Richtung um 90° dreht. Da das von einem horizontalen Spiegel polarisirte Licht nach seinem Verhalten zum Turmalin als horizontal schwingend angenommen werden muß, so ersieht man auch, daß für die bezeichnete Stellung der Calcitplatte (die kurze Diagonale nämlich horizontal), deren E Strahl dieselbe Schwingung hat, wie das vom Spiegel kommende Licht, daher das Lochbild sichtbar bleibt, der O Strahl aber verhält sich entgegengesetzt und somit verschwindet dessen Lochbild. Steht aber die Calcitplatte so, daß die kurze Diagonale aus der horizontalen Lage nur um 45° gedreht wird, so schwingen die polarisirten Strahlen sämmtlich unter 45° gegen einander, es tritt keine Absorption oder nur eine sehr geringe ein und beide Bilder werden sichtbar.

Die Richtungen, in welchen die O und E Strahlen eines doppeltbrechenden Körpers oder einer derselben (da Fälle vorkommen, wo beide nebeneinander nicht so zu beobachten *), wie am Calcit) dieselben Schwingungen haben, wie das von einem horizontalen Spiegel polarisirte Licht einerseits und das im Turmalin polarisirte, wenn dieser zur Absorption gestellt wird, oder die Richtungen, in welchen ein zwischen Spiegel und Turmalin gebrachter Krystall die Dunkelheit nicht ändert, stehen in gegenseitlichem Zusammenhang mit den Krystallsystemen und können in ihrer Beziehung zu den Krystallaren, zu den Seiten, Diagonalen u. einer Krystallfläche durch das Staurososkop bestimmt werden. Das Wesentliche dieses Apparates besteht in drei Cylindern, deren einer, aaaa, Fig. 72, die Turmalinplatte in 1 und unter dieser eine Calcitplatte mit angekliffenen bassischen Flächen in 2 trägt, ferner ist daran ein feststehender Zeiger z angebracht; in diesem Cylinder ist ein zweiter bbbb drehbar, welcher einen Gradbogen trägt, Fig. 74, mit dem Nullpunkt in der Mitte und nach links und rechts in 90° getheilt; dieser Bogen liegt am Zeiger an; in diesem Cylinder ist ein dritter cccc einschiebbar und mit ihm durch einen eingreifenden Schieber in d so verbindbar, daß beide mit einander gedreht werden können. Dieser dritte Cylinder trägt an einem Ende eine Platte, an welcher in der Mitte eine runde Oeffnung von 1—2 Linien und auf welche ein Quadrat eingravirt ist, Fig. 73**). Der Turmalincylinder wird auf einem schwarzen Brettschen, in dem ein schwarzer Spiegel eingelassen, mit

*) Durch die Prismenflächen des Turmalins geht z. B. nur ein Strahl, der in der Richtung der Prismenare schwingt.

**) Das Gefäß dieses Apparats verfertigt Mechanikus Stollreuther in München (ohne Turmalin und Calcit) für 14 fl. rh.

einem Schraubenring, Fig. 75, befestigt. Der Turmalin ist gegen den Spiegel zur Absorption gestellt und man erblickt beim Durchsehen das Polarisationsbild des Calcits, wovon unten noch die Rede sein wird und welches in einem von concentrischen farbigen Ringen umgebenen schwarzen Kreuze besteht. Das dunkle Feld, welches sich ohne die Calcitplatte zeigen würde, ist durch diese im Kreuze schärfer bestimmt. Wenn der dritte Cylinder eingeschoben und dessen Schieber in den zweiten eingepaßt und der Gradbogen auf Null gedreht wird, so ist die Construction der Art, daß dann zwei Seiten des besagten gravirten Quadrats dieselbe Lage haben, wie die Turmalinaxe. Wenn man nun die Richtungen, in welchen die polarisirten Strahlen eines doppeltbrechenden Krystalls zu den Seiten einer beobachteten Krystallfläche schwingen, bestimmen will, so legt man die Krystallplatte auf die Oeffnung des Trägers, an dem sie mit etwas weichem Wachs befestigt wird, und schiebt sie so, daß eine ihrer Seiten die Lage einer Seite des gravirten Quadrats hat, schiebt dann den Cylinder ein, dreht auf Null und beobachtet. Sieht man das Kreuz unverändert in seiner Stellung, so schwingen die polarisirten Strahlen des Krystalls in der Richtung der eingestellten Seite der Fläche und rechtwinklich zu ihr, erscheint aber kein Kreuz oder ein in seiner Lage verändertes, so schwingen die Strahlen nicht in der Richtung der eingestellten Seite und man hat um einen bestimmten Winkel zu drehen, bis dieses geschieht und das Kreuz wieder normal erscheint. Der Winkel wird am Nonius des Zeigers abgelesen. Ein Beispiel wird das erläutern. Es sei Fig. 76 *abcd* die Seitenfläche eines Topasprisma's und mit der Seitenkante *ac* parallel der Quadratseite *a'h'* eingestellt. Für diese Stellung sieht man im Stauroskop das schwarze Kreuz unverändert, die polarisirten Strahlen schwingen also im Topasprisma in der Richtung seiner Hauptaxe *oo* und rechtwinklich zu ihr; wäre aber *abcd* die Seitenfläche eines Prisma's von Gyps und wie die vorige nach der Krystallhauptaxe *oo* mit *a'h'* parallel eingestellt, so zeigt sich das Kreuz im Stauroskop gedreht (wie Fig. 69) und hat nicht die Lage *a'h'* oder *oo*, sondern die Lage *xx*, Fig. 77, welche man durch den Winkel kennen lernt, um welchen gedreht werden muß, bis das Kreuz normal erscheint. Am Gyps schwingen also die polarisirten Strahlen nicht in der Richtung der Krystallhauptaxe, sondern machen mit dieser Winkel von 44° und 46° (die beiden sich zu 90° ergänzenden Drehwinkel).

In dieser Weise erhält man durch das Stauroskop eine optische Charakteristik der Krystallsysteme, welche in vielen Fällen noch Entscheidung giebt, wo die mathematische nicht mehr ausreicht.

I. System der einfachstrahlenbrechenden Krystalle.

Tesserales System.

Die tesseralen Krystalle zeigen in jeder Lage, welche man ihnen auf dem Träger giebt, das Kreuz im Stauroskop normal und beim Drehen des Trägers unverändert.

Steinsalz, Alaun, Spinell, Kiparit u.

Ebenso verhalten sich amorphe Massen.

II. System der doppelstrahlenbrechenden Krystalle.

Alle doppelbrechenden Krystalle zeigen in gewissen Richtungen das Kreuz gedreht oder löschen beim Drehen das normale Kreuzbild aus, nur in den Richtungen der optischen Axen verhalten sie sich zum Theil wie die tesseralen.

Systeme mit einer optischen Ase.

1. Quadratisches System.

- 1) Auf den Flächen der Quadratpyramide stellt sich das Kreuz nach den Höhenlinien der Dreiecke oder rechtwinklich auf die Randkante.
 - 2) Auf allen vorkommenden Prismen hat das Kreuz die Lage der Hauptaxe.
 - 3) Auf der basischen Fläche erscheint das Kreuz normal und beim Drehen des Krystalls unverändert.
- Apophyllit, Vesuvian, Zirkon, Mejonit u.

2. Hexagonales System.

- 1) Auf den Flächen der Hexagonpyramide stellt sich das Kreuz nach den Höhenlinien der Dreiecke oder rechtwinklich auf die Randkante.
 - 2) Auf den Flächen des Rhomboeders stellt sich das Kreuz nach den Diagonalen.
 - 3) Auf den Flächen des Skalenoeders stellt sich das Kreuz nach den Höhenlinien der Flächen seiner holoeidrischen dihexagonalen Pyramide oder rechtwinklich auf die Seiten seines horizontalen, 12seitigen Querschnitts.
 - 4) Auf allen vorkommenden Prismenflächen erscheint das normale Kreuz in der Richtung der Hauptaxe.
 - 5) Auf der basischen Fläche erscheint das Kreuz normal und beim Drehen des Krystalls unverändert.
- Apatit, Quarz, Calcit, Chabasit, Smaragd u.

Systeme von zwei optischen Axen.

In diesen Systemen kommen keine Flächen vor, auf welchen das normal erscheinende Kreuz sich beim Drehen des Krystalls nicht verändert.

3. Rhombisches System.

- 1) Auf den Flächen der Rhombenpyramide steht, entsprechend dem ungleichseitigen Dreieck, das Kreuz mit dreierlei Winkeln auf den Seiten.
- 2) Auf den Prismenflächen, wie auf der makro- und brachydiagonalen Fläche, steht das Kreuz in der Richtung der Hauptaxe, entsprechend auf den Domen in der Richtung der Domenkante.
- 3) Auf der basischen Fläche, wenn sie als Rhombus erscheint, steht das Kreuz nach den Diagonalen und entsprechend in der Richtung der Seiten, wenn sie als Rectangulum erscheint.

(Beim Drehen des Krystalls wird das Kreuz gebleicht oder mit Farben verändert.)

Baryt, Topas, Epsomit, Aragonit, Chrysolith *rc.*

4. Klinorhombisches System.

- 1) Auf den Seitenflächen des Hendyoeders erscheint das Kreuz gegen die Hauptaxe gedreht, ebenso auf den Flächen eines Klinodoma's gegen die Domenkante. Die Drehwinkel sind auf den zusammengehörenden Flächen gleich und die Kreuze dem klinodiagonalen Hauptschnitt von links und rechts mit gleichem Winkel zu- oder abgeneigt, wechselnd auf der Vorder- und Rückseite des Krystalls.
- 2) Auf der orthodiagonalen Fläche erscheint das Kreuz in der Richtung der Hauptaxe normal.
- 3) Auf der klinodiagonalen Fläche erscheint das Kreuz gegen die Hauptaxe gedreht.
- 4) Auf der Endfläche des Hendyoeders stellt sich das Kreuz nach den Diagonalen.

Diopsid, Gyps, Orthoklas, Epidot, Zinkal *rc.*

5. Klinorhomboidisches System.

Das Kreuz erscheint auf jeder Fläche mit einem besonderen Winkel gedreht, wenn irgend eine ihrer Seiten oder entsprechenden Kanten vertikal oder horizontal auf den Träger eingestellt wird.

Disthen, Albit, Chalkanthit *rc.*

Es ist nothwendig, daß zu der Fläche, welche man im Stauroskop beobachten will, eine parallele angeschliffen werde, im Falle

solche nicht von Natur vorhanden. Dieses Anschleifen geschieht bei künstlichen Salzen auf einer Feile und einem mit Wasser befeuchteten feinen Wegstein; durch Reiben auf Taffet mit etwas saugen. Eisenroth bekommt die Fläche leicht die gehörige Politur. Kann man die Krystallfläche selbst auf den Träger legen und einstellen, so ist es nicht von Belang, wenn die angeschliffene, dem Auge zugekehrte Fläche nicht vollkommen parallel ist. —

Wenn man im gewöhnlichen Polarisationsapparat zwischen Turmalin und Spiegel einen Krystall des quadratischen oder hexagonalen Systems, also einen optisch einaxigen, beobachtet und durch dessen basische Flächen sieht, so bemerkt man ein schönes Polarisationssbild, bestehend in einem schwarzen Kreuz mit farbigen concentrischen Ringen. Fig. 66. Ist der Turmalin gegen den Spiegel nicht zur Absorption gedreht, so erscheint das Kreuz weiß*). Die Farben der Ringe in dem einen und andern Falle sind complementär. Calcit, Apophyllit, Biotit &c.

Wenn der Krystall optisch zweiaxig ist, so sieht man durch Flächen, durch welche die Axenebene geht, in den Richtungen der beiden optischen Axen ein ähnliches System von Ringen, welches aber nur von einem dunklen Kreuzarm oder von zwei Büscheln, ähnlich Fig. 70, durchschnitten ist.

Bei den einaxigen Krystallen ist das Polarisationssbild leicht zu finden, weil die optische Axe und die Krystallhauptaxe eines sind; bei den zweiaxigen aber ist darüber keine allgemeine Regel aufzustellen; öfters wird die Ebene, welche die optischen Axen enthält, von einer der einzelnen vorkommenden Flächen geschnitten, so von der basischen beim Topas und Muscovit; manchmal steht eine der optischen Axen ziemlich rechtwinklich auf einer solchen Fläche (doppelt chromsaures Kali) oder auf einer prismatischen (unterschwefelsaures Natrium) &c.

Wenn sich die zwei optischen Axen unter einem sehr spitzen Winkel schneiden, so fließen ihre Ringsysteme öfters zusammen und schließen zwei dunkle Hyperbeln ein, Fig. 71, die manchmal ein

*) Man kann durch Benützung dieses Bildes ebenfalls deutlich zeigen, daß die beiden durch Doppelbrechung erzeugten Strahlen entgegengesetzt oder rechtwinklich aufeinander polarisirt sind. Man belege, wie oben erwähnt, ein dickes Spaltungsstück von Calcit auf einer Fläche mit einem durchstochenen Papier, halte es so, daß die kurze Diagonale aufrecht und schalte zwischen dieses Stück und den Spiegel eine Calcitplatte mit den basischen Flächen ein. Sieht man nun durch die parallele, nichtbelegte Fläche und durch die beiden Lochbilder, so erblickt man in dem Bilde O, Fig. 66, das weiße Kreuz mit den Farbenringen in E aber das schwarze Kreuz mit diesen Ringen. Es ist dazu nur ein kleines Verrücken des Auges oder eine kleine Neigung des Calcitstückes erforderlich.

Kreuz zu bilden scheinen, beim Drehen des Krystalls aber um die Axe der beobachteten Fläche öfters deutlich auseinandertreten; Talk, Phlogopit, Salpeter ic.

Besondere Erscheinungen zeigt der Quarz in Platten, welche rechtwinklich zur Krystallhauptaxe geschnitten sind. Bei den meisten Varietäten bemerkt man Farbenringe, welche eine einfärbige Scheibe einschließen, Fig. 78. Die Farbe dieser Scheibe ändert sich, je nachdem der Turmalin nach links oder nach rechts gedreht wird, so daß, wenn für die gewöhnliche Turmalinstellung die Scheibe gelb erscheint, beim Linksdrehen des Turmalins diese Farbe in ein blaßes Grün und bei einer Drehung von 90° in blau sich verändert, während beim Rechtsdrehen des Turmalins nicht das blaße Grün, sondern ein Violett erscheint, welches bei der Drehung um 90° ebenfalls in Blau übergeht. Dabei verhalten sich Krystalle, an welchen die Flächen des heragonalen oder trigonalen Trapezoeders (welche das Randeck zwischen Pyramide und Prisma schief abstumpfen) nach links geneigt sind, wie Fig. 65, entgegengesetzt gegen solche, wo dergleichen Flächen nach rechts geneigt sind, Fig. 64. Legt man zwei solche Platten von gleicher Dicke aufeinander, deren eine von einem Krystall mit linksliegenden, die andere von einem mit rechtsliegenden Trapezflächen, so sieht man das Bild, Fig. 79, mit vier vom Centrum ausgehenden Spiralen. — Man nennt diese Art der Polarisation Circularpolarisation; im Gegensatz heißt die gewöhnliche die geradlinige. Descloizeaux fand ähnliche Circularpolarisation am Binnober, bei welchem übrigens keine Trapezflächen vorkommen.

Wenn man auch in der Praxis vom Verhalten zum polarisirten Licht mehr für die sogen. künstlichen Salze der Laboratorien, als für die Mineralkrystalle Gebrauch machen kann, so gewähren doch die erwähnten Erscheinungen und ihr bestimmter Zusammenhang mit dem Krystallbau so vielfaches Interesse, daß sie von dem Mineralogen nicht unbeachtet bleiben dürfen.

6. Vom Glanze.

Wir unterscheiden an den Mineralien verschiedene Arten des Glanzes und zwar: Metallglanz (Gold, Silber, Fahlerz, Arsenopyrit ic.); Diamantglanz (Diamant, Weißbleierz ic.); Glasglanz (Quarz, Topas ic.); Perlmutterglanz (Apophyllit, Talk ic.); Seidenglanz (Asbest, Faser gypsum); Fettglanz, wozu auch der Wachsglanz gehört (Pechstein, Halbopal ic.). Die Pellucidität hat großen Einfluß auf die Art des Glanzes, so daß z. B. ein und dasselbe Mineral, wenn es durchsichtig vorkommt, Glas-

glanz zeigen kann, während es durchscheinend vorkommend, Perlmutter- oder auch Fettglanz zeigt. Der vollkommene Metallglanz ist immer mit Undurchsichtigkeit verbunden, der Seidenglanz kommt fast nur bei zartfaseriger Structur vor. Der Perlmutterglanz wird manchmal metallähnlich (Bronceit) und es finden überhaupt Uebergänge des Glanzes statt, wie denn auch der Glanz der Krystallflächen und der Bruchflächen öfters verschieden ist. Es zeigt sich hier wieder das Gesetz, daß die Art des Glanzes auf gleichartigen Flächen (an demselben Individuum) immer dieselbe und daß Flächen, welche im Glanze verschieden, auch krystallographisch ungleichartig sind. Die prismatischen Flächen von Calcit sind z. B. immer glasglänzend, die basischen perlmutterglänzend; ähnliche Unterschiede finden sich an den Flächen des Apophyllits, Desmins, Stilbits ic.

7. Von der Farbe.

Man unterscheidet je nach der Art des dabei vorkommenden Glanzes metallische und nichtmetallische Farben. Die Arten der metallischen Farben sind:

- | | |
|----------------------------------|-------------------------------|
| 1. Weiß. | 3. Roth. |
| a. Silberweiß (gediegen Silber). | Kupferroth (gediegen Kupfer). |
| b. Zinnweiß (Quecksilber). | 4. Grau. |
| 2. Gelb. | a. Bleigrau (Galenit). |
| a. Goldgelb (gediegen Gold.) | b. Stahlgrau (Tennantit). |
| b. Messinggelb (Chalkopyrit). | 5. Schwarz. |
| c. Speisgelb (Pyrit). | Eisenschwarz (Magnetit). |
| d. Bronze gelb (Pyrrhotin). | |

Diese Farben sind als Kennzeichen von Wichtigkeit, da sie bei derselben Species ziemlich constant sind. Die nichtmetallischen Farben sind weniger wesentlich und werden oft durch ganz zufällige Spuren von Metalloxyden hervorgebracht, in einigen Fällen sind sie aber ebenso constant, wie die metallischen. Ihre Arten sind:

1. Weiß. Schneeweiß, röthlich-, gelblich-, graulichweiß, milchweiß (Calcit, Chalcedon, Opal ic.).
2. Grau. Bläulichgrau, perlgrau (Perlstein), rauchgrau (mancher Feuerstein), grünlichgrau, gelblichgrau (mancher Mergel).
3. Schwarz. Graulichschwarz, sammet schwarz, pechschwarz (Steinkohlen), rabenschwarz (manche Hornblende), bläulichschwarz.
4. Blau. Schwärzlichblau, lasurblau (Lasurit), violblau (Liparit, Amethyst), lavendelblau (manches Steinmark),

- pflaumenblau, berlinerblau, smalteblau (mancher Chalcedon), indigoblau, himmelblau (Saphir, Disthen).
 5. Grün. Spangrün (Chrysofoll), seladongrün (mancher Berill), lauchgrün (Prasem), smaragdgrün, apfelgrün (Chrysopras), grasgrün (Pyromorphit), pistaziengrün, sparzelgrün, schwärzlichgrün, olivengrün (Olvin), ölgrün (mancher Sphalerit), zeisiggrün (mancher Chalcolith).
 6. Gelb. Schwefelgelb, strohgelb, wachsgelb, honiggelb, citrongelb (Sperment), ockergelb, weingelb (Topas), isabellgelb (Siderit), pomeranzgelb (mancher Wulfenit).
 7. Roth. Morgenroth (Krokoit), hyazinthroth (Hyazinth), ziegelroth, scharlachroth (mancher Zinnober), blutroth (Pyrop), fleischroth, karminroth (rother Korund), kofschenkilroth (Zinnober), rosenroth, karmesinroth (rother Korund), pflirsichblüthroth, kolombinroth (mancher Granat), kirschroth, bräunlichroth.
 8. Braun. Röhlichbraun, neckenbraun (Uranit), kohlblau, kastanienbraun (mancher Jaspis), gelblichbraun, schwärzlichbraun.

Die Zwischen-Nüancen bezeichnet man mittelst der Ausdrücke: „die Farbe geht über, zieht sich in —, die Farbe hält das Mittel ic.“, die Intensität wird bezeichnet mit hoch, dunkel, blaß ic.

Kommen mehrere Farben zusammen vor, so bilden sie öfters eine Art von Zeichnung, dahin gehört das Gestreifte, Gestammte, Punktirte, Dendritische ic. (Achat, Marmor ic.). Die Farbe des Pulvers oder des Striches ist oft anders, als die der compacten Masse, und dieses Verhältniß ist oft charakteristisch; so z. B. hat Hämatit (von eisenschwarzer Farbe) kirschrothen Strich, Limonit (von brauner Farbe) ockergelben Strich ic.

Manche Mineralien zeigen in bestimmten Richtungen bei auffallendem Lichte, andere bei durchfallendem Lichte verschiedene Farben. Man nennt erstere Erscheinung Farbenwandlerung (Labrador), letztere Dichroismus, Trichroismus. So zeigen manche Turmaline rechtwinklich zur Prismenaxe eine grüne Farbe, parallel dieser Axe aber sind sie fast schwarz; so zeigt der Cordierit nach den drei rechtwinklichen einzelnen Aren eine tiefvioleblaue Farbe oder eine blaßbläuliche oder eine gelbliche. Diese Erscheinungen hängen mit der Polarisation des Lichtes innig zusammen und werden unter dem allgemeinen Namen Pleochroismus zusammengefaßt. Pleochroische Krystalle sind doppelbrechende Krystalle, deren entgegengesetzt polarisirte Strahlen verschiedene Farben haben, und zwar, wie beim Cordierit, nach verschiedenen Richtungen auch andere. Die beim

Durchsehen unmittelbar beobachtete Farbe besteht aus zwei Componenten, deren eine dem O Strahl, die andere dem E Strahl angehört. Diese Componenten kann man kennen lernen, wenn ein solcher Krystall mit einer andern Quelle polarisirten Lichtes in Berührung und Wirkung kommt, z. B. mit einer Turmalinplatte, deren Schwingungen nach der Krystallhauptaxe gehen. Geht das Licht durch eine solche Platte und den pleochroischen Krystall und liegt die Turmalinplatte horizontal, so wird die Farbe eines ebenso schwingenden Strahles durchgehen und sichtbar werden, die Farbe des entgegengesetzt schwingenden Strahles wird aber wegen der Kreuzung absorbiert. Stellt man die Turmalinare senkrecht, ohne den vorhin beobachteten Krystall aus seiner Lage zu bringen, so wird die Farbe des vertikal schwingenden Strahles nur durchgehen und die erstere absorbiert werden. Ist die Stellung so, daß die polarisirten Strahlen des beobachteten Krystalls und des Turmalins unter 45° gegen einander schwingen, so gehen beide Farbcomponenten durch, wie beim Durchsehen ohne Turmalin. Es ist dabei gleichgültig, ob man den Krystall als Polarisieur oder als Analyseur gebraucht, d. h. ob man ihn mit dem Turmalin beobachtet oder den Turmalin mit ihm. Am zweckmäßigsten bedient man sich zu derlei Untersuchungen der dichroskopischen Lupe, welche Haidinger beschrieben hat. Sie besteht wesentlich in einem kleinen Cylinder von Messing, welcher ein geeignetes Spaltungsstück von Calcit einschließt und beim Durchsehen zwei quadratische Bilder, den beiden Strahlen der Doppelbrechung entsprechend, zeigt. Stehen diese Bilder senkrecht über einander, so ist das eine wie ein Turmalin mit vertikaler, das andere aber wie ein solcher mit horizontaler Axe anzusehen. Bringt man vor diese Quadratbilder einen pleochroischen Krystall, so kann man, wie aus dem eben Gesagten klar ist, die beiden Farbcomponenten in den beiden Quadraten erkennen. Das Maximum der Farbdifferenz kann man natürlich nur dann beobachten, wenn die Farbstrahlen auch wie die der Bilder vertikal und horizontal schwingen, über welche Richtungen das Stauroskop Aufschluß giebt.

Manche Topaskrystalle von honiggelber Farbe, durch die basischen (Spaltungs-) Flächen gesehen, zeigen in dem einen Feld der Lupe eine fast rosenrothe, im andern eine gelbe Farbe, aber nur, wenn die Diagonalen dieser rhombischen Fläche, nach welcher die polarisirten Strahlen schwingen, die Lage der Quadratseiten der Bilder der Lupe haben. Blauer Disthen zeigt auf der vollkommenen Spaltungsfläche ein dunkelblaues und ein lichtblaues Feld, wenn die Axe seines Prismas um 30° gegen die Seiten der Quadratbilder gedreht wird, weil nicht in der Richtung der Prismenaxe seine doppeltge-

brochenen Strahlen vertikal und horizontal schwingen, sondern in einer zu dieser unter 30° geneigten, wie das Stauroskop angiebt.

Diese Erscheinungen bieten noch manches Räthselhafte und scheinen auch Fälle vorzukommen, wo nur ein polarisirter Strahl die verschiedenen Farben veranlaßt, deren eine gleichsam dem hellen Feld, die andere aber dem dunklen entspricht, welche man bei zwei parallel und rechtwinklich schwingenden Turmalinplatten beobachtet. — Einen lebhaften Farbenwechsel, wie ihn der edle Opal zeigt, nennt man Farbenspiel und das Erscheinen prismatischer Farben auf Sprungflächen durchsichtiger Mineralien — *Irisiren*.

Unter *Opaliren* versteht man die Entstehung eines Lichtscheins in bestimmten Richtungen. Orthoklas, Chrysoberill u., manchmal ist der Schein 6strahlig, auch 4strahlig, Saphir, Almandin. — Mancher Liparit oder Flußspath hat die Eigenschaft, die Farbe auffallenden Lichtes im Innern zu verändern. Man nennt diese Erscheinung *Fluorescenz*. —

Farben, die sich nur auf der Oberfläche eines Minerals befinden, heißen *angelaufene*, sie sind einfache oder bunte und rühren nach Hausmann öfters von einem sehr dünnen Ueberzuge eines andern Minerals her, z. B. von Limonit oder, wie auf arsenikalischen Erzen, Wismuth u., von einem dünnen Ueberzuge von Dryd, welches sich besonders unter Zutritt feuchter Luft bildet.

Der Chalcopyrit läuft mit schönen bunten Farben an, wenn man eine Fläche mit Kupfervitriollösung befeuchtet und dann einige Male mit Zink berührt, abwäscht und trocknet. Es kommen dann purpurfarbige Stellen vor und wenn man diese wieder mit Kupfervitriol befeuchtet, so überlaufen sie beim Berühren mit Zink augenblicklich mit einem prachtvollen Blau.

8. Phosphorescenz, Electricität, Galvanismus, Magnetismus.

§. 1. Die Eigenschaft der Körper, nach einer gewissen Behandlung im Dunkeln einen leuchtenden Schein ohne Flamme und Wärme zu verbreiten, nennt man *Phosphorescenz*.

Die Phosphorescenz wird entweder durch Erwärmen oder durch Schlagen und Reiben hervorgebracht. Beim Erwärmen phosphoresciren Liparit, Apatit u. mit grünem, blauem, röthlichem Lichtschein, beim gegenseitigen Reiben oder Schlagen der Quarz, Feuerstein u. Der Diamant phosphorescirt, wenn man ihn einige Zeit den Sonnenstrahlen ausgesetzt hat.

Die Phosphorescenz ist nur für wenige Mineralien charakteristisch, denn sie kommt bei derselben Species oft nur einzelnen Varietäten zu und andern wieder nicht.

§. 2. Man nennt Electricität die Eigenschaft der Körper, nach einer gewissen Behandlung andere leichte Körper anzuziehen und auch wieder abzustossen. Die Electricität wird durch Reiben und durch Erwärmen erregt. In der Mineralogie wird fast nur die Electricität durch Erwärmen als Kennzeichen gebraucht. Mineralien, welche auf diese Art electricisch werden, erhalten beide Arten der Electricität, die Glas- oder positive Electricität und die Harz- oder negative Electricität, so daß ein Ärenende eines solchen Krystalls + electricisch, das andere aber — electricisch wird. Dabei wechseln die Pole bei zunehmender und abnehmender Temperatur. Man nennt den Pol, der bei zunehmender (+) Temperatur positiv electricisch wird, den analogen (+) Pol, denjenigen aber, der beim Erwärmen des Krystalls negativ wird, den antilogen (—) Pol.

Um ein Mineral auf Electricität zu untersuchen und auch die Art derselben zu bestimmen, bedient man sich der electricischen Nadel, welche in einem Messingdrahte mit kleinen Knöpfchen an den Enden besteht und sich wie eine Magnetnadel mittelst eines Hütchens auf einem Stifte leicht bewegen kann.

Wenn ein auf Tuch geriebenes oder erwärmtes Mineral diese Nadel anzieht, so ist es electricisch geworden. Will man die Art seiner Electricität kennen lernen, so hat man nur zuvor der Nadel eine bekannte Electricität zu ertheilen, dann wird ein Mineral von der entgegengesetzten sie anziehen, von der gleichnamigen aber sie abstoßen. Man kann dabei einfach so verfahren, daß man die Nadel auf Glas oder Siegellack stellt, sie dadurch isolirt und nun mit einer geriebenen Siegellackstange so lange berührt, bis diese, langsam genähert, sie abstößt. Die Nadel hat dann die Electricität des Siegellacks angenommen, nämlich die negative, und wird daher von einem — electricischen Krystall abgestoßen, von einem + electricischen aber angezogen. Bei dergleichen Experimenten ist besonders trockene Luft erforderlich und einige Uebung nothwendig, wenn nicht Täuschungen entstehen sollen. — Durch Erwärmen werden in einem ausgezeichneten Grade electricisch: Turmalin, Boracit, Prehnit, Salsamin, Skolezit ic.

Merkwürdig ist, daß die durch Erwärmen electricischen Mineralien sehr oft unsymmetrische Krystallbildungen in der Art zeigen, daß das eine Ende vorzüglich der Hauptaxe von andern Flächen begränzt ist, als das andere.

§. 3. Mehr Anwendung, als von der Electricität, kann von dem galvanischen Verhalten mineralischer Leiter gemacht werden. Diese erregen nämlich, mit einem positiven Metall, z. B. Zink (gegen welche sie alle negativ sind), in Verbindung gebracht und in Kupfervitriollösung gesetzt, einen galvanischen Strom, der öfters stark genug ist, die Flüssigkeit zu zersetzen und das Mineral mit metallischem Kupfer zu belegen. Man bedient sich dabei frisch geschlagener Bruchstücke des zu untersuchenden Minerals, welche man mit einem, zu einer Kluppe zusammengebogenen, schmalen Streifen von Zinkblech faßt und in die mit einigen Tropfen Schwefelsäure etwas sauer gemachte Vitriollösung eintaucht und eine Minute lang eingetaucht hält. Als gute Leiter zeigen sich auf diese Weise und belegen sich mit Kupfer: Pyrit, Pyrrhotin, Arsenopyrit, Magnetit, Tennantit, Galenit, Chalkopyrit, Chalkosin, Linneit, Smaltin, Kobaltin, Graphit, mancher Anthracit, nämlich der einem starken Feuer ausgesetzt war, anderer nicht ic. Schlechte Leiter, die sich nur langsam belegen, sind: Bournonit, Bismuthin, Argentit, Molybdänit, Menakan, Proustite, Pyrargyrit, Sphalerit ic. Als Nichtleiter oder von noch geringerer Leitungsfähigkeit zeigen sich: Antimonit, Pyrostibit, Chromit, Franklinit, Pyrolusit, Braunit, Hausmannit, Manganit ic.

Man kann so augenblicklich Galenit und Antimonit unterscheiden oder Magnetit und Chromit, Magnetit und Franklinit, Graphit und Molybdänit u. s. w.

Hierher gehört auch die Erscheinung, daß viele Sulphurete, welche für sich von Salzsäure nicht zersetzt werden, diese Zersetzung und Entwicklung von Schwefelwasserstoff zeigen, wenn ihr Pulver, mit Eisen gemengt, mit der Säure (1 vol. concentrirte Salzsäure, 1 vol. Wasser) geschüttelt wird. Am besten macht man den Versuch in einem Cylinderglas von 2½" Höhe und 1" Durchmesser, welches man mit einem Kork schließt, um welchen ein Streifen Bleipapier*) gelegt und eingeklemmt wird, so daß der Streifen auf der inneren Glas hineintragenden Korkfläche liegt. Innerhalb einer Minute wird das Papier gebräunt oder geschwärzt. So mehr oder weniger bei allen Sulphureten, mit Ausnahme von Realgar, Spermant und Molybdänit. Man kann damit sehr ähnliche Mineralien sogleich unterscheiden, z. B. Clausthalit und Galenit, Chloanthit und Arsenopyrit ic.

*) Man tränkt Filtrirpapier mit Bleizuckerlösung, trocknet das Papier und bewahrt daraus geschnittene Streifen in einem verschlossenen Glase. Das Eisenpulver muß frei von Schwefel sein. Es eignet sich dazu meistens das sog. ferrum alcoholisatum der Apotheker, ein Kohleneisen.

§. 4. Magnetismus heißt die Eigenschaft gewisser Mineralien, auf die Magnetnadel zu wirken. Solche Mineralien sind manchmal polarisch und ziehen dann an einzelnen Stellen einen Pol der Nadel an, während sie ihn an andern abstößen.

Das Kennzeichen des Magnetismus ist für diejenigen Mineralien von Wichtigkeit, welche zu den Eisen- und Nickelerzen gehören, oder welche überhaupt viel Eisen und Nickel enthalten. Dergleichen sind manchmal schon unmittelbar magnetisch, wie Magneteisenerz, Franklinit, Magnetkies zc., theils werden sie es, wenn sie vorher gehörig erhitzt oder geschmolzen wurden, wovon bei den Löthrohrversuchen noch die Rede sein wird.

9. Von den Kennzeichen des Geruchs, Geschmacks und Anfühlens.

Für sich besitzen die eigentlichen Mineralien wenig Geruch, entwickeln aber zuweilen einen solchen beim Reiben, so empyreumatischen oder brennzlichen der Quarz, chlorartigen mancher Flußspath, Thongeruch die Thone, bituminösen Geruch mancher Kalkstein, Mergel zc., oder sie entwickeln einen eigenthümlichen, oft sehr charakteristischen Geruch beim Erhitzen zc., wovon bei den Löthrohrproben.

Geschmack erregen alle im Wasser auflöselichen Salze und man unterscheidet süßsalzig (Steinsalz), süßzusammenziehend (Alaun), dinteartig herb (Kupfervitriol), salzigbitter (Witfersalz), salzigfühlend (Salpeter), laugenartig (Soda), stechend scharf (Salmiak).

In Beziehung auf den Eindruck des Anfühlens unterscheidet man: fett anzufühlen, mager anzufühlen und kalt anzufühlen. Letzteres unterscheidet ächte Steine ziemlich bestimmt von Glasflüssen.)

Von den chemischen Eigenschaften der Mineralien.

A. Von den chemischen Eigenschaften auf trockenem Wege.

§. 1. Die chemischen Eigenschaften auf trockenem Wege werden durch die Veränderungen erkannt, welche die Mineralien durch Erhitzen und Zusammenschmelzen mit gewissen Zuschlägen zeigen. Zu diesen Untersuchungen dient das Löthrohr. Das Brennmaterial ist eine Wachs- oder Stearinkerze oder eine Dellampe. Beim Blasen, welches mit den Wangenmuskeln geschieht, hat man an der Flamme zwei verschiedene Theile zu beachten.

Es bilden sich nämlich zwei Flammenkegel, wovon der innere blau, der äußere gelblich ist. Die Spitze des blauen Kegels ist die Reductionsflamme, denn sie entzieht einer desoxydirbaren Substanz den Sauerstoff, die Spitze des äußern Kegels (überhaupt der Saum der Flamme) ist Drydationsflamme, in welcher eine oxydable Substanz bei Luftzutritt erhitzt und so oxydirt wird.

Als Träger oder Unterlage für die Probe dient eine Pincette mit Platinspitzen, eine gut gebrannte Holzkohle, manchmal ein Platindrath, eine Glasröhre u. Zum nöthigsten Löthrohr-Apparat gehört ferner: Hammer und Ambos, ein Mikroskop, eine Reibschale von Chalcedon, Magnetnadel, Spritzflasche und von Reagentien: Soda (rein und besonders frei von Schwefelsäure), Borax, Phosphorsalz, Salpeter, saures schwefelsaures Kali, Cyankalium, salpetersaure Kobaltauflösung, Salzsäure und Schwefelsäure, Flußspathpulver, Zinn, Silber (wofür jede blankte Silbermünze brauchbar), Kupferoxyd und Reactionspapiere von Curcuma und Lakmus.

§. 2. Zu den Schmelzversuchen, wobei die Pincette zu gebrauchen, wählt man möglichst feine Splitter und bestimmt den Schmelzgrad vergleichungsweise mit ähnlichen Splitttern der folgenden Mineralien:

- | | |
|------------------|---|
| 1. Antimonglanz. | } In dickern oder dünnern Splitttern ohne Blasen, schon am Saume einer Wachssflamme schmelzend. |
| 2. Natrolith. | |
| 3. Almandin. | Nicht mehr am Kerzenlicht, leicht auch in stumpfen Stücken vor dem Löthrohre schmelzbar. |

4. Amphibol (sog. Strahlstein aus dem Ziemlich schwer und nur
Zillerthale). in dünnen Splintern vor
5. Orthoklas (Adular vom St. Gotthard). dem Löthrohre schmelz-
bar.
6. Bronzit (von Kupferberg, Ultenthal). Nur in den feinsten
Spitzen vor dem Löthrohre etwas abzurunden.

Beim Schmelzen oder überhaupt beim Erhitzen zeigen die Mineralien verschiedene Erscheinungen, welche wohl zu beachten sind, Anschwellen, Bersten, Aufblähen, Schäumen und Sprudeln, Verpuffen (auf Kohle), Krystallisiren ic.

Manche metallische Verbindungen werden auf Kohle reducirt, z. B. Dryde und viele Dryd-, auch andere Verbindungen von Blei, Kupfer, Zinn, Silber ic. Das erhaltene Metallkorn nennt man Regulus und hat auf dem Ambos mit dem Hammer zu untersuchen, ob es geschmeidig oder spröde ic. Das Schmelzprodukt ist auch näher, seinem Aussehen nach, zu bestimmen, es ist glasartig, porcellanartig, schlackig, porös ic.

Viele Mineralien scheiden beim Erhitzen flüchtige Substanzen aus und daran werden mancherlei Mischungstheile erkannt.

Schwefelverbindungen entwickeln, im Drydationsfeuer auf Kohle oder an dem Ende einer offenen Glasröhre erhitzt, den Geruch der schweflichten Säure.

Selenverbindungen geben so behandelt den Geruch von verfaultem Rettig.

Tellurverbindungen geben, an dem Ende einer offenen Glasröhre erhitzt, ein Sublimat, welches theilweise zu kleinen farblosen Tropfen schmilzt, wenn man das Rohr an der Stelle des Beschlages (von außen) erhitzt.

Arsenikverbindungen entwickeln, auf der Kohle erhitzt, knoblauchartigen Geruch.

Hydrate geben, in einer Glasröhre oder im Glaskolben erhitzt, Wasser an den kältern Theilen des Rohres, manche Quecksilberverbindungen ebenso metallisches Quecksilber.

Auf Kohle erhitzt, werden durch den Beschlag, welchen ihre Dryde um die Probe geben, erkannt:

Antimonverbindungen. Der Beschlag ist weiß und leicht flüchtig und färbt die Löthrohrflamme nicht merklich, während der ähnliche von Tellurverbindungen die Reductionsflamme schön blau und grün färbt.

Zinkverbindungen. Der Beschlag ist in der Hitze gelblich, nach dem Erkalten weiß und schwer flüchtig.

Wismuthverbindungen. Der Beschlag ist theils weiß, theils orange gelb und färbt die Flamme nicht.

Bleiverbindungen. Der Beschlag ist grünlisch gelb.

Auch die Färbung, welche manche Mineralien der Löthrohrflamme ertheilen, ist bemerkenswerth.

So ertheilen Strontianit und Lithionit eine schöne rothe Färbung, Chlorkupfer eine blaue, Boracit eine grüne, Baryt eine gelblichgrüne u. s. w.

Charakteristisch ist ferner die alkalische Reaction mancher Mineralien nach dem Glühen oder Schmelzen und die magnetische Reaction nach dieser Behandlung. Zur Ausmittelung der alkalischen Reaction wird die geglühte oder geschmolzene Probe auf Curcuppapier gelegt und mit einem Tropfen Wasser befeuchtet, es bilden sich dann bräunliche oder röthlichbraune Flecken auf dem Papier, wenn alkalische Reaction stattfindet. Diese Reaction zeigen alle Verbindungen der Alkalien und alkalischen Erden mit Kohlensäure, Schwefelsäure, Salpetersäure, Chlor und Fluor und Wasser. Auf die Magnetnadel wirken nach anhaltendem Glühen oder Schmelzen im Reductionsfeuer fast alle Eisen- und Nickelerze.

§. 3. Die Wichtigkeit der Löthrohrversuche steigert sich noch durch die Anwendung gewisser Fluxmittel und Zuschläge, mit welchen man die Probe schmilzt oder erhitzt. Dabei kommt in Betracht:

1. Das Verhalten zum Borax und Phosphorsalz*).

Die meisten Mineralien sind in diesen Flüssigkeiten beim Schmelzen, welches in dem Dohr eines Platindrahts geschieht, auflöslich, nur die Kieselerde und viele kiesel-saure Verbindungen sind im Phosphorsalz nicht oder nur wenig auflöslich und können daran erkannt werden. Charakteristische Färbungen ertheilen den Gläsern dieser Flüssigkeiten die nachstehenden Metallverbindungen:

Die Manganerze färben das Glas von Borax und Phosphorsalz im Drydationsfeuer violettroth und diese Farbe kann, wenn nur wenig von der Probe eingeschmolzen wurde, im Reductionsfeuer ganz fortgeblasen werden.

Alle kobalthaltigen Mineralien färben diese Flüssigkeiten schön saphirblau, alle chromhaltigen smaragdgrün, alle Eisenerze und überhaupt eisenhaltige Mineralien ertheilen ihnen im Reductionsfeuer eine bouteillengrüne Farbe, die sich beim Erkalten des

*) Borax ist zweifach bor-saures Natrum, Phosphorsalz — phosphor-saures Ammoniak — Natrum.

Glas es bleicht oder auch ganz verschwindet. Viele Kupferverbindungen geben mit Borax im Drydationsfeuer ein blaues oder grünes Glas, welches im Reductionsfeuer braun und trübe wird; die meisten Uranverbindungen geben mit Phosphorsalz im Drydationsfeuer ein dunkelgelbes, im Reductionsfeuer schön grünes Glas, dessen Farbe sich beim Abkühlen erhöht.

Die Vanadin-Verbindungen geben mit Borax im Reductionsfeuer ein smaragdgrünes Glas, wie die Chrom-Verbindungen, es färbt sich aber im Drydationsfeuer gelb und bleicht sich. Mit Salpeter im Platinlöffel geschmolzen, ist der Fluß bei Chrom-Verbindungen schwefelgelb und ertheilt, in Wasser gebracht, diesem eine gelbe Farbe; salpetersaures Silberoxyd bringt darin ein rothes Präcipitat hervor. Vanadin-Verbindungen ertheilen dem Wasser keine Farbe und Silberauflösung giebt ein blaßgelbliches Präcipitat. Die Farben der Niederschläge werden deutlicher, wenn nach der Fällung etwas Schwefelsäure zugesetzt wird.

Von mehreren Verbindungen kann mit Borax bei gutem Feuer ein klares Glas, auch bei großem Zusatz der Probe erhalten werden, welches aber dann, mit einer flackernden Flamme angeblasen, trüb und emailartig wird. Man nennt dieses Blasen Flattern, das Glas kann unklar geflattert werden.

2. Das Verhalten zur Soda*).

Man behandelt feine Splitter oder das Pulver der Probe mit der Soda gewöhnlich auf Kohle und nimmt von beiden ungefähr gleiche Volumtheile.

Die Kiesel Erde und mehrere Silicate schmelzen damit unter Brausen zu einem auch nach dem Erkalten klar bleibenden Glase zusammen.

Schwefel- und schwefelsäurehaltige Mineralien geben, auf Kohle damit geschmolzen, eine Masse (Hepar), welche, auf Silber gelegt und mit Wasser befeuchtet, auf diesem (von sich entwickelndem Schwefelwasserstoff) bräunliche oder schwärzliche Flecken hervorbringt. Wird die Masse mit etwas Wasser übergossen und dann ein Tropfen Nitroprussidnatrium zugesetzt, so nimmt die Flüssigkeit eine schöne violettrothe Farbe an**).

*) Man gebraucht gewöhnlich das zweifach Kohlen saure Natrum.

**) Um natürliche Schwefelverbindungen, die nur sehr wenig Schwefel enthalten, z. B. Hauyn, von schwefelsauren Verbindungen zu unterscheiden, schmilzt man ihr Pulver im Platinlöffel mit Kalihydrat, stellt dann den Löffel in ein kleines Glas mit Wasser, säuert die-

Aus sehr vielen Verbindungen können durch Schmelzen mit Soda auf Kohle regulinisch dargestellt werden: Wismuth, Zinn, Blei, Silber, Gold, Kupfer, Nickel u. a. Die Soda kann auch hier durch Cyankalium ersetzt oder damit gemengt angewendet werden, da dieses noch kräftiger reducirend wirkt. Zinnstein (Zinnoryd) wird damit sehr leicht reducirt.

Die Quecksilber-Verbindungen geben, mit Soda gemengt und im Glaskolben oder einer Glasröhre erhitzt, metallisches Quecksilber, welches sich in kleinen Kügelchen sublimirt, die beim Auswischen des Rohres mit einer Feder leicht erkannt werden.

3. Das Verhalten zur Kobaltauflösung.

Die Probe wird mit der Kobaltauflösung befeuchtet und in der Pincette als Splitter oder auch auf der Kohle als Pulver scharf geglüht. Die Reactionen sind nur bei unerschmelzbaren Mineralien sicher.

Die Thonerde und mehrere Verbindungen derselben nehmen dabei eine schöne blaue Farbe an, das Zinkoryd und viele Zinkverbindungen eine grüne (auch der Zinkbeschlag auf der Kohle wird damit grün), die Talkerde und mehrere ihrer Verbindungen eine bläulichrothe. Die Proben, welche diese Reactionen zeigen sollen, müssen für sich geglüht weiß oder nur wenig gefärbt sein. Die Kieselerde wird auch mit Kobaltauflösung bläulich, doch wenig und lichter als die Thonerde.

4. Das Verhalten zu Reagentien, welche eine Färbung der Flamme hervorbringen.

Alle kupferhaltigen Mineralien färben, nach vorhergegangenem Schmelzen mit Salzsäure befeuchtet, die Löthrohrflamme schön blau.

Strontianverbindungen, nach starkem Glühen oder Schmelzen mit einem Tropfen Salzsäure befeuchtet, färben die Flamme eines Kerzenlichtes (ohne Löthrohrblasen) roth, wenn sie an den Saum des blauen Theiles gehalten werden.

Phosphorsaure und borsaure Verbindungen färben, mit Schwefelsäure befeuchtet, die Löthrohrflamme blaß bläulichgrün oder rein grün.

ses mit etwas Salzsäure an und stellt dazu eine blanke Silberspatel. Wenn Schwefel vorhanden, läuft das Silber nach einiger Zeit gelblich an; bei einem bloßen Gehalt an Schwefelsäure läuft es nicht an.

Lithionhaltige Mineralien, mit saurem, schwefelsaurem Kali geschmolzen, färben die Flamme roth, und kieselborsaure Verbindungen, damit gemengt und mit Zusatz von Flußspath, färben sie vorübergehend grün. Dazu kann der Platindraht angewendet werden und die Proben in Pulverform.

Der Gebrauch des Löthrohrs, des für den Mineralogen und Chemiker wichtigsten und unentbehrlichsten Instrumentes, ist vorzüglich durch die Schweden Cronstedt, Gahn und Berzelius zu wissenschaftlichen Untersuchungen eingeführt worden. Ausführliche Arbeiten darüber geben Berzelius: „Anwendung des Löthrohrs in der Chemie und Mineralogie“, und Plattner: „Die Probirkunst mit dem Löthrohre“.

B. Von den chemischen Eigenschaften auf nassem Wege.

§. 1. Wo die Versuche vor dem Löthrohre nicht ausreichen, die Mischungstheile eines Minerals auszumitteln, da giebt ihr Verhalten auf nassem Wege die ergänzenden Kennzeichen. Für die dabei anzustellenden Versuche ist die Probe meistens zu einem feinen Pulver zu zerreiben und bei den Auflösungen die Wärme anzuwenden. Wo mit den geeigneten Auflösungsmitteln kein Angriff stattfindet, muß die Probe aufgeschlossen, d. h. mit dem 3—4fachen Gewichte von kohlensaurem Kali oder Natrum oder mit Kalihydrat oder mit dem 5—6fachen Gewichte von kohlensauerem Baryt geglüht oder geschmolzen und dadurch eine in Säuren auflösbare Verbindung künstlich hergestellt werden. Dazu werden Platin- und Silbertiegel angewendet. Die gewöhnlichen Auflösungsmittel sind: Wasser, Salzsäure für die meisten nichtmetallischen und Salpetersäure, zuweilen Salpetersalzsäure für die meisten metallischen Verbindungen, Schwefelsäure, Kalilauge, Ammoniak. Die Gefäße, deren man sich bedient, sind Glaskolben, Porzellanschalen, Platin- und Silbertiegel, Cylindergläser, Filtrirtrichter ic.

Bei Präcipitationen ist darauf zu achten, ein zweites Präcipitationsmittel nicht eher zuzusetzen, bevor man sich überzeugt hat, daß das erste keinen Niederschlag mehr hervorbringt, und die Niederschläge dabei jedes Mal zu filtriren. Die Wahl und Reihenfolge der Präcipitationsmittel lehrt die analytische Chemie und kann hier nur das zur Bestimmung der Mineralien Wichtigste angeführt werden. — (Vergl. auch meine „Grundzüge der Mineralogie“.)

§. 2. Es lassen sich auf dem nassen Wege folgende Mischungstheile erkennen, welche vor dem Löthrohr nicht oder nicht sicher ausgemittelt werden können:

Die Kohlensäure wird in ihren Verbindungen leicht durch das Brausen erkannt, welches entsteht, wenn das Probepulver (in der Kälte oder Wärme) mit verdünnter Salzsäure behandelt wird. Das sich entwickelnde Gas ist geruchlos.

Die Borsäure wird in ihren Verbindungen erkannt, wenn man die Probe (vor oder nach dem Aufschließen) mit Schwefelsäure eindampft und dann Weingeist zusetzt und diesen anzündet. Die Borsäure ertheilt ihm die Eigenschaft, mit grüner Flamme zu brennen.

Zur Ausmittlung von Chlor bereitet man eine salpetersaure Auflösung (mit chemisch reiner Säure) und setzt dann salpetersaure Silberauflösung zu. Chlor wird damit als Chlorsilber weiß gefällt und dieser Niederschlag wird am Licht schnell bläulichgrau.

Fluorverbindungen entwickeln, im Platintiegel mit Schwefelsäure erhitzt, Flußsäure, welche eine Glasplatte, womit man den Tiegel bedeckt, corrodirt. Verbindungen, die für sich von Schwefelsäure nicht zersetzt werden, müssen zuerst mit Kali oder kohlensaurem Natrum aufgeschlossen werden.

Die Kieselerde erkennt man in den Verbindungen, welche in Salzsäure vollkommen auflöslich sind, durch die Gallertbildung, welche beim langsamen Abdampfen der Auflösung entsteht. In andern Verbindungen wird sie bei Behandlung mit starken Säuren pulverförmig ausgeschieden und durch ihre Auflöslichkeit in Kalilauge und vor dem Löthrohr erkannt. Bei Silicaten, welche mit Kali aufgeschlossen werden, findet bei der Behandlung mit Salzsäure jedesmal Gallertbildung statt. Aus der Auflösung in Kali wird die Kieselerde durch Zusatz einer hinreichenden Menge von Salzmiaauflösung als Hydrat gefällt.

Zur Erkennung der Wolframsäure in ihren Verbindungen wird die Probe mit conc. Salz- oder Salpetersäure zersetzt und dabei die Wolframsäure als ein citron- oder grünlichgelber, beim Reiben mit einer Messingklänge grün und blau sich färbender Rückstand erhalten.

Zur Erkennung der Molybdänsäure bereitet man eine salzsaure Auflösung der Probe. Diese nimmt beim Umrühren mit einem Zinnblech sogleich eine schöne blaue Farbe an.

Zur Erkennung der Titansäure und ihrer Verbindungen bereitet man (öfters ist dazu Aufschließen mit Kalihydrat nothwendig) eine salzsaure Auflösung, filtrirt nöthigenfalls und legt dann ein

Blech von Stanniol hinein und kocht sie damit. Durch die erfolgende Reduction der Titansäure zu Titansesquioxyd (von Fuchs entdeckt), oder zum entsprechenden Chlorid, nimmt die Flüssigkeit bald eine schöne violettrothe Farbe an. Mit Wasser verdünnt, wird die Flüssigkeit rosenroth.

Tellurverbindungen ertheilen concentrirter Schwefelsäure bei gelindem Erhitzen eine schöne Purpurfarbe, Magyagit eine hyazinthrothe Farbe. Man nimmt am besten soviel Schwefelsäure, daß das Pulver in einem kleinen Glascolben 1" hoch bedeckt ist. Die rothe Flüssigkeit wird von Wasser, unter Abscheidung eines schwärzlichgrauen Präc. von Tellur, entfärbt.

Auch für die Nachweisung der folgenden Metalle in gewissen Verbindungen sind die Versuche auf nassem Wege die geeignetsten.

Silberhaltige Mineralien, in Salpetersäure aufgelöst, fällen mit Salzsäure Chlor Silber, welches, anfangs weiß, am Licht schnell bläulichgrau sich färbt.

Bleihaltige Mineralien geben in der nicht zu sauren salpetersauren Auflösung mit Schwefelsäure ein Präcipitat von schwefelsaurem Bleioxyd, welches vor dem Löthrohr leicht zu reduciren.

Wismuthhaltige Mineralien geben in der conc. salpetersauren Auflösung mit Wasser ein weißes, vor dem Löthrohr leicht reducirbares Präcipitat.

Nickelhaltige Mineralien geben in der salpetersauren Auflösung, nach Zusatz von etwas Chlorkalkauflösung, mit Ammoniak in Ueberschuß eine saphirblaue Flüssigkeit, in welcher Kalilauge ein grünliches, vor dem Löthrohr zu Nickel reducirbares Präcipitat hervorbringt.

Gold und Platin sind nur in Salpetersalzsäure auflösbar, Gold wird durch Eisenvitriol braun gefällt, der Niederschlag nimmt beim Reiben die Goldfarbe an. Platin wird durch Kalisalze gelb gefällt. — Bei nichtmetallischen Mineralien werden von den öfter vorkommenden Mischungstheilen aus der salzsauren Auflösung durch Ammoniak Thonerde, Beryllerde, Zirkonerde und Eisenoxyd gefällt, weiter im Filtrat durch klee saures Ammoniak Kalkerde und im Filtrat dieses Niederschlages durch phosphorsaures Natrium und Ammoniak die Bittererde, wenn deren vorhanden ist. Diese 3 Präcipitationsmittel werden unmittelbar nach einander der Auflösung zugesetzt und wenn dadurch nur Spuren von Niederschlägen entstehen, so ist es als ein Zeichen zu nehmen, daß die Probe von Säuren nicht zersetzt wird; geben sie aber dabei einen starken Niederschlag, so wird die Probe meistens vollkommen zersetzt, wenn sie hinlänglich fein gerieben ist u.

Wie man auf eine sehr einfache Weise mittelst des Löthrohrs und einiger Versuche auf nassem Wege die Mineralien systematisch bestimmen kann, zeigen meine „Tafeln zur Bestimmung der Mineralien z. 6. Aufl. München 1858 (Lindauer'sche Buchhandlung).

C. Von der chemischen Constitution.

Die chemische Constitution eines Minerals und die Gesetze seiner Mischung werden durch die chemische Analyse und durch die stöchiometrische Berechnung ihrer Resultate erkannt.

Unter Stöchiometrie versteht man die Lehre von den Quantitätsverhältnissen, in welchen sich die Elemente der Körper (dem Gewichte nach) chemisch verbinden. Diese Verhältnisse lassen sich in Zahlen ausdrücken, welche stöchiometrische Zahlen oder Mischungsgewichte heißen, wenn sie sich auf eine Einheit beziehen, als welche das Mischungsgewicht irgend eines Elementes angenommen wird.

Man nimmt gewöhnlich das Mischungsgewicht des Sauerstoffes als Einheit an und für diese Annahme drückt das Maximum, in welchem irgend ein anderes Element mit dem = 1 gesetzten Sauerstoff (dem Gewichte nach) Verbindung eingeht, die stöchiometrische Zahl dieses Elementes aus.

Ist nur eine Drydationsstufe oder Sauerstoffverbindung eines Elementes bekannt, so gilt vorläufig die Menge des mit dem Sauerstoff verbundenen Elementes als dieses Maximum, wenn nicht besondere Gründe zu einer andern Annahme berechtigen.

Die Kalkerde z. B. besteht, wie solches die Analyse angiebt, in 100 Theilen aus 71,429 Calcium und 28,571 Sauerstoff. Diese Gewichtstheile drücken also offenbar das Verhältniß aus, in welchem sich Calcium und Sauerstoff chemisch verbinden und wir könnten daher sagen, die stöchiometrische Zahl oder das Mischungsgewicht des Calciums sei 71,429, wenn die des Sauerstoffes = 28,571 gesetzt wird und wenn wir annehmen, daß von jedem dieser Elemente nur ein Mischungsgewicht in der Verbindung vorhanden.

Setzen wir aber, wie man darin übereingekommen, die stöchiometrische Zahl des Sauerstoffes = 1, so werden wir das Verhältniß haben $28,571 : 1 = 71,429 : x$ und x wird = 2,50 die stöchiometrische Zahl des Calciums.

Bei mehreren Drydationsstufen ist es natürlich die niedrigste bekannte, in welcher wir ein Mischungsgewicht Sauerstoff mit

einem Mischungsgewicht des andern Elementes verbunden annehmen, die höhern Stufen enthalten dann 2, 3 oder mehr Mischungsgewichte Sauerstoffe. Wir kennen z. B. 4 Drydationsstufen des Schwefels, deren Zusammensetzung in 100 Gewichtstheilen folgende:

	Schwefel.	Sauerstoff.
Schwefelsäure . . .	40,0	60,0,
Unterschwefelsäure . .	44,5	55,5,
Schweflichte Säure . .	50,0	50,0,
Unterschweflichte Säure	66,7	33,3.

Die unterschweflichte Säure oder die niedrigste Drydationsstufe (mit dem wenigsten Sauerstoff), als aus 1 Mischungsgewicht Schwefel und 1 Mischungsgewicht Sauerstoff bestehend, angenommen, wäre wieder die stöchiometrische Zahl des Schwefels = 66,7, wenn die des Sauerstoffs = 33,3 wäre. Setzt man aber, wie oben, die letztere = 1, so ist $33,3 : 1 = 66,7 : 2,00$ und also 2,00 die stöchiometrische Zahl des Schwefels. Wenn man die angegebenen Schwefelmengen der andern Drydationsstufen mit der so bestimmten stöchiometrischen Zahl des Schwefels = 2,00 dividirt, so erfährt man, wie viel Mischungsgewichte Schwefel darin enthalten sind, und erkennt dann das Gesetz der Verbindung mit dem Sauerstoff.

Wir erhalten so

	Mischungsgew. Schwefel		Mischungsgew. Sauerstoff	
für die Schwefelsäure	$\frac{40}{2}$	= 20	:	60 oder 1 : 3,
für die Unterschwefelsäure	$\frac{44,5}{2}$	= 22,25	:	55,5 oder 1 : 2½,
für die schweflichte Säure	$\frac{50}{2}$	= 25	:	50 oder 1 : 2,
für die unterschweflichte Säure	$\frac{66,7}{2}$	= 33,35	:	33,3 oder 1 : 1.

Man ersieht, wie durch diese Bestimmung der Mischungsgewichte nun die Gesetze der Verbindungen sich leicht herausstellen, welche die Angabe der Analyse unmittelbar nicht erkennen läßt.

In ähnlicher Weise sind aus den Dryden die meisten stöchiometrischen Zahlen berechnet worden; zu einigen ist man auch aus

andern Verhältnissen gelangt. Die bekannteren Elemente *) und ihre stöchiometrischen Zahlen oder Mischungsgewichte enthält nachstehende Tafel (I.) mit Angabe der Zeichen für diese Elemente, die stöchiometrische Zahl des Sauerstoffs (O) = 1,0000 gesetzt.

Namen.	Zeichen.	Stöch. Zahl.	Namen.	Zeichen.	Stöch. Zahl.
Aluminium	Al	1,7125	Molybdän	Mo	5,75
Antimon	Sb	8,0625	Natrium	Na	2,875
Arsenik	As	4,6875	Nickel	Ni	3,79
Baryum	Ba	8,5625	Osmium	Os	12,442
Beryllium	Be	0,580	Palladium	Pd	6,65
Blei	Pb	12,95	Phosphor	P	1,9375
Boron	B	1,3625	Platin	Pt	12,325
Brom	Br	4,894	Quecksilber	Hg	12,50
Cadmium	Cd	6,968	Rhodium	R	6,53
Calcium	Ca	2,50	Ruthenium	Ru	6,468
Cerium	Ce	5,908	Schwefel	S	2,00
Chlor	Cl	2,21875	Selen	Se	4,912
Chrom	Cr	3,345	Silber	Ag	6,75
Eisen	Fe	3,50	Silicium	Si	2,6625
Didym	D	6,00	Stickstoff	N	0,875
Fluor	F	1,20	Strontium	Sr	5,48
Gold	Au	12,275	Tellur	Te	8,065
Jod	I	7,94375	Thorium	Th	7,439
Iridium	Ir	12,337	Titan	Ti	3,148
Kalium	Ka	4,90	Uran	U	7,50
Kobalt	Co	3,69	Vanadium	V	8,56
Kohlenstoff	C	0,75	Wasserstoff	H	0,0625
Kupfer	Cu	3,966	Bismuth	Bi	13,30
Lanthan	La	5,88	Wolfram	W	11,50
Lithium	L	0,80	Zink	Zn	4,066
Magnesium	Mg	1,50	Zinn	Sn	7,353
Mangan	Mn	3,45	Zirconium	Zr	4,20

*) Selten und zum Theil noch wenig gekannt sind: Erbium, Terbium, Yttrium, Korium, Tantal und Niobium.

Diese stöchiometrischen Zahlen drücken nicht nur die Gewichtsmengen aus, in welchen sich die Elemente mit dem Sauerstoff verbinden, sondern sie bezeichnen auch genau die Gewichtsverhältnisse, nach welchen sie sich unter einander verbinden, wenn sie Verbindungen eingehen. Dergleichen Verbindungen geschehen immer so, daß sich ein Mischungsgewicht eines Elementes mit 1, 2, 3, n Mischungsgewichten eines andern, seltner, daß sich 2 Mischungsgewichte des einen mit 3 oder 5 des andern verbinden.

So vereinigen sich z. B. (s die vorige Tafel):

12,95 (Gewichtstheile oder 1 Mischungsgewicht) Blei

mit 1 (Gewthl.) Sauerstoff,
 „ 2,00 Schwefel,
 „ 2 × 2,21875 Chlor,
 „ 4,912 Selen;

und wieder 2,00 (Gewichtstheile) Schwefel

mit 4,066 Zink,
 „ 4,6875 Arsenik,
 „ 3,50 Eisen u. s. f.

Uebrigens sind bei weitem nicht alle Verbindungen beobachtet, die möglicher Weise vorkommen könnten; man kennt z. B. nur eine Drydationsstufe des Calciums, Aluminiums ic.

Die stöchiometrische Zahl oder das Mischungsgewicht einer Verbindung erhält man, wenn man die stöchiometrischen Zahlen der verbundenen Elemente addirt und jedes Mischungsgewicht oder stöchiometrische Zahl so oft nimmt, als die Mischung es anzeigt. Das Eisenorydul besteht z. B. aus 1 Mischungsgewicht Eisen und 1 Mischungsgewicht Sauerstoff, seine stöchiometrische Zahl oder sein Mischungsgewicht ist daher $3,50 + 1 = 4,50$; das Eisenoryd besteht aber aus 2 Mg. Eisen und 3 Mg. Sauerstoff, seine Zahl ist daher $2 \times 3,50 = 7,00 + 3 \times 1 = 10,0$; der gelbe Schwefelarsenik besteht aus 2 Mg. Arsenik $= 2 \times 4,6875 = 9,375$ und aus 3 Mg. Schwefel $= 3 \times 2,0 = 6,0$, also ist seine stöchiometrische Zahl $= 15,375$ und so ist es mit noch zusammengesetzteren Verbindungen.

Nachstehende Tafel enthält die stöchiometrischen Zahlen der am häufigsten vorkommenden Dryde und ihren Sauerstoffgehalt nach Procenten.

(Tafel II.)

N a m e n.	Zeichen.	Stöck. Zahl.	Sauerstoff in 100 Gthl.
Arseniksäure	Äs	14,375	34,79
Baryterde	Ba	9,5625	10,45
Beryllerde	Be	1,58	62,99
Bleioryd	Pb	13,95	7,17
Borsäure	Bö	4,3625	68,76
Chromoryd	Cr	9,69	30,96
Chromsäure	Cr	6,34	47,28
Eisenorydul	Fe	4,50	22,22
Eisenoryd	Fe	10,00	30,00
Kali	Ka	5,90	16,95
Kalkerde	Ca	3,50	28,57
Kieselerde	Si	5,6625	52,98
Kohlensäure	C	2,75	72,72
Kupferoryd	Cu	4,966	20,14
Lithion	L	1,80	55,55
Manganorydul	Mn	4,45	22,47
Manganoryd	Mn	9,90	30,30
Molybdänsäure	Mo	8,75	34,28
Natrum	Na	3,875	25,78
Nickelorydul	Ni	4,79	20,88
Phosphorsäure	P	8,875	56,33
Salpetersäure	N	6,750	74,07
Schwefelsäure	S	5,00	60,00
Strontianerde	Sr	6,48	15,43
Talkerde (Magnesia)	Mg	2,50	40,00
Zhonerde	Al	6,425	46,69
Titansäure	Ti	5,148	38,85

N a m e n.	Zeichen.	Stöch. Zahl.	Sauerstoff in 100 Gthl.
Uranoryd	Ü	18,00	16,66
Vanadinsäure	V	11,56	25,95
Wasser	H	1,125	88,90
Wismuthoryd	Bi	29,60	10,13
Wolframsäure	W	14,50	20,69
Zinkoryd	Zn	5,066	19,47
Zinnoryd	Su	9,353	21,38
Zirkonerde	Zr	11,40	26,31

Die stöch. Zahlen und Gesetze haben eine wissenschaftliche Erkenntniß chemischer Mischungen erst möglich gemacht und Analyse und Synthese haben ihren Anwendungen vorzüglich die Ausbildung zu verdanken, deren sie sich gegenwärtig erfreuen. Den Deutschen Wenzel, geb. 1740 zu Dresden, und Richter (1789), anfangs Bergprobirer in Breslau, gebührt der Ruhm, zuerst auf die stöchiometrischen Verhältnisse aufmerksam gemacht zu haben.

§. 2. Um die stöch. Verhältnisse einer chemischen Verbindung klar übersehen zu können, hat man Formeln, in welchen die Elemente mit bestimmten Zeichen, wie sie in den vorhergehenden Tafeln zu sehen, angegeben werden und weiter durch beigefügte Zahlen ausgedrückt wird, wieviel Mischungsgewichte davon enthalten sind. Da der Sauerstoff und der Schwefel sehr häufig in dergleichen Verbindungen vorkommen, so kürzt man die Zeichen bedeutend dadurch ab, daß man jedes Mischungsgewicht Sauerstoff durch einen Punkt bezeichnet, welchen man über das Zeichen des oxydirten Elementes setzt, und ebenso jedes Mischungsgewicht Schwefel durch ein Komma oder einen kleinen vertikalen Strich.

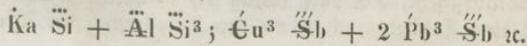
Ein horizontaler Strich durch das Zeichen eines Elementes bedeutet zwei Mischungsgewichte desselben und wird gebraucht, wenn sich ein solches nur zu zwei Mischungsgewichten für gewisse Mischungen verbindet.

Beispiele: $\overset{\cdot}{\text{Fe}} = 1$ Mg. Eisen + 1 Mg. Sauerstoff; $\overset{\cdot\cdot}{\text{Fe}} = 2$ Mg. Eisen + 3 Mg. Sauerstoff; $\overset{\cdot}{\text{Pb}} = 1$ Mg. Blei + 1 Mg. Schwefel; $\overset{\cdot\cdot}{\text{As}} = 2$ Mg. Arsenik + 3 Mg. Schwefel u.

Zur Bezeichnung der vorhandenen Menge von Mischungsgewichten werden Zahlen in Form von Coefficienten und Exponenten den Zeichen beigelegt. Dabei bezieht sich ein Exponent immer nur auf das Zeichen, bei welchem er steht, ein Coefficient aber auf alle Zeichen, vor denen er steht. Die Zahl 1 wird nicht angeschrieben.

So ist z. B. $\overset{\cdot}{\text{Ca}} \overset{\cdot\cdot}{\text{Si}}^2 = \overset{\cdot}{\text{Ca}}$ oder 1 Mg. Kalkerde + 2 $\overset{\cdot\cdot}{\text{Si}}$ oder 2 Mg. Kieselerde; $2 \overset{\cdot}{\text{Ca}} \overset{\cdot\cdot}{\text{Si}} = 2 \overset{\cdot}{\text{Ca}} + 2 \overset{\cdot\cdot}{\text{Si}}$ oder 2 Mg. Kalkerde + 2 Mg. Kieselerde; $2 \overset{\cdot}{\text{Ca}} \overset{\cdot\cdot\cdot}{\text{Si}}^2 = 2 \overset{\cdot}{\text{Ca}} + 4 \overset{\cdot\cdot}{\text{Si}}$; $3 \overset{\cdot}{\text{Ca}}^3 \overset{\cdot\cdot}{\text{Si}}^2 = 9 \overset{\cdot}{\text{Ca}} + 6 \overset{\cdot\cdot}{\text{Si}}$ u. s. f.

Die verschiedenen Glieder einer Verbindung werden durch das Zeichen + verbunden, z. B.



Um daher aus einer gegebenen Formel den Prozentgehalt einer Mischung zu berechnen, hat man zunächst auszumitteln, wie viele Mischungsgewichte von jedem Elemente oder Dryde vorhanden, dann die betreffenden stöch. Zahlen ebenso oft zu nehmen, zu addiren und für 100 Theile zu berechnen.

Man habe z. B. die Formel $\overset{\cdot}{\text{Ka}}^3 \overset{\cdot\cdot}{\text{Si}}^2 + 3 \overset{\cdot\cdot}{\text{Al}} \overset{\cdot\cdot}{\text{Si}}^2$ (Leucit), so sind darin enthalten:

	Stöch. Zahl.		
8 Mischg. Kieselerde	= 8	$\times 5,6625$	= 45,300 Kieselerde,
3 „ Thonerde	= 3	$\times 6,425$	= 19,275 Thonerde,
3 „ Kali	= 3	$\times 5,9$	= 17,700 Kali,
			<hr/> 82,275.

Man hat nun zur Berechnung für 100 Gewichtstheile

$$\begin{aligned} 82,275 : 45,300 &= 100 : x, \\ &: 19,275 = 100 : y, \\ &: 17,700 = 100 : z \text{ und findet so für} \end{aligned}$$

100 Theile x	=	Kieselerde	55,06,
		y = Thonerde	23,43,
		z = Kali	21,51,
			<hr/> 100,00,

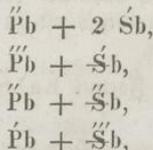
Man habe $\text{Pb}^3 \overset{''}{\text{Sb}}^2$, so enthält die Verbindung (Jamesonit):

					in 100 Thl.
9 Mg.	Schwefel	= 9 × 2,00	= 18,00	= =	20,2,
4 =	Antimon	= 4 × 8,0625	= 32,25	= =	36,2,
3 =	Blei	= 3 × 12,95	= 38,85	= =	43,6,
			89,10.		100,0.

§. 3. Wir haben aus dem Vorhergehenden ersehen, daß es keine Schwierigkeiten hat, aus einer gegebenen Formel die Mischung zu berechnen; anders verhält es sich, wenn für eine gegebene Mischung die Formel entworfen werden soll. Für ganz einfache Verbindungen, wo die Stellung der Mischungstheile sich gleichsam von selbst bestimmt, genügen dazu wenige Regeln, für complicirtere aber sind mancherlei chemische Erfahrungen zu berücksichtigen, um die Formel einigermaßen richtig zu entwerfen, und gleichwohl ist sie auch dann noch sehr oft unsicher und willkürlich.

Eine Formel, welche bei der Berechnung der Analyse nicht entspricht, vorausgesetzt, daß diese richtig sei, ist natürlich unrichtig; dagegen ist eine Formel, auch wenn ihre Berechnung der Analyse entspricht, deswegen noch nicht als richtig anzunehmen.

Folgende Formeln geben z. B. alle dasselbe Resultat der Berechnung:



nur die letzte, in so fern ihre Glieder in der Natur beobachtet werden und das chemische Verhalten dieser Zusammenstellung der Mischungstheile rechtfertigt, ist annehmbar.

Für nichtoxydirte Verbindungen hat man zur Entwerfung der Formel die Anzahl der Mischungsgewichte für jeden Mischungstheil zu berechnen, welches durch Division mit den betreffenden stöch. Zahlen geschieht.

Die Analyse z. B. gebe:

Schwefel	13,45,
Blei	86,55,
	100,00,

so erhält man durch Division mit den stöch. Zahlen (nach Tafel I.) für den Schwefel 6,725 Mg., für das Blei ebenfalls 6,68 Mg.,

welches natürlich im Verhältniß eben so viel als 1 Mg. Schwefel und 1 Mg. Blei. Die Formel ist daher PbS oder Pb .

Bei oxydirten Verbindungen kann man eben so verfahren, doch gelangt man leichter zu den Formeln, indem man den Sauerstoffgehalt der Mischungstheile (nach Tafel II.) berechnet, für die Resultate die kleinsten Verhältnißzahlen sucht, die Zeichen der Mischungstheile dann anschreibt und durch Beifügung der schicklichen Coefficienten und Exponenten das erkannte Sauerstoffverhältniß in der Formel herstellt. Dabei ist wohl zu merken, daß die Zeichen der Mischungstheile selbst unveränderlich sind und nur die Coefficienten und Exponenten nach Bedürfniß abgeändert werden dürfen.

Es sei z. B. gegeben:

Kieselerde 51,96,

Kalkerde 48,04,

100,00.

Berechnet man die Sauerstoffmengen, so erhält man für die Kieselerde 27,52, für die Kalkerde 13,72, Zahlen, die sich wie 2 : 1 verhalten. Man schreibt nun die Zeichen der Mischungstheile zusammen = $CaSi$ und es wäre an dieser Formel nichts zu ändern, wenn die Berechnung der Sauerstoffmengen von Kalk- und Kieselerde = 1 : 3 gegeben hätte. Da sie aber 1 : 2 gegeben, so ist Ca^3Si^2 zu schreiben, wo sie 3 : 6 = 1 : 2; man könnte aber dafür nicht $CaSi$ schreiben, denn Si wäre nicht mehr Kieselerde, wenn diese nämlich in andern Fällen als Si angenommen wird.

Bei complicirteren Mischungen, wo eine Säure oder entsprechender electronegativer Mischungstheil unter mehrere Basen zu vertheilen, hat man besonders die Regel zu beachten, nicht saure oder basische Verbindungen zu bilden, wo sich neutrale ergeben, und die einfacheren in der Natur vorkommenden Verbindungen in den complicirteren aufzusuchen. Neutrale Salze sind diejenigen, welche für 1 Atom Sauerstoff der Basis 1 At. oder 1 Mschg. Säure enthalten, so $Ka\ddot{S}$, $\ddot{A}l\ddot{S}^3$ u.

Ob die Mischungen, besonders die complicirten, wirklich so zusammengesetzt sind, wie wir es in den Formeln ausdrücken können, wissen wir nicht, es sind daher leicht übersehbare Formeln andern mit vielen Gliedern und Bruchzahlen vorzuziehen, selbst wenn letztere sich der Analyse etwas genauer anschließen. Zur Vergleichung von Mischungen und zur Berechnung von Gemengen sind die chemischen Formeln unentbehrlich.

§. 4. In gewissen Mischungen hat man beobachtet, daß sich verschiedenartige Mischungstheile gegenseitig so vertreten und ganz oder theilweise auswechseln können, daß dadurch das allgemeine stöchiometrische Verhältniß nicht verändert wird und auch die Krystallisation wesentlich dieselbe bleibt. Solche Mischungstheile heißen vicarirende oder isomorphe. So findet man von nahezu gleicher Krystallisation die Mischungen des Magnesit, Dolomit und Mesitin. Diese Mischungen sind:

Magnesit.	Sauerst.	Dolomit.	Sauerst.	Mesitin.	Sauerst.
Ü 52,38	= 38,09	Ü 47,83	= 34,78	Ü 44	= 32
Mg 47,62	= 19,05	Mg 21,74	= 8,69	Mg 20	= 8
<u>100,00.</u>		Ca 30,43	= 8,69	Fe 36	= 8
		<u>100,00.</u>		<u>100.</u>	

Im Magnesit ist der Sauerstoff von Mg zu dem von Ü = 19 : 38 oder = 1 : 2. Im Dolomit ist der Sauerstoff von Mg + Ca zu dem von Ü = 17,38 : 34,78 oder = 1 : 2. Im Mesitin ist der Sauerstoff von Mg + Fe zu dem von Ü = 16 : 32 oder = 1 : 2. Der Sauerstoff der Basen ist also in allen drei Verbindungen zu dem der Kohlensäure = 1 : 2 und sie können daher sämmtlich allgemein mit RÜ bezeichnet werden. Es ist aber dieses R im Magnesit vollständig durch Magnesia repräsentirt, während es im Dolomit zum Theil durch Kalkerde und im Mesitin zum Theil durch Eisenorydul vertreten ist. Kalkerde und Eisenorydul sind also hier als vicarirende oder isomorphe Mischungstheile für Magnesia eingetreten. Sie ersetzen sich stöchiometrisch und da ihre stöchiometrischen Zahlen verschieden sind, so ist auch die Zahl der Gewichtstheile verschieden, in denen sie für einander wechseln. So vicariren für 35 Gewichtstheile Kalkerde nicht 35 Gewichtstheile Magnesia, sondern nur 25, d. i. Mischungsgewicht für Mischungsgewicht oder hier solche Mengen, daß sie gleich viel Sauerstoff enthalten, jedes 10 Gewichtstheile. Damit erklärt sich auch, warum die Sauerstoffmenge im Mesitin nur 16, während sie im Magnesit 19 ist. Es wäre nämlich die Mischung für gleiche Zahlen folgende:

	Sauerstoff.	
Ü 52,25	= 38,0	} 19,0
Mg 23,75	= 9,5	
Fe 42,75	= 9,5	
<u>118,75.</u>		

Enthalten aber 118,75 Theile Mesfitin in den Basen 19 Sauerstoff, so enthalten 100 Theile 16 Sauerstoff.

Die vicarirenden Mischungstheile haben, wenn sie nicht Elemente sind, immer analoge Zusammensetzungen, und wenn sie für sich allein vorkommen, meistens sehr ähnliche Krystallisation*) und Spaltungsverhältnisse. Sowie einzelne Mischungstheile vicariren, so geschieht es auch bei ihren analogen Verbindungen und wird ihr Vertreten bei verschiedenen Mineralspecies immer in gleicher Weise beobachtet. Es gehören dahin

Ca u. Mg, Fe, Mn, Zn u.

Al u. Fe, Mn, Cr.

P u. As; Sb u. Sn; As u. Sn; Ka Cl u. Na Cl u.

Bei Entwerfung der Formel addirt man die Mischungsgewichte oder bei den Dryden auch die Sauerstoffmengen solcher als vicarirend erkannten Mischungstheile zusammen und entwirft die Formel, als wären sie nur einem Mischungstheil angehörig, und giebt diesem ein allgemeines Zeichen, z. B. R, R u. Will man aber die vicarirenden Mischungstheile selbst anzeigen, so schreibt man ihre Zeichen unter einander und faßt sie in eine Klammer oder man schreibt sie auch in der Klammer nebeneinander. Wenn z. B. eine Mischung (Granat) durch die allgemeine Formel $\bar{R}\bar{Si} + \bar{R}^3\bar{Si}$ ausgedrückt werden kann und man will für einen speciellen Fall angeben, daß \bar{R} durch \bar{Al} repräsentirt ist, \bar{R} dagegen durch Ca, Fe,

Mn, so schreibt man $\bar{Al}\bar{Si} + \left. \begin{array}{l} \text{Ca}^3 \\ \text{Fe}^3 \\ \text{Mn}^3 \end{array} \right\} \bar{Si} \text{ oder}$

$\bar{Al}\bar{Si} + (\text{Ca}, \text{Fe}, \text{Mn})^3 \bar{Si}$.

Die Quantitäten aber, in welchen Ca, Fe, Mn enthalten sind, können ohne weitere Zugaben von Bruchzahlen nicht aus einer solchen Formel berechnet werden und kann man nur durch die Reihung, indem man das Zeichen des in der größten Quantität vorkommenden Mischungstheils obenanstellt, ohngefähr angeben, in welchem Verhältniß sie vorkommen. Mischungen von gleicher Krystallisation, die nach demselben allgemeinen Gesetz gebildet sind und sich nur durch

*) Manche Differenzen haben sich in dem Verhältniß eines Dimorphismus begründet erwiesen. S. u.

verschiedenes Auftreten vicarirender Mischungstheile unterscheiden, bilden eine chemische Formation.

Interessante Beispiele sind die rhomboedrischen Carbonate. Es sind folgende bekannt:

		Spaltungsrhombocder.	
Calcit	Ca C̄	105° 5'	Scheitelfantenwinkel.
Dolomit	Ca C̄ + Mg C̄ od. Ca } Mg } C̄	106° 15'	" "
Magnesit	Mg C̄	107° 10'	" "
Siderit	Fe C̄	107°	" "
Messitin	Mg C̄ + Fe C̄ od. Mg } Fe } C̄	107° 18'	" "
Dialogit	Mn C̄	107°	" "
Smithsonit	Zn C̄	107° 40'	" "
Monheimit	Fe C̄ + Zn C̄	107° 7'	" "

Ferner die Spinellarten (tesseral)

Spinell	Mg Al,
Pleonast	Mg } Fe } Al,
Hercinit	Fe Al,
Gahnit	Zn } Mg } Al,
Kreittont	Zn } Fe } Al, Mg } Fe,
Franklinit	Zn } Fe } Fe, Mn } Mn,
Magnetit	Fe Fe,
Chromit	Fe } Cr, Mg } Al.

Ebenso wie wir aus einer Krystallcombination die einzelnen constituirenden Formen entwickeln und ein mögliches Erscheinen dieser für sich allein an der beobachteten Substanz vorherzusagen können, ebenso können wir aus zusammengesetzten Verbindungen mit vicarirenden Mischungstheilen das Vorkommen solcher vorherzusagen, die, nach gleichem Gesetze gebildet, nur einen der vicarirenden Mischungstheile enthalten.

So sind z. B. aus der Formel des Kreittonit nachstehende Mischungen zu ersehen:

Zn $\ddot{A}l$, von Ebelmen künstlich dargestellt.

Fe $\ddot{A}l$, als Hercinit vorkommend.

Mg $\ddot{A}l$, als Spinell vorkommend.

Zn $\ddot{F}e$, von Ebelmen künstlich dargestellt.

Fe $\ddot{F}e$, als Magnetit vorkommend.

Mg $\ddot{F}e$, noch nicht für sich beobachtet, angedeutet im Chlor-spinell.

Es würde aber nicht überraschen, wenn einmal Mg $\ddot{F}e$ vorkäme und ließe sich voraussagen, daß es dann in Oktaedern, wie der Kreittonit, krystallisirt wäre.

Auf die Verhältnisse des Vicarirens hat Fuchs zuerst aufmerksam gemacht, die Beziehungen zur Krystallisation hat erst Mitscherlich vollständig nachgewiesen.

Diesem Isomorphismus zur Seite steht ein anderer, bei welchem weder analoge Mischung, noch überhaupt eine nähere Beziehung der Mischungstheile gegen einander zu beobachten ist. Eine Menge sehr verschieden zusammengesetzter Mineralspecies zeigen sich von gleicher oder sehr ähnlicher Krystallisation (Krystallreihe) und es kommt dieses in allen Systemen vor. So haben gleiche Krystallreihe Quarz $\ddot{S}i$ und Chabasit $R^3 \ddot{S}i^2 + 3 \ddot{A}l \ddot{S}i^2 + 18 H$; Korund $\ddot{A}l$ und Phenakit $Be^3 \ddot{S}i$; Chrysolith $R^3 \ddot{S}i$ und Epsomit $Mg \ddot{S} + 7 H$ zc. Um diese Erscheinung zu erklären, hat man das Atom-Volum berücksichtigt und nimmt an, daß isomorphe Körper gleiches oder wenigstens ähnliches Atom-Volum haben, woraus aber nicht folgt, daß Mischungen von gleichem Atom-Volum auch nothwendig isomorph sein müssen. Da sich bei den Mischungen des eben besprochenen Isomorphismus mit Vicarirens diese annähernde Gleichheit des Atom-Volums in vielen Fällen deutlich herausstellt, so hat man den Grund gleicher Form auch bei solchen Mischungen, die nicht zu den eigentlich vicar-

rirenden gehören, in diesen Verhältnissen nachzuweisen gesucht. Das Atom-Volum eines Körpers ist ausgedrückt durch den Quotienten aus seinem spec. Gewicht in sein Atomgewicht oder Mischungsgewicht. Man weiß, daß 100 Gewichtstheile Gold einen kleinern Raum einnehmen, als 100 Gewthsle. Eisen, und wenn man diese Zahl 100 durch die spec. Gewichte der beiden Metalle dividirt, so erfährt man, in welchem Verhältnisse ihre Volumina stehen. Bei den Atom-Volumen ist es ähnlich, aber man will nicht wissen, wie sich die Volumina gleicher Gewichtsmengen verhalten, sondern wie sich die Volumina derjenigen Gewichtsmengen verhalten, nach welchen sich chemische Verbindungen bilden und diese sind in den stöchiometrischen Zahlen ausgedrückt.

Gerussit $\text{Pb}\ddot{\text{C}}$ und Strontianit $\text{Sr}\ddot{\text{C}}$ gehören zu den isomorphen Verbindungen, deren Basen vicarirende sind. Ihr Atom-Volum berechnet sich:

$$\begin{array}{l} \text{Pb}\ddot{\text{C}} \quad \text{Pb} = 1395 \\ \quad \quad \quad \ddot{\text{C}} = 275 \end{array} \quad \text{spec. Gew. } 6,5 \quad \frac{1670}{6,5} = 257 \text{ Atom-Volum.}$$

stöch. Zahl = 1670.

$$\begin{array}{l} \text{Sr}\ddot{\text{C}} \quad \text{Sr} = 648 \\ \quad \quad \quad \ddot{\text{C}} = 275 \end{array} \quad \text{spec. Gew. } 3,7 \quad \frac{923}{3,7} = 250 \text{ Atom-Volum.}$$

stöch. Zahl = 923.

Die Atom-Volumen sind nahezu gleich. So erhalten die isomorphen vicarirenden Mischungen $\text{Mg}\ddot{\text{Al}}$, $\text{Zn}\ddot{\text{Al}}$ *) , $\text{Fe}\ddot{\text{Fe}}$ die Atom-Volumen 251; 252; 284 u. s. w.

Dagegen zeigen Calcit $\text{Ca}\ddot{\text{C}}$ und Nitratin $\text{Na}\ddot{\text{N}}$ keine Analogie der Zusammensetzung und eine Verbindung beider oder ein Vicariren ist nicht anzunehmen. Sie krystallisiren aber sehr ähnlich

$$\begin{array}{l} \text{Ca}\ddot{\text{C}} \quad \text{Ca} = 350 \\ \quad \quad \quad \ddot{\text{C}} = 275 \end{array} \quad \text{spec. Gew. } 2,7 \quad \frac{625}{2,7} = 231 \text{ Atom-Volum.}$$

stöch. Zahl = 625.

$$\begin{array}{l} \text{Na}\ddot{\text{N}} \quad \text{Na} = 387 \\ \quad \quad \quad \ddot{\text{N}} = 675 \end{array} \quad \text{spec. Gew. } 2,26 \quad \frac{1062}{2,26} = 470 \text{ Atom-Volum.}$$

stöch. Zahl = 1062.

*) Nach Ebelmen ist das spec. Gew. = 4,58,

Es ist aber 231 : 470 nahe wie 1 : 2 und sind also 2 Mischungsgewichte oder 2 Atome Nitratin isomorph mit 1 Atom Calcit. Würden sie Verbindungen mit einander eingehen oder vicariren, so könnte man erwarten, daß es in diesem Verhältniß der Anzahl der Atome geschehen würde, also nicht, wie beim erstgenannten Isomorphismus, Atom für Atom, sondern 2 Atome des einen Körpers gegen 1 Atom des andern. Derlei Verhältnisse sind mehrere erkannt worden und Scheerer hat damit eine besondere Art des Isomorphismus aufgestellt, indem er denjenigen, wo sich Atom für Atom vertauschen läßt, den monomeren ($\mu\acute{o}\nu\omicron\varsigma$, einzeln, und $\mu\eta\rho\acute{o}\varsigma$, Theil, Glied), den letztern aber, wo m Atome eines Körpers A für n Atome eines Körpers B (für gleiches Atomvolum) zu vertauschen, den polymeren Isomorphismus nennt.

Im monomeren Isomorphismus ist ein Vicariren isomorpher Mischungen allgemein vorkommend, im polymeren scheint Aehnliches nur in einzelnen Fällen stattzufinden. Scheerer nimmt ein Vicariren an von 3 At. H für 1 At. Mg, Mn, Fe, überhaupt R; ferner ein Vicariren von 2 Si für 3 Al. Diese Annahmen haben sich bis jetzt nicht in allen Fällen bewährt, wo man es erwarten konnte. Man hat auch geltend zu machen gesucht (Laurent und Dana), daß sich Dryde von nicht analoger Zusammensetzung vertreten können, wenn sie in solchen Mengen genommen werden, daß ihre Sauerstoffmengen gleich seien, also 3 R für \bar{R} , wie z. B. in den ähnlich krystallisirenden Species Augit = $R^3 Si^2$ und Triphan = $(R^3 \bar{R}) Si^2$, und weiter hat Dana gezeigt, daß die Atomvolumen noch durch die Zahl der constituirenden Atome zu dividiren seien, um für die Mischung eine Einheit zu gewinnen. So ist das Atomvolum des Eisenoxyds Fe mit 5 zu dividiren, indem es zu betrachten als $\frac{2}{3} Fe + \frac{2}{3} O$; $\frac{2}{3} + \frac{2}{3} = \frac{4}{3} = 1$. In dieser Weise behandelt, sind die Zahlen für mehrere Atomvolumen fast gleich geworden, da sie ohne die Division nur proportional waren. S. Turmalin.

Alle diese Untersuchungen sind zur Zeit noch als Anfänge zur Lösung des Problems zu betrachten, denn sie setzen eine Menge von Thatsachen voraus, die nicht zureichend feststehen. Sie fordern genaue Analysen, genaue Bestimmung des spec. Gewichts, genaue Bestimmung der Zusammensetzung*) der constituirenden Atome, genaue

*) Die Kieselerde wird von vielen Chemikern als Si betrachtet, von andern als \bar{Si} oder auch als \bar{Si} und neuerlich von Bödeker als \bar{Si}

Kenntniß der stöchiometrischen Zahlen. Ueberall fast zeigen sich in den betreffenden Beobachtungen Differenzen und Schwankungen und mit kleinen Veränderungen fallen die Resultate der Rechnung oft sehr verschieden aus. In dem gegebenen Beispiel von Calcit und Nitratin haben sich die Atomvolumen wie 1 : 2 verhalten, nämlich = 231 : 470; wenn man aber durch die Zahl der Atome der Verbindungen, also beim Calcit $\text{Ca}\overset{\cdot\cdot}{\text{C}}$ durch 5, beim Nitratin $\text{N}\overset{\cdot\cdot}{\text{a}}\overset{\cdot\cdot}{\text{N}}$ durch 9 dividirt, so erhält man $\frac{231}{5} = 46,2$ und $\frac{470}{9} = 52,2$, welches sich dem Verhältniß 1 : 1 nähert*).

Bei den Mischungen tesseraler Krystalle hat man solche Gleichartigkeit des Atomvolumens weniger zu erwarten, weil man weiß, daß solche Krystalle sich beim Erwärmen nach allen Richtungen gleichmäßig ausdehnen, also mit verändertem Volum keine Winkel- und Formdifferenz eintritt. Solches ist aber bei den monoapen Krystallen nicht der Fall, da sie sich in verschiedenen Richtungen ungleich ausdehnen, also Formdifferenz stattfindet, wie Mitscherlich zuerst gezeigt hat.

Desters wird beobachtet, daß dieselbe Mischung in wesentlich verschiedener Krystallisation erscheint, welches Verhältniß man mit Dimorphismus, Trimorphismus, Polymorphismus bezeichnet. Wohl erwiesene Beispiele sind $\text{Ca}\overset{\cdot\cdot}{\text{C}}$ als Aragonit rhombisch, als Calcit hexagonal krystallisirend; $\overset{\cdot\cdot}{\text{Sb}}$ und $\overset{\cdot\cdot}{\text{As}}$ tesseral und auch rhombisch, die Titansäure $\overset{\cdot\cdot}{\text{Ti}}$ als Rutil und Anatas quadratisch, aber von verschiedenen Krystallreihen, als Brookit rhombisch u.

Der Grund dieser Erscheinung ist unbekannt; vielleicht ist er darin zu suchen, daß dergleichen Krystalle nicht dieselbe absolute Anzahl von Atomen ihrer sonst gleichen Mischung einschließen, daß daher ein solcher Krystall des einen Systems von der Mischung (M), in einem zweiten m (M) und in einem dritten m' (M) sein kann, wo m, m' die Zahl der constituirenden Atome angeben. So sollte das Manganoxyd, welches das Eisenoxyd in vielen Mischungen vicarirend vertritt, auch wie dieses hexagonal krystallisiren. Es krystallisirt aber als

*) Die Verschiedenheit zweier Atomvolumen wird nicht geradezu durch die Differenz zwischen ihnen gemessen, sondern als Maß dient das arithmetische Mittel zwischen beiden. Wenn das Atomvolumen eines Körpers V, das eines andern V', so ist die Differenz $D = \frac{V - V'}{\frac{1}{2}(V + V')}$ und je kleiner D, um so vollkommener findet Isomorphismus statt (Ropp).

Braunit (welcher Mn) quadratisch. Die Krystallverschiedenheit ließe sich erklären, wenn der Braunit nicht 1 Mn vorstellte, wie man beim Eisenoryd oder Hämatit 1 Fe annimmt, sondern wenn er m Mn , z. B. 2 Mn vorstellte, wobei das Atomvolum auch ein anderes (obgleich proportional), als das des Eisenoryds würde. —

Es kommen Fälle vor, wo die Gestalten einer dimorphen Substanz an einem Krystalle in der Art zugleich auftreten, daß ein solcher äußerlich die eine Gestalt, innerlich aber die zweite zeigt. Scheerer hat solche Krystalle Paramorphosen (von $\nu\alpha\gamma\alpha$, neben, zugleich, und $\mu\omicron\sigma\sigma\omega\sigma\iota\varsigma$, Gestalt) genannt. Ein solcher Krystall hatte ursprünglich die äußere Form und war ihr entsprechend auch innerlich gestaltet, durch Temperaturveränderung und andere Veranlassung zu einer Molecularbewegung oder Verschiebung der kleinsten Theilchen haben sich diese später zu andern Krystallen umgelagert, die erste Form (die ältere Paläo-Form) hat sich aber äußerlich erhalten. Ein Beispiel ist der Schwefel. Er krystallisirt gewöhnlich rhombisch, aus dem Schmelzfluß aber klinorhombisch. Letztere Krystalle verändern sich allmählig innerlich in ein Aggregat rhombischer Krystalle, während die ältere klinorhombische Form äußerlich erhalten bleibt. Scheerer hat solche Paramorphosen für mehrere Mineralien angenommen, z. B. für gewisse Natrolithe, Albite, Amphibole-rc. Will man hier sicher gehen, so muß man die betreffenden Mischungen in beiden Krystallformen für sich kennen, wie beim Schwefel, außerdem ist eine Verwechslung mit einer Pseudomorphose leicht möglich.

II. Systematik.

Die Systematik lehrt die Begriffe der Gleichartigkeit und Aehnlichkeit auf die Mineralien in der Art anwenden, daß sie damit die Klassifikationsstufen bestimmt, welche Species, Geschlecht, Ordnung und Klasse heißen und in einer entsprechenden Reihung das System bilden.

Unter Mineralspecies versteht man den Inbegriff solcher Mineralien (oder Mineralindividuen), welche in ihren wesentlichen Eigenschaften gleichartig sind. Diese Eigenschaften und darunter vorzüglich Krystallisation und Mischung,