

# SEPARAT-ABDRUCK

AUS DEN

**MINERALOGISCHEN UND PETROGRAPHISCHEN**

**MITTHEILUNGEN**

HERAUSGEGEBEN

VON

**G. TSCHERMAK.**

---

W I E N.

—  
**ALFRED HÖLDER**

**K. K. HOF- UND UNIVERSITÄTS-BUCHHÄNDLER**

**I., ROTHENTHURMSTRASSE 15.**

- Fig. 18 und 19. Krystalle von Bergenhill, mit der bei ihnen fast gewöhnlich ausgebildeten  $n$ -(210)-Fläche.
- Fig. 20. Ein Krystall von Karadut in Grönland, charakteristisch zusammengesetzt aus mehreren unvermittelten Einzelgruppen.
- Fig. 21. Ein Tafelkrystall von der Seisseralpe mit den abnormalen Systemen von Zwillingstreifungen auf der Endfläche.
- Fig. 22. Ein flächenreicherer Krystall von ebendaher; oft wird dafür als näherer Fundort „Cepit-Bach-Schlucht“ angegeben.
- Fig. 23. Ein normal ausgebildeter Gruppenkrystall von dem Vorkommen auf Neuschottland.
- Fig. 24. Repräsentant der Krystalle von San Pietro bei Montecchio-Maggiore.

---

## XXII. Ueber die Zwillingbildung und die optischen Eigenschaften des Chabasit.<sup>1)</sup>

Von Friedrich Becke.

(Mit Tafel IV und V.)

Die optische Untersuchung solcher Minerale, welche sogenannte „abnorme optische Eigenschaften“ zeigen, hat in neuerer Zeit grosse Bedeutung erlangt, so dass es nicht ohne Interesse erschien, ein Mineral in dieser Hinsicht genauer zu untersuchen, von dem man gerade genug wusste, um die Vermuthung fassen zu können, dass sich hinter seinem regelwidrigen optischen Verhalten etwas gesetzmässiges verberge, welches aber noch nie gerade in dieser Hinsicht Gegenstand eingehenden Studiums gewesen; andererseits schien es gerathen, die von Mallard aufgestellte Hypothese zur Erklärung derartiger optischer Anomalien an der Hand beobachteter Thatsachen zu prüfen.

In der That erwähnt schon Brewster<sup>2)</sup> das abweichende optische Verhalten des Chabasit; er erkannte auch schon den

---

<sup>1)</sup> Die Resultate der folgenden Arbeit sind zusammengefasst in einem Auszuge, den Herr Hofrath Tschermak in der Sitzung der mathem.-naturw. Classe der kaiserl. Akademie der Wissenschaften in Wien am 10. Juli 1879 vorgelegt hat.

<sup>2)</sup> Lond. and Edinb. phil. Mag. 9. p. 170.

zusammengesetzten Charakter gewisser Krystalle von Faröer. Des Cloizeaux<sup>1)</sup> gibt an, dass die meisten Chabasitkrystalle in Platten parallel der Endfläche die Erscheinungen optisch einaxiger Körper gestört zeigen: „par les nombreux enchevêtrements intérieurs“; er erkannte also auch den zusammengesetzten Charakter der Krystalle. Von Lang,<sup>2)</sup> welcher den Herschelit von Aci reale untersuchte, fand für diesen optische Eigenschaften, die auf ein rhombisches Krystallsystem hinweisen (Zweiaxigkeit und Zusammensetzung der sechsseitigen Platten aus sechs Sektoren, von denen je zwei gegenüber liegende gleiche Orientirung zeigen. Rath,<sup>3)</sup> spricht in seiner Arbeit über den Phakolith (Herschelit) von Richmond die Ansicht aus, dass der Herschelit und Phakolith sowohl chemisch als krystallographisch sich mit dem Chabasit vereinigen lassen; nebenbei werden Beobachtungen von Groth und Arzruni über die Phakolithe von Richmond und von Salesl in Böhmen angeführt. Beide Beobachter sahen, dass die Platten parallel der Endfläche, die doch dem supponirten rhomboëdrischen Krystallsystem entsprechend zwischen gekreuzten Nicols dunkel bleiben sollten, Aufhellung zeigten und aus mehreren (6) verschieden orientirten Sektoren bestanden. Doch wurden diese Erscheinungen durch Spannungen gedeutet, die durch die Zwillingsverwachsung nach der Endfläche und die damit verbundene gegenseitige Durchdringung der beiden Zwillingindividuen, in der Richtung der Nebenaxen hervorgerufen sein sollten.

Zur selben Ansicht gelangte auch Streng<sup>4)</sup> in seiner grossen Chabasitarbeit; er zeigte insbesondere, dass das abnorme optische Verhalten auch den ächten Chabasiten zukomme, dass ferner die optische Orientirung in innigem Zusammenhang stehe mit den Erscheinungen der federförmigen Streifung und dem Auftreten einer stumpfen Skalenoëderkante auf den Rhomboëderflächen.

Bezüglich dieser Streifung wurden von ihm sehr zahlreiche Detailbeobachtungen gemacht, auf die ich später noch zurückkommen werde.

<sup>1)</sup> Manuel de Mineralogie p. 408.

<sup>2)</sup> On the crystalline form of Herschelite; Philos. Magaz. 1864. Vol. XXVIII, p. 506.

<sup>3)</sup> Min. Mittheil. XV, in Pogg. Ann. CLVIII, p. 394.

<sup>4)</sup> Berichte der oberrheinischen Gesellschaft für Natur- und Heilkunde XVI. 1877, p. 74.

Wie man sieht, fehlte es nicht an Beobachtungen, welche auf einen complicirten Zwillingbau der Chabasite hinweisen. Dazu kamen noch die äusserst schwankenden Angaben über die Winkelwerthe, welche ja bei solchen complicirten Zwillingsgestalten in der Regel bedeutende Schwankungen aufweisen.

Ich gieng daher, von meinem hochverehrten Lehrer Herrn Hofrath Tschermak angeregt, um so lieber an die Untersuchung, als sich ausreichendes Material in der Sammlung des Universitäts-Institutes vorfand, namentlich vom Riebendörfler Chabasit, von Phakolith und Herschelit. Auch aus der Sammlung des k. Hof-Museums erlangte ich Vergleichsmaterial und bin ich hiefür besonders Herrn Custos Dr. Březina zu Dank verpflichtet.

Ich gehe nun zu den Ergebnissen meiner Untersuchungen über. Die Methode derselben bestand darin, dass Platten sowohl parallel der Rhomboëderfläche, als parallel der Endfläche hergestellt und im parallelen polarisirten Licht untersucht, d. h. die Richtung der Auslöschungen gegen die Kanten oder gegen die hervortretenden Zwillinggränzen bestimmt wurden; gewöhnlich wurden Platten verwendet, die die Dicke gewöhnlicher Dünnschliffe erhielten; nach Umständen, besonders für die Untersuchung im convergenten polarisirten Lichte mussten auch dickere Platten in Anwendung kommen.

Schleift man ein Chabasitrhoëder parallel der Endfläche an, so erhält man eine Platte, die im allgemeinen ein gleichseitiges Dreieck darstellt, das aus sechs verschieden orientirten Individuen zusammengesetzt ist. Die Gränzen dieser Individuen entsprechen den Mittellinien des Dreieckes (Fig. 4, Taf. IV). Je zwei aneinandergränzende Individuen löschen symmetrisch aus zu der sie trennenden Mittellinie des Dreieckes: also I und II, III und IV, V und VI, ferner II und III, IV und V, VI und I. Die Individuen I, III und V, ferner II, IV und VI sind um Winkel von nahezu  $120^\circ$  verschieden orientirt.

Der Fall, dass alle Individuen vollkommen ausgebildet sind, tritt natürlich selten auf. Häufig treten mehrere zurück oder verschwinden ganz.

Auf Platten parallel der Rhomboëderfläche beobachtet man Erscheinungen, die mit den obigen übereinstimmen. Eine solche Platte besteht im Allgemeinen aus 2 Sektoren, welche symmetrisch zur kürzeren Diagonale des Rhombus auslöschen, ausserdem treten

am Rande noch Partien von anderer Auslöschung auf. Diese Erscheinung hat schon Streng in seiner Chabasitarbeit beschrieben.

Auf den Rhomboëderflächen ist die Gränze der componirenden Individuen schon an der Oberfläche des Krystalls durch jene bekannte stumpf ausspringende Kante und die Naht, in der die Streifensysteme der beiden Hälften der Rhomboëderfläche zusammen treffen, leicht ersichtlich.

Auch auf den Flächen (110) ( $-\frac{1}{2} R.$ ) sieht man oft Cannelirungen, welche dem Verlaufe der Gränze längs der Polkante entsprechen.

Bei geeigneter Behandlung gelingt es auch Absonderungen zu erhalten, die jenen Gränzen entsprechen. Besonders leicht liefert der Chabasit von Aussig Absonderungen längs der Mittellinie der *R.*-(Rhomboëder)fläche. Die Absonderungsfläche zeigte einen treppenförmigen Verlauf und bestand aus glänzenden Streifen, die senkrecht standen zur *R.*-Fläche und aus matten, gestreiften, unregelmässig gekrümmten Partien. Ebenso wurden auch Absonderungen längs der Polkanten erhalten.

Ehe ich nun zu der Erklärung dieses complicirten Aufbaues schreite, ist es nöthig das anzuführen, was sich über die optischen Eigenschaften eines einzelnen optisch homogenen Chabasitindividuums ermitteln liess. Diese Untersuchung stiess auf bedeutende Schwierigkeiten, welche einerseits in der sehr schwachen Doppelbrechung des Chabasit liegen, so dass man zur Untersuchung im convergenten Licht mit Platten von weniger als 1 Mm. Dicke wenig anfangen kann, da dieselben kaum mehr Spuren der Ringe darbieten, andererseits in der gegenseitigen Durchdringung der einzelnen Individuen, so dass optisch homogene Stellen von der obigen Ausdehnung nur selten zu finden sind. Erleichtert wurde sie hingegen durch die ziemlich vollkommene Spaltbarkeit nach den Rhomboëderflächen.

Es gelang ein einzelnes Individuum aus einem Chabasitkrystall von Faröer herauszuspalten. Dasselbe hatte die beiläufige Gestalt eines Chabasitrhomboëders; zwei Flächen waren Krystallflächen, die übrigen Spaltflächen (s. Fig. 2, Taf. IV). Die Spaltbarkeit parallel einer Fläche, die in Zukunft mit 100 bezeichnet werden soll, war etwas vollkommener als die nach den beiden anderen Flächen. Stellt man das Scheinrhomboëder so auf, dass die Fläche

100 oben dem Beschauer zugekehrt ist, so soll die rechts hinten auftretende Fläche 001, die links hinten auftretende 010 heissen.

Die Flächen waren vollkommen genug, um eine beiläufige Messung der Kantwinkel zu erlauben.

Es wurde gefunden:

$$100\cdot010 = 83^{\circ}42'$$

$$100\cdot001 = 85^{\circ}31\cdot5'$$

$$010\cdot001 = 85^{\circ}5'.$$

Die Winkel, unter denen die drei Flächenpaare gegeneinander geneigt sind, weichen demnach von der Gleichheit, die das Rhomboëder voraussetzen würde, bedeutend ab. Nach den Messungsergebnissen könnte man nur eine triklone Combination der drei Endflächenpaare voraussetzen; diese Voraussetzung wurde durch die optische Untersuchung bestätigt.

Auf der Fläche 100 erfolgt die Auslöschung in einer Richtung, welche mit der Kante 100·010 einen Winkel von  $24\cdot7^{\circ}$  macht. Da der ebene Winkel der Kanten 100·010 und 100·001 mit  $94\cdot9^{\circ}$  gemessen wurde, liegt die eine Auslöschung links von der Mittellinie des Rhombus und macht mit ihr einen Winkel von  $22\cdot8^{\circ}$  (siehe Fig. 2, Tafel IV). Dieser Winkel soll in Zukunft  $\alpha$  heissen. Im convergenten Licht sieht man durch 100 ein links seitwärts austretendes Axenbild, das deutliche Dispersion und Andeutungen von Lemniscaten erkennen liess.

Auf 010 wurden folgende Resultate erhalten: Die Auslöschung macht mit der Kante 010·001 einen Winkel von  $52\cdot8^{\circ}$ , liegt rechts von der Mittellinie des Rhombus, mit welcher sie einen Winkel  $\beta$  von  $5\cdot8^{\circ}$  einschliesst. Im convergenten Licht zeigte sich das Bild einer optischen Axe von concentrischen Ringen umgeben, weit am Rande des Gesichtsfeldes austretend, gegen die Endfläche des Rhomboëders hin geneigt.

Durch 001 zeigte sich Folgendes: Die Auslöschung liegt so wie bei 100 auf der linken Seite der Mittellinie und bildet mit der Kante 001·100 einen Winkel von  $35\cdot0^{\circ}$ , mit der Mittellinie, wenn der ebene Winkel der Polkanten zu  $94\cdot5^{\circ}$  angenommen wird, einen Winkel  $\gamma$  von  $12\cdot3^{\circ}$ . Im convergenten polarisirten Licht wurde durch 001 kein Axenbild wahrgenommen, es zeigten sich bloß gekrümmte Interferenzstreifen, welche der Kante 001·100 beiläufig parallel liefen.

Ein Spaltungsstück vom Chabasit vom Riebendörfel erlaubte auf zwei Flächen des Scheinrhomboëders die Orientirung zu bestimmen.

Auf der einen Fläche 001 wurde der Winkel der Auslöschung mit der Kante 001·100 mit  $37\cdot1^\circ$  bestimmt; daraus ergibt sich der Winkel  $\gamma = 10\cdot1^\circ$ . Auf der Fläche 010 lag die Auslöschung unter  $49\cdot5^\circ$  gegen die Kante 001·010 geneigt; daraus Winkel  $\beta = 2\cdot3^\circ$ . Durch die letzte Fläche sah man wie beim Chabasit von Faröer eine Axe am Rande des Gesichtsfeldes, aber nicht so weit von der Normalen auf 010 in der Richtung gegen die Endfläche des Rhomboëders abweichend, wie beim Chabasit von Faröer.

Diese Individuen gehören also den optischen Erscheinungen nach dem triklinen System an; wie sich diese triklinen Individuen, die in ihrer Symmetrie sich der Symmetrie des rhomboëdrischen Systems bis zu einem gewissen Grade nähern, also eine Grenzform besitzen, zu einem scheinbar rhomboëdrischen Krystall vereinigen, soll nun gezeigt werden. Die Untersuchung ergab, dass dieser Aufbau nach zwei, vielleicht drei verschiedenen Typen vor sich geht, die sich dadurch von einander unterscheiden, dass an der Oberfläche des Rhomboëders entweder die Fläche 001, oder 100, oder 010 zu Tage tritt.

### I. Typus.

Unter den Chabasiten von Riebendörfel kommen Krystalle vor, welche ziemlich durchsichtig sind, meist die Combination  $R. (100)$ , —  $\frac{1}{2} R. (110)$  zeigen und auf den Rhomboëderflächen eine deutliche ausspringende Kante und eine in dieser Kante zusammenstossende federförmige Streifung besitzen. Ein solcher Krystall lieferte parallel der Rhomboëderfläche dünngeschliffen das in Fig. 9, Taf. IV dargestellte Bild.

Die Mitte der Platte nehmen zwei Partien von einheitlichem optischen Verhalten ein, die durch eine der kürzeren Diagonale des Rhombus parallele Linie (im folgenden stets Mittellinie genannt) von einander getrennt werden.

Die Auslöschung in der Hälfte I bildet mit der Mittellinie einen Winkel von  $9\cdot2^\circ$  nach links; die Auslöschung in der Hälfte II einen Winkel von  $9\cdot2^\circ$  nach rechts. Die Richtung ist in

der Figur durch die beiden Pfeile angegeben. Da man durch die Platte im convergenten Licht keine Axe wahrnimmt, und der Auslöschungswinkel dem Winkel  $\gamma$  entspricht, so muss die Fläche, die das Individuum I dem Beschauer zukehrt, das Symbol  $00\bar{1}$  haben, die des Individuum II aber das Symbol  $001$ . In Fig. 1, Tafel IV sind die Individuen I und II in derjenigen Stellung vollständig herausgezeichnet, in welcher sie im Chabasitrhomboëder verwachsen sind; wie man sieht, liegen sie symmetrisch zu einer Fläche des Prismas 2. Ordnung bezogen auf das Chabasitrhomboëder, zur Fläche  $\bar{1}10$  bezogen auf die oben adoptirte trikline Bezeichnung. Diese Fläche kann man daher als Zwillingsebene auffassen und es soll dieses Zwillingsgesetz: Zwillingsebene die Fläche  $\bar{1}10$  als Zwillingsgesetz I bezeichnet werden. Auch an den andern Rhomboëderflächen treten nun je zwei Individuen auf, die nach Zwillingsgesetz I mit einander verbunden sind. In Fig. 1 sind auch diese 4 Individuen vollständig in jener Stellung herausgezeichnet, wie sie im Krystall verwachsen sind.

Man bemerkt, dass auch III und IV, V und VI in Zwillingstellung nach Gesetz I sich befinden. Es handelt sich nun noch darum zu untersuchen, wie diese 3 Zwillinge, die um je  $120^\circ$  von einander abstehen, untereinander verwachsen sind. Man bemerkt nun aus der Figur leicht, dass Individuum II und III symmetrisch liegen zu der Fläche  $01\bar{1}$ , die man wieder als Zwillingsebene für das II. Gesetz ansehen kann. Ebenso wie II und III sind nun auch IV und V, VI und I in Zwillingstellung nach Gesetz II. Fig. 11, Taf. V, gibt eine Vorstellung, wie diese 6 Individuen im Chabasitrhomboëder auftreten.

Dem entsprechen nun auch die Erscheinungen, die man an einer Platte beobachtet, die parallel der Endfläche des Scheinrhomboëders geschliffen wurde. Es muss bemerkt werden, dass nur Platten, welche nahe der Spitze des Rhomboëders entnommen werden, einfache Verhältnisse darbieten. Platten aus der Mitte des Krystalls geben nur verworrene Bilder, da in dieser Gegend auch schon Theile der unteren Hälfte des Krystalls zur Geltung kommen, und vielfach unregelmässige Durcheinanderwachsungen der Individuen auftreten; auch stören die in dieser Gegend eingeschlossenen Theile, welche nach dem schon längst bekannten Zwillingsgesetz: Zwilling-

ebene die Endfläche in dem Rhomboëder eingewachsen sind. Diese sind hier vorläufig von der Betrachtung ausgeschlossen.

Eine solche Platte hat die Gestalt eines gleichseitigen Dreiecks und lässt zunächst drei Sektoren erkennen, welche durch scharfe Linien getrennt sind, die von einem Punkte in der Mitte des Krystalls gegen die Ecken ziehen und  $120^\circ$  einschliessen. In jedem solchen Sector treten 2 verschieden orientirte Individuen auf, deren Gränze unregelmässig verläuft, derart, dass die beiden Individuen nicht nur zungenartig eines in das Gebiet des andern eingreifen, sondern bisweilen auch in von der Hauptmasse isolirten Streifen vorkommen. Diese unregelmässige Gränze entspricht der Zwillingegränze nach Gesetz I und der auf der Rhomboëderfläche auftretenden Mittellinie. Die scharfe Gränze, die zu den Ecken hinzieht, entspricht der Zwillingegränze nach Gesetz II.

Nur in seltenen Fällen trifft man alle 6 Individuen deutlich entwickelt; meist herrschen 2 oder 3 bedeutend vor; manchmal verschwinden einzelne gänzlich, so dass nur 5 Individuen in der Platte zu sehen sind; das schliesst natürlich nicht aus, dass in einer tieferliegenden Partie des Krystalls, welche vom Schnitte nicht getroffen wurde, auch das 6. Individuum auftrete. In der That bemerkt man auch an der Streifung auf den Rhomboëderflächen, dass manchmal das eine Streifensystem gegen das andere sehr zurücktritt und die Mittelnäht nicht von der Spitze des Rhomboëders, sondern tief unten an einer der Polkanten ihren Ursprung nimmt.

Um nun die optische Orientirung auf der Endfläche kennen zu lernen, wurden mehrere Platten im parallelen polarisirten Lichte untersucht.

Eine der besten Platten von Riebendörfel lieferte das Bild Fig. 12, Tafel V. Dieselbe zeigte die 3 Sektoren, im 3. fehlte aber augenscheinlich ein Individuum.

Bezeichnet man nun das Azimuth in dem das mit I bezeichnete Individuum auslöscht (die Richtung desselben ist durch die Streifung angedeutet) mit 0, so erhält man für die Auslöschungen der übrigen Individuen folgende Zahlen:

I . 0°
II . 331·2
III . 118·7
IV . 92·1
(V . 236·2)
VI . 209·0.

Man sieht zunächst, dass die Differenzen

$$\begin{aligned} I . II &= 27·8^{\circ} \\ III . IV &= 26·6 \end{aligned}$$

annähernd gleich sind. Es ist hier der Ort zu bemerken, dass die Versuchsfehler bei allen Messungen nicht unbedeutende sind, was seinen Grund in der Ungunst des Materiales hat. Der Chabasit zeigt nämlich sehr schwache Doppelbrechung, da man aber die Platten sehr dünn schleifen muss, um halbwegs deutliche Bilder zu bekommen, so ist die Bestimmung des Maximums der Auslöschung sehr erschwert; ausserdem mögen auch die unvermeidlichen Fehler beim Anschleifen der Endfläche aufwirken, dass die Uebereinstimmung der Messungen keine grössere ist. Wir werden später noch eine andere Ursache kennen lernen, welche die Messung alterirt.

Nimmt man von beiden Zahlen das Mittel 27·2, so erhält man für die Auslöschungsrichtung des zu supponirenden Individuums V die obige Zahl. Der Winkel unter dem zwei Individuen, die in einem Sector liegen, auslöschen, ist also constant und gleich 27·2°. Dieser Winkel soll in Zukunft  $2\delta$  heissen, indem mit  $\delta$  jener Winkel bezeichnet wird, den diese Auslöschung auf der Endfläche mit der Zwillingsebene nach Gesetz I d. i. mit  $\bar{1}10$  macht (s. Fig. 8, Taf. IV).

Vergleicht man zwei in verschiedenen Sektoren liegende Individuen, die an einer Polkante zusammenstossen, so erhält man:

$$\begin{aligned} II . III &= 147·5^{\circ} \\ IV . V &= 144·1 \\ VI . I &= 151·1. \end{aligned}$$

Vergleicht man je zwei in zwei Sektoren ähnlich liegende Individuen, so erhält man:

$$\begin{array}{rcl} \text{I} \cdot \text{III} & = & 118\cdot7^{\circ} \\ \text{III} \cdot \text{V} & = & 117\cdot5 \\ \text{V} \cdot \text{I} & = & 125\cdot8 \end{array} \quad \begin{array}{rcl} \text{II} \cdot \text{IV} & = & 119\cdot9^{\circ} \\ \text{IV} \cdot \text{VI} & = & 116\cdot9 \\ \text{VI} \cdot \text{II} & = & 125\cdot2. \end{array}$$

Dieser Winkel sollte nach unserer bisherigen Annahme  $120^{\circ}$  betragen; man sieht, dass derselbe, so lange man in der Reihe zwischen I und VI bleibt, ziemlich constant und stets kleiner als  $120^{\circ}$  bleibt; wie man vom Individuum VI in derselben Richtung weiterschreitet, ergeben sich bedeutende Differenzen.

Ein genaues Studium der Platte ergab ferner folgende bisher noch nicht berücksichtigte Thatsache. In fast allen Individuen treten Streifen und Partien auf, die bald mehr bald weniger deutlich begränzt erscheinen und die um wenige Grade abweichend von der Hauptmasse orientirt sind. Besonders deutlich treten derartige Streifen im Individuum I auf, wo sie die ziemlich zuverlässige Bestimmung der Auslöschung erlaubten; dieselbe erfolgt im Azimuth  $354\cdot6$ . Diese Streifen sind in Fig. 12, Taf. V mit I a bezeichnet. Führt man beim Weiterschreiten von VI diesen Werth für I a in die Rechnung statt I ein, so ergibt sich folgende Uebereinstimmung.

Für  $2 \delta$  erhält man folgende Werthe:

$$\begin{array}{rcl} \text{I} \cdot \text{II} & = & 27\cdot8^{\circ} \\ \text{III} \cdot \text{IV} & = & 26\cdot6 \\ \text{V} \cdot \text{VI} & = & 27\cdot2 \\ \hline \text{Mittel } 2 \delta & = & 27\cdot2^{\circ}. \end{array}$$

Bezeichnet man mit  $\Delta$  den Winkel derselben Auslöschung mit der Zwillingsebene nach Gesetz II, d. i. mit  $01\bar{1}$ , so hat man:

$$\begin{array}{rcl} \text{II} \cdot \text{III} & = & 147\cdot5^{\circ} \\ \text{IV} \cdot \text{V} & = & 144\cdot1 \\ \text{VI} \cdot \text{I a} & = & 145\cdot2 \\ \hline \text{Mittel } 2 \Delta & = & 145\cdot6^{\circ} \text{ resp. } 34\cdot4^{\circ}. \end{array}$$

Für den Winkel zwischen zwei ähnlich liegenden Individuen in zwei verschiedenen Sektoren erhält man folgende Zahlen:

$$\begin{array}{ll} \text{I} \cdot \text{III} = 118\cdot7^{\circ} & \text{II} \cdot \text{IV} = 119\cdot9^{\circ} \\ \text{III} \cdot \text{V} = 117\cdot5 & \text{IV} \cdot \text{VI} = 116\cdot9 \\ \text{V} \cdot \text{Ia} = 118\cdot3. \end{array}$$

Dieser Winkel, der im Mittel 118·4 beträgt, gibt zugleich den Winkel an, um welchen die beiden Zwillingsebenen  $01\bar{1}$  und  $1\bar{1}0$  gegeneinander geneigt sind; er soll in Zukunft  $\epsilon$  heissen.

Der Aufbau der Platte lässt sich nun so erklären, dass mit dem einen Individuum I nach Gesetz I ein zweites Individuum II verwachsen ist, mit diesem nach Gesetz II ein Individuum III, welches in derselben Weise wie I wieder mit einem Individuum IV nach Gesetz I verbunden ist u. s. f. Mit Individuum VI ist wieder nach Gesetz II das Individuum Ia verbunden, welches nahezu aber nicht genau zusammenfällt mit I. Andererseits finden sich auch im Raume von IV und VI Streifen und Partien, welche um einige Grade verschieden orientirt sind von der Hauptmasse. Diese lassen sich dadurch erklären, dass die Zwillingungsverwachsung auch links von I in derselben Weise sich mehrfach wiederholt wie rechts von I.

Nur durch diese weit fortgesetzte Wiederholung der Zwillingungsverwachsung ist es möglich, dass eine Substanz, deren Primitivnetz auch geometrisch so merklich von der rhomboëdrischen Symmetrie abweicht, wie das des Chabasit (die Verschiedenheit der Spaltwinkel der drei Rhomboëderflächen, die Differenz des Winkels  $\epsilon$  von  $120^{\circ}$  sind das Maass dieser Abweichung) schliesslich anscheinend vollkommen rhomboëdrische Krystalle liefert. Andererseits liefert diese vielfältige Wiederholung der Zwillingbildung, die bei allen untersuchten Chabasiten mehr oder weniger deutlich hervortritt, den Schlüssel zur Erklärung der so verschieden gefundenen Kantenwinkel der Chabasitkrystalle. Diese vielfache Durchwachsung wenig verschieden orientirter Partien erschwert schliesslich auch die optische Untersuchung, indem dadurch die Einstellung unsicher wird.

Unter Zugrundelegung der oben bestimmten Mittelwerthe  $\cdot 2\delta = 27\cdot2^{\circ}$ ,  $2\Delta = 145\cdot6^{\circ}$ ,  $\epsilon = 118\cdot4^{\circ}$  lässt sich das Azimuth der Auslöschungen in den einzelnen Individuen folgendermassen berechnen; daneben sind die beobachteten Zahlen gesetzt:

	Beobachtet	Berechnet	Differenz
I	0°	0°	0°
II	331·2	332·8	+ 1·6
III	118·7	118·4	— 0·3
IV	92·1	91·2	— 0·9
V	—	236·8	—
VI	209·0	209·6	+ 0·6
I a	354·5	355·2	+ 0·7.

Im convergenten Licht lässt sich nur so viel bestimmen, dass die Axenebene schief und zwar in der Richtung austritt, welche in Fig. 4 durch die Ringe angedeutet ist; man sieht aber durch die Endfläche keine Axe austreten. Die Richtung der Axenebene wie sie hier vorliegt, soll die normale heissen. Auf Grund der gemachten Beobachtungen lässt sich die Orientirung auf der Endfläche eines einfachen Chabasitindividuums in der Weise darstellen, wie dies Fig. 8, Taf. IV zeigt.

Es ist nun noch Einiges zu sagen über einzelne Details des Aufbaues. In Platten parallel der Rhomboëderfläche treten nicht nur die zwei Individuen auf, welche die Hauptmasse derselben ausmachen; am Rande herum findet man immer Streifen anderer Orientirung, die den übrigen Individuen angehören. Die Orientirung lässt sich indessen hier schwer bestimmen; nur manchmal erscheinen Streifen breiter und mit deutlicher Auslöschung. So in der Platte Fig 9, Taf. IV. Der mit IV bezeichnete Streifen löscht in einer Richtung aus, welche mit der Kante links oben einen Winkel von  $21\cdot7^\circ$  einschliesst. Diese Orientirung entspricht der Fläche 100. Aus der schematischen Figur 1 sieht man, dass das an dieser Stelle liegende Individuum IV thatsächlich die Fläche 100 dem Beobachter zuwendet.

Ein mit IV gleich orientirter Streifen liegt am linken unteren Rande der Platte; er entspricht der unteren Fortsetzung des Individuums IV; die an den anderen zwei Rändern auftretenden Partien liessen eine Bestimmung der Orientirung nicht zu.

Eine eigenthümliche Rolle spielen jene Partien, welche nach dem Zwillingsgesetz: Zwillingsenebene die Endfläche, mit dem Chabasit-rhomboëder verwachsen sind. Diese Partien erscheinen auf Platten parallel der Rhomboëderfläche in Gestalt spitziger, gleichschenkliger Dreiecke. Sie zeigen im normalen Fall eine Zusammensetzung aus

vier verschieden orientirten Individuen, von denen indess nur die beiden oberen (a und b in Fig. 9) deutlicher getrennt erscheinen. Die unteren greifen vielfach zählig ineinander ein und geben daher keine gute Auslöschung. Die beiden oberen Individuen löschen symmetrisch zur Mittellinie aus; eine Platte lieferte für den Winkel der beiden Auslöschungen  $51.7^\circ$ , der Winkel der Auslöschungen war nach oben offen; eine andere, bei welcher nur ein Individuum messbar war, den Winkel der Auslöschung mit der Mittellinie  $23^\circ$ .

Es wird später gezeigt werden, dass bei Chabasiten, die nach einem zweiten Typus gebaut sind, auch diese Zwillingsecken eine andere Orientirung erkennen lassen.

Sehr merkwürdig ist das Verhältniss dieser Zwillingsecken zu der Zwillingsgrenze der Individuen I und II; dieselbe verläuft nämlich immer so, dass die Zwillingsecke ganz innerhalb des einen Individuums liegt, und dass die Mittellinie eine Seitenkante der Zwillingsecke berührt, die andere Seite der Zwillingsecke wird aber nicht von demselben Individuum begrenzt, sondern entweder zieht sich ein Streifen des anderen Zwillingseckes an derselben hin, wie in Fig. 9, wo die Zwillingsecke ganz innerhalb Individuum II liegt, an der rechten Seite aber von einem Streifen von I begleitet wird; oder es zieht sich von den Randpartien ein Streifen längs des Zwillingseckes nach aufwärts, wie dies Fig. 10 (Chabasit von Disco) zeigt. Diese Verhältnisse hat schon Streng eingehend studirt, und es kann wegen der Details der Ausbildung auf seine Figuren verwiesen werden.

Der schöne Chabasit von Farøer, der das Material lieferte zur Untersuchung eines einzelnen herausgespaltenen triklinen Individuums, zeigte in einer Platte parallel der Endfläche, welche in Fig. 13, Taf. V dargestellt ist, die Zusammensetzung aus vielen ganz scharf getrennten Individuen sehr deutlich.

Man sieht drei Sektoren, die durch gerade oder wenig gebrochene Linien getrennt sind. Im vorderen Sector, der mehr Raum einnimmt, als beide anderen zusammen, treten hauptsächlich zwei Auslöschungen hervor; daneben finden sich Partien, die nur wenig in ihrer Orientirung von der Hauptmasse abweichen; dieselben sind durch den Index *a* bezeichnet. Im Sector rechts oben ist nur das eine Individuum deutlich entwickelt, vom zweiten nur

Spuren erkennbar, die keine Bestimmung der Auslöschung erlauben  
Im dritten Sector tritt nur ein Individuum auf.

Die beobachteten Zahlen sind folgende:

	Beobachtet	Berechnet	Differenz
I	24·8°	25·2°	+ 0·4°
II	0·0	0·0	0·0
III	143·4	144·0	+ 0·6
(IV)	nicht messb.	118·8	—
(V)	fehlt	262·8	—
VI	237·4	237·6	+ 0·2
Ia	22·5	21·6	— 0·9
IIa	356·8	356·4	— 0·4
IIIa	140·3	140·4	+ 0·1

Der Berechnung sind die aus der Beobachtung abgeleiteten Mittelwerthe  $2\delta = 25·2°$ ,  $2\Delta = 144·0°$  (36) zu Grunde gelegt. Für den Winkel der beiden Zwillings Ebenen ergibt sich  $\varepsilon = 118·8°$

Bei der Berechnung von Ia, IIa, IIIa, wurde angenommen, dass sich die Zwillingungsverwachsung von VI an in derselben Weise fortsetzt, wie zwischen I und VI. Wie man sieht, stimmen die auf diese Weise berechneten Werthe ganz vorzüglich mit der Beobachtung.

Die scharfe Trennung der einzelnen Individuen erlaubte auch im convergenten polarisirten Lichte Beobachtungen anzustellen; man kann sich überzeugen, dass die Axenebene, die durch die Straffirung angedeutete Lage hat, dass durch die Platte eine Bisectrix sehr schief austritt, so dass nur eine Axe nahe am Rande des Gesichtsfeldes sichtbar ist, dass ferner die in dieser Gegend austretende Mittellinie negativ, also die Linie a ist.

Einen ähnlichen Bau, wie der Chabasit vom Riebendörfel zeigen Chabasitkrystalle von verschiedenen anderen Fundorten. Bezüglich des Baues der bekannten Zwillingssecken, welche so häufig die Rhomboëderfläche unterbrechen und welche einem um  $180°$  verwendeten Rhomboëder angehören, ist ein Chabasit von Disco lehrreich. Eine Platte von diesem Chabasit umfasst bloss zwei Sektoren; der eine derselben umschliesst ein durchschliffenes Zwillingsseck. Die Platte ist in Fig. 14, Taf. V dargestellt.

Im oberen Sector wurden vier verschieden orientirte Individuen unterschieden, deren Auslöschungen bei folgenden Stellungen beobachtet wurden.

	Beobachtet	Berechnet
I	0·0°	0·0°
Ia	6·8	—
II	336·9	337·1
IIa	343·5	—

Hieraus erhält man  $2\delta = 23\cdot2$ . Im zweiten Sector treten ebenfalls vier verschiedene Individuen auf, deren Auslöschungen sind:

	Beobachtet	Berechnet
III	119·0°	119·6°
IIIa	115·6	—
IV	97·1	97·7
IVa	92·5	—

Hieraus erhält man  $2\delta = 22\cdot5^\circ$ . Die Individuen I, II, III, IV sind mit einander nach der vom Riebendörfler Chabasit bekannten Art verzwillingt, wobei man für  $2\delta = 22\cdot9^\circ$  für  $2\Delta = 142\cdot5^\circ$  respective  $37\cdot5^\circ$  erhält, welche Zahlen der Berechnung zu Grunde liegen.

Der Winkel für die beiden Zwillingsebenen würde sich mehr als irgendwo der Grenze von  $120^\circ$  nähern, er wird im Mittel  $= 119\cdot6^\circ$  gefunden.

Die mit dem Index  $a$  versehenen Individuen lassen sich im allgemeinen durch fortgesetzt wiederholte Zwillingungsverwachsung erklären. Ihre Stellung im Einzelnen nachzuweisen, ist wegen des mangelnden dritten Sectors unmöglich.

Das zwischen den Individuen I und II eingekeilte Zwillingseck ist von den schon beim Riebendörfler Chabasit erwähnten Begleitstreifen eingefasst. rechts findet sich eine kleine Partie von II, links ein Streifen von I. Der Zwillingebalken selbst umschliesst drei Individuen, von denen zwei nahezu gleichzeitig auslösch.

V	59·0°
Va	63·3
VI	35·5

Die Axenebenen entsprechen den in der Figur eingetragenen Auslöschungsrichtungen.

Wenn man nun unter Zugrundelegung der oben ermittelten Werthe für  $\delta$  und  $\triangle$  die Stellung der fehlenden Individuen V und VI ermittelt, die mit I, II, III und IV durch doppelte Zwillingverwachsung verbunden sind, so erhält man folgende Zahlen:

$$V \quad 239.2^\circ = 59.2 + 180^\circ; \text{ beobachtet } 59.0^\circ$$

$$VI \quad 217.3 = 37.3 + 180; \quad \text{,,} \quad 35.5$$

Geht man statt vom Individuum I von Ia aus, so erhält man für Va  $246.0^\circ = 66.0 + 180^\circ$ , während die Beobachtung Va =  $63.3^\circ$  ergab.

Man sieht, dass die Zwillingsecken aus Individuen aufgebaut sind, die denselben Zwillingsgesetzen unterliegen, wie die des Hauptkrystalls. Diese Individuen nehmen in Platten parallel der Endfläche des Rhomboëders (der Zwillingsebene) Stellungen ein, die gegen die entsprechenden Individuen des Hauptkrystalls, wie es ihr Zwillingsgesetz erfordert, um  $180^\circ$  verwendet sind.

Auch andere Chabasitvorkommnisse wurden dem Chabasit von Riebendörfel analog aufgebaut befunden. Um unnöthige Wiederholungen zu vermeiden, sind bloss die gewonnenen Zahlen in der folgenden Tabelle zusammengestellt. Die ersten drei Columnen beziehen sich auf Platten parallel der Endfläche.

$\delta$  bezeichnet den Winkel, den diejenige Auslöschung, welche der Axenebene entspricht, mit der idealen Zwillingsgrenze nach Gesetz I, also mit der Fläche  $\overline{110}$  bildet;  $2\delta$  ist dann der Auslöschungswinkel zweier nach Gesetz I verbundener Individuen, welche an einer Rhomboëderfläche zusammenstossen.  $\triangle$  ist der Winkel, den dieselben Auslöschungen mit der Zwillingsebene  $\overline{011}$  bilden;  $2\triangle$  somit der Winkel, den die Auslöschungen zweier nach Gesetz II verbundener Individuen, die in einer Rhomboëder-Polkante zusammenstossen, mit einander bilden.

Wo in einer Platte mehrere Sektoren gut messbar waren, ist auch der Winkel der beiden Zwillingsebenen, der sich dem Werth von  $120^\circ$  mehr oder weniger nähert, aus den Beobachtungen abgeleitet und in der Columnne  $\varepsilon$  zusammengestellt.

Die letzte Columnne bezieht sich auf Platten parallel der Rhomboëderfläche und es bedeutet  $\gamma$  den Winkel, den die Auslöschung des einen Individuums mit der Zwillingsgrenze einschliesst;  $2\gamma$  somit der nach oben offene Auslöschungswinkel der zwei nach

Gesetz I verbundenen Individuen in Platten parallel der Rhomboëderfläche.

Zum Vergleich sind auch die Zahlen für die schon beschriebenen Chabasite von Riebendörfel, Disco und Faröer eingestellt.

Chabasit von	$\delta$	$\Delta$	$\epsilon$	$\gamma$
Riebendörfel . . . . .	13·6 <sup>0</sup>	72·7 <sup>0</sup>	118·4 <sup>0</sup>	7·9 <sup>0</sup>
Disco . . . . .	11·5	71·3	119·6	—
Faröer . . . . .	12·6	72·0	118·8	11·8
Fassathal . . . . .	14·7	—	—	—
Gustavsberg, Schweden	11·2	—	—	12·7
Phakolith von Aussig	13·0	—	—	14·6

Der untersuchte Phakolith von Aussig bildet wasserklare kleine Krystalle, welche alle Uebergänge von typischer Phakolithform zum gewöhnlichen Chabasit rhomboëder darbieten. Eine Platte parallel der Endfläche zeigt Fig. 16, Taf. V. Dieselbe ist aus dem oberen Theil eines Krystalls entnommen, welcher die typische Phakolithform zeigte. Die Theile  $a, a$ , gehören dem nach der Endfläche verwachsenen Zwillingkrystall an.

Die einzelnen Individuen sind nur im äusseren Theile der Platte getrennt, das Innere wird durch ein dichtes Gewebe der verschiedenen Individuen eingenommen; durch die Anordnung der verschieden orientirten Theile in der Drei- und Sechszahl entsteht im polarisirten Lichte eine kleeblattähnliche Zeichnung. Die Theile  $x, x$  sind gleichfalls durch ein mehr streifiges Gewebe von Theilchen der Individuen II und III eingenommen; dieses Gewebe reicht genau so weit, als an der Oberfläche, die glatte, aber gewölbte Fläche —  $\frac{1}{2}R$  entwickelt ist. In dieser Partie ist es nicht möglich, die Auslöschung der einzelnen Theile zu fixiren. Es erfolgt bei keiner Stellung der Platte vollkommene Auslöschung. Ein ähnliches Gewebe stellen auch die mit  $a, a$  bezeichneten Zwillingbalken dar.

Die ganze Erscheinung erinnert übrigens an das, was von Lasaulx in seiner Arbeit über den Desmin<sup>1)</sup> mit dem Ausdruck „inverse Substanz“ bezeichnet hat.

<sup>1)</sup> A. v. Lasaulx: Ueber den Desmin. Zeitschrift f. Krystallogr. II. p. 583.

Ich glaube, dass sich die von Lasaulx mit diesem nicht sehr glücklich gewählten Namen bezeichnete Erscheinung durch ein derartiges Gewebe der in der Nachbarschaft getrennt und homogen entwickelten Individuen ganz einfach erklären lasse. Das von Lasaulx erhobene Bedenken, dass die „inverse Substanz“ hell erscheine, während beide Individuen, die angrenzen, nahezu dunkel sind, dürfte kaum stichhältig sein, da man dieselbe Erscheinung auch beim Arragonit an der Grenze zweier Individuen, die zählig ineinander eingreifen, beobachten kann.

Die mit I, II, III, IV bezeichneten Partien geben einheitliche Auslöschungen, mit Ausnahme der mehrfach erwähnten Streifen, die um etwas wenig von der Hauptmasse in der Orientirung abweichen. Wie man aus der Figur ersieht, sind auch die Begleitstreifen deutlich entwickelt.

Zur Bestimmung des Winkels  $\alpha$  wurde ein rhomboëderförmiger Krystall verwendet; eine Platte nach  $R$  lieferte ein ganz ähnliches Bild, wie der gewöhnliche Chabasit von Riebendörfel.

Aus dem letzt angeführten ergibt sich in Uebereinstimmung mit der bisher allgemein angenommenen Ansicht, dass Phacolith und Chabasit, wie sie chemisch und krystallographisch übereinstimmen, auch optisch zusammengehören. Denn selbst die eigenthümliche, beschriebene Gewebebildung findet man auch bei manchen Chabasiten wieder.

Interessant ist aber jedenfalls die Beobachtung, dass auch beim Chabasit von Riebendörfel diese Art der Verwachsung an das Vorhandensein der Fläche —  $\frac{1}{2}R$  gebunden scheint.

## II. Typus.

Während alle bisher betrachteten Chabasite einen ähnlichen Bau aufwiesen, weicht ein Chabasit vom Puffer Loch im Fassathal, der mit kugelförmigen Aggregaten von Desmin (sog. Pufferit) auf zersetztem Melaphyrtuff aufsitzt, bedeutend ab. Das Bild, welches eine Platte parallel der Endfläche im polarisirten Lichte darbietet, ist zwar das gleiche wie bei den früher betrachteten Chabasiten, aber die Orientirung der 6 zu einem Krystall zusammentretenden Individuen ist anders. Wenn man wieder jene Auslöschungen bestimmt, die der Richtung der Axenebene entsprechen, so erhält

man folgende Zahlen, die Auslöschung von I wieder mit 0 bezeichnet; der Berechnung sind die Mittelwerthe:

$2 \Delta = 138.9^{\circ}$   $2 \delta = 20.7^{\circ}$  und hieraus  $\epsilon = 118.2^{\circ}$   
zu Grunde gelegt.

	Gemessen	Berechnet	Differenz
I	0°	0°	0°
II	138.8	138.9	+ 0.1
III	118.1	118.2	+ 0.1
IV	258.1	257.1	- 1.0
V	237.7	236.4	- 1.3
VI	15.7	15.3	- 0.4
Ia	352.5	354.6	+ 2.1
VIa	23.7	20.7	+ 3.0

Die beobachteten Auslöschungen sind in der Fig. 15, Taf. V eingetragen. Aus der Betrachtung der Lage der Axenebenen ergibt sich, dass hier die zu einem Sector zusammentretenden Individuen nach Zwillingsgesetz II, die in einer Polkante zusammenstossenden Individuen nach Zwillingsgesetz I verbunden sind. Unter Berücksichtigung dieses Umstandes muss man schliessen, dass die Individuen, welche diesen Chabasitkrystall zusammensetzen, die Flächen 100 und  $\bar{1}00$  an den Rhomboëderflächen nach aussen kehren. Dies schematischen Fig. 3 u. 6, Taf. IV, ferner Fig. 18, Taf. V geben eine Vorstellung von der Lage, welche die 6 supponirten Individuen einnehmen.

Wie bei den früher betrachteten Chabasiten ist auch hier die Zahl der in einem Krystall auftretenden Individuen viel grösser als 6, indem von jedem Individuum aus die Zwillingbildung nach 2 Seiten sich wiederholt. Die mit Ia und VI a bezeichneten Streifen stellen solche Individuen dar; das erste befindet sich zu VI, das zweite zu I in Zwillingstellung.

Eine Platte parallel R ergab in Uebereinstimmung mit der früher gemachten Annahme eine Zusammensetzung aus 2 Sektoren, deren Auslöschungen einen nach unten offenen Winkel von  $53^{\circ}$  einschliessen. Dies gibt für den Winkel  $\alpha$ , den die Auslöschung auf 100 mit der Zwillingsebene 01 $\bar{1}$  macht, den Werth  $\alpha = 26.5$ , oder wenn man den ebenen Winkel der Rhomboëderfläche gleich  $95^{\circ}$  setzt, für den Winkel mit der Rhomboëderkante  $21^{\circ}$  resp.  $74^{\circ}$ . Der Chabasit von Faröer ergab auf der durch Spalten erhaltenen Fläche

100 eine Abweichung von der Rhomboëderkante von  $24.7^\circ$  resp.  $70.3^\circ$ , für den Winkel  $\alpha$  somit  $22.8^\circ$ . Zugleich lehrt aber dieser Vergleich, dass das linke Individuum dem Beschauer die Fläche 100, das rechte die Fläche  $\bar{1}00$  zukehrt, womit auch die Orientierung auf der Endfläche übereinstimmt.

Ausser den beiden Hauptindividuen wurden im unteren Winkel der Platte noch 2 Individuen wahrgenommen, von welchen wenigstens das eine die Bestimmung der Auslöschung gestattete; dieselbe bildet mit der Polkante einen Winkel von  $49^\circ$ , mit der Mittellinie einen solchen von  $2^\circ$ ; diese Individuen würden also die Fläche 010 nach aussen kehren.

Die Zwillingsecken treten hier in ähnlicher Weise auf wie bei den früher betrachteten Chabasiten; aber die Auslöschungen der beiden Individuen, welche das Zwillingsseck zusammensetzen, bilden einen kleineren Winkel ( $10.7^\circ$  mit der Mittellinie), der nach unten offen ist.

Im convergenten Licht sieht man durch jeden der beiden Sektoren seitlich das Bild einer optischen Axe; so lange die Platte dick genug ist, nimmt man auch die Ringe wahr. Die Dispersion derselben ist ziemlich bedeutend; die schwarze Hyperbel war nach unten blau, nach oben roth gesäumt.

Nach demselben Typus wurde auch ein Chabasit von Disco gebaut befunden; der Krystall stammte von einer anderen Stufe wie der früher beschriebene. Der Winkel  $2\alpha$ , den die Auslöschungen der beiden Individuen in einer Platte parallel  $R$  einschliessen, beträgt  $54^\circ$ . Die beiden Individuen, die die untere Hälfte der Platte einnehmen, kehren dem Beschauer die Flächen 001 zu; die Auslöschungen derselben schliessen einen Winkel  $2\gamma = 18^\circ$  ein. Aus der Betrachtung der schematischen Fig. 3, Taf. IV ergibt sich, dass dieselben jenen 2 Individuen angehören, welche zu beiden Seiten der unteren Polkante auftretend nach Zwillingsgesetz I verbunden sind.

Die aus der  $R$ -Fläche vorragenden Zwillingsecken sind aus 2 Individuen zusammengesetzt, welche einen nach unten offenen Auslöschungswinkel von  $7.3^\circ$  besitzen.

Im convergenten Licht zeigt sich auch hier in den beiden grössten Sektoren ein seitliches, stark dispergirtes Axenbild.

Aehnlich verhalten sich auch manche Chabasite von Neudorf in Böhmen; eine Platte parallel  $R$  ist dargestellt in Fig. 7, Taf. IV; sie

zeigt in höchst regelmässiger Weise die sogenannten Begleitstreifen der Zwillingsecke. Der Winkel der Auslöschungen beträgt  $2\alpha = 47.6^\circ$ . Ferner gehört zum selben Typus auch ein Chabasit, der in Krystallstock-ähnlichen Formen auf den Klüften eines diabasähnlichen Gesteines von Monzoni vorkommt. Der Bau weicht aber insofern von den meisten andern Chabasiten ab, dass meistens zwei oder gar nur ein Individuum über die anderen bedeutend überwiegen. Die einzelnen Kryställchen, welche den Krystallstock zusammensetzen, zeigen meist nur auf der einen Seite die charakteristische Federzeichnung, auf den beiden andern freien Flächen aber nur eine auch noch sehr undeutliche Streifung. Diese letzteren Flächen geben jene optische Orientirung, die der Fläche 001 entspricht; die ersteren dagegen verhalten sich so wie die anderen Chabasite auf 100.

Es lässt sich zeigen, dass diese Bauweise nach Typus II wirklich nur eine andere Ausbildung des Typus I ist. Bis jetzt wurde immer nur die obere Hälfte des Chabasitrhothoeders in Betracht gezogen; zum richtigen Verständniss der Beziehung zwischen Typus I und Typus II ist es nöthig, auch auf die untere Hälfte Rücksicht zu nehmen. Betrachten wir einen nach Typus I aufgebauten Chabasitkrystall. Die 6 Individuen, die die obere Hälfte des Rhomboeders zusammensetzen, kann man sich über den Mittelpunkt hinausgewachsen denken und in dieser Stellung bilden sie dann die untere Hälfte des Krystalls. In dieser unteren Schichte werden dann offenbar die Individuen IV und V (Fig. 3) an der vorderen unteren Polkante zu liegen kommen, zugleich werden sie ihre Plätze getauscht haben. Ebenso kommen Individuum I und VI rechts hinten, II und III links hinten an der Polkante zu liegen. Wenn man die 6 Individuen in dieser Stellung von oben gesehen herauszeichnet, so erhält man Fig. 3, Taf. IV. Denkt man sich nun diese Individuen in die obere Schichte herauswachsend, so dass IV und V an der vorderen, oberen Rhomboederfläche zu Tage treten, II und III an der linken, I und VI an der rechten, oberen, hinteren Rhomboederfläche, so erhält man die Anordnung Fig. 6 und 18, die wir früher als Schema für Typus II aufgestellt haben.

Es treten übrigens an manchen Chabasiten Erscheinungen auf, die die Annahme eines dritten Typus erfordern, bei welchem die Flächen 010 am Rhomboeder zu Tage treten würden. Es gibt nämlich eine Anzahl Chabasite, welche in Platten parallel *R* das

Bild einer optischen Axe in der Mittellinie nach oben gerückt wahrnehmen lassen, welche ferner im parallelen pol. Lichte aus 2 Theilen bestehen, deren Auslöschungen einen stets kleinen, nach unten offenen Winkel bilden.

Einen solchen Chabasitkrystall fand ich neben dem früher erwähnten, nach Typus II aufgebauten auf der Stufe von Neudorf in Böhmen. In Platten parallel  $R$  wurde der nach unten offene Auslöschungswinkel gemessen mit  $12\cdot4^\circ$ ; daraus folgt der Winkel der Auslöschung mit der Mittellinie resp. der Zwillingsenebene  $\beta = 6\cdot2^\circ$ , der Winkel der Auslöschung mit der Rhomboöderkante  $53\cdot7^\circ$  resp.  $41\cdot3^\circ$ . Dieser Winkel wurde an einem Spaltstück vom selben Fundorte gemessen mit  $53^\circ$ .

In dieselbe Gruppe gehört auch ein Chabasit von Dalsnypen; dieser zeigt in Spaltstücken parallel  $R$  in der Richtung der Mittellinie weit auswärts eine Axe mit concentrischen Ringen und den Winkel  $2\beta = 5^\circ$  im selben Sinne wie früher.

Ferner gehört hierher der Chabasit, der mit dem von G. vom Rath beschriebenen Anorthit auf der Pesmedaalpe auftritt. Spaltstücke von der Oberfläche der Krystalle genommen zeigten das verschobene Axenbild und Abweichung der Auslöschung von der Rhomboöderkante von  $50^\circ$  resp.  $43^\circ$ .

Auch manche Riebendörfler Chabasite scheinen nach den Erscheinungen im convergenten Lichte hierher zu gehören.

Vergleicht man die aus den letzten Beobachtungen sich ergebenden Werthe mit den Auslöschungsschiefen, welche die Chabasite von Riebendörfel und Faröer auf homogenen Spaltstücken durch 010 gesehen, ergaben, so zeigt sich wieder eine befriedigende Uebereinstimmung. Der Winkel, den die Auslöschungsrichtung auf 010 mit der Mittellinie einschliesst, ist mit  $\beta$  bezeichnet,  $b$  ist der Winkel mit der Kante 010 · 100.

	$\beta$	$b$
Neudorf	$6\cdot2^\circ$	$40\cdot8^\circ$
Dalsnypen	2·5	44·5
Pesmedaalpe	4·0	43·0
Faröer	5·8	41·3
Riebendörfel	2·5	44·5.

Aus der Vergleichung der Lage der Auslöschungsrichtung ergibt sich ferner, dass das linke Individuum dem Beschauer die

Fläche  $0\bar{1}0$ , das rechte die Fläche  $010$  zukehrt. Aus diesen Daten lässt sich unter Voraussetzung eines ähnlichen Baues wie bei Typus I und II die schematische Fig. 5, Taf. IV construiren, welche die Lage der 6 Individuen im Chabasitkrystall darstellt. Wie man sieht, liegen hier die Individuen, die in der Mittellinie einer  $R$ -fläche zusammentreffen, symmetrisch zu der Fläche  $10\bar{1}$ . Dies wäre also ein drittes Zwillingsgesetz; leider gelang es nicht, diesen Bau und speciell dieses 3. Zwillingsgesetz auch in Platten parallel der Endfläche nachzuweisen.

Je zwei in einer Polkante zusammentreffende Individuen sind nach Gesetz I verbunden.

Die an verschiedenen Chabasiten gewonnenen Zahlen sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt. Dass die von verschiedenen Fundorten herrührenden Chabasite etwas verschiedene Zahlen ergaben, darf nicht Wunder nehmen. Die Differenzen dürften nur zum kleinsten Theil von Beobachtungsfehlern herrühren; jedenfalls wechselt die Orientirung auch nach der chemischen Zusammensetzung.

Die Bedeutung der Buchstaben ist aus dem früheren bekannt.

	$\delta$	$\Delta$	$\epsilon$	$\alpha$	$\beta$	$\gamma$
Riebendörfel . . . . .	13·6 <sup>0</sup>	72·8 <sup>0</sup>	118·4 <sup>0</sup>	25·3 <sup>0</sup>	2·5 <sup>0</sup>	9·2 <sup>0</sup>
	12·6	—	—	—	—	7·8
	—	—	—	—	—	10·4
Faröer . . . . .	12·6	72·0	118·8	22·8	5·8	11·5
Disco . . . . .	11·5	71·2	119·6	27·0	—	9·0
Fassathal . . . . .	14·7	—	—	—	—	—
Gustavsberg . . . . .	11·2	—	—	—	—	12·7
Aussig (Phakolith) . . . . .	13·0	—	—	31·1	—	14·6
Puffer Loch . . . . .	10·4	69·4	118·2	26·5	—	—
Neudorf . . . . .	—	—	—	23·8	6·2	—
	—	—	—	—	6·0	—
Dalsnypen . . . . .	—	—	—	—	2·5	—
Pesmedaalpe . . . . .	—	—	—	—	4·0	—
Friedland, Böhmen . . . . .	—	—	—	—	5·0	—
Monzoni . . . . .	—	—	—	23·9	—	10·0

Von den Verwandten des Chabasit konnte ich nur den Herschelit von Aci castello, Sicilien und den Seebachit von Richmond genauer untersuchen. Beide Minerale stimmen in ihrem optischen Verhalten überein.

Das Mineral von Aci castello zeigte die bekannte Form: sechsseitige, horizontal gestreifte Säule mit convexer Endfläche. Platten parallel dieser Endfläche zeigten eine ungemein zarte, feine Textur, die schon durch diese Zartheit von der meist ziemlich groben Verwachsung der Chabasitkrystalle verschieden ist. Man sieht zunächst 6 Sektoren, die durch Linien, die gegen die Ecken hinziehen, getrennt werden. Die Gränzen der Sektoren sind gegen aussen hin schärfer. Jeder solcher Sector besteht aus alternirenden Streifen von verschiedener Auslöschungsrichtung, die der äusseren Umgränzung parallel laufen, so dass jeder Sector aus zwei Individuen aufgebaut ist, die sich in vielfacher Wiederholung in dünnen Zwillinglamellen übereinander lagern. Die Auslöschungen liegen symmetrisch zu der der äusseren Begränzung parallelen Zwillinggränze. Genaue Zahlenangaben sind nicht möglich wegen der Feinheit der Streifen und der schwachen Doppelbrechung. Die innere Partie der Platte wird von einem innigen Gewebe aller 6 Individuen dargestellt, so dass gar keine Auslöschung erfolgt. Im Innern zeigt sich im convergenten Lichte das Bild einaxiger Körper; die 6 Sektoren am Rande sind, wie schon V. v. Lang zeigte, zwei-axig, die Axenebene steht beiläufig senkrecht zur Umgränzung. Da die Orientirung beider einen Sector zusammensetzenden Individuen nur wenig verschieden ist, liefern sie ein gemeinsames, verwaschenes Interferenzbild. Der Axenwinkel ist klein.

Die Doppelbrechung in Platten parallel der Endfläche ist äusserst schwach. Platten, die dünner sind als 0·5 Mm., liefern zwischen gekreuzten Nicols kaum mehr eine Aufhellung.

Platten parallel der Prismenfläche zeigen stärkere Doppelbrechung und Auslöschung parallel den Kanten. Nach diesen That-sachen kommt dem Herschelit nicht nur ein wesentlich anderer Aufbau, sondern auch ein anderes optisches Verhalten zu, welches auf das monokline Krystallsystem verweist. Die scheinbare Endfläche entspricht der Symmetrieebene. Die anscheinend hexagonale Form liesse sich durch doppelte Zwillingbildung nach zwei Flächen der Zone 100·001, die unter 60° geneigt sind, deuten.

Dieselben Erscheinungen, wie der Herschelit von Aci castello, liefert auch der sogenannte Seebachit, (Bauer) oder Phakolith, (v. Rath) von Richmond in Australien.

Man hat dieselbe Zusammensetzung aus 6 Sektoren, deren jeder aus zwei Individuen in gegenseitiger Durchdringung in feinem aber mehr unregelmässigem Gewebe zusammengesetzt ist. Im convergenten Licht hat man ebenfalls dieselben Erscheinungen. Dieses Mineral lieferte in Platten parallel der Endfläche folgende Zahlen:

Für den Winkel der beiden Auslöschungen in einem Sector  $18.5^{\circ}$ , im zweiten Sector  $17.3^{\circ}$ , im dritten  $16.0^{\circ}$ , im Mittel also  $17.3^{\circ}$ .

Für den Winkel der optischen Axen in Luft:

Roths Licht  $32.3^{\circ}$

Grünes Licht  $31.6^{\circ}$ .

Eine beiläufige Messung am Herschelit von Aci castello gab den Winkel der beiden Auslöschungen in einem Sector =  $19^{\circ}$ . Das dem Kalksilikat des Chabasit analog zusammengesetzte Natronsilikat, Herschelit, ist somit monoklin.

Sobald ich in den Besitz von geeignetem Materiale komme, gedenke ich auch die übrigen Glieder der Chabasitgruppe: Gmelinit und Levyn in gleicher Weise zu untersuchen.

Vor Kurzem hat Mallard<sup>1)</sup> in seiner umfangreichen Arbeit zur Erklärung der complicirten Verwachsungen von Krystallen mit Gränzform eine neue Hypothese aufgestellt. Nach dieser hat man sich zu denken, dass solche Verwachsungen in folgender Art zu Stande kommen. Gesetzt, wir hätten ein triklines Primitivnetz, das sich der rhomboëdrischen Symmetrie in hohem Grade nähert, so könnten wir diesem Primitivnetz sechs verschiedene Stellungen geben, ohne dass die Aehnlichkeit mit dem Rhomboëder verloren geht. Diese sechs verschiedenen Stellungen sollen sich nun nach Mallard so verhalten, wie die Primitivnetze isomorpher Substanzen, d. h. sie sollen ähnlich wie diese mit einander krystallisiren. Die specielle Art und Weise des Aufbaues kann verschieden ausfallen, indem die Partien verschiedener Stellung getrennt bleiben oder eine innige Mischung eintritt etc. Das Massgebende dabei, das die neue Theorie von der alten Theorie der Zwillingbildung unterscheidet, liegt nun darin, dass nur sechs und nicht mehr Stellungen auftreten können. Nimmt man hingegen eine Zwillingbildung nach zwei gegeneinander geneigten Zwillingsebenen an, so kann es geschehen, dass zu einem Krystall eine ganz unbeschränkte Anzahl

<sup>1)</sup> Ann. des Mines X. 1876.

von Individuen zusammentritt, jedenfalls werden mehr als 6 Stellungen des Primitivnetzes möglich sein, wenn der Winkel der beiden Zwillingsebenen von  $120^\circ$  abweicht. Dass das letztere der Fall ist, haben gerade meine Untersuchungen dargethan und in Uebereinstimmung hiemit auch das Vorhandensein von mehr als sechs Stellungen der Individuen erwiesen. Die Erscheinungen wie sie der Chabasit darbietet, lassen sich geradezu der Zwillingbildung des Arragonit, oder Witherit und ähnlicher Minerale vergleichen. Zu ihrer Erklärung eine neue Hypothese heranzuziehen, ist unnöthig.

Die Resultate der Arbeit lassen sich kurz in folgenden Sätzen zusammenfassen:

1. Jedes Chabasitrhoemboeder besteht im mindesten Falle aus sechs Individuen, die ihren optischen Eigenschaften nach dem triklinen System angehören; das einfache Individuum ist spaltbar nach drei Flächen, die den Rhomboederflächen entsprechen, und die zusammen als Combination der drei Endflächenpaare betrachtet werden können.

2. Diese sechs oder mehr Individuen sind mit einander durch doppelte Zwillingbildung verbunden nach zwei Zwillingsebenen:  $\overline{110}$  und  $01\overline{1}$ , die zwei Flächen des Prismas 2. Ordnung entsprechen, und  $118:5^\circ$  gegeneinander geneigt sind.

3. Der Aufbau des Chabasitrhoemboeders erfolgt nach zwei Typen, je nachdem die Individuen die Flächen 100 oder 001 nach aussen kehren. Ein dritter Typus, wo die Flächen 010 nach aussen liegen, ist zwar wahrscheinlich, aber nicht vollständig nachgewiesen.

4. Die Zwillingbildung im Groben nach den zwei bekannten Zwillingsgesetzen: Zwillingfläche die Endfläche und Zwillingsebene die Rhomboederfläche erfolgt derart, dass die Theile, welche nach diesen Gesetzen mit einem Hauptkrystall verbunden sind, selbst in derselben gesetzmässigen Weise aus triklinen Individuen aufgebaut sind, wie der letztere.

5. Von den Verwandten des Chabasit wurde der natronreiche Herschelit von Aci castello und der sogenannte Seebachit von Richmond genauer untersucht und vom Chabasit abweichend ge-

funden. Die optischen Verhältnisse, die namentlich durch Auftreten eines kleinen durch die Endfläche zu beobachtenden Axenwinkels ausgezeichnet sind, verweisen auf ein monoklines Krystallsystem. Auch die Krystalle dieser beiden Minerale sind das Resultat mehrfacher Zwillingbildung, die manche Analogie hat mit der des Chabasit, doch weichen sie auch im Aufbau vom Chabasit ab. Ueber Gmelinit und Levyn habe ich wegen Mangel an geeignetem Material zu wenig Erfahrungen, doch scheint es, dass der Gmelinit dem Chabasit näher verwandt ist, der Levyn dem Herschelit.

6. Zur Erklärung der beim Chabasit auftretenden Erscheinungen reichen die bekannten Zwillingsgesetze vollständig aus; man hat nicht nöthig, eine neue Theorie wie Mallards Hypothese von Isomorphismus verschiedener Stellungen desselben Primitivnetzes herbei zu ziehen.

---

### Erklärung der Tafeln.

#### Tafel IV.

- Fig. 1. Schematische Darstellung der sechs triklinen Individuen in jener Lage wie sie im Chabasitkrystall verwachsen sind. Nach Typus I.
- Fig. 2. Ein solches Individuum mit der Lage der Auslöschung auf den drei Flächen.
- Fig. 3. Schematische Darstellung der sechs triklinen Individuen in jener Lage, welche sie nach Typus II einnehmen.
- Fig. 4. Schematische Darstellung einer Platte parallel der Endfläche aus einem nach Typus I gebauten Krystall. Die Doppelringe geben die beiläufige Lage der Axenebenen an.
- Fig. 5. Schematische Darstellung der sechs triklinen Individuen in jener Lage, welche sie nach Typus III einnehmen.
- Fig. 6. Schematische Darstellung einer Platte parallel der Endfläche aus einem nach Typus II gebauten Krystall.

- Fig. 7. Chabasit von Neudorf, Böhmen. Typus II. Platte parallel der Rhomboëderfläche. Der Doppelpfeil zeigt die Richtung der Auslöschung an.  $a \cdot b$  ist ein Zwillingseck, angehörend einem nach dem Gesetz: Zwillingsebene die Endfläche verwachsenen Rhomboëder. Die römischen Ziffern beziehen sich auf die schematischen Zeichnungen Fig. 3, 6, 18.
- Fig. 8. Einfaches Individuum mit Orientirung auf der Endfläche zur Erklärung der Bedeutung der Winkel  $\delta$  und  $\Delta$ .
- Fig. 9. Chabasit von Riebendörfel, Böhmen. Typus I. Platte parallel der Rhomboëderfläche. Bezüglich der Bedeutung der römischen Ziffern vergleiche die schematischen Figuren 1, 4, 11.
- Fig. 10. Chabasit von Disco, Grönland. Typus II. Platte parallel der Rhomboëderfläche. Bedeutung der Buchstaben und Ziffern wie bei Fig. 7.

## Tafel V.

- Fig. 11. Schematische Darstellung des aus sechs triklinen Individuen zusammengesetzten Rhomboëders nach Typus I.
- Fig. 12. Chabasit von Riebendörfel. Typus I. Platte parallel der Endfläche. Die Straffung bezeichnet die Richtung jener Auslöschung, welche der Axenebene entspricht.
- Fig. 13. Chabasit von Faroer. Typus I. Platte parallel der Endfläche.
- Fig. 14. Chabasit von Disco. Typus I. Platte parallel der Endfläche.
- Fig. 15. Chabasit vom Puffer Loch, Grödnerthal. Typus II. Platte parallel der Endfläche.
- Fig. 16. Phakolith von Aussig. Platte parallel der Endfläche;  $a \cdot a$ , Theile des nach der Endfläche verwachsenen Zwillingkrystalles;  $x \cdot x$  Stellen, wo eine gewebeähnliche Verwachsung der benachbarten Individuen auftritt.
- Fig. 17. Herschelit von Aci castello. Platte parallel der Endfläche.
- Fig. 18. Schematische Darstellung des aus sechs triklinen Individuen zusammengesetzten Rhomboëders nach Typus II.
-

Fig. 1.

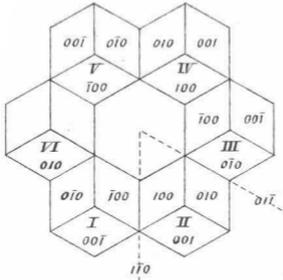


Fig. 2.

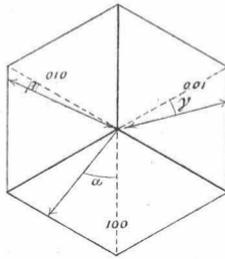


Fig. 3.

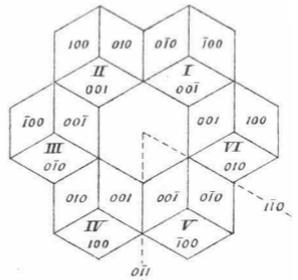


Fig. 4.

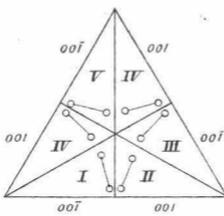


Fig. 5.

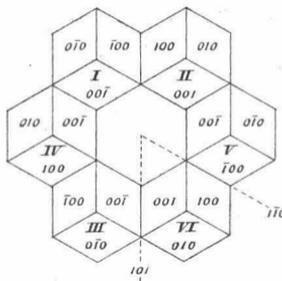


Fig. 6.

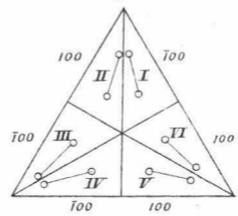


Fig. 8.

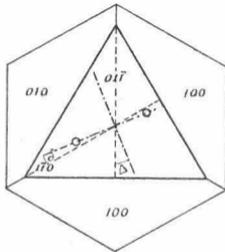


Fig. 7.

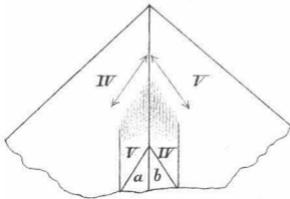


Fig. 9.

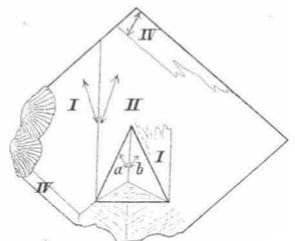
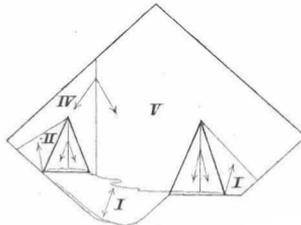


Fig. 10.



Aut. gezeichnet.

Lith. Anst. F. Becke in Wien.

Fig. 12.

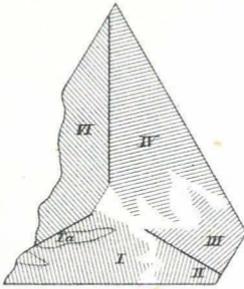


Fig. 13.

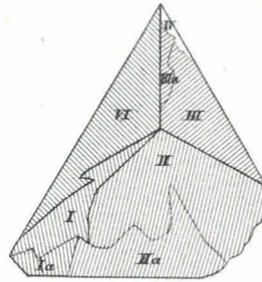


Fig. 18.

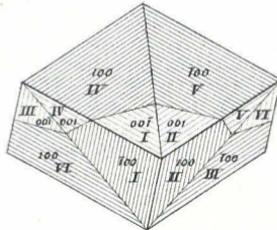


Fig. 14.

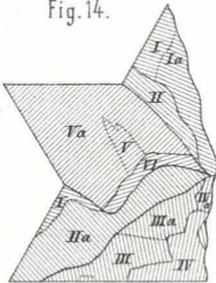


Fig. 15.

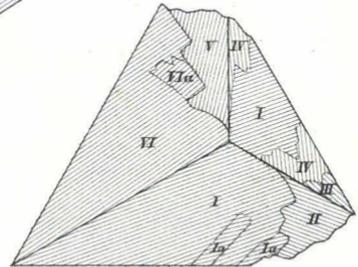


Fig. 11.

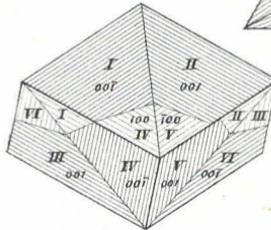


Fig. 16.

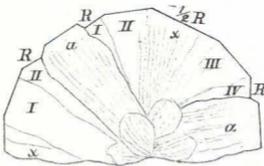
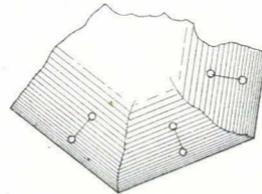


Fig. 17.



Aut. gezeichnet.

Lith. Anst. v. F. Köber in Wien.

Tschermak: Mineralog. u. petrograph. Mittheilungen Bd. II, Heft 5.

Verlag von Alfred Hölder k. k. Hof- u. Universitäts-Buchhändler.