

Beiträge zur Kenntnis des Quarzes.

Von

Johann Martini in Kiel.

Mit Taf. II—IX.

Eine Anzahl Quarzkristalle, die mit vielen schönen und großen natürlichen Ätzfiguren bedeckt und zum Teil von eigenartiger äußerer Gestalt sind, gaben Veranlassung zu der vorliegenden Arbeit. Die Kristalle hat mit wenigen Ausnahmen Herr Prof. BRAUNS in Idar gesammelt und nachträglich von dort, von Herrn N. MOLTER, bezogen.

Der Zweck der Untersuchungen soll sein, einige weitere Aufschlüsse zu geben über den Bau des Quarzes, und zwar soll festgestellt werden, ob und welche neue Formen vorliegen, in welcher Beziehung die Lage der natürlichen und künstlichen Ätzfiguren zum optischen Verhalten steht, und inwieweit die Pyroelektrizität imstande ist, über die Art der Verwachsungen Aufschluß zu geben.

Im folgenden soll im ersten Teile eine kurze Übersicht gegeben werden über das, was bisher hierüber bekannt ist, im zweiten Teile das zur Untersuchung vorliegende Material beschrieben und die daran gemachten Beobachtungen angeführt, und zum Schluß die Resultate derselben zusammengefaßt und mit denen früherer Forscher verglichen werden.

I. Uebersicht über die bisher am Quarz angestellten Untersuchungen.

Der Quarz ist schon oft Gegenstand eingehender Untersuchungen gewesen, trotzdem herrscht immer noch über seine Formenreihe, sowie über seinen oft sehr verwickelten Zwillings-

bau keine rechte Klarheit. Von grundlegender Bedeutung für die Kenntnis vom Quarz ist die Arbeit von G. ROSE¹ „Über das Kristallisationssystem des Quarzes“. ROSE hat Kristalle verschiedener Fundorte eingehend untersucht und beschrieben. Die von ihm festgestellten Flächen sind mit Sicherheit bestimmt, ich brauche hier nicht näher auf das einzelne eingehen, sondern kann auf die Originalarbeit selbst verweisen. Erwähnen möchte ich nur das Auftreten und die Lage der Rhomben- und Trapezflächen und die daraus von ROSE abgeleitete Gesetzmäßigkeit. Hiernach gibt es zweierlei Quarzkristalle:

1. rechte, welche folgende Anordnung der Flächen haben: das Haupt- und Nebenrhomboeder R und r' , verschiedene andere Rhomboeder und das Prisma; die Rhombenflächen s nur rechts von R und daran, aber unter R positive Trapezflächen. Daneben aber seltener und untergeordnet negative Trapezflächen unter r' , diese aber links.

2. linke, mit folgender Anordnung der Flächen: R und r' mit anderen Rhomboedern, das sechsseitige Prisma, wie bei rechten Kristallen; dagegen nun die Rhombenflächen s links von R und daran, aber unter R positive Trapezflächen; daneben aber seltener und untergeordnet negative Trapezflächen unter r' , diese aber rechts.

Diese Anordnung der Trapezflächen, also das gleichzeitige Auftreten positiver und negativer Trapezoeder unter R bzw. unter r' wurde von ROSE beobachtet an einfachen Kristallen, die in Dissentis in Graubünden² vorkommen.

Besonders zu beachten ist hier, daß das positive und negative Trapezoeder zusammen vorkommen, und ich möchte schon hier deshalb darauf hinweisen, weil ich, wie im zweiten Teile näher gezeigt werden soll, an zwei Kristallen aus Brasilien das alleinige Auftreten negativer Trapezoeder feststellen konnte.

Das Vorkommen dieser Trapezflächen ist hier nur für einfache Kristalle angenommen, an Zwillingen können Trapezflächen an allen Prismenkanten auftreten.

¹ ROSE, Berl. Abh. d. Akad. d. Wiss. 1844. p. 217 ff.

² ROSE, l. c. p. 251.

Für Zwillingskristalle hat ROSE ebenfalls die Gesetze der Verwachsung gefunden und folgendermaßen ausgedrückt:

„Die Zwillingskristalle des Quarzes sind zweierlei Art, bei den einen sind die Individuen gleich, haben aber gegeneinander eine verschiedene Stellung; bei den anderen sind die Individuen ungleich, haben aber gegeneinander eine gleiche Stellung.

1. Sind die Individuen gleich, aber verschiedener Stellung, so haben die Individuen die Hauptachse miteinander gemein oder in paralleler Richtung, und das eine erscheint gegen das andere um diese um 60° oder 180° gedreht; die Flächen des Hauptrhomboiders des einen kommen daher in die Richtung der Flächen des Gegenrhomboiders des anderen. Hierbei kommen wieder zwei Fälle vor: die Individuen sind entweder aneinander oder durcheinander gewachsen.

a) Sind die Individuen aneinander gewachsen, so sind auch hier wieder 2 Fälle zu unterscheiden:

α) Die Grenze läuft mehr oder weniger regelmäßig einer Seitenfläche des sechsseitigen Prisma parallel, und die Individuen sind, durch mehr oder weniger tief einspringende Winkel auf den Seiten- und Rhomboederflächen voneinander getrennt, deutlich nebeneinander erkennbar.

β) Die Grenze läuft sehr unregelmäßig, die Individuen sind durch keine einspringenden Winkel getrennt, und die Zwillinggruppe erscheint wie ein einfacher Kristall, aber die Zwillingsgrenze ist dadurch sichtbar, daß die Rhomboederflächen R und r' im Glanze und in der Glätte verschieden, die Flächen R stark glänzend, wenn auch öfters uneben, die Flächen r' weniger glänzend oder matt, aber in der Regel eben sind. Die Rhomboederflächen des Zwillingskristalls sind daher an der Zwillingsgrenze auf der einen Seite stark glänzend und auf der anderen Seite weniger glänzend oder matt, und in den Endkanten grenzt eine glänzende Stelle der einen Rhomboederfläche an eine matte der anderen und umgekehrt. Gewöhnlich ist dann die Zwillingsgrenze auch auf den Seitenflächen zu verfolgen, indem bei diesen Kristallen die benachbarten Seitenflächen sich gewöhnlich auch in Rücksicht des Glanzes unterscheiden, und bei den Zwillingen um eine glänzende Seitenfläche des einen

Individuums durch das andere, und dieses auch oft wieder durch jenes in mehrere voneinander getrennte Teile geschieden.

b) Bei den durcheinander gewachsenen Kristallen ist jedes Individuum in 3 Teile geteilt, und die Teile des einen sind durch die Teile des anderen getrennt. Die Individuen grenzen, wenn die Verwachsung ganz regelmäßig ist, in den Seitenkanten des sechsseitigen Prisma und den Endkanten des Hexagondodekaeders R , r' aneinander, aber häufig greift das eine Individuum in das Gebiet des anderen hinein. Dieses Gesetz findet sich sowohl bei Kristallen, die mit dem einen Ende aufgewachsen und nur mit dem anderen ausgebildet sind, als auch bei solchen, die an beiden Enden ausgebildet sind.

α) In dem ersteren Falle erscheinen die Kristalle als sechsseitige Prismen, die mit einer sechsflächigen Zuspitzung versehen sind, welche nun teils aus den Flächen R beider Individuen bestehen, teils aus den Flächen r' beider Individuen bestehen würden, wenn sie mehr vorherrschten; in diesem Falle erscheinen indessen die Flächen r' immer nur untergeordnet, fehlen auch häufig ganz, und man sieht dann über den Seitenflächen des Prisma nur die Endkanten des Hauptromboeders R , von denen die des einen Individuums aus den Flächen des anderen hervorspringen.

Hier kann man annehmen, daß die letzteren Kristalle nur die unteren Enden der ersteren wären; die durcheinander gewachsenen Individuen begrenzten sich in diesem Falle nur mit vertikalen Flächen; oder man kann auch annehmen, daß beide Kristalle die oberen Enden wären; in diesem Falle wären aber bei den ersteren die einen abwechselnden Flächen g der sechsseitigen Prismen beider Individuen, bei den letzteren die anderen abwechselnden Flächen g' dieser Prismen nach außen gekehrt.

β) Sind die durcheinander gewachsenen Kristalle an beiden Enden begrenzt, was sehr selten der Fall ist, oder vielleicht nur selten deutlich erkannt werden kann, so sieht man an beiden Enden die durch die Flächen R gebildete sechsflächige Zuspitzung; die Individuen begrenzen sich also hier nicht nur mit vertikalen, sondern auch mit horizontalen Flächen.

2. Sind die Individuen ungleich, d. h. teils rechte oder linke, haben sie aber eine gleiche Stellung, so kommen hier auch zwei Fälle vor.

a) Die Individuen sind entweder nur aneinander gewachsen, wie dies in sehr seltenen Fällen bei den Dauphinéer und Schweizer Kristallen vorkommt.

b) Die Individuen sind durcheinander gewachsen und die Zwillingkristalle haben dann das Ansehen von einfachen Kristallen, an welchen die Trapezoeder nach Art der Skalenoeder vorkommen. Diese Zwillinge sind dann nicht selten wieder nach Art der Individuen bei b, α durcheinander gewachsen.“

Später sind über den Quarz besonders von DES CLOIZEAUX, WEBSKY und G. VOM RATH Untersuchungen angestellt, um das Kristallisationssystem des Quarzes zu erklären. Es kommen nämlich beim Quarz Flächen vor, deren Auftreten mit den eben erwähnten Gesetzen nicht recht in Einklang zu bringen sind. WEBSKY sucht die Flächen auf Grund verschiedener Hypothesen zu erklären, so durch Deutung derselben als „induzierte Flächen“. Über die als sicher festgestellten Formen am Quarz gibt GOLDSCHMIDT¹ eine gute Übersicht, ebenso bespricht er kurz die Arbeiten der Autoren, die sich mit diesem Stoff befaßt haben.

Von großer Bedeutung für die Erkenntnis des Baues der Quarze ist die grundlegende Arbeit von LEYDOLT², der aus der Form und Lage künstlich erzeugter Ätzfiguren die Struktur und Zusammensetzung der Kristalle zu erkennen suchte. LEYDOLT ätzte die Kristalle mit Flußsäure und fand, daß die entstandenen Ätzfiguren Ätzgrübchen sind und stets eine bestimmte Form und Lage haben. Die Ätzfiguren sind gleich und parallel, soweit der Kristall ein einfacher ist; dagegen bei jeder regelmäßigen oder unregelmäßigen Zusammensetzung verschieden gelagert. LEYDOLT ätzte auch bereits basische Platten und fand bei schräg auffallendem und reflektiertem Licht bei Zwillingverwachsungen bis zu viererlei

¹ GOLDSCHMIDT, Index der Kristallformen der Mineralien. 3. Bd. Berlin 1891.

² LEYDOLT, Ber. d. Akad. d. Wiss. zu Wien. Math.-Nat. Kl. 1855. 15. 59 ff.

verschiedenen Schimmer, woraus er die Zwillingsgrenzen erkennen zu können glaubte.

Mit Hilfe der Ätzung wurden später von BAUMHAUER¹, der Ätzkali anwandte und darauf besonders von MOLENGRAAF² eingehende Untersuchungen über künstliche und natürliche Ätzfiguren am Quarz angestellt.

Letztgenannter Forscher fand an vielen Kristallen natürliche Ätzfiguren, deren Form nicht mit denen durch Flußsäure oder Ätzkali künstlich erzeugten übereinstimmt. Er ätzte daher die Kristalle einige Stunden lang mit kohlen-sauren Alkalien bei einer Temperatur bis zu 150⁰ und fand alle Flächen mit Ätzfiguren bedeckt. Die Ätzfiguren sind allerdings sehr klein und haben auf R den Umriß von Dreiecken, deren Spitzen der Kante R/g zugewandt sind; die eine Seite ist der Kante R/g fast parallel, während die beiden anderen Seiten den Polkanten R/r parallel gehen. Die Ätzfiguren auf r und g haben eine vierseitige Gestalt; die inneren Flächen der auf r liegenden Ätzfiguren sind stark gerundet, die auf den Prismenflächen entstandenen Ätzfiguren haben zwei Seiten parallel den Prismenkanten, die beiden anderen konvergieren etwas nach der negativen Prismenkante, d. h. nach der Kante, die die Rhomben- und Trapezfläche trägt. Die Ätzfiguren auf zwei benachbarten Prismenflächen müssen also spiegelbildlich gleich sein.

Die natürlichen Ätzfiguren haben nach MOLENGRAAF im wesentlichen dieselbe Lage wie die durch kohlen-saure Alkalien künstlich erzeugten. Bei rechten und linken Kristallen sind sie enantiomorph und um so steiler je mehr der Kristall angegriffen ist; die inneren Flächen der Figuren sind stark gerundet und erreichen höchstens eine Größe von 0,5 mm.

Die Ätzfiguren auf den Prismenflächen sind schmale und lange Vertiefungen, nach einer Seite in eine Spitze ausgezogen, die der negativen Prismenkante zugekehrt ist. Die Rhomben- und Trapezflächen sind häufig stark angegriffen, es läßt sich aber nicht sicher bestimmen, ob Ätzvertiefungen vorliegen.

¹ BAUMHAUER, Zeitschr. f. Krist. 2. 117 ff.

² MOLENGRAAF, Zeitschr. f. Krist. 14. 173 ff.; 17. 137 ff.

Aus seinen gemachten Beobachtungen zieht MOLENGRAAF den Schluß, daß die in der Natur entstandenen Ätzfiguren durch die Einwirkung der im Boden gelösten alkalischen Carbonate entstanden sind.

Bei der Betrachtung der natürlichen Ätzfiguren findet MOLENGRAAF noch, daß, sobald diese auftreten, die Kanten des Kristalls mehr oder weniger angegriffen sind, und daß dann fast stets Flächen auftreten, die mit dem Enantiomorphiegesetz des Quarzes nicht in Einklang zu bringen sind. MOLENGRAAF sieht diese Flächen, die schon vom RATH zu deuten gesucht hat und die WEBSKY als „induzierte Flächen“ bezeichnet, als Ätzflächen an. Einen Beweis dafür sieht er darin, daß diese Flächen nie fehlen, wenn natürliche Ätzfiguren auftreten und umgekehrt, wenn diese Flächen vorhanden sind, auch Ätzfiguren zu beobachten sind.

An Kristallen von Vlotho, Bramsche und Suttrop sind neuerdings die durch Flußsäure künstlich erzeugten Ätzfiguren von A. BÖMER¹ untersucht worden, besonders eingehend die Ätzfiguren an basischen Platten. BÖMER erhält folgende Resultate: Die Gestalt und Lage der Ätzfiguren hängt ab von der Konzentration der Säure; mit zunehmender Konzentration erleiden die Ätzfiguren eine Drehung um die vertikale Achse, die stets in demselben Sinne erfolgt, und zwar bei Rechtsquarz rechts, bei Linksquarz links. Da je nach Konzentration der Säure verschiedene Ätzfiguren entstehen, und dementsprechend im reflektierten Licht zweierlei oder viererlei Schimmer auftreten können, so ist „für die Beurteilung des Baues einer Platte also im allgemeinen nur die mikroskopische Untersuchung der Ätzfiguren zuverlässig, nicht aber der im reflektierten Licht auftretende Schimmer“. An Platten von Suttroper Quarz treten eigenartige Ätzwälle parallel den Kanten des Prismas auf, die mit dem schaligen Aufbau in Verbindung gebracht werden. Die Ätzfiguren sind stets Ätzhügel.

HANKEL², der die ersten Untersuchungen über die Pyroelektrizität des Quarzes angestellt hat, bettete die

¹ BÖMER, Inaug.-Diss. Münster. Dies. Jahrb. Beil.-Bd. VII. 516 ff.

² HANKEL, Abh. d. Sächs. Ges. d. Wiss. zu Leipzig. Math.-Nat. Kl. 1866. 8. 323. ff. und 1881. 12. 458. ff.

Kristalle in Kupferfeilicht ein und erwärmte sie so lange bis sie überall die gleiche Temperatur besaßen. Durch Annäherung eines Platindrahtes, der mit einem Goldblatt-Elektrometer in Verbindung stand, an die zu untersuchende Stelle, maß er die elektrische Spannung und beobachtete bei normal gebildeten Kristallen die bekannten schiefen elektrischen Zonen. HANKEL faßt die Resultate seiner Untersuchung folgendermaßen zusammen:

„In einem an beiden Enden der Hauptachse gleich vollkommen ausgebildeten einfachen Bergkristall treten beim Erkalten sechs elektrische Zonen, abwechselnd negativ und positiv auf, und zwar gehen die negativen Zonen von den Flächen des Hauptrhomboeders am oberen Ende schief abwärts zu einer nächsten Fläche eben dieses Hauptrhomboeders am unteren Ende, während die positiven Zonen sich in gleich schiefer Richtung zwischen entsprechenden Flächen des Gegenrhomboeders erstrecken. Wir können hiernach, im Anschluß an die übliche Ausdrucksweise, dem Bergkristall sechs elektrische Pole, abwechselnd positiv und negativ, oder drei an ihren Enden entgegengesetzte elektrische Achsen, die mit den sogenannten Nebenachsen der gegenseitigen Pyramide zusammenfallen, zuschreiben.“

Die Angaben HANKEL'S von den schiefen Zonen wurden zuerst von FRIEDEL und CURIE¹ bestritten. Sie fanden sowohl bei ganzen Kristallen, wie auch an Platten senkrecht zur Hauptachse, die sie durch heiße Metallkugeln erwärmten, daß die elektrischen Zonen den Prismenkanten parallel gehen. HANKEL'S Resultate erklärten sie als Folge einer ungleichmäßigen Abkühlung, da die Temperatur der freiliegenden Kante 50° höher sei als die übrigen Teile des in Kupferfeilicht eingebetteten Kristalls; ein in allen Teilen sich gleichmäßig abkühlender Kristall, wie es in Luft geschieht, zeige keine elektrische Erregung.

In einer späteren Abhandlung sucht HANKEL² diese Einwände zu widerlegen. Der Temperaturunterschied zwischen

¹ FRIEDEL u. CURIE, Bull. de la société minér. de France. 1882. V. p. 282—296.

² HANKEL, Ber. üb. d. Verh. d. Sächs. Ges. d. Wiss. Math.-Nat. Kl. 1883. 35. 35—58.

der freiliegenden Kante und dem übrigen Teile betrage nicht einen Grad, und sei mithin die Annahme einer ungleichmäßigen Abkühlung als Ursache des elektrischen Zustandes unrichtig. Versuche mit Kristallen, die er gleichmäßig in Luft sich abkühlen ließ, zeigten fast denselben Zustand, wie die in Kupferfeilicht sich abkühlenden.

v. KOLENKO¹ stellte Versuche über die Pyroelektrizität des Quarzes an mit Hilfe der KUNDT'schen Bestäubungsmethode, die den Vorteil hat, daß die elektrische Verteilung dem Auge direkt sichtbar wird, und zwar bis in sehr feine Details. Er erwärmte die Kristalle im Luftbade bis auf 50—60°, ließ sich die Kristalle in Luft gleichmäßig abkühlen und bestäubte sie dann mit dem bekannten Schwefel-Mennige-Pulver.

Die Resultate seiner Untersuchungen sind etwa folgende:

Die elektrischen Zonen verlaufen parallel den Prismenkanten, und zwar sind diejenigen Kanten, die sich an derselben Nebenachse gegenüberliegen, verschieden gefärbt. Diejenigen Kanten des Prismas werden beim Abkühlen negativ elektrisch, an welchen Rhomben- und Trapezflächen auftreten, gleichviel ob dieselben positive oder negative, rechte oder linke sind. Ein Quarzkristall ist daher rechtsdrehend, wenn die elektrisch negativen Zonen an den Kanten rechts vom Hauptrhomboider erscheinen, linksdrehend, wenn sie links davon auftreten. Hat man das Hauptrhomboider vorher richtig erkannt, so gibt die elektrisch negative Prismenkante ein Mittel, um den Sinn der Drehung zu bestimmen.

Sehr geeignet ist die elektrische Methode zur Untersuchung von Zwillingkristallen. Bei regelmäßiger Verwachsung gleichdrehender Kristalle stoßen in den der Zwillingsebene entsprechenden Prismenkanten eine positive und eine negative Zone aneinander, dazwischen liegt eine schmale neutrale Zone. Auf basischen Platten solcher Kristalle ist die Verteilung ähnlich: an den Ecken der Zwillingsebene stoßen positive und negative elektrische Zonen aneinander, getrennt durch eine neutrale Linie, an den übrigen vier Ecken zeigen die sich gegenüberliegenden gleiche Elektrizität.

¹ v. KOLENKO, Zeitschr. f. Krist. 1884. 9. 1. ff.

Die Untersuchung der Verwachsung von Rechts- und Linksquarz zeigt ein der optischen gleiches Bild. An basischen Platten von Amethyst sind alle Prismenkanten negativ elektrisch, dazwischen in den dem Nebenrhomboeder entsprechenden Sektoren tritt ein Streifen positiver Elektrizität auf, in den anderen Sektoren, also in denen, die dem Hauptrhomboider entsprechen, wechseln dagegen zahlreiche negative und positive Zonen miteinander ab.

Auch BÖMER (l. c.) hat pyroelektrische Versuche angestellt und bei größeren Kristallen im allgemeinen v. KOLENKO'S Angaben bestätigt gefunden, bei kleinen Kristallen, von 5 mm Durchmesser abwärts, treten Unregelmäßigkeiten auf, wenn auch noch die Grenzen der elektrischen Zonen parallel den Prismenkanten verlaufen. Beim vorherigen Eintauchen in Äther, Alkohol oder Wasser ändert sich die Elektrizität. „Es sind alsdann die Trapezkanten stets positiv elektrisch.“

II. Das untersuchte Material und die daran gemachten Beobachtungen.

Die von mir untersuchten Quarzkristalle stammen zum großen Teil aus Brasilien, einige Kristalle sind aus Indien von nicht näher bekanntem Fundort, aus Idar bezogen, einige von verschiedenen anderen Fundorten. Außerdem liegen einige senkrecht zur Hauptachse c geschnittene Platten von Bergkristall aus Brasilien vor, die in Oberstein a. d. N. geschnitten und geschliffen sind, von denen aber leider die ganzen Kristalle nicht mehr vorhanden sind.

Der besseren Übersicht halber werde ich in diesem Teile zunächst den Habitus der einzelnen Kristalle beschreiben und jedesmal direkt daran anschließend die angestellten Beobachtungen mitteilen.

Die Untersuchungen geschahen in folgender Weise:

Von fast allen untersuchten Kristallen fertigte ich eine oder mehrere senkrecht zur Hauptachse c geschnittene Platten an, die sowohl im parallelen, wie auch im konvergenten polarisierten Licht untersucht wurden. Nach dem angegebenen Verfahren von LEYDOLT und MOLENGRAAF (l. c.) erzeugte ich auf Platten sowie auf ganzen Kristallen künstliche Ätzfiguren, wo ich es für angebracht hielt; ich werde an den

betreffenden Stellen besonders darauf hinweisen. Die Ätzung geschah fast immer mit dreißigprozentiger Flußsäure, die ich ungefähr 24 Stunden lang auf den Kristall einwirken ließ, wodurch stets sehr gute Ätzfiguren erzeugt wurden, die bei schräg auffallendem Licht besonders gut zu beobachten waren.

Nach den Angaben von v. KOLENKO (l. c.) wurden die Kristalle schließlich mit Hilfe der KUNDT'schen Bestäubungsmethode auf ihre Pyroelektrizität hin untersucht, um auch durch die Verteilung der Elektrizität den Charakter der Drehung, sowie die Grenzen der Zwillingsverwachsung zu bestimmen.

Die Kristalle wurden im Luftbade auf 50—60° eine bis drei Stunden lang erwärmt, dann durch die Flamme einer Spirituslampe gezogen, um von der Oberfläche die Elektrizität zu entfernen, und darauf sofort oder nach Verlauf einiger Minuten mit dem Schwefel-Mennige-Pulver bestäubt. Als Bestäubungsapparat benutzte ich ähnlich wie BÖMER (l. c. p. 547) eine gewöhnliche Insektenspritze, bestehend aus einem Gummiball mit einem Glasrohr, welches eine seitliche Öffnung hat zur Aufnahme des Pulvers und die durch ein Stück Gummi verschlossen wird. Gegenüber dem KUNDT'schen Blasebalg hat dieser Apparat den Vorzug, daß er viel handlicher ist und eine viel bessere und feinere Verteilung von Schwefel und Mennige gestattet, besonders wenn man ein Sieb aus feinsten Gaze in einiger Entfernung vor die Mündung des Glasrohres hält.

Als geeignetste Temperatur zur Erzeugung möglichst großer elektrischer Spannung fand ich in Übereinstimmung mit v. KOLENKO 50—60° C. Das Durchziehen der Kristalle vor dem Bestäuben durch die Flamme einer Spirituslampe erhöht die elektrische Spannung. Eine noch größere elektrische Erregung kann nach BÖMER erzeugt werden durch Eintauchen der Kristalle in Äther, Alkohol oder Wasser, wodurch sich aber die Art der Elektrizität umkehrt. Beim Eintauchen in diese Flüssigkeiten muß man einige Vorsicht beobachten, da die Kristalle sehr leicht springen und zwar ist ein Zerspringen um so leichter möglich je größer der Kristall ist; kleine Kristalle sind der Gefahr des Zerspringens nicht so leicht ausgesetzt.

Um ein besseres Bild von dem oft sehr verwickelten Bau der Quarzkristalle zu geben, habe ich eine Anzahl Platten der interessantesten Zwillingskristalle im parallelen polarisierten Licht bei gekreuzten Nicols photographiert und Abzüge davon der Arbeit auf Taf. II—VII hinzugefügt.

Die Aufnahmen wurden mittels eines mineralogischen Projektionsapparates¹ in folgender Weise gemacht:

Vor dem Projektionsapparat wurde die große Camera eines mikrographischen Apparates (von ZEISS, Jena), die durch Zahn und Trieb ausziehbar ist, so aufgestellt, daß der offene Tubus derselben in die vordere Öffnung des Projektionsapparates hineinpaßt. Die Anordnung der Linsen und Nicols im Apparat selbst ist dieselbe wie bei einer gewöhnlichen Projektion von großen Objekten im parallelen polarisierten Licht². Die Mattscheibe der Camera dient also hier als Projektionsschirm, und man kann das Bild in jeder Größe je nach Länge der Camera scharf einstellen. Die Aufnahme selbst wird im verdunkelten Zimmer angestellt; um die Camera zu schließen, genügt alsdann der Holzschieber, der an der vorderen Seite des Projektionsapparates angebracht ist.

Als Platten wurden orthochromatische Silber-Eosin-Platten von PERUTZ, München, benutzt, zur Entwicklung diente Glycinentwickler wie ihn H. HAUSWALDT³ bei seinen vorzüglichen Aufnahmen von Interferenzerscheinungen angewandt hat. Bei der Helligkeit der Projektionslampe von 20 Amp. genügt eine Expositionszeit von 1—1½ Sekunden.

Aufnahmen von großen Objekten im parallelen polarisierten Licht, sowie von Interferenzerscheinungen im konvergenten polarisierten Licht, sind mit Hilfe dieses Projektionsapparates in der erwähnten Anordnung bequem und gut anzustellen.

¹ Der Projektionsapparat ist nach den Angaben von R. BRAUNS (dies. Jahrb. f. Min. etc. 1903. II. p. 1 ff.) konstruiert und von der optischen Werkstatt SEIBERT, Wetzlar, angefertigt.

² R. BRAUNS, l. c. p. 7.

³ H. HAUSWALDT, Interferenzerscheinungen an doppeltbrechenden Kristallplatten im konvergenten polarisierten Licht. Magdeburg 1902.

a) Bergkristall aus Brasilien.

Die untersuchten brasilianischen Quarzkristalle zeigen fast alle Zwillingsbildung aus Rechts- und Linksquarz. Einige sind allerdings zum größeren Teil einfach drehend, am Rande sind aber fast stets, wenn auch nur geringe Spuren entgegengesetzter Drehung vorhanden. Andere wieder zeigen sehr komplizierten Bau, trotz ihrer sehr einfachen Form. Fast alle Kristalle sind auf gewissen Flächen mit schönen großen natürlichen Ätzfiguren bedeckt, die, wie wir später sehen werden, den Sinn der Drehung am sichersten erkennen lassen.

Betrachten wir zunächst vier Kristalle aus Goyaz in Brasilien, von der Größe, wie sie zu tausenden nach Idar importiert werden. Dieselben sind, abgesehen von einem geringen Unterschied in der Dimension, sich durchaus gleich und ähnlich ausgebildet wie die Kristalle aus dem Dauphinée, die ROSE¹ beschrieben und abgebildet hat. Sie sind nur an einem Ende ausgebildet, wasserklar, 10—15 cm lang und unten ca. 4 cm dick. Die Flächen der Rhomboeder² *r* und *z* sind ungleichmäßig ausgedehnt, *r* stets größer als *z*. Neben den Hauptrhomboederflächen *r* liegen die Rhombenflächen *s* (2P2), und zwar bei drei Kristallen rechts, bei dem vierten links. An spitzen Rhomboedern sind vorhanden ψ (— 11 R), und zwar so groß, daß die Flächen *r* und *z* nur als ganz kleine Zuspitzung — ca. $\frac{1}{2}$ bis $1\frac{1}{2}$ cm — erscheinen. Die Kanten *z*/ ψ werden noch durch sehr schmale spitze Rhomboeder, wahrscheinlich ϕ (— 7 R) abgestumpft, lassen sich aber nicht mit Sicherheit bestimmen, da die Flächen wegen der Größe der Kristalle mit dem Reflexionsgoniometer nicht gemessen werden können und das Anlegegoniometer eine genaue Messung nicht zuläßt. Außer den erwähnten Flächen tritt noch das Prisma *m* auf.

Die Flächen sind alle stark glänzend mit Ausnahme der spitzen Rhomboeder, die horizontal gestreift und matt sind; das Prisma ist gleichfalls horizontal gestreift aber glänzend. Auf den Rhombenflächen findet sich eine schwache, wenn

¹ ROSE, l. c. p. 238. Fig. 20.

² Als Bezeichnungsweise der Flächen lege ich hier die von HINTZE (Handbuch der Mineralogie, 1. 1267) angewandte zugrunde.

auch deutliche Streifung parallel der Kante r/s ; die Streifung geht aber nicht über die ganze Fläche, sondern besteht aus ganz kleinen Strichelchen.

Die steilen Rhomboederflächen zeigen nun die selten oder fast gar nicht beobachtete Eigentümlichkeit, daß sie vollständig mit unzähligen natürlichen Ätzfiguren bedeckt sind, und zwar von solcher Größe, daß sie mit bloßem Auge deutlich erkennbar sind; einige erreichen sogar die Länge von 5 mm bei 2—3 mm Breite.

Um die Form der Ätzfiguren besser beobachten zu können, habe ich nach den Angaben von R. BRAUNS (dies. Jahrb. 1886. I. 225) geschmolzenem Schwefel etwas Jod zugesetzt und damit von den Ätzfiguren Abdrücke gemacht, die wegen der Größe und schönen Ausbildung der Figuren ganz ausgezeichnet gelangen.

Die Gestalt der Ätzfiguren ist aus der Abbildung auf Taf. IX Fig. 1 zu ersehen. Die Flächen a, b, c, d sind ziemlich steil, während e und f sehr flach sind. Nach dem spitzeren Ende hin ist die eine Kante in eine feine Linie ausgezogen. Häufig liegen mehrere solcher Ätzfiguren dicht neben- und zum Teil übereinander, so daß sie sehr in die Breite gezogen erscheinen. Eine genauere Messung der Flächen der Ätzfiguren ist wegen Unebenheiten derselben nicht gut möglich.

Die Längsrichtung der Ätzfiguren bildet mit der Kante z/Φ einen Winkel von ungefähr 30° , die Spitze ist nach oben gerichtet, und zwar steht die Richtung in gewisser Beziehung mit dem optischen Verhalten. Bei drei Kristallen liegt die Längsachse von links unten nach rechts oben, bei dem vierten umgekehrt von rechts unten nach links oben.

Im parallelen polarisierten Licht zeigten nun von den vier $\perp c$ geschnittenen Platten drei Rechts-, eine Linksdrehung. An den Rändern sind bei allen Platten geringe Spuren entgegengesetzter Drehung zu bemerken, die in Form von kleinen Dreiecken mit einer Spitze der Mitte der Platte zugewandt sind.

Ein Vergleich der Drehung der Kristalle mit der Lage der natürlichen Ätzfiguren zeigt nun, daß Rechtsdrehung da vorliegt, wo die Längsachse der Ätzfiguren

von unten links nach oben rechts gerichtet ist und daß Linksdrehung vorhanden ist, wenn die Ätzfiguren entgegengesetzt gelagert sind, d. h. von unten rechts nach oben links.

Diese Beobachtung ist bereits von R. BRAUNS¹ gemacht worden, und ich habe dieselbe, wie im folgenden noch öfter gezeigt werden soll, bei allen Kristallen, die natürliche Ätzfiguren zeigen, bestätigt gefunden und als sicheres Zeichen für die Art der Drehung erkannt.

Eine mehrmalige Untersuchung dieser Kristalle auf Pyroelektrizität ergab ein negatives Resultat, eine deutliche Trennung von Schwefel und Mennige war nirgends wahrzunehmen.

Zwei andere Kristalle sind von besonderem Interesse, da ich an ihnen, wie in Teil I schon kurz erwähnt, negative Trapezoeder ohne das gleichzeitige Auftreten positiver Trapezoeder feststellen konnte. Die Kristalle (Taf. IX Fig. 2 u. 3), von Congonhas do Campo, Minas Geraës (von KRANTZ bezogen), sind 4—5 cm lang und ca. $1\frac{1}{2}$ cm dick und wasserklar. Von dem Hauptrhomböeder *r* treten besonders zwei Flächen, von dem Nebenrhomböeder *z* eine Fläche hervor; die übrigen sind dagegen verschwindend klein. Weiter sind vorhanden das Prisma *m* und Rhomben- und Trapezflächen. Die Rhombenfläche liegt bei Kristall Fig. 2 links, bei Fig. 3 rechts von *r*, die Trapezflächen liegen nun aber nicht unter der großen Rhomböederfläche *r*, sondern unter der kleineren Rhomböederfläche *z*, und zwar bei Kristall 1 rechts, bei Kristall 2 links unter *z*. Danach könnte man annehmen, das Hauptrhomböeder sei hier kleiner ausgebildet wie das Nebenrhomböeder und der in Fig. 2 abgebildete Kristall müßte dann ein rechter, der in Fig. 3 ein linker sein.

Bei beiden Kristallen ist nun die unter *z* liegende Fläche, scheinbare Prismenfläche, mit vielen natürlichen, mit bloßem Auge leicht erkennbaren Ätzfiguren, von derselben Form wie die oben beschriebenen, bedeckt, die ihrer Lage nach den Kristall Fig. 2 nun aber als Linksquarz, den Kristall Fig. 3 als Rechtsquarz deuten.

¹ BRAUNS, Das Mineralreich. Stuttgart 1903. p. 266.

Die Untersuchung der optischen Präparate zeigte übereinstimmend mit der Deutung der Ätzfiguren, daß der erste Kristall links-, der zweite rechtsdrehend ist.

In Wirklichkeit haben wir es also in Fig. 2 mit einem linksdrehenden, in Fig. 3 mit einem rechtsdrehenden Kristall zu tun. Die Hauptrhomboiderflächen sind hier doch die größer ausgebildeten r , links davon liegt die Rhombenfläche s und daran — aber nun nicht unter r wie es eigentlich sein sollte und bisher beobachtet ist —, sondern unter z liegt die Trapezfläche, die also hier als eine negative Trapezfläche aufzufassen ist.

Das Auftreten von negativen Trapezflächen an einfachen Kristallen hat ROSE (l. c.) wie bereits erwähnt an Kristallen aus Dissentis in Graubünden festgestellt, jedoch treten hier dieselben nicht allein, sondern stets mit dem positiven Trapezoeder zusammen auf, also von unseren Kristallen verschieden. Das gleichzeitige Auftreten positiver und negativer Trapezoeder ist später noch öfter beobachtet worden, aber noch nie sind, soviel man aus den vorhandenen Angaben ersehen kann, negative Trapezoeder für sich ohne positive beobachtet worden.

Tritt also, wie in unserem Falle, das negative Trapezoeder allein auf, so kann man aus dem von ROSE gefundenen Gesetz erst dann die Drehung bestimmen, wenn die beiden Rhomboider mit Sicherheit festgestellt sind, was aber nicht immer ohne weiteres möglich ist. Wohl aber zeigt sich hier wieder die Lage der Ätzfiguren als zuverlässig in der Beurteilung der Drehung, d. h. liegen die Ätzfiguren mit ihrer Längsachse von unten rechts nach oben links, so liegt Linksquarz, im entgegengesetzten Sinne Rechtsquarz vor.

An beiden Kristallen habe ich Messungen mit dem Reflexionsgoniometer vorgenommen, die im allgemeinen zufriedenstellende Resultate gaben. Die Reflexe von r und s waren scharf, die Trapezflächen u gaben infolge einer ganz geringen Rundung der Fläche ein unscharfes Bild, doch konnte gut auf das Maximum der Helligkeit eingestellt werden. Die mit Ätzfiguren bedeckten Flächen gaben eine ungenaue Messung. Die Resultate der Messungen sind folgende: $r : s$

beträgt $28^{\circ} 53' 40''$, $r : u$ bewegt sich zwischen den Extremen $46^{\circ} - 30''$ und $47^{\circ} 2'$ und ist demnach das Trapezoeder mit $4P\frac{4}{3}$ zu bezeichnen.

Die Pyroelektrizität der Kristalle äußerte sich nur sehr wenig; an denjenigen Kanten, die die Trapezflächen tragen, tritt aber deutlich Rotfärbung auf, also negative Elektrizität in Übereinstimmung mit den Versuchen von v. KOLENKO. Falls man nun die größeren Rhomboederflächen als die des Hauptrhomboeders auffaßt, so ist dadurch die Drehung der Kristalle richtig erkannt.

Ein sehr schöner und in seiner Art wohl einzig dastehender Kristall ist folgender. Er stammt aus Goyaz in Brasilien, ist ca. 25 cm lang und 10 cm dick, dabei vollständig wasserklar. Herr Prof. R. BRAUNS hat denselben verkleinert bereits in seinem „Mineralreich“ auf Taf. 55 Fig. 3 abgebildet. Der Kristall ist von Prof. BRAUNS für das mineralogische Institut in Gießen gekauft und würde von dem jetzigen Direktor des genannten Instituts, Herrn Prof. KAISER, zur Beschreibung und Untersuchung freundlichst zur Verfügung gestellt.

An Flächen tritt das Prisma mit einer besonders groß ausgebildeten Hauptrhomboederfläche r hervor; letztere ist von besonderer Glätte. Neben dieser r -Fläche liegt eine z -Fläche, die übrigen Rhomboederflächen sind dagegen verschwindend klein. Unter r liegt eine sehr steile Trapezfläche, ebenfalls unter r die steile Rhomboederfläche ($\frac{1}{2}R$). Der mit dem Anlegegoniometer gemessene Winkel $r : \frac{1}{2}R$ beträgt 150° , ROSE (l. c. p. 273) gibt dafür $149^{\circ} 56'$ an.

Unten an dem Kristall ist eine Naht deutlich wahrnehmbar, die die Vermutung nahelegt, daß hier eine Zwillingsbildung vorliegen muß. Um dies sicher festzustellen, war es nötig, eine Platte $\perp c$ zu haben, um auf optischem Wege und eventuell mit Hilfe künstlich erzeugter Ätzfiguren eine Zwillingsbildung und die Art derselben nachzuweisen.

Mit der gütigen Erlaubnis Herrn Prof. KAISER's schnitt ich bei möglichster Schonung des schönen Kristalls eine Platte $\perp c$, die aber das Vermutete nicht bestätigte. Die Platte, mit einer ungefähr 30 qcm großen Oberfläche, erwies sich als optisch einheitlich, linksdrehend, nur am Rande zeigen sich ganz kleine Teile verschiedener Drehung. Auch

die mit Flußsäure erzeugten Ätzfiguren zeigten zu beiden Seiten der Naht gleiche Form und Lage, wodurch die Einheitlichkeit der Platte bestätigt wurde.

Auf der großen steilen Trapezfläche befinden sich nun eine Anzahl sehr großer und schöner natürlicher Ätzfiguren von 4—6 mm Länge und ca. 2 mm Breite. Die Gestalt ist von denen, die auf den Rhomboederflächen auftreten und oben beschrieben sind, durchaus verschieden. Die durch Schwefel erhaltenen Abdrücke ergaben auch hier ein schönes Bild von den Ätzfiguren. Während die vorher beschriebenen von im allgemeinen ebenen Flächen begrenzt sind und in eine feine Spitze, die in eine Linie ausläuft, übergehen, sind diese durch eine gerade Kante abgestumpft. Fig. 4 auf Taf. IX gibt uns ein Bild davon. Die Flächen, die hier mit a und b bezeichnet sind, sind stark gerundet, die übrigen Flächen sind mehr oder weniger eben. Genaue Messungen sind nicht anzustellen.

Die Lage der Ätzfiguren ist die in der Figur angegebene, also von unten rechts nach oben links, deutet also auf Linksdrehung, was schon durch die optische Untersuchung der basischen Platte konstatiert wurde. Auch hier ist also durch die Lage der natürlichen Ätzfiguren die Drehung richtig bestimmt.

Von einer pyroelektrischen Untersuchung wurde wegen der Größe des Kristalls abgesehen.

Das Gegenstück zu dem eben beschriebenen Kristall befindet sich im Kieler mineralogischen Museum und ist von Herrn Prof. BRAUNS aus einem großen Lagerbestand in Idar ausgesucht worden. Er stammt ebenfalls aus Goyaz in Brasilien, ist wasserklar, aber von geringeren Dimensionen, ungefähr 20 cm lang und 8 cm dick.

Die Flächen sind auch ähnlich ausgebildet und vertreten, wie bei dem Gießener Kristall, nur befinden sich hier an dem unteren Ende noch Flächen, außer einer größeren Rhomboederfläche viele kleine gerundete Flächen, ähnlich wie bei abgebrochenen und ausgeheilten Kristallen.

Auf der steilen Trapezfläche befinden sich ebenfalls natürliche Ätzfiguren, und zwar von derselben Gestalt und Größe. Die Lage ist hingegen die entgegengesetzte, also der Kristall dementsprechend rechtsdrehend.

Noch ein Kristall von ähnlicher Ausbildung, dessen Flächen aber rau und nicht so glatt sind, wie die der beiden vorigen Kristalle, ist ca. 12 cm lang und 6 cm dick. Die Rhomboederflächen sind alle vollkommener und gleichmäßiger ausgebildet. Die Trapezflächen, sowie die steilen Rhomboederflächen sind mit zahlreichen deutlich wahrnehmbaren Ätzfiguren bedeckt, die ihrer Lage nach auf Rechtsdrehung deuten. Die Ätzfiguren auf den Trapezflächen und Rhomboederflächen sind auch hier verschieden gestaltet, aber entsprechend den oben erwähnten und auf Taf. IX Fig. 4 und 1 abgebildeten. Eine basische Platte bestätigt die Rechtsdrehung, ebenso die Lage der Trapezfläche in bezug auf die Hauptrhomboederfläche.

Von Interesse wegen seines Baues und seiner sehr komplizierten Zwillingsbildung ist der nächste Kristall. Er stammt, wie die vorigen, aus Goyaz und ist ca. 6 cm lang und 3 cm dick.

Die Ausbildung der Flächen ist sehr einfach; außer dem sechsseitigen Prisma sind nur die beiden Rhomboeder r und z vorhanden, unter der einen r -Fläche liegt links eine Rhombenfläche $2P2$. r ist vor z bedeutend vorherrschend; alle Flächen sind sehr glänzend. Das Auffallende bei diesem Kristall ist eine innere Schichtung, die parallel den Rhomboederflächen geht. Die einzelnen Schichten heben sich deutlich durch eine milchigweiße dünne Lage, die anscheinend durch Luftbläschen gebildet wird, voneinander ab. 20—30 Schichten, die, wie R. BRAUNS es in seinem Mineralreich tut, bei einem schwarzen Hintergrund gut mit ineinander gesteckten schwarzen und weißen Duten verglichen werden können, sind leicht zu unterscheiden. Die Substanz des Kristalls ist an sich wasserhell, ist aber infolge der milchigen Schichten stellenweise nur durchscheinend. Im Innern des Kristalls sind feine Rutilnadeln eingeschlossen. Äußerlich macht also dieser Kristall den Eindruck als sei er durchaus einfach gebildet. Nichts deutet auf eine Zwillingsbildung hin; Trapezflächen und Ätzfiguren sind nicht vorhanden.

An einem ähnlichen, nur viel schöneren, in seinem Mineralreich p. 263 · Fig. 204 abgebildeten Kristall mit innerem Schichtenbau, spricht BRAUNS schon die Vermutung aus, daß

hier wahrscheinlich von Schicht zu Schicht der Sinn der Drehung wechselt, wie es beim Amethyst auftritt. Um darüber Aufschluß zu erhalten schnitt ich zunächst eine Platte senkrecht zur Hauptachse c von dem unteren Ende ab und fand durch Beobachtung dieser Platte im parallelen polarisierten Licht die von BRAUNS ausgesprochene Vermutung bestätigt. Nur ist die Anordnung und Überlagerung der Schichten hier nicht so regelmäßig wie beim Amethyst, sondern noch viel verwickelter (Taf. II Fig. 1). Gleichdrehende und verschieden drehende Teilchen sind in den verschiedensten Stellungen neben- und übereinander gelagert, wie es wohl bisher selten oder nie beobachtet ist.

Betrachtet man die Platte im konvergenten polarisierten Licht, so sieht man an vielen Stellen das schwarze Kreuz der Einachsigkeit, eine Folge davon, daß sich hier Teile von Rechts- und Linksquarz innig mischen und dadurch die Drehung aufgehoben wird; an anderen Stellen sieht man AIRY'sche Spiralen, sowohl rechts wie links gewunden, was bekanntlich darauf deutet, daß sich hier Lamellen von rechts- und linksdrehender Substanz überlagern.

Um festzustellen, ob sich der Bau des Kristalls in dieser komplizierten Weise weiter fortsetzt, schnitt ich noch weitere drei Platten $\perp c$ von dem unteren Ende des Kristalls ab. Die zweite Platte (Taf. II Fig. 2) ist der ersteren noch sehr ähnlich, scheinbar etwas einfacher, die dritte Platte (Taf. III Fig. 1) zeigt im konvergenten Licht aber schon an breiten Stellen Zirkularpolarisation, ein Zeichen dafür, daß hier einfachdrehende Substanz vorliegt. Bei der nächstfolgenden Platte (Taf. III Fig. 2) sind die Teile mit verschiedener Drehung in der Mitte scharf geschieden, ihre Grenzen sind durch gerade, schwarze Linien markiert, nur der Rand zeigt noch den komplizierten Bau der ersten Platten und läßt die Zirkularpolarisation nicht mehr erkennen. Weitere Platten wurden dem Kristall nicht entnommen, um die Spitze mit der schönen inneren Schichtung zu schonen, es ist aber vorausszusehen, daß die Komplikationen am Rande immer geringer werden.

Um den inneren Zusammenhang der einzelnen Teile näher zu erkennen, habe ich Platte 2, sowie von dem ganzen Kristall eine Prismenfläche, eine Haupt- und eine Neben-

rhomboederfläche und die untere angeschnittene basische Fläche geätzt. Die Kristallflächen sind nur sehr wenig angegriffen, doch lassen sich bei schräg auffallendem und reflektiertem Licht verschiedene glänzende und matte Partien wahrnehmen, diese sind aber so verzwickt, daß eine naturgetreue Wiedergabe unmöglich ist. Sehr schön und mit deutlich erkennbaren Ätzfiguren bedeckt ist die Platte 2, sowie die angeschnittene basische Fläche am Kristall, die der Platte 4 entspricht und aus dem Schimmer genau dieselbe Abgrenzung der Felder erkennen läßt wie diese.

Wie im ersten Teile schon erwähnt, fand BÖMER (l. c.), daß man aus dem im reflektierten Licht auftretenden Schimmer allein nicht auf den Bau des Kristalls schließen kann. Dies habe ich an Platte 2 bestätigt gefunden, denn an einigen Stellen, die gleichartigen Schimmer zeigten, war trotzdem Rechts- und Linksquarz vorhanden. Die mikroskopische Untersuchung zeigte dagegen, daß dieser Unterschied in der Form der Ätzfiguren hervortritt. Derselbe besteht nämlich in einer Verlängerung der Seiten der Ätzfiguren nach verschiedenen Richtungen, und zwar so, daß beim Rechtsquarz die Verlängerung nach rechts, beim Linksquarz nach links zeigt. Die Grenze zwischen beiden ist deutlich wahrzunehmen.

Die pyroelektrische Untersuchung ergab ein durchaus negatives Resultat. Die Versuche wurden öfter wiederholt, aber niemals war auch nur eine Spur elektrischer Erregung wahrzunehmen. Dies steht mit den Beobachtungen von v. KOLENKO (l. c.) in Übereinstimmung, der fand, daß bei sehr komplizierten Zwillingsbildungen infolge der innigen Mischung von Rechts- und Linksquarz elektrische Erregungen sich gegenseitig aufheben und daher nicht zur Äußerung kommen.

Außer den bisher beschriebenen sind noch einige andere Bergkristalle aus Brasilien untersucht, die aber im wesentlichen nichts Neues bieten. Sie zeigen die gewöhnliche Verwachsung von Rechts- und Linksquarz; bei einem Kristall, der zum größten Teil rechtsdrehend ist, ragen Teile linksdrehender Substanz spießartig in den Kristall hinein. Natürliche Ätzfiguren treten sehr oft und schön auf Trapez- und

denjenigen spitzen Rhomboederflächen auf, die unter dem Nebenrhomboeder z liegen; die Figuren sind den Flächen entsprechend von der früher beschriebenen Gestalt.

Von brasilianischem Bergkristall habe ich schließlich noch die schon im Eingang der Arbeit erwähnten einzelnen Platten untersucht, von denen die zugehörigen Kristalle leider nicht mehr zu beschaffen waren. Drei davon, auf Taf. IV Fig. 2 und Taf. V abgebildet, lassen im parallelen polarisierten Licht ganz ausgezeichnet die Verwachsung von Rechts- und Linksquarz erkennen, indem die Grenze von verschiedenen drehenden Teilen durch eine scharfe schwarze Linie markiert ist. So ist z. B. in der auf Taf. V Fig. 2 abgebildeten Platte das dreieckige Feld auf der rechten Seite linksdrehend, denselben Sinn der Drehung besitzen die beiden anderen am Rand gelegenen Teile, während das breite Feld zwischen diesen Randteilen rechtsdrehend ist. Die in Fig. 1 auf Taf. V abgebildete Platte läßt mit bloßem Auge innere Schichtung erkennen wie der vorher beschriebene Kristall; sie ist in der breiten Mitte einheitlich rechtsdrehend, die einheitlichen Teile am Rande sind linksdrehend, während die beiden anderen Streifen am Rande mit komplizierterer Verwachsung den inneren Schichten entsprechen; die in Fig. 2 auf Taf. IV abgebildete Platte ist im linken Teil einheitlich rechtsdrehend, während rechts sich verschieden drehende Teile innigst mischen und überlagern.

Besonderes Interesse nehmen zwei andere Platten in Anspruch, die optisch einheitlich waren, vollkommen klar, aber schon mit bloßem Auge ungefähr in der Mitte eine geradlinige quer über die Platte verlaufende und einer Prismenfläche parallele Naht erkennen lassen. Betrachtet man die Platten, die einem Kristall entnommen sind, im parallelen polarisierten Licht, so sieht man, daß sie ganz einheitlich sind. Hebt man nun aber die Platte auf einer Seite etwas, so tritt plötzlich die geradlinige Naht scharf hervor, indem genau an der Grenze ein Farbwechsel auftritt, z. B. wie in Fig. 5 auf Taf. IX angegeben, gelb und blau durch eine scharfe Linie voneinander getrennt sind. Nach einer Ätzung mit Flußsäure trat die Verwachsungsstelle deutlich hervor. Die mikroskopische Beobachtung der Ätzfiguren ergab, daß dieselben

auf der einen Seite der Naht gegen die auf der anderen Seite um 60° oder 180° gedreht sind, wie es die Abbildung Fig. 6 auf Taf. IX zeigt. Wir haben hier mithin eine Verwachsung zweier gleichdrehenden Individuen, die gegeneinander um 60° oder 180° gedreht sind, die Hauptachsen sind einander nahezu, aber doch nicht vollkommen parallel, denn wäre letzteres der Fall, dürfte die Grenzlinie im polarisierten Licht nicht hervortreten. Die Verwachsung ist regelmäßig und so, daß die beiden Individuen sich nicht mit unregelmäßig verlaufender Grenzfläche durchdringen, wie es meistens der Fall ist, sondern daß beide nahe gleich groß sind und das eine mit ebener Grenzfläche an das andere gewachsen ist.

Bemerkenswert sind noch einige Bergkristallstufen aus Brasilien mit Kristallen von sehr seltener Ausbildung. Die Stufen der einen Art sind bis zu 30 cm lang und 25 cm breit und haben auf Chalcedonunterlage Hunderte von kleinen, 2—7 mm dicken gelben und grünlichen Bergkristallen dicht aneinander gedrängt, so daß nur die Rhomboederflächen hervortreten. Die Kristalle bestehen nun alle aus den seltenen Zwillingen nach dem Rose'schen Zwillingsgesetz unter 1, b, α , nämlich zwei gleichdrehende Kristalle sind so durcheinander gewachsen, daß — während die z-Flächen fehlen — die Endkanten des einen Hauptrhomboeders aus den Flächen des anderen hervorspringen. Die optischen Präparate zeigen dementsprechend ein einheitliches Bild, die beiden verwillingten Individuen sind also zwei gleichdrehende.

Eine andere große Stufe ist mit über hundert, bis $1\frac{1}{2}$ cm langen und $\frac{1}{2}$ cm dicken, schwach blaugrauen, milchigen Kristallen bedeckt, die durch ihre Formenentwicklung auffallen. An dem Ende tritt nun das Hauptrhomboeder r mit glänzenden, aber durch Schuppen, die mit ihrer Spitze nach unten gerichtet sind, gekrümmten Flächen auf und viele Kristalle sind als Durchkreuzungszwillinge deutlich zu erkennen, indem, wie bei den eben beschriebenen, aus der Rhomboederfläche des einen Individuums die Ecke des anderen herausragt. Dazu aber liegen unter jeder der drei Rhomboederflächen links und rechts je eine große Trapezfläche, die stark gerieft ist, so daß eine Messung nicht möglich ist; beide Flächen für sich bilden ein Skalenoeder, von dem Prisma ist

nur wenig zu sehen, die Kristalle haben somit einen sehr eigentümlichen skalenoedrischen Habitus. Durch optische Untersuchung war nun zu entscheiden, ob hier eine linke und eine rechte Trapezfläche vorhanden, der Kristall also optisch einheitlich war, oder ob in dem Kristall außer der erwähnten Zwillungsverwachsung noch eine Verwachsung von Rechts- und Linksquarz vorlag. Es ergab sich, daß die Kristalle aus Rechts- und Linksquarz bestehen, wie fast alle anderen aus Brasilien, mit dem Unterschied, daß die Verwachsung in diesen Kristallen mit der Amethyststruktur die meiste Ähnlichkeit hat; und mit Amethyst stimmt auch das Vorkommen überein, die Kristalle sind auf Chalcedon aufgewachsen und die Druse stammt offenbar aus vulkanischem Gestein. Nach der optischen Untersuchung steht demnach der Annahme nichts entgegen, daß das Auftreten des rechten und linken positiven Trapezoeders mit der Verwachsung von Rechts- und Linksquarz in Beziehung steht. Diese Beziehungen verdienen aber doch an umfangreicherem Material noch weiter untersucht zu werden.

b) Gelber und brauner Bergkristall und Rauchtopyas aus Brasilien.

Eine Anzahl gelber Quarze, als brasilianische Citrine von N. MOLTER in Idar bezogen; die man nach ihrer Farbe und ihrem Dichroismus eher als nelkenbraunen Rauchtopyas bezeichnen könnte, seien noch erwähnt. Sie sind alle recht rein, ungefähr 2—4 cm lang und 1—2 cm dick und nur an einem Ende ausgebildet.

Die Flächen sind fast dieselben, wie die an den bisher erwähnten Bergkristallen, nur treten hier noch an einigen Kristallen gleichzeitig rechte und linke Trapezoeder auf, und zwar das eine unter r, das andere unmittelbar daneben unter z, und es sind bald rechte, bald linke Kristalle, sie entsprechen also den oben unter 1. und 2. nach G. ROSE angegebenen Formen; die Trapezflächen sind, ebenso wie die Rhombenflächen, matt, sie sind darum nicht meßbar. Die Flächen des Hauptrhomboeders r sind bei diesen Kristallen oft kleiner als die von z, beide lassen sich aus den fast nie fehlenden Ätzfiguren, sonst erst durch optische Untersuchung

unterscheiden. Von 27 Kristallen konnte ich 25 als mit Ätzfiguren bedeckt erkennen, und zwar liegen dieselben wieder auf den spitzen Rhomboedern unter z, von derselben Form, wie die früher an erster Stelle beschriebenen; einige Ätzfiguren sind auch auf Trapezflächen wahrzunehmen und sie haben alsdann dieselbe Form wie an dem vorher beschriebenen großen Bergkristall.

Der innere Bau scheint entgegen den wasserklaren Bergkristallen aus Brasilien einfacher zu sein. Von fünf Kristallen, die ich zerschnitt, waren vier einfach drehend, während einer Zwillingsbildung von Rechts- und Linksquarz zeigte, und zwar aneinander gewachsen mit unregelmäßiger Verwachsungsgrenze. Dieser Kristall trägt sowohl rechts wie links von einer Rhomboederfläche verhältnismäßig große Rhombenflächen, und war daraus schon auf eine Zwillingsbildung zu schließen, wenn auch nicht gerade auf die Art der Verwachsung.

Ein Rauchtocas, ca. 3 cm dick, von derselben Farbe, trägt an je zwei sich gegenüberliegenden Prismenkanten Rhomboederflächen. Ein optisches Präparat zeigt, daß es ein Zwillingskristall ist zweier gleichdrehenden und zwar hier rechtsdrehenden Kristalle, die aber an den Kanten geringe Spuren verschiedener Drehung zeigen. Die pyroelektrische Untersuchung ergab dementsprechend eine gleiche Verteilung der elektrischen Zonen, wie sie v. KOLENKO (l. c.) an solchen Zwillingen gefunden und abgebildet hat.

Drei andere, senkrecht zur Achse geschnittene Platten von Rauchtocas, die als solche ohne die zugehörigen Kristalle von Idar bezogen waren, zeigen im gewöhnlichen Licht bei Betrachtung mit bloßem Auge eine Andeutung von Felderteilung, indem einige Sektoren und Bänder heller gefärbt sind als die anderen damit abwechselnden. Im polarisierten Licht heben sich diese Sektoren nicht weiter voneinander ab, die Platten selbst zeigen sehr komplizierten Zwillingsbau von Links- und Rechtsquarz, besonders am Rande (etwa wie die rechte Seite von Fig. 2 auf Taf. IV), während sie nach der Mitte hin einheitlicher werden.

Eine ungefähr 8×10 cm große Kristallstufe besteht aus vielen dunkelbraunen $1-1\frac{1}{2}$ cm dicken Kristallen mit

Zonarstruktur. Die Kristalle sind auf Chalcedon so aufgewachsen, daß nur die Rhomboeder hervortreten. Sie sind unten wasserklar, nach oben hin tritt eine braune Schichtung auf, die den Rhomboederflächen parallel geht. Eine Platte $\perp c$ zeigt am Rande Zonarstruktur, abwechselnde heller und dunkler gelbe Schichten, in der Mitte ist sie farblos. Wegen der stark ausgeprägten braunen Streifung wird dieser Quarz als Schmuckstein verschliffen. Die optische Untersuchung einer Platte $\perp c$ ergab Verwachsung von Rechts- und Linksquarz in den klaren Teilen; die braunen blieben so gut wie undurchsichtig.

Der Vollständigkeit halber sei noch erwähnt, daß der gelbe Kristall, den R. BRAUNS in seinem Mineralreich erwähnt hat, wie dort angegeben aus Rechts- und Linksquarz besteht, recht kräftig dichroitisch ist und mit Ätzfiguren wie der Bergkristall und der eben beschriebene Citrin aus Brasilien bedeckt ist, während der sogenannte braune Topas einfach drehend ist und keinen Dichroismus zeigt.

Bei Besprechung der brasilianischen Bergkristalle sei hier noch kurz auf die Einschlüsse, die sich häufig darin finden, hingewiesen.

Die am meisten vorkommenden Einschlüsse sind Rutilnadeln und zwar von außerordentlicher Feinheit. Teils liegen dieselben einzeln in dem Kristall zerstreut, teils sind sie zu Büscheln zusammengewachsen oder sie treten in einzelnen parallelen Gruppen auf, die sich oft mehrfach unter einem Winkel von 60° schneiden.

In einem Stück angeschliffenen Bergkristall befindet sich außer einer Anzahl Rutilnadeln ein rhomboedrisches Carbonat, wahrscheinlich Dolomit. Dieser rhomboedrische Kristall ist ca. 1 cm groß, besitzt Basisflächen und ist ein Zwillingkristall nach der Basis. Es macht fast den Eindruck, als ob das Rhomboeder in der Quarzmasse schwimmt und durch feine Rutilnadelchen gestützt wird.

c) Bergkristall aus Indien.

Vier Kristalle aus Indien, ohne näheren Fundort (von Herrn GÖRLITZ in Idar erhalten), scheinen ihrem Äußeren nach ziemlich einfach zu sein. Sie sind 2—4 cm lang, ungefähr

ebenso dick und im Innern wasserklar, außen matt und weiß, die Flächen sind mehr oder weniger matt und rauh.

Kristall I zeigt an Flächen das sechsseitige Prisma, das Hauptrhomboider r , vom Nebenrhomboider z sind nur 2 Flächen ausgebildet.

Kristall II und III sind ebenfalls von dem sechsseitigen Prisma und dem Hauptrhomboider r begrenzt; bei III ist außerdem eine z -Fläche ausgebildet, an Kristall II nur die drei Flächen von r , z fehlt hier gänzlich.

Kristall IV gibt schon äußerlich seinen Zwillingsbau durch einspringende Winkel zu erkennen (Rose's Zwillingsgesetz 1, a , α). Von den beiden aneinander gewachsenen Kristallen ist der eine zu $\frac{2}{3}$, der andere nur zur Hälfte ausgebildet; während der erstere nur das Hauptrhomboider zeigt, sind bei dem zweiten auch die Nebenrhomboider vorhanden und der eine ist gegen den anderen so gedreht, daß sein Hauptrhomboider dem Nebenrhomboider des anderen parallel ist. Der Kristall war $3\frac{1}{2}$ cm lang und 2 cm dick, die seltene Verwachsung ist daher vortrefflich zu erkennen.

Kristall IV ist also schon äußerlich als Zwilling zu erkennen, die drei anderen Kristalle hingegen scheinen einfache zu sein, nichts deutet auf eine Zwillingsbildung, weder Trapezflächen, matte und glänzende Stellen, einspringende Winkel, noch verschieden gerichtete Ätzfiguren sind wahrzunehmen.

Die optische Untersuchung von Platten $\perp c$ zeigt dagegen, daß hier bei allen Kristallen Zwillingsbildung vorliegt, und zwar aus Rechts- und Linksquarz, an einzelnen Stellen sogar verwickelt. Das Auffallende und Eigentümliche hierbei sind Linien, die sich von den Prismenkanten nach der Mitte hinziehen, so daß die Platten in sechs Dreiecke geteilt werden, ähnlich wie die dem Haupt- und Nebenrhomboider entsprechenden Sektoren beim Amethyst. Auf Taf. VI und VII sind die Platten im parallelen polarisierten Licht bei gekreuzten Nicols photographisch wiedergegeben, es treten die einzelnen Sektoren hier nur nicht so deutlich hervor, wie es im Polarisationsinstrument zu beobachten ist.

Eine genauere Beobachtung der Platten im parallelen polarisierten Licht zeigt, daß zwei Individuen aus Rechts-

und Linksquarz hier so durcheinander gewachsen sind, daß jeder Kristall in drei Teile geteilt ist und Teile des einen durch Teile des anderen Kristalls getrennt sind, ähnlich wie ROSE ein Durcheinanderwachsen zweier gleichdrehenden Individuen beschreibt (ROSE's Zwillingsgesetz 1, b). Die Verwachsung ist allerdings nicht ganz regelmäßig, so daß Teile des einen in Teile des anderen Kristalls hinübergreifen, die Grenzen liegen aber ungefähr an den Prismenkanten, ähnlich wieder wie beim Amethyst.

Kristall IV zeigt, wie schon erwähnt, eine weitere Zwillingsbildung, indem zwei Kristalle aus Rechts- und Linksquarz wiederum verzwillingt sind, und zwar so, daß ihre Hauptachsen sich parallel sind, und der eine Kristall gegen den anderen um 60° oder 180° gedreht ist. Die Kristalle I—III haben die Hauptachse gemeinsam.

Im konvergenten polarisierten Licht beobachten wir nach der Mitte der einzelnen Sektoren hin Zirkularpolarisation, an den Verwachsungsstellen hingegen sind das schwarze Kreuz der Einachsigkeit, wie auch die AIRY'schen Spiralen wahrzunehmen. Wir haben mithin Rechts- und Linksquarz für sich gesondert in der Mitte der Sektoren, an den Verwachsungsstellen tritt eine innige Mischung wie auch Überlagerung größerer Lamellen von Rechts- und Linksquarz auf. An einzelnen Stellen zeigt das Interferenzbild weitere Störungen, indem sich die Ringe deformieren und das schwarze Kreuz sich öffnet.

Die Untersuchung auf Pyroelektrizität ergab, daß alle vier Kristalle sehr große elektrische Erregung äußern, besonders auf den unteren angeschnittenen basischen Flächen des Kristalls. Die pyroelektrische Erregung auf den herausgeschnittenen basischen Platten ist viel geringer, und ist es daher von Vorteil, nicht diese, sondern die angeschliffenen Flächen an den Kristallen zu bestäuben. Die Verteilung von Schwefel und Mennige ist dieselbe, wie auf den Platten, nur ganz bedeutend schöner und feiner.

Auf Taf. VIII Fig. 1—4 sind die Kristalle mit den elektrischen Zonen gezeichnet. Auf den basischen Platten fällt zunächst der dreistrahlige gelbe Stern auf, besonders schön bei Fig. 2 und 3. Zwischen den Ästen dieses Sternes tritt

die rote Farbe größtenteils hervor, die die drei Sektoren fast vollständig ausfüllt.

Ein Vergleich dieser Zeichnung mit den Platten im parallelen polarisierten Licht zeigt, daß die Verteilung von positiver und negativer Elektrizität vollkommen mit der von Rechts- und Linksquarz übereinstimmt.

Die Verteilung der Elektrizität auf den Flächen der Kristalle ist weiter auch von den bisher beobachteten verschieden. Die größte elektrische Erregung tritt nicht auf den Prismenkanten, sondern auf den Flächen auf, und zwar so, daß sich die Verteilung von rot und gelb von der basischen Fläche aus über die Prismenflächen bis auf die Rhomboederflächen resp. -kanten hin erstreckt. Da die Verlängerung der drei Polkanten des Hauptrhomboiders fast über die Mitte der drei Prismenflächen geht, die Gelbfärbung zeigen, so müßten diese Polkanten demnach gelb sein, was mit dem Versuch übereinstimmt.

Eine eigentümliche Beobachtung ist noch die, daß bei Kristall I und II die Gelbfärbung mit Rechtsdrehung, die Rotfärbung mit Linksdrehung übereinstimmt, während es sich bei den beiden anderen Kristallen gerade umgekehrt verhält. Gelbfärbung tritt hier bei Linksquarz, Rotfärbung bei Rechtsquarz auf. Alle Kristalle stimmen aber darin überein, daß stets in den Sektoren unter dem Hauptrhomboider Rotfärbung, also negative Elektrizität auftritt, unbeschadet darum, ob hier gerade Rechts- oder Linksquarz vorliegt.

Wie schon erwähnt, deuten diese indischen Kristalle schon durch die Einteilung in sechs Sektoren eine dem Amethyst ähnliche Struktur an. Die Verteilung der Elektrizitäten bestätigt dies noch. Ein Vergleich der von v. KOLENKO an Amethystplatten gefundenen elektrischen Verteilung mit unseren Platten zeigt, daß das Bild ein durchaus ähnliches ist.

Zum Schluß dieses Abschnitts seien noch einige Kristalle verschiedener Fundorte erwähnt, die im allgemeinen nicht viel neues bieten.

Kristalle aus der Schweiz sind meist einfach gebildet oder Zwillinge gleichdrehender Substanz. Ein Kristall aus Striegau war ein Zwilling aus Rechts- und Linksquarz.

Einige Kristalle aus Butzbach in Hessen sind schmutzig, gelb und undurchsichtig. An Flächen sind nur die beiden Rhomboeder vorhanden, darunter Bruchflächen, die die festungsartige Streifung zeigen parallel den Rhomboedern. Die Kristalle sind sehr verwickelte Zwillinge aus Rechts- und Linksquarz.

d) Amethyst.

Außer den beschriebenen Bergkristallen wurden schließlich noch einige Amethyste aus Brasilien und Uruguay einer Untersuchung unterzogen, die ebenfalls R. BRAUNS von Oberstein und Idar mitgebracht hat, zunächst eine 48×25 cm große Amethyststufe aus Brasilien. Die einzelnen Kristalle sind 2—4 cm dick und von besonderem Glanz; aus über 100 solcher Kristalle ist die Stufe zusammengesetzt. An Flächen sind nur die Rhomboeder vorhanden, die Prismen treten wegen der Verwachsung der einzelnen Kristalle nicht hervor. Eine basische Platte eines solchen Amethystkristalls zeigt, daß die gewöhnlich geradlinige Amethyststruktur hier gerundet erscheint. In Fig. 1 auf Taf. IV ist die Platte im parallelen polarisierten Licht wiedergegeben.

Während die Kristalle dieser Stufe alle glänzend sind, zeigen einige andere brasilianische Amethyste auf den Hauptrhomboederflächen die eigenartige Amethyststruktur, unzählige feine Linien gehen den Polkanten parallel, so wie es schon QUENSTEDT abgebildet hat.

Andere, kleinere Amethyststufen aus Brasilien, mit dunkelvioletten, bis zu 1 cm dicken Kristallen lassen eine Zwillingbildung durch matte und glänzende Stellen auf den Rhomboederflächen, entsprechend dem Gesetz 1a, β nach G. ROSE erkennen. Der Unterschied der beiden Flächenteile ist sehr deutlich und auf allen Flächen wahrzunehmen, an ein mattes Feld auf der einen Fläche stößt ein glänzendes Feld auf der benachbarten Fläche, eine bei Amethyst sehr seltene Verwachsung. Die optische Struktur ist nicht die dem Amethyst eigene, sondern ähnlich den der oben beschriebenen indischen Kristalle, von drei abwechselnden Randkanten laufen einander parallele, zu den Randkanten senkrechte Streifen in den Kristall hinein.

An klaren, hellvioletten Amethystkristallen einer anderen

Stufe aus Brasilien treten wieder rechts und links unter der großen, glänzenden Rhomboederfläche Trapezoederflächen auf, die zusammen ein Skalenoeder bilden und den p. 66 beschriebenen Kristallen hierin gleichen, nur sind alle Rhomboederflächen glänzend und neben r ist z vorhanden. Andere Kristalle derselben Stufe sind Durchkreuzungszwillinge, an denen aus den Flächen r des einen Individuums die Ecken, bisweilen mit z , des anderen Individuums herausragen, auch hier sind beide Trapezflächen unter r vorhanden. Optisch stimmen diese Kristalle mit den zuletzt genannten sehr nahe überein, aber eine Beziehung zwischen den Trapezflächen und den optischen Grenzen läßt sich nicht erkennen. Da aber immerhin Links- und Rechtsquarz hier verwachsen ist, läßt sich nicht entscheiden, ob das Auftreten der Trapezflächen hiermit in Beziehung steht oder nicht.

Von Interesse ist noch der Amethyst aus Uruguay. Die Kristalle sind an beiden Enden ausgebildet, das Prisma ist sehr schmal, außer diesem und den Rhomboederflächen ist auch die Rhombenfläche vorhanden, die sonst an Amethyst kaum vorkommt, alle Flächen sind außerordentlich glänzend. Die Farbe ist dunkelrötlich violett, das Pigment ist ungleichmäßig im Kristall verteilt. Eine im parallelen polarisierten Licht untersuchte Platte eines solchen Kristalls zeigt, daß der Kristall vollständig einfachdrehend, zirkularpolarisierend, wie Bergkristall ist, worauf schon R. BRAUNS in seinem Mineralreich p. 272 hingewiesen hat. Von Amethyststruktur oder überhaupt von einer Verwachsung von Rechts- und Linksquarz ist nichts zu bemerken. Die Kristalle sind reich an Einschlüssen von Rutil und wahrscheinlich Eisenglanz und Goethit.

III. Zusammenfassung.

Die im vorigen Abschnitt an Quarzkristallen gemachten Beobachtungen bieten uns in mancher Hinsicht Neues und von dem bisher Beobachteten Abweichendes. Besonders die natürlichen Ätzfiguren spielen hierbei eine große Rolle; ihre Form und Lage sowohl wie ihr Auftreten auf gewissen Flächen weicht von den Beobachtungen früherer Forscher erheblich ab.

Treten bei Quarzkristallen Trapezflächen auf, so sind wir nach dem ROSE'schen Gesetz imstande, aus ihrer Lage in bezug auf die Hauptrhomboederflächen den Sinn der Drehung zu bestimmen. Vorbedingung ist dabei nur, daß wir das Hauptrhomboeder von dem Nebenrhomboeder richtig unterscheiden, und dies ist in vielen Fällen nicht so leicht. Gewöhnlich betrachtet man die größer ausgebildete Rhomboederfläche als die des Hauptrhomboeders, doch daß dies nicht immer richtig, zeigen uns viele Beispiele, so herrscht bei den oben beschriebenen Citrinen das Nebenrhomboeder vor dem Hauptrhomboeder in vielen Fällen vor.

Man ist ferner geneigt, das Rhomboeder, unter dem Trapezflächen auftreten, als das Hauptrhomboeder anzusehen und bestimmt danach den Sinn der Drehung. Daß diese Annahme zu einem falschen Resultat führen kann, sehen wir an den Kristallen, die negative Trapezflächen allein, unter z liegend, besitzen.

Die Lage der natürlichen Ätzfiguren hingegen gibt uns den Sinn der Drehung stets richtig an. Ist die Längsachse der Figur von unten links nach oben rechts gerichtet, so haben wir Rechtsquarz, im entgegengesetzten Falle, also von unten rechts nach oben links, Linksquarz.

Die Form der beobachteten Ätzfiguren ist zweierlei Art: erstens die auf Taf. IX Fig. 1 und dann die in Fig. 4 Taf. IX abgebildete. Die letztere Art, schuppenartig mit gerundeten Flächen und an der Spitze abgestumpft, tritt auf den Trapezflächen auf, während die erste Art mit linienartiger Verlängerung stets auf den spitzen Rhomboederflächen liegt, die sich unter dem Nebenrhomboeder befinden. Dies stete Auftreten dieser Art Ätzfiguren auf den Rhomboederflächen unter dem Nebenrhomboeder gibt uns daher eine sichere Handhabe zur Bestimmung von r und z . Wir können sagen: die Rhomboederflächen, unter denen Ätzfiguren mit linienartiger Verlängerung auftreten, sind stets z -Flächen.

MOLENGRAAF und andere Forscher haben ähnliche Ätzfiguren auf Prismenflächen beobachtet. Ich habe auf keiner Prismenfläche natürliche Ätzfiguren beobachten können und möchte deshalb annehmen, daß diese Flächen irrtümlicherweise für Prismenflächen gehalten sind, während es in Wirklichkeit

sehr spitze Rhomboeder sind. Ob nun diese Flächen wirkliche Kristallflächen oder ob es vielleicht Korrosionsflächen sind, läßt sich nicht bestimmt sagen. Die Wahrscheinlichkeit, daß es Korrosionsflächen sind, liegt allerdings nahe, doch ist dann auffallend, daß diese Flächen stets in einer scharfen Kante an die Prismenflächen grenzen.

Die Behauptung MOLENGRAAF's, daß stets da, wo natürliche Ätzfiguren auftreten, die Prismenkanten geätzt sind, ja sogar stets Korrosionsflächen auftreten, kann ich nicht bestätigen. An keinem Kristall habe ich diese Flächen beobachten können; wenn auch einzelne Prismenkanten etwas zerstört sind, so habe ich doch an den meisten Kristallen tadellose Kanten feststellen können, die auch nicht eine Spur von Veränderung zeigten.

Da die Form und Richtung sowie das Auftreten der von mir beobachteten Ätzfiguren mit den Angaben MOLENGRAAF's nicht übereinstimmt, auch keine Übereinstimmung mit den Ätzfiguren zeigen, die er künstlich durch kohlen-saure Alkalien erzeugte, so kann man die Richtigkeit des Satzes, daß die in der Natur auftretenden Ätzfiguren durch kohlen-saure Alkalien entstanden sind, aus den von MOLENGRAAF angeführten Gründen nicht ohne weiteres allgemein anerkennen.

Die pyroelektrischen Versuche von v. KOLENKO habe ich im allgemeinen bestätigt gefunden. Die Prismenkanten, die Rhomben- oder Trapezflächen tragen, werden negativ elektrisch, und wenn man beim Vorhandensein natürlicher Ätzfiguren in der oben angegebenen Weise die Rhomboeder bestimmt hat, so kann man den Sinn der Drehung bestimmen. Zwillingskristalle zeigen unregelmäßige elektrische Verteilung, sehr komplizierte, in denen eine innige Mischung von Rechts- und Linksquarz vorhanden ist, zeigen keine elektrische Erregung.

Die Quarzkristalle sind in sehr vielen, wenn nicht in den meisten Fällen Zwillinge, und zwar von sehr einfacher bis zur kompliziertesten Bildung. Die brasilianischen Kristalle sind besonders kompliziert gebaut, vollständig einfache Kristalle gehören hier schon zu den Seltenheiten. Ausgezeichnet sind ferner die brasilianischen Kristalle durch das häufige

Auftreten natürlicher Ätzfiguren, sowie durch die Einschlüsse, die wir sehr oft in ihnen antreffen.

Beim Amethyst ist festungsartige sogenannte Amethyststruktur nicht ausnahmslos vorhanden. Es gibt Amethyst, der sehr viel einfacher ist, ja sogar welchen, der überhaupt einfachdrehend ist, wie der von Uruguay, während es anderseits Bergkristall gibt, der sich in seinem Bau dem gewöhnlichen Amethyst sehr nähert.

Die wichtigsten Ergebnisse der vorstehenden Untersuchungen können wir in folgende Sätze zusammenfassen:

1. Ein negatives Trapezoeder kann auch allein ohne ein positives Trapezoeder auftreten (p. 58).

2. Aus der Lage der Trapezflächen, sowie aus der Bestimmung der negativen Prismenkante kann der Sinn der Drehung erst dann richtig erkannt werden, wenn die beiden Rhomboeder richtig bestimmt sind.

3. Letzteres wird ermöglicht durch das Auftreten natürlicher Ätzfiguren auf spitzen Rhomboedern, die stets unter dem Nebenrhomboeder liegen (p. 64).

4. Die Richtung der natürlichen Ätzfiguren gibt an den untersuchten Kristallen ein sicheres Zeichen für den Sinn der Drehung. Ist die Längsachse der Ätzfiguren von unten links nach oben rechts gerichtet, so haben wir Rechtsquarz, im entgegengesetzten Falle Linksquarz (p. 58).

5. Natürliche Ätzfiguren treten auf Trapez- und spitzen Rhomboederflächen auf; die Form derselben ist verschieden (p. 60).

6. Die festungsartige, gewöhnlich einfach mit Amethyststruktur bezeichnete Zwillingsbildung, ist beim Amethyst nicht ausnahmslos vorhanden. Amethyst aus Uruguay ist optisch einheitlich (p. 73).

7. Die pyroelektrische Erregung ist an dem Kristall größer als an dem aus ihm geschnittenen Platten. Kompliziert gebaute Zwillinge zeigen keine elektrische Erregung.

Zum Schluß sei es mir gestattet, meinem hochverehrten Lehrer Herrn Prof. Dr. R. BRAUNS, auf dessen Veranlassung hin die vorliegende Untersuchung angestellt wurde, für die allseitige Unterstützung bei derselben, sowie für die Beschaffung und gütige Überlassung des Materials meinen wärmsten Dank auszusprechen.

Mineralogisches Institut der Universität Kiel.

Tafelerklärungen.

Tafel II.

Fig. 1 u. 2. Zwei Platten $\perp c$ aus einem brasilianischen Kristall mit innerer Schichtung und sehr komplizierter Zwillingbildung aus Rechts- und Linksquarz; dem unteren Ende entnommen. Nic. +. Vergr. $3\frac{1}{2}$ fach. p. 62.

Tafel III.

Fig. 1 u. 2. Zwei Platten aus demselben Kristall wie die auf Taf. I abgebildeten, weiter nach der Spitze zu dem Kristall entnommen. Nic. +. Vergr. $2\frac{1}{2}$ fach. p. 62.

Tafel IV.

Fig. 1. Brasilianischer Amethyst. Platte $\perp c$, Nic. +. Vergr. 2fach.
 „ 2. Brasilianischer Bergkristall. Platte $\perp c$, Nic. +. Zwillingbildung aus Rechts- und Linksquarz. Vergr. 2fach. p. 64.

Tafel V.

Fig. 1 u. 2. Ebenfalls zwei brasilianische Bergkristallplatten $\perp c$. Zwillinge aus Rechts- und Linksquarz. Nic. +. Vergr. $1\frac{1}{2}$ fach. p. 64.

Tafel VI und VII.

Vier indische Bergkristallplatten geschnitten $\perp c$ aus vier verschiedenen Kristallen. Zeigen alle sehr komplizierten Zwillingbau aus Rechts- und Linksquarz. Nic. +. Vergr. der Figuren 1 auf beiden Tafeln ist 3fach, der Figuren 2 ist 2fach. p. 69.

Tafel VIII.

Fig. 1—4. Elektrische Zonen beim Erwärmen auf ca. $55-60^\circ$. Es sind vier indische Kristalle. Die Platten auf Taf. V und VI entsprechen in derselben Reihenfolge diesen Kristallen. p. 70.

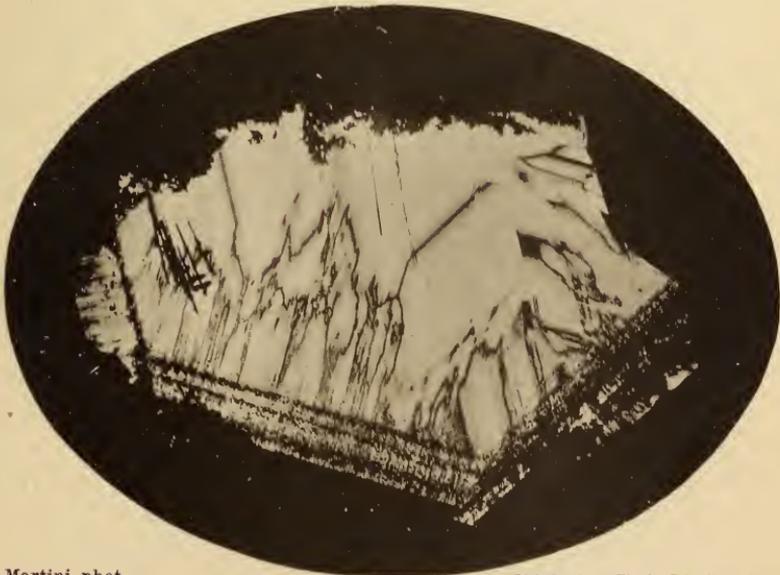
Tafel IX.

Fig. 1. Form der Ätzfiguren auf den steilen Rhomboederflächen, Fig. 4 Form der Ätzfiguren auf den Trapezflächen. Fig. 2 u. 3 linker und rechter Bergkristall aus Brasilien mit negativem Trapezoeder. Fig. 5 u. 6 Bergkristallplatte aus Brasilien, Zwilling aus zwei gleichdrehenden Kristallen; Fig. 6 mit künstlichen Ätzfiguren bedeckt.

Fig. 1.



Fig. 2.



J. Martini phot.

Lichtdruck v. Eberh. Schreiber, Stuttgart.

Bergkristall aus Brasilien.

Martini: Beiträge zur Kenntnis des Quarzes.

Fig. 1.

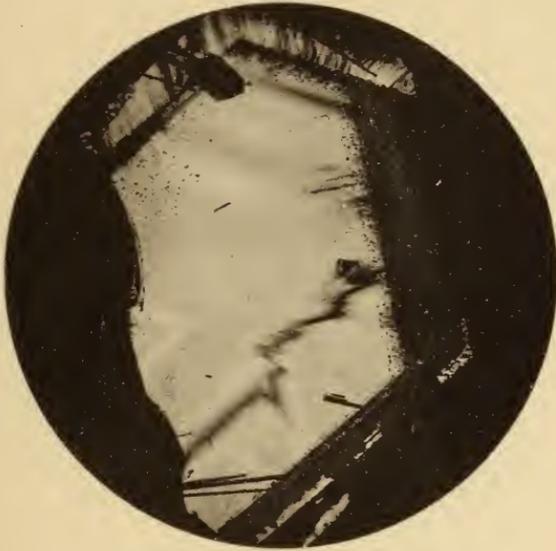
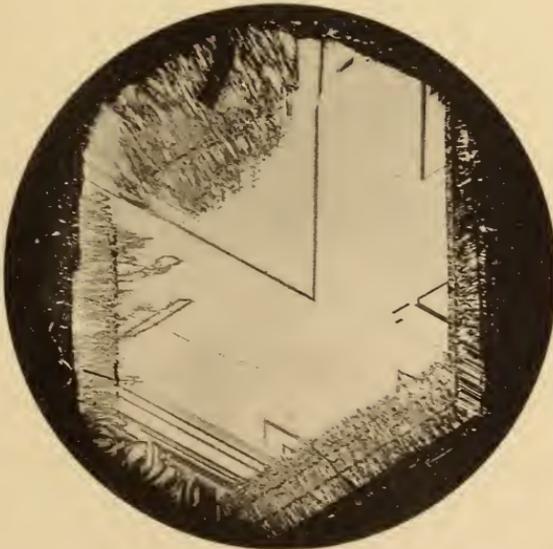


Fig. 2.



J. Martini phot.

Lichtdruck v. Eberh. Schreiber, Stuttgart.

Bergkristall aus Brasilien.

Martini: Beiträge zur Kenntnis des Quarzes.

Fig. 1.

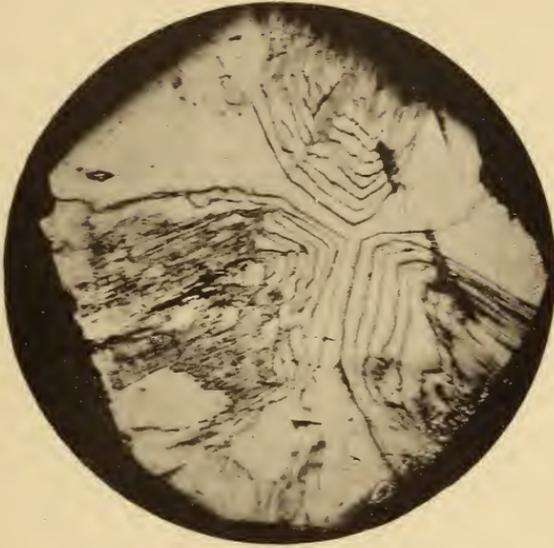


Fig. 2.



J. Martini phot.

Lichtdruck v. Eberh. Schreiber, Stuttgart.

Amethyst und Bergkristall aus Brasilien.

Martini: Beiträge zur Kenntnis des Quarzes.

Fig. 1.

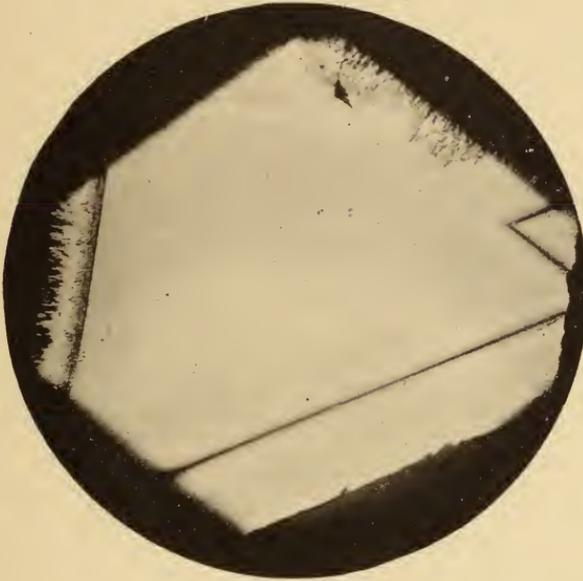
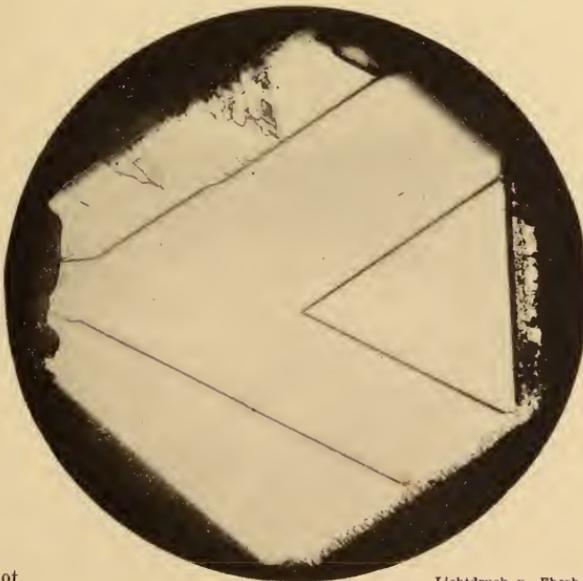


Fig. 2.



J. Martini phot.

Lichtdruck v. Eberh. Schreiber. Stuttgart.

Bergkristall aus Brasilien.

Martini: Beiträge zur Kenntnis des Quarzes.

Fig. 1.

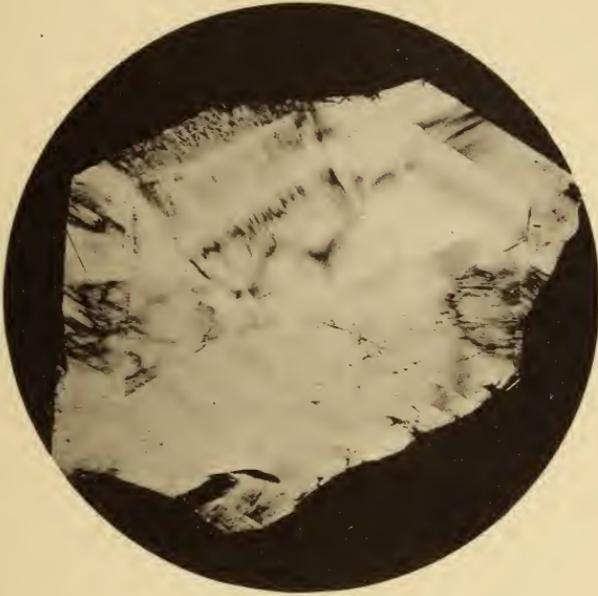


Fig. 2.



J. Martini phot.

Lichtdruck v. Eherh. Schreiber, Stuttgart.

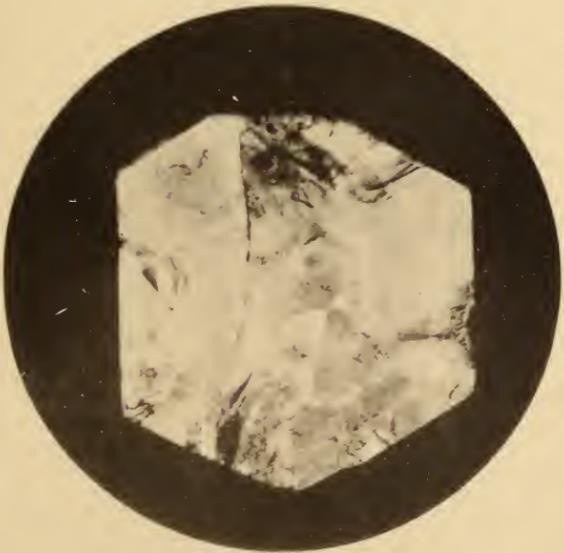
Bergkristall aus Indien.

Martini: Beiträge zur Kenntnis des Quarzes.

Fig. 1.



Fig. 2.



J. Martini phot.

Lichtdruck v. Eberh. Schreiber, Stuttgart.

Bergkristall aus Indien.

Martini: Beiträge zur Kenntnis des Quarzes.

Fig. 2.

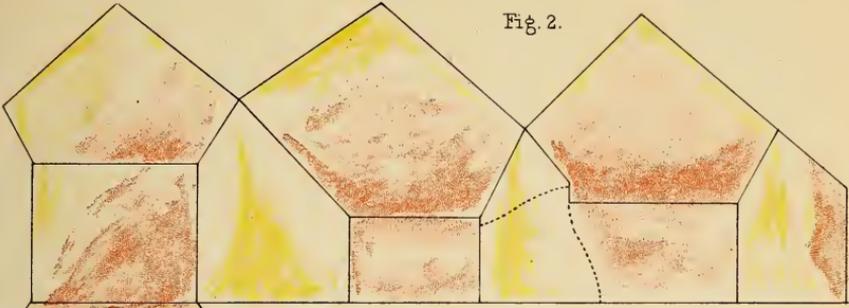


Fig. 1.

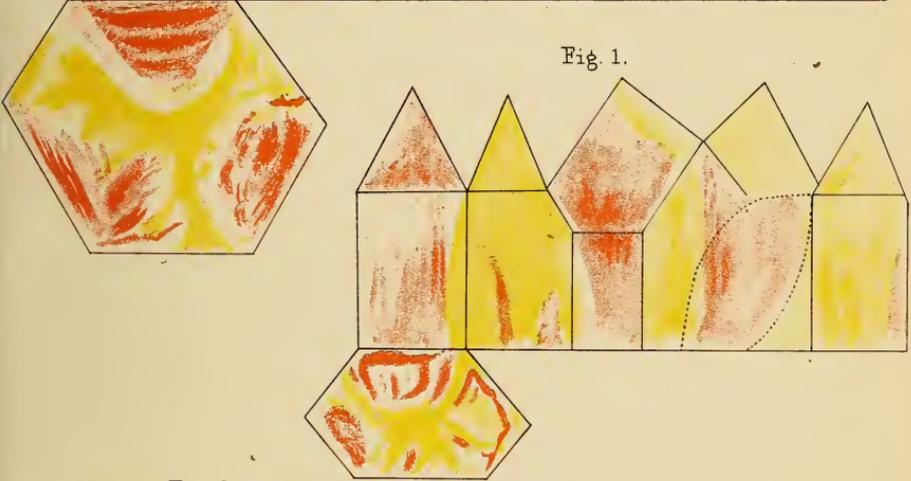


Fig. 3.

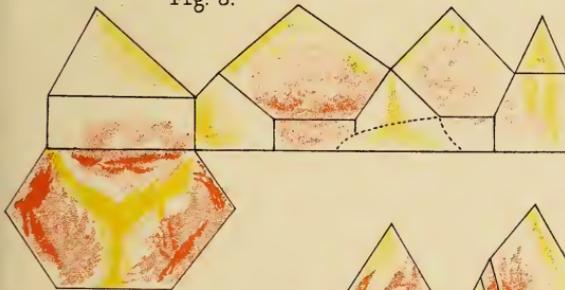


Fig. 4.



J. Martini gez.

Wlh. C. Rübsamen, Stuttgart.

Elektr. Zonen an indischem Bergkrystall.

Martini: Beiträge zur Kenntnis des Quarzes.

Fig. 2.

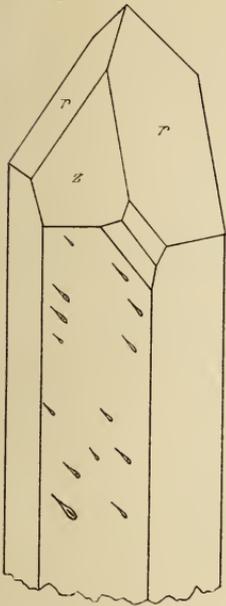


Fig. 3.

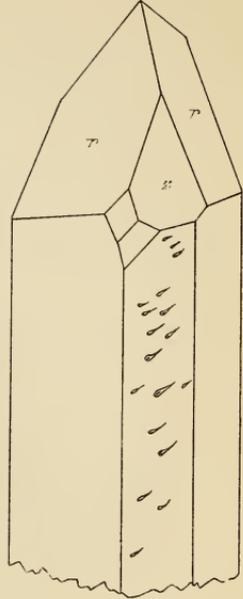
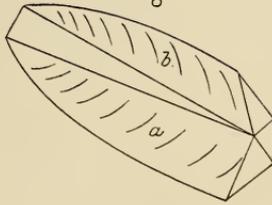


Fig. 4.



Linker Krystall.

2:1 n. Gr.

Rechter Krystall.

2:1 n. Gr.

Fig. 1.

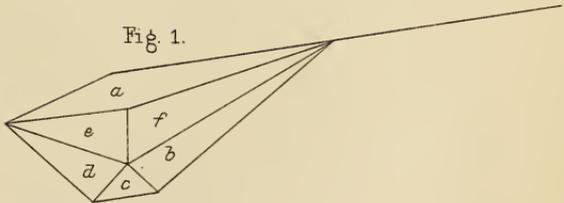


Fig. 5.

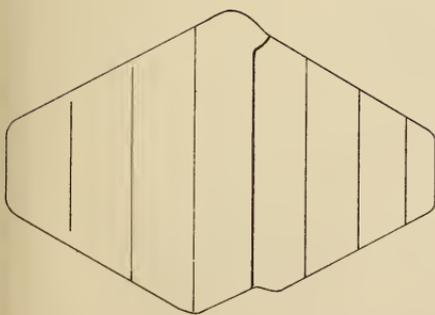
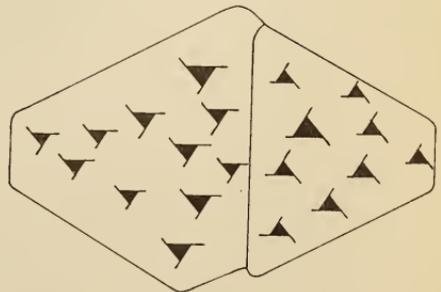


Fig. 6.



ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Neues Jahrbuch für Mineralogie, Geologie und Paläontologie](#)

Jahr/Year: 1905

Band/Volume: [1905_2](#)

Autor(en)/Author(s): Martini Johann

Artikel/Article: [Beiträge zur Kenntnis des Quarzes. 43-78](#)