

*dem mineralogischen  
Kabinett A. P.*

DIE  
REGENERATION  
DER  
KRYSTALLE

ZWEITE UNTERSUCHUNGSREIHE

MITGETEILT VON

DR. A. RAUBER,

O. Ö. PROFESSOR AN DER KAISERLICHEN UNIVERSITÄT IN JURJEFF (DORPAT).

MIT 393 TEXTABBILDUNGEN.



LEIPZIG 1896.  
VERLAG VON EDUARD BESOLD  
(ARTHUR GEORGI).

---

1895 erschien im gleichen Verlage:

**Die**  
**Regeneration der Krystalle.**

Von

**Dr. A. Rauber,**

o. ö. Professor an der Kaiserl. Universität Jurjeff (Dorpat).

**Erste Untersuchungsreihe.**

Mit 92 Textabbildungen.

Preis 4 Mark.

---

X 752 P

*Cum. 1894*  
*Met. 1294*

Die  
Regeneration der Krystalle.

Zweite Untersuchungsreihe,

mitgeteilt von

Dr. A. Rauber,

ord. ö. Professor an der Kaiserlichen Universität Jurjeff (Dorpat).

Mit 393 Textabbildungen.



LEIPZIG

Verlag von Eduard Besold (Arthur Georgi)

1896.

I-275

4 X A

Tartu Riikliku Ülikooli  
Raamatukogu

11482

# Inhalt.

	Seite
<b>Vorwort.</b>	
<b>Beobachtungen.</b>	
Einfluss der <b>Bewegung</b> des Krystalles oder der Mutterlauge auf das Wachstum der Krystalle . . . . .	5
Schüttelversuche . . . . .	6
Messende Versuche . . . . .	8
Einfluss des Luftdruckes . . . . .	15
Einfluss der Schwerkraft . . . . .	20
Einfluss der Temperatur . . . . .	23
Umbildung künstlicher Formen mit neuen Orientierungen der Achsen	30
Kugel . . . . .	30
Sphaeroid . . . . .	32
Ellipsoid . . . . .	34
Bikonvexe Linse . . . . .	45
Cylinder . . . . .	53
Würfel . . . . .	72
Parallelepiped . . . . .	86
Kegel . . . . .	92
Pyramide . . . . .	108
<b>Ergebnisse</b> . . . . .	118

## Durchgehende Bezeichnungen.

---

*d* Dodekaederfläche;  
*h* Hexaederfläche;  
*o* Oktaederfläche;  
*w* Wucherfläche;  
*g* Glanzfläche;  
*n* und *nf* natürliche Oktaederfläche;  
*nk* natürliche Oktaederkante;  
*ne* natürliche Oktaederecke;  
*I* obere Pyramide;  
*II* untere Pyramide eines Oktaeders.

---

## Vorwort.

---

In der zu Ende des vorigen Jahres veröffentlichten ersten Reihe dieser Untersuchungen über die Regeneration der Krystalle kamen folgende Dinge zur Darstellung: 1. die Regeneration des Krystalltorso; 2. die des Supplementkörpers (supplementäre Pyramide, Kante und Platte); 3. künstlich aus Alaun hergestellter geometrischer Körper; 4. hohler Flächen.

Von den in der ersten Beobachtungsreihe mitgeteilten Versuchen frei geworden, war ich von dem Gegenstande selbst noch nicht befreit. Er hielt mich vielmehr noch ebenso fest wie zuvor; aber ich war freier geworden in der Beherrschung des Gebietes und von den Fesseln des Materiales. So waren es teils neue Richtungen, nach welchen nunmehr vorgegangen werden konnte, teils handelte es sich auch darum, bei Einhaltung der früheren Richtung manches weiter auszubauen, was damals nur eine kurze Erwähnung gefunden hatte und daher nur einen ersten Anfang bildete. Ich begann mit Absicht an demselben Material alsbald mit einer Menge neuer Versuche. Vertrauter mit ihm geworden sah ich nicht allein ihre Zahl, sondern auch ihren Inhalt und ihre Ergebnisse rasch in unerwarteter Fülle hervorzuwachsen und vermag nunmehr die vorliegende zweite Beobachtungsreihe als ein gut abgeschlossenes Ganzes vorzulegen.

Dass auf dem Gebiete der Krystallregeneration noch viel zu leisten übrig geblieben sei, war mir übrigens schon bekannt, noch bevor die erste Untersuchungsreihe das Licht der Öffentlichkeit erblickt hatte. Ich habe auch nicht vergessen, in dem Abschnitte, welcher von den Aufgaben handelt, dies mit folgenden Worten damals auszusprechen: „Von der Untersuchung des Einflusses ungewöhnlicher äusserer Bedingungen auf den Gang der Regeneration, wie Bewegung, verschiedene Temperatur der Mutterlauge, Zuführung gewisser Stoffe zu letzterer, veränderter Atmosphärendruck, Einführung elektrischer Ströme u. s. w. wurde einstweilen abgesehen.“

Ferner habe ich in den Schlussbetrachtungen des Umstandes gedacht, dass zunächst nur Krystalle der Alaungruppe untersucht worden sind, die unter so vielen Krystallformen nur eine einzige dar-

stellen, und dass in der Folge auch an anderen Krystallen Beobachtungen angestellt werden müssten, da an solchen sicher der Gewinn noch mancher wichtiger Thatsachen zu erwarten sei.

Nicht alles, was in der ersten Beobachtungsreihe als Aufgabe bezeichnet worden ist, vermag die zweite bereits zu bringen, aber doch einen ansehnlichen Teil, der zum Abschlusse drängt.

Dieser neue Teil wird nicht deshalb schon von vornherein als weniger interessant bezeichnet werden dürfen, weil er sich noch ganz in der Alaungruppe bewegt. Zwar habe ich versuchsweise unterdessen auch einige andere Krystallformen geprüft, wie Borax, Salpeter, schwefelsaures Kupferoxyd u. a.; aber von den hierbei erhaltenen Ergebnissen wird auf den folgenden Blättern noch nicht die Rede sein. Denn es ist gewiss in erster Linie wünschenswert, von den Alaunen, welche ein prachtvolles Beobachtungsmaterial bilden, eine möglichst erschöpfende Kenntnis ihrer Regenerationserscheinungen zu besitzen.

Was den Einfluss ungewöhnlicher äusserer Bedingungen auf den Verlauf der Regeneration betrifft, so sind im folgenden Versuche mitzuteilen mit bewegter Mutterlauge oder bewegten Krystallen, Versuche über den Einfluss der Schwerkraft auf die Regeneration, Versuche mit vermindertem und vermehrtem Atmosphärendruck, mit verminderter und erhöhter Temperatur.

Eine grosse Reihe neuer Beobachtungen bezieht sich ferner auf die fortgesetzte Prüfung des Verhaltens künstlicher Formen von Alaunkörpern in der gleichen oder in einer isomorphen Mutterlauge. Zwar sind neue künstliche Formen nur in geringer Zahl in Anwendung gezogen worden. Die früher schon benutzten, Kugel, Cylinder, Würfel, Kegel, Pyramide, bilden vielmehr auch die Grundlage der neuen Beobachtungen; aber ihre Benutzung ist ausgedehnter variiert und nach früher nicht geprüften Achsenrichtungen orientiert worden. So konnte, um ein Beispiel anzuführen, früher schon aus dem künstlichen Alaun-tetraeder bei Orientierung nach einer bestimmten Richtung konstant die Umbildung zum Tetra-Oktaeder erzielt werden; aber von dem Würfel war eine ähnliche Umbildung noch unbekannt geblieben. Einer meiner ersten Versuche ging darauf aus, eine künstliche Würfecke auf eine natürliche Oktaederfläche des Stammkrystalls zu orientieren. Der Erfolg entsprach ganz der gehegten Erwartung. Schon während des Druckes der ersten Beobachtungsreihe hatte ich so die Erfahrung gemacht, dass es unter bestimmten Bedingungen konstant gelingt, aus einem künstlichen Würfel durch regenerative Umbildung aller seiner Ecken zu Flächen, ein Kubo-Oktaeder und endlich ein fertiges Oktaeder zu gewinnen. Welche Bahn schlägt, so fragte ich mich ferner zu jener Zeit, die Regeneration eines künstlichen Alauncylinders ein, dessen eine oder beide Endflächen natürlichen Oktaederflächen

entsprechen oder mit ihnen zusammenfallen? Die bezüglichen Versuche führten zu einer Reihe unerwarteter Aufschlüsse. Und so würden sich viele Beispiele aufzählen lassen, die im folgenden ihre Erledigung finden werden.

Bei der Untersuchung der Umbildung künstlicher Formen, z. B. künstlicher Alaunkugeln, in der Regenerationsflüssigkeit, treten nahe Beziehungen zu den beiden organischen Reichen, den Pflanzen und den Tieren, zu Tage, nicht allein im Hinblick auf die regenerativen Erscheinungen, was natürlich ist, sondern selbst im Hinblick auf die Frage der Entstehung der Arten im Pflanzen- und Tierreiche. In der That liegt die Versuchung nahe, von hier aus Stellung zu nehmen gegen die Theorien der Transformation der Organismen, d. i. der Entstehung höherer Organismen aus niedrigen Formen.

Als Stammkrystalle für die regenerative Untersuchung aus ihnen geschnittener künstlicher Formen dienten in der Regel grosse Krystalle oder Blöcke aus Kaliumalaun, als Mutterlauge oder vielmehr Regenerationsflüssigkeit gesättigte Lösungen von Chromalaun; jene, weil sie sich am leichtesten und vollkommensten in die beabsichtigten künstlichen Formen bringen liessen; diese, weil die Regeneration rasch in ihnen von statten ging und zugleich der dunklen Farbe wegen in den feinsten Einzelheiten der ersten Anfänge und der späteren Stufen leicht erkennbare Bilder lieferte. Doch ward in anderen Fällen gerade umgekehrt verfahren; oder der Stammkrystall und die Mutterlauge waren der gleiche Stoff.

Wenn nun aber auch durch die neuen hier mitzuteilenden Beobachtungen das zu erreichende Ziel erheblich näher gerückt erscheint, so muss dennoch anderes der Zukunft überlassen bleiben.

Jurjeff (Dorpat), Januar 1896.

A. Rauber.

# Beobachtungen.

---

## I. Bewegung des Krystalles oder der Mutterlauge.

Man ist an die Vorstellung gewöhnt, dass ein Krystall zu seiner vollkommenen Ausbildung der Ruhe bedürfe. Auch ist diese Annahme nicht ganz ohne erfahrungsmässigen Hintergrund und liegt von vornherein am nächsten. Man kann sich in der That nicht wohl denken, dass selbst nur anhaltende kleine Erschütterungen, welche durch Übertragung der Wellenbewegung einer gespannten Saite oder eines anderen Körpers auf einen wachsenden Krystall und seine Mutterlauge veranlasst werden, wirkungslos an dem Wachstum und an der Regeneration des Krystalles vorübergehen sollen. Ja selbst eine einzige starke Erschütterung wird, so muss man zunächst vermuten, nicht spurlos an einem wachsenden Krystalle vorübergehen. Ebenso kann man nicht wohl annehmen, es werde eine strömende Mutterlauge die Bildung der Krystalle, oder ein mit einer gewissen Geschwindigkeit in der ruhenden Mutterlauge sich bewegendes Krystall dessen ferneres Wachstum in jeder Hinsicht unberührt lassen, auch wenn man von der Wirkung der lebendigen Kraft der gegeneinander bewegten beiden Teile auf den Krystall ganz absieht.

Aber es liegt andererseits auch Grund vor, eine gewisse Bewegung der Mutterlauge oder des Krystalles für einen das Krystallwachstum begünstigenden Umstand zu erachten. In der der Verdunstung überlassenen Mutterlauge sind unausgesetzt feine Strömungen in vertikalen Bahnen vorhanden. Und in der gesamten unmittelbaren Umgebung eines wachsenden Krystalles werden, an verschiedenen Stellen des Krystalles in verschiedener Stärke, aus entgegengesetzter Ursache, nämlich durch Verdünnung der umgebenden Mutterlauge, welche an den wachsenden Krystall Stoff abgibt, beständig feine Strömungen unterhalten, welche gleich jener ersten der Ausgleichung der Konzentration dienen. Eine künstliche Begünstigung der Diffusionsgleichung um den Krystall könnte vielleicht, so kann man sich vorstellen, ebenso das Wachstum und die Regeneration des Krystalles beschleunigen, wie eine Begünstigung der Verdunstung an der Oberfläche der Flüssigkeit.

Leichte Bewegungen des Krystalles oder der Mutterlauge könnten also doch vielleicht auf das Wachstum und die Regeneration günstig einwirken. Heftige Bewegung freilich wird jedermann gern geneigt sein als ungünstig wirkend vor auszusehen und abzuweisen. Wo aber ist die Grenze gelegen? Sie zu kennen, kann nicht unwichtig sein, wie das Folgende ergeben wird.

Ich begann mit Schüttelversuchen mit an Fäden aufgehängten Alaunkugeln und Alauncylindern, welche in mit konzentrierter Chromalaunlösung gefüllte Fläschchen eintauchten. Darauf wurden, da das Ergebnis ein unerwartetes war, ganz unregelmässige schüttelnde Bewegungen von ansehnlicher Stärke vorgenommen. Zuletzt gelangten Versuche mit ganz regelmässiger und messbarer Bewegung an die Reihe. In dieser Reihenfolge sollen sie auch hier vorgeführt werden.

### 1. Schüttelversuche.

#### $\alpha$ -Versuch.

Eine künstliche Alaunkugel von 10 mm Durchmesser trägt an einer Stelle eine zweite kleinere Kugel, welche zu dem Zwecke bei der Formung der grösseren Kugel mit aus dem Blocke geschnitten wurde, um die grössere Kugel bequem an einem Faden befestigen zu können (Fig. 1). Der Faden ist andererseits an dem Korke befestigt, welcher das fast ganz mit konzentrierter Chromalaunlösung gefüllte Fläschchen verschliesst. Temperatur 13°. Ich liess nun einen zuverlässigen Gehilfen fünf Stunden hindurch kräftige, pendelartig hin- und hergehende Bewegungen des Gefässes ausführen, welches, um eine Temperaturerhöhung auszuschliessen, in ein kleines Bastkörbchen eingestellt war. Die beiden Kugeln bewegten sich ähnlich dem Klöppel einer Glocke und schlugen auch wirklich hörbar an die Wände des Gefässes an.

Als am Ende der fünften Stunde die Kugeln der Flüssigkeit entnommen wurden, zeigten sich beide in der Umbildung zu Oktaedern weit vorgeschritten, viel weiter, als unbewegte Kugeln in einem so kurzen Zeitraume gelangt wären. Man vergleiche zu diesem Zweck Fig. 1, 2 und die Kugelfiguren der I. Beobachtungsreihe S. 39. An einigen Stellen zeigen beide Kugeln zugleich Schlagmarken, die Einwirkung der häufigen Anschläge an die Gefässwand. Hier sind die Kanten und Ecken nicht zur Ausbildung gelangt und stellen unregelmässig begrenzte, längliche und abgerundete Felder dar, die ebenfalls in der Figur kenntlich sind. Bei der Betrachtung beider Kugeln ergibt sich auch, dass die Flächen, Kanten und Ecken beider Oktaederembryonen in ihrer Lage nicht unabhängig voneinander sind, sondern an genau entsprechenden Stellen ihre Lage haben, wie die Bezifferung vor Augen stellt.

$\beta$ -Versuch.

Ein Alauncylinder von 28 mm Länge und 7 mm Durchmesser der beiden senkrecht zur Längsachse abgeschliffenen Endflächen wird von einem Bindfaden umschlungen in einem dickwandigen Glasballon so aufgehängt, dass er frei pendeln kann. Der Ballon, mit konzentrierter Chromalaunlösung fast gefüllt, wird in ein Körbchen gestellt und mit ihm in starke pendelartige Bewegung versetzt, so dass der Cylinder an die Ballonwand regelmässig und laut anschlägt. Temperatur 13°. Versuchsdauer fünf Stunden. Nach dieser Zeit der Regenerationsflüssigkeit entnommen zeigt der Cylinder sich weit in der Umbildung zum Dehnungsoktaeder vorgeschritten. Die Mantelfläche des Cylinders nämlich ist eingenommen von vier breiten oktaedrischen

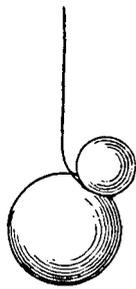


Fig. 1.

Zwei miteinander zusammenhängende Alaunkugeln, zu einem Schüttelversuch bestimmt.

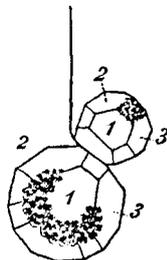


Fig. 2.

Die beiden Alaunkugeln in während des Schüttelns erreichter Umbildung, mit Schlagmarken versehen.

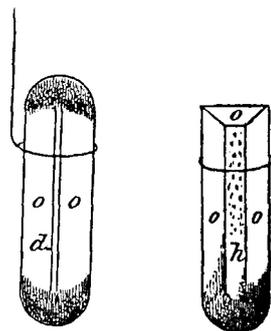


Fig. 3 und 4.

Ein durch einen Schüttelversuch in der Umbildung begriffener Cylinder aus Alaun, in 2 verschiedenen Ansichten.

Längsflächen, zwei gegenüberliegenden schmalen Dodekaederflächen und zwei breiten, ebenfalls gegenüberliegenden Hexaederflächen. Letztere sind zum grösseren Teile rau und stellen Wucherflächen dar, zum Teil in frühzeitiger Abglättung begriffen. Das eine Cylinderende ist fast ringsum ohne Kanten und Ecken, das andere, der Lage im Gefäss nach obere, nur halbseitig kanten- und eckenlos. Statt der Kanten und Ecken liegen abgerundete unregelmässige Stellen vor, welche von dem beständigen Anschlagen an die Ballonwand herrühren. Abgesehen von diesen defekten Stellen der Cylinderenden hat sich die Umbildung ganz in regelmässiger Weise, nur rascher als gewöhnlich vollzogen, wie sich sofort ergibt, wenn die Fig. 3 und 4 mit den Cylinderfiguren der ersten Untersuchungsreihe (S. 42) verglichen werden.

 $\gamma$ -Versuch.

Nachdem mir einmal bekannt geworden war, dass der Alaun bei seinem Wachstum und der regenerativen Umbildung kräftige Bewegungen

in der Mutterlauge nicht allein gut vertrage, sondern, neben Wachstumsangel und Zerstörung an den Enden, im übrigen Gebiete sogar rascher wachse als in der Ruhe, konnte dazu übergegangen werden, künstliche Alauncylinder einfach in mit Regenerationsflüssigkeit gefüllte, kräftige Glasballons zu bringen und sie dem unregelmässigsten und kräftigsten Schütteln nach allen Richtungen hin auszusetzen. So geschah es auch fünf Stunden hindurch bei einer Temperatur von 13°. Nach Ablauf dieser Zeit dem Gefässe entnommen, zeigt der Cylinder von ursprünglich 20 mm Länge beide anfänglich ebene Endflächen halbkugelähnlich zugeschlagen. Die von der heftigen Berührung mit der Glaswand freigebliebenen Stellen des Cylindermantels zeigen sich zwar nicht weiter entwickelt als unter gewöhnlichen Umständen, wohl aber lassen sie deutlich die ersten zarten Spuren von vier Oktaederflächen, zwei Dodekaeder- und zwei Hexaederflächen erkennen.

## 2. Messende Versuche.

Das Ergebnis der vorhergegangenen Versuche musste notwendig zu der Frage führen, wie gross denn die Bewegung des Krystalles oder der Mutterlauge sein könne, um das Wachstum und die Regeneration überhaupt zu verhindern. Dies führte zu messenden Versuchen.

Zur Messung der Kraft nämlich, mit welcher ein unverletzter oder ein verletzter Krystall neue Moleküle aus der Flüssigkeit der Mutterlauge anzieht, richtet und anlagert, kann man die Geschwindigkeit benutzen, mit welcher der Krystall an der Mutterlauge oder die Mutterlauge an dem Krystalle vorübergeführt werden muss, um die Anziehung, Richtung und Anlagerung neuer Moleküle unmöglich zu machen.

Um das Mass der Appositionskraft von natürlichen Krystallflächen und von Krystallwundflächen zu bestimmen, bediente ich mich folgenden Apparates.

An einem Gestelle, welches aus zwei senkrechten und zwei wagrechten Holzplatten besteht, ist ein langer, im Querschnitt 15 mm messender cylindrischer Holzstab in vertikaler Richtung so angebracht, dass er leicht um seine Längsachse rotieren kann. Das untere Ende nimmt ein Glasrohr auf, in dessen unterer Mündung der zu untersuchende Körper befestigt werden kann. Dieser, nebst einem austossenden Stücke des Glasrohres, taucht in ein mit der Mutterlauge angefülltes weites Gefäss ein. In der Mitte zwischen den beiden wagrechten Drehlagern des vertikalen Stabes, der Welle, ist eine oder sind mehrere Rollen von verschiedenem Durchmesser angebracht. Sie dienen zur Aufnahme eines Transmissionsbandes. Macht das in der Fig. 5 nicht gezeichnete Triebrad einen Umgang, so führt die kleinere Rolle und damit auch die Welle und der unten an ihr befestigte Körper elf Um-

gänge aus. Da nun der Durchmesser des zu untersuchenden Körpers von rundem Querschnitt bekannt ist, so lässt sich leicht bestimmen, welchen Weg jeder Oberflächenpunkt des zu untersuchenden Körpers an der Flüssigkeit zurücklegt.

Man erkennt, es kommt bei der Thätigkeit des Apparates nicht die lebendige Kraft des bewegten Körpers in Betracht, sondern einzig die Geschwindigkeit, mit welcher der zu untersuchende runde Körper mit jedem Punkte seiner Oberfläche an der Mutterlauge vorübergeht. Die Frage ist also, welchen Weg muss ein Oberflächenpunkt des Körpers von rundem Querschnitt an der berührenden Flüssigkeit zurücklegen, um die Apposition neuen Materiales zu verhindern?

Da der Apparat dazu bestimmt ist, die Appositionskraft zu messen und Anlagerung zu verhindern, so sei er Phykokolyt<sup>1)</sup> genannt, um einen bequemen Ausdruck zu haben.

### 1. Versuch.

Eine künstliche Alaunkugel von 20 mm Durchmesser trägt an einer Stelle einen geraden, radiär gerichteten kräftigen Fortsatz von rundlichem Querschnitt, welcher dazu dient, die Kugel in axialer Richtung im unteren Ende des Phykokolyten zu befestigen. Dies geschieht durch Umwicklung des Kugelfortsatzes mit Bindfaden vor seiner Einführung in so sicherer Weise, dass eine Drehung des Fortsatzes im aufnehmenden Rohre ganz ausgeschlossen ist. Der Kugel wird von unten her ein mit konzentrierter Chromalaunlösung gefülltes weites Glasgefäß von ca. 15 cm Durchmesser und 20 cm Höhe genähert, über die Kugel eine Strecke nach oben hinweggeführt und sodann auf eine Unterlage von Holz gestellt. Bei den nunmehr erfolgenden Drehungen des Triebrades macht die Kugel rasche axiale Drehungen in der Flüssigkeit, und zwar deren 11 in der Sekunde. Temperatur 13°.

Anfangs beabsichtigend, die Drehungen ununterbrochen 2 Tage hindurch fortzusetzen, ward ich durch einen Zufall an der Ausführung dieses Vorhabens gehindert. In dem Gang des Triebrades war am

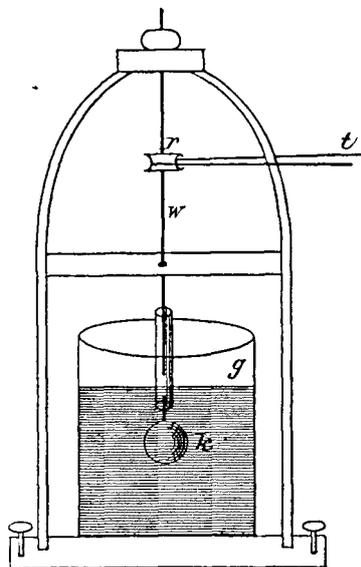


Fig. 5.

Messender Apparat. *t* Transmissionschlinge; *w* Welle; *r* Rolle; *g* mit konzentrierter Chromalaunlösung gefülltes Glasgefäß; *k* Alaunkugel.

<sup>1)</sup> Von *φύω*, ich wachse, und *κόλω*, ich verhindere.

Ende der 21. Stunde irgend eine Störung eingetreten; es konnte nicht mehr bewegt und der erste Versuch musste unterbrochen werden. Aber wie gross war mein Erstaunen, als ich wahrnahm, dass die Kugel bereits zu einem weit ausgebildeten Oktaederembryo später Stufe entwickelt war. Alle charakteristischen Flächen, Kanten und Ecken (vergl. I. Reihe, S. 39) waren auf das schönste ausgebildet und nur an der Ansatzstelle des Fortsatzes lag eine Unterbrechung vor. Flächen, Kanten, Ecken waren spiegelnd glatt und scharf gerandet, von einer geschehenen Abschleifung keine Spur. Und doch war schon eine Reihe von Stunden hindurch keine Kugel mehr vorhanden, sondern ein mit Ecken und Kanten versehener Körper, welcher bei seinen raschen Drehungen notwendigerweise eine starke lebendige Kraft auf

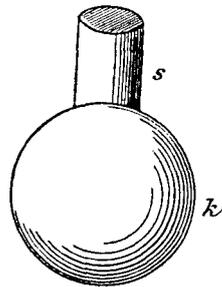


Fig. 6.

Alaunkugel (*k*) mit Stiel (*s*) versehen, um sie an dem messenden Apparate zu befestigen.

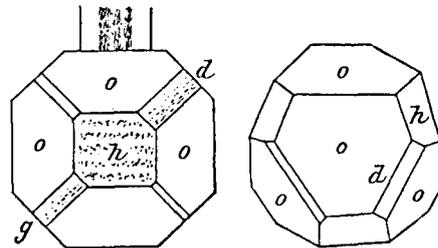


Fig. 7 und 8.

Zwei Ansichten der während rotierender Bewegung sich umbildenden Kugel.

die umgebende Flüssigkeit (und der letzteren auf die umgewandelte Kugel) ausüben musste. Was aber den Weg betrifft, welchen ein Punkt der äquatorialen Zone der Kugel in der umgebenden Flüssigkeit zurücklegte, so beträgt dieser in jeder Sekunde rund nicht weniger als 70 cm ( $2\pi \cdot 11$ ). Mit einer Geschwindigkeit von 70 cm in der Sekunde ist die Flüssigkeit an dem Äquator der Kugel vorübergerissen worden, ohne die Appositionskraft des Alauns zu verhindern oder nur zu stören. Im Gegenteile, in der gleichen Zeit würde ohne Umdrehung und bei sonstigen gleichen Bedingungen die Alaunkugel niemals auf eine so vorgerückte Stufe der Ausbildung gelangt sein, sondern erst im Verlaufe mehrerer Tage. Weit entfernt also, störend auf den Gang des Wachstums und der Regeneration einzugreifen, hat die rasche Bewegung beides nur begünstigt.

Zwar ist ein gewisser Abzug an der angegebenen Geschwindigkeit anzubringen. Denn es kam die ganze Flüssigkeit infolge der Rotationen der Kugel allmählich in langsam rotierende, nahe der Kugel in stärkere Bewegung. Aber der Abzug ist im ganzen doch nur unbedeutend und kann das Hauptergebnis nicht verändern.

2. Versuch.

Gestielter gerader Alaunkegel von 45 mm Höhe und 30 mm basalem Durchmesser. Die äusserste Spitze ist zu einer kleinen Kreisfläche von 1 mm Durchmesser parallel der Basis abgestumpft. Der Stiel wird in derselben Weise in der Mündung des Phyokolyten befestigt, wie im vorhergehenden Versuche. Versuchsdauer 18 Stunden, Temperatur 13°. Übrige Verhältnisse wie zuvor.

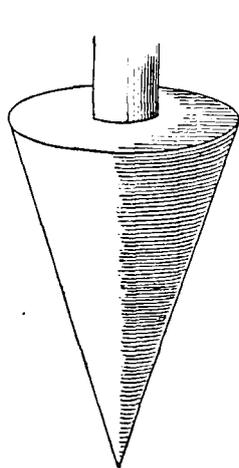


Fig. 9.

Gestielter Alaunkegel, zur Umbildung bei einem Rotationsversuche bestimmt.

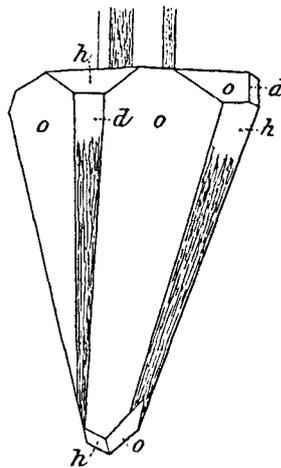


Fig. 10.

In der Umbildung begriffener Alaunkegel.

Nach achtzehnstündiger ununterbrochener Drehung um seine Längsachse untersucht, zeigt sich der Kegel ganz wie ein unbewegter Kegel derselben Art umgebildet, nur ist die Umbildung durch die Drehung beschleunigt worden. Es sind sämtliche Glatt- und Wucherflächen von schönster Ausbildung vorhanden, welche der Umbildung des Kegels zukommen (I. Untersuchungsreihe, S. 45). Alle Flächen, Kanten, Ecken sind völlig rein und scharf ausgeprägt, ohne Spur einer Abschleifung oder Ablenkung.

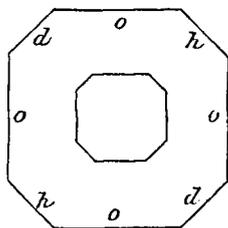


Fig. 11.

Derselbe Kegel, in basaler Ansicht der Umfassungslinien.

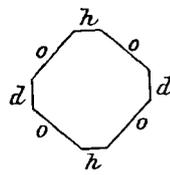


Fig. 12.

Querschnittsbild desselben Kegels aus der Gegend der Spitze.

Und doch haben auch hier die schon seit Stunden in der Ausbildung begriffenen Kanten und Ecken eine ansehnliche lebendige Kraft entwickelt, welche auf die Flüssigkeit drückte, sowie letztere ihrerseits auf die in Entstehung begriffenen Kanten und Ecken. Aus diesem Grunde musste gegen das Ende des Versuches die anfänglich sehr langsame Drehung der Flüssigkeit im Gefässe zugenommen haben.

Jeder Punkt der Kegelbasis hat vor seiner Umfangszunahme an der umgebenden Flüssigkeit in jeder Sekunde einen Weg zurückgelegt von rund 104 cm.

Mit einer Geschwindigkeit von über 1 m in der Sekunde wurde also die Flüssigkeit an der Alaunoberfläche vorübergeführt, ohne die Appositionskraft zu hindern oder abzulenken.

### 3. Versuch.

Alauncylinder von 9 cm Durchmesser und 2 cm Höhe, mit ebenen Endflächen, welche senkrecht die Längsachse schneiden. Die Mitte der mächtigen Scheibe ist quadratisch durchlocht und nimmt das untere vierkantige Ende der Welle des Phyokolyten auf, nachdem das Glasrohr entfernt worden ist. Nachdem die Scheibe gehörig befestigt und in ein weites Gefäß von 30 cm Umfang und 20 cm Tiefe mit Regenerationsflüssigkeit eingelassen ist, wird das Triebrod in Bewegung gesetzt. Versuchsdauer 24 Stunden, Temperatur 13°. Die Flüssigkeit macht langsam rotierende Bewegungen, die gegen die Mitte hin rascher werden.

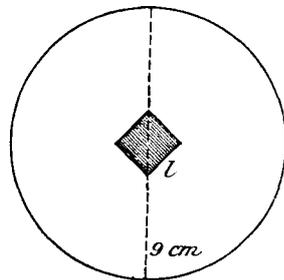


Fig. 13.  
Alaunscheibe von 9 cm Durchmesser, zur Einfügung in den Messapparat bestimmt. *l* zur Befestigung der Welle dienendes Loch.

Nach Ablauf von 24 Stunden untersucht, zeigt sich der grösste Teil der beiden Endflächen und des Cylindermantels von kräftigen Wucherungen bedeckt. Einzelne Stellen aber von grösserer oder geringerer Ausdehnung haben sich zu vollständigen Glattflächen ausgebildet und sind durch scharfe Kanten oder Ecken begrenzt, welche deutlich dem Oktaedersysteme angehören.

Andere Kanten zeigen Erscheinungen von Abschleifung; ebenso ein grosser Teil der die Wuchertflächen einnehmenden unzähligen Auswüchse. Bei näherem Nachsehen ergab sich, dass in der Alaunflüssigkeit starke sandartige Niederschläge entstanden waren. Mit der Flüssigkeit umherwirbelnd, hatten sie auch die obere Endfläche des Alauncylinders in einer mehrere Millimeter betragenden Schicht bedeckt. Auf die frei in der Flüssigkeit wirbelnden Niederschläge sind wohl auch die Abschleifungen einzelner Kanten und unzähliger Auswüchse der Wucherflächen zurückzuführen. Die Abschleifung vollzog sich natürlich in der Richtung der Bewegung. Ganze Scharen der kleinen Fortsätze sehen daher wie nach der Bewegungsrichtung umgelegt aus und gestatten der fühlenden Hand ohne Hindernis die Bewegung nach der einen Seite hin, während sie nach der entgegengesetzten Seite hin wie kleine Widerhaken wirken.

Abgesehen von diesem Umstande ist der Versuch immerhin beweiskräftig für die Hauptsache. Denn es haben sich selbst an der

äussersten Peripherie der Scheibe teils echte Wucherfelder angelegt, teils ist es zur Ausbildung von Glattflächen, oktaedrischen Kanten und Ecken an derselben äussersten Peripherie gekommen, trotz der Störung durch bewegte Niederschläge.

Bei einem Durchmesser der Scheibe von 9 cm war die Bewegung ihrer peripheren Teile schon eine sehr beträchtliche und betrug für jeden Punkt der Peripherie in der Sekunde rund 3 m. Obwohl also die Flüssigkeit an jedem Punkt der Scheibenperipherie mit einer Schnelligkeit von 3 m in der Sekunde vorübergeführt wurde, so ist die regelrechte Apposition doch vor sich gegangen.

#### 4. Versuch.

Die Ergebnisse der vorhergehenden Versuche mussten dazu auffordern, immer grössere Geschwindigkeiten der vorbeiströmenden Flüssigkeit auf die künstlichen und später auch auf die natürlichen Krystallflächen wirken zu lassen. Da aber sehr grosse Alaunblöcke schwer zu erhalten und schwer zu handhaben sind, wurde folgende Einrichtung in Anwendung gezogen.

Eine vom Tischler angefertigte kreisförmige Scheibe aus Holz, von 20 cm Durchmesser und 1 cm Dicke ward an ihrem genau gearbeiteten Rande an vier gleichweit voneinander abstehenden Stellen, wie es Fig. 14 andeutet, mit

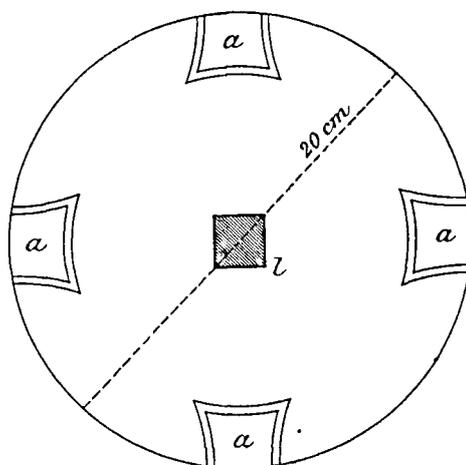


Fig. 14.

Holz-scheibe von 20 cm Durchmesser, zur Einfügung in den Messapparat bestimmt. Der Raudteil der Scheibe ist mit angepassten Alaunstücken (a) besetzt. l zur Befestigung der Welle dienendes Loch.

Einschnitten versehen, welche eine äussere Länge von je 2, eine innere Länge von je 3, und eine Tiefe von je 4 cm besaßen. In diese Einschnitte oder Nischen wurden genau angepasste Alaunstücke eingefügt und befestigt, so dass die Scheibe wieder die ursprüngliche Form hatte, aber stellenweise aus Alaun bestand. Der Aussenrand der Alaunstücke, ein cylindrisches Flächenstück, setzte also den Aussenrand des hölzernen Scheibenteiles unmittelbar fort. Die Mitte der Scheibe ward an dem unteren Ende der Welle des Phykokolyten axial befestigt, so dass die Scheibe bei der Bewegung des Triebrades rasch um ihre mit der Welle zusammenfallende Achse rotierte. Als aufnehmendes Gefäss diente eine mächtige irdene, glasierte Schale von über  $\frac{1}{2}$  m Durchmesser. Um sie zu füllen, waren

gegen 27 Pfund Chromalaun in heissem destilliertem Wasser aufgelöst worden. Nachdem die Flüssigkeit einen Tag hindurch der Abkühlung bis auf  $13^{\circ}$  R. und der Ausscheidung des Niederschlages überlassen, der Niederschlag aber entfernt worden war, begann der Versuch.

Die Geschwindigkeit der Drehungen des Triebrades musste, der in der Schale entstehenden Wallungen wegen, etwas geringer genommen werden, als bei den vorausgehenden Versuchen, war aber immer noch so bedeutend, dass einer Drehung des Triebrades acht Drehungen der Versuchsscheibe in der Sekunde entsprachen. Temperatur des Raumes und der Flüssigkeit  $13^{\circ}$ . Dauer des Versuches 15 Stunden.

Als nach Ablauf dieser Zeit die Versuchsscheibe abgenommen und besichtigt wurde, zeigten sich auf ihrer oberen Fläche inselhaft verteilte, feine Niederschläge, der ganze senkrechte Scheibenrand und die untere Fläche der Scheibe waren von Niederschlägen frei. Die obere

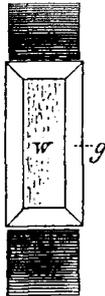


Fig. 15.  
Ein Alauneinsatz mit nächster Umgebung, in Umbildung begriffen; von der Mantelfläche des Cylinders aus betrachtet.

und untere Fläche sämtlicher Alauneinsätze werden grossenteils von Wucherflächen eingenommen, an einzelnen Stellen sind Glanzflächen ausgebildet; von Abschleifungserscheinungen fehlt jede Spur. Sehr deutlich sind die Verhältnisse des Aussenrandes der Einsätze, wie Fig. 15 zeigt. Der Aussenrand, ursprünglich ein cylindrisches Flächenstück, ist an den beiden langen Kanten geradlinig geworden und je in einen glatten, vorspringenden Saum umgewandelt, welcher an den Enden mit einem eben solchen glatten Saume der beiden kurzen Kanten zusammentrifft und daselbst eine natürliche Kante entwickelt hat. Die vier glatten Säume umfassen ein ebenes Wucherfeld von rechteckiger Form, welches einige Millimeter über die Peripherie der Holz-scheibe vorspringt. Man erkennt bereits, dass die vier glatten Säume nicht anderes sind als die 2—3 mm breiten Anfänge von Oktaederpyramiden, also Anlagen von Oktaederflächen, welche eine grosse Hexaederfläche, das Wucherfeld, umfassen. Ähnliche Umbildungen, doch auf früheren Stufen noch befindlich, sind an der oberen und unteren Fläche des Alauneinsatzes bemerklich. So verhält es sich bei drei von den vier Einsätzen, während die Aussenfläche des vierten Einsatzes im Begriffe steht, sich in eine einzige nur wenig vorspringende Glattfläche umzuwandeln.

Fragt man nach der Geschwindigkeit, mit welcher der cylindrische Aussenrand der Einsatzstücke an der Mutterlauge vorüberbewegt wurde, so beträgt sie rund 5 m in der Sekunde ( $\pi \cdot 20 \cdot 8$ ).

Trotz dieser ansehnlichen Geschwindigkeit hat also das Krystallwachstum und die Regeneration keine Einbusse erfahren. Auch wenn

man die in der Nähe der Scheibe stattgefundenen bedeutenderen Strömungen berücksichtigt und in Abzug bringt, bleibt das Ergebnis wesentlich dasselbe. Selbst die durch die Vorsprünge der wachsenden Oktaederpyramide wirksam gewordene lebendige Kraft der bewegten Flüssigkeit hat die Ausbildung regelrechter Gestaltung nicht verhindert und nicht verkürzt. Ist das Ergebnis auch befremdlich, so harmoniert es doch wenigstens mit den Ergebnissen der Schüttelversuche. Und da in den Versuchsanordnungen nichts Fehlerhaftes zu liegen scheint, so kann ich nicht umhin, das Ergebnis anzuerkennen. Somit würden noch grössere Geschwindigkeiten zu versuchen sein. Dazu reichen aber meine verfügbaren Apparate vorerst nicht aus. Ich muss mich daher mit dem Befunde begnügen, dass die Appositionskraft verwundeter und unverwundeter Krystalle von Alaun eine unerwartet grosse sei und keineswegs mechanischen Störungen so leicht zugänglich, wie es angenommen zu werden pflegt. Denn sie übertrifft eine Schnelligkeit von 5 m, mit welcher die Mutterlauge an einer Krystallfläche vorübergeführt wird.

Man kann übrigens auch nach den Gründen fragen, warum bisher die Appositionskraft der Krystalle, zunächst des Alauns, für so klein und leicht überwindbar betrachtet worden ist. Solche Gründe sind meines Wissens nicht vorhanden. Die Feinheit der Gestalt, ihre grosse Regelmässigkeit, aber auch ihre leichte Verletzbarkeit bringen leicht zu der Vorstellung, dass auch die Apposition neuer Substanz an wachsende Krystalle eine leicht veränderliche Erscheinung sein müsse, welche durch geringe Mittel schon zur Ablenkung oder Aufhebung gebracht werden könne. Aber eine Begründung ist hiermit noch nicht gegeben. Ist dem so, dann wäre die bisherige Annahme einfach für ein Vorurteil zu erklären, der Versuch dagegen hätte positiv entschieden.

## II. Einfluss des Atmosphärendruckes.

### I. Verminderter Atmosphärendruck.

Welche Wirkung veränderter, sei es nun verminderter oder vermehrter, Atmosphärendruck auf die Entwicklung und Regeneration von Krystallen auszuüben vermag, kann nur durch Versuche entschieden werden. Vermutungen über diesen Gegenstand sehen einen weiten Spielraum vor sich. Rückschlüsse aus dem organischen Gebiete würden dazu führen, verminderten Atmosphärendruck lockere, geblähte Krystalle und Regenerate zustande kommen zu lassen, während erhöhter Atmosphärendruck kompakteren, gedrungeneren Krystallgestalten den Ursprung geben würde, bis endlich die krystallogenetische

Kraft starkem Atmosphärendrucke ganz erliegt. Bis zu welchem Grade aber solche Rückschlüsse berechtigt sind, kann natürlich auch wieder nur durch die Erfahrung entschieden werden.

Zur Untersuchung des Einflusses verminderten Atmosphärendruckes auf die Krystallregeneration bediente ich mich teils einer zweistiefeligen Luftpumpe, teils der Bunsenschen Wasserluftpumpe.

a. Versuch mit der zweistiefeligen Luftpumpe.

Ein hohes Glasgefäss mit ca. 50 ccm konzentrierter Chromalaunlösung wird auf den Tisch der Luftpumpe gestellt und in die Lösung eine Alaunkugel von 10 mm Durchmesser versenkt. Nach luftdichter Aufstellung des Rezipienten wird mit dem Auspumpen der Luft sofort begonnen und damit fortgefahren, bis der Druck auf etwa 15 mm Quecksilber gesunken ist und das Manometer keine Veränderung mehr anzeigt. Es steigen anfänglich Gasblasen aus der Flüssigkeit auf. Alle drei Stunden ist es erforderlich, der Luftpumpe zu Hülfe zu kommen, indem infolge geringer Undichtigkeiten beständig Spuren von Luft in den Rezipientenraum gelangen und die Standlinien des gebogenen Manometers sich verschieben. Mit diesem periodischen Nachpumpen wird fünf volle Tage hindurch fortgefahren. Am Schlusse des fünften Tages endlich wird die Luft langsam wieder zugelassen und die Kugel der Regenerationsflüssigkeit entnommen. Die Temperatur hatte unterdessen zwischen 13 und 15<sup>o</sup> R. geschwankt. Die Entwicklung von Gasblasen hatte bald aufgehört. Der Rezipient zeigte sich auf einem der Sonnenseite zugewendeten grösseren Felde leicht mit Wasserdampf beschlagen. Volumen des vom Rezipienten umschlossenen Raumes über 4 l.

Bei der Besichtigung der aus der Regenerationsflüssigkeit hervorgekommenen Kugel ergab sich, dass sie sich zu einem ganz regelmässig entwickelten Oktaederembryo ausgebildet hatte. Durch die fast vollständige Aufhebung des Luftdruckes war der regelmässige Gang der Apposition in keiner Weise gehindert worden; es war höchstens eine Verzögerung dieses Ganges eingetreten. Von Cystenbildung, blasigen Erscheinungen, die man hatte für möglich halten können, war keine Spur wahrzunehmen. Über das Aussehen von Oktaederembryonen siehe I. Versuchsreihe S. 39.

Um bezüglich des verzögernden Einflusses ein genaueres Ergebnis zu erhalten, wurde in einem zweiten Versuche derselben Art so verfahren, dass von vier gleichen, mit derselben konzentrierten Chromalaunlösung bis zu gleicher Höhe gefüllten Glasgefässen zwei in die Luftpumpe gelangten, die zwei anderen aber nebenan ausserhalb der Luftpumpe auf dem Tische unter einer gleich grossen Glasglocke ihren Platz fanden. In je ein äusseres und inneres Paar von Gefässen war

je eine Alaunkugel und ein Alauncylinder, beide Kugeln und beide Cylinder je von gleicher Grösse, zur richtigen Zeit eingelegt worden.

Versuchsdauer 12 Stunden. Konnten auch die Bedingungen bezüglich der Verdunstung für beide Gläserpaare nicht völlig gleich gemacht werden, so durfte dennoch ein solcher Versuch nicht fehlen.

Bei der Entnahme der Kugeln und Cylinder aus der Regenerationsflüssigkeit ergab sich, dass ein Unterschied in der Ausbildungsstufe der beiderlei Kugeln und Cylinder in keiner Weise zu erkennen war. Die eine Kugel sieht der anderen, der eine Cylinder dem anderen zum Verwechseln ähnlich. Es ergibt sich also, dass fehlender Luftdruck das Krystallwachstum nicht verändert.

#### b. Versuche mit der Bunsenschen Wasserluftpumpe.<sup>1)</sup>

Im ersten dieser Versuche wurde ein mit konzentrierter Chromalaunlösung gefülltes offenes Fläschchen, in welches eine künstliche Alaunkugel von etwa 10 mm Durchmesser eingelegt war, mit Hilfe des Druckes der Wasserleitung bei gewöhnlicher Zimmertemperatur einer Luftverdünnung ausgesetzt, welche in ihrem Grade fast ganz mit der im vorhergehenden Versuche erreichten Verdünnung übereinkam. Als infolge eines Zufalles der Versuch am dritten Tage unterbrochen werden musste, zeigte die der Flüssigkeit entnommene Kugel sich in einen reizenden Oktaederembryo umgewandelt, der die charakteristischen 26 Flächen alle an sich trug. Auch hier ist von Cystenbildung, Auftreibung und Lockerheit der Neubildung keine Spur vorhanden.

Bei einem zweiten Versuche dieser Art ward das Glasgefäss, welches die Chromalaunlösung und die Alaunkugel von ca. 10 mm Durchmesser aufnahm, durch einem Korkstöpsel geschlossen, um übermässige Verdunstung, Schäumung und Überfließen zu verhüten. Durch ein den Kork durchbohrendes, oben verjüngtes Glasrohr stand der Luftverdünnung der Weg ins Innere des Gefässes offen.

Als am Ende des fünften Tages die Kugel der Flüssigkeit entnommen wurde, ergab sich, dass auch in diesem Falle ein schöner Oktaederembryo zur Anlage gekommen war, der sich in nichts von einem gewöhnlichen unterschied und ganz mit der Stufe übereinstimmt, welche in der zweistiefeligen Luftpumpe während einer gleichlangen Versuchsdauer sich ausgebildet hatte. Im Ganzen beruhte also der Unterschied von dem gewöhnlichen Falle höchstens in Verzögerung des Vorganges, während das innere Wesen der Apposition völlig unberührt

---

<sup>1)</sup> Diese beiden Versuche hatte der Privatdozent der Pharmacie, Herr Magister Kromer, für mich anzustellen die Freundlichkeit.

geblieben war. So zeigt sich folglich auch in diesen Versuchen der Gegensatz eines starken Eingriffes in die äusseren Verhältnisse der Entwicklung eines Krystalles, und einer geringen Reaktion von seiten des letzteren.

## 2. Vermehrter Atmosphärendruck.

Zur Prüfung des Einflusses erhöhten Druckes auf die Regeneration bediente ich mich des Druckes der Wasserleitung der Universität, welcher an günstig gelegenen Stellen, so an der Pumpstation, bis zu  $4\frac{1}{2}$  Atmosphären beträgt.

An einem durch einen Hahn verschliessbaren Nebenarme der Leitung ward ein 1 m langes eisernes Rohr von genügender Stärke und 5 cm Lichtung in vertikaler Stellung angebracht, dessen obere Mündung durch eine starke eiserne Schraube und ein eingelegtes Gummilager luftdicht verschlossen werden konnte. In den unteren Teil des Rohres konnte durch Aufdrehen eines Hahnes das Wasser der Leitung einströmen und seinen vollen Druck ausüben. In den oberen Teil des Rohres dagegen, die Luftkammer, ward das mit der Regenerationsflüssigkeit und den zu prüfenden Körpern versehene Glasfläschchen, mit einem durchbohrten Korke geschlossen, sicher aufgehängt. Zu beliebiger Zeit konnte das Wasser des Rohres abgelassen und der Stand der Dinge untersucht werden. Die Temperatur des Wassers hat eine konstante Temperatur von  $6^{\circ}$  R., die Luft des Stationszimmers  $10^{\circ}$ .

Im ganzen sind drei Versuche angestellt worden, der eine mit einer Dauer von sechs, der andere mit einer Dauer von zwölf Stunden, der dritte mit zweitägiger Dauer. Alle Versuche nahmen den vollen Druck von  $4\frac{1}{2}$  Atmosphären in Anspruch.

### $\alpha$ -Versuch.

Ein Alauncylinder von 15 mm Länge und 7 mm Durchmesser und eine Alaunkugel von 10 mm Durchmesser gelangten zusammen in ein cylindrisches, mit durchbohrtem Korke geschlossenes Glasgefäss, welches mit ca. 80 ccm konzentrierter Chromalaunlösung gefüllt war. In den Druckapparat von oben her eingehängt, blieb das Gefäss und sein Inhalt sechs Stunden hindurch dem Drucke von  $4\frac{1}{2}$  Atmosphären ausgesetzt. Temperaturverhältnisse die oben genannten.

Nicht ohne Spannung sah ich dem Versuchsergebnis entgegen. Zur Kontrolle war ein dem beschriebenen gleiches Fläschchen mit derselben Menge Flüssigkeit gefüllt und mit den gleichen Versuchskörpern ausgestattet worden.

Aber die beiderlei Körper, also Kugel und Cylinder des belasteten und des unbelasteten Fläschchens, welche sich zu Oktaederembryonen

zu entwickeln begonnen haben, sehen sich je einander so ähnlich, dass sie miteinander verwechselt werden können, sowohl der Form, als der Stufe nach; die Cylinder sind im Begriff, die ersten Stufen zum Dehnungsoktaeder zu durchlaufen und tragen die bekannten acht Felder am Cylindermantel. Und die Kugeln zeigen beide die bekannten 26 Felder.

Der ansehnliche Druck von  $4\frac{1}{2}$  Atmosphären hat also nicht genügt, die Vorgänge der regelrechten Apposition formell oder auch nur zeitlich in eine andere Bahn zu drängen. Von gedrungenen, kompakteren Oktaederembryonen, wie man sie nach gewissen Analogieen mit den unter selbst geringerem Drucke sich entwickelnden Froschembryonen hätte erwarten können, also keine Spur. Für das Froschei sind 2 Atmosphären schon eine bedeutende Sache, ebenso  $\frac{3}{4}$  Atmosphären, nicht aber für den Alaun. Es wird starker Druckwirkungen, vielleicht 100 oder 1000 Atmosphären, bedürfen, um eine deutliche Wirkung zu erzielen.

#### $\beta$ -Versuch.

Ein Alauncylinder von 27 mm Länge und 8 mm Durchmesser wird unter den gleichen Verhältnissen wie im vorigen Versuch bei der Regeneration einem Drucke von  $4\frac{1}{2}$  Atmosphären zwölf Stunden hindurch ausgesetzt.

Die nach dieser Zeit vorgenommene Besichtigung ergibt, dass der Cylindermantel die bekannten acht Flächen angelegt hat. Die Dodekaederflächen sind sehr schmal, um so breiter die Hexaederflächen, ebenso breit wie letztere die vier Oktaederflächen.

#### $\gamma$ -Versuch.

Eine Alaunkugel von 22 mm Durchmesser ward bei ihrer Regeneration unter den gleichen Verhältnissen wie im  $\alpha$ - und  $\beta$ -Versuch einem Drucke von  $4\frac{1}{2}$  Atmosphären zwei Tage hindurch ausgesetzt. Zur Vergleichung diente eine zweite Kugel von derselben Grösse, welche in ein gleich grosses Fläschchen mit derselben Menge Flüssigkeit eingelegt worden war, aber unter dem natürlichen Atmosphärendrucke sich entwickelte.

Am Anfang des dritten Tages den Fläschchen entnommen, zeigen sich beide Kugeln zu schönen Oktaederembryonen entwickelt, ohne dass ein wesentlicher Unterschied zwischen beiden erkennbar wäre.

Das Ergebnis des ersten Versuches wird also durch die beiden folgenden in allen Stücken bestätigt.

### III. Einfluss der Schwerkraft.

Die Schwerkraft spielt im Haushalte der Natur eine so ausserordentlich umfangreiche und tiefgreifende Rolle, sowohl auf dem physikalischen als auch auf dem biologischen Gebiete, dass Untersuchungen über ihren Einfluss auf die Krystallentwicklung nicht umgangen werden konnten. Wenn man auch schon von vornherein nicht wird erwarten dürfen, dass die Schwerkraft im Reiche der Krystalle eine so grosse Wirkung entfalten werde, wie im Reiche der Pflanzen und bis zu einem gewissen Grade im Reiche der Tiere, so steht doch auch auf dem Gebiete der Krystalle ein grosser Spielraum für Vermutungen über ihre Bedeutung offen. Aber nur unmittelbar auf deren Prüfung gerichtete Versuche konnten Sicherheit bringen.

Es sind zu diesem Zweck folgende Versuche angestellt worden:

#### 1. Versuch.

An ein langsam in vertikaler Ebene rotierendes Rad wird in der Nähe der Achse ein mit konzentrierter Chromalaunlösung gefülltes Fläschchen so befestigt, dass seine Längsachse einer Radspeiche parallel verläuft. In dem Fläschchen ist ein Alauncylinder enthalten, dessen eines Ende in dem das Fläschchen verschliessenden Korke festgehalten wird. Der



Fig. 16.



Fig. 17.

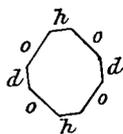


Fig. 18.

Längsansichten und Durchschnittsbild eines bei einem Schwerkraftversuche sich umbildenden Alauncylinders.

freie, in das Fläschchen ragende Teil des Alauncylinders hat eine Länge von 20, einen Durchmesser von 8 mm. Temperatur 10°. Versuchsdauer sechs Stunden.

Bei den langsamen Drehungen des Rades (einmal in der Sekunde) gelangt jeder Teil des freien Cylinders bald nach oben, bald nach unten und wird an seiner Oberfläche von der Flüssigkeit umspült, welche bei jeder Drehung nach unten stürzt, soweit der ganz kleine Luftraum es gestattet.

Bei der nach sechs Stunden erfolgenden Besichtigung ergibt sich, dass der Cylinder sich in den ersten Anfängen normaler Umbildung befindet. Man erkennt bereits deutlich an der Mantelfläche des Cylinders die ersten Anlagen von vier breiten Oktaederflächen, zwischen welchen zwei einander gegenüberliegende zarte Wucherfelder darstellende Hexaederflächen und zwei, ebenfalls einander gegenüberliegende feine Dodekaederstreifen verteilt sind; letztere sind bereits in Ablättung begriffen. Im ganzen also liegen die Anlagen der bekannten

acht Felder vor, welche der Umbildung des Cylindermantels zukommen. Die vier Oktaederflächen sind nicht allein glänzend, sondern lassen auch die helle Farbe des Kalialauns fast unverändert durchschimmern, sie erscheinen also glänzend und hell; auf ihnen hat sich am wenigsten neue Substanz angelagert. Gegen den Hexaeder- und Dodekaederrand eines solchen glänzenden und hellen Feldes hin aber vertieft sich die Farbe zu der des Chromalauns, denn an den Kanten hat sich am meisten neue Substanz angelagert. Am dunkelsten sehen infolge der vielen feinen Hervorragungen und Furchen die Wucherfelder der Hexaederflächen aus, ebenfalls besonders an ihren Rändern, mit welchen sie an die glänzenden Oktaederflächen stossen. Doch sind ansehnliche Teile der Wucherfelder schon in der Ausbildung frühzeitiger Glanzflächen begriffen (siehe Fig. 16, 17, 18).

### 2. Versuch.

An ein rasch laufendes, Centrifugalkraft entwickelndes Rad von  $\frac{1}{2}$  m Durchmesser, welches sich wie im vorigen Versuche um eine horizontale Achse in vertikaler Ebene dreimal in der Sekunde dreht, werden an zwei gegenüberliegenden Stellen, und zwar, da es nicht anders möglich war, an der konkaven Seite der Radperipherie, Fläschchen mit konzentrierter Chromalaunlösung in der Weise befestigt, dass ihre Längsachsen tangentielle Richtung haben. In das eine Fläschchen wird eine Alaunkugel von 15 mm Durchmesser, in das andere ein Alauncylinder von 25 mm Länge und 7 mm Durchmesser frei eingelegt, letzterer in schräger Aufstellung. Versuchsdauer zwölf Stunden, bei  $10^0$  R.

Bei der Herausnahme der beiden Körper aus den Fläschchen zeigte sich die Kugel in den Anfängen normaler Ausbildung eines Oktaederembryo begriffen. Die drei Gruppen verschiedenartiger Flächen sind auf das deutlichste wahrnehmbar. Nichts unterscheidet diesen Embryo von einem in gewöhnlichen Verhältnissen entwickelten.

Was den Cylinder betrifft, so hat auch er eine normale Entwicklung eingeschlagen. Zwischen vier glänzenden hellen Oktaederflächen sind zwei gegenüberliegende breite Hexaederflächen und zwei ebenfalls gegenüberliegende schmale Dodekaederflächen verteilt. Letztere sind bereits ganz abgeglättet. Auch die Hexaederflächen sind in grösster Ausdehnung glatt und grenzen nur mit feinen Zacken an die sie seitlich umgebenden Oktaederflächen.

### 3. Versuch.

An zwei gegenüberliegenden Armen einer in horizontaler Ebene schwingenden Centrifuge werden zwei mit 50 ccm konzentrierter Chrom-

alaunlösung gefüllte Fläschchen beweglich befestigt, deren eines eine Alaunkugel von 15 mm Durchmesser, das andere einen Alauncylinder von 30 mm Länge und 7 mm Durchmesser aufnimmt. Der Alauncylinder ist auf horizontale (etwas schräge) Radiärlage gegen die Achse der bewegten Centrifuge eingestellt. Die Fläschchen werden mit durchbohrten Korken geschlossen. Bei den ersten Bewegungen des Triebrades stellen sich beide Fläschchen sofort in horizontale Lage ein. Temperatur 13°, Versuchsdauer 22 Stunden.

Bei der Entnahme der beiden Körper aus den Fläschchen zeigt sich die Kugel in einen schönen regelmässig entwickelten Oktaederembryo umgebildet, der alle drei Gruppen verschiedenartiger Flächen in reiner Form erkennen lässt. Die sechs Hexaederflächen sind überwiegend bereits zu Glanzflächen gestaltet und greifen mit scharf geschnittenen Zackennähten in die Nachbarflächen ein. Ein Unterschied gegenüber einem in gewöhnlichen Verhältnissen sich ausbildenden Embryo ist in keiner Weise zu erkennen.

Der Cylinder trägt an seiner Mantelfläche die bekannten acht Flächen in schönster Ausbildung, äusseres und inneres (entfernteres und näheres) Ende sind gleichweit in der Entwicklung vorgeschritten. Die Enden stellen unfertige Hälften rektangulär halbiertes Oktaeder dar, beide von gleicher Stufe der Ausbildung.

#### 4. Versuch.

In die mit konzentrierter Chromalaunlösung gefüllten Fläschchen derselben Centrifuge wird eine Alaunkugel von 12 mm Durchmesser und ein Alauncylinder von 40 mm Länge und 7 mm Durchmesser eingelegt. Versuchsdauer zwölf Stunden, übrige Bedingungen wie im vorigen Versuche, ausgenommen, dass die Korke nicht durchbohrt sind, sondern die Gefässe fest verschliessen.

Aus der Flüssigkeit genommen zeigt sich die Kugel in den Anfängen normaler Umbildung zu einem Oktaederembryo begriffen. Alle 26 Flächen sind deutlich sichtbar, wohl ausgebildet, an richtiger Stelle.

Der Cylinder zeigt an seiner Mantelfläche die Anfänge der Ausbildung der bekannten acht Flächen in gleicher Stufe über die ganze Länge des Cylinders hin. Er ist in nichts unterschieden von einem in gewöhnlichen Verhältnissen regenerierten Cylinder.

Dies ergibt sich besonders auch aus der Vergleichung des centrifugierten Cylinders mit einem gleichbeschaffenen zweiten Cylinder, welcher in gleichem Gefässe, in gleicher Flüssigkeit, neben der Centrifuge stehend zwölf Stunden hindurch sich selbst überlassen geblieben war.

Aus allen diesen Versuchen erhellt, dass die Schwerkraft auf die Regeneration und daher überhaupt auf das Wachstum von Alaunkristallen keinen erkennbaren Einfluss ausübt.

#### IV. Einfluss der Temperatur.

Die im vorhergehenden beschriebenen und die in der I. Untersuchungsreihe mitgeteilten Beobachtungen über die Regeneration der Krystalle beziehen sich sämtlich auf eine Temperatur von ca.  $15^{\circ}$  R. Diese Temperatur wurde nicht absichtlich gewählt als eine der Versuchsbedingungen; sie wurde nicht auf jenen Grad fixiert, weil dieser etwa der zuträglichste oder einzig möglich wäre; sondern sie wurde einfach als gewöhnliche Zimmertemperatur übernommen, in einer fast bedenklich zu nennenden Weise, gleichsam, als sei die Temperatur gar keine wirkliche Versuchsbedingung und eine für die Regeneration und das Wachstum der Krystalle ganz unerhebliche Kraft. Und doch liegen in Wirklichkeit bei allen jenen Versuchen die Dinge so, dass die Regenerations- und Wachstumsvorgänge der Alaunkrystalle bei jener Temperatur nur vor sich gehen können und nicht notwendig von ihr gehindert werden müssen.

Welche Bedeutung dagegen der Temperatur bei diesen Vorgängen zukommt, ist damit noch nicht erkannt. Um nun zu ermitteln, in welcher Weise und in welchem Grade die Regeneration von der Temperatur abhängig ist, mussten besondere Versuche angestellt werden, welche mit höheren und niedrigeren Temperaturen arbeiteten, als es in den bisherigen geschehen war.

##### 1. Versuche mit niedriger Temperatur.

###### $\alpha$ -Versuch.

In eine auf  $0^{\circ}$  R. abgekühlte Lösung von Chromalaun wird eine kleine Alaunkugel eingelegt und das sie enthaltende Glasgefäß im Freien einer Winterkälte von  $-6$  bis  $-7^{\circ}$  R. ausgesetzt. Nach einiger Zeit war die Flüssigkeit gallertartig erstarrt zu flockigem Eise, in Wasser gelegtem Schnee ähnlich. In eine Temperatur von  $-5^{\circ}$  R. gebracht, thaute die Masse auf. Die genannte Chromalaunlösung gefriert folglich erst bei einer unter  $5^{\circ}$  Kälte betragenden Temperatur. In eine Temperatur von  $0^{\circ}$  zurückgebracht und eine ganze Woche hindurch in dieser verweilend, zeigte die am Ende dieser Zeit der Flüssigkeit entnommene Kugel Auflösungserscheinungen. Auf dem Boden des Gefäßes hatte sich zugleich ein ansehnlicher Niederschlag von Chromalaun angesammelt.

###### $\beta$ -Versuch.

Zur Prüfung des Einflusses einer Temperatur von  $-2$  bis  $-5^{\circ}$  R. auf die Regenerationserscheinungen darf man nicht so verfahren, dass man ein Gefäß mit der Mutterlauge und dem zu prüfenden Körper

aus einer Zimmertemperatur von  $+15^{\circ}$  R. in einen Raum von  $-2$  bis  $-5^{\circ}$  R. überträgt und nun eine Reihe von Tagen abwartet. Es ist vielmehr erforderlich, die Mutterlauge und die Kugel jede für sich allein auf die genannte Temperatur abzukühlen und dann erst die Kugel in die Mutterlauge zu übertragen. Während der Abkühlung der Mutterlauge nämlich schlägt sich eine ansehnliche Menge von Alaun nieder, da die kalte Mutterlauge weniger Alaun in Lösung zu erhalten vermag, als die warme. Befindet sich nun die Kugel schon während der Abkühlung der Mutterlauge in letzterer, so ist die Gelegenheit günstig für die Kugel, Krystallmaterial regelrecht anzusetzen. Anders liegen die Dinge, wenn die Flüssigkeit ihre Konzentration bereits vermindert hat, bevor die Kugel in sie gelangt. Man darf also den zu untersuchenden Körper nur in eine Flüssigkeit bringen, deren Konzentration dem Temperaturgrade entspricht, dessen Einfluss untersucht werden soll. Auch bei Untersuchungen über Regeneration und Wachstum von Krystallen nach anderem Ziele als dem der Untersuchung des Einflusses der Temperatur ist dieser Umstand sehr wohl zu beachten, insbesondere so wärmeempfindlichen Krystallen gegenüber wie dem Alaun. Versäumt man diesen Umstand, so liegt sofort eine bedeutsame Fehlerquelle vor. Denn Abkühlung der Mutterlauge begünstigt die Regeneration und das Krystallwachstum; Wiedererwärmung der abgekühlten Mutterlauge dagegen führt zu Auflösungserscheinungen.

Hiernach wurde bei den früheren und den folgenden Versuchen verfahren.

Eine Alaunkugel von 15 mm Durchmesser und ein Gefäß mit konzentrierter Chromalaunlösung wurden jedes für sich eine Nacht hindurch in einen Raum von  $-3^{\circ}$  R. gebracht und darauf miteinander vereinigt. In dieser nur geringen Schwankungen unterworfenen Temperatur bleibt das Gefäß mit seinem Inhalte eine ganze Woche hindurch unverschlossen sich selbst überlassen.

Nach Ablauf dieser Zeit untersucht zeigt die Alaunkugel sich deutlich in einen Oktaederembryo früher Stufe umgewandelt, an welchem zahlreiche Glanzflächen hervortreten, deren Begrenzung aber noch undeutlich ist. Zwei gleichzeitig angestellte Parallelversuche mit je einer Alaunkugel von 10 mm Durchmesser führen zu dem gleichen Ergebnis. Doch sind beide Kugeln etwas weiter entwickelt. Es ist wohl kein Zufall, dass an beiden Kugeln die Flächen weniger regelmässig ausgebildet sind, als unter gewöhnlichen Umständen. Sie erscheinen wie zerrissen, geteilt, verkümmert oder verkrüppelt und bringen sofort den verkümmernenden Einfluss niederer Temperaturen auf den Pflanzenwuchs in Erinnerung.

In eine konzentrierte Lösung von  $+15^{\circ}$  R. versetzt sind beide Kugeln während eines einzigen Tages rasch gewachsen, die Ver-

kümmern der Flächen aber hat sich ausgeglichen, denn sie haben sich so regelmässig ausgestaltet, wie es der Norm entspricht.

Merkwürdiger noch als dieser Umstand ist jedoch die Thatsache, dass bei einer hart an den Frostpunkt der Lösung heranreichenden Temperatur Ansatz neuer Substanz und im ganzen doch typische Regeneration überhaupt erfolgt. Der wesentliche Einfluss niedriger Temperatur ist also nur Verlangsamung des Wachstums und der Regeneration.

#### $\gamma$ -Versuch.

Zwei Fläschchen mit konzentrierter Lösung von Chromalaun werden einen Tag lang unverschlossen in einem Raume von  $+2$  bis  $+5^{\circ}$  R. abgekühlt; desgleichen eine Alaunkugel von 12 mm Durchmesser und ein Alauncylinder von 22 mm Länge und 7 mm Durchmesser. Darauf werden beide Körper den Fläschchen übergeben und sieben Tage hindurch der genannten Temperatur überlassen.

Am Ende dieser Zeit untersucht, zeigt sich die Kugel zu einem wohlgebildeten Oktaederembryo entwickelt. Dasselbe gilt für den Cylinder, welcher an Stelle der Mantelfläche die bekannten acht Flächen zeigt.

Durch die letzteren Versuche wird also die hemmende Wirkung der Kälte auf das Krystallwachstum und die Regeneration bestätigt.

Fragt man aber nach dem Anteil, welchen die Kälte, und nach dem Anteil, welchen die durch die Kälte verminderte Konzentration der Lösung an der stattgefundenen Hemmung hat, so ist es zur Zeit nicht möglich, eine befriedigende Antwort zu geben. Vielleicht ist es nur die geringe Konzentration der Lösung, welche die Hemmung hervorruft, ohne dass die Appositionskraft eine Einbusse erleidet. Um sicher zu gehen, würden Untersuchungen mit Lösungen vorzunehmen sein, deren Konzentration durch Kälte nicht vermindert wird.

#### 2. Versuche mit höherer Temperatur.

100 Teile Wasser lösen

bei $0^{\circ}$ C.	3,9 Teile Alaun,	bei $60^{\circ}$ C.	66,6 Teile Alaun,
„ $10^{\circ}$	9,5 „ „	„ $70^{\circ}$	90,7 „ „
„ $20^{\circ}$	15,1 „ „	„ $80^{\circ}$	134,5 „ „
„ $30^{\circ}$	22,0 „ „	„ $90^{\circ}$	209,3 „ „
„ $40^{\circ}$	30,9 „ „	„ $100^{\circ}$	357,5 „ „
„ $50^{\circ}$	44,1 „ „		

Ammoniakalaun wird noch leichter gelöst als Kalialaun, für welchen obige Tabelle gilt. In welchem Grade die Löslichkeit von Chromalaun von der Wärme beeinflusst wird, vermag ich nicht anzugeben. Doch ist seine Löslichkeit jedenfalls auch eine sehr bedeutende.

Um den Einfluss höherer Temperatur auf den Verlauf der Regeneration zu prüfen, darf man, wie schon oben bemerkt worden ist, nicht etwa eine bei gewöhnlicher Zimmertemperatur konzentrierte Chromalaunlösung stärker erwärmen und die zu untersuchenden Alaunkörper vorher oder nachher in die Lösung einlegen. So würde man nur Auflösungserscheinungen begegnen. Vielmehr ist es erforderlich, die zu prüfende Lösung in einem ihrer höheren Wärme entsprechend konzentrierten Zustände in Verwendung zu bringen und die Alaunkörper ebenfalls vorzuwärmen.

Zu Versuchen dieser Art bediente ich mich teils eines Brütofens, wie sie zur künstlichen Bebrütung von Vogeleiern verwendet werden, teils liess ich heiss gesättigte Lösungen des Salzes langsam sich abkühlen, verhinderte auch zu bestimmtem Zwecke öfter die weitere Abkühlung, ersah den Grad der Abkühlung an einem in die Lösung eingestellten Thermometer und legte bei verschiedenen Temperaturgraden die der Lösung entsprechend vorgewärmten Alaunkugeln in sie ein.

#### $\alpha$ -Versuch.

Eine Alaunkugel von 20 mm Durchmesser sowie ein Cylinder von 20 mm Länge und 7 mm Durchmesser werden vorgewärmt in ein Gefäss mit heiss gesättigter Chromalaunlösung gelegt, welche sich im Brütraum des Ofens allmählich auf dessen Temperatur von 45° R. abgekühlt hatte. Das Gefäss war, um die Verdunstung zunächst zu verhindern, mit einer Glasplatte bedeckt worden.

Nach einem Verlaufe von sechs Stunden, während welcher die Temperatur des Brütraumes konstant 45° R. geblieben war, der Flüssigkeit entnommen, waren die Kugel und der Cylinder bis auf weniger als ein Drittel ihres Volumens zusammengeschmolzen.

Zu dem gleichen Ergebnis, nur in etwas vermindertem Grade führte es. als in dieselbe Flüssigkeit, bei derselben Temperatur dieser und des Brütraumes, eine zweite Kugel und ein zweiter Cylinder vorgewärmt eingelegt worden waren, mit dem Unterschiede, dass nunmehr nicht allein das Chromalaungefäss unbedeckt blieb, sondern auch der Brütraum durch eine grosse Lücke seines Daches mit der Aussenwelt in Verbindung stand, so dass der Verdunstung möglichst Gelegenheit gegeben war, ohne übrigens die Temperatur zu erniedrigen. Durch auf jene Lücke aufgelegte Watte war dies verhütet worden. Als aber nach Ablauf von sechs Stunden die beiden Körper in der Flüssigkeit aufgesucht wurden, zeigten sie sich an der Oberfläche abgeschmolzen.

#### $\beta$ -Versuch.

In einer grossen Porzellanschale war auf dem Wasserbade eine gesättigte Chromalaunlösung heiss dargestellt worden. Damit die Ab-

kühlung nur langsam vor sich gehe, wurde die Schale auf Baumwolle gestellt und auch seitlich mit solcher umgeben. Zur Versuchszeit hatte die Temperatur  $40^{\circ}$  R. Während der Versuchszeit, welche zehn Minuten dauerte, fiel das Thermometer übrigens um volle  $5^{\circ}$ , meiner Absicht entsprechend.

In der Lösung wird eine vorgewärmte Alaunkugel von 15 mm Durchmesser mit einer hölzernen Pincette schwebend gehalten, welche an einem Stative befestigt war.

Die Untersuchung der Kugel wurde erwartungsvoll schon zehn Minuten nach dem Einlegen vorgenommen, denn die Bedingungen waren günstig, um eine rasche Anlagerung zu ermöglichen. Es musste indessen fraglich bleiben, ob die Kugel auf die Mutterlauge einfach als Fremdkörper wirken würde, oder als Alaun, d. h. ob sie einfach zu Niederschlägen und etwa zu selbständiger Krystallisation Veranlassung geben, oder ob die Mutterlauge durch den Alaun zu regelrechter Apposition auf die Kugeloberfläche veranlasst werden würde.

Die gehegte Erwartung wurde nicht getäuscht. Zwar die obere Hälfte der Kugel zeigte sich, da während der zehn Minuten dauernden Abkühlung um  $5^{\circ}$  ansehnliche Niederschläge zu Boden fielen, reichlich mit Niederschlag bedeckt; ein um so schöneres Bild gewährte aber die untere Hälfte, welche mit Niederschlag nicht bedeckt werden konnte. Die untere Hälfte war in eigentümlicher Weise, wie ich es nie zuvor gesehen hatte, zu einer prachtvollen embryonalen Oktaederpyramide umgestaltet. Durch Entfernung, Abschütteln des Niederschlages der oberen Hälfte zeigte diese sich ebenfalls umgebildet, doch minder weit vorgeschritten; sie bildete im übrigen die volle und typische Ergänzung der unteren Hälfte.

Was nun die Eigentümlichkeiten dieses Oktaederembryo betrifft, so beruhen sie darauf, dass die acht Oktaederflächen zwar alle angelegt, aber in ihrer peripheren Ausdehnung, d. i. in ihrem peripheren Wachstum zurückgeblieben sind und noch nicht Zeit gefunden haben, weiter vorzurücken.

Die jüngsten Lamellen der Oktaederflächen also, in ihrer Form ganz dem oktaedrischen System angehörig, sind also die kleinsten. So bleiben zwischen den acht jüngsten, oberflächlichsten und kleinsten, glänzenden Lamellen der Oktaederflächen grosse klaffende Lücken frei, welche von den Rändern der tiefer liegenden, ausgedehnteren Lamellen in stufenweiser Folge und konzentrischer Anordnung ausgefüllt werden.

Von diesen Eigentümlichkeiten giebt Fig. 19 eine Vorstellung, deren Mittelteil einer späteren Hexaederfläche entspricht, welche sich dem Beschauer zuwendet, während die vier Oktaederflächen einen Kranz um das Hexaederfeld bilden. Nicht minder deutlich erkennt

man auch an der Figur die Lage und Beschaffenheit der späteren Dodekaederflächen.

Betrachtet man dasselbe Oktaeder von einer Oktaederfläche aus, so hat man das Bild der Fig. 20.

Der vorliegende Fall zeichnet sich aus durch das Vorwiegen langgestreckter, einheitlicher Lamellenränder. Nur an einzelnen Stellen sind sie geteilt, in einzelne Stücke zersplittert. In anderen Fällen können die Ränder der Lamellen, vor allem der tieferen, auf das reichste in ganz kleine Teile zerlegt sein, wodurch der Anblick eines solchen Objektes wiederum etwas ganz besonderes erhält.

Der Gesamteindruck solcher Embryonen im Gegensatze zu langsamer entwickelten ist der einer grossen Zartheit, Lockerheit und

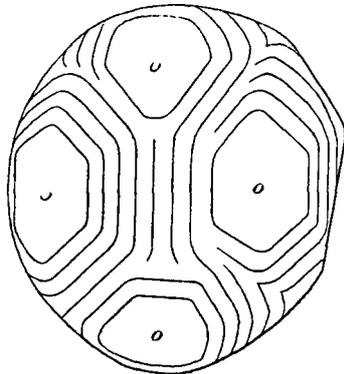


Fig. 19.

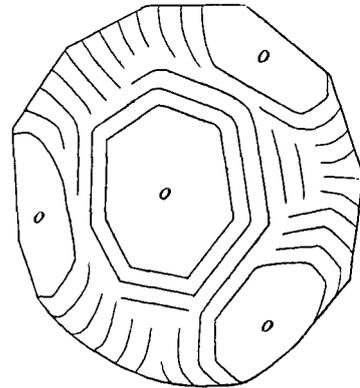


Fig. 20.

Von einem Hexaederfelde und einer Oktaederfläche aus aufgenommene Ansichten einer bei höherer Temperatur der Mutterlauge sich umbildenden Kugel  $\cdot \frac{4}{1}$ .

Trennung des Ganzen in die einzelnen Bau-Elemente, in Blätter und Blätterteile.

Der Anblick einer solchen Oktaederpyramide von der Hexaederstelle aus bringt unwillkürlich auch das organische Reich in Gedanken-nähe. Der Krystall sieht in diesem Zustande aus wie eine im Aufbrechen begriffene Pflanzenknospe. Es ist, als könne man in das Innere der Struktur des Krystalles hineinblicken und zugleich innere Beziehungen herstellen zu den Pflanzen. Wenn man sich nämlich denkt, dass die Blätter und Blätterteile des Krystalles sich nach aussen umlegen, so glaubt man eine geöffnete Blüte vor sich zu haben. Man erinnert sich dabei zugleich an die interessanten Darstellungen von S. Schwendener über geometrische Blätterordnungen. Nicht bloss bei der Pflanze, sondern auch bei den Krystallen spielen die Blätter und ihre Stellungen eine grosse Rolle im Aufbau und Wesen des Ganzen. Wenn es sich nun aber auch dem äusseren Ansehen und bis zu einem gewissen Grade auch der inneren Art nach so verhält,

so bin ich doch entfernt davon, den Unterschied zwischen pflanzlichen, tierischen und krystallinischen Blättern und Blattbildungen zu übersehen.

So ergibt sich denn also, dass unter der Einwirkung höherer Temperatur, und zwar bei einer Senkung derselben, viel rascher normales Krystallwachstum sich vollziehen und normale Regeneration eintreten kann, als bei niedriger Temperatur, und dass man diese Wärme- einwirkung bis zu einem gewissen Grade vergleichen kann mit der Wirkung tropischer Wärme auf den Wuchs der Pflanzen. Die Schnelligkeit der Entwicklung und Regeneration von Krystallen durch Wärmesenkung der Mutterlauge kann so bedeutend sein, dass sie zu unvollkommener Gestaltung der Embryonalanlage Veranlassung giebt, zu Hemmungsbildungen. Denn das oben beschriebene Bild eines Oktaederembryo ist seiner Beschaffenheit nach trotz der Schnelligkeit seiner Entstehung doch das eines gehemmtten Embryo.

#### $\gamma$ -Versuch.

Dieselbe Porzellanschale und dieselbe Flüssigkeit, die bei den vorigen Versuchen gedient hatten, wurden, um die fernere Abkühlung zu verhindern, in eine Nische des leicht erwärmten Porzellanofens gestellt. Im Verlauf einer halben Stunde blieb die Temperatur der Flüssigkeit auf  $32^{\circ}$  R. stehen. Nunmehr wurde eine vorgewärmte Alaunkugel von 15 mm Durchmesser in sie eingelegt oder vielmehr durch die erwähnte hölzerne Pincette in ihr schwebend festgehalten. Die Verdunstung konnte ungehemmt vor sich gehen. Niederschlägen, wenigstens solchen stärkerer Art, war dagegen vorgebeugt.

In der That blieb jetzt die ganze Kugel von Niederschlag frei und zeigte, als nach dem Verlaufe einer Stunde die erste Untersuchung angestellt wurde, bereits deutliche Anzeichen einer Ausbildung kleiner Glanzflächen und eines zwischen diesen gelegenen feinen rauhen Anfluges. Am Ende der zweiten Stunde ist die ganze Kugel mit kleinen Glanzflächen und zwischen ihnen gelegenen feinen Blättern und Stäbchen wie übersät. Am Ende der dritten Stunde war die Ausbildung der Teile wieder etwas weiter vorgeschritten. Mit der Lupe und dem Mikroskope untersucht, zeigt die Kugel eine Ausbildung, welche der in den  $\beta$ -Versuchen beschriebenen in allen wesentlichen Dingen gleichkommt. Nunmehr ward der Oktaederembryo zur Aufbewahrung bestimmt.<sup>1)</sup>

---

<sup>1)</sup> Es ist zu bedauern, dass die aus Chromalaun gewonnenen Krystalle so leicht durch Verwitterung verderben. Um dem so entstehenden Nachteile zu begegnen, habe ich verschiedenes versucht und bewahre nunmehr die Krystalle in gut schliessenden Glasgefäßen auf, in welche ein mit Wasser gefülltes kleines Glasrohr eingestellt ist. Für eine gewisse Zeit schützt bis zu einem gewissen Grade auch die dichte Verpackung der Krystalle in Stanniol.

### V. Umbildung künstlicher Formen.

Schon die in der I. Untersuchungsreihe beschriebenen Umbildungen aus Alaun hergestellter künstlicher Formen zeigen manche überraschende Erscheinung. Nicht minder auffallend sind manche andere Umbildungen, auf welche ich in der Folge stieß. Aus dem fast unerschöpflichen Reichtum der mit innerer Berechtigung der Mutterlauge anbietbaren Formen nehmen die Kugel, der Cylinder, der Würfel, der Kegel, die Pyramide, alles Körper, die schon in der früheren Abhandlung nach bestimmten Richtungen hin untersucht worden sind, auch jetzt noch das Hauptinteresse in Anspruch. Aber sie sind im folgenden unter neuen Gesichtspunkten untersucht worden. Schon damals ist eine Reihe von Beobachtungen mitgeteilt worden, die deutlich erkennen lassen, welchen Unterschieden die Umbildung unterliegt, je nachdem der sich regenerierende Körper zu den Flächen, Kanten oder

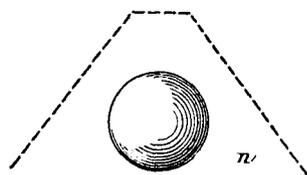


Fig. 21.

Kugel, welche mit einem Punkte ihrer Oberfläche eine natürliche Oktaederfläche (n) des Stammkrystalles tangiert.

Ecken des Stammkrystalles bei seiner Herstellung orientiert war. Eine Fläche kann eine Ecke oder Kante, eine Kante oder Ecke aber auch eine Fläche regenerieren, je nach der Orientierung des Versuchskörpers zum Stammkrystal. Vor allem ist im folgenden der Einfluss der Flächen weiter untersucht worden. Dadurch ist es

möglich geworden, die früher erhaltenen Ergebnisse wesentlich zu bereichern und die Eigentümlichkeiten der Umbildung künstlicher Formen in ein geschlossenes System zu bringen.

#### 1. Kugel.

Die in der I. Untersuchungsreihe mitgeteilten Beobachtungen über die Umbildung der Kugel rühren alle von Kugeln her, welche ohne Rücksicht auf Achsen und Flächen aus Alaunblöcken geschnitten worden sind. Mit einer gewissen Erwartung untersuchte ich in der Folge die Umbildung von Kugeln, welche genau zu irgend einem Punkte der Oberfläche des Stammkrystalles orientiert waren.

##### $\alpha$ -Versuche (Fig. 21).

Eine Alaunkugel von 15 mm Durchmesser wird aus einem grossen Stammkrystal so geschnitten, dass sie mit einem Punkte ihrer Oberfläche die Mitte einer natürlichen Oktaederfläche desselben berührt. Sie ist also tangential zu einer natürlichen Oktaederfläche orientiert.

In konzentrierte Lösung von Chromalaun gebracht regeneriert sich die Kugel aus Kaliumalaun im Verlaufe einiger Tage zu einem nor-

malen Oktaederembryo mit allen 26 Flächen, ganz den Verhältnissen entsprechend, welche früher dargestellt worden sind (I. Untersuchungsreihe S. 39). Im ganzen kamen drei Fälle dieser Art zur Beobachtung, wobei nur die Durchmesser etwas verschieden waren.

#### $\beta$ -Versuche (Fig. 22).

Eine Alaunkugel von 15 mm Durchmesser wurde bei ihrer Herstellung so orientiert, dass eine Oktaederkante des Stammkrystalles der Richtung nach mitten über die Kugeloberfläche hinwegzieht und sie in zwei gleiche Hälften teilt. Die Kugel ist also tangential zu einer Oktaederkante orientiert, oder vielmehr zu zwei die Kante bildenden Oktaederflächen.

Bei der Regeneration in Chromalaunlösung bildet sich die Kugel ebenfalls zu einem normalen Oktaederembryo um. Es sind zwei Fälle dieser Art untersucht worden.

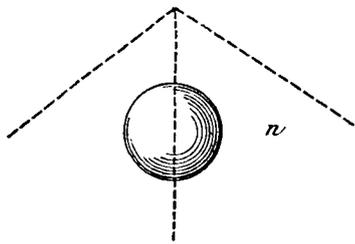


Fig. 22.

Kugel, welche mit zwei Punkten ihrer Oberfläche zwei benachbarte Oktaederflächen tangiert und von der zwischenliegenden Kante gekreuzt wird.

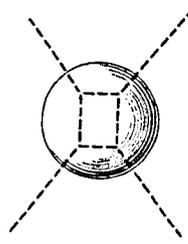


Fig. 23.

Kugel, welche mit vier Punkten ihrer Oberfläche die vier natürlichen Flächen einer Oktaederecke tangiert.

#### $\gamma$ -Versuche (Fig. 23).

Eine Alaunkugel von 15 mm Durchmesser wurde aus dem Ecken-teile einer hexaedrisch etwas abgestutzten Oktaederpyramide geschnitten, ist also zu vier Oktaederflächen und einer Ecke, oder wenn man will, statt zu einer Ecke, zu einer Hexaederfläche orientiert.

Auch diese Kugel bildet sich in Chromalaunlösung vollständig zu einem normalen Oktaederembryo um, welcher gegenüber der vorhergehend erwähnten keine Besonderheiten erkennen lässt. Es sind zwei Fälle dieser Art untersucht worden.

Hält man dazu, dass viele aus Alaunblöcken ohne Rücksicht auf Achsen- und Spaltflächen hergestellte Kugeln die gleiche typische Umbildung erfahren haben, so ergibt sich, dass eine Alaunkugel, mag sie in irgend welcher Richtung zu den Flächen, Kanten und Ecken des Stammkrystalles geschnitten worden sein, bei ihrer Umbildung immer den gleichen Weg einschlägt und sich zu einem 26 flächigen Oktaederembryo gestaltet.

## 2. Abgeplattete Kugel.

a. Die abgeplattete Kugel ist zum Stammkrystalle so orientiert hergestellt worden, dass ein abgeplatteter Pol eine natürliche Oktaederfläche tangiert. Fig. 24.

Die Umbildung in Chromalaunlösung vollzieht sich ganz nach dem

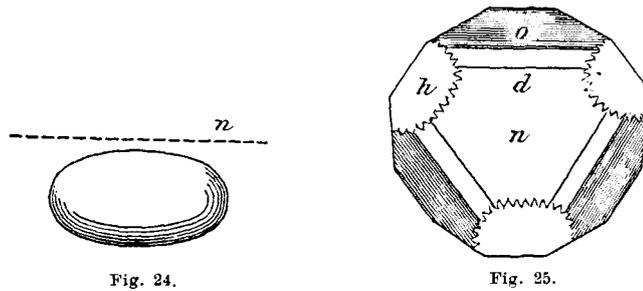


Fig. 24.

Fig. 25.

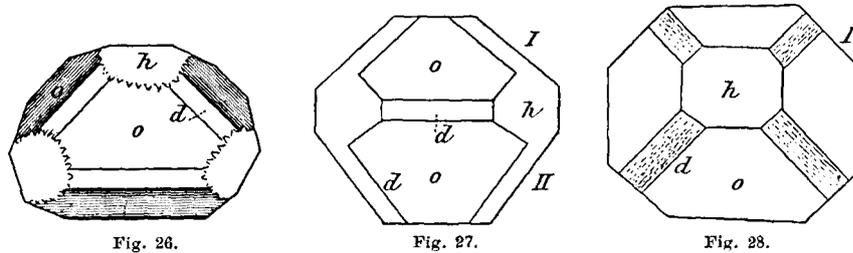


Fig. 26.

Fig. 27.

Fig. 28.

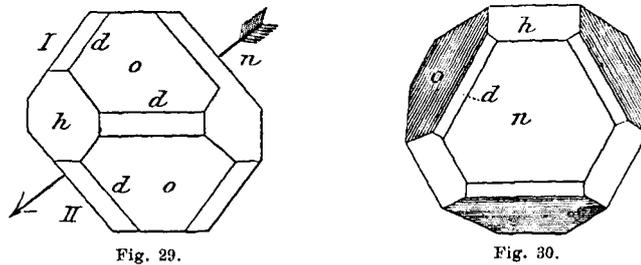


Fig. 29.

Fig. 30.

Regeneration einer abgeplatteten Kugel, deren platter Pol gegen eine natürliche Oktaederfläche des Stammkrystalles orientiert ist. Der Pfeil in Fig. 29 deutet die Richtung der Abplattung an. Die Linie *n* in Fig. 29 bezieht sich auf die Linie *n* der Fig. 24. Fig. 25 und 30 sind verschiedene Altersstufen des gleichen Embryo, bei der Betrachtung von der Fläche aus. Fig. 26 ist eine Ansicht der Schmalseite des Embryo, nachdem dieser auf eine, *o* entgegengesetzte neugebildete Oktaederfläche aufgestellt worden.

Modus der Regeneration der Kugel. Der Unterschied gegenüber der Kugel besteht einzig darin, dass auf den beiden abgeplatteten Flächen je eine grössere Oktaederfläche sich ausbildet, als an der übrigen Kugeloberfläche. Alle anderen besonderen Merkmale dieses Oktaederembryo sind von jener Veränderung abhängig.

Von der abgeflachten Seite, oder also von einer grossen Oktaederfläche aus betrachtet, hat der Embryo das Aussehen von Fig. 25. Auf eine kleine Oktaderfläche aufgestellt und von der zugehörigen Parallelfläche aus gesehen erscheint der Embryo wie in Fig. 26. Fig. 27 ist eine Mittelstellung zwischen Fig. 25 und 26. Fig. 28 zeigt die obere Pyramide des Embryo in der Ansicht von oben. Fig. 29 stellt die Ansicht einer Schmalseite desselben auf späterer Stufe dar. Fig. 30 ist eine spätere Stufe von Fig. 25, so gedreht, dass die untere Hexaederfläche von Fig. 25 in Fig. 30 oben gelegen ist.

β. Die abgeplattete Kugel ist zum Stammkrystalle so orientiert hergestellt worden, dass ihr kreisförmiger Äquator und nicht die Abplattung eine natürliche Oktaederfläche des Stammkrystalles tangiert. Fig. 31.

An der Berührungsstelle mit der natürlichen Oktaederfläche des Stammkrystalles hat sich nach einigen Tagen des Verweilens der abgeplatteten Kugel in Chromalaunlösung eine Oktaederfläche gebildet; ihr gegenüber und mit ihr parallel eine zweite. Zwischen diesen beiden hat die äquatoriale Zone der Kugel noch zwei, einander gegenüberliegende Oktaederflächen zur Entwicklung gebracht. Die vier der Äquatorialzone angehörigen Oktaederflächen werden voneinander geschieden durch zwei entgegengesetzt liegende grosse Hexaederflächen und durch zwei ebenfalls entgegengesetzt liegende kleine, kurze Dodekaederflächen. Hiervon geben die Fig. 32 und 33 eine Vorstellung.

Ganz anders dagegen verhalten sich die den abgeplatteten Flächen der Kugel entsprechenden Breitseiten des Oktaederembryo, wie die Fig. 34 vor Augen stellt. Der Stelle der grössten Abplattung entspricht jederseits ein grosses Dodekaederfeld, welches von zwei Oktaederflächen und zwei fast ebenso grossen Hexaederflächen eingeschlossen wird.

Eine Ansicht des Embryo von der ursprünglichen Berührungsstelle des Äquatorialrandes der Kugel gegen die natürliche Oktaederfläche des Stammkrystalles liegt in Fig. 35 vor. Eine Ansicht der oberen Pyramide des Embryo von der Hexaederfläche aus giebt die schon erwähnte Fig. 33.

Die acht Oktaederflächen sind nicht alle gleich gross, sondern bilden zwei Gruppen. Die Gruppe der vier grossen gehört den beiden Breitseiten an; die Gruppe der vier kleinen dagegen ist am Äquatorialrande gelegen. Auch letztere Gruppe hat nicht ganz gleich grosse Flächen, da ein Paar das andere an Grösse etwas übertrifft.

Vergleicht man die beiden verschieden orientierten, aus abgeplatteten Kugeln hervorgegangenen Embryonen miteinander, so sind zuerst die beiden Fig. 25 und 34 einander gegenüberzustellen, welche Ansichten

der abgeplatteten Flächen wiedergeben. Fig. 29 und 32 sind Ansichten der einander entsprechenden Schmalseiten; Fig. 27 und 34 Ansichten der Breitseiten, den entsprechenden Oktaederflächen gemäss orientiert. Die Fig. 28 und 33 zeigen die oberen Oktaederpyramiden beider Embryonen. Die Fig. 25 und 35 oder 30 und 35 geben die Ansicht beider Embryonen von der tangierenden Fläche aus gesehen.

Die Beziehungen beider abgeplatteten Embryonen zu dem Embryo der nicht abgeplatteten Kugel ergeben sich aus einer Vergleichung der Fig. 27 und 32 mit 34, wobei 34 als ein Repräsentant der nicht abgeplatteten Kugel gelten kann.

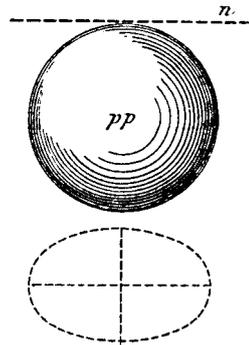


Fig. 31.

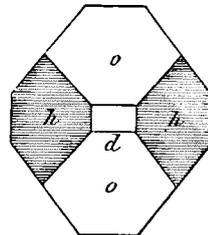


Fig. 32.

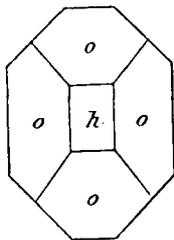


Fig. 33.

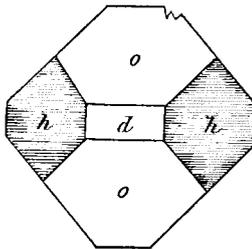


Fig. 34.

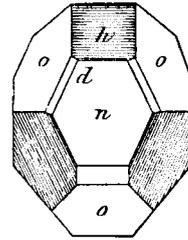


Fig. 35.

Regeneration einer abgeplatteten Kugel, deren äquatorialer Rand zu einer natürlichen Oktaederfläche des Stammkristalles orientiert ist. Die gestrichelte Figur unter der Kugel (Fig. 31) deutet das Achsenverhältnis an. Fig. 35 zeigt die Umbildung von der Berührungsstelle (*n*) aus gesehen; *pp* der Fig. 31 platter Pol.

### 3. Ellipsoid.

#### a. Mit dem spitzen Pole eine Oktaederfläche tangierend.

##### $\alpha$ -Versuch.

Ein künstliches Ellipsoid aus Alaun von 22 mm langer und 15 mm kurzer Achse ist aus einer grossen Alaunpyramide so orientiert hergestellt, dass seine lange Achse auf einer natürlichen Oktaederfläche nahezu senkrecht steht. Der spitze Pol des Ellipsoides tangiert hier

also die genannte Oktaederfläche in der in Fig. 36 wiedergegebenen Weise.

Durch die Regeneration werden beide spitze Polfelder je in eine Oktaederfläche umgewandelt. Die Ansicht des umgebildeten Ellipsoids

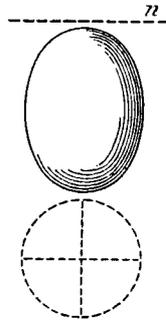


Fig. 36.

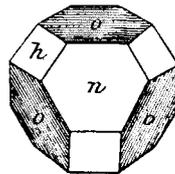


Fig. 37.

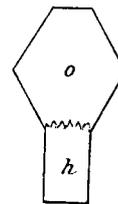


Fig. 38.

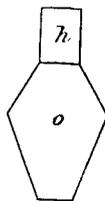


Fig. 39.

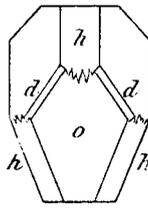


Fig. 40.

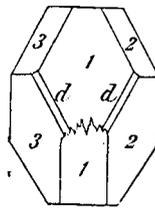


Fig. 41.

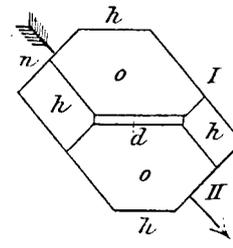


Fig. 42.

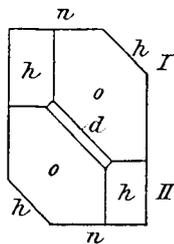


Fig. 42a.

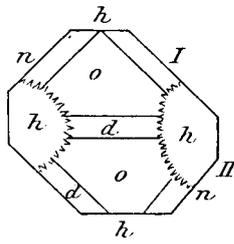


Fig. 43.

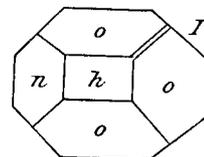


Fig. 44.

Umbildung eines Ellipsoids. Fig. 37 zeigt das umgebildete Ellipsoid von der Berührungsstelle (*n*) aus. Fig. 42 stellt beide Pyramiden in seitlicher Ansicht dar. Der Pfeil deutet die Längsachse des Ellipsoids an. Auf die der *n*-Fläche gegenüberliegende *n'*-Fläche aufgestellt, giebt der Embryo das Bild der Fig. 42a, eine reine Seitenansicht des umgebildeten Ellipsoids in senkrechter Aufstellung. Andere Seitenansichten geben die Fig. 40 und 41. Fig. 43 ist eine frühere Stufe von 42, etwas vergrößert. Fig. 38 und 39 sind einzelne Flächenglieder des Embryo.

von einer dieser Polseiten und nunmehrigen Oktaederflächen aus liegt in Fig. 37 vor.

In Längsansicht betrachtet besteht das umgewandelte Ellipsoid aus sechs aufeinander folgenden Feldern von der Form der Fig. 38,

deren jedes aus einer Oktaederfläche und einer Hexaederfläche zusammengesetzt ist. Das zunächst nach der einen Seite hin sich anschliessende Feld zeigt Fig. 39, in welchem die erwähnten Flächen in umgedrehter Stellung auftreten. Nach derselben Seite hin beginnt der Reigen noch zweimal von neuem mit der Anlagerung zweier Felder von der Form 38 und 39. Im natürlichen Zusammenhang erscheinen die Felder wie in Fig. 40 und 41 gezeichnet.

Das Verhältnis zum Embryo aus der Kugel erhellt am leichtesten aus der Vergleichung der Fig. 34 mit der Fig. 42 und deren früherer Stufe, Fig. 43, wobei darauf zu achten ist, dass die Längsachse des Ellipsoides von  $n$  zu  $n$  zieht, da beide Figuren den Embryo in Pyramidenstellung wiedergeben. Fig. 42 und 43 sind also mit der Fig. 34 zu vergleichen, welche dem Kuglembryo angehört.

Von Wert ist ferner eine Vergleichung der Figg. 41 und 40 des

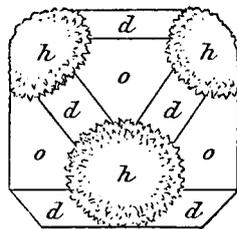


Fig. 45.  
Zwei verschiedene Ansichten ungleich alter Kuglembryonen, die dazu dienen, gewisse Formen der Umbildung des Ellipsoides auf sie zu beziehen.

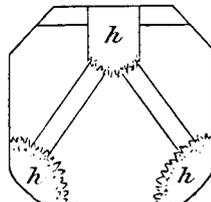


Fig. 45a.

Ellipsoides mit den Figg. 45 und 45a, welche die entsprechenden Ansichten zweier Kuglembryonen von verschiedenem Alter wiedergeben.

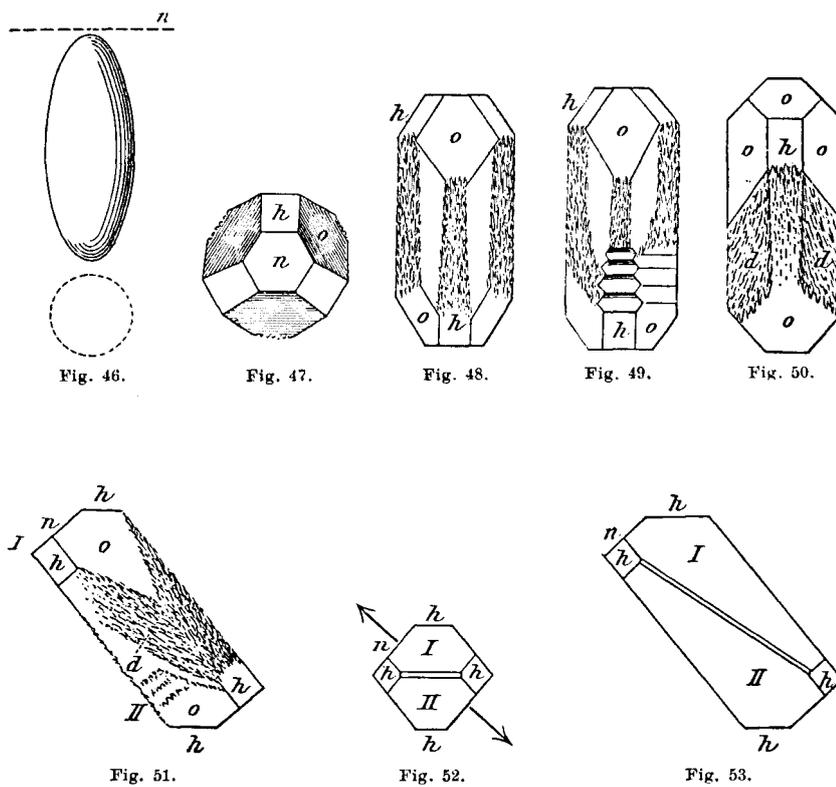
#### $\beta$ -Versuch.

Langgezogenes Ellipsoid aus Alaun von

30 mm langer und 12 mm kurzer Achse, mit dem spitzen Pole eine Oktaederfläche tangierend, wie in Fig. 46.

Bei der Regeneration geht aus den spitzen Polfeldern je eine Oktaederfläche hervor. Ansicht des umgebildeten Ellipsoides von einer solchen Fläche aus in Fig. 47. Längsansichten sind in den Figg. 48—50 sichtbar. So eigentümlich sie in ihren Besonderheiten erscheinen, so lassen sie sich doch unschwer aus den Figg. 40 und 41, sowie 44 und 45 ableiten und geht daraus zugleich auch ihr Verhältnis zur Kugel hervor. Man hat in der Umbildung des Ellipsoides gewissermassen eine verlängerte oder ausgezogene Kugel vor sich, wobei die beiden spitzen Polteile des Ellipsoides den beiden Kugelhälften, der Körper des Ellipsoides der ausgezogenen Stelle entspricht. Fig. 50 ist übrigens schon nicht mehr reine Längsansicht, indem das obere Ende sich etwas dem Beobachter nähert, so dass noch eine Oktaederfläche ( $o$ ) sichtbar wird. Fig. 50 ist demnach eine Ansicht der oberen Pyramide des langgestreckten Oktaederembryo von der Hexaederfläche ( $h$ ) aus. Eine Seitenansicht des ganzen Oktaederembryo mit seinen beiden Pyramiden (I und II) giebt Fig. 51; ein fast unverständliches

Bild, wenn es nicht schematisiert und auf den einfacheren Kugelembryo bezogen wird. In Fig. 53 liegt das Schema der Fig. 51 vor. Stellt man sich die zugehörige Ansicht des Kugelembryo dar (Fig. 52) und denkt sich denselben in der Richtung der  $n n$ -Linie, auf die es hier ankommt, d. i. der Pfeile, auseinander gezogen, so erkennt man sofort das Dasein der vorhandenen wesentlichen Übereinstimmung und un-



Langgezogener ellipsoidischer Körper aus Alaun in seiner Regeneration zum Oktaeder. Fig. 47 Ansicht des Embryo von dem Berührungspunkte ( $n$ ) aus. Fig. 48–51 Längsansichten. Fig. 52 und 53 Beziehungen des gestreckten Körpers zur Kugel. Die Richtung der Pfeile deutet auf die Dehnungsrichtung der Kugeelhälften hin.

wesentlichen Verschiedenheit. Man kann ferner den Kugelembryo Fig. 52 noch nach anderen Richtungen auseinander ziehen. Beispiele, welche diese anderen Richtungen verwirklichen, werden alsbald zu beschreiben sein. Aus dem Zusammenhange in den Umbildungen des Ellipsoides und der Kugel, sofern ersteres mit dem spitzen Pole auf eine Oktaederfläche orientiert war, ergibt sich aber, dass man die lange Achse eines Alaunellipsoides noch so sehr ausziehen kann, ohne das Wesen der Umbildung dadurch zu verändern.

b. Ellipsoid mit dem Äquator oder der Breitseite eine Oktaederfläche tangierend.

Aus einer grossen Oktaederpyramide wurde ein fast cylindrischer Körper geschnitten, dessen Mantelfläche, wie Fig. 54 andeutet, längs einer geraden Linie eine natürliche Oktaederfläche tangiert. Die beiden Enden des Cylinders wurden halbkugelig abgerundet. So liegt ein Körper vor, der hier, mit Bezug auf die Umbildungen, in Kürze Kugelcylinder genannt werden mag. Die Regeneration nämlich besteht in der Umbildung zweier Halbkugeln und eines sie verbindenden cylindrischen Mittelstückes.

Die lange Achse des Kugelcylinders misst 35 mm, die kurze 10 mm. Durch die Regeneration ward dieser Körper so umgewandelt, dass

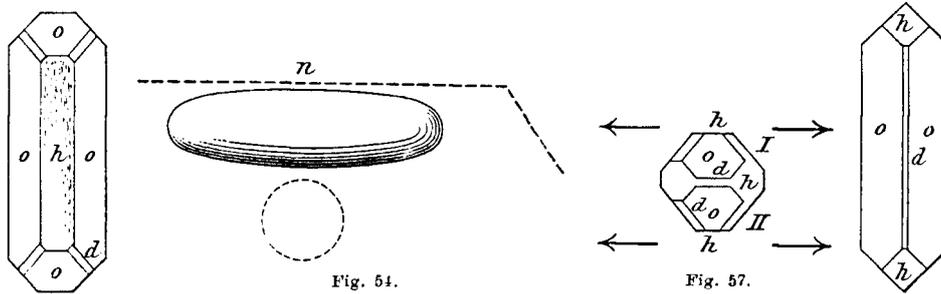


Fig. 54. Mit kugeligen Enden versehener Cylinder, dessen Langseite eine natürliche Oktaederfläche tangiert, nebst seiner Umbildung. Fig. 55 und 56 Ansichten der Langseite; Fig. 57 Ansicht eines der kugeligen Endstücke. Denkt man sich letztere Figur als einer Kugel angehörig, so deuten die Pfeile die Richtung der Dehnung an, um aus dem Kugel-embryo den Embryo des Kugelcylinders zu gewinnen. Fig. 56.

entlang der tangierenden Linie sich eine langgestreckte Oktaederfläche entwickelte; ihr gegenüber am Cylindermantel eine zweite, ebenso gestaltete, der ersten parallele. Am Cylindermantel traten gleichzeitig, in richtigen Winkelabständen zu den genannten, noch zwei, unter sich selbst parallele Oktaederflächen auf, so dass der Cylindermantel jetzt vier Oktaederflächen besitzt. Zwischen je einem Paare von Oktaederflächen treten aber auf zwei gegenüberliegenden Seiten auch langgestreckte und breite Hexaederflächen auf, welche sich frühzeitig abzuglätten beginnen. Zwischen den beiden Hälften je eines Paares von Oktaederflächen bemerken wir ferner noch je eine schmale lang hinziehende Dodekaederfläche, deren im ganzen also zwei am Cylindermantel zu zählen sind. Im ganzen hat daher der Cylindermantel acht Flächen ausgebildet. In den Fig. 55 und 56 sind sechs von diesen acht Flächen sichtbar; der Hexaederfläche von Fig. 55 liegt aber eine zweite gegenüber, eben so der Dodekaederfläche von Fig. 56.

Wie aber verhalten sich die Enden? Eines der umgebildeten kugelförmigen Enden ist in Fig. 57 abgebildet, in einer Orientierung,

welche die Figur selbst erläutert. Ganz eben so ist das andere Ende gestaltet. Vergleicht man hiermit Fig. 27, so ergibt sich die wesentliche Übereinstimmung. Stellt man sich, zur Erklärung der Gesamtumbildung des Kugelcyinders, ein rektangulär halbiertes Oktaeder vor (siehe I. Untersuchungsreihe S. 22) und denkt sich beide Hälften in gerader Linie auseinander gezogen, so ergeben sich leicht alle Beziehungen. Die Enden dieses Kugelcyinders sehen also ganz anders aus, als die spitzen Enden des umgebildeten Ellipsoides, die zu einer Oktaederfläche orientiert waren; jene sind zu einer Kante orientiert.

Im vorliegenden Falle handelt es sich dem Angegebenen gemäss um rektanguläre Halbierung eines Oktaederembryo und Dehnung beider Hälften. Oben wurde eine Dehnung bereits beschrieben, welche auf Grund einer ganz anderen Halbierung vorzustellen ist, einer hexagonalen, wie später zu zeigen sein wird. Von den Ergebnissen einer äquatorialen oder diagonalen Oktaederhalbierung und der Dehnung der beiden Hälften wird ebenfalls alsbald die Rede sein.

Was noch die Umbildung des Kugelcyinders betrifft, so ist von Fig. 55 weiter zu erwähnen, dass sie als Ganzes die obere Pyramide eines Dehnungsoktaeders darstellt, deren vier Oktaederflächen leicht sichtbar sind; hierzu gesellen sich noch vier kurze schmale Dodekaederflächen. In Fig. 57 sind ausser zwei Oktaederflächen noch zwei Hexaederflächen und fünf Dodekaederflächen vorhanden.

Der soeben beschriebene Versuch wurde wiederholt und ein völlig übereinstimmendes Ergebnis erzielt.

#### c. Ellipsoid, mit dem spitzen Pole eine Oktaederkante tangierend.

Das Ellipsoid ist aus einer grossen Oktaederpyramide so geschnitten, dass seine Längsachse in die Tiefe dringt und auf der Oktaederkante senkrecht steht, zugleich aber auch gleichen Abstand zwischen den beiden die Kante bildenden Oktaederflächen einhält. Folglich tangieren die Seitenteile des Ellipsoides keine der beiden benachbarten Oktaederflächen (Fig. 58).

Bei der Regeneration bildet sich jede der beiden Endflächen zu einer Form um, die in der Fig. 59 wiedergegeben wurde. Jede Seitenfläche dagegen hat die Umbildung zu der Fig. 60 erfahren, in welcher gegen das eine Ende hin der Vorgang etwas weniger weit vorgeschritten ist, als gegen das andere. Der Querschnitt des Mittelstückes ist übrigens achtseitig, da zwischen den langen Oktaederflächen der oberen und unteren Pyramide je eine breite Dodekaederfläche sich einschaltet (Fig. 61).

Bei weiter vorgeschrittener Umbildung wird die quere Dodekaeder-

fläche der Enden des Ellipsoides sich zu einer Kante umbilden. Hieraus ergibt sich, dass am spitzen Pole des Ellipsoides eine Kante zur Ausbildung gelangt; man wird nicht fehl gehen, die Kante des Stammkristalles zu ihr in genetische Beziehung zu setzen.

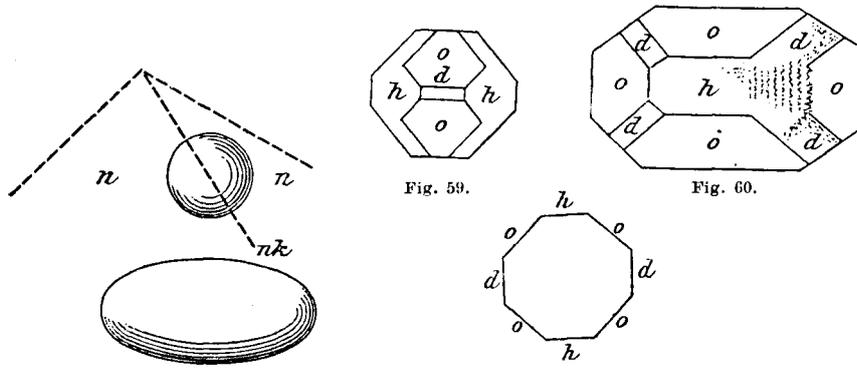


Fig. 58. Ellipsoidischer Körper, dessen Längsaxe und einer spitzer Pol senkrecht zu einer natürlichen Oktaederkante orientiert ist. Fig. 59 Ansicht eines Polstückes von dem spitzen Pole aus; die Dodekaederfläche (*d*) ist auf die natürliche Kante (*nk*) des Stammkristalles zu beziehen. Fig. 60 zeigt eine Längsansicht, Fig. 61 ein Querschnittsbild des Mittelstückes.

d. Ellipsoid, mit beiden Spitzen je eine, mit dem Äquator eine dritte Fläche tangierend.

Das Ellipsoid ist mit seiner Längsachse wagrecht zur Pyramiden-  
spitze orientiert, so dass die Längsachse also der Pyramidenbasis oder

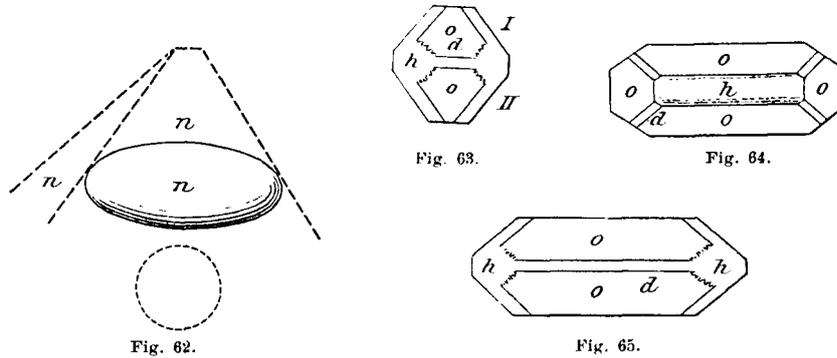


Fig. 62. Ellipsoider Körper, welcher mit einer langen Seite parallel der Pyramidenbasis eine natürliche Oktaederfläche, mit seinen spitzen Polstücken je eine benachbarte Oktaederfläche tangiert. Fig. 63 Ansicht eines Polstückes; Fig. 64 und 65 Ansichten der Langseiten.

einer Oktaederkante parallel verläuft, die spitzen Pole zwei gegenüberliegende Oktaederflächen in der Nähe ihrer Kanten tangieren und eine Seitenfläche des Ellipsoides zugleich die zwischen jenen beiden Flächen gelegene Oktaederfläche tangiert. Fig. 62.

Der Versuch ist deshalb angestellt, um die spitzen Polflächen in ein Dilemma zu bringen. Die lange Achse des Ellipsoides nämlich läuft parallel einer Oktaederfläche, welche von der Seitenfläche des Ellipsoides sogar berührt wird. Von dieser Bedingung ist die Regeneration des grossen mittleren Teiles des Ellipsoides beherrscht; es werden sich vier lange Oktaederflächen, zwei Hexaeder- und zwei Dodekaederflächen hier ausbilden. Hiervon sind aber auch die beiden spitzen Enden des Ellipsoides beeinflusst und es ist von diesem Umstande aus zu erwarten, dass die spitzen Enden des Ellipsoides sich zu rektangulär geteilten Oktaederhälften ausbilden werden. Das vermögen sie aber nicht, wenn die anstossende Fläche auf jedes spitze Ende ihren Einfluss äussert. Man konnte also gespannt sein, in welcher Weise sich das Ellipsoid und die Mutterlauge aus der Verlegenheit ziehen werden.

Aus der Regeneration ergibt sich, dass die Flächen der spitzen Pole ganz ebenso sich umbilden, wie im vorhergehenden Falle (Fig. 58). Ebenso übereinstimmend ist die Ansicht beider Breitseiten; dies zeigen die Figg. 64 und 65, von welchen erstere die eine Oktaederpyramide von der Hexaederfläche aus darstellt, während Fig. 65 eine Seitenansicht beider Pyramiden mit der schmalen Dodekaederfläche zwischen der oberen und unteren Pyramide wiedergibt. Bezieht man die Umbildung der spitzen Polflächen auf den Stammkrystall, so kann man sagen, es seien drei Flächen und zwei Kanten, der Orientierung entsprechend, wiedergebildet werden.

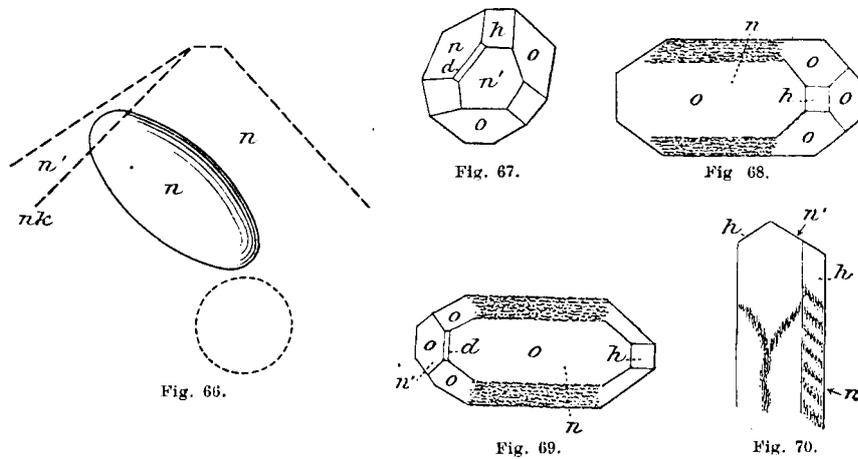
e. Ellipsoid mit der langen Achse zu einer Oktaederkante senkrecht gestellt, und mit der langen Seitenfläche eine benachbarte Oktaederfläche tangierend.

Der vorige Versuch ist in der Weise abgeändert, dass eine Spitze und die Seitenfläche des Ellipsoides je eine Oktaederfläche tangieren, die lange Achse aber zugleich senkrecht zu der von der Spitze tangierten Oktaederkante steht (Fig. 66). So ist auch die Längsachse des Ellipsoides nicht weit entfernt von einer senkrechten Einstellung ihrer selbst zu der die Kante bildenden zweiten Oktaederfläche  $n'$ .

Bei der erfolgenden Umbildung entwickelt die Langseite des Ellipsoides in dem Gebiete der Berührungslinie eine grosse Oktaederfläche und ihr gegenüber die zugehörige Parallellfläche. In Pyramidenstellung ist die eine, obere Oktaederhälfte in Fig. 68 gezeichnet, wobei das rechtsseitige Ende etwas über die Ebene des Papiers erhoben gedacht werden muss. Senkt man dieses Ende und erhebt das gegenüberliegende Ende ein wenig, so verschwindet die kleine Oktaederfläche des rechten Endes, aber es erscheint eine kleine Oktaederfläche

am linken Ende. Dies entspricht den Verhältnissen der Fig. 69. Letztere Figur aber entspricht ihrerseits der Orientierungsfigur 66 und es ist nicht schwer, die kleine am linken Ende gelegene Oktaederfläche ( $o$ ) auf die Berührungsfläche  $n'$  der Fig. 66 zu beziehen, während die grosse Oktaederfläche  $n$  thatsächlich der Berührungsfläche  $n$  des Stammkrystalles entspricht. So haben sich also eine Kante und zwei Flächen, letztere als Berührungsflächen, wiedergebildet.

Die kleine Berührungsfläche ist zu der grossen Berührungsfläche des umgebildeten Ellipsoides in einen Winkel von ca.  $110^\circ$  gestellt, wie es dem natürlichen (äusseren) Flächenwinkel gebührt. Man erkennt



Ellipsoidischer Körper, welcher mit einer Längsseite eine natürliche Oktaederfläche ( $n$ ) tangiert, mit dem spitzen Pole eine zweite natürliche Oktaederfläche  $n'$  tangiert und mit der Längsachse auf einer natürlichen Oktaederkante ( $nk$ ) senkrecht steht. Fig. 67 Polansicht; Fig. 68 und 69 Ansichten der Längsseiten; Fig. 70 zeigt die beiden Flächen  $n$  und  $n'$  des umgebildeten Ellipsoides im Profil, mit ihrer Beziehung zu der  $n$ - und  $n'$ -Fläche des Stammkrystalles (Fig. 66).

die Neigung beider Flächen aus Fig. 70, welche beide fragliche Flächen (obere Linie  $o$ , rechte Linie  $n$ ) im Profil wiedergibt.

Stellt man die kleine Berührungsfläche des Endes wagrecht, den Krystallkörper also schräg auf, und betrachtet man nunmehr das umgebildete Ellipsoid von dem einen spitzen Pole aus, so erhält man das Bild der Fig. 67. Das centrale Feld ist eine Oktaederfläche und entspricht der kleinen Berührungsfläche. Um das centrale Feld sind noch drei Oktaederflächen gelagert, darunter  $n$  die grosse Berührungsfläche wiedergibt. Beide sind voneinander durch eine feine Dodekaederfläche getrennt, die auch in Fig. 69 sichtbar ist. Zwischen jenen drei Oktaederflächen, welche das centrale Feld umgeben, sind sehr bedeutende Hexaederflächen eingeschaltet. Am entgegengesetzten spitzen Pole kehren die gleichen Verhältnisse wieder, nur mit dem Unterschiede, dass, wo oben seitliche Oktaederflächen liegen, unten

Hexaederflächen gelegen sind; und wo oben Hexaederflächen ihre Lage haben, unten Oktaederflächen gegenüberliegen, wie dies in anderen Fällen schon öfter erwähnt worden ist.

f. Mit dem spitzen Pole eine Oktaederecke tangierendes, senkrecht auf der zugehörigen Pyramidenbasis stehendes Ellipsoid.

Lange Achse des Ellipsoides aus Alaun 17 mm, kurze Achse 11 mm. Fig. 71.

Die Umbildung dieses aus dem Innern einer grossen Oktaederpyramide geschnittenen, gegen deren Spitze orientierten Ellipsoides vollzieht sich in ganz anderer Richtung als die ebenfalls sehr voneinander abweichenden Umbildungen der vorhergehend beschriebenen anderen

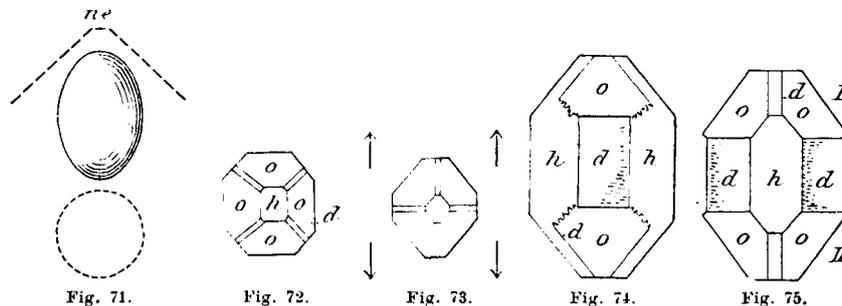


Fig. 71. Ellipsoidischer Körper, mit seiner Längsachse und einem spitzen Pole senkrecht zu einer Oktaederecke orientiert. Fig. 72 Polansicht der Umbildung. Fig. 74 und 75 Längsansichten. Fig. 73 das Bild der Fig. 72 um 45° gedreht, um die Verhältnisse der Fig. 74 und 75 auf dieselbe und zugleich auf den Kugelebryo beziehen zu können. Die Pfeile deuten die Richtung der Dehnung des Kugelebryo an. So entstehen die gewaltigen Dodekaeder- und Hexaederflächen der Fig. 74 und 75.

Orientierungsformen. Was nämlich diese neue Umbildung betrifft, so sind die beiden Enden und der Mittelteil des umgebildeten Ellipsoides gesondert zu betrachten. Der Mittelteil zeigt nun zwar ebenfalls acht Längsfelder, aber es sind dies nichts anderes als vier grosse Hexaederflächen und vier grosse Dodekaederflächen, in alternierender Stellung (Figg. 74 und 75).

Die beiden Enden dagegen haben sich je zu einer Oktaederecke, oder zu den beiden Pyramiden eines Dehnungsoktaeders umgewandelt (Fig. 72). Man erkennt die vier Oktaederflächen, welche eine schon abgeglättete Hexaederfläche einschliessen. Sie werden ausserdem voneinander getrennt durch vier schmale Dodekaederflächen.

Um nun die Beziehung zu den vorher betrachteten Umbildungen zu erkennen, ist es erforderlich, sich ein äquatorial oder diagonal halbiertes Oktaeder vorzustellen (I. Untersuchungsreihe S. 22) und die beiden Hälften, welche in Fig. 73 als obere und untere gezeichnet sind, in gerader Linie senkrecht zur Schnittfläche auseinanderzuziehen.

Besser noch, als an einem fertigen Oktaeder nimmt man die Halbierung an einem Embryo des Oktaeders vor, da er ansehnliche Hexaeder- und Dodekaederflächen hat. Dann ergibt sich sofort der Erfolg der in der genannten Richtung vorgenommenen Dehnung. Es werden die Hexaeder- und Dodekaederfelder auseinander gezogen werden und schliesslich zu wahren Riesefeldern anwachsen können, wovon im folgenden noch andere Beispiele zur Erörterung gelangen werden.

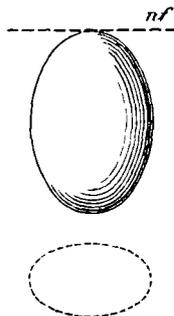


Fig. 76.

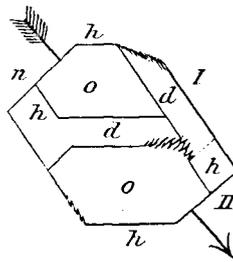


Fig. 77.

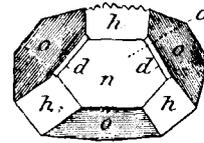


Fig. 78.

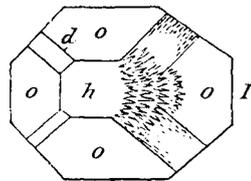


Fig. 79.

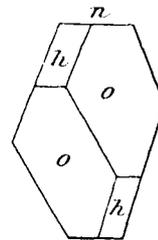


Fig. 80.

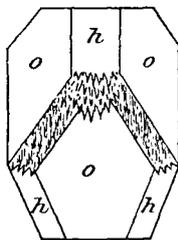


Fig. 81.

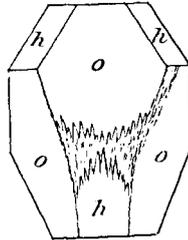


Fig. 82.

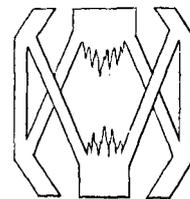


Fig. 83.

Abgeplattetes Ellipsoid. Fig. 78 zeigt die Umbildung von dem Berührungspunkte aus. Fig. 79, 81 und 82 sind Ansichten der Breitseiten, Fig. 81 und 82 reiner Breitseiten. Fig. 80 Ansicht einer Schmalseite. Fig. 77 zeigt die beiden Pyramiden, die Richtung des Pfeiles deutet die Längsaxe an. Fig. 83 stellt den Zusammenhang der aufgetretenen Hexaeder- und Dodekaederflächen dar. Vergl. Fig. 40 und 41. Fig. 80 ist mit Fig. 42 a zu vergleichen.

### g. Abgeplattetes Ellipsoid.

Die Spitze des aus einer grossen Alaunpyramide geschnittenen abgeplatteten Ellipsoides ist zu einer Oktaederfläche der Pyramide orientiert (Fig. 76). Seine grosse Achse hat 24 mm, die kurze 16, die kleine 10 mm Länge.

Aus beiden spitzen Polfeldern gehen zwei einander parallele Oktaederflächen bei der Regeneration hervor. Eine von einem oktaedrischen Polfelde aufgenommene Figur liegt in Nr. 78 vor, welche zugleich die Abplattung deutlich macht. Eine Längsansicht der Schmalseite giebt Fig. 80. Zwei Längsansichten der Breitseite geben die Figg. 81 und 82 und bedarf es nur eines Hinweises auf die Figg. 40 und 41 und die an jener Stelle gegebene Darstellung, um erstere sofort verständlich zu machen und an bekanntes anknüpfen zu lassen. Ebenso verhält es sich mit den Figg. 44 und 79, die einander entsprechen. Betrachtet man die Dodekaeder- und Hexaederflächen des aus der Umbildung des abgeplatteten Ellipsoides hervorgegangenen Embryo der vorliegenden Stufe für sich isoliert, so geben diese in gegenseitigem Zusammenhang das eigentümliche Bild der Fig. 83.

#### h. Ohne beabsichtigte Orientierung geschnittene Ellipsoide.

Im ganzen wurden vier solche nichtorientierte, aus Alaunblöcken geschnittene Ellipsoide auf ihre Regeneration untersucht. Eines derselben ist ein abgeplattetes. Seine Regeneration schliesst sich jedoch keineswegs an das g-Ellipsoid an, vielmehr, abgesehen von der durch die Abplattung bedingten geringen Modifikation, an das b- und c-Ellipsoid. Denn worauf es hier wesentlich ankommt, ist nicht die Abplattung, sondern die Orientierung. Aus dem bisher beschriebenen Materiale Rückschlüsse machend, wird man also zu behaupten haben, dass das abgeplattete h-Ellipsoid mit einem äquatorialen Punkte gegen eine Fläche, oder mit dem spitzen Pole gegen eine Kante orientiert war.

Dem gleichen Typus der Umbildung folgen die übrigen drei, scheinbar nichtorientierten, aus Alaunblöcken geschnittenen Ellipsoide. Deren Orientierung muss als die gleiche angesehen werden, wie im vorherigen Falle. Denn wäre die Orientierung eine andere, der spitze Pol gegen eine Fläche oder Ecke des Oktaeders gerichtet, so würden daraus die zugehörigen Umbildungsformen oder auch Zwischenformen entstanden sein.

#### 4. Bikonvexe Linse.

Von der Umbildung der bikonvexen Linse ist bereits eine Form mitgeteilt (I. Untersuchungsreihe S. 41) nach zwei Versuchen, welche das gleiche Ergebnis erzielten. Die beiden Linsen waren richtungslos aus einem Alaunblocke geschnitten worden. Auch neuerdings habe ich wiederholt die gleiche Umbildungsform erhalten. Allein es ist klar, dass je nach der Orientierung der Linsenachse zu den verschiedenen

Gegenden des Stammkrystalles auch verschiedene Ergebnisse erhalten werden müssen. Neue Versuche dieser Art waren denn auch von dem erwarteten Erfolg begleitet.

$\alpha$ - und  $\beta$ -Versuch.

Bikonvexe Linse, mit der Mitte ihrer einen Konvexität die Oktaederfläche eines grossen Stammkrystalles tangierend. Fig. 84.

Lange Axe 38 mm, kurze Axe 11 mm. Bei der Regeneration legt sich in dem Mittelteile der beiden konvexen Flächen der Linse eine schöne glänzende Oktaederfläche an, welche randwärts an drei Stellen sich noch auszudehnen bestrebt ist, während sie an anderen drei Stellen unter sehr stumpfem Winkel (ca.  $150^\circ$ ) in glatte Flächen sich fortsetzt. Zwischen diesen drei glatten Flächen, die nach der Peripherie hin sich verbreitern, liegen grosse raue Felder mit überaus

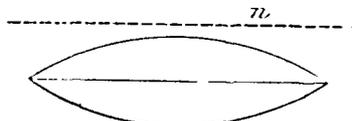


Fig. 84.

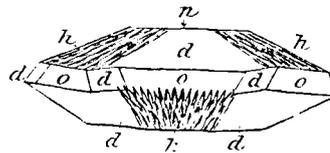


Fig. 85.

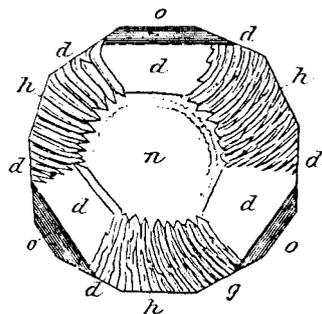


Fig. 86.

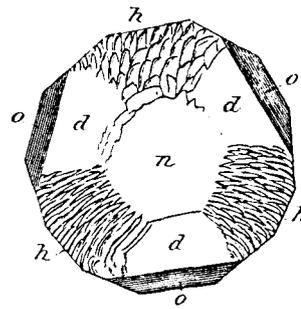


Fig. 87.

Bikonvexe Linse, mit einem Pole der Konvexität zu einer natürlichen Oktaederfläche ( $\nu$ ) orientiert. Fig. 85 Ansicht der Umbildung zum Oktaederembryo vom Äquator aus. Fig. 86 und 87 die beiden Polansichten.

zierlicher Leistenanordnung. So haben wir in der Mitte eine Oktaederfläche vor uns, welche von sechs alternierend gestellten anderen Feldern umstellt ist. Der Linsenrand ist nirgends mehr scharf, noch stellt er eine Kreislinie dar, sondern es haben sich daselbst zwölf schmale Felder angesiedelt, sämtlich von glatter Beschaffenheit. Diese zerfallen der Form, Richtung und Grösse nach in drei wohl unterschiedene Gruppen, über deren eigentliche Bedeutung klar zu werden keine leichte Aufgabe ist für den Beobachter, welcher noch nicht Gelegenheit gehabt hat, die Umbildungen der Kugel und des Cylinders

kennen zu lernen. Bevor jene vier Feldergruppen jedoch genauer zu untersuchen sind, ist vorher noch zu erwähnen, dass die entgegengesetzte konvexe Fläche der Linse ganz die gleichen sieben Felder zur Anlage gebracht hat, wie die zuerst beschriebene, d. h. eine zentrale Oktaederfläche und sechs in ihren Umkreis gestellte Felder, wovon drei wieder glatte Beschaffenheit besitzen, während die anderen drei Wucherfelder darstellen und durch leistenförmige Vorsprünge ausgezeichnet sind. Diese sechs um das Centralfeld gestellten alternierenden Felder der einen Konvexität liegen jedoch den gleichen sechs alternierenden Feldern der anderen Konvexität keineswegs in entsprechender Weise gegenüber, sondern auch hier hat ein alternierender Modus der Aufstellung Platz gegriffen, d. h. einer glatten Fläche liegt jedesmal ein rauhes Feld, und einem rauhen Felde eine glatte Fläche gegenüber.

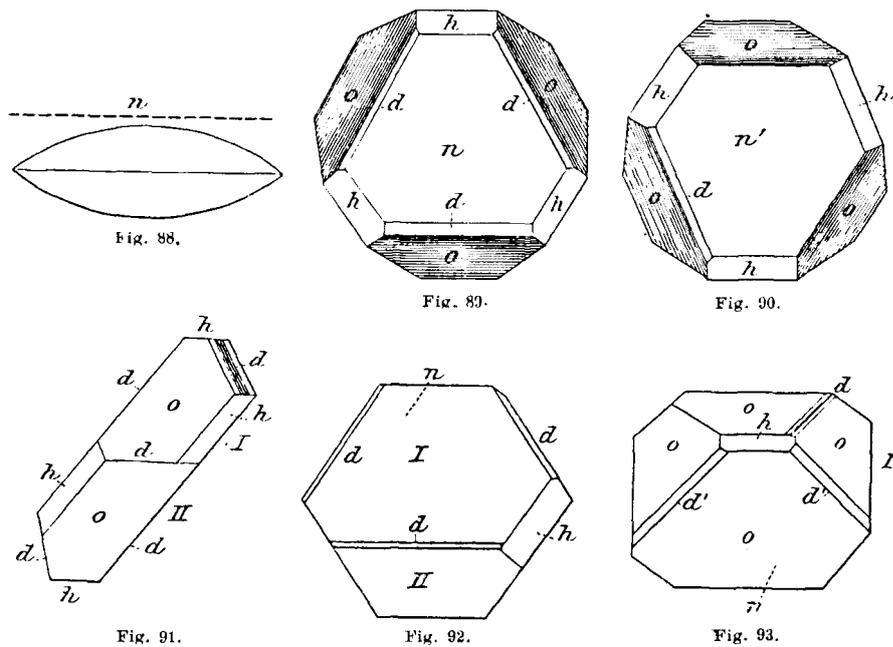
Im ganzen zeigen beide Konvexitäten dem Angegebenen gemäss 14 Flächen. Zählen wir die kleinen Felder des Linsenrandes hinzu, so liegen zusammen 26 Flächen vor, in welche jetzt die beiden Linsenflächen und ihr äquatorialer Rand zerfallen sind, eine eigentümliche Erscheinung, die um so auffälliger wird, wenn wir uns erinnern, dass auch der aus der Kugel hervorgegangene Oktaederembryo 26 Flächen trägt. Zugleich liegt hierin aber auch der Schlüssel der Erklärung der sonderbaren Gestaltung der Linsenumbildung. Man muss nunmehr einen aus der Kugel hervorgegangenen Embryo zur Hand nehmen und mit ihm das prachtvolle Linsengebilde vergleichen, dann ergibt es sich mit Sicherheit, dass die Dinge folgendermassen liegen:

Die um die zweifellose zentrale Oktaederfläche der Linsenkonvexität gescharten drei glatten Felder sind nichts anderes, als riesige Dodekaederflächen, während die drei zwischen ihnen verteilten mit radiär gestellten Leistengruppen ausgestatteten drei Wucherflächen die frühen Anlagen von Hexaederflächen darstellen. Die zentrale Oktaederfläche ist also von Oktaederflächen gar nicht unmittelbar umgeben, sondern von drei Dodekaeder- und drei Hexaederflächen. So verhält es sich auf beiden Konvexitäten, nur in einer solchen Verteilung, dass einer Hexaederfläche der einen Konvexität eine Dodekaederfläche der anderen Konvexität gegenüberliegt, und einer Dodekaederfläche der einen eine Hexaederfläche der anderen, und so fort.

Was nun aber die zwölf Felder des Linsenäquators betrifft und ihre vier Gruppen, so sind zwei Gruppen von ihnen, mit zusammen sechs Flächen nichts anderes als minimal hohe, aber echte Oktaederflächen; drei von ihnen sind zum oberen Pole geneigt, drei zum unteren; aber sie sind abwechselnd aufgestellt. Alle sechs sind scharf voneinander getrennt durch sechs Dodekaederflächen. Auch letztere bilden zwei Gruppen; die einen drei wenden sich schräg rechtswärts, die

anderen drei schräg linkswärts. Jede schräge kleine Dodekaederfläche verbindet so den Rand einer Hexaederfläche der oberen Konvexität mit dem benachbarten Rande einer Hexaederfläche der unteren Konvexität (vergl. hierüber Fig. 85).

Abgesehen von den Grössenverhältnissen ist es, als habe man einen in der Axe zweier gegenüberliegender Okaederflächen stark zusammengepressten Okaederembryo der Kugel vor sich.



Ebenso orientierte bikonvexe Linse wie zuvor, in späterer Stufe der Entwicklung. Fig. 91 Schmalseitenbild in Pyramidenaufstellung. Fig. 89 und 90 Polansichten. Fig. 92 zeigt beide Pyramiden in Breitseitenansicht; Fig. 93 eine der beiden Okaederpyramiden in Spitzenansicht.

Dass in Wirklichkeit die 26 Flächen der in Umbildung begriffenen bikonvexen Linse jenen der Kugel homolog sind, ergibt nicht bloss der Augenschein, sondern auch die weitere Entwicklung der Linse.

Ein zweiter Fall von Umbildung einer ebenso orientierten Linse verlief nämlich bis zu der beschriebenen Stufe in völlig übereinstimmender Weise. Aber er wurde nunmehr zur weiteren Entwicklung gebracht. Das fast fertige Okaeder, welches aus dieser Linse hervorging, ist in den Fig. 89 und 90 wiedergegeben.

Fig. 89 zeigt die umgebildete Linse von dem Berührungspole aus. Dodekaeder-, Hexaeder- und Okaederflächen haben gegenüber dem früheren Zustande nunmehr eine weit vorgeschrittene Form erreicht, welche den Anschluss an bekannte Verhältnisse leicht gestattet, sei es, dass man mit den Umbildungen der Kugel Vergleichen anstellt,

oder dass man die Fig. 92 und 93 in das Auge fasst. Die erstere dieser beiden Figuren zeigt beide Pyramiden des vorliegenden Oktaeders von den Breitseiten aus, die letztere Figur dagegen eine der beiden Pyramiden in Spitzenansicht, wobei die kleine Fläche  $h$  die Spitze bedeutet. Eine Ansicht von der Schmalseite aus giebt Fig. 91. Das Zickzackband der Dodekaeder-Hexaederflächen ist dem bezüglichen Bande der früheren Stufe immer noch leicht an die Seite zu stellen, wenn auch die Dodekaederflächen fast alle bereits in Kanten übergegangen sind. Rechts oben (Fig. 91, oberes  $d$ ) zeigt sich an Stelle der Dodekaederfläche eine tiefe Spalte. Die Vergleichung der beiderlei Schmalseiten wird erleichtert, wenn man die schräg aufgerichtete Figur, die auf einer unteren Hexaederfläche steht, in horizontale Lage bringt und sie dadurch der Fig. 85 näher bringt. Fig. 90 endlich stellt die der Fig. 89 gegenüberliegende Basalseite der umgebildeten Linse dar; die Fläche  $n'$  ist die Parallelfäche zur  $n$ -Fläche der Fig. 89.

#### $\gamma$ - und $\delta$ -Versuch.

Bikonvexe Linse, deren Äquator eine Oktaederfläche des Stammkrystalles tangiert.

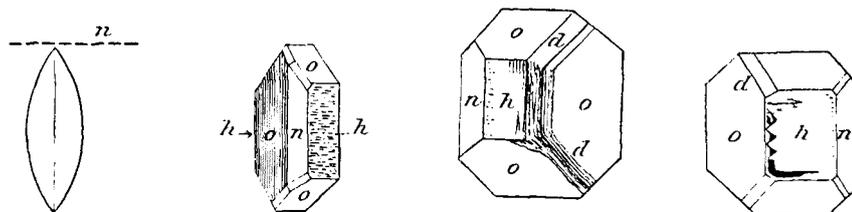


Fig. 94.

Fig. 95.

Fig. 96.

Fig. 97.

Bikonvexe Linse, mit ihrem Äquator zu einer natürlichen Oktaederfläche ( $n$ ) orientiert. Fig. 95 Ansicht von dem Berührungspunkte aus (95,  $n$ ). Fig. 96 und 97 Breitseiten in Pyramidenstellung. Es erscheinen dabei die neugebildeten Flächen  $n$  und  $n'$  als Oktaederflächen.

Die Umbildung dieser Linse vollzieht sich in ganz anderer Form als im vorher beschriebenen Falle. An der Berührungsstelle des Linsenrandes mit der Oktaederfläche des Stammkrystalles bildet sich eine lange, schmale Oktaederfläche, ihr entgegengesetzt die zugehörige Parallelfäche, auf welcher der Krystall in Fig. 95 aufruht. Die zu  $n$  gehörigen drei anderen Oktaederflächen sind in Fig. 96 sichtbar, für welche der Krystall um ca.  $70^\circ$  gedreht wurde. Die Ansicht der entgegengesetzten Seite ist ganz derselben Art, nur ist hier die Hexaederfläche statt nach rechts, ebenso weit nach links verschoben. Die Dodekaederflächen sind zum grössten Teile schon verschwunden, teilweise noch anschnlich, teilweise nur in Spuren mehr erkennbar.

In dem zweiten Falle von gleicher Orientierung einer Linse von 18 mm langer und 10 mm kurzer Achse ist das Ergebnis das gleiche.

Fig. 98 zeigt eine Ansicht der Schmalseite. Wird der Krystall um ca.  $80^\circ$  umgelegt und auf eine der grossen Hexaederflächen gestellt, so erscheint das Bild der Fig. 100. Es sind im ganzen noch einige Dodekaederflächen sichtbar, bei der vorliegenden Ansicht deren eine. Auf der entgegengesetzten Seite ist die Hexaederfläche gleich gross, oben-

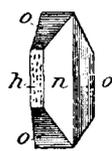


Fig. 98.



Fig. 99.

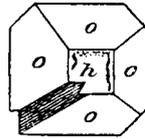


Fig. 100.

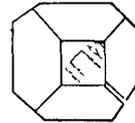


Fig. 101.

Ebenso orientierte Linse wie in Fig. 94. Fig. 98 Ansicht von der Berührungsstelle ( $n$ ) aus. Fig. 99 von dem entgegengesetzten Punkte aus. Fig. 100 und 101 Breitseiten in Pyramidenansicht.

falls in der Abglättung begriffen, jedoch ebenso weit nach links verschoben, wie hier nach rechts. So sind also auch die Oktaederflächen jeder Pyramide von sehr verschiedener Ausdehnung, am kleinsten die der Berührungsstelle entsprechende, am grössten die gegenüberliegende, welche durch die Hexaederfläche von ihr getrennt wird. Im ganzen fällt, wenn diese Umbildungsform mit dem  $\alpha$ - und  $\beta$ -Versuch verglichen wird, die rechteckige Form der Breitseiten auf, die schon sehr frühzeitig sich bemerklich macht, während sie dort erst ganz spät in die Erscheinung tritt.

#### $\varepsilon$ - und $\zeta$ -Versuch.

Bikonvexe Linse, deren Äquator einer Oktaederkante parallel läuft und sie tangiert.

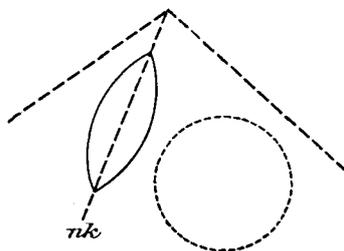


Fig. 102.

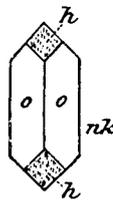


Fig. 103.

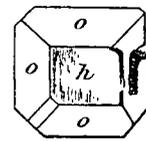


Fig. 104.

Bikonvexe Linse, mit ihrem Äquator parallel zu einer natürlichen Oktaederkante ( $nk$ ) orientiert. Fig. 103 Ansicht der Umbildung von der Berührungsstelle ( $nk$ ) aus. Fig. 104 Breitseitenansicht (von  $nk$  ist eine Hinweisung zur mittleren Vertikalen zu ziehen).

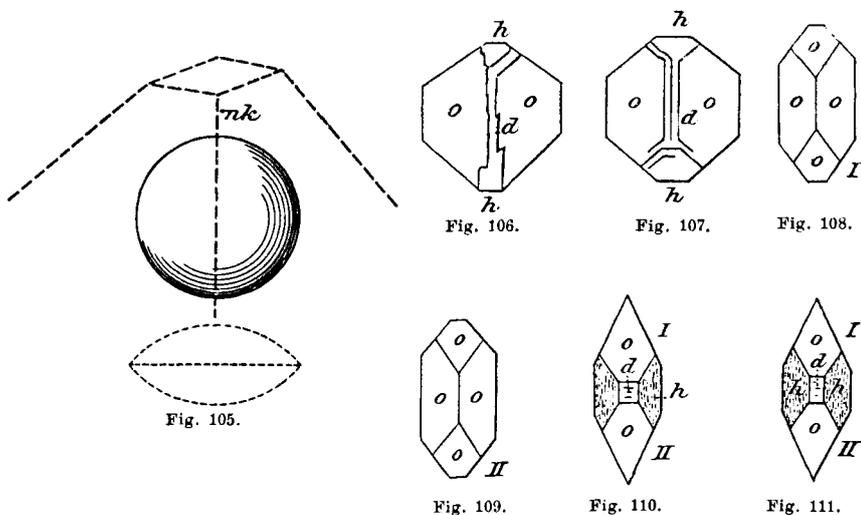
In diesem Falle tritt an der Berührungsstelle eine Oktaederkante auf, ihr entgegengesetzt eine Parallelkante, beide miteinander verbindend zwei senkrecht zu ihnen gestellte, unter sich selbst parallel verlaufende Kanten. Überall, wo eine Kante an die nächstfolgende grenzt, liegt eine zierliche glatte Hexaederfläche. Fig. 103 zeigt eine

Kantenansicht mit den beiden Hexaederflächen an ihren Enden. So hat sich der Äquator der Linse zu vier Kanten und vier Hexaederflächen umgebildet. Jede konvexe Linsenfläche aber hat eine flache Oktaederpyramide mit grosser Hexaederfläche an Stelle der Spitze, die sich schon teilweise abglättete, zur Ausbildung gebracht. Die Lage dieser Hexaederflächen ist nur wenig excentrisch; so wird auch die spätere Pyramidenspitze nur wenig excentrisch sein. Dodekaederflächen sind am vorliegenden Krystalle nunmehr noch drei zu sehen.

Im wesentlichen ganz dasselbe Bild der Umgestaltung zeigt ein zweiter Fall mit gleicher Orientierung.

$\eta$ - und  $\vartheta$ -Versuch.

Bikonvexe Linse, zu dem Stammkrystalle so orientiert, dass eine Kante desselben eine konvexe Linsenfläche halbierend kreuzt.



Bikonvexe Linse, mit einer konvexen Fläche zu einer natürlichen Oktaederkante ( $nk$ ) so orientiert, dass die Kante die Linse halbirt. Fig. 106 und 107 Breitseitenansichten mit je einer Dodekaederfläche, welche der Lage der natürlichen Kante ( $nk$  Fig. 105) entspricht. Fig. 108 und 109 die beiden Oktaederpyramiden von der Spitzenkante aus. Fig. 110 und 111 die obere und untere Pyramide des Oktaedereubryo von der Schmalseite aus.

An Stelle der kreuzenden Kante entwickelt die konvexe Linsenfläche zunächst eine Dodekaederfläche (Fig. 108), welche an ihren Enden in ansehnliche Hexaederflächen münden. Ganz ebenso verhält sich die entgegengesetzte Linsenkonvexität. Die einander gegenüberliegenden zwei Hexaederflächen werden an den Schmalseiten ebenfalls durch Dodekaederflächen miteinander in Verbindung gesetzt. In späterer Zeit, wenn die Dodekaeder- und Hexaederflächen verschwunden sein werden, liegt eine durchgehende Kante vor. So hat die kreuzende Oktaederkante des Stammkrystalles auf die Umbildung der bikonvexen Linse einen solchen Einfluss ausgeübt, dass sie eine den Linsenäquator

senkrecht kreuzende, beide Konvexitäten der Linse in Anspruch nehmende Kante (Winkel von  $110^\circ$ ) hervorbrachte.

Ein zweiter Fall der gleichen Orientierung erzielte ganz dasselbe Ergebnis. Auf der gezeichneten Entwicklungsstufe (Fig. 112) sind die Dodekaederflächen bereits verschwunden, die Hexaederflächen noch vorhanden.

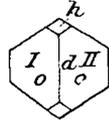


Fig. 112.

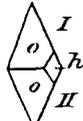


Fig. 113.

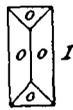


Fig. 114.

Bikonvexe Linse der gleichen Orientierung wie in Fig. 105. Die Kante  $d$  in Fig. 112 entspricht der natürlichen Kante  $nk$  von Fig. 105. Fig. 113 Schmalseitenansicht; Fig. 115 eine der beiden Pyramiden.

Merkwürdigerweise hat der ursprüngliche Linsenäquator in beiden Fällen in ganz übereinstimmender Weise folgende Dinge zur Entstehung gebracht: zwei scharfe Dehnungskanten (den

Spitzen beider Pyramiden des Oktaeders entsprechend), vier schmale Oktaederflächen (je zwei einer Pyramide angehörig), zwei etwas verschieden grosse, rechteckige Dodekaederflächen der Schmalseiten (nur im  $\eta$ -Falle sichtbar).

#### $\iota$ - und $\alpha$ -Versuch.

Bikonvexe, etwas längliche Linse, horizontal zu einer Oktaederecke orientiert.

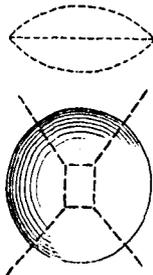


Fig. 115.

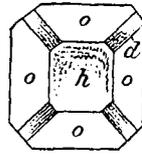


Fig. 116.

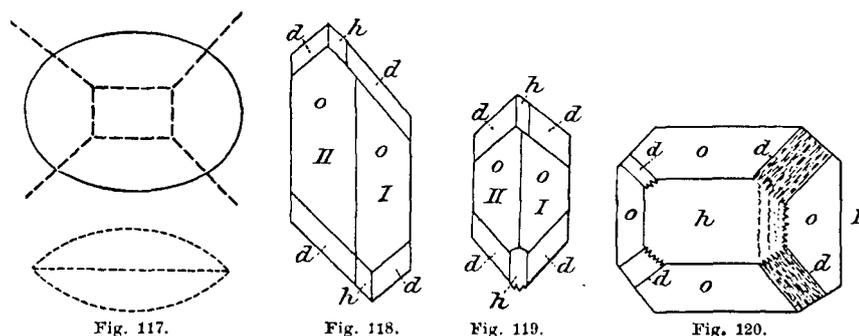
Bikonvexe Linse, mit einer Konvexität zu einer natürlichen Oktaederecke orientiert. Fig. 116 Ansicht der Umbildung von der Mitte der früheren Konvexität aus.

An Stelle des Mittelteiles der Linsenkonvexität bildet sich eine mächtige Hexaederfläche aus, die sich frühzeitig abzuglätten beginnt und etwas excentrische Lage hat. Sie wird von vier Oktaederflächen flankiert, die durch ansehnliche Dodekaederflächen auseinandergehalten werden. Auf der entgegengesetzten Linsenkonvexität treten dieselben Flächen auf, in gegenüberliegenden Stellungen, als Parallelfächen der oberen Hälfte. So hat auch die grosse

Hexaederfläche der unteren Seite zwar etwas excentrische Lage, ist aber nach rechts verschoben, wenn die obere nach links. Wo die Dodekaederflächen der oberen Pyramide an die Dodekaederflächen der unteren Pyramide grenzen, haben sich schmale, zierliche Hexaederflächen ausgebildet. An Stelle des früheren Linsenäquators sind zur Zeit vorhanden: vier scharfe Oktaederkanten und vier kleine Hexaederflächen.

Die beiden Konvexitäten der Linse sind folglich im Begriffe, je eine Oktaederecke zu erzeugen, als Spitze der zugehörigen Pyramide; von ihnen hat die obere Ecke als wiedererzeugt zu gelten; die untere folgt dem Gesetze der Symmetrie. Deutlicher, als in irgend einem der früheren Fälle zeigt sich hier die Umbildung der Linse in der Form des in Pyramidenstellung zusammengepressten Oktaederembryo der Kugel.

Dimensionen der oben untersuchten Linse: lange Achsen 20 und 18 mm, kurze Achse 9 mm.



Bikonvexe Linse von ovalem Umriss und der gleichen Orientierung wie in Fig. 115. Fig. 118 Ansicht der schmalen Längsseite. Fig. 119 Ansicht der schmalen Kurzseite. Fig. 120 Ansicht der Breitseite, vom Mittelpunkte einer früheren Konvexität aus.

Ein zweiter Fall, einer etwas kleineren, ebenfalls etwas länglichen Linse angehörig (lange Achsen 12 und 9 mm, kurze Achse 5 mm) ist in allen Stücken zu demselben Ergebnis gelangt.

### 5. Cylinder.

Von der Umbildung des Cylinders ist in der I. Untersuchungsreihe auf S. 42 bereits die Rede gewesen. Die meisten jener Versuche beziehen sich jedoch auf Cylinder, welche ohne Rücksicht auf Achsenrichtungen des Stammkrystalles aus Alaunblöcken geschnitten worden sind. Damals blieb eine Umformung unerledigt, jene nämlich, welche ein Cylinder einget, dessen eine Endfläche einer natürlichen Oktaederfläche entspricht oder mit ihr parallel läuft und zugleich senkrecht zur Längsachse des künstlichen Cylinders steht. Auch diese Umformung bietet, wie sich in der Folge herausstellte, mehrere interessante Besonderheiten und ist ergänzend nunmehr zu untersuchen. Welches wird ferner das Endergebnis der Umformung sein, wenn eine Endfläche des künstlichen Cylinders nicht einer natürlichen Oktaederfläche des Stammkrystalles entspricht, sondern einer hier und da ja vorkommenden grossen Dodekaederfläche desselben? Der Verlauf der hierauf gerichteten Untersuchungen brachte es mit sich, die übrigen

Achsenrichtungen zur Vergleichung der Modifikationen der Umbildung des Cylinders genau zu beachten; so sammelte sich rasch ein beträchtliches Material an.

#### $\alpha$ -Versuche.

Niedriger Cylinder aus Alaun, dessen eine Endfläche einer natürlichen Oktaederfläche des Stammkrystalles entspricht (Fig. 121 [ $\frac{1}{2}$ ]),

Durchmesser des Cylinders 24 mm, Höhe 3 mm. Nach einigen Tagen der Regenerationsflüssigkeit entnommen zeigt der Cylinder, von einer Endfläche aus betrachtet, das Bild der Fig. 124. Ganz dieselbe Figur tritt uns entgegen bei der Betrachtung des umgebildeten Cylinders

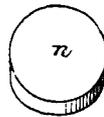


Fig. 121.



Fig. 122.

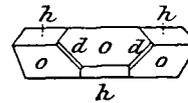


Fig. 123.

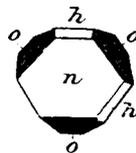


Fig. 124.

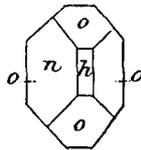


Fig. 125.

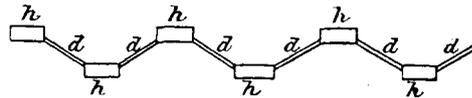


Fig. 126.

Niedriger Cylinder, dessen eine Endfläche einer natürlichen Oktaederfläche des Stammkrystalles angehört. Fig. 123 Ansicht des in Umbildung begriffenen Cylindermantels. Fig. 124 Ansicht des Embryo von der natürlichen Fläche ( $n$ ) aus. Fig. 125 der Embryo in Pyramidenstellung, von einer Spitze ( $h$ ) aus betrachtet. Fig. 126 die Kette der Dodekaeder- und Hexaederflächenglieder für sich allein betrachtet und aufgerollt.

von der entgegengesetzten Endfläche aus, auf welcher er vorher ruhte; nur ist die untere Endfläche gegen die obere so gedreht, dass, wo erstere eine abgestumpfte Ecke besitzt, dort eine Kante liegt, und wo erstere eine Kante trägt, letztere eine abgestumpfte Ecke, wie dies die  $\beta$ -Versuche vergegenwärtigen (Figg. 128, 129).

Beide Endflächen sind also, wie dies nicht anders erwartet worden, zu schönen Oktaederflächen umgewandelt worden. Untersucht man die niedrige Mantelfläche des umgebildeten Cylinders, so erhält man das Bild der Fig. 123 und wiederholen sich ringsum die Verhältnisse dieser Figur. Das heisst, es sind, in zwei Gruppen verteilt, an der Mantelfläche des niedrigen Cylinders sechs schöne Oktaederflächen ausgebildet (angalagert) worden. Überall, wo eine Ecke ihre Lage hat, ist eine rechteckige, schon abgeglättete Hexaederfläche vorhanden; und überall, wo eine seitliche Kante ihre Lage hat, sind feine Dodekaederflächen da. Rollt man alle Hexaeder- und Dodekaederflächen in eine gerade Linie ab, so hat man die wellenähnliche Fig. 126.

Zählt man zusammen, so sind zwei riesige und sechs zwerghafte Oktaederflächen vorhanden, sechs gleich grosse rektanguläre Hexaederflächen, ebenso sechs gleich grosse feine Dodekaederflächen; zusammen also 20. An den Kanten der oberen und unteren Endfläche (Oktaederfläche) sind keine Dodekaederflächen vorhanden. Wären auch sie zur Ausbildung gelangt, so würden im ganzen 26 Flächen vorliegen, wie bei dem Embryo der Kugel.

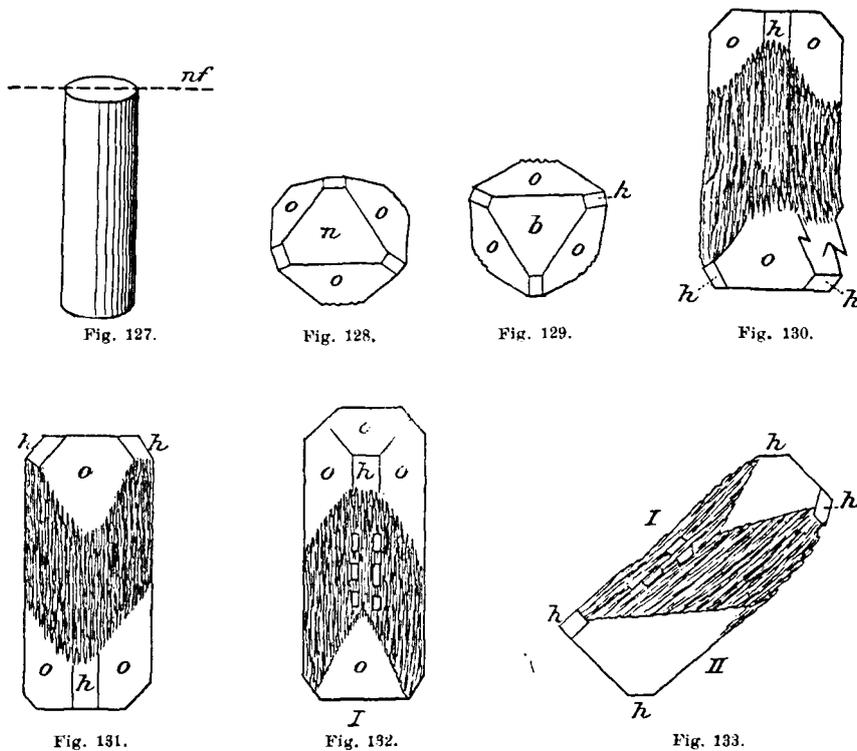
In Pyramidenstellung betrachtet, gewährt das platte Oktaeder das Bild der Fig. 125.

Mit ebensolchen cylindrischen Alaunscheiben der gleichen Orientierung, zum Teile von der Dünne einer Alaunlamelle, wurden viele Versuche angestellt; sie führten alle zu dem gleichen Ergebnis.

$\beta$ -Versuche.

Hoher Cylinder, dessen eine Endfläche einer natürlichen Oktaederfläche des Stammkrystalles angehört (Fig. 127).

Länge des Cylinders 35 mm, Durchmesser der senkrecht zur Längsachse stehenden Endflächen 12 mm.



Hoher Cylinder, dessen eine Endfläche einer natürlichen Oktaederfläche des Stammkrystalles angehört. Fig. 128 und 129 die umgebildeten beiden Endflächen des Cylinders. Fig. 130 und 131 reine Längsansichten. Fig. 132 Embryo in Pyramidenstellung, Spitzenansicht. Fig. 133 beide Pyramiden (I, II) in Seitenansicht.

Nach einigen Tagen der Regeneration gewähren die Endflächen das Bild der Figg. 128 und 129; man erkennt, dass sie in schöne Oktaederflächen umgewandelt sind, an deren Ecken glatte rechteckige kleine Hexaederflächen sitzen. Von den drei Kanten der Oktaederflächen fallen drei regelmässig gestellte Oktaederflächen ab, ganz wie es dem Oktaeder angehört, sei es nun, dass man die Basis oder die obere Endfläche betrachtet.

Ein sehr auffallendes Bild gewährt dagegen der Cylindermantel, also die Längsansicht des in Umbildung begriffenen Cylinders. Fig. 130 und 131 sind reine Längsansichten, von welchen letztere gegen erstere um  $90^{\circ}$  gedreht erscheint. Die Mittelteile der Seitenflächen sind also eingenommen von zierlichen, mit Leistenscharen ausgestatteten Wucherfeldern, die ihrer Bedeutung nach nichts anderes darstellen, als gewaltige Dodekaederflächen und Teile von Hexaederflächen. Man vergleiche hiermit die Figg. 45 und 45a, um dies sofort zu erkennen.

In Pyramidenstellung gebracht, giebt der Krystallembrryo das Bild der Fig. 132.

Am sonderbarsten ist eine Seitenansicht (Fig. 133); man vergleiche aber mit ihr die Figg. 51 und 53, um auch hierüber sogleich orientiert zu sein.

Die vielen, mit gleich orientierten hohen Alauncylindern gemachten Versuche lieferten alle das gleiche Ergebnis. In mehreren Versuchen trat auf etwas späterer Stufe die Annelidform der Umbildung sehr deutlich zu Tage, d. h. es sind beispielsweise zehn Segmente vorhanden, deren jedes ein unvollständiges Oktaeder darstellt und die in ihrer Gesamtheit das Oktaeder-Annelid ausmachen. Ich besitze solche von 80 mm Länge und vielen Dutzenden von Segmenten, ganz den Formen entsprechend, die schon in der I. Untersuchungsreihe als Oktaeder-Annelid beschrieben worden sind.

An der Umbildung des hohen Cylinders zu einem Oktaeder sind noch mehrere Verhältnisse einer genaueren Betrachtung wert. Es ist am besten, an einem dicken, mässig hohen Cylinder diese Betrachtung vorzunehmen.

Der betreffende Cylinder hat eine Länge von 29 mm, einen Durchmesser von 23 mm und sind seine Endflächen senkrecht zur Längsachse geschnitten (Fig. 134). Einige Tage in Chromalaunlösung gewachsen, zeigen die beiden Endflächen sich zu schönen Oktaederflächen umgewandelt, deren Ecken von Anlagen von Hektaederflächen eingenommen werden, wie Fig. 135 zeigt. Die entgegengesetzte Endfläche (Basis des Cylinders) ist gestrichelt wiedergegeben. In reiner Längsansicht betrachtet, giebt der Oktaederembryo das Bild der Figg. 136 und 137. Die schönen Zickzackbänder sind nun schon bekannt als breite Dodekaederfelder und Teile von Hexaederflächen, beide

in der Entwicklung begriffen. Das Schema dieser sechs Bandstreifen liegt in Fig. 139 vor; in richtiger Lage aufeinander bezogen geben sie das Bild von Fig. 146. Es sind mit feinen Leisten ausgestattete

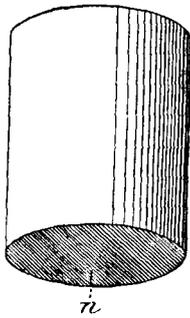


Fig. 134.

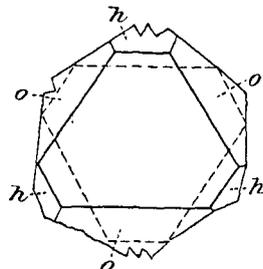


Fig. 135.

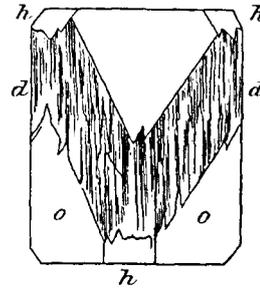


Fig. 136.

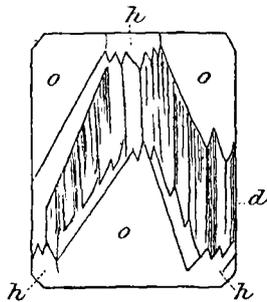


Fig. 137.

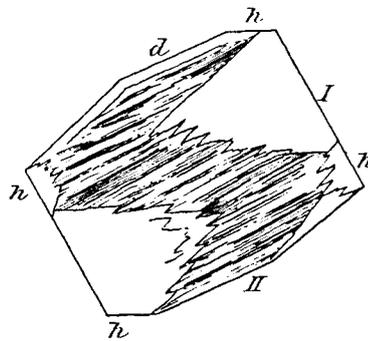


Fig. 138.



Fig. 139.

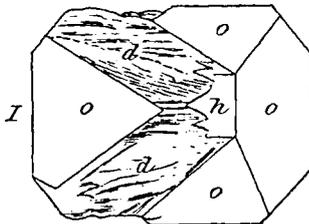


Fig. 140.

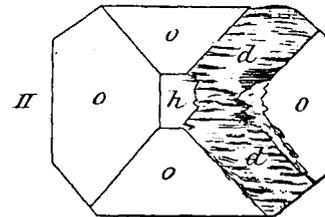


Fig. 141.

Hoher Cylinder mit einer natürlichen Endfläche. Fig. 135 Ansicht von einer der beiden umgebildeten Endflächen aus (Basis gestrichelt). Figg. 136 und 137 reine Längsansichten. Fig. 138 Pyramidenstellung des Embryo bei seitlicher Ansicht. Fig. 139 aufgerolltes Zickzackband der Dodekaeder- und Hexaederflächen in versimplchter Gestalt. Figg. 140 und 141 Pyramidenstellung des Embryo, Spitzenansichten.

Wucherfelder, welche bei weiterem Wachstum die angrenzenden, schon glatten Oktaederflächen vergrößern und in ihren Resten als Dodekaeder- und Hexaederflächen zurückbleiben werden.

In Pyramidenstellung und von der Pyramidenspitze aus betrachtet, giebt der Embryo das Bild der Figg. 140 und 141. Eine Seitenansicht der oberen und unteren Pyramide zeigt Fig. 138.

Die Beziehungen der Dodekaeder- und Hexaederflächen des aus dem zu einer Oktaederfläche orientierten Cylinder hervorgegangenen Körpers zu dem der Kugel ergeben sich aus einer Vergleichung der

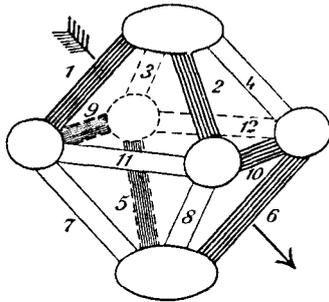


Fig. 142.

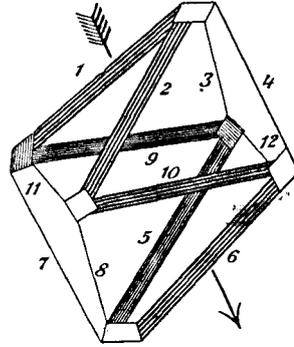


Fig. 143.

Die Hexaeder- und Dodekaederflächen der Kugel und des Cylinders von der genannten Orientierung, um sie aufeinander beziehen zu können. Die linearen Dodekaederflächen der Fig. 143 entsprechen den hell gehaltenen Dodekaederflächen der Kugel. Die beiden Figuren werden am besten in der Richtung der Pfeile, oder in der dazu senkrechten Linie (4, 7) miteinander verglichen. Man erkennt, dass bei dem mit einer natürlichen Endfläche versehenen Cylinder nur die Dodekaederflächen des Cylindermantels zur Ausbildung kommen.

Fig. 142 und 143, wobei erstere die Kugel, letztere den Cylinder, in ähnliche Stellung gebracht, wiedergibt. Bei schräger Betrachtung von links unten, die Linie 7 als Basis genommen, erkennt man sofort den Umriß der Gestalt des Cylinders in beiden Figuren. Die Hexaeder-

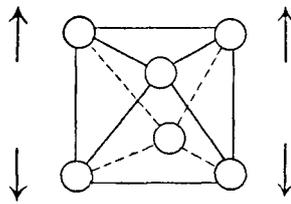


Fig. 144.

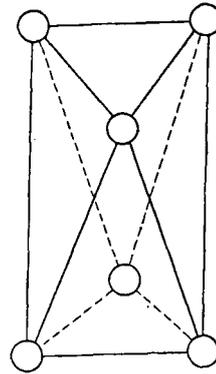


Fig. 145.

Die Hexaeder- und Dodekaederflächen der Kugel und des langen, mit einer natürlichen Endfläche versehenen Cylinders, um die Umbildung des Cylinders auf die der Kugel beziehen zu können. Die Richtung der Dehnung des hexagonal halbierten Kugelembryo ist durch die Pfeile angedeutet. Daraus geht alsdann die Fig. 145 hervor. Auf dieses Schema lassen sich die Umbildungen aller Cylinderlängen zurückführen.

flächen sind sowohl bei der Kugel als bei dem Cylinder' sämtlich ausgebildet. Bei dem Embryo der Kugel sind auch alle typischen Dodekaederflächen vorhanden, nicht aber bei dem Embryo des in genannter Weise orientierten Cylinders. Bei letzterem sind nur die schwarz und

grau gehaltenen sechs Dodekaederflächen zur Ausbildung gelangt, nicht aber die linear gezeichneten. Mit anderen Worten, die sechs Kanten der Endflächen des Cylinders zeigen keine Dodekaederflächen, wohl aber sind sämtliche Kanten der Seitenfläche des umgebildeten Cylinders, sechs im ganzen, zu Dodekaederflächen geformt. Es ist also gerade die Hälfte der möglichen Zahl von Dodekaederflächen angelegt.

Kennt man dies Verhältnis, so kann man leicht für jeden noch so langen Cylinder der genannten Orientierung das Schema seiner Umbildung entwerfen, wie es in Fig. 145 geschehen.

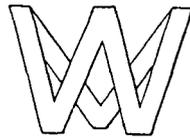


Fig. 146.

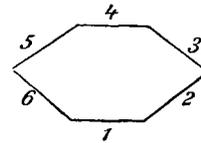


Fig. 147.

Fig. 146 vereinfachte Folge der Dodekaeder- und Hexaederflächen von Cylinderembryonen mit einer natürlichen Endfläche. Fig. 147 Querschnittsbild der Hauptflächen eines solchen in Umbildung begriffenen Cylinders; zugleich die hexagonale Halbierungsfläche eines Oktaeders darstellend.

Man bemerkt zugleich, dass man auch diese Form der Umbildung des Cylinders als einen ausgezogenen Kugelembryo, oder als ein ausgezogenes Oktaeder betrachten kann, aber als ein solches von hexagonaler Halbierung des Oktaeders. Hierauf deutet die Richtung der Pfeile in den Figg. 142 und 144 hin. Somit ergibt sich zugleich, dass ein Querschnitt durch ein derartiges Gebilde sechs Oktaederflächen treffen wird, als Hauptflächen, und sechs Dodekaederflächen, als Nebenflächen, im ganzen also zwölf Flächen; erstere sind in Fig. 147 dargestellt worden. Rechnet man dazu noch Teile von durch den Querschnitt getroffenen sechs Hexaederflächen, so steigt die mögliche Zahl auf 18.

#### Besonderer $\beta$ -Versuch.

Alauncylinder, dessen beide Endflächen entgegengesetzten Oktaederflächen des Stammkrystalles angehören.

Der Alauncylinder ist aus einem vollständigen Oktaeder von Chromalaun so geschnitten, wie es Fig. 148 versinnbildlicht. Statt einer natürlichen Endfläche, sind demgemäss zwei, zueinander parallele natürliche Endflächen vorhanden. Länge des Cylinders 18 mm, Durchmesser 8 mm.

Der Unterschied in den Bedingungen der  $\alpha$ -Versuche ist kleiner, als es scheint. Denn in den  $\alpha$ -Versuchen ist die eine Endfläche des Cylinders eine natürliche Fläche, die andere eine künstliche; letztere aber ist der ersteren parallel und wird sofort bei der Umbildung in der Regenerationsflüssigkeit der natürlichen Endfläche gleich gemacht und abgeglättet.

So wird man also auch wesentliche Unterschiede in der Umbildung eines so orientierten Cylinders von dem vorherigen nicht erwarten dürfen; denn sie sind im Grunde gleich orientiert.

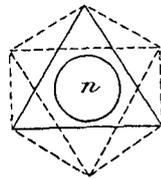


Fig. 148.



Fig. 149.

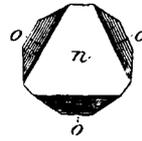


Fig. 150.

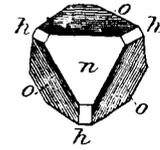


Fig. 151.

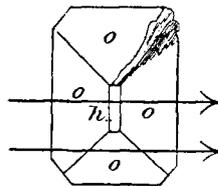


Fig. 152.

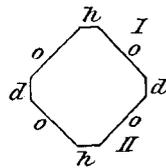


Fig. 153.

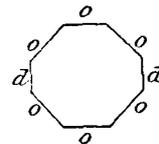


Fig. 154.

Umbildung des mit zwei natürlichen Endflächen versehenen Cylinders. Fig. 148 Schnitttrichtung. Fig. 150 und 151 die umgebildeten beiden Endflächen. Fig. 152 eine der beiden Pyramiden in Spitzenansicht. Die Pfeile beziehen sich auf die beiden Querschnittsbilder Fig. 153 und 154.

### $\gamma$ -Versuch.

Cylinder, dessen Endflächen mit beiden gegenüberliegenden Oktaederflächen derselben Pyramide zusammenfallen, während seine Mantelfläche die zwischenliegende Oktaederfläche tangiert (Fig. 155).

Der Cylinder hat eine obere Länge von 28, eine untere Länge von 38 mm, einen Durchmesser von 8 mm. Er ist in horizontaler Richtung zur Oktaederpyramide geschnitten, so dass seine Längsachse also der Pyramidenbasis parallel läuft; seine Mantelfläche tangiert längs einer Linie die vordere Oktaederfläche der Pyramide. Folglich sind die beiden Endflächen des Cylinders Teile von natürlichen Oktaederflächen und entsprechend diesen gegeneinander geneigt; die Seitenfläche des Cylinders aber steht zugleich mit einer dritten Pyramidenfläche in tangierender Beziehung.

Bei der Regeneration wandelt sich die tangierende Cylinderflächenzone in eine breite Oktaederfläche um, wie erwartet worden; auf der entgegengesetzten Seite hat sich eine ebenfalls grosse, an beiden Enden jedoch entgegengesetzt begrenzte oktaedrische Parallelfäche ausgebildet. Die beiden breiten Parallelfächen werden an den Breitseiten begrenzt durch in den zugehörigen Winkeln gestellte zwei entgegengesetzte schmale oktaedrische Parallelfächen. Die beiden natürlichen Endflächen haben sich zu Oktaederflächen weitergebildet, so dass jetzt im

ganzen schon sechs Oktaederflächen vorliegen. Die noch erforderlichen beiden Oktaederflächen sind ebenfalls vorhanden und nichts anderes als kleine Parallelfächen der natürlichen Endflächen dieses Cylinders. Im ganzen genommen liegt ein Dehnungsoktaeder vor von rektangulärer Halbierung. Dodekaederflächen sind nirgends sichtbar. Die Spitzen beider Oktaederpyramiden sind langgezogene rechteckige Hexaederflächen.

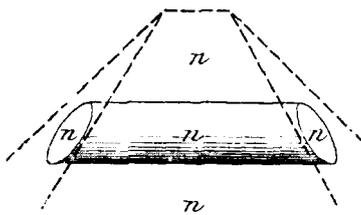


Fig. 155.

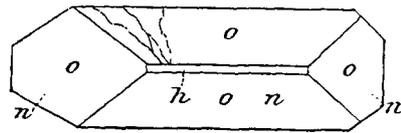


Fig. 156.

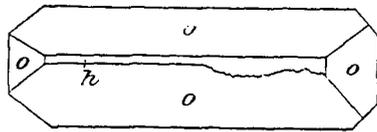


Fig. 157.

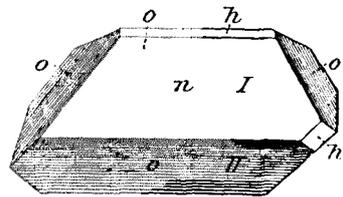


Fig. 158.

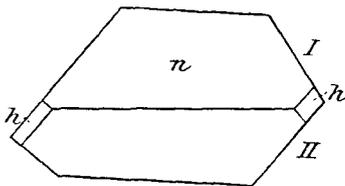


Fig. 159.

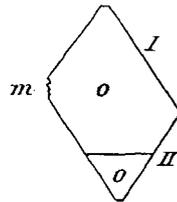


Fig. 160.

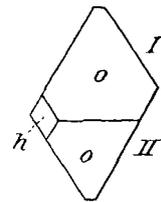


Fig. 161.

Cylinder, welcher mit seiner Mantelfläche einer Pyramidenbasis parallel eine natürliche Oktaederfläche des Stammkrystalles tangiert, dessen beide Endflächen aber ebenfalls natürlichen Oktaederflächen angehören. Fig. 156 und 157 die Umbildung in Pyramidenstellung und Spitzenansicht. Fig. 158 Ansicht der Umbildung von der grossen, mittleren Berührungsfläche aus (vergl. Fig. 150 und 151). Fig. 159 reine Breitseitenansicht der beiden Pyramiden. Fig. 160 und 161 Ansichten der Endflächen.

Fig. 158 zeigt das Oktaeder von der Berührungsfläche aus; es ruht auf der entgegengesetzten Parallelfäche; die seitlichen Flächen  $o$  und  $o$  entsprechen den beiden natürlichen Endflächen des Cylinders. Fig. 159 dagegen stellt die Ansicht der reinen Breitseite des Oktaeders dar. Fig. 156 ist die Spitzenansicht der oberen, Fig. 157 die Spitzenansicht der unteren Pyramide. Fig. 160 ist eine Ansicht von der einen Schmalseite aus, Fig. 161 von der anderen.

Die Kollision von Flächen, in welche der Cylinder für seine Umbildung versetzt worden war, hat sich also auf eine sehr einfache, jedoch nicht in allen Dingen vorauszusehende Weise gelöst.

$\delta$ -Versuch.

Cylinder, dessen Mantelfläche eine natürliche Oktaederfläche tangiert, während eine Endfläche des Cylinders mit der benachbarten Oktaederfläche der gleichen Pyramide zusammenfällt, die tangierende Mantelfläche des Cylinders aber senkrecht auf der die beiden Oktaederflächen scheidenden natürlichen Kante steht (Fig. 162).

Länge des Cylinders 19 mm, Durchmesser 9 mm.

Bei der Regeneration geht aus der tangierenden Cylinderzone eine langgestreckte Oktaederfläche hervor. Ihr entgegengesetzt hat sich die oktaedrische Parallelfäche ausgebildet. Beide Endflächen, ursprünglich von rundlicher Gestalt und einander parallel, haben sich zu Oktaederflächen umgebildet. Somit sind vier Oktaederflächen bereits vorhanden

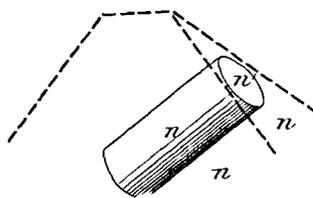


Fig. 162.

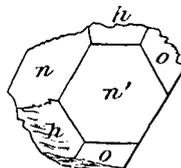


Fig. 163.

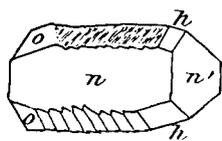


Fig. 164.

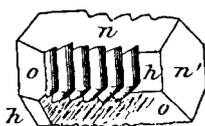


Fig. 165.

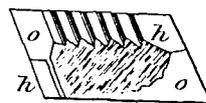


Fig. 166.

Cylinder, welcher mit seiner Mantelfläche eine natürliche Oktaederfläche tangiert, mit seiner Längsachse auf einer Oktaederkante senkrecht steht und mit einer Endfläche der benachbarten Oktaederfläche angehört. Fig. 164 bis 166 Längsansichten. Die Flächen  $n, n'$  der Figg. 162 bis 165 beziehen sich aufeinander. Fig. 163 Ansicht des auf die eine Endfläche gestellten Embryo von der anderen Endfläche aus.

und in den Figg. 164 und 165 je eine endständige und der Langseite angehörige Oktaederfläche erkennbar. In beiden Figuren erkennt man aber noch je zwei andere Oktaederflächen; und wenn hier die zwei zugehörigen Flächen der Gegenseite hinzu gerechnet werden, so sind wiederum vier Oktaederflächen vorhanden; im ganzen also sind die acht Flächen des Oktaeders bereits angelegt, wenn auch noch nicht zur Endform übergeführt. Am weitesten ausgebildet sind die Oktaederflächen der beiden Enden.

In Pyramidenstellung gebracht giebt der umgebildete Cylinder die Form der leicht zu deutenden Fig. 165;  $n$  ist die Berührungsfläche der Langseite, das rechtsseitige  $n'$  die Berührungsfläche des einen Endes des Cylinders; beide werden durch eine Oktaederkante voneinander getrennt. Es haben sich hiernach die beiden Flächen und die sie

trennende Kante des Stammkrystalles bei der Regeneration des Cylinders wiedergefunden und die Kollision der Flächen ist auf eine einfache Art von dem Cylinder gelöst worden.

Fig. 166 giebt eine reine Seitenansicht des umgebildeten Cylinders, bei welcher die beiden den natürlichen Flächen des Stammkrystalles entsprechenden Oktaederflächen mit der sie trennenden Kante in Gestalt der rechts und oben die Figur begrenzenden beiden Linien leicht unterschieden und zu dem übrigen Inhalte der Figur in Beziehung gesetzt werden können. Die den beiden Linien gegenüberliegenden Parallellinien gehören ganz künstlich gewesenen, nummehr aber von der Regenerationsflüssigkeit und dem sich in ihr umbildenden Cylinder als geeignet angenommenen Flächen an.

$\epsilon$ -Versuch.

Cylinder mit zwei natürlichen Endflächen, welche einander gegenüberliegenden Oktaederflächen der gleichen Pyramide angehören, während der Cylindermantel die Spitze der Pyramide wagrecht kreuzt (Fig. 167).

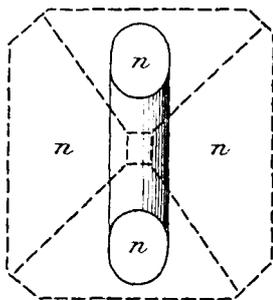


Fig. 167.

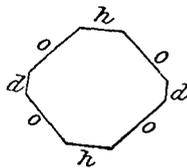


Fig. 172.

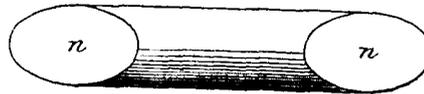


Fig. 168.

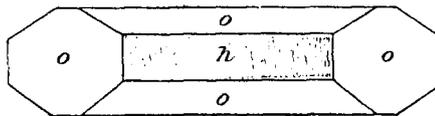


Fig. 169.

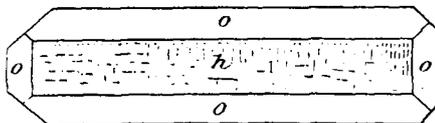


Fig. 170.

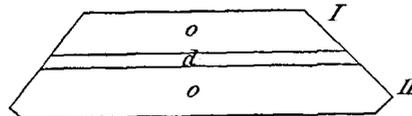


Fig. 171.

Cylinder mit zwei natürlichen Endflächen, welche gegenüberliegenden natürlichen Oktaederflächen derselben Pyramide angehören, während der Körper des Cylinders eine natürliche Oktaedercke kreuzt. Fig. 168 der herausgearbeitete Cylinder mit seinen beiden natürlichen Endflächen. Fig. 169 und 170 die beiden Pyramiden der Neubildung von den grossen Hexaederflächen aus betrachtet. Fig. 171 die beiden Pyramiden in Seitenansicht (kleiner). Fig. 172 Querschnittsbild.

Obere Länge des Cylinders 22, untere Länge 44 mm, Durchmesser 11 mm. Der Cylinder wird dem Angegebenen gemäss in seiner Längsmittle von der Pyramidenspitze der Richtung nach gekreuzt.

Bei der Regeneration haben sich zwei schöne gedehnte Pyramiden

ausgebildet, von welchen Fig. 169 die eine, Fig. 170 die zweite, jede in Spitzenansicht vor Augen stellt. An Stelle der Spitze hat die untere Pyramide eine ausserordentlich grosse Hexaederfläche entwickelt, eine schön gebildete Rauhfäche, welche schon in Abglättung begriffen ist. Minder gross, doch immer noch beträchtlich, stellt sich das Spitzenfeld der oberen Pyramide dar. Es ist eine ganz übereinstimmend gebaute Rauhfäche, ebenfalls mit deutlicher Ausprägung beginnender Abglättung. Die vier umgebenden Oktaederflächen der oberen Pyramide sind von sehr verschiedener Grösse und bestehen aus zwei Paaren; das eine Paar ist langgestreckt und zieht sich entlang den Langseiten der Hexaederfläche hin. Das andere Paar ist nichts anderes als die weitergewachsenen natürlichen Endflächen des ursprünglichen Cylinders (Fig. 186 *n, n*). Die vier Oktaederflächen der unteren Pyramide sind noch viel mehr an Grösse verschieden. Das eine Paar übertrifft die analogen Flächen der oberen Pyramide ansehnlich; das andere Paar ist sehr viel kleiner als die umgewandelten natürlichen Endflächen des Cylinders und sieht aus wie je eine kleine Stutzfläche jener (Fig. 170 *o, o*). Die eine dieser minimalen Oktaederflächen ist der einen Endfläche parallel, die andere die Parallelfäche der zweiten Endfläche. In der Seitenansicht giebt das ganze Oktaeder das Bild der Fig. 171. Man bemerkt zugleich, dass die grosse Oktaederfläche der oberen Pyramide von der analogen Fläche der unteren Pyramide getrennt wird durch eine schöne schmale Dodekaederfläche von grosser Länge. Ebenso verhält es sich auf der entgegengesetzten Seite. Den Querschnitt des Embryo zeigt Fig. 172; es sind im ganzen also acht Flächen vorhanden.

Beurteilt man das Gebilde, so wird man nicht umhin können zu bemerken, dass der Cylinder im Begriffe ist, an Stelle der von ihm weggenommenen Spitze der Pyramide des Stammkrystalles eine neue Spitze von anderer, gedehnter Form zu erzeugen. Auf der entgegengesetzten Seite ist, den Gesetzen der Symmetrie entsprechend, an typischer Stelle ebenfalls eine gedehnte Spitze, oder vielmehr statt ihrer eine gedehnte Hexaederfläche in der Ausbildung begriffen.

#### ζ-Versuch.

Cylinder mit zwei natürlichen Endflächen, parallel der Basis einer Oktaederpyramide so geschnitten, dass seine Längsmittle von einer Oktaederkante der Richtung nach senkrecht gekreuzt wird (Fig. 173).

Vordere Länge des Cylinders 10 mm, hintere Länge 30 mm; Durchmesser 8 mm.

Bei der Regeneration gestalten sich die beiden natürlichen ovalen Endflächen des Cylinders zu Oktaederflächen um. Dazwischen liegt eine schmale rauhe Dodekaederfläche (Fig. 174, *d*), welche sich bei

weiterem Wachstum sehr verkleinert (Fig. 177, *d*). Zu beiden Seiten wird das Dodekaederfeld begrenzt von anfänglich sehr langgestreckten (Fig. 174, *h*) Flächen, welche sich allmählich verkleinern und rektanguläre Gestalt gewinnen (Fig. 177, *h*); es sind Hexaederflächen.

Betrachtet man den Embryo von der entgegengesetzten Seite (Fig. 175), so erkennt man ein in der Mitte gelegenes langgestrecktes Raufeld, der Lage nach eine Dodekaederfläche. Zu ihren beiden

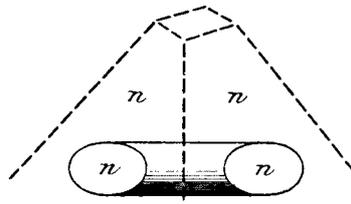


Fig. 173.

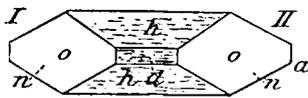


Fig. 174.

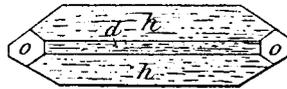


Fig. 175.

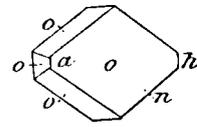


Fig. 176.

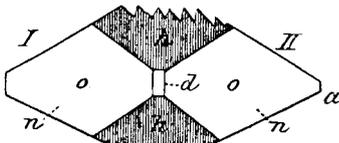


Fig. 177.

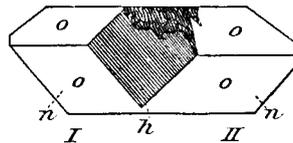


Fig. 178.

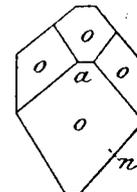


Fig. 179.

Cylinder mit zwei natürlichen Endflächen, der von einer Oktaederkante rechtwinkelig gekreuzt wird. Fig. 174 Ansicht des sich umbildenden Cylinders in einer mit der Fig. 173 übereinstimmenden Lage. Die Endflächen sind zu sechseckigen Flächen (Oktaederflächen) umgebildet. Beide werden miteinander verbunden durch eine mittlere Dodekaederfläche und zwei ausgedehnte Hexaederflächen. Dem Wesen nach gleich ist die Ansicht der entgegengesetzten Seite (Fig. 175). Fig. 176 Ansicht eines seitlichen Endstückes in Spitzenansicht. Fig. 177 weiter entwickelte Stufe von Fig. 174, bei gleicher Stellung des Embryo. Fig. 178 Ansicht des Embryo von Fig. 177, nachdem er 45° um seine Längsachse gedreht worden (vergl. die Flächen *n*, *n* der beiden Figuren). Fig. 179 das Bild der Fig. 176 auf weiter entwickelter Stufe.

Seiten liegen grosse, in Abglättung begriffene Felder, Hexaederflächen, als welche sich auch die entsprechenden Felder der entgegengesetzten Krystallhälfte erkennen liessen.

Den beiden natürlichen Endflächen entgegengesetzt haben sich die zugehörigen Parallelfächen angelegt. Diese beiden werden in der Gegend der links und rechts gelegenen Spitzen des Embryo je durch ein Paar entgegengesetzt gelegener Parallelfächen miteinander verbunden. Somit sind nunmehr acht Oktaederflächen vorhanden.

Eine Spitzenansicht der linken Hälfte des Embryo (mit Bezug auf Fig. 173) liegt in Fig. 176 von früher Stufe vor; auf etwas

späterer Stufe wird daraus Fig. 179; man erkennt deutlich die vier die Spitze oder Ecke zusammensetzenden Oktaederflächen. Von einer grossen Hexaederfläche aus betrachtet, hat der Embryo das Ansehen der Fig. 178.

Nunmehr lässt sich die Art der Umbildung erkennen. An Stelle der den Cylinder kreuzenden Kante hat sich eine Dodekaederfläche von rektangulärer Gestalt gebildet, welche sich rasch verkürzt und darauf in ein Rechteck von entgegengesetzter Richtung verwandelt. Grosse Hexaederflächen nehmen sie auf (Fig. 177). Mit dem weiteren Wachstum der Oktaederflächen und der Verkleinerung der Hexaederfelder wird die fragliche Dodekaederfläche in eine Kante übergeführt, welche in ihrer Richtung der ursprünglich den Cylinder kreuzenden Kante entspricht und sie wieder herstellt. Ebenso wird es sich auf der entgegengesetzten Seite des Krystalles verhalten. Man erkennt auch bereits die Stellen, wo zwei weitere Oktaederecken ihre Lage haben werden; eine dieser Ecken weist auf die Pyramidenspitze des Stammkrystalles hin; die andere aber legt sich dem Gesetze der Symmetrie folgend an gehöriger Stelle an.

#### $\eta$ -Versuche.

Cylinder, welche sich von einer natürlichen Oktaederkante zu einer entgegengesetzten natürlichen Oktaederkante erstrecken. Die natürlichen Kanten wurden abgeschliffen zu einer kreisförmigen Endfläche; so an beiden Cylinderenden (Fig. 180).

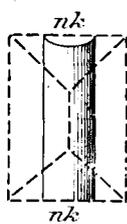


Fig. 180.



Fig. 181.

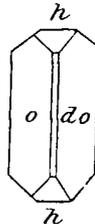


Fig. 182.

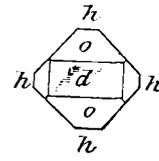


Fig. 183.

Cylinder, mit seinen Endflächen zu zwei entgegengesetzten Oktaederkanten orientiert. Fig. 181 und 182 Längsansichten. Fig. 183 Endansicht.

Länge des Cylinders 20 mm, Durchmesser 8 mm. Beide Endflächen, deren eine dem Angegebenen gemäss von einer natürlichen Oktaederkante diametral gekreuzt wurde, sind einander parallel und stehen zur Längsachse des Cylinders senkrecht. Bei der Umbildung des Cylinders in der Regenerationsflüssigkeit entwickelt der Cylinder-mantel acht Flächen, nämlich vier Oktaederflächen, zwei Hexaeder- und zwei Dodekaederflächen. Die beiden Endflächen gestalten sich so um, dass eine jede zwei Oktaederflächen anlegt, welche eine breite Dodekaederfläche zwischen sich fassen. Randwärts stösst jede Dode-

kaederfläche je an eine halbe Hexaederfläche an (Fig. 183). Bei der Ausgestaltung der beiden Endflächen wird eine Kante entstehen. Eine Ansicht einer Pyramide des Oktaederembryo von der Spitze aus giebt Fig. 181.

Ein zweiter und ein dritter Versuch derselben Art, mit ansehnlich längeren, aber ebenso zu entgegengesetzten Oktaederkanten orientierten Cylindern führte zu dem gleichen Ergebnis.

$\vartheta$ -Versuche. Von Ecke zu Ecke.

Während die  $\zeta$ -Versuche sich auf Cylinder beziehen, welche sich von Fläche zu Fläche, die  $\eta$ -Versuche aber sich auf Cylinder beziehen,

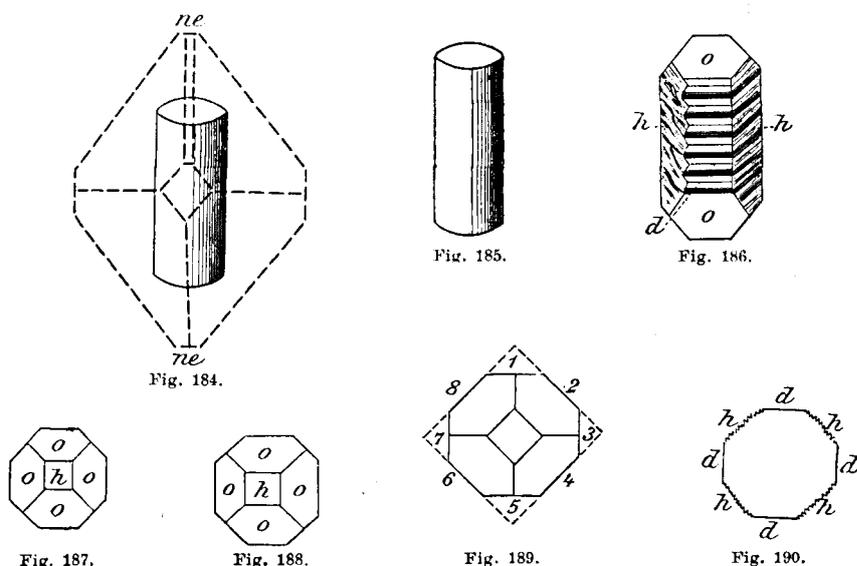


Fig. 187. Cylinder, mit seinen beiden Endflächen auf zwei entgegengesetzte Oktaederkanten orientiert. Fig. 188 Oktaederannellid, aus der Umbildung von Fig. 185 hervorgegangen. Fig. 187 und 188 Endansichten. Fig. 189 Endansicht mit ergänzten Kanten. Fig. 190 Querschnittsbild durch das Mittelstück.

welche sich von Kante zu Kante erstrecken, haben es die  $\vartheta$ -Versuche mit Cylindern zu thun, welche sich von einer Ecke eines vollständigen Oktaeders zur entgegengesetzten Ecke erstrecken. Die Endflächen wurden entweder beiderseits senkrecht zur Längsachse des Cylinders abgeschliffen, oder bloss einerseits, während auf der anderen Seite die natürliche Ecke stehen blieb; oder es blieben die Ecken beiderseits stehen.

An einem Cylinder von 23 mm Länge und 10 mm Durchmesser sind die beiderseitigen Ecken entfernt und künstliche Endflächen, die senkrecht zur Längsachse stehen, hergestellt worden (Fig. 184). Bei der Regeneration gestaltet sich dieser Cylinder zu einem Oktaederembryo um, dessen Endflächen das Bild der Figg. 187 und 188 ge-

währen, d. h. man hat jederseits eine Oktaederpyramide vor sich, deren Spitze durch eine noch teilweise raue Hexaederfläche abgestutzt ist. Die Mantelfläche des Cylinders wird von acht Längsfeldern eingenommen, von welchen vier, und zwar Dodekaederflächen, sehr regelmässig quer gerippt, d. h. segmentiert erscheinen, während die vier anderen mehr unregelmässig beschaffene Wucherfelder darstellen und die Bedeutung von grossen Hexaederflächen haben. Eine Ansicht des Oktaederannelids, von einer Dodekaederfläche aus aufgenommen, giebt Fig. 186. Einen Querschnitt des mittleren Gebietes zeigt Fig. 190.

An einem grossen Cylinder von 70 mm Länge, bei welchem die eine endständige Ecke gelassen, die andere entfernt worden war, ist die der entfernten Ecke entsprechende kreisförmige Endfläche regenerativ zu einer stark abgestutzten Pyramide umgebildet, deren Hexaederfläche frühzeitig fast ganz abgeglättet erscheint. Der Cylindermantel zeigt allein Dodekaeder- und Hexaederfelder; an den ersteren sind 21 Segmente zu zählen. Im übrigen aber ist der Cylinder, wie gesagt, in der Ergänzung der fehlenden Ecke begriffen, mit Flächen der letzteren, welche den Flächen der entgegengesetzten Ecke entsprechen.

#### ι-Versuch.

Cylinder, dessen Mantelfläche eine Oktaederfläche in der Richtung gegen eine Ecke tangiert und jene Oktaederfläche durch die Berührungslinie in zwei gleiche Dreiecke zerlegt.

Länge des Cylinders 35 mm, Durchmesser 10 mm. Das obere Cylinderende trägt noch die natürliche Pyramidenspitze; das untere Ende ist zu einer Fläche zugeschliffen, welche auf der Längsachse des Cylinders senkrecht steht.

Bei der Regeneration ergänzt sich die untere Endfläche zu einer der oberen Pyramide entsprechenden Gestalt, während die Mantelfläche in vier glatte und vier raue Felder zerlegt wird. Nur zwei von den glatten Längsfeldern sind jedoch entgegengesetzt liegende, unter sich parallele Oktaederflächen. Die übrigen sind Hexaeder- und Dodekaederflächen, erstere rau und schmal, letztere breit und in Abglättung begriffen.

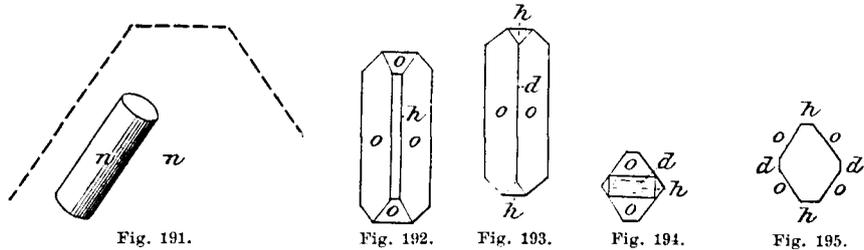
#### κ-Versuch.

Cylinder, welcher eine Oktaederfläche parallel einer Kante der letzteren tangiert (Fig. 191).

Länge des Cylinders 20 mm, Durchmesser 8 mm. Die beiden Endflächen sind senkrecht zur Längsachse zugeschliffen.

Bei der Regeneration geht aus dem Cylinder ein Dehnungsoktaeder hervor, dessen beide Enden im Begriffe sind, je zwei Oktaederflächen zu entwickeln. Sie werden zur Zeit noch durch eine breite Dodekaeder-

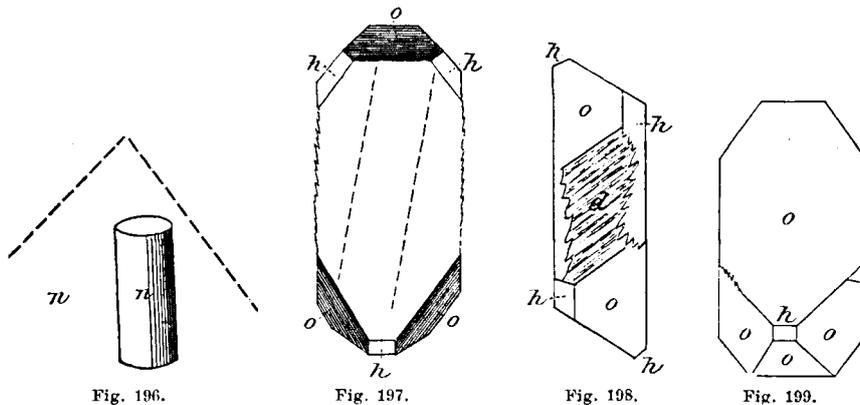
fläche auseinandergelassen, an deren beiden Enden beginnende Hexaederflächen liegen. Die Mantelfläche des Cylinders hat vier Oktaederflächen ausgebildet, zwei rauhe langgestreckte Hexaederflächen von ansehnlicher Breite und zwei schmale lange Dodekaederflächen, die dem Verstreichen nahe sind (Figg. 192 und 193).



Cylinder, mit seiner Längsachse parallel einer Oktaederkante eine Oktaederfläche tangierend. Fig. 192 und 193 Längsansichten. Fig. 194 Endansicht. Fig. 195 Querschnittsbild.

$\lambda$ -Versuch.

Cylinder, welcher mit seiner Mantelfläche eine Oktaederfläche tangiert und in seiner Richtung schräg zu einer Oktaederkante zieht (in einem Winkel von ca.  $45^\circ$ ). Fig. 196.



Cylinder, mit seiner Mantelfläche eine natürliche Oktaederfläche tangierend und mit seiner Längsachse schräg zu einer Oktaederkante gestellt. Fig. 196 zeigt nur die Richtung, nicht die Dimensionen des Cylinders an. Fig. 197 Umbildung zu einer breiten Platte, Ansicht von der Berührungslinie aus. Die schräge Lage des Cylinders von Kaliumalaun schimmert durch den angebildeten Chromalaun hindurch. Fig. 198 Ansicht der Schmalseite. Fig. 199 Ansicht der einen Pyramide von der kleinen Hexaederfläche ( $h$ ) aus.

Beide Endflächen des Cylinders sind senkrecht zu seiner Längsachse abgeschliffen. Länge des Cylinders 35 mm, Durchmesser 8 mm.

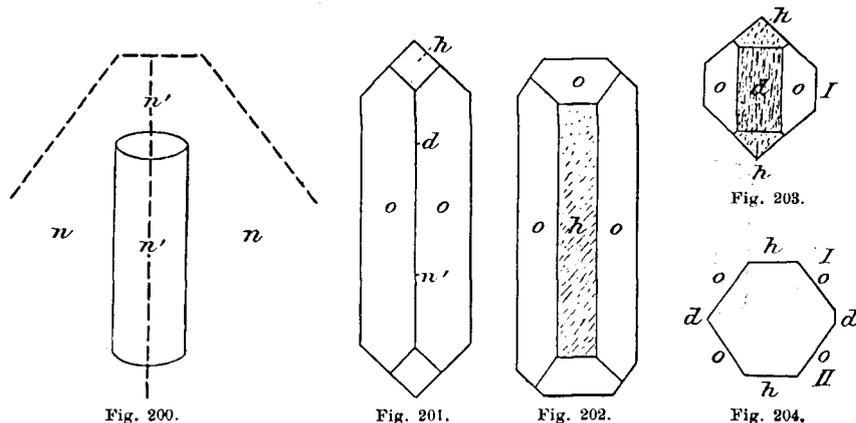
Bei der Regeneration geht längs der Berührungslinie des Cylinders eine überaus breite Oktaederfläche hervor; ihr entgegengesetzt entwickelt sich die zugehörige Parallelfäche von gleicher Breite, so dass infolge dessen eine Platte von 19 mm Breite entstanden ist; die Dicke der Platte beträgt 11 mm. Eine Ansicht des auf einer Breitseite liegenden Embryo giebt Fig. 197. Der ursprüngliche Cylinder schimmert

durch die Platte durch, wenn letztere gegen das Licht gehalten wird, und es zeigt sich, dass der Cylinder in der Platte eine ganz schräge Lage einnimmt. Von den drei Kanten der Platte fallen drei viel kleinere Oktaederflächen ab, während an den Ecken kleine Hexaederflächen sichtbar sind. Von den drei Kanten sind die beiden langen noch nicht ganz fertig, sondern werden durch je einen zackigen Rand ersetzt, der einer seitlichen Dodekaederfläche angehört. Von der entgegengesetzten Fläche aus betrachtet hat der Krystall ein ganz ähnliches Aussehen, nur liegen die Kanten an Stellen, wo die andere Fläche Ecken zeigt und umgekehrt.

In Pyramidenstellung gebracht und von der Spitze einer Pyramide aus gesehen, hat der Krystall das Aussehen der Fig. 199. Die Längsansicht der Schmalseite dagegen gewährt das Bild der Fig. 198. Hier tritt auch das breite Dodekaederband zu Tage, welches in schräger Richtung die entgegengesetzten Hexaederanlagen miteinander verbindet

#### $\mu$ -Versuch.

Cylinder, mit seiner Mantelfläche der Länge nach zwei Nachbarflächen tangierend und auf seiner Mantelfläche der Richtung nach von einer Oktaederkante in zwei gleiche Hälften geteilt (Fig. 200).



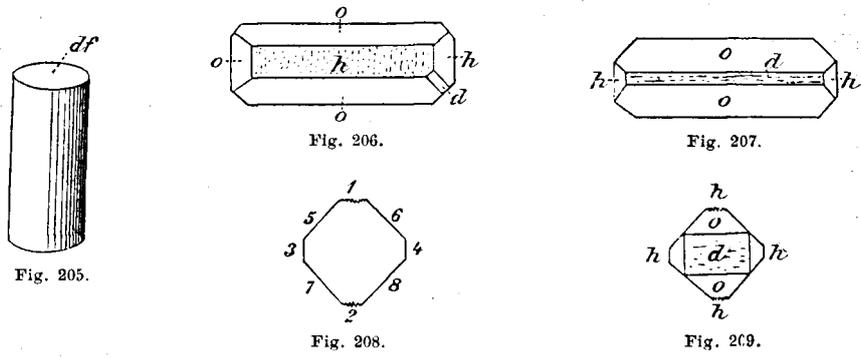
Cylinder, dessen Mantelfläche zwei benachbarte Oktaederflächen der Länge nach tangiert und von der sie trennenden Kante der Länge nach halbiert wird. Fig. 201 und 202 Längsansichten der Umbildung. Fig. 203 Endansicht. Fig. 204 Querschnittsbild des Mittelstückes.

Länge des Cylinders 40 mm, Durchmesser 12 mm. Die beiden Endflächen sind senkrecht zur Längsachse abgeschliffen. Bei der Regeneration entwickelt der Cylinder zwei lange obere Oktaederflächen, welche in einer Längskante zusammenstossen. Die neugebildete Kante entspricht in ihrer Lage und Richtung der Kante des Stammkrystalles (Fig. 201,  $n'$ ). Die dazu gehörigen Parallellflächen der anderen Hälfte des Cylindermantels fassen jedoch eine feine, im Verstreichen begriffene

Dodekaederfläche zwischen sich. Am Cylindermantel sind noch zwei ausgedehnte Rauflächen vorhanden, welche einander gegenüberliegen. Eine Ansicht einer solchen Raufläche, die eine Hexaederfläche bedeutet, und zugleich der ganzen zugehörigen Oktaederpyramide, giebt Fig. 202. Ebenso verhält sich die Gegenseite. Eines der beiden Cylinderenden in seiner umgebildeten Gestalt ist in Fig. 203 sichtbar gemacht, während Fig. 204 einen Querschnitt des Mittelteiles des Embryo wiedergiebt.

$\nu$ -Versuch.

Cylinder, dessen eine Endfläche einer breiten Dodekaederfläche des Stammkrystalles angehört.



Cylinder, dessen eine Endfläche einer Dodekaederfläche des Stammkrystalles angehört. Fig. 206 und 207 Längsansichten. Fig. 208 Endansicht. Fig. 209 Querschnittsbild.

Länge des Cylinders 22 mm, Durchmesser 10 mm. Die der Dodekaederfläche gegenüberliegende Endfläche ist der ersteren parallel geschnitten. Die Mantelfläche des Cylinders ist zu der Dodekaederfläche ein wenig schräg gestellt, was einem Zufall bei der Herstellung des Cylinders beizumessen ist. Bei der Regeneration entwickelt jede Endfläche, die natürliche und die künstliche, je zwei Oktaederflächen, welche durch eine anfänglich noch breite Dodekaederfläche voneinander getrennt werden. An den beiden Enden der Dodekaederfläche sitzen die Anlagen von kleinen Hexaederflächen. Man erkennt, dass bei weiterer Entwicklung aus den beiden Endflächen des Cylinders je zwei Oktaederflächen hervorgehen, welche durch eine Kante voneinander getrennt werden. Dies war auch erwartet worden.

Untersucht man noch die Mantelfläche des Cylinders, so giebt Fig. 206 das Bild einer Pyramide des Dehnungsoktaeders wieder. Fig. 207 dagegen zeigt zwei Oktaederflächen, welche eine schmale Dodekaederfläche zwischen sich fassen. Auf dem Querschnitte des Mittelstückes sind dem Angegebenen gemäss acht Flächen vorhanden.

### o-Versuch.

Bei der Abkühlung einer konzentrierten Lösung von Chromalaun in einem weiten Glasgefässe hatten sich während einer Nacht zahlreiche grosse Krystalle gebildet. Auch längs der konkaven Furche war dies der Fall, welche zwischen dem Rande des Bodens und der Seitenwand des Gefässes ihre Lage hat. Die längs dieser Furche ausgebildeten Krystalle hatten sämtlich an den Berührungsstellen die Form der Furche angenommen und besaßen also dementsprechend hier konvexe Flächen. Es musste zweifelhaft erscheinen, ob in der That die konvexen Flächen der Krystalle als dem Krystallverbände angehörige Teile zu betrachten seien, oder als Konglomerate. Als ich zur Prüfung des Verhältnisses die betreffenden Krystalle umkehrte, so dass die konvexe Fläche jetzt nach oben gewendet war, während eine Oktaederfläche unten lag, und die Krystalle einen Tag hindurch in die Regenerationsflüssigkeit gelegt hatte, ergab sich, dass die konvexe Fläche allerdings dem Krystall angehörte, denn sie entwickelte nunmehr Oktaederflächen am gehörigen Orte. Hiernach würde bei der Krystallbildung eine fremde, mechanisch wirkende Fläche den Krystall zur Ausbildung von Flächen zu zwingen vermögen, welche derselbe von sich aus nie anzunehmen imstande wäre.

### 6. Würfel.

Vom Würfel ist eine einzige Form der Umbildung bereits früher von mir beschrieben worden (I. Untersuchungsreihe S. 45). Allein, so oft man dieser Form auch nach Herstellung von Würfeln aus Blöcken und bei Orientierung einer Würfelfläche auf eine Oktaederfläche begegnet, sie ist nicht die einzige. Sie ist die charakteristische Form der Umbildung bei Orientierung einer Würfelfläche auf eine Oktaederfläche. Aber es ergibt noch andere Orientierungen und von diesen soll hier die Rede sein. Unter ihnen ist eine von ganz besonderem Interesse. Sie entspricht der Umbildung des Tetraeders einer bestimmten Orientierung in das Tetra-Oktaeder und Oktaeder, und entsteht bei der Orientierung einer Würfecke auf eine Oktaederfläche; es geht daraus ein Kubo-Oktaeder und endlich ein fertiges Oktaeder hervor. Ausser dieser sind auch noch andere interessante Umbildungsformen in Betrachtung zu ziehen.

### $\alpha$ -Versuch.

Orientierung einer Würfelfläche auf eine Oktaederfläche.

Ich habe diesen Versuch mehrfach wiederholt und verweise bezüglich der dabei erhaltenen Ergebnisse auf die I. Untersuchungsreihe S. 46.

$\beta$ -Versuch.

Orientierung einer Würfelfläche auf die Oktaederecke.

Wenn man einen künstlichen Alaunwürfel aus einer Oktaederpyramide so schneidet, wie es in Fig. 210 angedeutet ist, d. h. wenn die Mitte einer Würfelfläche senkrecht unter der Spitze einer Oktaederpyramide liegt und die übrigen Würfelflächen hiernach in ihrer Lage ebenfalls bestimmt sind, so sucht bei der Regeneration dieses Würfels die obere, der früheren Spitze zugewendete Würfelfläche von den Kanten aus eine Oktaederspitze zu entwickeln und bringt diese auch zur Ausgestaltung oder aber eine abgestutzte Spitze. Die entgegengesetzte,

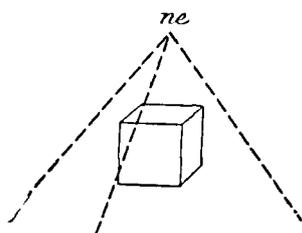


Fig. 210.

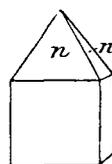


Fig. 211.

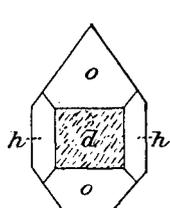


Fig. 212.

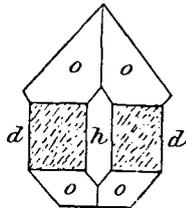


Fig. 213.

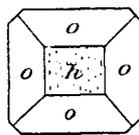


Fig. 214.

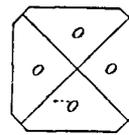


Fig. 215.

Fig. 210 Würfel mit einer Fläche zu einer natürlichen Oktaederecke orientiert. Fig. 211, der Würfel trägt an einer Fläche noch die natürliche Oktaederecke. Fig. 212 und 213 Längsansichten der Umbildung. Fig. 214 Spitzenansicht der unteren, in Neubildung begriffenen Pyramide. Fig. 215 Spitzenansicht der oberen Pyramide.

also in Bezug auf die Zeichnung untere Würfelfläche macht es genau ebenso, entsprechend dem Gesetze der Symmetrie. Damit sind aber die beiden Pyramiden des zukünftigen Oktaeders bereits gegeben. Der übrige Teil der Vorgänge lässt sich leicht durchschauen. Das ganze, die beiden Pyramiden trennende Zwischenstück nämlich wird allmählich von beiden entgegengesetzten Enden her, d. i. von den beiden Pyramiden einfach überwachsen, unter der Ausbildung von schmalen hohen Anfangsstufen von Hexaederflächen an den vier vertikalen Würfelfkanten und unter Ausbildung von anfänglich riesigen vier Dodekaederflächen, welche den vertikalen Flächen des Würfels entsprechen. Die Dodekaederflächen werden sich verschmälern, die Hexaederflächen verkürzen, je mehr vom oberen und unteren Würfelende her die Pyramidenflächen vordringen und endlich beide teils in Kanten, teils in Ecken

verwandeln. Man erkennt, etwas Einfacheres und Zierlicheres als diese Form der Umbildung eines Würfels in ein Oktaeder lässt sich nicht denken. Die Figg. 212 bis 215 verdeutlichen den Vorgang.

Fig. 211 zeigt einen Würfel in Seitenansicht, dessen obere Fläche noch die natürliche Oktaederpyramidenspitze trägt. Sie dient als Marke, um die Umbildungen an den übrigen Flächen sicher auseinander halten zu können. Man kann sie, wenn die Umbildung des Würfels so weit vorgeschritten ist, dass das Wesen des Vorganges keinem Zweifel mehr unterliegt, nachträglich noch entfernen; sie wird sich wieder regenerieren. Man kann sie auch von anfang an entfernen und durch Anbringung eines kleinen Loches auf dieser Fläche eine Markierung derselben bewerkstelligen, was ich wiederholt gethan habe.

In Fig. 212 ist der Vorgang schon so weit vorgeschritten, dass er nicht mehr verkannt werden kann. Oben ist die gebliebene obere Pyramide, unten die in der Entstehung begriffene untere Pyramide sichtbar. Zwischen ihr und der oberen sind eine grosse Dodekaederfläche und zwei seitlich gelegene Hexaederflächen zu sehen.

Fig. 213 zeigt denselben Körper von einer seitlichen Hexaederfläche aus betrachtet; Fig. 214 die untere, neugebildete Pyramide von unten. Sie zeigt vier noch niedrige Oktaederflächen, welche eine grosse rauhe Hexaederfläche zwischen sich fassen.

#### $\gamma$ -Versuche.

Orientierung einer Würfelfläche auf eine Oktaederkante.

Fig. 216 zeigt einen hausähnlichen, wesentlich würfelförmigen Körper aus Alaun, dessen Dach ( $n$ ) einer natürlichen Oktaederkante angehört; es wird abgetragen und damit eine Würfelfläche mehr freigelegt. Als jedoch der würfelförmige Körper aus dem Stammkrystall geschnitten wurde, liess ich an der dem natürlichen Dache ( $n$ ) entgegengesetzten Würfelfläche so viel Substanz stehen, um daraus künstlich ein ebensolches Dach zu bilden, wie es das natürliche Dach gewesen war. Nunmehr liegt ein Würfel vor, der an seiner unteren Fläche ein künstliches Dach von zwei Flächen trägt, während das natürliche Dach der oberen Fläche entfernt worden ist.

Wie wird dieser Würfel mit einem künstlichen Gegendache, das als Marke dient, sich regenerieren? Ich war anfänglich zweifelhaft, wie der Würfel die Schwierigkeit lösen würde.

Legt man den Körper in die Regenerationsflüssigkeit, so bemerkt man bald, dass der Vorgang von einer geradezu schlagenden Einfachheit ist und dass man, wenn der Mangel einer Krystallseele weniger zweifelhaft wäre, fast versucht sein möchte, von einer ausserordentlichen Klugheit des Krystalles zu sprechen, der alle ihm gesetzten Schwierigkeiten spielend überwindet.

Das künstliche Gegendach kommt mitbestimmend gar nicht in Frage; es könnte durch eine andere Marke gerade so gut ersetzt und abgetragen werden; es würde sich diese Fläche so selbständig verhalten wie die fünf anderen Flächen. Aber das künstliche Gegendach erledigt zugleich eine andere Frage. Es war mir bereits bekannt, dass, wenn an Stelle des künstlichen Gegendaches der unteren Würfelfläche eine freie untere Würfelfläche hergestellt worden wäre, diese Fläche ein natürliches Dach erzeugen würde, dem Gesetze der Symmetrie zufolge. Es lag daher nahe, ein künstliches Gegendach gleich fertig anzubieten und zu sehen, ob es von dem Krystalle angenommen werden würde.

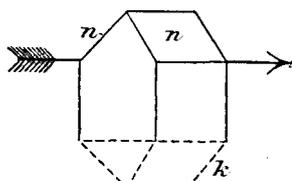


Fig. 216.

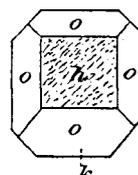


Fig. 217.

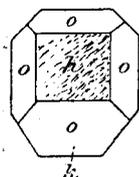


Fig. 218.

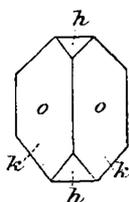


Fig. 219.

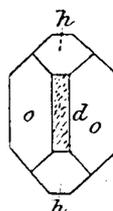


Fig. 220.

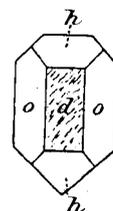


Fig. 221.

Würfel, mit einer Fläche auf eine natürliche Oktaederkante rektangulär orientiert. Oberes Dach wird der Richtung des Pfeiles entsprechend abgetragen, unteres Dach künstlich mit dem Würfel geschnitten. Das untere Dach wird von der Regeneration angenommen und sogleich abgeglättet; es dient nun als Marke bei der Prüfung der Umbildungsvorgänge. Fig. 219 Ansicht des angenommenen unteren Daches.

Als der Krystall am folgenden Tage aus der Regenerationsflüssigkeit genommen wurde, um ihn hierauf zu prüfen, war das künstliche Dach der unteren Fläche bereits angenommen, seine beiden Flächen waren zu glatten, natürlichen Flächen, die sie trennende künstliche Kante zur natürlichen Kante geworden. Es zeigten sich auch an den übrigen Kanten des bedachten Würfels Ansätze; doch waren sie noch klein und der Würfel kam wieder in die Regenerationsflüssigkeit.

Am folgenden Tage wieder untersucht, zeigte er sich bedeutend weiter entwickelt und es konnte nunmehr deutlich gesehen werden, wohin der Vorgang sich wenden werde.

Man braucht nämlich nur das kleine hausförmige Gebilde auf die Seite zu legen, so dass eine Dachfläche nach unten, die andere nach oben sieht, so wie es in den Figg. 217 und 218 geschehen ist. Die eine Dachfläche wird zu einer Oktaederfläche der oberen,

die andere zu einer Oktaederfläche der unteren Pyramide des zukünftigen Oktaeders verwendet. Die drei übrigen Oktaederflächen für jede der beiden Pyramiden sind ebenfalls schon als ansehnliche glänzende Streifen deutlich ausgebildet. Die vier Oktaederflächen jeder Pyramide umschliessen je eine riesige, noch rauhe Hexaederfläche, die natürlich eine etwas excentrische Lage hat. Auf jener Fläche des Würfels, welche ursprünglich das natürliche Dach trug, zieht sich zwischen zwei endständigen schmalen und hohen Hexaederflächen eine vorläufig noch grosse Dodekaederfläche hin (Fig. 220). Ebenfalls solche Dodekaederflächen besitzen auch die beiden noch übrigen Würfelflächen (Fig. 221).

Aus dem Angegebenen geht hervor, dass von den sechs Flächen des umgelegten Würfels (das Dach abgetragen angenommen) die obere und die untere Fläche der Spitze der oberen und unteren Pyramide des Oktaeders entsprechen, während die vier Seitenflächen des Würfels sich in die basale Zone beider Pyramiden umwandeln werden. Die beiden Flächen des von der Regeneration angenommenen Daches gehören schon jetzt dieser Zone an; die drei anderen Flächen werden es thun, je weiter der Schwund ihrer Dodekaederflächen voranrückt.

Der gleiche Versuch wurde mehrere Male mit der Modifikation angestellt, dass das natürliche Dach an der einen Würfelfläche bestehen blieb; immer aber ward das gleiche Ergebnis erzielt.

Die Orientierung einer Würfelfläche zu einer Oktaederkante war in allen diesen Fällen eine solche, dass die Oktaederkante des Stammkrystalles die betreffende Würfelfläche in zwei gleiche Rechtecke teilte, dass also jene Kante zwei Seiten der Würfelfläche parallel verlief und zu den zwei anderen Seiten senkrecht.

Man kann die Orientierung der Würfelfläche aber auch in der Weise vornehmen, dass die Oktaederkante die betreffende Würfelfläche in der Diagonale teilt und sie in zwei gleiche Dreiecke zerlegt.

In welcher Weise wird bei diagonaler Orientierung der Würfelfläche auf die Oktaederkante der Vorgang der Regeneration sich vollziehen?

Der Krystall belehrt uns, dass dadurch die Schwierigkeit der Regeneration sich nicht steigert. Auch hier wird die eine Fläche des Daches zu einer Oktaederfläche jener Pyramide, welche auf der einen Seite der Diagonale liegt; während die andere Fläche des Daches mit allem, was jenseits der Diagonale seine Lage hat, die zweite Pyramide des werdenden Oktaeders zu bilden hat. Hierüber belehren folgende Figuren.

Fig. 222 zeigt das natürliche Dach des Würfels, welches also ein Teil einer Oktaederkante ist und belassen wurde, um die nötigen Anhaltspunkte für die Beurteilung der Umbildung zu besitzen. Man

erkennt, dass die Dachkante diagonale Lage hat. Bei der Regeneration werden die beiden Flächen des Daches je zu einer Oktaederfläche der rechts und der links gelegenen Pyramide verwendet (Fig. 225); die Diagonale ist eine Oktaederkante. Auf der entgegengesetzten Würfel- fläche ist das Bild der Fig. 226 zu sehen; statt der Dachfirste oder Diagonale liegt eine breite Dodekaederfläche vor ( $d$ ), die mit ihren Enden an kleine Anlagen von Hexaederflächen stösst. Die Figg. 223 und 224 geben das Bild der beiden Pyramiden in Spitzenansicht wieder. An Stelle der Spitze liegt eine ansehnliche, in Abglättung begriffene Hexaederfläche vor.

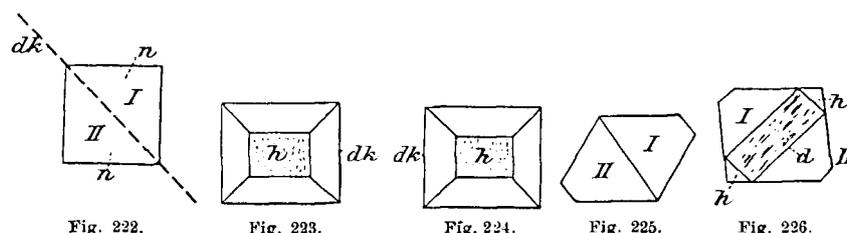


Fig. 222. Fig. 223. Fig. 224. Fig. 225. Fig. 226.  
 Würfel, mit einer Fläche auf eine natürliche Oktaederkante diagonal orientiert.  $dk$  diagonale Kante.

Versuche dieser Art wurden im ganzen drei gemacht. In allen diesen Versuchen werden aus den sechs Würfel- flächen acht Oktaeder- flächen dadurch erzeugt, dass zwei Würfel- flächen durch eine Kante ge- teilt werden und dadurch in vier Flächen zerfallen; die übrigen vier Würfel- flächen werden in modifizierter Form als Oktaederflächen an- genommen oder, was dasselbe ist, zu solchen umgebildet. Somit schliesst sich der Fall ganz an jene an, welche durch Orientierung einer Würfel- fläche zu einer Oktaederfläche gekennzeichnet sind ( $\alpha$ -Ver- suche).

$\delta$ -Versuche.

Orientierung einer Würfecke auf eine Oktaederfläche.

Diese Versuche gehören zu den schönsten, die man auf dem vor- liegenden Gebiete anstellen kann. Der betreffende Würfel wurde aus einer grossen Oktaederpyramide so geschnitten, dass eine Ecke des Würfels, und aus diesem Grunde auch die diagonal entgegengesetzte Ecke, auf einer Oktaederfläche der Pyramide senkrecht steht. In Fig. 227 ist der Würfel in die geeignete Stellung gebracht, die mitt- lere Ecke der Figur ist dem Beschauer zugewendet und liegt am höchsten. Die Oktaederfläche des Stammkrystalles, welche von der Würfecke tangiert wird (und zwar so, dass die Flächen, welche die Ecke bilden, gleichen Abstand von der Oktaederfläche haben), ist in Fig. 227 durch einen kleinen Kreis angedeutet.

Unter einer gewissen Bedingung nun, auf welche später noch Rücksicht zu nehmen sein wird, nimmt man nach einigen Tagen beginnender Regeneration an, dass sowohl die tangierende Ecke, als auch die entgegengesetzte, als auch alle übrigen Ecken des Würfels kleine Flächen von dreieckiger Form anzusetzen beginnen, welche im weiteren Verlaufe der Regeneration an Ausdehnung zunehmen und in ihrer Gesamtanordnung einen reizenden Anblick gewähren. Auf einer solchen Stufe erhält man das Bild der Fig. 228, in welcher das centrale Dreieck jene neugebildete Oktaederfläche darstellt, die aus der tangierenden Würfelfläche hervorging. Die umgebenden drei hellen Vierecke sind, ebenso wie die peripherischen drei Dreiecke, mit Absicht nicht perspektivisch aufgenommen. Die hellen Vierecke sind zur Zeit noch sehr grosse Hexaederflächen. Die drei dunklen peripherischen

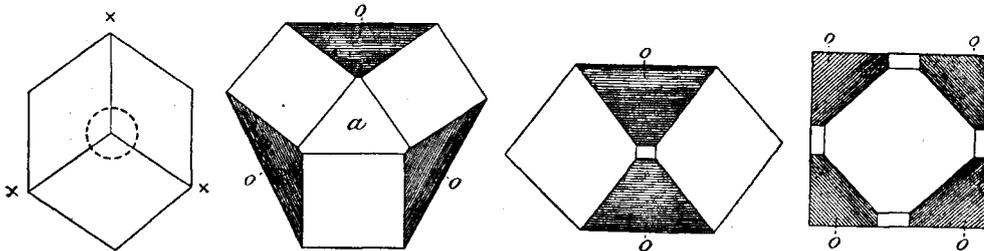


Fig. 227.

Fig. 228.

Fig. 229.

Fig. 230.

Würfel, mit einer Ecke auf eine natürliche Oktaederfläche orientiert. Letztere ist als Kreis in Fig. 227 angedeutet. Es geht aus der Regeneration ein Kubo-Oktaeder hervor, in dem alle Würfelfecken in Oktaederflächen umgewandelt werden.

Dreiecke dagegen sind drei Oktaederflächen, an Stelle von drei anderen Würfecken neugebildet; sie haben in Wirklichkeit genau die Form und Grösse des in der Figur central gelegenen Dreieckes.

Keht man den in Umbildung begriffenen Würfel um, so erhält man die zweite, untere Hälfte des Bildes, welches sich aus den gleichen Elementen zusammensetzt wie die obere Hälfte und also aus einer central gelegenen dreiseitigen Oktaederfläche, aus drei grossen Hexaederflächen und aus drei peripherischen Oktaederflächen besteht. Die letzteren drei und die central gelegene Oktaederfläche entsprechen den bei der erwähnten Stellung des Würfels vier unten gelegenen früheren Würfecken. Wenn aber auch an der unteren Hälfte des Körpers die gleichen Elemente und in gleicher Anordnung vorhanden sind wie an der oberen, so besteht doch ein Unterschied gegenüber der oberen Hälfte. Wo an der oberen Hälfte nämlich eine Spitze der centralen Oktaederfläche gelegen ist, liegt unten eine Kante, und wo oben eine Kante, da unten eine Spitze. Die untere Hälfte ist also gegen die obere um eine bestimmte Winkelgrösse um die Längsachse gedreht.

Man kann diese interessante Entwicklungsstufe des Würfels zum

Oktaeder das Kubo-Oktaeder nennen, teils um die Herkunft und Entwicklungsweise, teils um<sup>1</sup> die Mischung der Elemente dadurch hervorzuheben, aber auch in Analogie mit der Bezeichnung Tetra-Oktaeder (für eine bestimmte Entwicklungsweise und Stufe der Umbildung des Tetraeders zum Oktaeder).

Künstlich, z. B. aus Paraffin, kann man sich das Kubo-Oktaeder leicht herstellen, dadurch, dass man an einem Paraffinwürfel sämtliche Ecken gleichmässig abzutragen beginnt.

Lässt man eine Kubo-Oktaeder von Alaun noch längere Zeit in der Regenerationsflüssigkeit liegen, so nehmen die acht den acht umgebildeten Würfecken entsprechenden Oktaederflächen an Ausdehnung immer mehr zu, während in demselben Grade die grossen Hexaederflächen sich verkleinern und aus wuchernden Rauhfächen sich allmählich zu Glattflächen umgestalten.

Das Bild der Fig. 228 erhält man bei der Betrachtung des Kubo-Oktaeders von irgend einer der acht dreiseitigen Oktaederflächen aus in überall gleich vollkommener Weise. Ein ganz anderes Bild giebt die Betrachtung des Kubo-Oktaeders von einer Hexaederfläche aus. Fig. 230 zeigt eine central gelegene grosse Hexaederfläche. Um sie herum sind vier Oktaederflächen sichtbar. An den Ecken der Hexaederfläche bemerkt man noch kleine zierliche Flächen, die bei der vorigen Betrachtung der Einfachheit wegen nicht erwähnt worden sind, obgleich sie an allen Ecken vorhanden sind und der Häufigkeit nach zwölf betragen. Es sind kleine Dodekaederflächen.

Fig. 229, demselben Kubo-Oktaeder angehörig, tritt zu Tage, wenn der Körper auf irgend eine Ecke aufgestellt und von der entgegengesetzten Ecke aus betrachtet wird. Man erhält dann zwei Oktaederflächen und zwei Hexaederflächen, abgesehen von den kleinen, an jeder Ecke vorhandenen Dodekaederflächen.

Was an jeder der acht embryonalen Oktaederflächen jetzt noch Ecke ist, wird später Kante werden; was jetzt an ihnen Kante ist, wird dagegen sich zur Ecke umgestalten. Dadurch erhalten auch die kleinen Dodekaederflächen eine andere Form; sie werden sich beträchtlich in die Länge strecken und entlang den späteren Kanten der Oktaederflächen ihre Lage haben, während sie zur Zeit Eckengebilde zu sein scheinen. Die grössten aller Felder dieser Stufe, die riesigen Hexaederflächen, werden sich erheben, verkleinern, die Oktaeder- und Dodekaederflächen vergrössern helfen, sich auch zunehmend abglätten und zu Eckengebilden verändern. Den Weg, welchen die Oktaederkanten bei zunehmender Länge nehmen werden, sieht man schon jetzt in der Richtung der Okta-Dodekaederflächenkanten vor Augen. Es haben also noch gewaltige Umbildungen zu geschehen, bis die Endstufe des Oktaeders erreicht sein wird. An Flächen sind auf der

gegenwärtigen Stufe des Embryo zusammen 26 vorhanden, ebenso viele also wie an dem Embryo der Kugel, bei welchem übrigens die sechs Hexaederflächen niemals eine relativ so ausserordentliche Ausdehnung besitzen wie bei der Umbildung des Würfels.

## 2. Versuch der gleichen Art.

Ich habe den Versuch der Umbildung des Würfels mehrfach wiederholt und füge der Beschreibung des vorhergehenden Falles einen zweiten an, der die Ergebnisse des ersten im ganzen wiederholt, aber eine etwas weiter vorgeschrittene Stufe darstellt. Er ist deshalb besonders wichtig, weil er sich vortrefflich dazu eignet, die Umbildung der embryonalen Oktaederflächen des vorigen Falles zu veranschaulichen.

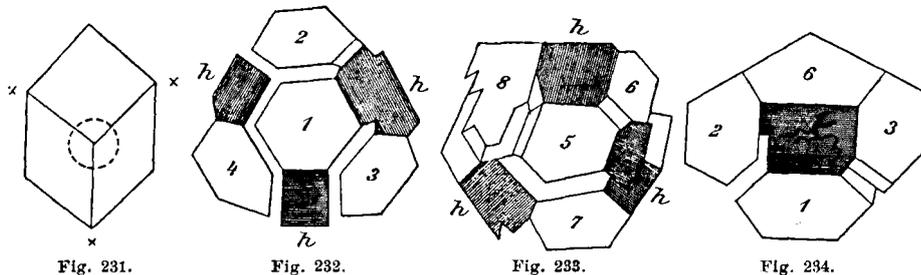


Fig. 231. Würfel der gleichen Orientierung wie in Fig. 227, mit demselben Ergebnis, auf späterer Stufe der Entwicklung. Figg. 232 und 233 Ansichten von entgegengesetzten Oktaederflächen (1 und 5) aus aufgenommen. Fig. 234 Pyramidenansicht des umgebildeten Würfels.

In Fig. 232 sind die sechsseitigen Oktaederflächen, bei einer Aufnahme des Bildes von einer Oktaederfläche aus, mit Ziffern bezeichnet; ebenso die folgenden Figuren, von welchen Fig. 233 eine Ansicht der entgegengesetzten Seite des Embryo darstellt, während Fig. 234 den Embryo in Pyramidenstellung wiedergibt und zwar seine obere Pyramide, in Spitzenansicht. Ein merkwürdiges Ansehen erhalten alle diese Figuren infolge der vielen Klüfte, welche sich an den Grenzen vieler Flächen befinden. Zum Teil entsprechen diese Klüfte Dodekaederflächen, die schon eine ganz ansehnliche Länge haben und nicht mehr die unansehnlichen Feldchen des vorigen Falles darstellen; an demselben Embryo der Figg. 232 und 233 sind andere Dodekaederflächen nicht in Form von Klüften vorhanden, sondern als schöne, glänzende, zarte Bänder.

## 3. Versuch.

In den beiden vorausgehenden Fällen hat die Orientierung einer Ecke des künstlichen Würfels auf eine Oktaederfläche des Stammkristalles stattgefunden. Aber es giebt Fälle, in welchen zwar eben-

falls eine solche Flächenorientierung vorgenommen und dennoch das Ergebnis ein anderes wurde. In diesen Fällen ward bloss die tangierende Ecke und die ihr axial entgegengesetzte Ecke in eine Oktaederfläche umgewandelt, während die Würfel­flächen mehr oder weniger stark sich umbildeten. Starke Wucherflächen entwickelten sich hierbei insbesondere an den Stellen der zukünftigen Hexaederflächen, d. i. an den späteren Oktaederecken. Über das Ganze einer solchen Umbildung orientieren die Figg. 235 bis 235 c.

Frägt man sich nach der Ursache, die diesen Unterschied zu be­dingen vermag, so wird man nicht fehl gehen, sie dennoch in Unter­schieden der Orientierung gelegen zu betrachten. Die Orientierung einer Würfecke auf eine Oktaederfläche hat einen grossen Spielraum. Man

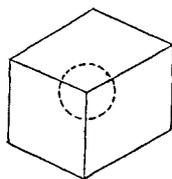


Fig. 235.

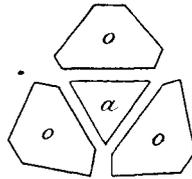


Fig. 235 b.

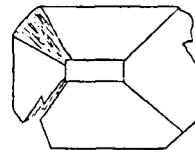


Fig. 235 c.

Würfel, mit einer Ecke auf eine natürliche Oktaederfläche orientiert.

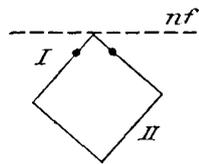


Fig. 236.

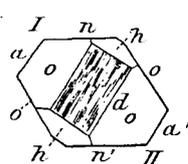


Fig. 237 a.

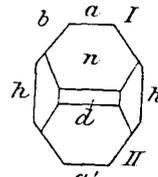


Fig. 237 b.

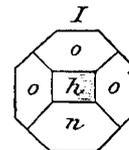


Fig. 237 c.

Würfel, mit einer Kante auf eine natürliche Oktaederfläche orientiert. Die beiden die Kante bildenden Flächen sind markiert, um als Anhaltspunkte für die Umbildungsvorgänge zu dienen.

braucht nur einen Würfel senkrecht auf eine Ecke aufzustellen und eine Oktaederfläche gegenüberzustellen, oder den Würfel mit seiner Ecke senkrecht auf die obere Oktaederfläche eines auf der unteren Oktaederfläche ruhenden Oktaeders aufzustellen und den Würfel nunmehr um seine Längsachse rotieren zu lassen. Treffen dabei die drei circumpolaren Ecken des Würfels auf die circumpolaren Flächen des Oktaeders, und zwar auf deren Mitte, so ist jene Orientierung gegeben, welche den beiden ersten Fällen zur Grundlage diente; treffen jene drei Ecken dagegen zwischen jenen Flächen auf die seitlich gelegenen Kanten des Oktaeders, so ist der Ausgangspunkt für den zuletzt beschriebenen Fall gegeben. Dass zwei Würfel­flächen dabei sich dennoch zu Oktaederflächen, anfangs kleinen, später zunehmenden, gestalten müssen, nämlich die tangierende Würfecke und die axial gegenüberliegende, ist klar. So kommen alsdann acht Flächen zustande, die Oktaederflächen des Oktaeders.

$\varepsilon$ -Versuch.

Orientierung einer Würfelkante auf eine Oktaederfläche (Fig. 236).

Eine Bleistiftlinie auf einer grossen Oktaederfläche des Stammkrystalles zeigte die Richtung der künftigen Kante des Würfels an, der aus dem Stammkrystalle geschnitten werden sollte. Links und rechts von dieser Richtungslinie wurde nun mit scharfem Messer so viel Substanz abgetragen, als erforderlich war, um die ersten beiden Würfelflächen darzustellen. Es versteht sich von selbst, dass auf beiden Seiten der Linie ganz gleichmässig verfahren und gleichviel abgetragen worden ist; Fig. 236 giebt hiervon ein Profilbild. Waren einmal die beiden ersten Flächen herausgearbeitet, so kamen die beiden unteren Parallellflächen an die Reihe; endlich die zwei letzten Verbindungsflächen, um auch für diese einen bestimmten Ausdruck zu gebrauchen.

Ganz ähnlich, mit den nötigen Unterschieden, war auch mit der Herstellung des Würfels verfahren worden, dessen eine Ecke (und damit auch die Gegenecke) auf eine Oktaederfläche des Stammkrystalles orientiert werden sollte. Statt einer Linie ward hier natürlich ein Punkt mit Bleistift auf die Oktaederfläche markiert. Sodann diente ein fertiger, richtig auf eine Ecke aufgestellter Holzwürfel dazu, um mit seiner Hilfe die Richtungslinien für die Schnittführung auf der Oktaederfläche zu bestimmen; d. h. es ward ein von dem Punkte ausgehender Dreistrahl von Linien gleicher Länge aufgezeichnet und nun mit schräger Haltung des Messers nach Ebenen geschnitten, welche durch den centralen Punkt und je durch die Enden zweier benachbarter Linien bestimmt sind. Dadurch ergeben sich drei Schnittebenen. Ist nach diesen geschnitten worden, so sind die drei oberen circumpolaren Flächen des Würfels fertig. Die drei unteren circumpolaren Flächen bieten keine weitere Schwierigkeit, da sich die erforderlichen Parallellinien leicht mit dem Messer ziehen lassen und je parallel zu den schon vorhandenen drei Flächen gearbeitet werden muss. Dies war hier für den mit einer Ecke zu einer Oktaederfläche orientierten Würfel nachzutragen.

Was nun die Umbildung des mit der Kante auf eine Oktaederfläche des Stammkrystalles orientierten Würfels betrifft, so geben hierüber die Figg. 236 bis 237c Aufschluss. In drei beobachteten Fällen dieser Art verlief der Vorgang so, dass zuerst die Berührungskante und ihre Parallelkante zu schmalen, bald aber sich verbreiternden Flächen von rechteckiger Form umgewandelt wurden. Um die Berührungskante immer sicher zu erkennen, wurden zu beiden Seiten von ihr auf die begrenzenden Würfelflächen zwei kleine Löcher eingebohrt und täglich erneuert, wie es Fig. 236 zeigt. Sodann kamen die beiden seitlichen Parallelkanten zur Umbildung in Flächen (in Fig. 237a im Profil als die linke und rechte schräge *o*-Linie erkennbar). An

allen Ecken kommen dabei Hexaederflächen zur Anlage, wie die gleiche Figur zeigt. So sind also vier Oktaederflächen bereits vorhanden und man erkennt schon, dass je zwei für eine obere und eine untere Oktaederpyramide entfallen. Nun fehlen noch vier Oktaederflächen. Der Würfel hat aber nur mehr über zwei zu verfügen. Er schafft sie dadurch zur Stelle, dass er jede dieser Flächen in zwei Hälften teilt. Ein grosses Diagonalband, eine Dodekaederfläche, hat diese Aufgabe zu erfüllen auf jeder der beiden Endflächen, wie man sie nennen kann (siehe Parallelepipedon). Je schmaler dieses Band in der Folge wird, da es an die benachbarten anfänglich kleinen Oktaederflächen Substanz abgibt und sie auf eigene Kosten vergrössert, um so ansehnlicher werden die beiden Oktaederflächen. Endlich ist das Dodekaederband zur Würfelkaute geworden und zwar, mit Bezug auf die beiden Oktaederpyramiden, zu einer basalen Würfelkante. Auch von den auf diese Weise gelieferten vier neuen Oktaederflächen gehören je zwei der oberen und der unteren Oktaederpyramide an.

Der gleiche Vorgang der Flächenteilung ist ausführlicher schon in der I. Untersuchungsreihe beschrieben worden mit Bezug auf die Umbildung des mit einer natürlichen Fläche versehenen Würfels. Selbst bei einer dritten Orientierungsart kehrt der gleiche Vorgang der Flächenteilung wieder; begreiflich, dass man selbst bei einfacher Herstellung von Würfeln aus Alaunblöcken die bezügliche Form der Umbildung leicht erhalten wird.

ζ-Versuche.

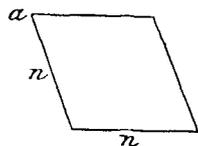


Fig. 238.

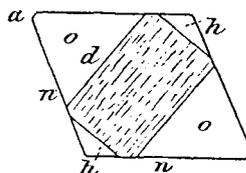


Fig. 239.

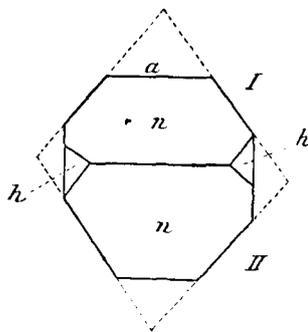


Fig. 240.

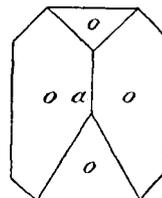


Fig. 241.

Verschiebener Würfel mit zwei natürlichen Flächen (n, n), die in einer Oktaederkante zusammenstossen.

Verschobener Würfel mit zwei oktaedrischen Flächen.

Wie Fig. 238 zeigt, wurde ein solcher Würfel aus dem Kanten-  
teile einer grossen Oktaederpyramide so geschnitten, dass die Oktaeder-  
kante und die zwei an sie grenzenden Oktaederflächen dem ver-  
schobenen Würfel verblieben.

Bei der Umbildung in der Regenerationsflüssigkeit wurden die  
Parallellflächen der beiden natürlichen oktaedrischen Flächen des  
Würfels unmittelbar als Glattflächen, als in den Bestand des künftigen  
Oktaeders ebenso eingehende Flächen angenommen, wie die beiden  
oktaedrischen Flächen des Würfels selbst. Es bleiben folglich nur  
mehr zwei Würfelflächen zur Umbildung frei, die sich einander gegen-  
überliegen. Beide werden durch ein Dodekaederfeld in zwei Teile ge-  
teilt, die sich zu Oktaederflächen umgestalten wie in den  $\alpha$ -Versuchen  
des Würfels schon beschrieben ist. Somit sind alsdann acht Oktaeder-  
flächen vorhanden.

## 2. Versuch.

Ebenfalls zwei in einer Kante zusammenstossende natürliche  
oktaedrische Flächen besitzt der Würfel, welcher in Fig. 242 nebst  
seiner Orientierung zum Stammkrystalle wiedergegeben ist. Die Kanten  
 $a$  und  $b$  des Würfels und die entsprechende in die Tiefe gehende  
Würfelfläche sind parallel zu den betreffenden Nachbarkanten ge-  
schnitten; ihr parallel ist die Fläche  $c$  gehalten. Die den zwei natür-  
lichen Flächen entsprechenden Parallellflächen werden sorgsam her-  
gestellt.

Bei der Umbildung in der Regenerationsflüssigkeit werden, wie  
erwartet, vier Flächen als oktaedrische Flächen angenommen; so  
bleiben noch zwei Flächen für die Umbildung übrig. Diese geschieht  
aber im vorliegenden Falle so, dass die an der oberen Ecke (zwischen  
 $a$  und  $b$ , Fig. 242) gelegene künstliche Würfelfläche gegen die beiden  
natürlichen Flächen hin zwei Oktaederflächen zu entwickeln beginnt  
und sich im übrigen Teile zu einer Hexaederfläche umgestaltet; während  
die untere künstliche Würfelfläche genau dieselben drei Flächen (zwei  
Oktaederflächen, eine Hexaederfläche) entwickelt, nämlich die zwei  
Oktaederflächen gegen die zwei Parallellflächen hin, die Hexaederfläche  
zwischen diesen selbst und den beiden natürlichen Oktaederflächen. So  
kommen acht Oktaederflächen und zwei grosse Hexaederflächen zustande.

Hierüber orientieren die Figg. 243 bis 246.

Es ist also auch hier jede von zwei gegenüberliegenden Würfelflächen  
in zwei Oktaederflächen geteilt worden, nicht aber durch eine  
Dodekaederfläche zwischen zwei Oktaederflächen, sondern durch eine  
Hexaederfläche, welche weiter wachsend die vier umgebenden Oktaeder-  
flächen in demselben Masse vergrössert, als sie selbst sich verkleinert.

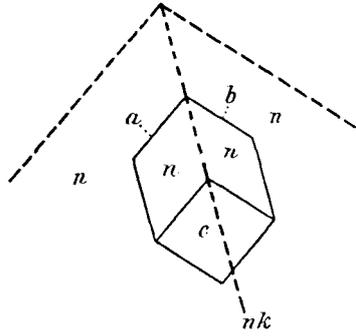


Fig. 242.

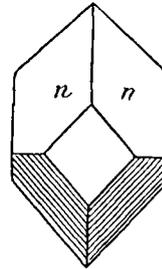


Fig. 243.

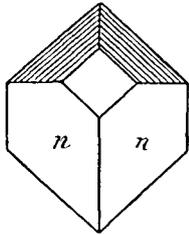


Fig. 244.

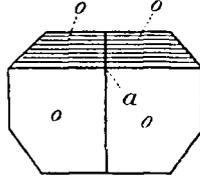


Fig. 245.

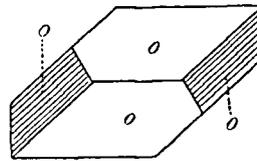


Fig. 246.

Verschiebener Würfel mit zwei natürlichen Flächen und besonderer Schnittrichtung.

### 3. Versuch.

Auch in diesem Falle besitzt der Würfel zwei natürliche oktaedrische Flächen. Die Orientierung zu dem Stammkristalle ist jedoch eine andere als in den beiden vorausgehenden Versuchen. Die getroffene Orientierung ist so ausgeführt, dass zwei Parallelschnitte der

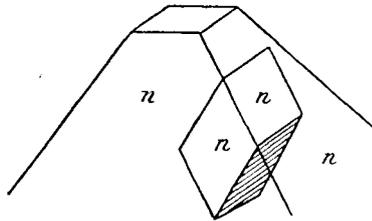


Fig. 247.

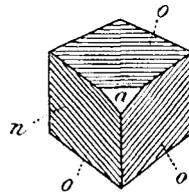


Fig. 248.

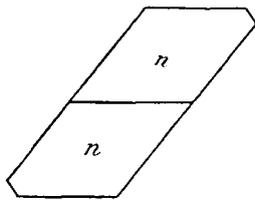


Fig. 249.

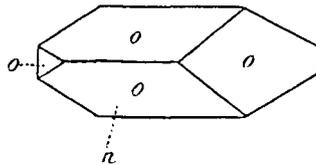


Fig. 250.



Fig. 251.

Verschiebener Würfel mit zwei natürlichen Flächen und besonderer Schnittrichtung. Es werden bei der Regeneration die sechs Würfelflächen angenommen und zwei neue Zwergflächen an den äussersten Enden gebildet.

einen Nachbarkante in die Tiefe der Pyramide des Stammkrystalles eindringen und in schräger Richtung also die dem Würfel zugehörige natürliche Kante kreuzen. Auf der den natürlichen Flächen entgegengesetzten Seite angelegte Parallelschnitte zu ersteren förderten den stark verschobenen Würfel zu Tage.

Bei der Umbildung in der Regenerationsflüssigkeit ergab sich das beabsichtigte Ziel. Es wurden von der Regeneration alle sechs Würfelflächen angenommen. Da aber die Substanz einmal acht Flächen nicht vermeiden kann, so legte sich an den äussersten Spitzen des langgestreckten verschobenen Würfels die unvermeidliche siebente und achte Fläche in minimalen Stutzflächen an, welche in Fig. 248 in der Ansicht von oben, in Fig. 249 in der Ansicht der natürlichen Flächen, in Fig. 250 in Pyramidenstellung, und in Fig. 251 in reiner Längsansicht, parallel zu den beiden Zwergflächen wiedergegeben sind.

### 7. Parallelepipedon.

Vom Parallelepipedon habe ich, durch andere Orientierungen, als sie in der I. Untersuchungsreihe verwendet worden sind, eine Reihe so schöner Umbildungen erhalten, dass sie, obwohl sie sich ihrem Wesen nach ganz an das jetzt bereits Bekannte anschliessen, doch eine besondere Erwähnung verdienen.

#### *a*-Versuche.

Parallelepipedon von quadratischem Querschnitt und quadratischen Endflächen von 10 mm Seite, 30 mm Länge (Fig. 252); eine End-

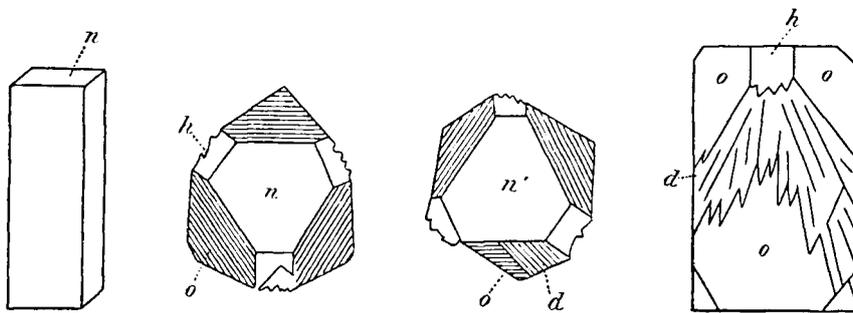


Fig. 252. Parallelepipedon mit einer natürlichen Endfläche (*n*). Fig. 253 und 254 Ansichten von den umgebildeten Endflächen aus. Fig. 255 seitliche Ansicht.

fläche ist ein Teil einer natürlichen Oktaederfläche. Die andere Endfläche liegt folglich tief im Inneren des Stammkrystalles und ist der natürlichen Oktaederfläche parallel, welcher erstere Endfläche angehört.

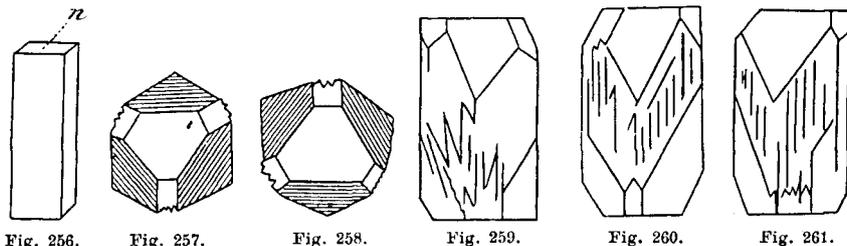
Bei der Regeneration verdickt sich die Säule ansehnlich und gewinnt eine sechsseitige Basis, die aus drei Haupt- und drei Nebenseiten zusammengesetzt wird. Von der Basis (Fig. 253) gehen an den Hauptseiten drei Oktaederflächen aus, die sich eine Strecke weit an den Seiten in die Höhe ziehen, dort aber von Wucherfeldern aufgenommen werden. Von den Nebenseiten der Basis gehen in der Bildung begriffene Hexaederflächen aus.

Die andere Endfläche hat sich frühzeitig abgeglättet und zu einer der Basis entsprechenden Gestalt umgewandelt, bei der indessen die Ecken den Hauptseiten der Basis, die Hauptseiten den Ecken der Basis gegenüberliegen (Fig. 254). Eine der Oktaederflächen ist seitlich durch ein breites Dodekaederband ausgezeichnet.

Eine Seitenansicht giebt Fig. 255. Die zierliche Felderung gehört, so weit sie durch leistenreiche Rauflächen dargestellt wird, den Dodekaeder- und Hexaederflächen an, die in der Weiterbildung begriffen sind. Im übrigen bedarf es nur der Vergleichung mit den Figg. 134 bis 141, um die vorhandenen Eigentümlichkeiten verständlich zu finden.

## 2. Versuch.

Parallelepipeton von quadratischen Endflächen, deren eine einer natürlichen Oktaederfläche des Stammkrystalles angehört. Die Orientierung ist also die gleiche wie im vorhergehenden Falle. Seite des quadratischen Querschnittes 8 mm, Länge 21 mm (Fig. 256).



Ein wie vorher orientiertes Parallelepipeton. Figg. 257 und 258, von beiden Endflächen aus aufgenommene Ansichten. Figg. 259 bis 261 drei reine Seitenansichten.

Bei der Regeneration nimmt die Säule beträchtlich an Umfang zu und verändert ihre Form, während die Länge nur höchst unbedeutend wächst.

Die Figg. 257 und 258 zeigen die Ansicht der Säule von beiden Endflächen aus. Die Figg. 259 bis 261 geben drei reine Seitenansichten und zeigen die zierliche Zerlegung in Felder an, wobei das schöne Zickzackband, Dodekaeder- und Hexaederflächen angehört, die besondere Aufmerksamkeit auf sich zieht. Bezüglich der Erklärung dieses Bandes siehe oben.

Zur Vergleichung mit diesen  $\alpha$ -Versuchen sei die Umbildung eines dreiseitigen Prisma hier eingeschaltet, welches je ein gleichseitiges Dreieck zu Endflächen besitzt, deren eine aber, wie bei den  $\alpha$ -Versuchen, einer natürlichen Oktaederfläche angehört (Fig. 262). Bei der Umbildung nimmt das Prisma an Umfang beträchtlich, kaum

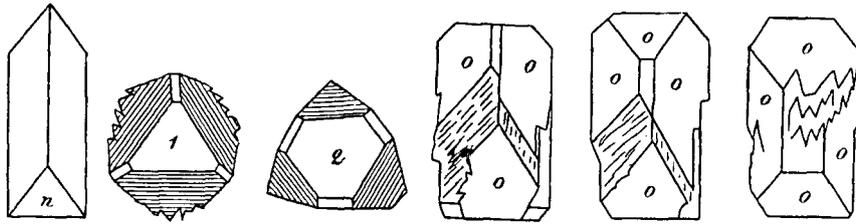


Fig. 262. Ein ebenso orientiertes dreiseitiges Prisma mit gleichseitigem Querschnitt. Fig. 263 und 264 Endansichten. Fig. 265 bis 267 Seitenansichten.

aber an Länge zu, indem die zweite Endfläche sich sehr früh zu einer oktaedrischen Glanzfläche ausbildet. Ansichten der Säule von beiden Endflächen aus liegen in den Fig. 263 und 264 vor. Eine reine Seitenansicht giebt Fig. 265. Die Fig. 266 zeigt die obere Oktaederpyramide, die Fig. 267 die untere Oktaederpyramide des umgewandelten Prisma, beide in Spitzenansicht.

### $\beta$ -Versuch.

Parallelepipedon mit einer natürlichen Langfläche, mit quadratischen Endflächen von 10 mm Seite; Länge 26 mm. Die Säule ist zu dem Stammkristalle so orientiert, wie Fig. 268 zeigt, d. h. ihre Längs-

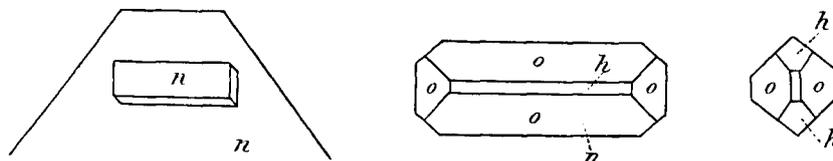


Fig. 268. Parallelepipedon, welches mit seiner Längsachse parallel einer Pyramidenbasis verläuft, mit einer Langfläche einer natürlichen Oktaederfläche angehört. Fig. 269 Längsansicht der Umbildung. Fig. 270 Endansicht.

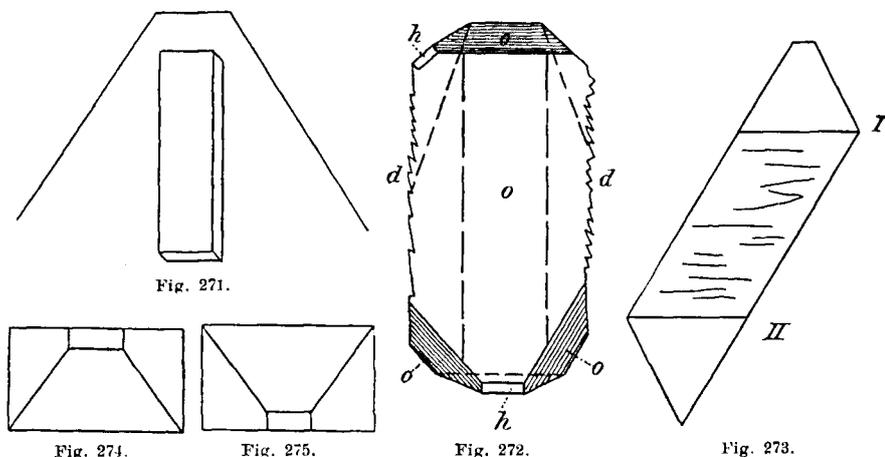
achse läuft der Basis der Stammpyramide parallel; eine ihrer vier Langflächen aber gehört zugleich der vorliegenden Oktaederfläche an und ist ein Teil derselben. Die Säule ist also aus den oberflächlichen Schichten der Pyramide geschnitten.

Bei der Umbildung geht daraus ein schönes Dehnungsoktaeder hervor (Fig. 269). Die der natürlichen Langfläche gegenüberliegende Parallelfläche wandelt sich alsbald in eine Glanzfläche um. Später

folgen die übrigen Flächen in der Umbildung nach. Der Querschnitt zeigt sechs Flächen, nämlich vier Oktaederflächen und zwei schmale lange Hexaederflächen, beide abgeglättet. Dodekaederflächen haben sich nicht ausgebildet. In anderen Fällen, wo sie vorhanden sind, steigt die Anzahl der seitlichen Felder der Säule alsdann auf acht. Jede Endfläche der Säule zeigt die bekannten Eigentümlichkeiten der Fig. 270.

### $\gamma$ -Versuch.

Parallelepipedon von 40 mm Länge, quadratischem Querschnitt von 11 mm Seite und Orientierung einer Längsfläche auf eine natürliche Oktaederfläche des Stammkrystalles, in einer Richtung, die auf der zugehörigen basalen Kante senkrecht steht.



Parallelepipedon, dessen Längsachse senkrecht auf einer basalen Pyramidenkante des Stammkrystalles steht, mit einer Längsfläche einer natürlichen Oktaederfläche angehört und mit einem Ende gegen die natürliche Oktaederecke gerichtet ist. In Fig. 271 ist nur die Richtung, nicht die Ausdehnung angegeben. Fig. 272 von der natürlichen Fläche aus aufgenommene Ansicht des zu einer breiten Platte umgebildeten Parallelepipedons, welches durch die Abbildung durchschimmert. Fig. 273 Ansicht der Schmalseite beider Pyramiden. Figg. 274 und 275 Endansichten.

Auch diese Säule stammt der Länge nach aus den oberflächlichen Schichten einer Oktaederpyramide, ist aber mit ihrem unteren Ende gegen eine basale Kante, mit ihrem oberen Ende gegen die Spitze der Pyramide geneigt.

Bei der Umbildung wächst die Säule wenig an Dicke und Länge, sehr beträchtlich aber in die Breite, gleichmässig auf beiden Seiten. Man erkennt dies in Fig. 272, in welcher die Ränder der ursprünglichen Säule, welche bei der Haltung gegen das Licht durchschimmern, eingetragen sind. Die vom Beobachter abgewendete Breitseite, die jetzt als Basis des Gebildes dient; ist in Fig. 272 mit drei gestrichelten Linien eingetragen.

Die Beziehungen zu den Verhältnissen der Säule mit einer natürlichen Endfläche ergeben sich leicht aus der Vergleichung der Figg. 272 und 273. Eine reine Längsansicht der Schmalseite liegt in Fig. 273 vor. Ansichten der umgebildeten oberen und unteren Endfläche, bei senkrechter Haltung der Säule, liegen in Figg. 274 und 275 vor.

#### $\delta$ -Versuch.

Parallelepipedon, dessen eine Längskante auf eine Oktaederfläche des Stammkrystalles orientiert ist (Fig. 276).

Länge des Parallelepipedon 22, Seite des quadratischen Querschnittes 11 mm.

Bei der Umbildung in der Regenerationsflüssigkeit wandelt sich diejenige Kante, welche die Oktaederfläche tangiert hat, alsbald in eine Oktaederfläche um, welche anfänglich schmal ist, aber zusehends an Breite gewinnt. Ebenso verhält sich die gegenüberliegende Parallelkante; auch sie wird in eine Oktaederfläche umgewandelt. Fast gleich-

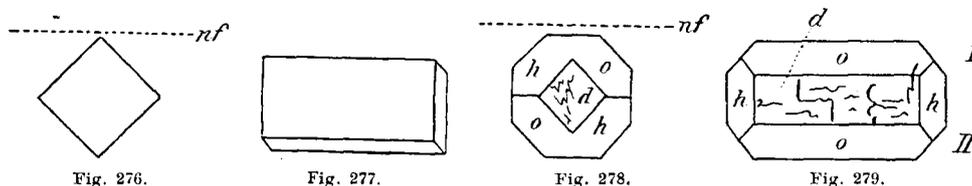


Fig. 276.

Fig. 277.

Fig. 278.

Fig. 279.

Parallelepipedon, mit einer Kante zu einer natürlichen Oktaederfläche orientiert. Fig. 278 Endansicht, mit Beziehung auf die natürliche Fläche aufgenommen. Zwischen  $h$  und  $o$ ,  $o$  und  $h$  ist je eine Vertikale zu ziehen. Fig. 279 obere und untere Pyramide in Längsansicht.

zeitig greift der gleiche Vorgang auch bei den noch übrigen zwei Längskanten Platz. So sind sämtliche Längskanten in der Umbildung zu Längsflächen begriffen. Die früheren, künstlichen Längsflächen aber sind sich verschmälernde Wucherfelder geworden. Am ansehnlichsten sind von letzteren in dem vorliegenden Stadium die zwei langen rauhen Dodekaederflächen; an Länge und Breite stehen ihnen etwas nach die beiden langen Hexaederflächen, die schon mehr in Abglättung begriffen sind.

Was die Umbildung der beiden Endflächen betrifft, so giebt hierüber Fig. 278 Aufschluss, bei der zugleich die Orientierung der zur Fläche gewordenen ursprünglichen Kante dargestellt wurde. Man erkennt in Fig. 278 als Mittelfeld eine fast quadratische Dodekaederfläche, welche von zwei kleinen Oktaederflächen und zwei grossen Hexaederflächen eingeschlossen wird. Ganz entsprechend verhält sich die entgegengesetzte Endfläche.

Fig. 279 zeigt beide Pyramiden des werdenden Oktaeders von einer Breitseite aus gesehen. Der Querschnitt des Mittelstückes ist folglich achtseitig (auch aus Fig. 278 kenntlich). Verkürzt man das

lange Parallelepiped in diesen wie in den vorhergehenden Fällen in Gedanken zum Würfel, so treten ganz die Verhältnisse zu Tage, die bei jenem kennen gelernt worden sind.

## 2. Versuch.

Parallelepipedon von rhombischem Querschnitt von 10 mm Seite und 20 mm Länge. Die Orientierung ist die gleiche wie im vorigen Versuche, d. h. eine Längskante des Parallelepipedon ist auf eine Oktaederfläche des Stammkrystalles orientiert und tangiert sie (Fig. 280).

Bei der Umbildung erhält das Parallelepipedon eine ausserordentliche Breite, während Länge und Dicke nur unbedeutend zunehmen.

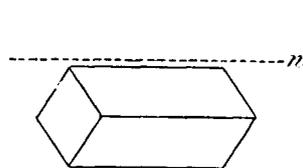


Fig. 280.

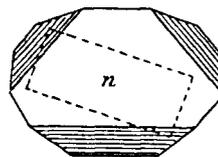


Fig. 281.

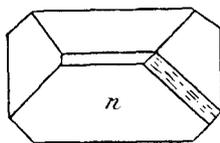


Fig. 282.

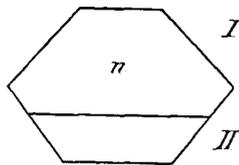


Fig. 283.

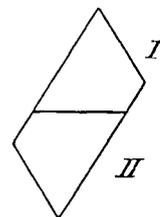


Fig. 284.

Parallelepipedon mit rhombischen Endflächen. Eine Längskante ist zu einer natürlichen Oktaederfläche ( $n$ ) orientiert. Fig. 281 Ansicht von der sehr breit ausgewachsenen Berührungsfläche aus. Der ursprüngliche Körper schimmert, gegen das Licht gehalten, durch. Fig. 282 Spitzenansicht einer Pyramide. Fig. 283 Ansicht der Breitseite beider Pyramiden. Fig. 284 Schmalseitenansicht beider Pyramiden.

Die Verbreiterung ging aus von der tangierenden Kante, die zu einer rasch zunehmenden Fläche auswuchs, sowie von der ebenso sich verhaltenden Parallelfläche. Die helle Fläche in Fig. 281 entspricht der ursprünglichen tangierenden Kante. Zugleich hat das ursprüngliche Parallelepiped eine schiefe Richtung erhalten, wie dieselbe Figur zeigt. Gegen das Licht gehalten schimmert das ursprüngliche Parallelepipedon nämlich deutlich durch die umgebende dunkle Masse durch. Im übrigen bedürfen die Figuren kaum mehr einer weiteren Beschreibung. Fig. 282 zeigt eine der beiden Oktaederpyramiden des umgebildeten Parallelepipedes in Spitzenansicht; Fig. 283 stellt beide Pyramiden von der Breitseite aus gesehen dar, während Fig. 284 eine reine Schmalseitenansicht wiedergibt. Im Querschnitte des Mittelteiles sind sechs Flächen zu zählen, vier grosse Oktaederflächen, zwei schmale Hexaederflächen. Von Dodekaederflächen der Langseite ist nichts wahrzunehmen gewesen.

## 8. Kegel.

Von den Umbildungen des Kegels habe ich nicht über wesentlich neue Erfahrungen zu berichten. Durch eine grosse Anzahl neuer Beobachtungen an bestimmten Orientierungen bin ich jedoch in den Stand gesetzt, meine früheren Mitteilungen über diesen Gegenstand in einigen Punkten beträchtlich zu vervollständigen.

 $\alpha$ -Versuche.

Künstlicher Alaunkegel, dessen Längsachse mit der Längsachse einer Oktaederpyramide zusammenfällt; die Spitze des Kegels liegt dicht unter der durch eine ansehnliche Hexaederfläche abgestutzten Pyramidenspitze (Fig. 285).

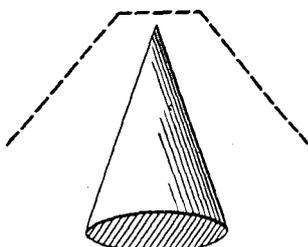


Fig. 285.

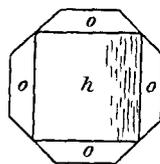


Fig. 286.



Fig. 287.

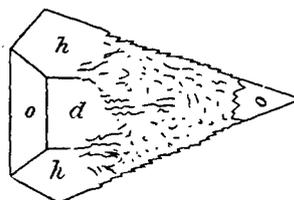


Fig. 288.

Kegel, mit der Spitze gegen eine Oktaederecke orientiert, in seiner Längsachse mit der Pyramidenachse des Stammkrystalles zusammenfallend. Fig. 286 Umbildung der Kegelbasis. Fig. 287 Kegelspitze. Fig. 288 seitliche Ansicht.

Die Basis des Kegels hat einen Durchmesser von 18 mm; seine Länge beträgt 27 mm. Bei der Regeneration wandelt sich die Spitze in eine vierflächige Oktaederecke um, welche langsam gegen die Basis hin an Ausdehnung gewinnt; an Stelle der Ecke ist eine kleine rechteckige Hexaederfläche vorhanden (Fig. 287). Die Basis hat das Ansehen der Fig. 286; es ist eine grosse quadratische, in Abglättung begriffene Hexaederfläche vorhanden, welche an ihren Seiten von noch niedrigen Oktaederflächen begrenzt wird. Mit anderen Worten, es ist von der künstlichen Kegelbasis aus eine junge oktaedrische Gegenpyramide in Entstehung begriffen, welche um so höher werden wird, je mehr die Hexaederfläche sich verkleinert und dadurch die Stutzfläche der Gegenpyramide ihrer Spitze sich nähert. Die seitliche Betrachtung des Kegels giebt ein verschiedenes Bild, je nach der dem Beobachter zugewendeten Fläche. In Fig. 288 ist eine Dodekaederfläche von zum grossen Teile noch rauher Beschaffenheit dem Beobachter

zugewendet; sie ist oben und unten von einer Oktaederfläche begrenzt, die auf Kosten jener sich vergrößern wird. Zu beiden Seiten liegen langgestreckte, ebenfalls zum grossen Teile noch rauhe Hexaederflächen. Der Querschnitt des Mittelstückes ist im unteren Abschnitte der Pyramide achtförmig (vier Hexaeder-, vier Dodekaederflächen), während weiter oben die rauhen Flächen vorläufig ohne scharfe Grenze ineinander übergehen. Man vergleiche hierüber die Verhältnisse des ebenso orientierten, in Umbildung begriffenen Cylinders (S. 67).

Mit Kegeln gleicher Orientierung wurden noch zwei weitere Versuche gemacht, mit dem Unterschiede, dass aus derselben grossen Oktaederpyramide zwei untereinander liegende Kegel geschnitten worden sind. Die Längsachsen beider Kegel fielen also mit der Längsachse der Oktaederpyramide zusammen, die Spitze des zweiten Kegels aber berührte die Basis des ersten. Das Ergebnis der Regeneration war bei beiden ein ganz gleiches; es stimmte auch vollständig überein mit dem Ergebnis des ersten Versuches.

#### $\beta$ -Versuche.

Künstlicher Alaunkegel, dessen Längsachse mit der Längsachse einer Oktaederpyramide zusammenfällt. Die Spitze des Kegels ist jedoch der Basis der Oktaederpyramide zugewendet, die Basis des Kegels also der Spitze jener und liegt von ihr nicht weit entfernt. Der künstliche Kegel ist daher gegenüber der Stammpyramide gewissermassen auf den Kopf gestellt.

Basis des Kegels 15 mm, Höhe 23 mm; die Spitze ist ein wenig abgestumpft und die kleine Stutzfläche der Basis parallel (Fig. 289).

Bei der Regeneration gestaltet sich die Kegelspitze in eine Oktaederecke um (Fig. 293). Die Basis ist in der Neubildung einer Gegenpyramide begriffen. Man nimmt, wie Fig. 292 zeigt, eine gewaltige Hexaederfläche wahr, welche fast ganz glatt geworden ist. Seitlich wird sie eingefasst von vier glatten, niedrigen, neugebildeten Oktaederflächen; zwischen letzteren ziehen feine Dodekaederflächen eine kurze Strecke weit dahin. Die Seitenansicht des in der Umbildung begriffenen Kegels wechselt mit der Zuwendung der verschiedenartigen Längsflächen, welche den früheren Kegelmantel einnehmen. Mit Ausnahme der unmittelbar an die Basis und unmittelbar an die Spitze grenzenden Gebiete sind die seitlichen Flächen sämtlich noch mehr oder weniger rau und im Werden befindlich. Daher kann man sich sehr leicht über ihre Bedeutung irren, wie es auch bezüglich der gleichen Flächen bei den  $\alpha$ -Versuchen der Fall ist. Man erleichtert sich jedoch die Aufgabe auch hier durch die Berücksichtigung der Umbildung des Cylinders. In Fig. 290 ist dem Beschauer eine leicht gerippte Fläche zugewendet, welche zwischen je einer Oktaederfläche

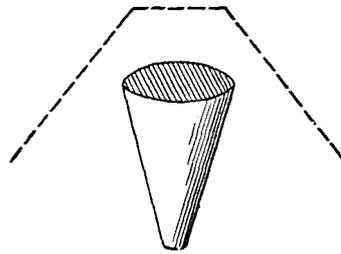


Fig. 289.

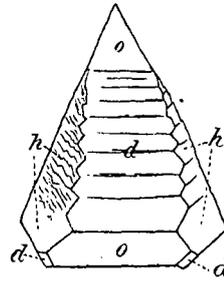


Fig. 290.

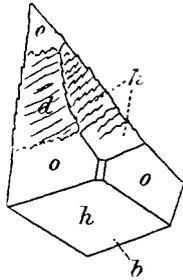


Fig. 291.

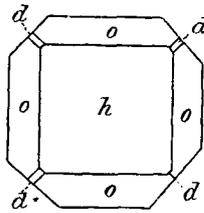


Fig. 292.



Fig. 293.

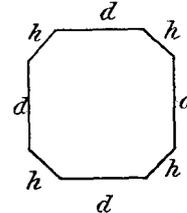


Fig. 294.

Kegel, dessen Längsachse mit der Pyramidenachse zusammenfällt, die Spitze aber zur Basis, die Basis zur Spitze der Pyramide des Stammkrystalles wendet. Fig. 290 Ansicht des umgebildeten Kegel mantels. Fig. 291 zeigt das Gebilde um seine Längsachse gedreht, bei etwas erhobener Basis, so dass auch diese sichtbar wird. Fig. 292 Ansicht der zur Ausbildung einer Gegenpyramide sich anschickenden früheren Kegelbasis. Fig. 293 Kegelspitze. Fig. 294 Querschnittsbild des Mittelstückes.

der Spitze und der Basis ihre Lage hat und einer Dodekaederfläche entspricht. Seitlich wird dieses Feld begrenzt von langgestreckten rauhen Hexaederflächen.

Auf eine seitliche Hexaederfläche aufgelegt und mit erhobener Basis giebt der eigentümliche Körper die Ansicht der Fig. 291. Man erkennt bei *b* das grosse hexaedrische Feld der Basis, von deren oberer Ecke ein kleines Dodekaederfeldchen abgeht. Links und rechts von letzterem liegt je eine Oktaederfläche. Zwischen diesen beiden und einer Oktaederfläche der Spitze folgen noch zwei ausgedehnte rauhe Felder, eine rauhe Hexaeder- und Dodekaederfläche.

Der Querschnitt des Mittelstückes ist achtförmig, wie Fig. 294 vor Augen stellt. Es folgen abwechselnd aufeinander Dodekaeder- und Hexaederflächen, die sämtlich noch in Umbildung begriffen sind und durch ihre Verkleinerung die Nachbarflächen vergrössern werden.

## 2. Versuch.

In einem zweiten Falle war die Orientierung des Alaunkegels ganz dieselbe wie die des soeben beschriebenen (Fig. 295). Die Basis des Kegels hat 20, die abgestutzte Spitze 8 mm Durchmesser, seine Höhe beträgt 25 mm. Das Ergebnis aber weicht von dem vorigen

dadurch ab, dass beide Kreisflächen (Basis und abgestutzte Spitze des Kegels) sich nicht wieder in eine Spitze (Oktaederecke) zurückverwandeln, sondern je in eine Oktaederkante, mit zwei sie begrenzenden Oktaederflächen. Man erkennt dies deutlich bei der Betrachtung der Figg. 299 und 300. In Fig. 296 ist aus der Dodekaederfläche, welche zwischen den Oktaederflächen *o, o* gelegen war, bereits eine Kante hervorgegangen (*d*), an beiden Enden begrenzt von je einer Hexaederfläche. Was aber die Verhältnisse der Basis betrifft, so wird ihre

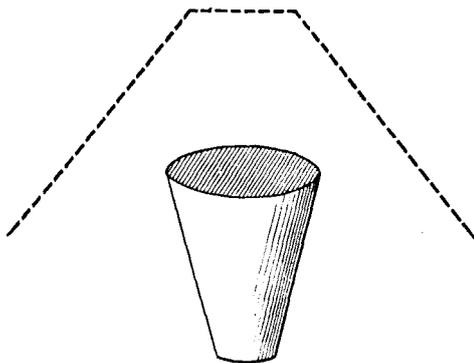


Fig. 295.

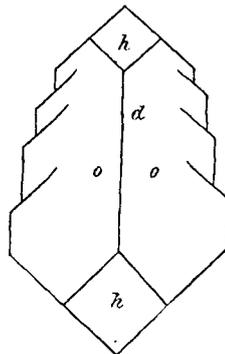


Fig. 296.

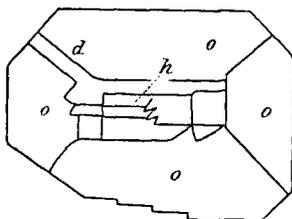


Fig. 297.

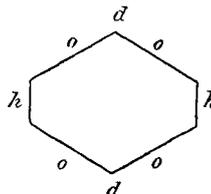


Fig. 298.

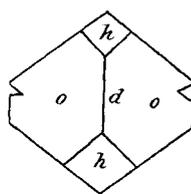


Fig. 299.

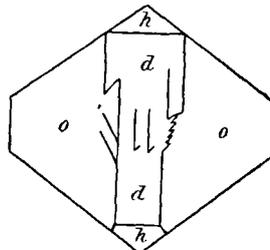


Fig. 300.

Fig. 295 abgestutzter Kegel der gleichen Orientierung wie im vorhergehenden Falle; doch ist die Basis des Kegels viel weiter von der Pyramidenspitze entfernt. Fig. 296 eine Ansicht des umgebildeten Kegelmantels. Fig. 297 Längsansicht, in Pyramidenstellung. Fig. 298 Querschnittsbild des oberen Mittelstückes. Fig. 299 Ansicht der umgebildeten Kegelspitze. Fig. 300 Ansicht der umgebildeten Kegelbasis.

Mitte durchzogen von einer noch vorhandenen Dodekaederfläche (Fig. 300, *d, d*), welche seitlich je an eine Oktaederfläche (*o, o*), andererseits an ebenfalls unfertige Hexaederflächen grenzt.

Zwei Ansichten des umgebildeten Kegelmantels stellen die Figg. 297 und 296 vor Augen. In der ersteren liegt eine Spitzenansicht der oberen Oktaederpyramide vor, wobei die Spitze allerdings in Form einer ansehnlichen Hexaederfläche erscheint. Ähnliche Verhältnisse zeigt die Spitzenansicht der unteren Pyramide, welche daher nicht gezeichnet worden ist. Dreht man den Kegelmantel aus Fig. 297 90° um seine Längsachse, so erhält man das Bild der Fig. 296. An Stelle

einer Dodekaederfläche liegt eine lange Kante ( $d$ ) vor, welche zwei Oktaederflächen voneinander trennt. Die Seitenränder der letzteren zeigen terrassenförmige Stufen. An beiden Enden stösst die Mittelkante an eine Hexaederfläche. Ganz ähnlich ist das Bild von der Gegenkante aus. Ein Querschnitt des Mittelstückes des neugebildeten Oktaeders, welches also seine mit den Bezug auf den Stammkristall an der Spitze und an der Basis des ursprünglichen Kegels zu erwartenden Ecken in Kanten vertauscht hat, während im Mantelgebiete zwei neue Pyramidenspitzen aufgetreten sind, — zeigt dem Angegebenen gemäss zur Zeit vier Oktaeder- und zwei Hexaederlinien (Fig. 298). Wenn in späterer Zeit die Hexaederflächen des Kegelmantels sich in eine gedehnte Spitzenkante umgewandelt haben werden, liegt ein von vier Oktaederlinien begrenzter Querschnitt vor.

#### $\gamma$ -Versuche.

Kegel, dessen Mantel der Länge nach eine Oktaederfläche des Stammkristalles tangiert (Fig. 301). Es ist nach den früheren Erfahrungen zu erwarten, dass sich längs der Berührungslinie und zu ihren beiden Seiten eine Oktaederfläche ausbilden wird. Wie aber soll es, so wird man sich fragen, die durch die Berührungslinie ebenfalls bestimmte Parallelfäche zu der im Gebiete der Berührungslinie entstandenen Oktaederfläche halten, da sie doch auf der entgegengesetzten, keineswegs parallelen Seite des Kegelmantels ihre Lage haben muss? Aus der ihm so bereiteten Verlegenheit weiss sich der

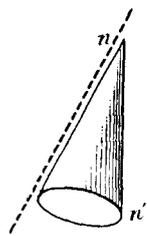


Fig. 301.

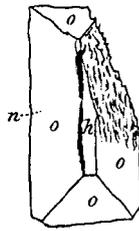


Fig. 302.

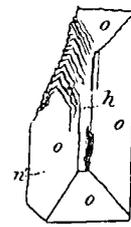


Fig. 303.

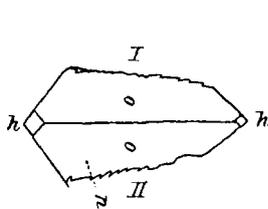


Fig. 304.

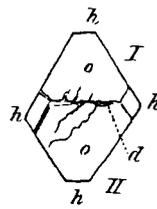


Fig. 305.

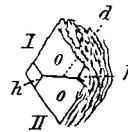


Fig. 306.

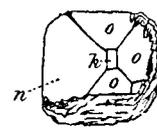


Fig. 307.

Kegel, dessen Mantelfläche der Länge nach eine Oktaederfläche tangiert. Figg. 302 und 303 Ansicht der oberen und unteren Pyramide des umgebildeten Kegels. Fig. 304 Embryo der vorigen Figuren,  $90^\circ$  um seine Längsachse gedreht. Fig. 305 Ansicht der umgebildeten Basis. Fig. 306 Ansicht der umgebildeten Spitze. Fig. 307 Ansicht der umgebildeten Spitze bei geänderter Haltung des Embryo.

künstliche Kegel sehr leicht dadurch zu helfen, dass er in der That eine Parallelfäche entwickelt, und zwar von demjenigen Punkte aus, welcher am ganzen Kegelmantel am weitesten von der Berührungslinie entfernt gelegen ist. Dieser Punkt liegt an der Kegelbasis, gegenüber jenem Punkte derselben, welcher an der Schneidungsstelle der Kegelbasis und der Berührungslinie seine Lage hat, d. i. bei  $n'$ , Fig. 301. An dieser Stelle lagert sich, seitlich um den Punkt herum, massenhaft Material ab, und dehnt sich mehr und mehr auch gegen die Spitze des Kegels hin aus. So ist die Parallelfäche zu der Berührungsfäche zustande gebracht und zwei Oktaederflächen des zukünftigen Gebildes bereits vorhanden. Die Figg. 302 und 303 zeigen den in der Umbildung begriffenen Kegel von der Spitzenseite der oberen und unteren Oktaederpyramide aus. An jener ist die Berührungsfäche ( $n$ ), an dieser die zur ihr gehörige Parallelfäche ( $n'$ ) sichtbar. Auf beiden Pyramiden sind gegen die ursprüngliche Kegelspitze hin ansehnliche Rauhfelder gelagert. Obere und untere Pyramide in der Breitseitenansicht sind in der Fig. 304 sichtbar. Die Basis des Kegels hat zu dieser Zeit das Aussehen der Fig. 305; die Spitze ist in Fig. 306 dargestellt; die Spitzenkante verläuft der Basis parallel. Wird die links gelegene Hexaederfläche  $h$  der Fig. 306 zur Spitze aufgerichtet und der Kegel von ihr aus betrachtet, so erhält man Fig. 307, in welcher die Berührungsfäche bei  $n$  ihre Lage hat.

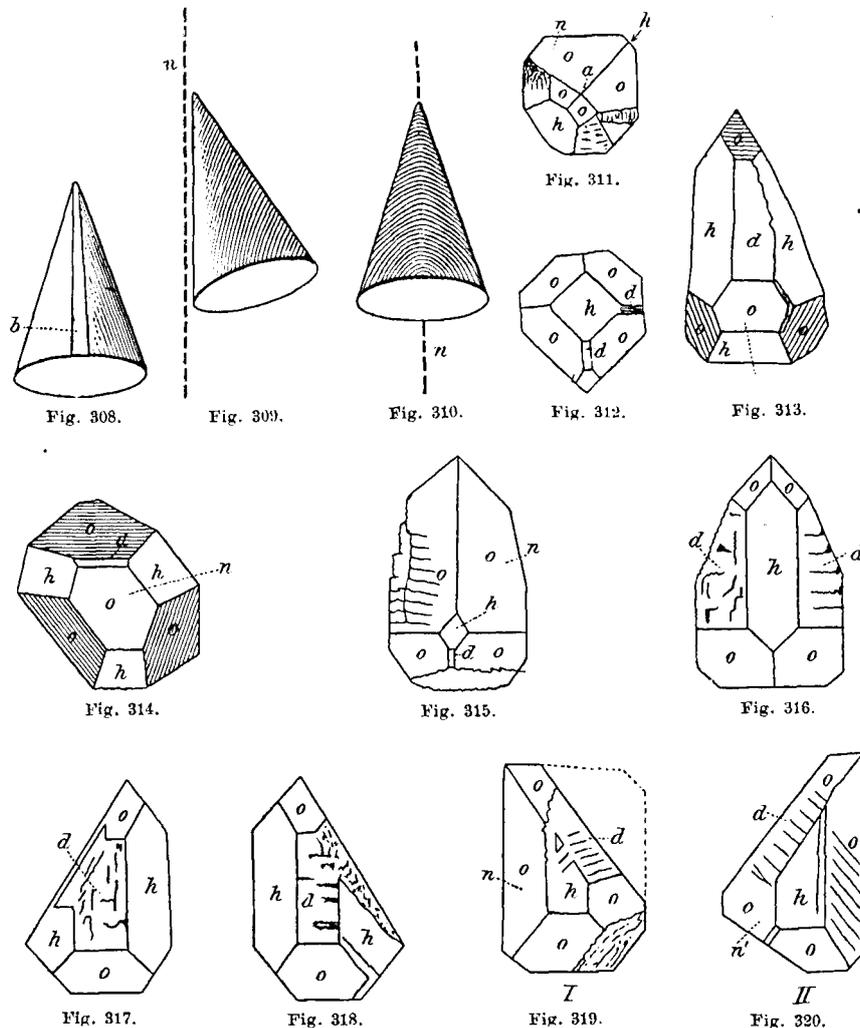
## 2. Versuch.

Die Orientierung des Kegels ist, wie Fig. 309 zeigt, insofern die gleiche wie im vorigen Versuche, als die Mantelfäche eine natürliche Oktaederfläche des Stammkrystalles in einer geraden Linie von der Basis bis zur Spitze tangiert. Das Ergebnis des Versuches aber weist darauf hin, dass die Basis des Kegels und mit ihr der ganze Kegel dennoch anders zum Stammkrystalle orientiert ist, und zwar gegen eine Oktaederecke, während sie im vorigen Versuche zu einer Kante orientiert war.

Bei der Herausarbeitung des Kegels aus der Alaunpyramide war längs des Kegelmantels ein Streifen natürlicher Oktaederfläche mit Absicht stehen gelassen, der als Marke diente. Die Basis des Kegels hat einen Durchmesser von 16 mm, seine Höhe beträgt 26 mm. Bei der Herstellung des Kegels traten auf der der Marke gegenüberliegenden Hälfte des Mantels die Lamellen als schöne Parallelbogen deutlich zu Tage. Sie sind in Fig. 309 bei seitlicher Ansicht, in Fig. 310 von der hinteren Fläche aus dargestellt.

Bei der Regeneration legte sich in der That längs der Marke eine breite Oktaederfläche an, die nach der Kegelspitze sich verjüngte. Durch eine Kante von ihr geschieden trat gleichzeitig eine grosse

zweite Längsfläche auf, fast von derselben Breite, von gleicher Länge und Begrenzung; es war eine zweite Oktaederfläche. Beide grosse Flächen, von der sie trennenden Kante aus aufgenommen, sind in



Regel der gleichen Orientierung wie im vorigen Falle Fig. 308, *b* Berührungstreifen, der als Marke dient. In Fig. 309 und 310 sind in seitlicher und hinterer Ansicht die Lamellen des Krystalles deutlich sichtbar. Fig. 311 und 312 Ansicht der umgebildeten Spitze und Basis. Fig. 313 Ansicht des auf die Berührungsfläche gelegten, die entgegengesetzte Parallelfäche (*n'*) dem Beobachter zuwendenden Embryo. Fig. 314 (vergl. Fig. 25) gehört einer anderen Gruppe an und dient zur Vergleichung der Flächen von Fig. 313. Fig. 315 bis 320 verschiedene Längsansichten. Vergl. Fig. 313 auch mit Fig. 74, 186 und 212.

Fig. 315 leicht zu erkennen; die eine davon, *n*, ist die Berührungsfläche.

Von der diesen Flächen entgegengesetzten Seite betrachtet, hat der in Umbildung befindliche Kegel das Aussehen der Fig. 316. In den beiden ersten Tagen der Regeneration war es unmöglich, die vielen

Flächen, ihrer unbestimmten Begrenzung und vielfach rauhen Beschaffenheit wegen, sicher zu deuten. Erst am Ende des dritten Tages trat hierin Wandel ein. Jetzt traten alle Teile klar zu Tage und wurden für die Zeichnung der Figg. 316 bis 320 verwendet. Jene Gegenseite nun (Fig. 316) enthält ein langes glattes Mittelfeld, welches sich oben und unten zuspitzt, links und rechts an Raufelder, oben und unten je an zwei Glattflächen grenzt. Alle diese vier Felder ergeben sich durch ihre Beziehungen als Oktaederflächen, das Mittelfeld  $h$  aber ist eine grosse Hexaederfläche, parallel dem kleinen Hexaederfelde der Fig. 315. Die beiden seitlichen Felder ( $d, d$ ) erweisen sich als eine fein gerippte und als eine mehr unregelmässig gefurchte Dodekaederfläche. Von je einer solchen Dodekaederfläche aus gesehen, giebt der Kegel das Bild der Figg. 317 und 318. Stellt man ihn so auf, dass die kleinen Hexaederflächen der Figg. 317 und 318 dem Beobachter sich zuwenden und als (noch unvollständige) Spitzen je einer Oktaederpyramide sich darstellen, so erhält man das Bild der Figg. 319 und 320. Durch Strichelung ist in Fig. 319 der Umriss der einen Pyramide ergänzt worden.

Von der Kegelspitze aus betrachtet erscheint das Gebilde in der Form der Fig. 311. Es ist nützlich, diese Figur auf die Figg. 315 und 316 zu beziehen. Die Spitze ( $a$ ) zeigt sich von vier Oktaederflächen umgeben, deren eine ( $n$ ) der Berührungsfläche angehört. Ebenso enthält die Basis vier Oktaederflächen (Fig. 312), welche eine grosse Hexaederfläche ( $h$ ) einschliessen. Auf die Berührungsfläche  $n$  aufgelegt und von der noch kleinen Parallelfäche dieser aufgenommen, hat der umgebildete Kegel das Ansehen der Fig. 313. Man kann dieses Bild sehr wohl vergleichen mit Umbildungen von Kegeln, deren Basis oder Spitze einer natürlichen Oktaederfläche angehört, oder mit ähnlichen Formen dieser Art, wie sie in Fig. 314 daneben gesetzt wurde (vergl. auch Fig. 25). In der Fig. 313 erscheinen nur zwei Hexaederflächen und eine davon eingeschlossene Dodekaederfläche sehr weit gegen die Kegelspitze hin ausgezogen, so dass ganz am Ende erst die dritte Oktaederfläche zum Vorschein kommt.

Sieht man ab von den veränderten Verhältnissen der Basis und Spitze, so ist die Umbildung dieses Kegels ganz die gleiche wie im vorigen Falle. Nur sind im vorigen Falle die einzelnen rauhen Felder zum Teile weniger deutlich voneinander geschieden und darum nicht im einzelnen dargestellt und abgebildet worden.

#### $\delta$ -Versuche.

Kegel, dessen Basis einer natürlichen Okerfläche angehört.

Es ist schon in der I. Untersuchungsreihe hervorgehoben worden, dass Kegel, hohe oder niedrige, deren Basis oder Spitze einer natür-

lichen Oktaederfläche des Stammkrystalles angehört, bei der Regeneration aus der Spitze wieder eine Oktaederfläche hervorgehen lassen. Von hohen Kegeln ist dort indessen noch keine Abbildung geliefert worden, was hiermit nachgetragen wird.

Die Basis des Alaunkegels hat 11 mm Durchmesser, seine Länge beträgt 20 mm; die Spitze ist erhalten (Fig. 321). Bei der Regeneration wandelt sich die Basis in ein sechsseitiges Polygon um (Fig. 323), die Spitze dagegen in ein der Basis paralleles, einstweilen noch sehr kleines gleichschenkeliges Dreieck von etwa 1,5 mm Seite, von dessen Ecken je eine feine Fläche eine Strecke weit basalwärts zieht, bald

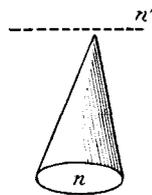


Fig. 321.

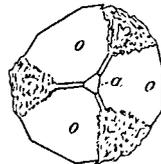


Fig. 322.

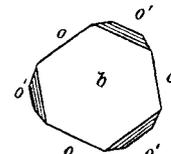


Fig. 323.



Fig. 324.

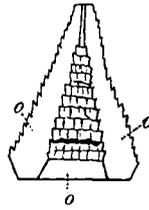


Fig. 325.



Fig. 326.

Kegel, dessen Basis einer natürlichen Oktaederfläche angehört. Fig. 322 zweimal vergrösserte Spitzenansicht des umgebildeten Kegels. Fig. 323 Basalansicht. Fig. 324 bis 326 Längsansichten.

aber auf Wucherflächen stösst (Fig. 322), die sich bis in die Nähe der Basis hinziehen. Socher Wucherflächen sind hiernach drei vorhanden, die, wie jene feinen Flächen, in regelmässigem Abstände voneinander auf den Umfang verteilt sind. In der Nähe der Basis endigen diese Wucherflächen, indem sie je in eine kleine, glatte Fläche, eine Oktaederfläche, übergehen. Zwischen den von der Spitze zur Basis sich erstreckenden Zügen dieses Dreihstrahles, von welchen jeder einzelne Zug aus drei verschiedenen Stücken besteht (Fig. 325), liegen von der Spitze bis zur Basis sich ununterbrochen ausdehnende glänzende Flächen eingeschaltet, grosse Oktaederflächen (Fig. 324). Da, wo basalwärts die grossen an die kleinen Oktaederflächen stossen, sind an mehreren Stellen feine Dodekaederflächen sichtbar.

So eigentümlich das ganze Gebilde auf dieser Stufe aussieht, so liegt doch nichts anderes vor, als ein Oktaeder von ungewöhnlicher Form. Man erkennt dies schon aus der Beurteilung der Fig. 325, welche, sowie die Spitze der Pyramide sich ein wenig aufrichtet, auch

das kleine Spitzenfeld als zu einer Oktaederpyramide gehörig wahrnehmen lässt (Fig. 326). Die Basis hingegen, zwei an die Basis grenzende kleine Oktaederflächen, und die dritte grosse Oktaederfläche sind zusammen die vier Flächen der zweiten Pyramide. Es liegt also ein eigentümlich gestaltetes Dehnungsoktaeder vor, bei welchem die drei Wucherflächen Hexaederflächen entsprechen.

## 2. Versuch.

Von gleicher Orientierung (Fig. 327).

Die Basis des Kegels hat 15 mm, seine Höhe 37 mm. Die einer natürlichen Oktaederfläche angehörige Basis wandelt sich bei der Regeneration in ein Sechseck, die Spitze in die der Basis gegenüberliegende Parallelfäche um. Die umgewandelte Spitze ist in Fig. 329

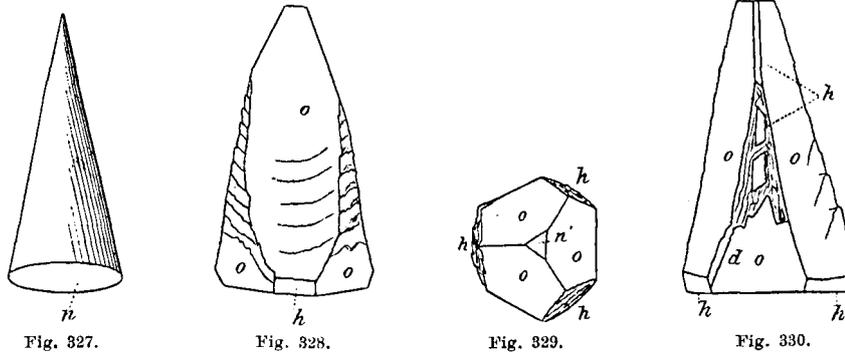


Fig. 327.

Fig. 328.

Fig. 329.

Fig. 330.

Kegel, dessen Basis wie im vorigen Falle einer natürlichen Oktaederfläche angehört. Fig. 328 Längsansicht. Fig. 329 Spitzenansicht der Umbildung. Fig. 330 einem anderen Kegel angehörige Längsansicht nach mehrtägiger Regeneration.

als kleines gleichseitiges Dreieck von völlig glatter Beschaffenheit sichtbar. Von der Spitzenfläche, die nichts anderes ist als eine kleine Oktaederfläche, fallen in steiler Richtung drei sich abwärts verbreiternde Oktaederflächen zur Basis ab. Von einer solchen Fläche aus aufgenommen, giebt der in Umbildung begriffene Kegel die Form der Fig. 328. Zu beiden Seiten der drei langen und breiten Oktaederflächen des Kegelmantels finden sich in dem zwischen dem Spitzen- und Basalteile desselben gelegenen Mittelstücke in abwechselnder Stellung drei unfertige zerklüftete Hexaederfelder vor, welche zugleich deutliche Segmentierung besitzen.

Von einem dritten Falle gleicher Orientierung giebt Fig. 330 eine Ansicht des schon weit umgebildeten Kegels, welche von einem Hexaederfelde des Kegelmantels aus aufgenommen worden ist. Denkt man sich die Kegelspitze ein wenig aufgerichtet, so erscheint das kleine

dreieckige Feld der Spitze, und man hat alsdann die vier Oktaederflächen vor Augen, welche eine der beiden Pyramiden des gewordenen Oktaeders zusammensetzen.

#### 4. Versuch.

Von gleicher Orientierung.

Die Spitze des aus Chromalaun bestehenden Kegels gehört einer natürlichen Oktaederfläche an, die Basis ist dieser Fläche oder der zugehörigen Parallelfäche parallel. Der Chromalaunkegel wurde in konzentrierte Lösung von Kaliumalaun gelegt, um das Flächenwachstum an der Spitze deutlicher beobachten zu können. Während der Regeneration lässt sich Tage hindurch auf das deutlichste sehen, dass ein Spitzenwachstum in der Richtung der Längsachse nur in höchst minimalem Grade stattfindet; um so bedeutender dagegen ist das

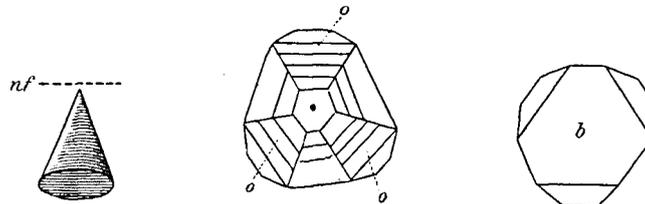


Fig. 331.

Fig. 332.

Fig. 333.

Kegel aus Chromalaun, in Kaliumalaun regeneriert. Fig. 332 vergrösserte Spitzenansicht; der centrale Punkt entspricht der ursprünglichen Kegelspitze. Fig. 333 vergrösserte Basalansicht.

circumapicale Wachstum. Die Spitze wird sehr bald in einen glänzenden Punkt und eine kleine glänzende dreieckige Fläche umgewandelt, zu der erst später drei kleinste Kanten sich hinzugesellen, die dann auch anwachsen. Dann ist auch die Spitzenfläche sechsseitig geworden. In der Mitte der Spitzenfläche, die eine echte Oktaederfläche darstellt, erkennt man fortwährend einen dunklen Punkt; es ist die Spitze des Chromalaunkegels. Dass ein starkes circumapicales Wachstum statt hat, die Spitze sich also verbreitert zu einer Fläche und nur äusserst langsam als Fläche sich erhöht, kann nicht Wunder nehmen. Es sind bei der künstlichen Herstellung der Spitze die Lamellen um die Spitze sämtlich in schräger Richtung zerschnitten worden. Sie eignen sich erfahrungsgemäss ausgezeichnet zu starkem Flächenwachstum, während die Apposition auf Flächen (das Ende der Spitze ist eine minimale Lamellenfläche) nur weit langsamer vor sich geht (Fig. 332).

#### $\epsilon$ -Versuche.

Doppelkegel, dessen eine Spitze zu einer natürlichen Oktaederfläche des Stammkrystalles orientiert ist (Fig. 334).

Bei der Regeneration bildet sich die tangierende Spitze, und

ebenso die entgegengesetzte, dem unteren Kegel angehörige Spitze, in Oktaederflächen um, von deren Seitenrändern je sechs Flächen gegen die Kegelbasis und über sie hinaus sich ausdehnen (Figg. 335 und 336). Drei dieser Flächen sind Oktaederflächen, fast fertig ausgebildet. Die drei Zwischenfelder dagegen sind Hexaederflächen, noch stark im

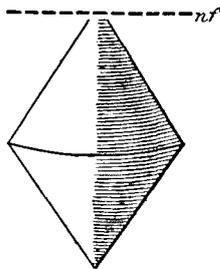


Fig. 334.

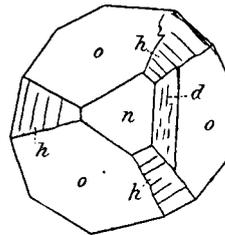


Fig. 335.

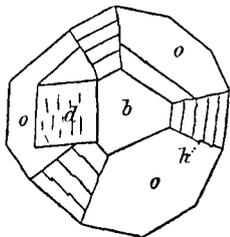


Fig. 336.

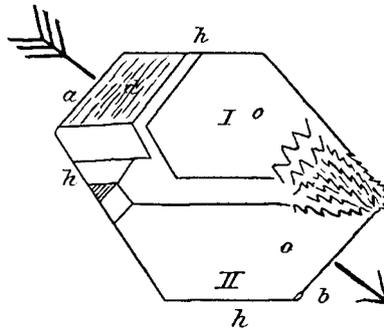


Fig. 337.

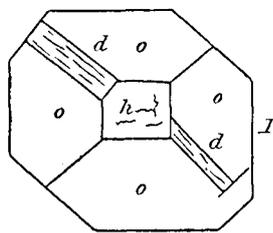


Fig. 338.

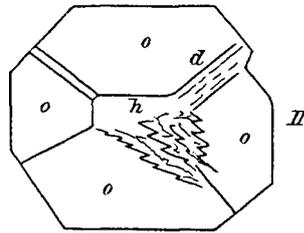


Fig. 339.

Doppelkegel, dessen eine Spitze gegen eine natürliche Oktaederfläche (*nf*) orientiert ist. Fig. 335 und 336 Spitzenansichten nach geschehener Umbildung. Fig. 337 Seitenansicht beider Pyramiden. Fig. 338 und 339 obere und untere Pyramide in Spitzenansicht.

Wachstum begriffen. Die Hexaederfelder des oberen Kegels grenzen unten an Oktaederflächen des unteren Kegels; die Oktaederflächen des oberen Kegels aber an Hexaederfelder des unteren Kegels. Jeder Kegel besitzt eine grosse Dodekaederfläche, und sie liegen an entgegengesetzten Stellen beider Kegel. Die Ansicht des unteren Kegels, von der ursprünglichen Spitze desselben genommen, giebt folglich ein

dem oberen Kegel ganz entsprechendes Bild (Fig. 336). In Pyramidenstellung gebracht zeigt der umgebildete Kegel, dessen Spitzen keineswegs mehr den Pyramidenspitzen des Oktaeders entsprechen, sondern zu Oktaederflächen geworden sind, die Verhältnisse der Figg. 338 und 339. Eine reine Seitenansicht liegt in Fig. 337 vor.

## 2. Versuch.

Ein ebenso orientierter Doppelkegel, mit der Modifikation, dass seine beiden Spitzen natürlichen Oktaederflächen eines grossen Stamm-

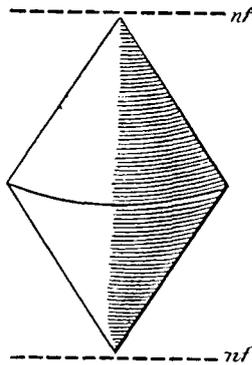


Fig. 340.

Doppelkegel, dessen beide Spitzen je einer natürlichen Oktaederfläche (*nf*) angehören. Fig. 341 eine der Seitenansichten nach mehrstäufiger Regeneration.

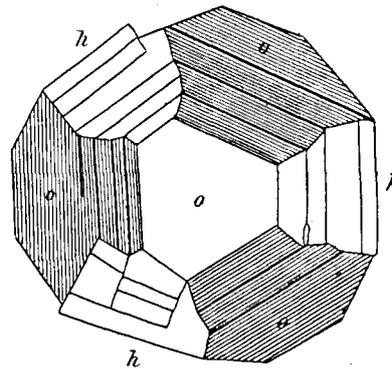


Fig. 341.

krystalles angehören, liegt nach geschehener Umbildung, in Spitzenansicht, in Fig. 341 vor. Er hat ein schönes Aussehen durch die vielen Treppenfalten, die sowohl am oberen als auch am unteren Kegel vorhanden sind und insbesondere den Hexaederfeldern, teilweise auch den Oktaederflächen angehören.

## ζ-Versuche.

Kegel, dessen Basis auf eine Oktaederkante orientiert ist (Fig. 342). Länge des Kegels 20 mm, Basis 11 mm.

Die Basis wurde, wie die Fig. 342 es andeutet, auf eine Oktaederkante und auf die sie bedingenden beiden Flächen aufgezeichnet und der Kegel, mit senkrecht auf die Kante gerichteter Achse, in die Tiefe des Stammkrystalles hinein- und aus ihm herausgearbeitet. Die Spitze des Kegels, die bei der Bearbeitung abbrach und nunmehr parallel der Basis zu einer kleinen Fläche geschliffen wurde, gehört also der Tiefe des Stammkrystalles an. Sorgfältig geschliffen und an der Basis durch Abtragung der Kante und der beiden natürlichen Flächen zu einer Kreisfläche umgearbeitet, kam der Kegel darauf in die Regenerationsflüssigkeit. Die Kegelspitze entwickelt ein rektangulär halbiertes

Oktaeder, dessen Ausbildung nach der Basis hin fortschreitet (Fig. 344). Die Basis liefert ein Bild, das in Fig. 343 wiedergegeben ist. Man erkennt eine breite Dodekaederfläche, die endwärts an Hexaederflächen grenzt. Zu beiden Seiten der Dodekaederflächen haben sich grosse Oktaederflächen ausgebildet. Bei weiterer Ausbildung wird aus der

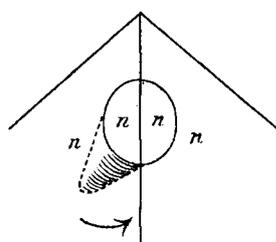


Fig. 342.



Fig. 343.



Fig. 344.

Kegel, dessen Basis von einer natürlichen Oktaederkante diametral eingenommen wird. Das zweiflächige basale Dach ward abgetragen und eine künstliche Kreisfläche hergestellt. Fig. 343 und 344 Ansichten der Basis und der Spitze nach mehrtägiger Regeneration.

Dodekaederfläche eine Kante hervorgehen. Man erkennt, dass die ursprüngliche Basis und die sie in zwei gleiche Hälften teilende Oktaederkante sich wiederhergestellt hat. Die Mantelfläche des Kegels dagegen hat sich zu vier grossen Oktaederflächen umgebildet, zwischen welchen lange und breite Hexaederflächen von rauher Beschaffenheit, eine langgestreckte schmale Dodekaederfläche und eine scharfe Längskante ihre Lage haben.

## 2. Versuch.

Der Kegel ist genau so orientiert wie der im vorhergehenden Versuche beschriebene, aber seine, der Tiefe des Stammkrystalles entsprechende Spitze ist vollkommen erhalten. Die Basis wird aus ihrer dachförmigen Gestalt, welche aus zwei natürlichen Flächen und einer sie verbindenden Kante zusammengesetzt ist, mit dem Messer zu einer ebenen Fläche von Kreisform umgestaltet, welche senkrecht zur Längsachse des Kegels gelegen ist, ganz wie im vorigen Falle. Der Kegel

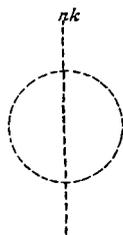


Fig. 345.

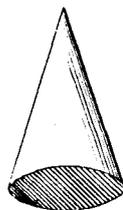


Fig. 346.

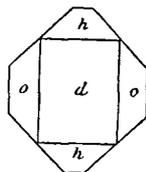


Fig. 347.



Fig. 348.

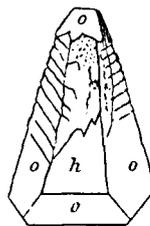


Fig. 349.

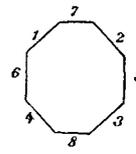


Fig. 350.

Ebenso orientierter Kegel wie im vorigen Falle. Auch hier wurde das zweiflächige natürliche Dach der Kegelbasis gleichmässig abgetragen und ein Kegel von der Form der Fig. 346 hergestellt. Fig. 347 und 348 Ansichten der in Umbildung begriffenen Basis und Spitze. Fig. 349 Längsansicht in Pyramidenstellung ( $h$  = Spitze der vierseitigen Pyramide). Fig. 350 Querschnittsbild.

unterscheidet sich somit von dem vorigen wesentlich nur durch den Besitz der Spitze. Die Grössenverhältnisse sind ähnlich; Durchmesser der Basis 15 mm, Länge 23 mm.

Bei der Regeneration bildet sich die Basis ganz nach der Weise um, die im vorigen Falle beschrieben wurde. Es entsteht eine anfänglich breite Dodekaederfläche, an deren Enden je eine Hexaederfläche: die ersten Anlagen der künftigen Kante, die man nach früheren Versuchen über Kantenregeneration ein Recht hat, als der Richtung nach mit der ursprünglichen natürlichen Kante zusammenfallend anzusprechen. Hieraus folgt, dass an der Basis die verlorene Mittelkante wieder gebildet wird (Fig. 347). Und die Spitze? Sie ist zu einem kleinen Gegenbilde der Basis geworden, wie im vorigen Falle. Wie Fig. 348 zeigt, so fassen zwei kleine Oktaederflächen eine Kante zwischen sich, welche der Dodekaederfläche der Basis parallel verläuft und an ihren Enden je auf eine Hexaederfläche trifft, deren eine der anderen an Grösse gleichkommt. Die Umbildung des Kegelmantels ist aus Fig. 349 zu ersehen, welche eine der beiden Oktaederpyramiden in Spitzenansicht wiedergibt. Die Spitze dieser Oktaederpyramide ist aber keineswegs in der Gegend der Spitze des Kegels gelegen, sondern befindet sich, wie im vorigen Falle, im Gebiete des Kegelmantels, wo sie eine paarig entwickelte, grosse, langgestreckte Hexaederfläche darstellt (Fig. 349, *h*). Der Querschnitt des Mittelstückes ist achtseitig, so lange Hexaederflächen und Dodekaederflächen an der Mantelfläche des Kegels vorliegen (Fig. 350).

#### $\eta$ -Versuch.

Spindel, mit ihrem Äquator parallel einer natürlichen Kante des Stammkrystalles orientiert (Fig. 351).

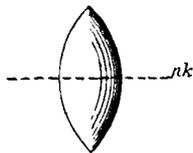


Fig. 351.

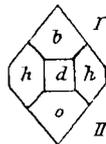


Fig. 352.

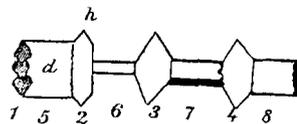


Fig. 353.

Spindel, deren Äquator eine natürliche Oktaederkante in paralleler Richtung tangiert. Fig. 252 Längsansicht der Umbildung;  $b=0$ . Fig. 353 das Band der Hexaeder- und Dodekaederflächen in eine Ebene ausgebreitet (1, 2, 3, 4 Hexaederflächen; 5, 6, 7, 8 Dodekaederflächen).

Längsachse der Spindel 19 mm, Dickenachse 8 mm. Bei der Regeneration entwickelt sich in der äquatorialen Zone ein breiter Kranz von je vier abwechselnd aufeinanderfolgenden Dodekaederflächen und Hexaederflächen. Diesem Kranze ist jederseits eine Oktaederpyramide aufgesetzt. Da in späterer Zeit aus den Dodekaederflächen Kanten hervorgehen werden, so hat sich die ursprüngliche Kante wieder-

hergestellt, aber auch die zu ihr gehörige Parallelkante und die beide miteinander verknüpfenden Verbindungskanten. Liegen die letzteren drei Kanten auch an anderen Orten als die entsprechenden drei Kanten des Stammkrystalles, so sind sie diesen doch parallel.

#### $\beta$ -Versuche.

Orientierung einer Kegelspitze auf eine natürliche Oktaederkante (Fig. 354).

Basis des Kegels 24 mm, Höhe 17 mm. Auf einer natürlichen Oktaederkante ward die Spitze des zukünftigen Kegels kreisförmig markiert und von hier aus der Kegelmantel und die Kegelbasis aus dem Stammkrystallo herausgearbeitet, so zwar, dass die Achse des Kegels auf jener Kante senkrecht steht. Nach gehöriger Zuschleifung gelangte der Alaunkegel in die Regenerationsflüssigkeit. Es bildet sich in ihr eine schöne Oktaederpyramide aus, welche an den Kanten teils

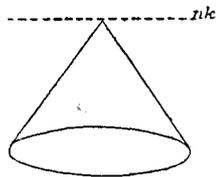


Fig. 354.

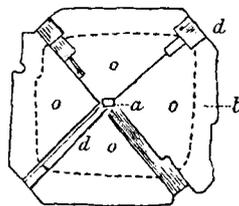


Fig. 355.

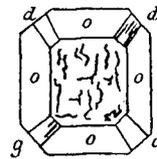


Fig. 356.

Kegel, dessen Spitze senkrecht gegen eine natürliche Oktaederkante (*nk*) orientiert ist. Fig. 355 Spitzenansicht des zu einer Oktaederpyramide umgebildeten Kegels. *a* Spitze; *b* in gestrichelten Linien eingezeichnete Grenze der an der Kegelbasis neu sich bildenden Gegenpyramide (Fig. 356).

durchgehende, teils stückweise aufgetragene schmale Dodekaederflächen trägt. Die obere Ecke ist von einer sehr kleinen Hexaederfläche eingenommen. An den basalen Ecken liegen ansehnliche, unfertige Hexaederflächen. Von der Basis aus ist eine untere Pyramide in der Entstehung begriffen, deren innere Grenze auf Fig. 355 gestrichelt wiedergegeben ist, so dass daraus ihr Verhältnis zur Basis ersehen werden kann. Dieser gestrichelte Rand schliesst eine mächtige Hexaederfläche ein, die zur Zeit ein kräftiges Wucherfeld darstellt (Fig. 356). An den Kanten der also noch niedrigen zweiten oder neugebildeten Pyramide sind kleine, ziemlich breite Dodekaederflächen ausgebildet.

So hat sich also aus dem Kegel ein Oktaeder herausgebildet. Die berührende Spitze des ursprünglichen Kegels aber hat keine Kante wiedererzeugt, sondern eine Ecke gebildet, die allerdings zunächst noch von einer kleinen rechteckigen Hexaederfläche vertreten wird.

Ganz ebenso verhält es sich mit zwei anderen Kegeln der gleichen Orientierung und etwas kleineren Grössenverhältnissen.

In zwei anderen Fällen von Kegeln mit gleicher Orientierung der Spitze zu einer natürlichen Oktaederkante hat die Spitze eine kleine

Kante, die Basis aber eine ansehnliche Kante, zunächst eine die Mitte der Basis durchziehende breite Dodekaederfläche gebildet, die zu einer Kante in der Folge sich gestalten wird; Spitzen- und Basalkante sind in beiden Fällen einander parallel.

#### $\iota$ -Versuche.

Orientierung der Basis des Kegels zu einer natürlichen Oktaederfläche, seiner Spitze zu einer gegenüberliegenden Ecke des Stammkrystalles.

Basis des Kegels 18 mm, Höhe 23 mm. Infolge der angegebenen Orientierung ist der Kegel kein gerader, sondern ein etwas schräg ansteigender, so dass eine Randlinie des Mantels nahezu senkrecht ansteigt (Fig. 357).

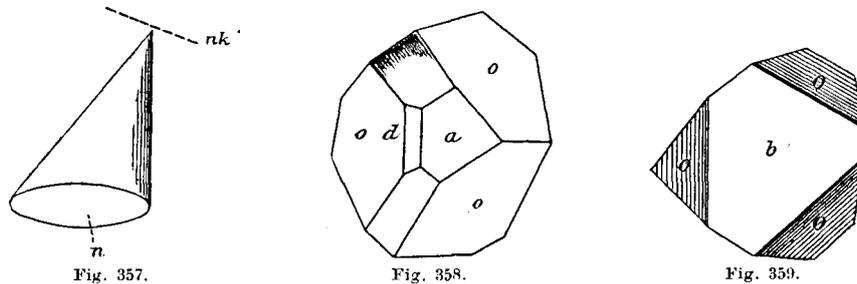


Fig. 357. Schräger Kegel mit natürlicher Basis, seine Spitze zu einer natürlichen Oktaederkante wendend. Fig. 358 vergrößerte Ansicht der ungebildeten Spitze; Fig. 359 der ungebildeten Basis.

Bei der Regeneration entsteht aus dem Kegel die aus dem früheren bekannte zierliche Form des Oktaeders, die der Orientierung der Kegelsbasis oder -Spitze auf eine Oktaederfläche angehört. Der Kegel entzog sich der Verlegenheit, in die er durch gleichzeitige Orientierung auf eine Fläche und auf eine Kante versetzt worden war, wie erwartet worden, durch Neubildung einer Fläche an der Spitze (Fig. 358).

Ein zweiter Versuch ganz derselben Art führte zu dem gleichen Ergebnis. In beiden Fällen steht die neugebildete Spitzenfläche, die der Basis parallel ist, nicht senkrecht über ihr, sondern hat der Basis gegenüber eine deutlich exzentrische Lage.

#### 9. Pyramide.

Auch von der Umbildung drei- und vierseitiger Pyramiden bin ich in der Lage, eine Reihe ergänzender neuer Beobachtungen mitteilen zu können. Sie beziehen sich auf die Unterschiede der Umbildung, welche durch verschiedene Höhe der Pyramiden veranlasst werden, auf Unterschiede der Umbildung gerader und schräger Pyramiden, sowie auf Unterschiede, welche auf veränderter Orientierung beruhen.

$\alpha$ -Versuch.

Niedrige dreiseitige Pyramide mit gleichseitiger Basis, welche einer natürlichen Oktaederfläche des Stammkrystalles angehört (Fig. 360).

Seite der Basis 15 mm, Höhe 7 mm. Bei der Regeneration geht aus der Pyramidenspitze eine allmählich an Umfang ausserordentlich zunehmende Fläche hervor, welche der Basis parallel ist, ihr mehr und mehr an Grösse gleich wird, während ihre Seiten den Ecken der Basis, ihre Ecken den Seiten der Basis der Lage nach entsprechen.

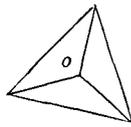


Fig. 360.



Fig. 361.

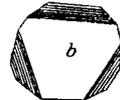


Fig. 362.

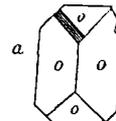


Fig. 363.

Niedrige dreiseitige Pyramide mit natürlicher Basis. Fig. 361 und 362 Ansichten von der umgebildeten Spitze (a) und Basis (b) aus. Fig. 363 Pyramidenstellung.

Die Höhe hat während einer Reihe von sieben Tagen nur um einen minimalen Betrag zugenommen. So ist aus der dreiseitigen Pyramide nach beendigter Umbildung eine Platte geworden von der Form der Fig. 361, in welcher die Fläche *a* die umgebildete Spitze darstellt, die nunmehr zu einer grossen Oktaederfläche geworden ist.

Von der Basis betrachtet und in eine der vorigen Figur entsprechende Lage gebracht, hat das Gebilde die Form der Fig. 362. Dies Gebilde ist aber ein schönes Oktaeder, wie Fig. 363 zeigt, welche die eine der beiden Pyramiden des Oktaeders in Spitzenansicht wiedergibt. Die der umgebildeten früheren Spitze entsprechende Fläche hat bei *a* ihre Lage.

 $\beta$ -Versuch.

Künstliches Tetraeder aus Alaun, dessen eine Fläche (die hier, da auf ihr während der Regeneration das Tetraeder ruht, Basis genannt wird) einer Spaltfläche des Alaunblockes angehört.

Seite des Tetraeders 20 mm. Bei der Regeneration wird die Spaltfläche, Basis, sehr bald als natürliche Fläche angenommen und ist nunmehr zu einer glänzenden Oktaederfläche geworden. Die Spitze des Tetraeders gestaltet sich zu einer kleinen dreiseitigen Fläche um, welche der Basis parallel ist. Von der umgebildeten Spitze gehen in gleichen Abständen drei Kanten aus, welche zu den drei übrigen Ecken des Tetraeders führen. Diese aber sind die gleiche Umbildung eingegangen wie die Spitze und stellen dreiseitige Flächen dar. Die genannten drei Kanten zeigen sich teils durchgehends, oder nur streckenweise in der Form feiner Dodekaederflächen. Die drei Seitenflächen der Pyramide sind verschieden rasch zu glatten Oktaederflächen geworden; die

eine bald nach geschehener Abglättung der Basis; die andere einige Tage später; die dritte ist noch am sechsten Tage nicht ganz glatt, sondern in der Nähe der ursprünglichen Spitze der Pyramide etwas zerklüftet und aus einer Anzahl kleiner Flächen zusammengesetzt. So diente diese Fläche als Marke zur Bestimmung der übrigen Flächen.

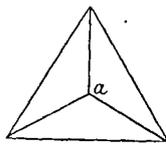


Fig. 364.

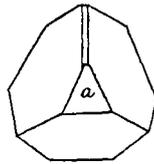


Fig. 365.

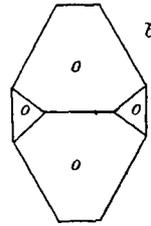


Fig. 366.

Tetraeder, mit einer Spaltfläche als Basis. Fig. 365 Spitzenansicht der Umbildung. Fig. 366 Pyramidenstellung. *o* umgebildete Spitze, *b* umgebildete Basis.

Im übrigen kann man das in der Umbildung zum Oktaeder begriffene Gebilde auf jede Fläche legen und hat das gleiche Bild vor sich.

Fig. 365 zeigt das zu einem Tetra-Oktaeder (I. Untersuchungsreihe S. 55) gewordene Gebilde bei der Betrachtung von der ursprünglichen Spitze aus. In Pyramidenstellung gebracht und von der Spitze einer Oktaederpyramide aus betrachtet, giebt das Tetra-Oktaeder die Form der Fig. 366.

#### $\gamma$ -Versuche.

Hohe dreiseitige Pyramide mit gleichseitiger Basis, welche einer natürlichen Oktaederpyramide angehört (Fig. 367).

Seite der Basis 28 mm, Höhe 43 mm. Fig. 368 zeigt die Basis der künstlichen Pyramide vor der Umbildung, Fig. 369 nach geschehener Umbildung. Hier ist sie zu einer sechseckigen Fläche umgewandelt, die auf der Fig. 369 nur deshalb noch eine siebente und achte Seite hat, weil zwei Seiten noch unfertig sind. Auch im übrigen ist die Pyramide keineswegs schon am Ende der Umbildung angelangt, sie befindet sich vielmehr noch in den Anfängen derselben, aber die Bahn und das Ziel der Veränderungen ist bereits deutlich erkennbar.

Von der Spitze aus betrachtet hat die Pyramide die Form der Fig. 370. Die Spitze also ist in eine kleine, der Basis parallele, dreiseitige Fläche umgewandelt, eine Oktaederfläche. Von den Seiten dieser dreiseitigen Fläche ziehen sich, je längs einer Seitenkante der Pyramide entlang, den Seitenflächen der Pyramide angehörige glänzende Flächen basalwärts und erreichen zum Teil die Basis, teils deren Nähe. Die übrigen grösseren Teile der drei Seitenflächen der Pyramide sind zu mächtigen Wucherflächen umgestaltet und bestehen aus langen

Lamellenstücken, die sich dachziegelartig einander decken, je von dem bezüglichen glatten Flächenteile ausgehen und in dieser Anordnung bis zur seitlichen Nachbarkante sich erstrecken, wo eine neue Glattfläche beginnt. Man erkennt diese Verhältnisse deutlich aus den Figg. 370 und 371. Von der Basis aus erstrecken sich drei kleine Oktaederflächen schräg aufwärts und erreichen mit ihren augenblick-

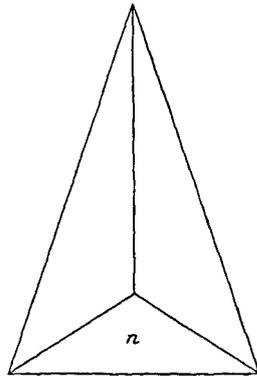


Fig. 367.

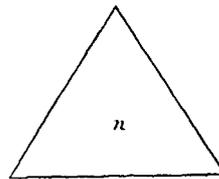


Fig. 368.

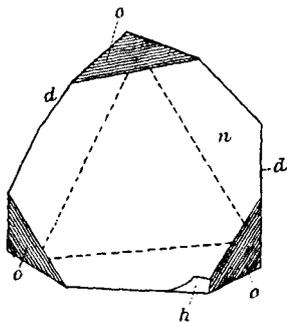


Fig. 369.

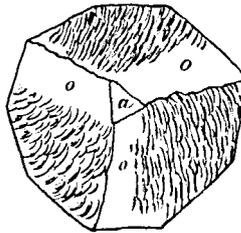


Fig. 370.

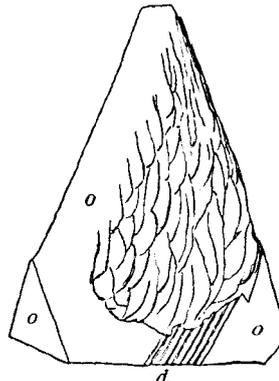


Fig. 371.

Fig. 367 hohe dreiseitige Pyramide mit natürlicher (einer Oktaederfläche angehöriger) gleichseitiger Basis (Fig. 368). Fig. 369 basale Ansicht der Umbildung. Fig. 370 Spitzenansicht derselben. Fig. 371 Seitenansicht. In Fig. 369 schimmert die ursprüngliche Basis durch.

lichen Spitzen die drei Spitzenkanten der Pyramide. Neben zweien von diesen Oktaederflächen sind breite Dodekaederflächen in geringer Längserstreckung ausgebildet. An einer Ecke der Basis kann man auch die Anlage einer kleinen Hexaederfläche bemerken.

Dass die ursprüngliche Pyramide jetzt zu einem Oktaeder geworden ist und noch weiterhin auf der Ausbildung zu einem solchen fortschreitet, bemerkt man nicht ohne weiteres, da die Form einer einzigen Pyramide den überwiegenden Eindruck macht. Man braucht aber nur die Pyramide umzulegen und eine ihrer Seitenkanten in wagrechte,

aufwärts gewendete Stellung zu bringen, um den wirklichen Sachverhalt einzusehen. Dann entspricht die Figur anderen, schon bekannt gewordenen (siehe Fig. 326) und hat man bei der Ansicht von oben zwei grosse seitliche Oktaederflächen vor sich (die noch zum grossen Teile rauhe Wucherflächen sind), ferner eine kleine, in der Nähe der Basis gelegene, und eine kleinste, der umgebildeten Spitze selbst angehörige Oktaederfläche vor sich. Diese vier Flächen sind die Oktaederflächen der einen Pyramide des Oktaeders. Die zweite Oktaederpyramide hat zu Flächen die Basis, eine grosse Oktaederfläche und zwei seitliche kleine Oktaederflächen, die der Basis nahe liegen.

## 2. Versuch.

Die Orientierung ist die gleiche wie im vorigen Falle, d. h. die Basis der Pyramide gehört einer natürlichen Oktaederfläche des Stammkristalles an und bildet einen Teil derselben.

Die Basis der Pyramide ist ein gleichseitiges Dreieck von 24 mm Seite; Höhe 35 mm.

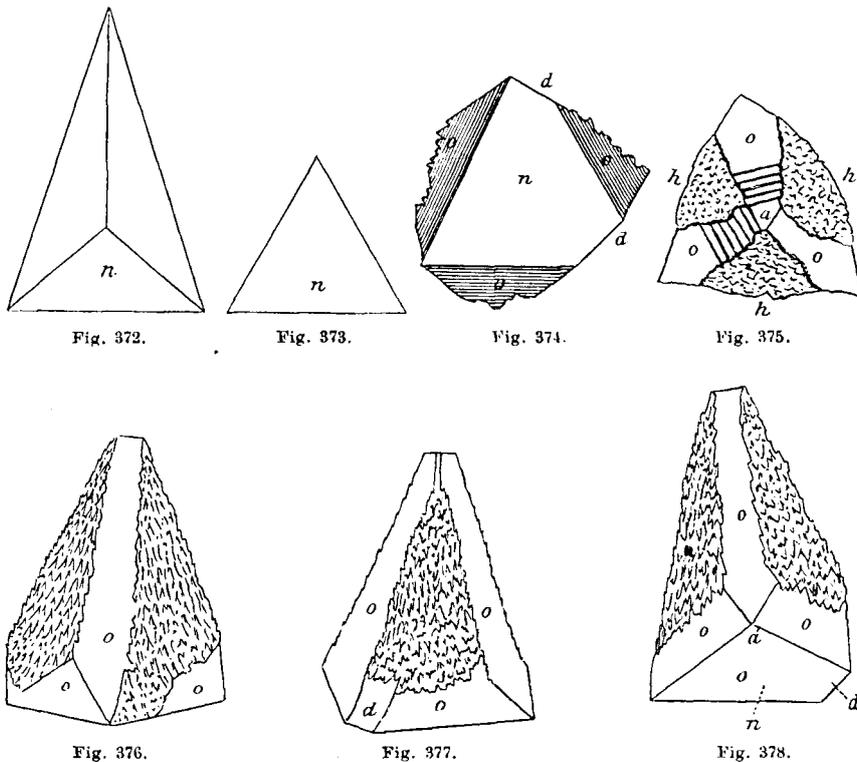
Fig. 373 zeigt die Basis der künstlichen Alaunpyramide vor, Fig. 374 nach der Regeneration. Die Basis bildet in letzterer Zeit ein Dreieck, an welchem zwei Seiten je eine besondere Nebenseite entwickelt haben. Diese Nebenseiten gehören Dodekaederflächen an, welche sich an den Seiten der Pyramide eine kleine Strecke weit aufwärts ziehen. Von den drei Hauptseiten der Basis ziehen sich ebenfalls nur eine kurze Strecke weit drei Flächen aufwärts, Oktaederflächen, welche an grosse, bis zur Spitze der Pyramide reichende, ausgebildete, zackenreiche Wucherfelder angrenzen. Die drei seitlichen Kanten der Pyramide dagegen sind von 5 mm breiten, seitlich unregelmässig gestalteten Glanzflächen, Oktaederflächen, eingenommen, die seitlich je an die Wucherfelder anstossen und von den Ecken der Basis bis zu den Seiten der Spitze der Pyramide sich erstrecken. Die ursprüngliche Spitze der Pyramide nämlich hat sich zu einer kleinen Fläche, Oktaederfläche, umgebildet, welche der Basis parallel ist, ihre Seiten aber den Ecken der Basis, ihre Ecken den Seiten der Basis zuwendet. Hiervon geben die Figg. 376 und 377 eine Vorstellung.

Zählt man die glänzenden Hauptflächen zusammen, so sind deren im ganzen acht vorhanden; drei, welche die Stellen der drei ursprünglichen seitlichen Pyramidenkanten einnehmen; drei, welche ebenfalls seitlich, in der Nähe der Basis gelegen sind; die Basis selbst; und endlich eine minimale, die zur Fläche umgewandelte Pyramidenspitze.

Leichter noch als an der Pyramide des vorhergehenden Versuches wird die Oktaederform der Umbildung erkannt. Es ist bloss erforderlich, die auf einer grossen Seitenfläche ruhende, niedergelegte Pyramide

an ihrer Basis etwas zu heben, so dass eine Spitze der Basis (die obere) zur Ecke einer Oktaederpyramide wird. wie es in Fig. 378 gesehen ist.

Vergleicht man diesen Versuch mit dem vorigen, so ist der wesentliche Unterschied allein darin enthalten, dass in ersterem die Seitenflächen der künstlichen Pyramide, im letzteren die Seitenkanten der Pyramide zu Oktaederflächen sich umgewandelt haben. Es wurde



Hohe dreiseitige Pyramide mit natürlicher Basis (*n*) von gleichseitiger Beschaffenheit (Fig. 373). Fig. 374 basale Ansicht der Umbildung. Fig. 375 Spitzenansicht (*a* Spitze). Fig. 376 bis 378 Seitenansichten; letztere in Pyramidenstellung (Spitze *a'*).

oben die Angabe gemacht, die Orientierung beider künstlicher Pyramiden zum Stammkrystalle sei die gleiche; sie ist es auch, insofern die Basen beider künstlicher Pyramiden einer natürlichen Oktaederfläche der Stammkrystalle angehören und Teile dieser Flächen sind. Trotz dieser Übereinstimmung der Orientierung ihrer Basen auf eine Oktaederfläche ist aber doch noch ein grosser Spielraum für weitere Orientierung vorhanden und die beiden Versuche stellen die Extreme dieser verschiedenen Orientierung dar. Aus allen früheren Erfahrungen wird man schliessen müssen, in dem ersten Versuche entspreche je eine Seitenfläche der künstlichen Pyramide einer seitlichen Oktaeder-

fläche; in dem zweiten Versuche aber entspreche je eine Seitenkante der künstlichen Pyramide einer seitlichen Oktaederfläche.

Ich habe in der I. Untersuchungsreihe die Umbildungen niedriger und hoher künstlicher Pyramiden (dreiseitiger und vierseitiger), ebenso hoher und niedriger Kegel, wenn diese alle so orientiert waren, dass ihre Basis oder ihre Spitze einer natürlichen Oktaederfläche der Stammkrystalle angehört oder entspricht, auf einer gewissen Stufe ihrer Entwicklung Tetra-Oktaeder genannt, um den Anschluss an die übereinstimmende Umbildung des ebenso orientierten Tetraeders zu erreichen. Streng genommen verdient nur die betreffende wichtige Umbildungsstufe des Tetraeders diese Bezeichnung. Will man daher an der Übertragung dieser Bezeichnung Anstoss nehmen, so empfiehlt es sich vielleicht, für die über und unter Tetraederhöhe gelegenen Pyramiden- und für die Kegelumbildungen, unter der Bedingung der erwähnten Orientierung, den Ausdruck Pyramiden-Oktaeder (trotz sonstiger Verwendung) zu gebrauchen, da hierdurch die allgemeine Form jener umgebildeten Körper einen Ausdruck erhält.

#### $\delta$ -Versuch.

Hohe dreiseitige Pyramide mit einer natürlichen Seitenfläche.  
Gleichseitige Basis von 11 mm Seite, Höhe 20 mm. Eine der Seitenflächen entspricht einer Oktaederfläche des Stammkrystalles (Fig. 379).

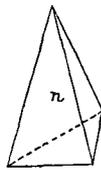


Fig. 379.

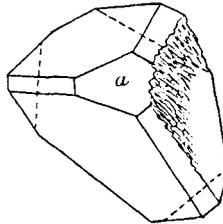


Fig. 380.

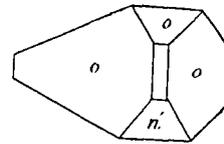


Fig. 381.

Hohe dreiseitige Pyramide mit einer natürlichen Seitenfläche (n). Fig. 380 vergrößerte Spitzenansicht der auf die n-Fläche gelegten Pyramide. Fig. 381 Pyramidenstellung. Die a-Fläche der Fig. 380 erscheint in Fig. 381 als n'.

Die Umbildung in der Regenerationsflüssigkeit geschieht ganz in der bereits bekannten Weise und braucht man nur die natürliche Seitenfläche der dreiseitigen Pyramide als Basis aufzustellen, um sogleich die Übereinstimmung und deren Notwendigkeit zu erkennen. In Fig. 380 ist die der natürlichen Fläche, jetzigen Basis, entgegengesetzte Spitze in eine der Basis parallele Oktaederfläche verwandelt, von welcher drei seitliche Oktaederflächen und drei Kanten ausgehen, die in Form schmaler Flächen vorliegen; es sind Hexaederflächen. Die Form der Basis ist zum Teil gestrichelt wiedergegeben. Eine der Seitenflächen ist noch stark in Umbildung begriffen und zeigt auch eine rauhe

Dodekaederfläche. Von der Basis aus ziehen sich seitlich drei kleine Oktaederflächen eine Strecke weit aufwärts. Sie haben ihre Lage jenseits der gestrichelten Linien der Fig. 380. Fig. 381 zeigt eine der beiden Oktaederpyramiden in Spitzenansicht.

#### $\varepsilon$ -Versuch.

Künstliches Oktaeder, dessen eine Kante einer natürlichen Oktaederfläche angehört (Fig. 382).

Bei der Umbildung in der Regenerationsflüssigkeit entwickelt sich in der Gegend der Berührungslinie eine breite glänzende Fläche, die

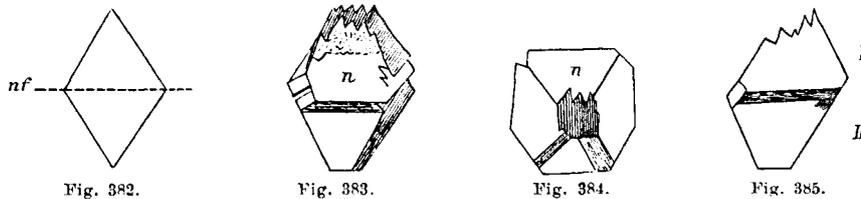


Fig. 382. Künstliches Oktaeder, dessen eine basale Kante eine natürliche Oktaederfläche (*nf*) tangiert. Fig. 383 zeigt, dass an Stelle der künstlichen basalen Kante eine Oktaederfläche entsteht, welche einer Pyramide des werdenden natürlichen Oktaeders angehört. Fig. 384 Spitzenansicht dieser Pyramide. Fig. 385 Seitenansicht beider Pyramiden.

sich zu einer Oktaederfläche der oberen Pyramide des Oktaeders gestaltet. Ihr entgegengesetzt hat die ihr angehörige, fast ebenso breite glänzende Parallelfläche als eine Oktaederfläche der unteren Pyramide ihre Lage gefunden. Auch die übrigen sechs Oktaederflächen bilden sich allmählich auf Grundlage der künstlichen Flächen aus. So gewährt das umgebildete Oktaeder in schräger Seitenansicht das Bild der Fig. 383. Eine Spitzenansicht der oberen Pyramide giebt Fig. 384. Eine reine seitliche Ansicht ist in Fig. 385 wiedergegeben.

#### $\zeta$ -Versuch.

Hohe vierseitige Pyramide, deren Basis einer natürlichen Oktaederfläche angehört (Fig. 386).

Quadratische Basis von 15 mm Seite; Höhe 30 mm. Bei der Regeneration geht aus der Basis ein Sechseck mit drei langen und drei kurzen Seiten hervor, während die Spitze eine dreiseitige Oktaederfläche liefert (Fig. 387). Von der Spitze erstrecken sich in gleichem Abstände drei glatte Flächen bis zu den kleinen Seiten der Basis hinab (Fig. 388), während sie von den Seiten der Spitzenfläche ausgehen. Die drei genannten Flächen, Oktaederflächen, stossen in der grösseren oberen Hälfte der Pyramide unter sich in Kanten zusammen, welche oben zu den Ecken der Spitzenfläche gelangen, unten aber bis an die oberen Ecken kleiner dreiseitiger Flächen reichen, Oktaederflächen, die von den grossen Seiten der Basis ausgehen (Fig. 387).

Bei seitlichen Ansichten der Pyramide erkennt man die abwechselnde Stellung der grossen und der kleinen Oktaederflächen (Figg. 388 und 389). Somit sind, die Basis und Spitzenfläche zugerechnet, acht Oktaederflächen vorhanden. Fig. 389 zeigt die obere Pyramide der in ein Oktaeder umgewandelten vierseitigen Pyramide. Die Spitze der Oktaederpyramide fällt aber keineswegs zusammen mit der Spitze der vier-

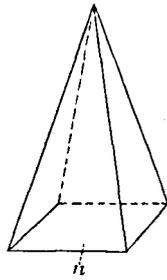


Fig. 386.

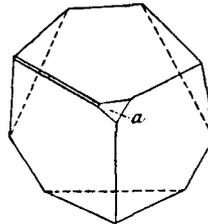


Fig. 387.

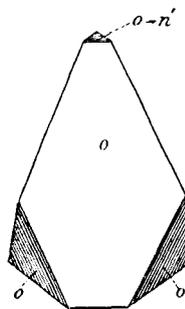


Fig. 388.

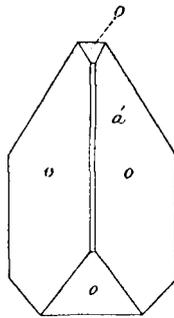


Fig. 389.

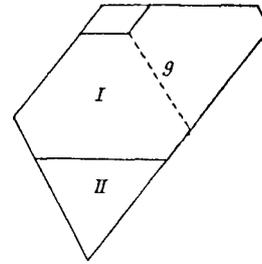


Fig. 390.

Hohle vierseitige Pyramide mit natürlicher Basis. Fig. 387 Spitzenansicht der Umbildung. Fig. 388 und 389 Längsansichten. Fig. 390 Seitenansicht beider Pyramiden, deren eine einen mächtigen Auswuchs besitzt, welcher der ursprünglichen Pyramidenspitze entspricht; bei  $g$  wäre die natürliche Grenze eines gewöhnlichen Oktaeders.

seitigen künstlichen Pyramide. Vielmehr ist die Spitze der Oktaederpyramide hier eine lange Kante ( $\hat{a}$ ), eine Spitzenkante, um welche sich die vier zugehörigen Oktaederflächen scharen.

Eine reine Seitenansicht, bei welcher beide Oktaederpyramiden sichtbar sind, giebt Fig. 390. Von einem gewöhnlichen Oktaeder weicht das aus der hohen Pyramide umgebildete hiernach dadurch ab, dass die gewöhnliche obere Oktaederpyramide, deren eine Grenze durch eine gestrichelte Linie (Fig. 390,  $g$ ) angedeutet ist, ein langgestrecktes Horn besitzt von dreiseitiger Form. Dieses Horn ist nichts anderes als der umgelegte Spitzenteil der ursprünglichen, aber umgebildeten Pyramide.

#### $\eta$ -Versuch.

Orientierung eines mit zwei natürlichen Flächen versehenen künstlichen Oktaeders auf eine natürliche Kante (Fig. 391).

In Fig. 391 bedeutet  $m$  die Richtung einer Kante einer grossen Oktaederpyramide, aus welcher das künstliche Oktaeder so orientiert geschnitten wurde, wie es die Figur andeutet. Die beiden Flächen  $n$  nämlich sind Teile der beiden natürlichen Oktaederflächen, welche in der Kante  $m$  zusammenstossen. In gleichen Verhältnissen zu derselben Kante und ihrer ursprünglich sie bedingenden natürlichen Oktaederflächen sind die beiden künstlichen Flächen hergestellt, welche zwischen den Flächen  $n$   $n$  ihre Lage haben und mit ihnen zur Basis sich neigen. Ganz künstlich ist die untere Pyramide, welche mit der oberen zugleich aus dem Stammkrystalle geschnitten wurde. Eine Seitenansicht dieses teilweise natürlichen, teilweise künstlichen Okta-

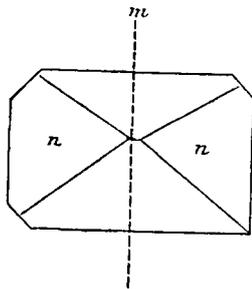


Fig. 391.

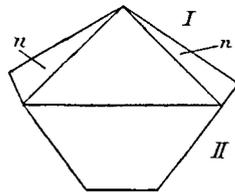


Fig. 392.

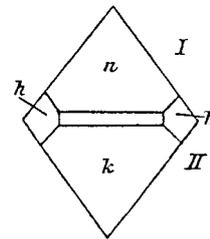


Fig. 393.

Vierseitige Pyramide mit zwei natürlichen Flächen ( $n$   $n$ ), mit ihrer Spitze senkrecht gegen eine natürliche Oktaederkante ( $m$ ) orientiert. Fig. 392 Seitenansicht der oberen Pyramide ( $I$ ) und der künstlich geschnittenen unteren Pyramide ( $II$ ), vor der Umbildung. Fig. 393 Ansicht beider Pyramiden von der Schmalseite aus, nach geschehener Umbildung.

eders giebt Fig. 392. Das Oktaeder hat folglich dem angegebenen gemäss sechs künstliche und zwei natürliche Flächen. Ganz künstlich ist die untere Pyramide, halbkünstlich die obere, indem zwei gegenüberliegende Flächen künstliche, zwei natürliche Abkunft haben. Die Frage war, wird die natürliche Kante  $m$ , von welcher das künstliche Oktaeder nur einen Punkt besitzt, d. i. die Spitze der oberen Pyramide, bei der Regeneration in irgend einer nennenswerten Ausdehnung wiedererzeugt werden? Und zweitens, in welchem Maasse werden die künstlichen Oktaederflächen bei der Regeneration als natürliche Oktaederflächen angenommen und nicht angenommen werden?

Das Ergebnis war, dass alle sechs künstlichen Flächen zu den beiden natürlichen Flächen so gut orientiert waren, dass die Regeneration sie sämtlich mit nur geringen Korrekturen annahm und zu glatten Oktaederflächen gestaltete. Hieraus geht schon hervor, dass die erste Frage, nach der Wiederbildung der ursprünglichen Kante, verneinend beantwortet werden muss. Ringsum, entlang der Pyramidenbasis, haben sich schmale Dodekaederstreifen angelegt, welche an den basalen Ecken durch ansehnliche Hexaederflächen unterbrochen werden (Fig. 393).

## VI. Ergebnisse.

Für das normale Wachstum und die Regeneration von Krystallen ist Ruhe der Mutterlauge oder des Krystalles, welche als dazu erforderlich betrachtet zu werden pflegt, keine notwendige Bedingung. Im Gegenteil vollzieht sich das Wachstum und die Regeneration bei Bewegung der Mutterlauge oder des Krystalles nicht allein in normalen Formen, sondern kann sogar beschleunigt werden. So regenerierten sich in mit Mutterlauge gefüllten Glasgefässen aufgehängte Kugeln und Cylinder aus Alaun rasch und regelmässig, wenn sie heftig in der Mutterlauge oder Regenerationsflüssigkeit geschüttelt wurden. Wie gross die Geschwindigkeit der strömenden Flüssigkeit oder des Krystalles sein könne, um normale Apposition überhaupt noch zuzulassen, wurde durch einen Apparat zu messen versucht, welcher eben dadurch auch die Grösse der Appositionskraft des Krystalles bestimmen sollte. Selbst eine Geschwindigkeit von 5 m in der Sekunde reichte bei Alaunkugeln und Alaunkrystallen nicht aus, um die Apposition zu verhindern. Der messende Apparat, welcher Wachstumsverhinderer (Phyokolyt), oder Rennbahn für Krystalle (Krystalldrom) genannt werden kann, fand zunächst nur für Alaun Verwendung. Eine Verbesserung seiner Konstruktion würde gegenüber dem verwendeten Holz- und Glasmodelle dadurch gegeben sein, dass die rotierende Scheibe, welche die Krystalleinsätze in verschiedenen Entfernungen von der Achse trägt, aus Glas hergestellt wird, welches für die meisten Substanzen sich eignet, oder aus Metallen, die sich zur Mutterlauge neutral verhalten. Bei einer künftigen Ausdehnung der Versuche auf verschiedene Stoffe wird es sich zeigen, ob sie sich alle im Krystalldrom ebenso verhalten wie der Alaun, oder ob ihre Appositionskraft grösser oder kleiner ist.

Geht man dem Grunde nach, welcher die auffällige Widerstandskraft des Alauns gegen Bewegung zu erklären vermöchte, so wird man schliesslich auch die Möglichkeit in das Auge zu fassen haben, dass die den Krystall unmittelbar benutzende feine Schicht der Mutterlauge, welche benutzende oder adhäsive Schicht genannt werden mag, an der Bewegung gar nicht teilnimmt, sondern als ruhend betrachtet werden muss. Dann könnten jenseits der Adhäsivschicht die ungehauerten Geschwindigkeiten stattfinden, der Krystall aber fände nichts destoweniger Gelegenheit, in aller Stille weiter zu wachsen. Denn gleich nach geschehener Apposition der ersten Adhäsivschicht folgt eine zweite und so fort; und es wäre dann ein Trugschluss, von der Geschwindigkeit der rotierenden Mutterlauge oder des Krystalles auf seine Appositionskraft schliessen zu wollen.

Bei einer Rotation kugelförmiger, cylindrischer und kegelförmiger Körper um ihre Achse werden keine Abschleifungserscheinungen eintreten können, auch wenn die Schnelligkeit der Rotation noch so sehr sich steigert, so lange, als jene Körper die ursprüngliche Form bewahren.

Ob die Erklärung durch Annahme einer ruhenden Adhäsivschicht der bewegten Flüssigkeit oder des bewegten Krystalles eine zutreffende wird genannt werden können, oder nicht, dafür werden gerade künftige Versuche mit anderen Körpern einen Fingerzeig geben. Verhalten sich alle Körper im Krystallodrom gleich dem Alaun, so würde dieser Umstand, da man nicht gleiche Appositionskraft für alle Körper annehmen kann, für die Richtigkeit der letzten Erklärung sehr in die Wagschale fallen.

Verminderung und Aufhebung des Atmosphärendruckes hat auf den Ablauf der Regeneration und des Krystallwachstums (des Alauns) keinen Einfluss<sup>1)</sup>.

1) Es seien Parallelversuche an lebenden Froschembryonen (*Rana fusca*), die sich (mit einer einzigen Ausnahme) sämtlich auf der Stufe der Gastrula mit halbmondförmigem Prostoma befanden, hier erwähnt. Sie wurden im Anschlusse an früher von mir gemachte Versuche ähnlicher Art, die jedoch mit  $\frac{3}{4}$  Atmosphären gearbeitet hatten, der Vergleichung mit den Alaunkugeln wegen angestellt.

- a) Eine Portion Froschlaich mit ca. 50 Embryonen der Gastrulastufe wurde in einem Gefässe mit genügender Menge Wasser zwei Tage hindurch der vollen Wirkung der Luftpumpe ausgesetzt und darauf, nach langsamer Zufuhr der Luft, sich selbst überlassen. Es ergab sich, dass sämtliche Embryonen sich nicht weiter entwickelten, sondern auf der Stufe der Einstellung in die Luftpumpe abgestorben waren;
- b) eine Portion Froschlaich, ebenfalls der Gastrulastufe angehörig, ward derselben Wirkung, wie im vorigen Versuche, einen Tag hindurch ausgesetzt. Das Ergebnis ist genau das gleiche;
- c) eine Portion Froschlaich, der Gastrulastufe angehörig, ward eine Viertelstunde hindurch der vollen Wirkung der Luftpumpe ausgesetzt. Der Versuch führte zu dem gleichen Ergebnis;
- d) eine Portion Froschlaich, der Gastrulastufe angehörig, ward fünf Minuten hindurch der vollen Wirkung der Luftpumpe ausgesetzt. Das Ergebnis ist dasselbe wie zuvor;
- e) eine Portion Froschlaich, der Gastrulastufe angehörig, und einige frei schwimmende Froschlarven wurden einem Augenblicksversuche unterworfen, d. h. die Luft wurde rasch aus dem Luftraume des Recipienten, innerhalb dessen die Froschembryonen sich befanden, völlig ausgepumpt und sogleich wieder mässig rasch zugelassen. Die jungen Embryonen entwickelten sich auch hier nicht weiter, sondern waren auf der Einstellungsstufe abgestorben. Von den frei schwimmenden Larven gingen ebenfalls die meisten während des Versuches zu Grunde, einige aber kamen durch, schwammen umher und entwickelten sich weiter.

Alle Froschembryonen zeichnen sich bei genauer Besichtigung nach den Versuchen dadurch äusserlich aus, dass der Ecker'sche Pfropf als ein mehr oder weniger langer weisser Fortsatz aus dem Prostoma hinausgetrieben erscheint.

Vermehrung des Atmosphärendruckes, so weit sie in den Versuchen Anwendung fand ( $4\frac{1}{2}$  Atmosphären), bleibt gegenüber der Krystallisation (des Alauns) ebenfalls unwirksam. Es wird sich bei ferneren Versuchen zeigen, bis zu welchen Druckgrössen hinauf dieser Satz Geltung hat.

Die Schwerkraft ist auf die Vorgänge bei der Regeneration und dem Krystallwachstum ohne Einfluss.

Krystallwachstum und Regeneration des Alauns findet statt bis hart an die Frostgrenze der Lösung. In der Nähe der Frostgrenze tritt nicht allein Verzögerung des Wachstums ein, sondern auch Verkümmern. Wie weit an der verzögernden Wirkung der Kälte die Kälte selbst, und wie weit die verminderte Konzentration der Lösung beteiligt ist, lässt sich vom Alaun nicht bestimmen.

Bei Temperatursenkungen heisser konzentrierter Alaunlösungen erfährt das Wachstum und die Regeneration des Alauns sehr bedeutende Steigerungen der Geschwindigkeit.

Was die Umbildung künstlicher Alaunkörper in ihrer Mutterlauge oder in einer isomorphen Regenerationsflüssigkeit betrifft, so ergibt sich, dass Alaunkugeln, mögen sie in beliebiger Orientierung aus einem Krystalle oder aus einem homogenen Alaunblocke geschnitten worden sein, bei ihrer Regeneration immer den gleichen Weg einschlagen und sich zunächst in einen 26flächigen Oktaederembryo umgestalten. Aus diesem geht schliesslich ein normales Oktaeder hervor.

Die Umbildung einer abgeplatteten Kugel aus Alaun, welche zum Stammkrystalle so orientiert ist, dass ein abgeplattetes Polfeld eine natürliche Oktaederfläche tangiert, geschieht ganz nach dem Modus der reinen Kugel und entwickelt 26 Flächen wie diese. Der Unterschied besteht wesentlich nur darin, dass auf den beiden platten Polflächen je eine grössere Oktaederfläche sich ausbildet, als auf der übrigen Kugeloberfläche. Alle übrigen besonderen Merkmale dieses Oktaederembryo sind von der genannten Veränderung abhängig.

Anders bei jener abgeplatteten Kugel, deren Äquator mit einem Punkte eine Oktaederfläche tangiert. Zwar werden auch hier die typischen 26 Kugelflächen ausgebildet, aber die beiden platten Felder tragen je zwei Oktaederflächen und auch die äquatoriale Zone liefert vier Oktaederflächen. Die Verteilung der Flächen ist also eine andere, wie im vorigen Falle.

Von der Umbildung des Ellipsoides wurden folgende Ausgangsformen untersucht:

- a) mit einem spitzen Pole eine Oktaederfläche tangierend;
- b) mit dem Äquator eine Oktaederfläche tangierend:

- c) mit einem spitzen Pole eine Oktaederkante tangierend;
- d) mit beiden spitzen Polen je eine, mit dem Äquator eine dritte Oktaederfläche tangierend;
- e) mit der langen Achse zu einer Oktaederkante senkrecht gestellt, mit der langen Seitenfläche eine benachbarte Oktaederfläche tangierend;
- f) mit dem spitzen Pole eine Oktaederecke tangierend;
- g) abgeplattetes Ellipsoid;
- h) Ellipsoide ohne (beabsichtigte) Orientierung.

Für die Beurteilung der verschiedenen Umbildungen ist wiederum das Verhalten der Kugel grundlegend. Eine natürliche Fläche, Kante, Ecke, zu welcher das Ellipsoid orientiert war, wird bei der Regeneration wieder erzeugt (wie es natürlich auch bei der Kugel der Fall ist). Der Unterschied gegenüber der Regeneration der Kugel besteht in dem Auftreten von Dehnungsflächen, deren Besonderheiten durch die verschiedenen Möglichkeiten bedingt sind, ein Oktaeder symmetrisch zu halbieren (rektanguläre, diagonale oder äquatoriale, hexagonale Halbierung). Im ganzen tritt die Regeneration des Ellipsoides also unter dem Bilde eines Kugelzylinders auf, d. i. eines cylindrischen Mittelstückes, welches von zwei Halbkugeln gekrönt wird.

Die bikonvexe Linse schliesst sich, so fremdartig auch das äussere Bild erscheinen mag, in ihrer regenerativen Umbildung dennoch ganz an die Kugel an. Abgesehen von den Proportionen der einzelnen Teile giebt nämlich die in der Umbildung begriffene Linse bei genauerer Betrachtung ganz die Verhältnisse eines in der Achse zweier gegenüberliegender Oktaederflächen zur Linsenform zusammengepressten Kugelembryo wieder. Ohne vorherige Kenntnis der Umbildung der Kugel freilich dürfte es unmöglich sein, zum Ziele zu kommen. Doch vielleicht könnten geometrische Konstruktionen und die Kenntnis der allgemeinen krystallographischen Gesetze bis zu einem gewissen Grade noch Aussicht haben.

Es gelangten folgende Orientierungen zur Untersuchung:

1. Orientierung einer Konvexität zu einer Oktaederfläche;
2. Orientierung des Linsenäquators zu einer Oktaederfläche;
3. Orientierung einer Konvexität zu einer Oktaederkante;
4. Orientierung einer Konvexität zu einer Oktaederecke.

In allen Fällen gelangte die jedesmalige Orientierungsform (Fläche, Kante, Ecke) zur regenerativen Ausbildung in den durch die künstliche Unterlage bedingten Grenzen. Am auffallendsten sind die Eigentümlichkeiten der Umbildung bei der Orientierung von Nr. 1 (einer Konvexität zu einer Oktaederfläche). Dies wird veranlasst durch die Entstehung von drei riesigen Dodekaederflächen im Umkreise einer oktaedriscen

Centralfläche, welche mit ebenfalls grossen drei hexaedrischen Flächen abwechseln, je auf einer konvexen Fläche der Linse. Die Oktaederflächen sind folgendermassen verteilt: Jede Konvexität liefert eine grosse, central gelegene Oktaederfläche, während in der Gegend des Linsenäquators zusammen sechs zwerghafte Oktaederflächen sich anlegen. Im ganzen aber sind, wie bei dem Kugelebryo, während einer gewissen Zeitdauer 26 Flächen zu zählen.

Nachträglich gelangte eine plankonvexe Linse, deren ebene Fläche einer natürlichen Oktaederfläche angehörte, zur regenerativen Untersuchung. Durchmesser des Äquators 12 mm, polarer Radius 2 mm. Bei der Regeneration gestaltete sich die ebene Kreisfläche zu einer dreiseitigen Oktaederfläche um, deren Ecken jedoch von langen Dehnungskanten eingenommen werden. Die Oktaederfläche ist folglich in Wirklichkeit sechseitig. Von diesen sechs Seiten gehen sechs kleine seitlich gelegene Oktaederflächen ab. Im ganzen sind jetzt also schon sieben Oktaederflächen vorhanden. Die achte aber liegt der ersten entgegengesetzt, ist ihr parallel, etwas weniger gross als die erste, aus dem centralen Gebiete der Konvexität hervorgegangen. Sie ist noch unfertig. In der Gegend ihrer drei späteren Ecken liegen ansehnliche Hexaederflächen. Bezüglich der Umbildung der ebenen Kreisfläche siehe Cylinder.

Cylinder, deren Endflächen senkrecht zur Cylinderachse stehen und zugleich natürlichen Oktaederflächen angehören oder ihnen entsprechen, wandeln diese Endflächen zu dreiseitigen Oktaederflächen um, die jedoch durch die Anlage von drei grossen Hexaederflächen sechseitig erscheinen. Statt der Hexaederflächen können auch entsprechende Kanten zur Ausbildung kommen. An dem in der angegebenen Weise orientierten Cylinder sind bis jetzt also zwei Oktaederflächen zur Anlage gekommen. Die noch fehlenden sechs Oktaederflächen bilden sich sämtlich an der Mantelfläche des Cylinders aus, sei dieser niedrig, selbst bis zur Dicke einer Krystalllamelle herabgehend, oder so hoch man will. Und zwar bilden sich drei von ihnen vom oberen, die drei übrigen vom unteren Ende des Cylinders aus. Bei niedrigen Cylindern sind die am gesetzlichen Orte auftretenden Hexaeder- und Dodekaederflächen klein, wenn auch langgestreckt. Bei hohen Cylindern dagegen bilden die als Zickzackbänder sich anlegenden riesigen Dodekaederflächen des Cylindermantels eine ebenso schöne als auffallende Erscheinung. Es sind durch Leistenscharen ausgezeichnete Wucherfelder, welche auf die seitlichen sechs Oktaederflächen und auf die an den Enden angelegten sechs Hexaederflächen übergreifen und diese zwölf Flächen nach und nach vergrössern, während sie selbst an Breitenausdehnung abnehmen. Der Lage und Richtung

nach sind diese Wucherfelder als unreife Dodekaederflächen zu bezeichnen, obwohl sie Teile von oktaedrischen und hexaedrischen Flächen in sich einschliessen.

Die Erklärung der sonderbaren Erscheinung der Zickzackbänder ergibt sich leicht, wenn wir die Verhältnisse des Kugelembryo mit dem Cylinderembryo der angegebenen Orientierung vergleichen. Man kommt bei dieser Vergleichung ohne weiteres dazu, in dem in Umbildung begriffenen Cylinder einen ausgezogenen, gedehnten Kugelembryo zu erblicken, freilich einen solchen von hexagonaler Halbierung des Kugelembryo, oder des unreifen, aus der Kugel sich bildenden Oktaeders. Von Dodekaederflächen kommen dabei nur diejenigen zur Ausbildung, welche dem Cylindermantel zugehören, im ganzen sechs, die das Zickzackband ausmachen. Die sechs oktaedrischen Kanten der beiden Endflächen dagegen bringen keine Dodekaederflächen hervor. Durch die Kenntnis des natürlichen Verfahrens ist man in den Stand gesetzt, für jeden noch so langen Cylinder, dessen Endflächen zu entgegengesetzten Oktaederflächen des Stammkrystalles (d. i. also zu oktaedrischen Parallellflächen) orientiert sind, die Form seiner Umbildung voraus zu bestimmen.

Von künstlichen Cylindern wurden ausserdem noch folgende Orientierungen auf das regenerative Verhalten geprüft:

2. Cylinder, dessen Endflächen mit beiden gegenüberliegenden Oktaederflächen derselben Pyramide zusammenfallen, während seine Mantelfläche die zwischenliegende Oktaederfläche tangiert;
3. Cylinder, dessen Mantelfläche eine natürliche Oktaederfläche tangiert, während eine Endfläche mit der benachbarten Oktaederfläche der gleichen Pyramide zusammenfällt, die tangierende Mantelfläche des Cylinders aber senkrecht auf der die beiden Oktaederflächen scheidenden natürlichen Kante steht;
4. Cylinder mit zwei natürlichen Endflächen, welche einander gegenüberliegenden Oktaederflächen der gleichen Pyramide angehören, während der Cylindermantel die Spitze der Pyramide kreuzt;
5. Cylinder mit zwei natürlichen Endflächen, parallel der Basis einer Oktaederpyramide so geschnitten, dass seine Längsmittle von einer Oktaederkante der Richtung nach gekreuzt wird;
6. Cylinder, welche sich von einer natürlichen Oktaederkante zur entgegengesetzten natürlichen Oktaederkante erstrecken;

7. Cylinder, welche sich von einer natürlichen Oktaederecke zur entgegengesetzten Oktaederecke erstrecken;
8. Cylinder, dessen Mantelfläche eine Oktaederfläche in der Richtung gegen eine Ecke tangiert und jene Oktaederfläche in zwei gleiche Dreiecke zerlegt;
9. Cylinder, welcher mit seiner Mantelfläche eine Oktaederfläche parallel einer Kante tangiert;
10. Cylinder, welcher mit seiner Mantelfläche eine Oktaederfläche tangiert und in seiner Richtung schräg zu einer Oktaederkante zieht;
11. Cylinder, welcher mit seiner Mantelfläche der Länge nach zwei Nachbarflächen tangiert und von der zugehörigen Kante in zwei Längshälften geteilt wird;
12. Cylinder, dessen eine Endfläche einer breiten Dodekaederfläche angehört.

In allen diesen Fällen regenerierten sich Flächen, Kanten, Ecken des Stammkrystalles wieder, modifiziert durch die Form des künstlichen Körpers, und entsprechend den Gesetzen der Symmetrie. Im allgemeinen erfährt der Cylindermantel eine anfängliche Gliederung in acht der Länge nach ziehende Felder, wobei in den verschiedenen Fällen sich Besonderheiten bemerklich machen. Eine natürliche Dodekaederfläche wirkt bei der Regeneration gleich einer Oktaederkante.

Bei der Krystallisation einer Chromalaunlösung wirkte der Rand des Gefässbodens formbestimmend auf die Ausbildung der Krystalle ein, insofern letztere sich wie Abgüsse des Bodens verhielten, ohne Störung der Struktur zu erleiden. Bei der Regeneration nämlich erfolgte genaue symmetrische Ausgestaltung der Abgusskrystalle. Bringt man einen Krystall in Regenerationsflüssigkeit und deckt ihn teilweise mit neutralen Flächen, so wird hiernach bei dem kommenden Wachstum ein Abguss jener Flächen am Krystalle sich ausbilden können.

Vom Würfel wurden folgende Orientierungen geprüft:

1. Orientierung einer Würfelfläche auf eine Oktaederfläche;
2. Orientierung einer Würfelfläche auf eine Oktaederecke;
3. Orientierung einer Würfelfläche auf eine Oktaederkante;
4. Orientierung einer Würfecke auf eine Oktaederfläche;
5. Orientierung einer Würfelkante auf eine Oktaederfläche;
6. Versobener Würfel mit zwei oktaedrischen Flächen.

Von den aus diesen Versuchen gewonnenen Ergebnissen bieten die von Nr. 3, 4, 5 und 6 ein besonderes Interesse. Hat man (Nr. 3) bei der Herstellung eines künstlichen Alaunwürfels der einen seiner sechs Flächen das natürliche Dach gelassen, welches die zur Orientierung

dienende Oktaederkante enthält, und sodann auf der entgegengesetzten Seite ein gleiches, dem ersteren paralleles Dach künstlich hergestellt, so wird dieses künstliche Dach bei der Regeneration ohne weiteres angenommen, so dass diese beiden sich nun in Glanz und Form zum verwechseln ähnlich sehen. Vier oktaedrische Flächen sind an dem künstlichen Würfel jetzt schon vorhanden; sie werden randwärts zu wirklichen Oktaederflächen umgestaltet. Die vier noch fehlenden Oktaederflächen werden aus den nur noch in der Zahl von zwei vorhandenen künstlichen Würfelflächen dadurch geliefert, dass jede der beiden künstlichen Würfelflächen durch ein anfänglich breites, diagonal verlaufendes Dodekaederfeld in zwei oktaedrische Flächen geschieden und umgeformt wird. Hiermit sind alle wesentlichen Vorgänge der Umbildung eines solchen Würfels in ein Oktaeder eingeleitet. Hatte man zuvor das natürliche Dach entfernt und zu einer Würfelfläche umgestaltet, so wird das natürliche Dach bei der Regeneration wieder erzeugt.

Bei der Orientierung Nr. 4 gelingt es unter Erfüllung einer bestimmten Bedingung vollkommen, durch die nachfolgende Regeneration sämtliche Ecken des Würfels allmählich in Oktaederflächen überzuführen, zuerst also die schöne Zwischenform eines Kubo-Oktaeders und endlich ein reguläres Oktaeder zu erzeugen.

Man kann verschobene Würfel von einer Orientierung herstellen (Nr. 6), die es ermöglicht, alle sechs Würfelflächen bei der Regeneration angenommen zu sehen. Doch verrät sich der oktaedrische Bauplan des benutzten Kali- und Chromalauns immer wieder dadurch, dass an den äussersten Spitzen des langgestreckten xenomorphen Gebildes je eine kleine Zwergfläche von oktaedrischem Gepräge zur Anlage kommt.

#### Parallelepipedon.

1. Orientierung einer Endfläche zu einer natürlichen Oktaederfläche;
2. Orientierung einer Langfläche zu einer Oktaederfläche parallel einer basalen Pyramidenkante;
3. Orientierung einer Langfläche zu einer Oktaederfläche senkrecht zur Pyramidenbasis;
4. Orientierung einer Längskante zu einer Oktaederfläche.

Am interessantesten ist die Umbildung von Nr. 1. Sie schliesst sich nämlich ganz an die eigentümliche Formenreihe an, welche der ebenso orientierte Cylinder bei seiner Umbildung wahrnehmen lässt.

Ebenso verhält es sich mit der Umbildung des dreiseitigen Prisma von gleichseitigem Querschnitte und von gleicher Orientierung wie Nr. 1.

## Kegel.

1. Orientierung der Kegelspitze zu einer natürlichen Oktaederecke;
2. Orientierung der Kegelbasis zu einer natürlichen Oktaederecke;
3. Orientierung der Mantelfläche des Kegels zu einer Oktaederfläche;
4. Kegel, dessen Basis einer natürlichen Oktaederfläche angehört;
5. Doppelkegel, dessen eine Spitze einer natürlichen Oktaederfläche angehört;
6. Doppelkegel, dessen beide Spitzen natürlichen Oktaederflächen angehören;
7. Kegel, dessen Basis auf eine Oktaederkante orientiert ist;
8. Spindel, deren Äquator einer Oktaederkante parallel verläuft;
9. Orientierung einer Kegelspitze auf eine Oktaederkante;
10. Kegel, dessen Basis zu einer Oktaederfläche, dessen Spitze zu einer Ecke des Stammkrystalles orientiert ist.

Bei der 1. und 2. Orientierung geht aus der Kegelspitze und aus der Kegelbasis je eine Oktaederecke hervor; die Mantelflächen entwickeln gewaltige Hexaeder- und Dodekaederflächen. In einem Falle jedoch erzeugte die Spitze und die Basis des künstlichen Kegels dieser Orientierung nicht je eine Oktaederecke, sondern eine Oktaederkante, gleichsam als wäre die künstliche Spitze und Basis des Kegels auf eine Oktaederkante orientiert gewesen. Senkrechte Orientierung einer künstlichen Kegelspitze auf eine Oktaederkante hinwiederum (Nr. 9) liess bei der Regeneration eine Oktaederecke hervorgehen.

Tangiert die Mantelfläche eines Kegels eine Oktaederfläche, so entwickelt sich im Berührungsgebiete eine grosse Oktaederfläche; die zugehörige Parallellfläche liegt an einem Punkte der Kegelbasis und ist anfangs minimal, um sodann anzuwachsen. Je nach der Orientierung der Spitze eines solchen Kegels treten weitere Verschiedenheiten in der Umbildung zu Tage.

Kegel, deren Basis oder Spitze einer natürlichen Oktaederfläche angehört oder ihr entspricht, lassen aus der Basis und aus der Spitze je eine Oktaederfläche hervorgehen. An diese beiden Oktaederflächen schliessen sich drei basale und drei apikale Oktaederflächen an, die aus der Mantelfläche des Kegels hervorgehen, und grosse hexaedrische Wucherfelder zwischen sich fassen. Doppelkegel der gleichen Orientierung verhalten sich wie zwei einfache, die an ihren Basen zusammenhängen, wobei jedoch die seitlichen Oktaeder- und Hexaederflächen beider Kegel alternierend gestellt und um  $60^\circ$  gegen einander verschoben sind.

Orientierung der Basis eines Kegels zu einer Oktaederkante (Nr. 7) lässt an der Basis und an der Spitze des Kegels eine Oktaederkante hervorgehen, während die Mantelfläche vier oktaedrische Flächen erzeugt.

· Eine künstliche Spindel (Nr. 8), deren Äquator einer Oktaederkante parallel ist, erzeugt bei der Regeneration mit ihrem Äquator lauter basale Kanten einer oktaedrischen Doppelpyramide, oder zunächst die entsprechenden Dodekaeder- und Hexaederflächen. Die Spitzenteile der Spindel dagegen liefern die beiden Oktaederpyramiden selbst. Ein Kegel, dessen Basis einer Oktaederfläche, dessen Spitze einer Oktaederkante entspricht, lässt an der Spitze eine der Basis parallele Oktaederfläche hervorgehen, obwohl die Spitze eine stark excentrische Lage hat.

#### Pyramide.

1. Niedrige dreiseitige Pyramide mit gleichseitiger Basis, welche einer Oktaederfläche angehört. Basis und Spitze erzeugen bei der Regeneration je eine Oktaederfläche; hierzu gesellen sich drei basale und drei apikale Oktaederflächen, die aus den drei Seitenflächen der Pyramide hervorgehen.
2. Hohe dreiseitige Pyramide, deren gleichseitige Basis einer Spaltfläche entspricht. Bei der Regeneration funktioniert die Spaltfläche gleich einer natürlichen Oktaederfläche. Wie im vorigen Falle liefert die Basis und die Spitze der Pyramide je eine Oktaederfläche; die der Spitze ist längere Zeit nur klein; im übrigen ergeben sich gegenüber der niedrigen Pyramide von gleicher Orientierung keine wesentlichen Unterschiede. Die sechs seitlichen Oktaederflächen können aus der Gegend der seitlichen Kanten oder aus der Gegend der seitlichen Flächen der künstlichen Pyramide hervorgehen, je nach der seitlichen Orientierung der Pyramide zum Stammkrystalle.
3. Hohe dreiseitige Pyramide mit einer natürlichen Seitenfläche. Um die Art der Umbildung einzusehen, braucht man nur die natürliche Seitenfläche als Basis der Pyramide zu betrachten; dann schliesst sich dieser Fall ohne weiteres an die vorhergehenden an.
4. Künstliche vierseitige Doppelpyramide, deren eine Kante einer natürlichen Oktaederfläche angehört. An Stelle dieser Kante legt sich bei der Regeneration eine Oktaederfläche an und es entwickelt sich die zugehörige Parallellfläche. Jene gehört der oberen, diese der unteren Pyramide des werdenden Oktaeders an. Die noch vorhandenen sechs freien Flächen werden zu Oktaederflächen umgewandelt.

5. Hohe vierseitige Pyramide, deren Basis einer natürlichen Oktaederfläche angehört. Die Umbildung vollzieht sich in der Form des Tetra-Oktaeders. Die Basis gestaltet sich zu einer grossen, die Spitze zu einer anfänglich zwerghaften Oktaederfläche um. Die Seitenflächen der Pyramide liefern drei basale und drei apikale Oktaederflächen.
6. Orientierung einer mit zwei natürlichen Flächen versehenen vierseitigen Doppelpyramide auf eine natürliche Oktaederkante des Stammkrystalles. Die an Stelle der natürlichen Kante liegende künstliche Spitze der Pyramide wird mit den vorhandenen sechs künstlichen Flächen bei der Regeneration als Oktaederecke und Oktaederflächen angenommen.

Wird irgend eine der acht Kanten des Alaunoktaeders ihrer ganzen Länge nach bis auf das Äusserste künstlich und ebenflächig zugeschärft, sei es von einer oder von beiden sie einschliessenden Oktaederflächen aus, und wird der so erhaltene dünne Keil, dessen Schneide der ursprünglichen Kante entspricht, der Regeneration übergeben, so wandelt sich die Schneide des Keiles wieder in die ursprüngliche Kante zurück; deren normaler Flächenwinkel wird also wieder hergestellt.

Wird irgend eine der sechs Ecken des Alaunoktaeders, mögen sie eine wirkliche Ecke oder durch eine Hexaederfläche vertreten sein, künstlich und ebenflächig, von einer oder von zwei gegenüberliegenden und die Ecke begrenzenden Oktaederflächen aus, auf das Äusserste zugeschärft und der so erhaltene Keil der Regeneration übergeben, so wird der normale Flächenwinkel der Ecke wieder hergestellt.

Hieraus ergibt sich, dass es nicht gleichgültig ist für den Betrag des Flächenwinkels, ob von einer Kante oder von einer Ecke aus der zu untersuchende Keil zugeschärft wurde. Das Ergebnis der Regeneration giebt darauf die bestimmte Antwort. Hierdurch wird ein Satz modificiert, welcher in der I. Untersuchungsreihe Seite 29 aufgestellt worden ist.

Natürliche Flächen werden durch die Regeneration wieder erzeugt, mögen sie auch an einem künstlichen Alaunkörper in irgend welche Form gebracht, d. h. z. B. zu einer Spitze oder zu einem Punkte gestaltet worden sein (s. Kegel, Pyramide, Kugel).

Auch Kanten und Ecken werden unter den soeben namhaft gemachten Bedingungen bei der Regeneration wieder erzeugt; doch kann die Kante durch eine Ecke, die Ecke durch eine Kante vertreten werden. Ecken und Kanten stehen sich einander also viel näher als beide und Flächen von Krystallen. Mag man der Regenerationsflüssigkeit künst-

liche Formen anbieten, welche man will, niemals verlassen die verwendeten Alaune bei ihrer Regeneration die oktaedrische Grundform, so lange sie ihrer Freiheit überlassen sind.

Es ist sehr wohl möglich, mit der Kenntnis der krystallographischen Gesetze die Frage der regenerativen Umbildung irgend welcher künstlicher Alaunkörper auf rein geometrischem Wege den Grundzügen nach zu lösen, nachdem man einmal die Gesetze der Regeneration kennen gelernt hat. Niemand aber konnte vom rein theoretischen Standpunkte aus voraussagen, dass die künstliche Kugel aus Alaun bei der Regeneration 26 Flächen entwickeln werde. Auch war es theoretisch nicht sicher, dass bei der Regeneration der Kugel etwa nur acht Flächen sich entwickeln würden.

Künstliche Kugeln aus Salpeter lassen bei der Regeneration ein Salpeterprisma hervorgehen (rhombisches System).

Von den Erfahrungen, welche durch die Untersuchung der Regeneration des Alauns gewonnen worden sind, lassen sich zwar auf die regenerativen Vorgänge bei anderen Krystallformen weitgehende Vermutungen aufstellen. Ecken, Kanten, Flächen werden sich bei diesen im allgemeinen an die Regenerationserscheinungen des Alauns anschliessen. Aber im einzelnen bleibt doch ein grosser Spielraum offen. Zur Sicherstellung wird es daher unumgänglich sein, jeden besonderen Krystall auf seine Regeneration zu untersuchen, eine grosse Aufgabe, bei deren Erledigung auch die Untersuchung der Umbildung künstlicher Formen nicht wird fehlen dürfen. Erst dann, und es wird Jahrzehnte dauern, bis die Aufgabe von vielen Forschern erfüllt sein kann, lässt sich das ganze Gebiet der Krystall-Regeneration überblicken und die Kenntnis der Krystalle selbst als eine vervollständigte bezeichnen. So lange bei jedem Krystalle diese Aufgabe noch nicht erfüllt ist, ist eine Lücke in seiner Kenntnis vorhanden.

Man kann über die Regeneration der Krystalle nicht Erwägungen anstellen, ohne auch zu Fragen allgemeiner Art geführt zu werden. Am nächsten liegt die Vergleichung mit der Regeneration auf dem Gebiete der Pflanzen und der Tiere. Dem hierüber in der I. Untersuchungsreihe S. 66 gesagten ist hier nichts hinzuzufügen.

Künstliche Kugeln, Ellipsoide und bikonvexe Linsen aus Alaun erinnern in ihrer Form so sehr an viele Eier, Keime, Fortpflanzungskörper aus dem Tier- und Pflanzenreiche, dass schon aus diesem äusserlichen Grunde Veranlassung geboten wird, die Entwicklung jener mineralischen Körper mit der Entwicklung der organischen Keime in Vergleichung zu bringen. Auch hierüber ist in den Schlussbetrachtungen

der I. Untersuchungsreihe bereits die Rede gewesen (S. 79). Dass Kinder den Eltern ähnlich sich gestalten, allgemeiner gesagt, dass der Nachkomme dem Vorfahren ähnlich sich ausbildet, hat, wie dort bemerkt worden ist, die gleiche allgemeine Grundlage, wie die Erscheinung, dass aus einem Alaunci ein Alaunoktaeder hervorgeht. Die allgemeine Grundlage ist darin enthalten, dass die beiderlei anorganischen und organisierten Gebilde je stofflich und strukturell miteinander zusammenhängen.

Eine Mutterlauge zwar ist noch kein Ei. Jene ist eine Lösung, nicht aber das Ei. Das „physikalische Molekül“ einer Mutterlauge ist zwar wahrscheinlich keine höhere, durch Verbindung von Molekülen entstandene Einheit, als das „chemische Molekül“ des betreffenden Gases. Aber wenn in der Mutterlauge der erste Krystallisationskern auftritt, so sind dessen „Krystallmoleküle“ jedenfalls zusammengesetzter als das physikalische Molekül der Flüssigkeit. Aus einer labilen ist eine verwickelte feste Struktur geworden, wie sie in jedem Krystalle sich ausprägt. Auch im Ei ist eine oder sind mehrere Strukturen befestigter Art vorhanden. Wenn das Beispiel der Krystalle zeigt, wie aus einer labilen, flüssigen Struktur ohne Stoffänderung eine feste Struktur sich ausbilden kann, so lässt sich dies Beispiel sehr wohl verwerten für die Vorstellung der Möglichkeit, wie aus einer organischen Lösung nicht bloss organische Krystalle, sondern selbst einfachste Organismen hervorgehen können. Und wenn ein Ei mit befestigter Struktur auch nicht unmittelbar mit der Mutterlauge verglichen werden kann, so kann es doch sehr wohl verglichen werden mit dem aus der Mutterlauge hervorgegangenen Krystallisationskerne und mit einem künstlich aus dem Krystalle geschnittenen eiförmigen Körper, weniger seiner äusseren Form wegen, als der Struktur und des Stoffes wegen: der stoffliche und strukturelle Zusammenhang ermöglicht die Vergleichung in erster Linie.

Ein Froschei entwickelt sich dadurch zur Endform des Frosches, dass es in viele einzelne Teile (Zellen) sich zerlegt, nach Richtungen, die den drei Richtungen des Raumes entsprechen; dass diese Zellen wachsen und durch damit in Verbindung stehende Substanzverschiebungen die Endform schliesslich herbeiführen. Ein Krystallkeim aber, oder, um bei dem konkreten Falle zu bleiben, ein Alaunei, entwickelt sich dadurch zum fertigen Krystalle und Oktaeder, dass, im Zusammenhange mit der Struktur des Alaunes und der Alaunmutterlauge, eine durch sie bestimmte Apposition desselben Materials erfolgt. Ein stofflicher und struktureller Zusammenhang besteht also zwischen Mutter und Kind, wie zwischen dem Alaunei und dem fertigen Oktaeder, indem auch jenes, das Alaunei, einem Alaunkrystalle entstammt. Auf die in

dem Froschei auftretenden Substanz - Differenzierungen, die etwas besonderes darstellen, braucht hier kein Gewicht gelegt zu werden. Von einer solchen Differenzierung bleiben auch beim Frosche vor allem ausgeschlossen die Germinalteile, als Keime der künftigen Generation. Kurz, das spätere Wesen ist in seinem Keime strukturell und stofflich bei den Anorganismen und Organismen vorgebildet.

Noch auf eine andere Eigenschaft des Alauncies möchte ich bei dieser Gelegenheit hinzuweisen nicht unterlassen, da sie in enger Beziehung steht zu vielfach in den letzten Jahren untersuchten ähnlichen Erscheinungen am Ei der Tiere. Zerlegt man ein Alaunei in zwei oder in noch so viele einzelne Teile (Furchungskugeln des tierischen Eies), rundet sie ab und bringt sie in die Regenerationsflüssigkeit, so gehen aus den einzelnen Teilen niemals halbe u. s. w. Oktaederembryonen hervor, sondern unter allen Umständen ganze, mit allen typischen 26 Flächen versehene, aber von kleineren Durchmessern; aus ihnen wachsen sodann lauter fertige Oktaeder heran. Dieses Ergebnis findet darin seine Begründung, dass in jedem einzelnen Teile die stoffliche Beschaffenheit und die physikalische Structur des Alauns ganz und gar enthalten ist.

Nicht allein zur weiteren Vervollkommnung der Lehre der individuellen Entwicklungsgeschichte und zur Klärung der in neuester Zeit vielfach erörterten Fragen der Epigenese und Evolution erweist sich das Steinreich unerwarteterweise nützlich, sondern auch auf die Lehre der Abstammung der Organismen, die Phylogenie, wirft es ein eigentümliches Licht, das zur weiteren Aufhellung jener Lehre beizutragen geeignet ist.

Man unterscheidet bekanntlich sieben Krystallsysteme, das triklone, monokline, rhombische, trigonale, tetragonale, hexagonale und kubische. Diese sieben Systeme aber bestehen aus 32 Symmetrieklassen. Von ihnen gehören zwei Klassen dem triklinen, drei dem monoklinen, drei dem rhombischen, sieben dem trigonalen, sieben dem tetragonalen, fünf dem hexagonalen und fünf dem kubischen Krystallsysteme an.

Künstliche Kugeln aus Krystallen von Phosphor, Silicium, Eisen, Kupfer, Blei, Quecksilber, Gold, Platin, Bleisulphid, Fluorcalcium, Kaliumplatinchlorid, Eisenoxydoxydul u. s. w. werden bei der Regeneration unter den geeigneten Bedingungen zu einer Form sich entwickeln, welche der 32. Symmetrieklasse (hexakisoktaedrische Klasse) angehört.

Künstliche Kugeln aus Diamant, Zinkblende, Fahlerz, Boracit, oxalsaurem Aluminium-Natrium-Kalium u. s. w. werden unter den geeigneten Bedingungen bei der Regeneration zu einer Endform sich

umbilden, welche der 31. Symmetrieklasse (hexakistetradrische Klasse) angehört.

Künstliche Kugeln aus Zinnjodid, Pyrit, Kobaltin, Smaltin werden wie die Alaune bei der Regeneration unter den geeigneten Bedingungen zu Formen heranwachsen, welche der 30. Symmetrieklasse (dyakisdodekaedrische Klasse) angehören.

Künstliche Kugeln aus Krystallen von Kupferoxydul, Chlorammonium, Chlorkalium, Chlornatrium, Chlorsilber werden bei der Regeneration unter den geeigneten Bedingungen zu Formen sich umbilden, welche der 29. Symmetrieklasse (pentagonikositetraedrische Klasse) angehören.

Künstliche Kugeln aus Krystallen von Baryumnitrat, Strontiumnitrat, Bleinitrat, Natriumchlorat, Natriumbromat, essigsauerm Uranyl-natrium, Natriumsulfantimoniat, Natriumstrontiumarseniat u. s. w. werden bei der Regeneration unter den geeigneten Bedingungen zu Formen sich gestalten, welche der 28. Symmetrieklasse (tetraedrisch-pentagondodekaedrische Klasse) angehören.

Alle die genannten Beispiele gehören ausschliesslich den fünf Symmetrieklassen eines einzigen, des VII. Krystallsystemes an. In derselben Weise würden zahlreiche Beispiele aus den übrigen 27 Symmetrieklassen anzuführen sein<sup>1)</sup>.

Die Ausgangsform von künstlichen Kugeln ist aus dem Grunde gewählt, weil sie die einfachste Ausgangsform ist und am leichtesten die Entwicklungsstufen zur Endform erkennen lassen wird.

Die Nutzenanwendung, die aus diesen Vorlagen gemacht werden kann, ergibt sich leicht.

Niemand wird zu der Annahme hinneigen, alle die vielen verschiedenen Krystallformen seien durch reale Umwandlung aus einer einzigen Grundform, also aus Transformation hervorgegangen; sondern man ist versichert, jede von ihnen sei selbständig in ihrer Struktur und in ihrer Form, wie es durch die jedesmalige chemische Beschaffenheit des Gegenstandes bedingt wird.

Hat man ein Recht, denselben Gedankengang auf die organischen Reiche zu übertragen? Er würde dahin auszusprechen sein, dass vielleicht in derselben Weise, wie die künstlichen Kugeln jener Stoffe unabhängig voneinander zu ihren zugehörigen krystallinischen Endformen sich entwickeln, alle organischen Keime, mögen sie nun dem Pflanzenreiche oder dem Tierreiche angehören, ebenfalls unabhängig voneinander zu den bezüglichen Endformen der fertigen Pflanzen und Tiere sich ausgestalten. Der Zwang zur Ausgestaltung läge in allen Fällen

<sup>1)</sup> Vergl. solche in P. Groth, Lehrbuch der physikalischen Krystallographie, 1895, S. 333—521.

in der Beschaffenheit der Ausgangsformen und ist von deren chemisch-physikalischen Eigentümlichkeiten abhängig. Auch im Pflanzen- und Tierreiche giebt es verschiedene Achsensysteme, durch welche die einzelnen Gestalten teils miteinander übereinstimmen, teils voneinander abweichen. Die verschiedenen Gestalten des Pflanzen- und Tierreiches weichen ferner voneinander ab durch ihre Form, durch ihre Organisation, Entwicklungsart; die stoffliche Grundlage ist bei den verschiedensten Gestalten nahe verwandt, besonders im Anfange, während späterhin sehr bedeutende Differenzierungen auftreten können; wenn auch verwandt, so ist die stoffliche Grundlage der verschiedenen Pflanzen und Tiere doch keineswegs identisch.

Bis zu diesem Punkte liegen für die Durchführung der Vergleichung anscheinend keine erheblichen Schwierigkeiten vor. Und doch erreichen sie sofort eine unüberwindliche Höhe, wenn wir den Versuch z. B. bei der Klasse der Säugetiere zu Endo führen. Das Säugetierei kann sich nur innerhalb einer bereits vorhandenen Mutter entwickeln. Die Mutter, deren Existenz erklärt werden soll, wird also durch jenen Versuch bereits als vorhanden vorausgesetzt. Denn jener Versuch stellt die Keime als das Frühere, die fertigen Gestalten als das Spätere auf. In Wirklichkeit ist aber bei den Säugetieren die Endform notwendig das Frühere, der Keim das Spätere. Schon dieser Widerspruch ist so schwerer Art, dass es nicht mehr erforderlich ist, nach anderen, ferner liegenden Einwendungen zu suchen. Man erkennt, es zerschellt an dieser Klippe die Hypothese des selbständigen, natürlichen Ursprunges der lebenden Wesen, welche auf Grundlage der Vergleichung mit der anorganischen Natur bis zu einem gewissen Grade einleuchtend erschien.

Am Schlusse meiner Darlegungen angelangt, kann ich nicht umhin, den Wunsch auszusprechen, es möchten an der weiteren Erforschung des Gebietes der Regeneration der Krystalle, sei es nun noch an der Alaunreihe, oder vor allem an den vielen noch unarbeiteten anderen Krystallen, deren Durchforschung dringend not thut, nicht allein Mineralogen und Chemiker, sondern auch Biologen sich beteiligen. Man darf die Kluft zwischen dem Reiche der Anorganismen und dem der Organismen sich nicht so gross vorstellen, wie zwischen Himmel und Hölle, wo ein Übertreten von dem einen in das andere Reich unter allen Umständen untersagt ist. Die Regeneration der Krystalle, für sich allein schon ein interessanter Abschnitt der allgemeinen und speciellen Krystallographie, gewinnt, wie obige Ausführungen zeigen, durch die unmittelbare Beziehung zur Regeneration und Entwicklungsgeschichte der beiden organischen Reiche doch noch in sehr hohem Grade an Bedeutung, um so mehr, wenn man von dem

Ringen Kunde hat, in welchem gegenwärtig die Geister um gewisse allgemeine Verhältnisse der Entwicklungsgeschichte begriffen sind. Möchten daher die früheren Versäumnisse, die einer mehr als halbhundertjährigen Ruhe entsprechen, nunmehr von einem um so regeren Eifer nachgeholt werden. Ohne Zweifel werden noch viele schöne Ergebnisse den Fleiss des eifrigen Forschers belohnen <sup>1)</sup>.

---

<sup>1)</sup> Schon in der I. Untersuchungsreihe habe ich darauf aufmerksam gemacht, dass das Studium der regenerativen Erscheinungen im Pflanzen- und Tierreiche sehr weit vorgeschritten ist. Ich verweise hier auf die Berichte von Dietrich Barfurth in Merkel und Bonnet, Ergebnisse der Anatomie und Entwicklungsgeschichte, Bd. IV, 1894, 1. Kapitel: Regeneration und Involution. —

Verlag von Eduard Besold (Arthur Georgi)

X  
752 P

Lehrbuch  
der  
**Anatomie des Menschen**

von  
**Dr. A. Rauber,**  
ord. ö. Professor der Anatomie an der Universität Dorpat.  
*Vierte, gänzlich neu bearbeitete Auflage.*

Zwei Bände.

Mit 1438, zum Teil farbigen, Abbildungen. gr. 8. 1610 Seiten.  
Preis 35 Mark, gebunden Preis 39 Mark.

Ueber die  
**Einrichtung von Studiensälen**  
in anatomischen Instituten

von  
**Dr. A. Rauber,**  
o. ö. Professor der Anatomie an der Universität Jurjeff (Dorpat).  
Mit einer photographischen Abbildung des Studiensaales im anatomischen  
Institut der kais. Universität in Jurjeff.  
gr. 8. 1895. Preis M. 1,20.

Die Lehren von Victor Hugo, Leo Tolstoj und Emile Zola  
über

**die Aufgaben des Lebens**

vom biologischen Standpunkte aus betrachtet.

Akademische Rede

von  
**Dr. A. Rauber,**  
ord. ö. Professor der Anatomie an der Universität Dorpat.  
gr. 8. 1896. Preis 1 Mark.

**Fragen der Liebe.**

Eine biologische Studie,  
der Dichtkunst des scheidenden Jahrhunderts gewidmet.

von  
**Dr. A. Rauber,**  
ord. ö. Professor der Anatomie an der Universität Dorpat.  
Preis 2 Mark.

Zu beziehen durch jede Buchhandlung.

Druck von C. Grumbach in Leipzig.