

	y	y_1	$y - y_1$
Zink - Eisen (nicht gut aneinander geschliffen)	123,5	122,2	1,3
Eisen - Kupfer (desgl.)	68,4	66,1	2,3
Kupfer - Eisen (durch Papier getrennt)	238,5	192,5	46
Zink - Wismuth (desgl.)	219	211	8

Aus diesen Differenzen ist indessen nicht ein Uebergangswiderstand der Wärme zu folgern. Wenn an der Berührungsstelle die Leitungsfähigkeit der verbundenen Stangen, wie in den vorliegenden Versuchen durch mangelhafte Berührung oder Einschaltung von Papier stark vermindert wird, so tritt schon dadurch ein sehr starker Abfall der Temperatur an jenen Stellen hervor, durch welchen leicht die Differenz der Temperaturen der zwei Stangen an der Berührungsstelle erklärt werden kann.

II. *Ueber die Ausbildung der Krystalle; von Frankenheim.*

Bei aller Sorgfalt, welche man auf die Bestimmung der einzelnen Flächen und Combinationen zu wenden pflegt, ist die Ausbildung im Ganzen, d. h. das Gesetz, von welchem die Gesamtheit der vorkommenden Flächen, namentlich der durch Spaltbarkeit oder Ausdehnung ausgezeichneten, abhängt, bis jetzt nur wenig berücksichtigt worden. Man weiß zwar, daß, wenn die Grundform passend gewählt ist, die Coëfficienten aller Flächen rationale und in der Regel auch kleine, einzifferige Zahlen sind; daß ferner viele der vorkommenden Flächen parallele Durchschnitte haben oder in *eine* Zone fallen. Aber innerhalb dieser Gränzen bleibt der Ausbildung noch ein großer Spielraum offen, und sie erscheint auch in allen Beschreibungen als eine von der Gestalt der Grundform unabhängige Eigenschaft.

Man kennt Krystall-Species von sehr ungleicher Ausbildung, deren Grund-Verhältnisse nahe übereinstimmen, und andererseits haben ausgezeichnete Krystallographen es als eine Merkwürdigkeit hervorgehoben, wenn zuweilen Krystalle von verschiedenen Grundformen eine ähnliche Ausbildung hatten.

Es ist die Ursache dieser scheinbaren Unabhängigkeit der Ausbildung von der Grundform, die ich hier näher betrachten will.

Die Anzahl der zu solchen Untersuchungen geeigneten Krystall-Species ist jedoch im Verhältniß zu den überhaupt bekannten nur klein. In der Regel kommen fast bloß die nirgends fehlenden Flächen mit den Coëfficienten 0 oder ∞ und 1 vor, und nur in einigen unter sehr mannigfaltigen Umständen gebildeten Mineralien und wenigen Kunst-Producten ist die Anzahl der beobachteten Formen größer. Aber hier läßt die Beobachtung sehr vieles zu wünschen übrig.

Viele der von den Mineralogen, sogar von geübten Beobachtern, wie Levy, angegebenen Flächen, besonders solchen, deren Lage ganz oder größtentheils durch Winkel-Messung, nicht durch Zonen bestimmt ist, sind unsicher, oder wie die Wiederholung der Beobachtung an denselben oder ähnlichen Exemplaren gezeigt hat, bekanntlich falsch. Man kann keine Fläche für zuverlässig bestimmt halten, die in gestreiften, drusigen oder gekrümmten Zonen vorkommt. Bei vielen Flächen, die dem bloßen Auge glatt und selbst glänzend erscheinen, reicht oft eine mäßige Vergrößerung hin, um sie als ein Aggregat kleiner, oft mehreren Individuen angehöriger Flächen zu erkennen. Man würde eine Kante nicht selten sogar bei starker Vergrößerung für regelmäsig halten, wenn sie nicht vor unseren Augen durch eine theilweise Auflösung des Krystalls gebildet wäre. Wer an die Beobachtung von Krystallen unter dem Mikroskope gewöhnt ist, wird das Daseyn vieler von den Mineralogen als selten bezeichneter Flächen bezweifeln müssen.

Dafs viele der in den Verzeichnissen aufgeführten Flächen blofs auf einer falschen Reduction krystallographischer Zeichen oder gar nur auf Schreib- oder Druckfehlern beruhen, ist bekannt und bei der grofsen Unvollkommenheit einiger Bezeichnungsweisen leicht erklärlich. Andere Flächen waren zwar richtig beobachtet; sie gehörten aber nicht *einem* Individuum, sondern zwei oder mehreren zwillingsartig verwachsenen an. Hin und wieder mag auch der Wunsch etwas neues zu entdecken auf die Kritik bei der Aufnahme neuer Krystallformen nachtheilig eingewirkt haben.

Wenn man also auch keinesweges alle von einzelnen Beobachtern angegebenen Flächen für zuverlässig halten darf und man z. B. von den 140 Flächen des Kalkspaths einen grofsen Theil wird streichen müssen, so bleibt immer noch eine Anzahl gut ausgebildeter Krystallarten übrig, bei denen sich eine zur Untersuchung hinlängliche Anzahl gut bestimmter Flächen vorfindet.

Um eine Fläche zu bezeichnen bediene ich mich, wie in älteren Abhandlungen, der Methode der Normalen, deren Coordinaten nach drei senkrecht oder schief geneigten Axen bestimmt werden. Von einer Fläche, die Weifs oder G. Rose ($\alpha a : \beta b : \gamma c$) bezeichnen, wird die Normale das Zeichen pqr erlangen, wenn $p = \frac{1}{\alpha}$; $q = \frac{1}{\beta}$; $r = \frac{1}{\gamma}$ ist oder $p\bar{q}\bar{r}$, wenn die Coëfficienten von q und r negativ sind. Ich werde, wo eine Verwechselung nicht zu fürchten ist, durch pqr sowohl die Normale als die Fläche bezeichnen.

Die Lage der Axen und das Verhältnifs ihrer Dimensionen ist zwar bei der Anwendung der Methode der Normalen verschieden von derjenigen, welche man bei Flächen anwenden mufs; dieses übt aber keinen Einflufs auf die Gröfse der Coëfficienten aus. Auch ist die Reduction sehr leicht.

Diese Methode besitzt zugleich mit der Weifs'schen

den Vorzug, dafs man jede einzelne Fläche, und wäre es die eines 48-Flächners, von jeder anderen ihr ganz symmetrisch gelegenen mit Leichtigkeit unterscheiden kann. Die Unmöglichkeit dieses auf eine bequeme und bestimmte Weise bei der Anwendung irgend einer anderen üblichen krystallographischen Bezeichnungs-Weise zu erreichen, hat unzählige Fehler bei der Angabe der Winkel der pyramidalen und sogar der prismatischen Formen und bei der Auffassung der Hemiëdrien hervorgebracht.

Die Ursache, welche uns bewogen hat, statt der älteren Methode von Weifs, die fast allen Anforderungen, welche man stellen kann, vollständig genügt und überdies den Vorzug einer gröfseren Anschaulichkeit besitzt, dennoch die der Normalen anzuwenden, wird sich aus dem Folgenden ergeben.

Die ersten Beispiele für die Ausbildung werde ich aus dem triklinischen Systeme nehmen, wo man bei der Wahl der Grundform und des Grund-Verhältnisses an keine Hypothese über die Symmetrie gebunden ist und sich daher ausschliesslich von der Lage der Flächen selbst kann leiten lassen.

Von den Krystallen dieser Klasse hat der *Feldspath* die reichste Ausbildung, welche auch bei allen Unterarten desselben, dem Orthoklas, Albit, Anorthit u. s. w., ungeachtet beträchtlicher Winkel-Unterschiede, ganz dieselbe ist. Ich stelle die sämtlichen von G. Rose am *Albit* und *Anorthit*, deren triklinische Form keinem Zweifel unterworfen ist, beobachteten Flächen zusammen und gebe von den bekannten Hauptflächen P , M , T aus, der Normalwinkel von PT spitz, von MT stumpf genommen. Der Normalwinkel PM , der beim Orthoklas nahe rechtwinklich ist, ist unter jener Voraussetzung, wenn die Angaben richtig sind, bei dem Anorthit gröfser, bei dem Albit kleiner als ein Rechter.

100 *P*, 010 *M*, 001 *T*;
 011 *l*, 011̄ *z*, 021 *f*, 012 *k*;
 101 *s*, 101̄ *m*, 201 *g*, 102 *u*, 110 *n*; 110̄ *e*;
 111 *s'*, 111̄ *m'*, 112 *y*, 112̄ *t*,
 212 *x*, 122 *u'*, 132 *v*, 312 *q*.

Außerdem scheinen nach Kupffer's Beobachtungen am Orthoklas noch 102̄ und 310 vorzukommen und einige andere, die sich aber nicht mit Sicherheit bestimmen lassen, weil der Feldspath von ihm monoklinisch aufgefaßt ist.

PMTl fehlen selten. *sznxy* sind ebenfalls häufig. Die übrigen, namentlich *v* und *q*, bei denen der Coëfficient 3 vorkommt, sind selten. Flächen, in deren Normalen ein noch höherer Coëfficient vorkommt, sind bis jetzt noch nicht mit Sicherheit beobachtet.

PMT sind bekanntlich die Richtungen, denen die leichteste Spaltbarkeit entspricht.

In einer anderen ebenfalls gut ausgebildeten Krystallart dieser Klasse, nämlich in dem *salpetersauren Quecksilber-Oxydul*, $\text{Hg}^{\text{I}} \text{N}^{\text{III}} \text{H}^{\text{II}}$, ist die Reihe der Flächen fast noch regelmässiger wie im Feldspath. Wenn man von den Marignac'schen Flächen *PLT* ausgeht, wobei die Normalwinkel von *PL* 81° 28'; *PT* 110° 58'; *LT* 103° 29' sind, so ist die Reihe der beobachteten Flächen ¹⁾

100 010 001; 011 011̄ 012 013

101 101̄ 201 201̄ 102 301̄ 203; 110 110̄ 120.

Vorherrschend sind 100 010 001 011 012 101; die übrigen sind klein und selten.

Von den übrigen 33 bis 35 triklinischen Krystall-Species ist nur bei vier eine grössere Anzahl als 10 Flächen mit ihren parallelen beobachtet. Bei jenen kommt niemals eine Fläche mit einem Coëfficienten über 2 vor. Bei dem Axinit, Kupfer-Vitriol und vierfach oxalsauren Kali, wo

1) Einige der hier genannten Flächen, die Marignac nicht anführt, habe ich beobachtet.

etwa 16 Flächen, und bei dem unterschwefligsauren Kalk, wo ihrer 23 sind, kommt auch der Coëfficient 3 vor, aber nur bei sehr untergeordneten Flächen, und ein Coëfficient, der gröfser als 3 wäre, kommt bei einer passenden Wahl der Grundform in keinem einzigen Krystalle dieser Klasse vor.

Wo Spaltungs- oder Absonderungs-Flächen beobachtet werden können, gehören sie immer den ersten Gliedern der Reihe an. Jene sind gewöhnlich 100 010 001; auch 110, wenn zugleich Spaltungs-Richtungen nach 100 und 010 beobachtet werden. Die triklinischen Krystalle unterscheiden sich daher wohl in den Dimensionen und Winkeln der Grundformen und in der Anzahl der an den Individuen beobachteten Flächen. Aber die Art der Flächen d. h. die Ausbildung ist bei allen übereinstimmend, sobald man die Grundform so wählt, dafs das Zeichen der Hauptflächen blofs die Coëfficienten 0 und 1 enthalten.

Von keinem Körper sind so viele Krystallformen bekannt, wie vom *Kalkspath*. Zippe zählt in seiner 1851 erschienenen Monographie desselben 138 verschiedene Flächenarten auf, die sich zu vielen hundert Gestalten gruppiren. Unter diesen sind freilich mehrere sehr unzuverlässig. Bei einigen sind Beschreibung, Zeichnung und die krystallographische Formel im Widerspruch. Andere liegen in einer gestreiften oder gekrümmten Zone. Indessen bleibt auch nach Abzug dieser unsicheren Formen die Mannigfaltigkeit derselben grofs genug, um das Gesetzmäfsige, welches die Ausbildung ungeachtet aller Zufälligkeit im Einzelnen haben mufs, nachzuweisen, wenn dieses überhaupt möglich ist.

Betrachtet man jedoch die Reihenfolge der Flächen nach der Häufigkeit ihres Vorkommens und ihrer Ausdehnung nach irgend einer der in Deutschland bisher üblichen Terminologien, so scheint die Auswahl der herrschenden Flächen ganz zufällig zu seyn.

R ist häufig, während $\frac{1}{2}R$ $2R$ $3R$ selten oder gar nicht vorkommen und erst $4R$ wieder häufiger auftritt. — $2R$

und $-\frac{1}{2}R$ gehören zu den gewöhnlichsten, dagegen $-R$ zu den ungewöhnlichsten Flächen.

Von den Scalenoëdern ist R^3 , nach Naumann's Weise bezeichnet, sehr häufig; ebenso, wenn auch in etwas geringerem Maasse, $-\frac{1}{2}R^3$ und $-(\frac{5}{4}R)^{\frac{1}{4}}$ während $-R^2$ und $-R^4$ sehr selten sind.

Bezieht man dagegen die Normalen auf die den Spaltungsflächen perpendicularen Axen, so ergibt sich ein ganz anderes Resultat. Um die Reduction dieser Bezeichnungsweise auf die gewöhnlichen zu erleichtern, will ich bemerken, daß, wenn abc das Zeichen einer Normale oder Fläche ist, abb ein Rhomboëder ist und zwar zweiter Reihe, wenn $\frac{a}{b}$ zwischen $+1$ und -2 liegt; sonst ist es erster Reihe.

Wenn $a+b+c=0$, so ist es ein Prisma. Unter diesen sind die wichtigsten $01\bar{1}$, welches die Seitenkanten aller Rhomboëder, und $2\bar{1}\bar{1}$, welches die Seitenecken derselben abstumpft. 111 ist die Basisfläche, die gerade Abstumpfung der Hauptecke.

Wenn einer der drei Coëfficienten $= \frac{a+b+c}{3}$ ist, so ist abc das Zeichen einer regulär sechsseitigen Pyramide.

Ich werde alle von Zippe angegebenen Formen zusammenstellen, nur diejenigen ausgenommen, welche er selbst und zwar mit vollem Recht als unsicher, ja falsch bezeichnet. Ferner werde ich diejenigen Flächen, welche durch ihre Seltenheit, da sie in der Regel nur an einer einzigen Combination oder gar nur an einem Individuum beobachtet sind, oder durch ihre Rauheit oder Krümmung Zweifel erregen, durch ein Fragezeichen unterscheiden. Diese Flächen nehmen, wenn sich ihre Richtigkeit auch bestätigen sollte, jedenfalls nur eine sehr untergeordnete Stellung in der Entwicklung der Krystallformen ein.

001 011 01 $\bar{1}$ 111 11 $\bar{1}$

012 01 $\bar{2}$ 112 11 $\bar{2}$ 11 $\bar{2}$ 122 12 $\bar{2}$ 1 $\bar{2}$ 2

013 01 $\bar{3}$? 113? 11 $\bar{3}$ 1 $\bar{1}$ 3 13 $\bar{3}$ 1 $\bar{3}$ 3
 023? 02 $\bar{3}$ 22 $\bar{3}$ 2 $\bar{2}$ 3 23 $\bar{3}$ 2 $\bar{3}$ 3 1 $\bar{2}$ 3
 014? 11 $\bar{4}$ 11 $\bar{4}$? 14 $\bar{4}$?
 03 $\bar{4}$ 33 $\bar{4}$ 33 $\bar{4}$ 34 $\bar{4}$ 1 $\bar{2}$ 4? 23 $\bar{4}$?
 015 01 $\bar{5}$? 11 $\bar{5}$? 1 $\bar{5}$ 5? 02 $\bar{5}$? 22 $\bar{5}$? 2 $\bar{2}$ 5 25 $\bar{5}$? 2 $\bar{5}$ 5?
 03 $\bar{5}$? 03 $\bar{5}$? 33 $\bar{5}$? 3 $\bar{5}$ 5 3 $\bar{5}$ 5? 4 $\bar{5}$ 5
 13 $\bar{5}$? 13 $\bar{5}$? 14 $\bar{5}$ 14 $\bar{5}$? 23 $\bar{5}$? 24 $\bar{5}$ 34 $\bar{5}$?
 016? 01 $\bar{6}$ 34 $\bar{6}$? 05 $\bar{6}$? 55 $\bar{6}$?
 017? 027? 227? 037? 337? 047? 447?
 557? 157? 257 357 677? 167? 267?
 188? 058? 588? 778? 278?
 449? 559 559? 889?
 1 8 10? 5 5 11? 1 7 11? 0 11 13? 2 7 13?
 1 9 15? 0 9 17? 9 9 19? 3 11 21?

Also 96 verschiedene Flächenarten, von denen jedoch 58 sehr selten oder gar nicht vorkommen. Bei mehreren der in Frage gestellten Flächen läßt sich das wahre Zeichen durch die Combinationen, in denen sie vorkommen, fast mit Sicherheit erkennen.

9 9 19, 5 5 11, 559 449 447 sind wohl weiter nichts als gekrümmte 11 $\bar{2}$.

889 778 677 655 und vielleicht auch 455 bloß 11 $\bar{1}$.

Die übrigen 38, unter denen sich 17 Rhomboëder befinden, sind:

001 011 01 $\bar{1}$ 111 11 $\bar{1}$
 012 01 $\bar{2}$ 112 11 $\bar{2}$ 1 $\bar{1}$ 2 122 12 $\bar{2}$ 1 $\bar{2}$ 2
 013 11 $\bar{3}$ 1 $\bar{1}$ 3 133 1 $\bar{3}$ 3
 023 223 2 $\bar{2}$ 3 233 2 $\bar{3}$ 3 1 $\bar{2}$ 3
 114 034 334 33 $\bar{4}$ 344
 015 355 455 145 245
 016 257 357 559.

Unter diesen sind die Flächen, deren Coëfficienten Null oder Eins sind, sowohl in der Ausdehnung als in der Häufigkeit des Vorkommens bei Weitem überwiegend, wenn auch nicht gerade jede Fläche mit kleineren Coëfficienten häufiger ist, als eine jede mit größeren. Die Zahl *zwei* ist schon seltener als *eins*, und Flächen, deren Coëfficienten größer sind als *drei*, gehören zu den Ausnahmen.

Der Kalkspath ist also, wie schon Neumann in Königsberg vor vielen Jahren bemerkt hat, in seiner Ausbildung dem Feldspathe ähnlich. Nur ist bei ihm der Einfluss der Winkel noch deutlicher, indem von jenen 38 Flächen nur drei 211 111 und 122 die stumpfe Ecke der Grundform abstumpfen, die spitzen Ecken dagegen von 25 Flächenarten abgestumpft werden.

Die dem Kalkspathe isomorphen *kohlen-* und *salpetersauren* Salze sind weniger ausgebildet, ihm aber in der Ausbildung gleich. Dasselbe gilt von dem, wenn es nicht hemiëdrisch ist, ihm ganz isomorphen *Rothgiltigerz*.

Die übrigen Krystalle dieser Klasse, mit alleiniger Ausnahme des Quarzes und des Zinnobers, von denen ich weiter unten sprechen werde, verhalten sich ebenso, und es findet kein anderer Unterschied in der Ausbildung statt, als dafs da, wo die Grundform ein spitzes Rhomboëder ist, wie im *Eisenglanz*, die Flächen *abo abb 111* in der Regel häufiger und ausgedehnter sind, wie $\bar{a}\bar{b}o \bar{a}\bar{b}b \bar{1}11$, der Habitus also tafelartiger wird. Auch bei den triklinischen Krystallen sind die spitzen Ecken und Kanten gewöhnlich mehr ausgebildet als die stumpfen.

Auch die Hemiëdrie bringt keinen Unterschied hervor. *Phenakit* und *Turmalin* verhalten sich wie Kalkspath und Eisenglanz.

Genau dieselbe Ausbildung wird auch an vielen Krystallen der übrigen krystallographischen Klassen beobachtet. Bestimmt man, wie es fast von allen Krystallographen geschieht, die Lage der Flächen eines *monoklinischen* Krystalls nach den drei Axen, welche auf den Flächen eines geraden

rhomboëdischen Prismas perpendicularär stehen, d. h. eines Parallelepipedes, welches aus den beiden geraden Abstumpfungen eines rhombischen Prismas und einer schiefen Endfläche gebildet wird, so ist die Reihe der Formen beim *Epidot*, *Lazulith*, *Realgar*, *Euklas* und der ihm isomorphen *Zimmtsäure* und vieler anderen Krystall-Species ganz wie im Feldspath oder Kalkspath.

Von *isoklinischen* ¹⁾ oder zwei und zweigliedrigen Krystallen findet sich diese Ausbildung bei dem *salzsauren Baryt*, *Wavellit*, der *Citronensäure*, dem *Liebrit*, *Aeschynit*, dem *Turnerit*, *Wagnerit*, dem *unterschwefligsauren Natron*, dem *dreifach chromsauren Kali*, dem *Chrysolith* und *Chrysoberyll*, dem *Anhydrit* nebst den mit ihm isomorphen *Skorodit* und *Bournonit*. Ferner bei den hemiëdrischen Krystallen des *schwefelsauren Zinks* und *Talks*, dem *Weinstein*, dem *Topas* und dem mit ihm isomorphen *äpfelsauren Kalk* ²⁾, dem *Prennit* und dem ihm isomorphen *weinsauren Kalinatron* und anderen sowohl holoëdrischen als hemiëdrischen Krystallen dieser Klasse.

- 1) Der Ausdruck *isoklinisch* empfiehlt sich dadurch, daß er verstatet die drei optisch zweiaxigen Klassen von Krystallen, die einander auch in anderen physikalischen Eigenschaften nahe stehen, unter der Bezeichnung der *klinischen* zusammen zu fassen.
- 2) Ich habe dieses Salz vor vielen Jahren gemessen. Die Winkel führen auf das Grund-Verhältniß nach Normalen

$$\log \frac{b}{a} = 0,281, \log \frac{c}{a} = 0,320,$$

was mit dem Resultate der Pasteur'schen Messung so nahe übereinstimmt als es bei der stark gestreiften bloß eine Annäherung zulassender Flächen nur zu erwarten war.

Die von mir beobachteten Flächen sind 100 110 210 101 201; die von Pasteur beobachtete Fläche 111 habe ich nicht gesehen; der Fläche 100 entspricht eine sehr leichte Spaltbarkeit.

Die Hemiëdrie besteht nach meinen in dieser Beziehung von Pasteur abweichenden Beobachtungen darin, daß zwar die Zone *aoc* vollständig ist, aber in der Zone *abo* die beiden Enden ungleichartig ausgebildet sind. An dem einen findet sich 110 $\bar{1}\bar{0}$, an dem anderen 210 $\bar{2}\bar{1}\bar{0}$, so daß die parallelen fehlen.

Also ganz wie bei dem Topas, der dieselbe Spaltbarkeit, dieselbe Hemiëdrie, dieselbe Ausbildung und das logarithmische Grund-Verhältniß 0, 0,2545, 0,2773 hat.

Auch von den *tetragonalen* und *tesseralen* Krystallen zeigt ein Theil dieselbe einfache Ausbildung, sobald man die vorkommenden Formen auf drei perpendiculäre Axen bezieht.

Die Flächen des *Zinnsteins* und des ihm *isomorphen* *Rutils* sind

$$100, 010 \text{ l}, 011 \text{ g}, 110 \text{ s}, 111 \text{ P} \\ 021, 031, 123 \text{ z}.$$

Von *tesseralen* Krystallen gehören hierher: Schwefelsilber, Chlornatrium, Bleiglanz und einige andere Species. Man beobachtet an ihnen, von einigen ganz unsicheren abgesehen, die Flächen

$$100 \ 011 \ 111 \\ 021 \ 122 \ 211 \ 311 \ 133 \ 123,$$

aber die Flächen mit dem Coëfficienten *Drei* sehr selten.

Die Mehrzahl der gut ausgebildeten *tetragonalen* und *tesseralen* Krystalle hat jedoch eine abweichende Ausbildung, welche im Gegensatz zu der bisher betrachteten die *anormale* genannt werden kann. Der Charakter der *normalen* Ausbildung besteht darin, daß die Flächen mit dem Coëfficienten *Zwei* an Häufigkeit des Vorkommens und an Ausdehnung denen, welche bloß *Eins* enthalten, am nächsten stehen, die *Drei* im Vergleich zur *Zwei* schon selten ist und höhere Coëfficienten als *Drei* zu den seltensten Ausnahmen gehören.

Bei der *anormalen* Ausbildung einer Zone dagegen ist die *Zwei* weit seltener als die *Drei*. Die Flächen sind nicht 110 210 oder 111 211 sondern 110 310, 111 311 und der Unterschied des Vorkommens der Flächen 310 und 311 von 210 und 211 ist so beträchtlich, daß man bei gut ausgebildeten Krystallen niemals in Zweifel bleiben kann, ob die Ausbildung normal oder anormal sey.

Zuweilen ist nur *eine* Zone anormal gebildet, die übrigen normal. Wir wollen aber alle Krystalle, bei denen auch nur *eine* Zone anormal gebildet ist, zu den *anormalen* rechnen.

In der *triklinischen* Klasse giebt es keine anormal ausgebildeten Krystalle.

In der *monoklinischen* sind sie in geringerer Anzahl als die normalen und die Abweichung erstreckt sich nicht auf die nur paarweise vorkommenden Flächen der Zone obc'), welche die Orthodiagonalen und sämtliche Hemidomen enthält. Eine anormale Ausbildung findet sich nur bei den Prismen einer oder mehrerer Zonen; aber hier in einigen der wichtigsten Species.

Der *Augit* hat in der Zone seines Hauptprismas $110M$ noch die Nebenflächen $130f$, $310i$; aber 210 120 kommen gar nicht vor.

Bei der *Hornblende* kommen, wenn 110 das Spaltungs-Prisma ist, 130 und 310 vor; ferner 111 und 311 , $11\bar{1}$ $31\bar{1}$; aber niemals 120 210 211 $2\bar{1}\bar{1}$.

Im *Titanit* sind beobachtet $110r$, $130o$; $111n$, $311u$, $11\bar{2}z$, $31\bar{2}M$, wobei die in *einer* Zone vorkommenden Flächen das Verhältniß $1:3$ haben. Das Verhältniß $1:2$ fehlt gänzlich ²⁾).

Wenn man die Ausbildung mit der Cohäsion der Krystalle, so weit diese von der krystallographischen Richtung abhängig ist, vergleicht, namentlich mit der Spaltbarkeit, so ergibt sich das merkwürdige Resultat, daß die Spaltung, wo sie deutlich beobachtet werden kann, bei den *normal* ausgebildeten Krystallen den drei Flächen 100 010 001 oder zweien derselben parallel ist, dagegen aber den *anor-*

1) In dem monoklinischen Systeme ist 100 (die Klinodiagonalfläche) senkrecht auf allen Flächen der Zone obc und stumpft eine Kante aller verticalen oder geneigten Prismen, deren Formel abc ist, gerade ab.

2) Die Zone obc hat die normale Ausbildung $010P$, $001y$, $011f$, $011v$, $021g$ und dann noch die Fläche x , welche nach G. Rose ($a:\infty b:9c$) $=0.25$ ist und z bei Rose ($a:\infty b:27c$) $=0.5\bar{28}$. z ist nur ein einziges Mal gesehen worden, und sehr unwahrscheinlich; x dagegen ist häufig und ausgedehnt, aber die Winkel stimmen nicht gut. Ist es vielleicht ($a:\infty b:8c$)? Dann wäre es 012 , welches sonst in der Reihe fehlen würde.

mal ausgebildeten den Flächen eines Prismas 110, gewöhnlich mit 001 oder 101 verbunden, so daß die von den Spaltungs-Richtungen abhängige Grundform der normalen Krystalle einem geraden rhomboëdischen Prisma, der anomal gebildeten einem schiefen rhombischen Prisma oder einem rhomboëdischen Octaëder parallel ist.

Es liegt daher die Vermuthung nah, daß die Abweichung in der Ausbildung verschwinden würde, wenn man die Axen, statt sie immer nach 100 010 001 zu legen, wenn die Spaltbarkeit einem Prisma parallel ist, perpendicular auf die Flächen desselben stellt; und dieses ist auch in der That der Fall. Statt der Zeichen 110 110 210 120 310 130 erlangt man für dieselben Formen die Zeichen

$$100 \ 010 \ 3\bar{1}0 \ 310 \ 2\bar{1}0 \ 210,$$

so daß bei den Flächen, die den Coëfficienten *Drei* hatten, jetzt *Zwei* eintritt und die Ausbildung ganz normal wird. Stellt man unter dieser Voraussetzung die Flächen des *Titanits* auf, so ergiebt sich:

$$100 \ r, \ 001 \ y, \ 10\bar{1} \ t, \ 10\bar{2} \ l, \ 20\bar{1} \ w, \ 104 \ k$$

$$110 \ P, \ 1\bar{1}0 \ q, \ 210 \ o, \ 11\bar{1} \ g, \ 1\bar{1}1 \ s$$

$$2\bar{1}1 \ u, \ 112 \ f, \ 1\bar{1}2 \ v, \ 1\bar{2}2 \ M, \ 2\bar{1}2 \ i$$

$$115 \ x, \ 114 \ \pi.$$

Also mit Ausnahme der seltenen Flächen *k* und π und der Fläche x kein Coëfficient über *Zwei*. Die Zahl *Drei* fehlt gänzlich.

Ganz dasselbe Resultat ergiebt sich auch bei der Umrwandlung der Flächen-Zeichen bei dem *Augit* und der *Hornblende*, so daß man von den monoklinischen Krystallen sagen kann, daß die Ausbildung, sobald man die Axen perpendicular auf die durch die Spaltbarkeit bedingte Grundform stellt, bei sämmtlichen Krystall-Species *normal* sey.

Unter den *isoklinischen* Krystallen kommt die anormale Bildung häufiger vor. Sie findet sich bei dem *schwefelsauren Silber*, dem *schwefelsauren Kali* und dem damit

isomorphen *unterschwefelsauren Kali*, dem *Dichroit*, *Columbit*, *Grauspiefsglanz* und vielen anderen.

Bei dem *salpetrigsauren Silberoxyd-Kali* sind nach meinen Beobachtungen die Flächen

100 010 001 301 103 110

und das logarithmische Grund-Verhältniß, d. h.

$$\log \frac{b}{a} = 0,3045, \quad \log \frac{c}{a} = 0,6495.$$

Spaltung 100, Vorherrschend 100, bald Tafeln, deren Hauptfläche 100 ist, bald dünne Prismen, deren Seitenflächen in die Zone *ao b* fallen.

Alle Flächen vollzählig.

An dem hemiëdrischen *Kieselzinkerz* nach Dana

001 011 031 101 301 211 121

nebst mehreren anderen sehr seltenen und auch wahrscheinlich nicht ganz zuverlässigen Flächen:

013 201 501 701 332 411 231 321 341 413

darunter 201 jedenfalls weit seltener als 301. Das logarithmische Grund-Verhältniß

$$0,1080; 0,3218$$

genommen.

Das Vorkommen von 211 und 121 und das Fehlen des dem Ansehen nach einfacheren Octaëders 111 ist bei einer gewissen Art anormaler Bildung sehr häufig.

Der *Schwefel* hat

100 010 011 101 110 310

111 311 511 331

211 kommt zwar vor, aber sehr selten, 311 oft.

Auch der *Arragonit* hat in der Zone des Prismas von 59° eine anormale Ausbildung. Indessen sind die Angaben über die bei ihm und den ihm isomorphen Krystallen vorkommenden Flächen beträchtlich abweichend, indem die Beobachtung durch die fast niemals ganz fehlende Zwilings-Bildung sehr erschwert wird.

Im *Baryt* und den ihm isomorphen Salzen kommen zwar viele Nebenflächen vor; aber gerade die Zone des Spaltungs-Prismas ist wenig ausgebildet.

Was das Verhältniß der Spaltbarkeit zur Ausbildung betrifft, so findet sich hier dieselbe Uebereinstimmung, die wir bereits bei den monoklinischen Krystallen nachgewiesen haben. Die normale Ausbildung findet sich nämlich in jeder Zone, wo die Spaltbarkeit nach zwei auf einander rechtwinkligen Flächen, dagegen ist sie anormal, wo die Spaltbarkeit prismatisch oder octaëdrisch ist. Von der Ausbildung rhomben-octaëdrischer Krystalle bietet der Schwefel ein interessantes Beispiel dar.

Wenn man in vielen isoklinischen Krystallen statt dreier auf einander perpendicularen Axen die Axen perpendicular auf die Flächen eines geraden rhombischen Prismas stellt, so wird die Ausbildung normal, und es findet sogar die oben von mir bemerkte Abwesenheit oder Seltenheit des Octaëders 111, während 211 oder 121 häufig vorkommt, dadurch seine Erklärung, indem jene Flächen in der That die Form 111 oder 111 annehmen.

Bei einer octaëdrischen Spaltbarkeit läßt sich die Lage der Axen nicht so einfach auffassen und man muß, um die Erscheinung vollständig zu erklären, zu der Ursache selbst zurückgehen, von welcher die Reihe der Nebenflächen abhängt, aber wenn man sich vorläufig auf eine Zone beschränkt, so sieht man, daß wenn 111 $\bar{1}11$ zwei Octaëderflächen sind, die nächsten Glieder 100 011 311 seyn werden, wie wir dieses auch in der Ausbildung des Schwefels beobachten.

Wenn die Cohäsions-Erscheinungen auf ein Rectangular-Octaëder führen, z. B. 110 011, so sind die nächsten Glieder

100 101 211 121 310 031

Bei den tetragonalen, tesseralen und hexagonalen Krystallen folgt die Ausbildung bis ins Einzelne denselben Gesetzen.

Von den *tetragonalen* ist die Mehrzahl anormal gebildet.

Vesuvian so gestellt, daß die Neigung von 110 zu 100 = $37^{\circ} 13'$ ist, hat die Flächen

100 010 011 012 013
 110 310 120 130 510 111
 112 113 221 231

aber 013 111 120 selten oder unsicher.

Das ihm isomorphe *Platin-Magnium-Cyanür* hat dieselbe Ausbildung, nur weniger reich:

100 010 011 110 310 112.

Der *Zirkon* hat als Hauptflächen

010 011 110 130 112

130 herrscht vor; 120 sehr selten,
 der Winkel 110 zu 100 = $42^{\circ} 10'$ genommen.

Der *Anatas* 100 110 130 150

111 311 511 711

selten 120.

Der *Apophyllit* 111 311 511

und ähnliche Formen im *Uranit*, *Hausmannit*, *Zinn*, *Calomel* nach Miller, und den hemiëdrischen *Schwerstein*, *Skapolith*, *Sarkolith*, *Kupferkies* u. a. m.

Auch in der *tesseralen* Klasse haben die Krystalle mit deutlicher Spaltbarkeit nach dem Würfel eine normale, die übrigen eine anormale Ausbildung, welche je nachdem die Grundform das Octaëder oder das Rhomben-Dodecaëder ist, etwas abweichend auftritt.

Der *Flussspath* mit octaëdrischer Spaltbarkeit hat die Flächen 100 011 012 013

111 211 122 311 133 124

und in einzelnen Individuen noch ein paar andere mit verwickelterem Zeichen. Aber die Hauptflächen sind

100 011 013 111 311.

Gold, *Silber* und *Kupfer*

100 011 111 311 124

211 kommt sehr selten oder gar nicht vor.

Auch im *Spinell* ist 311 entschieden häufiger als 211.

Die hemiëdrischen Krystalle des tesseralen Systems haben mit geringen Modificationen die Ausbildung der holoëdrischen. Der *Schwefelkies* ist normal. Die *Blende* hat in

der Zone 011, d. h. in den Abstumpfungen der Rhomben-Dodecaëder-Kante, eine anormale Ausbildung, in welcher 021 fehlt, 031 häufig ist.

Die *hexagonalen* Krystalle, den tetragonalen in mehreren Beziehungen nahe verwandt, sind in ihrer Ausbildung wesentlich von ihnen verschieden. Während diese der überwiegenden Mehrzahl nach anormal sind, findet sich unter den hexagonalen kein einziger anormal ausgebildeter Krystall; wo die Ausbildung beobachtet werden kann, ist sie normal.

Man bezeichnet die Basis mit 1000, die rectangulär sechsseitigen Prismen mit $001\bar{1}$ und $0\bar{2}11$, die regulär sechsseitigen Pyramiden mit $a\ 01\bar{1}$ und $a\ \bar{2}11$ und jede andere Fläche mit $abcd$, wobei $b+c+d=0$. Dieselbe

Fläche würde bei Weifs $\left\{ \frac{1}{a} \cdot \frac{1}{b} \cdot \frac{1}{c} \cdot \frac{1}{d} \right\}$ seyn. Durch Per-

mutation der drei Gröfsen bcd , ferner indem man a allein oder zugleich mit b, c, d positiv und negativ setzt, erlangt man die Zeichen für die 24 Flächen der symmetrischen doppelt-sechsseitigen Pyramide.

Der *Smaragd* hat aufer einigen nur ein einziges Mal beobachteten Flächen, wenn $\frac{101\bar{1}}{1000} = 29^\circ 56'$ ist,

$$1000\ 001\bar{1}\ 011\bar{2}\ 012\bar{3}$$

$$101\bar{1}\ 102\bar{2}\ 111\bar{2}$$

Der *Nephekin*, *Greenockit* und andere

$$1000\ 001\bar{1}\ 011\bar{2}$$

$$101\bar{1}\ 102\bar{2}\ 201\bar{1}$$

und nur äufserst selten $103\bar{3}$ oder $301\bar{1}$.

$$\text{Der Apatit} \quad 1000\ 001\bar{1}\ 011\bar{2}\ 012\bar{3}\ 014\bar{5}$$

$$101\bar{1}\ 102\bar{2}\ 201\bar{1}\ 111\bar{2}\ 211\bar{2}\ 122\bar{4}$$

$$112\bar{3}\ 113\bar{4}$$

aufserdem sollen noch äufserst selten $40\bar{1}\bar{1}$ $104\bar{4}$ $213\bar{4}$ vorkommen. Es findet in dieser Beziehung zwischen den verschiedenen hexagonalen Krystallen kein anderer Unterschied statt, als dafs bald die Basis über die Prismen, bald diese über jene vorherrschen. Die eigentlich hexagonalen Krystalle haben also, von der Hemiëdrie abgesehen, nur *eine* Art von Ausbildung, so wie sie auch nur *eine* Art von Spaltbarkeit haben, nämlich nach dem hexagonalen Prisma. Eine pyramidale Spaltbarkeit soll zwar hin und wieder, namentlich in einigen Varietäten der dem Apatit isomorphen Bleisalze in Spuren vorkommen, ist aber noch niemals mit Sicherheit beobachtet worden.

Ich habe vorhin angegeben, dafs Zinnober und Quarz sich in ihrer Ausbildung von den übrigen rhomboëdrischen Krystallen unterscheiden.

Die Hauptflächen des *Zinnobers*, wenn 1) die rhomboëdrische und 2) die hexagonale Auffassung bedeutet, sind:

$$1) \quad 1000 \quad 001\bar{1} \quad 101\bar{1} \quad 201\bar{1} \quad 102\bar{2} \quad 301\bar{1}$$

$$2) \quad 111 \quad \bar{2}11 \quad 100 \quad 411 \quad 522 \quad \bar{1}11$$

$$o \quad M \quad n \quad a \quad h \quad q$$

Seltner und untergeordnet kommen noch einige Rhomboëder, $201\bar{1} = 011(a')$; $101\bar{1} = \bar{1}22(n')$ und andere vor.

Man sieht, dafs die rhomboëdrische Auffassung weit minder einfache Zeichen giebt als die hexagonale, und dafs diese auf eine normale Ausbildung führt. Der Zinnober hat auch nicht die bei den rhomboëdrischen Krystallen stattfindende rhomboëdrische Spaltbarkeit, sondern eine prismatische nach $001\bar{1}$. Er ist also kein rhomboëdrischer, sondern ein hemiëdrisch hexagonaler Krystall. Man betrachtet zwar gewöhnlich alle Rhomboëder als die Hälfte hexagonaler Pyramiden, aber dieses beruht auf einer blofs formellen Auffassung.

Der *Quarz* würde rhomboëdrisch aufgefaßt noch unregelmässigere Zeichen erlangen als der Zinnober. Häufig vorkommende Flächen wie $103\bar{3}$ würden rhomboëdrisch zu $\bar{7}22$ und $\bar{5}44$ werden und $305\bar{5}$ zu $\bar{7}88$ und $\bar{1}322$. Hexa-

gonal genommen sind die Zeichen einfacher. Es giebt nämlich im Quarz zwei flächenreiche Hauptzonen. Die *erste* enthält die Pyramiden:

$$101\bar{1} \quad 103\bar{3} \quad 305\bar{5}$$

und andere. Aber $102\bar{2}$ wird so selten angegeben, daß es zweifelhaft ist, jedenfalls weit seltener als $103\bar{3}$.

Die *zweite* Zone enthält die Flächen

$$11\bar{1}0 \quad 11\bar{1}2 \quad 113\bar{1} \quad 115\bar{6} \quad 117\bar{8} \quad \dots \quad 001\bar{1};$$

also eine entschiedene anormale Ausbildung.

Auch die Structur des Quarzes weicht von derjenigen aller übrigen hexagonalen Krystalle ab. Diese haben ihre Spaltung bloß nach den Seitenflächen und der Basis eines hexagonalen Prismas. Aber nach diesen Richtungen wird im Quarz auch nicht eine Spur von Spaltung wahrgenommen, sondern bloß nach Flächen, die der Pyramide $101\bar{1}$ parallel sind, wobei sich bei der Schwierigkeit deutliche Spaltungsebenen zu erlangen nicht entscheiden läßt, ob sie allen sechs Richtungen oder bloß dreien, einem Rhomboëder entsprechenden parallel sind.

Indessen sind die sechs in einem Punkte sich treffenden Pyramidenflächen einander nicht gleichartig. Ich habe dieses zuerst aus den Schwingungen von Quarzplatten, die in verschiedenen Richtungen geschnitten waren, abgeleitet. Später hat G. Rose dies auch vom rein krystallographischen Standpunkte aus bestätigt, obgleich die Beobachtung durch die große Neigung des Quarzes sich zwillingsartig zu gruppiren sehr erschwert wird. Die Flächen, die an ihm beobachtet werden, gehören daher nicht selten verschiedenen Individuen an.

Der Quarz hat bekanntlich noch eine andere Hemiëdrie, welche die Flächen trifft, die vollzählig vorhanden, ein Scalenoëder bilden würden, und die mit der Rotation der Polarisationsaxe in Verbindung steht. Er ist also entweder als rhomboëdrisch hemiëdrisch oder als hexagonal tetratoë-

drisch aufzufassen. Jedenfalls ist er durch Ausbildung und Gefüge von allen übrigen Krystallen scharf gesondert.

Die Ausbildung der Krystalle ist also nicht so mannigfaltig als man anzunehmen pflegt. Einzelne Flächen mit verwickelten Zeichen kommen zwar bei fast allen flächenreichen Krystallen vor, sind aber immer nur auf ein einziges oder sehr wenige Exemplare beschränkt und auch an diesen selten ganz zuverlässig. Aber die durch Häufigkeit und Umfang ausgezeichneten Flächen beobachten sämtlich ein sehr einfaches Gesetz, welches sich am leichtesten in der von mir gewählten Bezeichnungsweise ausspricht.

Dieses besteht bei allen triklinischen, fast allen rhomboëdrischen Krystallen, nur Quarz und Zinnober ausgenommen, der Mehrzahl der monoklinischen und vielen Krystallen anderer Klassen darin, daß es immer möglich ist drei Richtungen zu finden, welche verstaten allen wichtigeren Flächen die Zeichen

$$100 \ 010 \ 001 \ 011 \ 011 \ 10\bar{1} \text{ u. s. f.}$$

$$012 \ 01\bar{2} \ 021 \ 210 \text{ u. s. f.}$$

$$11\bar{1} \ 111 \ \dots \ 211 \ 2\bar{1}1 \text{ u. s. f.}$$

zu geben, deren Coëfficienten also 0 und 1, seltener schon 2 und noch seltener 3 sind, so daß 012 oder $01\bar{2}$ seltener als 011 oder $01\bar{1}$, und 311 noch weit seltener als 211 auftreten.

Bei den meisten Krystallen kommen gar keine anderen Coëfficienten vor als 0 und 1, und die 2 ist, wo sie vorkommt, gewöhnlich nur auf eine Zone beschränkt.

Den Richtungen 100 010 001 entspricht fast ohne Ausnahme die leichteste Spaltbarkeit, Haüy's Grundform würde also perpendicular auf jenen Richtungen stehen.

In mehreren Krystallarten, deren es unter den monoklinischen wenige, bei den übrigen Klassen eine größere Anzahl giebt, behalten zwar für die vorherrschenden Flächen die Coëfficienten 0 und 1 bei; aber die ihnen zunächst

stehende Zahl ist nicht 2, sondern 3 und *Zwei* tritt nur untergeordnet auf.

In allen diesen Fällen kann man jedoch die gewöhnliche, nach den Zahlen 0, 1, 2, 3 fortschreitenden Ausbildung erlangen, wenn man für die Grundform, statt der zwei perpendicular auf einander stehenden Flächen die Seitenflächen eines rhombischen Prismas wählt.

Die *hexagonalen* Krystalle verhalten sich wie isoklinische mit rhombischer Grundform, in denen der Rhombus einen Winkel von 60° hat. In diesem Falle wird die Abstumpfung der scharfen Seitenkante in jeder Beziehung den Flächen des rhombischen Prismas symmetrisch. Ich muß den auf den Gesetzen der Anordnung der Theile selbst beruhenden Beweis dieses und der verwandten Sätze einstweilen schuldig bleiben, will aber vorläufig erinnern, daß die Eigenschaften eines isoklinischen Krystalls von rhombischer Grundform, wohin unter andern der Aragonit und das schwefelsaure Kali gehören, denen der hexagonalen Klasse um so ähnlicher werden, je weniger der Winkel von 60° abweicht.

Dasselbe gilt auch von den Krystallen mit octaëdrischer Grundform, die mit Ausnahme des triklinischen und hexagonalen in allen Krystall-Systemen vorkommen. Man könnte, wenn man von der Bedingung absehen wollte, gleichgelagerte Flächen auch auf gleiche Weise zu bezeichnen, auch hier drei Flächen oder Normalen finden, welche als Axen für alle beobachteten Flächen eine einfache und zwar normale Ausbildung zuließen, und wenn man dieses Verfahren auch wegen seines Mangels an Anschaulichkeit nicht anwenden kann, so zeigt doch die Möglichkeit seiner Anwendung, daß die *Ausbildung* aller Krystalle, welche Lage man auch aus Gründen der Symmetrie ihren Axen geben mag, *stets denselben Gesetzen folgt*.

Wenn man statt den Normalen die Flächen durch die Punkte bezeichnet, in denen sie die Axen treffen, so wird auch hier in der Häufigkeit des Vorkommens auf die Coëfficienten ∞ und 1 erst 2, dann 3 folgen, aber doch

mit einem merkwürdigen Unterschiede. Von den Normalen, deren Coëfficienten von einander und von Null verschieden sind, ist stets 123 die gewöhnlichste, seltener ist 134 und 135. Bei den Flächen dagegen kommt *niemals* ein Zeichen vor wie

$[a:2b:3c]$ $[a:3b:4c]$ $[a:3b:5c]$,
sondern nur $[a:\frac{1}{2}b:\frac{1}{3}c]$ u. s. w., oder wenn man sich auf ganze Coëfficienten beschränkt

$[6a:3b:2c]$ $[12a:4b:3c]$ $[15a:5b:3c]$.

Das auf dem Fortschreiten nach einfachen ganzen Zahlen beruhende Gesetz der Ausbildung findet also seine Anwendung nur bei den Normalen, aber nicht bei den Flächen, und wollte man bei den Flächen eine ähnliche Abkürzung anwenden wie bei den Normalen, so würde man für häufig vorkommende Flächen sehr complicirte Zahlen anwenden müssen, an denen man das einfache Gesetz der Ausbildung nicht leicht erkennen würde.

Man kann sich unabhängig von der Bezeichnungsweise das Gesetz der Ausbildung so vorstellen: Man nehme drei die Richtung und das Maafs der Kräfte angehende Linien, die sich in ihrem Mittelpunkt kreuzen und auf deren Enden die Flächen der Grundform perpendiculär stehen. Es mögen ferner die Diagonalen der Parallelogramme und Parallelepipede, welche aus zwei oder drei dieser Linien gebildet werden, Normalen *erster* Ordnung heißen; die Diagonalen der aus diesen Normalen und denen der Grundform gebildeten Parallelogramme und Parallelepipede Normalen *zweiter* Ordnung u. s. f., so werden die Normalen dritter Ordnung seltener seyn als die der zweiten, aus denen sie entstanden sind und diese seltener als die der ersten.

Zwischen den Normalen der Grundform und denen erster Ordnung d. h. 100 010 und 110 111 . . . findet in dieser Beziehung kein entsprechender Unterschied statt. Indessen sind jene doch etwas häufiger als jede einzelne Normale erster Ordnung und was ein für die Bildung der Krystalle kein unwichtiger Umstand ist: ich habe bei den

chemischen Präcipitation, wo sich nur mikroskopische, im Innern der Flüssigkeit entstandene Krystalle niedergeschlagen hatten, in der Regel die Grundform und zwar diese ausschließlich beobachtet, bis sich allmählich durch das Fortwachsen des Krystalls an dem Boden des Gefäßes oder des Object-Trägers auch andere Flächen ausbildeten.

Diese Gesetze finden ihre Anwendung auch bei der *Isomorphie*. Ich gebe diesem in neuerer Zeit in sehr abweichender Weise benutzten Ausdrucke die Bedeutung, die ihm ursprünglich beigelegt ist. Die Gröfse des Unterschiedes, der noch zwischen isomorphen Körpern möglich ist, läßt sich zwar nicht genau festsetzen; er muß aber eine solche Beschaffenheit haben, daß der Uebergang der einen Form in die andere *allmählich* bewirkt werden kann. Vielleicht läßt sich der Umfang der noch zulässigen Abweichungen dadurch etwas schärfer bestimmen, daß man annimmt, er habe ungefähr dieselbe Gröfse, wie diejenigen, welche durch eine Veränderung der Temperatur innerhalb derjenigen Gränzen entstehen können, bei denen der Krystall existiren kann.

Sobald man nur solche Krystalle als isomorph ansieht, bei welchen ein allmählicher Uebergang stattfinden kann, und diese Bedingung wird, wie ich glaube, allgemein anerkannt, wird man niemals zwei Krystalle isomorph nennen können, die verschiedenen Klassen angehören, so wenig verschieden auch die Winkel seyn mögen. Das Wesen eines hexagonalen Krystalles z. B. besteht in der völligen Gleichheit der drei unter 60° geneigten Queraxen; welche Ursache also auf ihn wirken möge, es wird niemals ein Unterschied zwischen diesen Axen eintreten können; es wird also auch natürlich keine auf den Krystall gleichförmig wirkende Ursache, wenn sie auch dessen Winkel verändert, aus dem isoklinischen Krystall einen hexagonalen machen können. — Laurent, der die entgegengesetzte Ansicht mit vielem Eifer vertheidigt hat, hat sie durch einige Beobachtungen an Mineralien und künstlichen Krystallen zu unterstützen

versucht. Skolecit und Mesotyp sollen bald tetragonal, bald monoklinisch oder isoklinisch vorkommen, der Glimmer bei derselben Zusammensetzung einaxig und zweiaxig. Es ist wohl unnöthig auf die Unrichtigkeit dieser Angaben näher einzugehen. Man hätte mit demselben Rechte den Feldspath nennen können, der bald tetragonal, bald monoklinisch, bald triklinisch angegeben wird, den Eisenvitriol, der nach ungenauen Messungen triklinisch seyn soll, den Harmotom, das Wismuth, die ebenfalls verschiedenen Klassen zugerechnet wurden. Von zuverlässig beobachteten Krystallen ist mit Ausnahme des schwefelsauren Kalis kein Beispiel bekannt, daß sie in verschiedene Klassen aber mit wenig abweichenden Winkeln krystallisiren. Was Laurent's eigene krystallographischen Beobachtungen an chemischen Präparaten betrifft, so können sie gar keinen Anspruch auf Genauigkeit machen. Es ist oft selbst bei sehr einfachen Formen unmöglich, die Krystallform nach seinen Angaben zu berechnen. Wer übrigens eine Isomorphie unter Körpern verschiedener Klassen für zulässig hält und sich bei der Wahl der Grundform weder durch die Spaltbarkeit noch die Ausbildung leiten läßt, wird die Form des Kalkspaths leicht auf die des Arragonits zurückführen, und Feldspath und Skapolith für isomorph nehmen können.

Aber wenn man sich auch von diesen Extremen fern hält, darf man die Isomorphie nicht wie eine mathematische Abstraction betrachten, so daß man alle Krystalle als isomorph ansehen könnte, deren Flächen sich, ohne gerade das Gesetz der Rationalität zu verletzen, auf nahe gleiche Grundformen zurückführen ließen. Es würde dann leicht seyn, sämtliche tetragonale, so wie sämtliche rhomboëdrische und hexagonale Krystalle auf *eine* Grundform zu bringen. Die Isomorphie besteht überall, wo ihr Daseyn auch nach der chemischen Zusammensetzung unbestritten ist, nicht bloß in der Uebereinstimmung der Grundform, sondern auch der Spaltbarkeit, der Härte, so weit diese mit Sicherheit beobachtet werden können, und in der Ausbildung. Es ist bei ihnen nicht bloß die äußere Begränzung verwandt, sondern auch die ihr zu Grunde liegende Anord-

nung der Theile oder das Verhältniß der Cohäsions-Kräfte nach verschiedenen Richtungen im Innern des Krystalls, und man wird daher auch nur diejenigen Krystalle als isomorph ansehen dürfen, bei denen die auf diese Weise bestimmten Grundformen übereinstimmen.

Man wird daher um die Vertretung der Kieselerde durch Thonerde zu begründen, sich nicht auf eine Isomorphie von Korund und Quarz berufen können, die in der That nichts weiter mit einander gemein haben als die Klasse, aber in allen anderen Beziehungen, sogar schon in der Familie, d. h. der Art der Holoëdrie und Hemiëdrie gänzlich verschieden sind.

Die Hypothese einer Vertretung von $\ddot{\text{Si}}$ durch $\ddot{\text{Al}}$, die chemisch wenig mit einander gemein haben, beruht eigentlich nur auf einigen Analysen der Hornblende, welche dadurch auf einfachere Formeln zu führen scheinen. Aber die Hornblende und Augit-Varietäten, bei denen Thonerde gefunden wird, sind sämmtlich undurchsichtig, von unvollkommener Spaltbarkeit und drusigen Flächen. Sie tragen alle den Charakter unreiner Stoffe und sind vielleicht nichts als ein Gemenge reiner Hornblende- oder Augit-Masse mit Thonerde oder einer Thonerde-Verbindung. Ueberhaupt ist es bei undurchsichtigen Körpern, selbst wenn sie krystallisirt sind, äußerst schwierig, Beimengungen von Beimischungen zu unterscheiden, wovon sich auch bei den Analysen der Erze Beispiele in Menge nachweisen lassen.

Was die von einigen Mineralogen angenommene Isomorphie der *Hornblende* mit dem *Augit* betrifft, so erlaubt die Ausbildung derselben keinen Zweifel an der Unvereinbarkeit ihrer Formen. Wenn sich die allerdings wahrscheinliche Vermuthung bestätigen sollte, daß die Zusammensetzung der ganz reinen Hornblende derjenigen des Augits gleich sey, so würden wir nur ein neues Beispiel von Dimorphie besitzen.

Hermann hat den *Polymignit* und *Columbit* zusammengestellt, wobei, wie er selbst sagt, das Octaëder des

Polymignits nach Weifs Weise bezeichnet $[a:\frac{1}{6}b:\frac{5}{3}c]$ seyn würde. Dieses würde nach unserer Bezeichnungs-Weise 55. 30. 33 seyn, was natürlich unzulässig ist.

Dagegen steht der Polymignit dem *Aeschynit* sehr nah und ist vielleicht gar mit ihm identisch. Denn die Zusammensetzung ist, so weit man sie kennt, wenig verschieden, und das logarithmische Grund-Verhältnifs, d. h. $\text{Log. } \frac{b}{a}$,

$\text{Log. } \frac{c}{a}$, $\text{Log. } \frac{c}{b}$ ist bei dem

<i>Aeschynit</i>	0,1250,	0,4319,	0,3063
<i>Polymignit</i>	1482,	4624,	3142.

Die beobachteten Formen bei dem

<i>Aeschynit</i>	010 110 011 021 211
<i>Polymignit</i>	100 010 110 120 210 211,

010 110 in beiden ausgedehnt; 211 in beiden klein.

Das Rothgültigerz $\overset{'''}{R^3}Sb$ ist dem Kalkspath isomorph. Es wäre interessant, wenn das in dem isoklinischen Systeme als *Bournonit* krystallisirende $\overset{'''}{R^3}Sb$ dem Arragonit isomorph wäre und G. Rose sucht diese Isomorphie nachzuweisen. Indessen kann ich dieser Ansicht von meinem Standpunkte aus nicht beistimmen.

Wenn man dem Bournonit dasselbe Axenverhältnifs giebt wie dem Arragonit, so sind die bei ihm vorkommenden Flächen von den drei basischen Flächen 100 010 001, die hier nicht in Betracht kommen, abgesehen:

110,	230 _o ,	430 _p
031 _e ,	032 _d ,	034 _f , 094, 101 _n
232 _y ,	231,	331, 431, 432 _P .

Von diesen kommen *nur* die Flächen 031 032 101 110 130 auch bei dem Arragonit oder Weifsbleierz vor, alle übrigen fehlen und darunter gerade einige der im Bournonit vorherrschenden Flächen, während die im Arragonit und den ihm isomorphen Krystallarten vorherrschenden Flächen 110 011 012 102 dem Bournonit fremd sind.

Wenn man den Bournonit blofs nach den bei ihm vor-

kommenden Flächen auffaßt, so ist sein logarithmisches Grund-Verhältniß

$$0,0278; 0,0295; 0,0217;$$

die Spaltungsrichtungen sind bei ihm nach 100 und etwas schwächer nach 010 001, sehr verschieden von denen des Arragonits, der rhombisch oder vielmehr rhomben-octaëdrisch ist und dessen vorherrschende Flächen wie gewöhnlich sind:

$$100 \ 010 \ 001; 011 \ o, \ 012 \ p, \ 110 \ d, \ 210 \ f, \ 120 \ e, \\ 111 \ y, \ 112 \ P, \ 122.$$

Der Bournonit steht dem Anhydrit, dem Scorodit und dem NaPH^* nah.

Laprovostaye hat das *Oxamethan* $\text{C}^8\text{NH}^7\text{O}^6$ und das *Chloroxamethan* $\text{C}^8\text{NH}^2\text{Cl}^5\text{O}^6$, in welchem also 5 Mischungsgewichte H durch Cl vertreten sind, gemessen und stellt sie als isomorph dar, wobei die Flächen des

Oxamethans 100 110 210 101, die des Chloroxamethans 100 850 101 waren; die Spaltungs-Richtungen sind nicht angegeben.

Eine Fläche 850, namentlich als herrschend, kommt im ganzen Gebiete der Krystallkunde nicht vor. Das logarithmische Grund-Verhältniß des Oxamethans ist

$$0,034, 0,144, 0,110,$$

das des Chloroxamethans, wenn man die Angaben ohne Vorurtheil berechnet und die Flächen = 100 110 101 setzt:

$$0,146, 0,239, 0,093,$$

beinahe wie schwefelsaures Kali.

Also sind die zwei Körper, wenn anders die Messung richtig ist, nicht isomorph. Ueberhaupt ist die Anzahl von Vertretungen von Wasserstoff durch Chlor oder Jod ohne Veränderung der Form noch sehr klein, und da eine Vertretung dieser Art ohne Zweifel möglich ist, so sind vergleichende Beobachtungen über die Krystallformen dieser Körper weniger für Isomorphie als für die Dimorphie interessant.

Das *doppelt oxalsaure Kali* KC^2H^3 ist von Lapro-

vostaye und Rammelsberg gemessen. Jener hält die monoklinische Bildung zwar für möglich, giebt aber der isoklinischen den Vorzug und Rammelsberg stimmt ihm darin bei, vornehmlich um die Isomorphie mit dem entsprechenden Ammoniaksalze herzustellen.

Das *doppelt oxalsäure Ammoniak* $\text{Am}\ddot{\text{C}}^2\ddot{\text{H}}^3$ ist nach Rammelsberg isoklinisch und hat die Flächen

100 *a*, 010 *b*, 001 *c*, 011 *q*, 101 *r*, 201 *r*², 210 *p*².
Spaltbarkeit vollkommen nach 010. Herrschend sind
210 100 010 101 011.

Das *doppelt oxalsäure Kali* ist nach seinen in einigen Punkten von Laprovostaye abweichenden Beobachtungen und auf dieselbe Grundform reducirt wie das Ammoniak-Salz:

010 *b*, 001 *c*, 071 *q*⁷, 110 *p*,
111 *o*, 221 *o*², 441 *o*⁴.

Spaltbarkeit vollkommen nach 001.

Herrschend sind 110 001 071; also sind die Spaltbarkeit und die Ausbildung gänzlich verschieden, indem von den hier herrschenden Flächen bei dem Ammoniaksalze keine einzige vorkommt. Auch ist nach den Angaben beider Beobachter die Ausbildung des Kalisalzes etwas hemiëdrisch, obgleich auch die untergeordnete Hälfte zuweilen vorkommen soll. Bei dem Ammoniaksalze wird diese Hemiëdrie nicht wahrgenommen.

Ich muß gestehen, daß ich zwischen Krystallen, bei denen Ausbildung, Spaltbarkeit und selbst Hemiëdrie einen so großen Unterschied machen, keine Isomorphie annehmen würde. Aber die Ausbildung der Kalisalzes ist nicht sowohl hemiëdrisch, als vollkommen so rein monoklinisch wie bei dem Augit und Epidot. Die Charaktere des Krystalls sind nach meinen in den Winkeln mit den von Laprovostaye und Rammelsberg stimmenden Beobachtungen:

Logarithmisches Grund-Verhältniß:

$$\log \frac{b}{a} = 9,9315; \quad \log \frac{c}{a} = 0,5521; \quad \frac{010}{001} = 56^\circ 35'.$$

Flächen: 100 010 001 011

101 201 110 120 111 211.

Spaltbarkeit: 100 sehr leicht, etwas fasrig; 010 deutlich.

Hauptflächen: 100 010 110 111, durch Ausdehnung von 100 zuweilen tafelartig.

Da es aus Gründen, die ich später angeben werde, wahrscheinlich ist, daß die Hauptaxen eines Krystalls gewöhnlich unter Winkeln zwischen 60° bis 120° gegen einander geneigt sind, so kann man auch setzen:

Grund-Verhältniß: 9,9315; 0,5022; $69^\circ 33'$.

Flächen: 100 010 011 021

110 210 111 211 121 221.

Spaltbarkeit: 100 010.

Hauptflächen: 100 010 110 121.

In dem *Humit* hat bekanntlich Scacchi drei Typen beschrieben, jede mit einer Menge Flächen und diese unter eine Form zu bringen versucht. Das letzte würde unseren Gesetzen der Ausbildung entschieden widersprechen. Ueberhaupt sind die Versuche verschiedene Angaben von Flächen und Winkeln dadurch mit einander zu vereinigen, daß man sie neben einander stellt, noch niemals von Erfolg gewesen. Es ist als wollte man den Widerspruch zweier Reisenden über die geographische Lage eines Ortes dadurch beseitigen, daß man zwei Orte annimmt. Man wird immer finden, daß eine der Angaben, wenn nicht auch die andere, unrichtig war.

Jede der von Scacchi angegebenen Typen giebt eine sehr regelmäßige Ausbildung der anormalen Art, die also auf eine schiefwinklige Grundform führt. Was jedoch das Verhältniß dieser Typen gegen einander betrifft, so ist bei der völligen Uebereinstimmung des Verhältnisses $b:c$ doch schwer hier ohne weitere Untersuchungen eine Trimorphie anzunehmen.

Ich will diesen Aufsatz mit einigen Bemerkungen über Krystallarten schließen, deren Ausbildung mit dem Gesetze nicht übereinzustimmen scheint. Es sind fast ohne Aus-

nahme seltene, oder doch schwer zu beobachtende Mineralien. Künstliche Krystalle zeigen nur sehr selten eine Abweichung. In meinen ziemlich zahlreichen Krystall-Bestimmungen habe ich an Flächen, die eine Messung zuließen, niemals eine Ausnahme beobachtet. Was die Beobachtungen Anderer betrifft, so haben diese zuweilen eine den Gesetzen der Ausbildung widersprechende Deutung erfahren, aber die Messungen selbst stimmen ebenfalls mit sehr wenigen Ausnahmen damit vollkommen überein.

Der *Wolfram* wird von den meisten Mineralogen für isoklinisch gehalten. Er ist aber seiner ganzen Ausbildung nach monoklinisch und zwar mit guter normaler Ausbildung, die zuweilen beobachtete anscheinend isoklinische Bildung ist vermuthlich nur die Folge von Zwillings-Gruppierung. Er hat das Grund-Verhältniß

$$\log \frac{b}{a} = 0,0708; \log \frac{c}{a} = 0,0839; \quad \frac{010}{001} = 88^\circ 1'.$$

Flächen: 100 *g*, 010 *p*, 001 *h*, 021 02 $\bar{1}$
 101 *m*, 102, 201, 110 *e*, 950?
 111, 11 $\bar{1}$, 211, 21 $\bar{1}$.

Spaltb.: 100, 010.

Die Fläche 950 ist von Descloizeaux nur an einer Combination beobachtet und gab mehrere Bilder. Vielleicht ist sie 210.

Dem *Wolfram* steht das *Natrium - Eisen - Cyanid* sehr nah. Nach meinen Beobachtungen ist dieses

$$\log \frac{b}{a} = 0,0739; \log \frac{c}{a} = 0,1103; \quad 83^\circ 16'.$$

Flächen: 100 010 011 01 $\bar{1}$ 012 101 110 21 $\bar{1}$.

Spaltb.: 100.

110 = 49° 39' *Wolfram* 101 = 50° 30' *Wolfram*
 100 = 49 51 *Natronsaltz* 100 = 52 12 *Natronsaltz*.

Auch die herrschenden Flächen stimmen überein; 211 ist sehr selten.

Das *chromsaure Blei* hat eine im Allgemeinen sehr ein-

fache normale Ausbildung und steht in dieser Beziehung und in den Winkeln dem Turnerit und Monazit so nah, daß man sie als isomorph ansehen kann. Aber Levy giebt unter den häufig vorkommenden Flächen $038 = a^{\frac{3}{4}}$ und $034 = a^{\frac{3}{4}}$ an.

Mohs hat diese Flächen nicht, aber 014, 503 *r*, 405 *q*, Hörnes hat keine derselben, aber 502. Alle diese Flächen sind sehr ungewöhnlich, und eine Revision der Exemplare, an denen sie beobachtet worden sind, wäre sehr zu wünschen.

Im *Childrenit* haben Levy und Brooke sehr verschiedene Angaben. Brooke hat

100 001 301 111 445.

Einfacher, obgleich auch nicht ganz genügend ist die Auffassung Levy's, nämlich

100 001 011 101 211 212.

Auch hier wäre eine Revision von Nutzen.

Der *Sternbergit* wird isoklinisch aufgefaßt. Seine Flächen fand Haidinger

100 *a*, 010 *l*, 101 *b*, 105 *c*, 610 *h*,

111 *d*, 121 *g*, 221 *f*,

105 ist eine vorherrschende Fläche, was nicht wahrscheinlich ist; vielleicht ist er monoklinisch.

Der *biegsame Silberglanz* von Brooke läßt sich monoklinisch sehr gut auffassen. Aber mit Ausnahme der Spaltungs-Richtungen sehe ich, wenn die Messungen richtig sind, keinen Grund ihn mit dem Sternbergit zu vereinigen.

Aus ähnlichen Gründen möchte ich die Richtigkeit der Fläche *y* des Botryogens bezweifeln.

Miargyrit, *Grauspiefsglanzerz* und *Schilfglaserz* geben keine regelmässige Ausbildung, wie man sie auch stellen mag.

Dasselbe gilt vom *Chlorit*, von dem Kokscharow gezeigt hat, daß er nicht hexagonal ist, als dessen Hauptflächen er aber 110 401 111 223 angiebt, und vom *Glimmer*, der weder nach Kokscharow's noch nach Senarmont's Angaben eine regelmässige Ausbildung erlangt. Bei einem

Körper, der wie der Glimmer aus einem Aggregate über und neben einander gelagerter Blättchen besteht, ist es leicht möglich, daß die optische Untersuchung auf eine hexagonale oder isoklinische Bildung führt, wenn die einzelnen Individuen auch einer Klasse von niedrigerer Symmetrie angehören.

Miller's NiS hat eine unregelmäßige Ausbildung und auch seine Winkel lassen sich nicht mit den gewöhnlichen Angaben am *Nickelkies* vereinigen, der dem *Greenockit* und *Magnetkies* isomorph ist. Diese haben eine normale Ausbildung.

Laprovostaye giebt am *schwefelsauren Uranoxydul* $\text{US}\ddot{\text{H}}^4$, den er isoklinisch auffaßt, dem Hauptprisma M das Zeichen 081. Monoklinisch genommen würden die Flächen $100T$, $010n$, $001h$, $101M$, $110P$ seyn und $\log \frac{b}{a} = 0,178$; $\log \frac{c}{a} = 0,230$; $\frac{010}{001} = 82^\circ 0'$. Aber ob die Flächen, die dann wegfallen würden, wirklich vorhanden sind, oder wie es oft der Fall ist, bloß vermuthet werden, geht aus der Beschreibung nicht hervor. Die Zeichnungen sind in der Regel Phantasiestücke.

Wenn Piria im *naphthionsauren Kalk* einer Hauptfläche das Zeichen 029 giebt, einer anderen Fläche 920, so hat er sich wahrscheinlich durch *Zwillings-Bildung* verleiten lassen.

Einige Bemerkungen über den *Brookit* mögen den Beschluß machen. Dieser ist von Levy beschrieben und hat in seinen wichtigen Flächen eine normale Ausbildung. Keine derselben hat einen Coëfficienten, der größer wäre als 2. Aber außerdem hat Levy noch die Flächen

$$401 \ 403 \ 803 \ 083,$$

von denen die beiden ersten nicht selten sind, und Kokscharow:

$$401t, \ 803d, \ 2 \ 11 \ 0p, \ 4 \ 23 \ 0g,$$

$$441r, \ 421n, \ 872u, \ 10 \ 3 \ 1m,$$

was sehr unregelmäßig seyn würde.

Der *Arkansit* ist dem *Brookit* in den Winkeln und der Ausbildung sehr ähnlich und wahrscheinlich ebenfalls nichts als eine nur vielleicht mit anderen Stoffen gemengte Titansäure.

Descloizeaux giebt ihm die Flächen

100 010 160 203 133 163

die sehr unregelmäßig zu seyn scheinen, warum nicht lieber

100 010 110 201 212 111,

die ganz dasselbe sind?

Es werden dieses so ziemlich alle Krystall-Species seyn, bei welchen einige durch ihre Häufigkeit oder ihre Ausdehnung wichtiger Flächen einen größeren Coëfficienten als 2 oder 3 haben.

Bei vielen anderen Krystallen, bei denen nach älteren Angaben ähnliche Unregelmäßigkeiten vorkommen, hat man durch genauere Beobachtungen eine Ausbildung erkannt, welche mit unseren Gesetzen vollkommen übereinstimmt, und man darf die Hoffnung hegen, daß dieses auch bei den hier aufgeführten Körpern der Fall seyn wird, die sämmtlich zu denen gehören, bei denen gute Krystalle sehr selten und schwer zu beobachten sind.

III. *Ueber eine neue Bestimmungsmethode des Kohlenstoffes; von C. Brunner.*

Vor mehreren Jahren machten die Gebrüder Rogers die Erfahrung, daß fein gepulverter Graphit, daß sogar Diamant durch Behandlung mit doppelt chromsaurem Kali und Schwefelsäure in Kohlensäure verwandelt werden könne. Es schien mir nicht unmöglich auf diesem Princip eine Methode zu gründen, die in vielen Fällen geeignet seyn möchte den Kohlenstoff in verschiedenen Verbindungen auf eine leichte Weise zu bestimmen. Es kam zunächst darauf an

- 1) zu untersuchen, ob bei dieser Operation die Verwandlung des Kohlenstoffes in Kohlensäure vollstän-