II. Opaleszierender Quarz.

Von

Ernst Kalkowsky in Dresden.

(Hierzu Taf. III.)

I. Opaleszierender Quarz.

Das Wesen der Abart Milchquarz ist in neuerer Zeit in Lehrbüchern und in vielen Abhandlungen völlig verkannt worden, denn »milchweißer«, »schneeweißer« Quarz ist nicht ohne weiteres als Milchquarz zu bezeichnen. Die alten Mineralogen nannten Milchquarz einen stark durchscheinenden bis durchsichtigen Quarz von dem Aussehen des Wassers, in dem wenige Tropfen Milch verrührt sind. Reinsten Milchquarz ist frei von Einschlüssen und bietet auch unter dem Mikroskop keinerlei fremde Einlagerungen dar, während der milch- oder schneeweiße Quarz von Flüssigkeits- oder Gaseinschlüssen strotzt.

Der reine Milchquarz opalesziert, er zeigt das Tyndallphänomen: ein durch eine Linse einfallender Kegel von starkem Licht hebt sich von dem nur allgemein beleuchteten Teil heller ab. Die Opaleszenz kann sehr verschieden stark sein bis hinab zur Wahrnehmbarkeit nur vor dunkeltem Hintergrund. Kräftig »milchiger« Quarz erscheint im durchfallenden Licht gelblich-bräunlich. Die Ursache der Opaleszenz des Quarzes sind wesentlich hypomikroskopische (ultramikroskopische) Dinge. Der Milchquarz kann aber auch so viel Flüssigkeits- bis Gaseinschlüsse enthalten, daß er dadurch undurchsichtig, milch- oder schneeweiß wird; dieser soll in folgendem als weißer Milchquarz bezeichnet werden. Es bedarf besonderer Untersuchung, um zu entscheiden, ob ein weißer, spätiger Quarz, von dem man wirklich nichts Besonderes erwarten sollte, noch opaleszierende Substanz hat, oder ob gemeiner Quarz, d. h. durch Flüssigkeitseinschlüsse usw. getrübt Bergkrystall vorliegt. Da jedoch aller opaleszierende Quarz in größerer Menge nur in pegmatitischen Massen auftritt, so ist schon dadurch einigermaßen eine Anleitung zur Bestimmung weißen Quarzes als opaleszierend gegeben, falls nebenher auch reiner Milchquarz vorhanden ist.

Der opaleszierende Quarz ist farblos oder gefärbt, rauchquarzähnlich und bläulich etwa in den Farbentönen, wie sie bei Coelestin und Anhydrit vorkommen; die alten Mineralogen haben den bläulichen Milchquarz z. T. schon als Blauquarz bezeichnet. Die vornehmste, wenn man den Ausdruck gebrauchen darf, Abart des opaleszierenden Quarzes ist der von Werner als Abart eingeführte Rosenquarz. Milchquarz und Rosenquarz gehörten früher zu einer Einheit zusammen, und das ist in der Tat das Richtige. Es finden sich alle Abstufungen vom farblosen Milchquarz bis zum tiefroten Rosenquarz; wenn eine einige Millimeter dicke völlig durchsichtige Platte ganz farblos erscheint, kann ein Handstück desselben Vorkommens doch deutlich einen zarten rosaroten Ton zeigen. Es tritt ja auch der Rosenquarz meist in einzelnen Partien im farblosen (weißen) Quarz auf, der dann immer auch opaleszierender Quarz ist. Der Rosenquarz geht andererseits auch in Blauquarz über, und es finden sich Stücke mit einem Stich ins Bläuliche, wie auch wieder andere mit einem Stich ins Gelbliche; kräftig bräunlichrot ist er nur ausnahmsweise einmal.

Freie Krystalle von Milchquarz und von Rosenquarz gibt es nicht; die als solche angeführten Krystalle von Vurcha, Vorderindien, und aus Ungarn sind nicht opaleszierender Rosenquarz, sondern anderswie gefärbt, wie auch der sogenannte Rosenquarz von Långbanshytta in Wermland, Schweden, winzigen Partikeln von Mangansilikaten seine Färbung verdankt. Mir liegt nur ein einziges Stück von Rosenquarz vor, von der Langen Wand bei Iglaue in Mähren, das eine größere Prismenfläche mit Streifung aufweist, so daß daraus orientierte Platten leicht geschnitten werden konnten. Es mag erlaubt sein, hier eine Beobachtung von Hunger in Passau vom Jahre 1795¹⁾ wörtlich wiederzugeben: »Obwohl ich schon mehr als tausend Stücke des bey Rabenstein brechenden Quarzes mit vieler Aufmerksamkeit betrachtet habe, so traf ich doch unter diesen allen nur erst ein einziges mit einer kleinen Höhlung an, worinn sich dieses Fossil zu Krystallen gebildet hatte. Diese sind meist sehr kleine sechsseitige Pyramiden, deren sich einige auch in eine Schärfe endigen, und zeigen da, wo sie aufsitzen, Anfänge zu sechsseitigen Säulen. Ihre äußere Oberfläche ist glatt, wenig glänzend, und von gelblich grauer Farbe, nur in frischen Bruche konnte ich bey einem verletzten Krystalle ein äußerst schwaches Rosenroth bemerken, welches sich aber (wie diess der Fall bey dem Muttergesteine zum Theil selbst ist) schon sehr stark ins weißlich Graue zieht«.

Erscheinungen, die im ultramikroskopischen Apparat an Krystallen von Rauchquarz aus Drusen im Granit zu beobachten sind, sollen hier nicht geschildert werden.

¹⁾ Neue Schriften der Gesellschaft Naturforschender Freunde zu Berlin I. Bd., S. 187.

Die meist sehr großen Körner von opaleszierendem Quarz sind optisch homogen, ohne Verzwillingung; ob sie rechts- oder linksdrehend sind, kommt für die vorliegende Untersuchung nicht in Betracht. Der Rosenquarz kann eine Felderteilung im großen aufweisen, auch Spindelstruktur kann er besitzen, wodurch die zu besprechenden Erscheinungen nur unbedeutend beeinflusst werden; dagegen gehören Pegmatitquarze mit starken sogenannten Pressungserscheinungen nicht zu den opaleszierenden.

Für die Untersuchung geeignetes, möglichst tadelloses Material zu erhalten, hat Mühe gekostet, und ich spreche allen, die mich dabei freundlich unterstützt haben, meinen verbindlichen Dank aus. Schöner Milchquarz, Blauquarz und Rauchquarz sind recht selten, von Rosenquarz aber ist es gelungen, mindestens 43 authentische Vorkommnisse zusammenzubringen. Es mag gleich bemerkt werden, daß es ganz unmöglich ist, die Herkunft irgendeines Stückes Rosenquarz nach dem Aussehen sicher zu bestimmen; auch die ultramikroskopische Untersuchung ergibt keine sicheren Merkmale. Es wurden 192 verschiedene Nummern von Pegmatitquarz von ungefähr 100 Fundpunkten untersucht; für die Arbeit lagen vor eine Anzahl von Dünnschliffen, 263 polierte dickere Platten, Parallelepipede und Würfel, die im mineralogischen und geologischen Institut der Technischen Hochschule angefertigt wurden, mehrere krystallographisch orientierte Zylinder, von Dr. Steeg und Reuter in Bad Homburg hergestellt, und 106 auserwählte Kugeln von 10 mm Durchmesser bis zu einer sehr schönen Kugel von dunklem Rosenquarz von 111 mm Durchmesser im Königlichen mineralogischen Museum in Dresden. Von einzelnen untersuchten Vorkommnissen soll das Nötigste am Ende der vorliegenden Abhandlung mitgeteilt werden; sonst kann die Darstellung meist allgemein gehalten werden. Von allem opaleszierenden Quarz ist aber doch der Rosenquarz der beste für Untersuchung im Seitenlicht, die allein imstande ist, die äußeren Erscheinungen, die opaleszierender Quarz zeigt, zu erklären. Die Ursachen der Opaleszenz sind auch die des Asterismus und der Lichtpole.

II. Asterismus.

Die seit alters als Asterismus bezeichnete Lichterscheinung wird durch Reflexion und Beugung einfallenden Lichtes an Dingen irgendwelcher Art, die krystallographisch geordnet in ihrem Wirte stecken, hervorgerufen. Die Zahl der Asterstrahlen hängt also ab von dem Aufbau des Wirtes aus Krystallmolekeln, und deshalb gehört zum Asterismus auch das Auftreten nur eines »Lichtkreises«, wie er auf Kugeln von brasilischem Aquamarin und Turmalin infolge hohler Röhren erscheint, die der Hauptaxe parallel verlaufen. Winzige Spältchen in einer Spaltungsplatte von klarem Gips erzeugen um eine kleine Lichtquelle einen vierstrahligen Stern mit schieferm Winkel; Zwillingslamellen in einem Plagioklas ergeben einen Strahl; Spindel-

struktur im Rosenquarz verstärkt den einen Strahl des sechsstrahligen Sterns; Flüssigkeitseinschlüsse in der Form des Wirtes erzeugen Asterismus im Apatit des Floitentaies, im Kalkspat von Auerbach an der Bergstraße, im Knistersalz von Wieliczka und selten im Pegmatitquarz. Für mineralische Einlagerungen sind Sternsapphir (der »Asterstein«) und Glimmer aus Kanada die altbekannten Beispiele. In einem regulären Mineral wie Granat aber müssen gleichzeitig mehrere Schnittpunkte von Lichtkreisen vorhanden sein: hier nur von »Lichtkreisen« zu sprechen und die alte Bezeichnung »Asterismus« ganz zu unterdrücken, dürfte nicht nötig sein.

Hypomikroskopische (ultramikroskopische) nadelförmige Dinge, die ich Asteriten nenne, sind es, die den Asterismus des opaleszierenden Quarzes hervorrufen; auch im Mondstein und im klaren Cordierit von Ceylon habe ich sie gefunden, doch werde ich die Untersuchung dieser Mineralien nicht durchführen.

Gewöhnlich spricht man beim Sternsapphir und beim kanadischen Glimmer einfach von Asterismus und beobachtet ihn doch das eine Mal nur im auffallenden, das andere Mal nur im durchfallenden Licht. Es erscheint zweckmäßig, wie es sich im folgenden genauer ergeben wird, im Ausdruck zu unterscheiden zwischen Asterismus im auffallenden Licht, episkopischem Asterismus oder kurz Epasterismus und Asterismus im durchfallenden Licht, diaskopischem Asterismus oder kurz Diasterismus; die Lichtsterne sollen darnach als Epaster und Diaster bezeichnet werden; die einzelnen Lichtstreifen sind die Asterstrahlen. Die Unterscheidung erscheint besonders deshalb nötig zu sein, weil sich manche Erscheinungen im durchfallenden Lichte anders darbieten als im auffallenden. Auf einer Halbkugel von wenig schönem Sternsapphir erscheint als Epaster ein kurzarmiger Stern, während eine dünne Platte davon als Diaster sechs Strahlen zeigt, die erst eine Strecke vom Mittelpunkt entfernt anfangen. Schöner Sternsapphir zeigt übrigens durchaus drei volle »Lichtkreise« auf einer Kugel.

Der Epaster ist auf Kugeln oder mugeligen Körpern irgendwelcher Form zu beobachten, aber auch in allen Fällen auf ebenen Flächen, was bisher übersehen worden zu sein scheint. Hält man eine Platte von kanadischem Glimmer möglichst dicht ans Auge und läßt dabei das Licht von hinten her am Kopfe nahe vorbei auffallen, so sieht man den zwölfstrahligen Stern ebenso schön wie im auffallenden Licht. Bei der Beobachtung eines Epasters auf ebener Fläche werden die Strahlen breiter mit der zunehmenden Entfernung der Fläche vom Auge. Andererseits zeigt ein durch Biegung gekrümmtes Blatt von kanadischem Glimmer wenigstens Teile des Epasters bei Beobachtung aus einiger Entfernung.

Wegen größerer Lichtstärke, besserer Ausnutzung der Lichtquelle, ist am Diaster meist mehr zu beobachten als am Epaster; es treten gekrümmte Asterstrahlen auf bis zu geschlossenen Kurven, und alle Strahlen gehen

durch die Lichtquelle, auch beim regulären Granat. Die »Lichtkreise« aber sind in Wirklichkeit zunächst Lichtebenen, die sich nur beim Epaster oft nicht weit in das Innere erstrecken können, während sie beim Diaster stets durch das ganze Stück hindurchgehen.

Polyaster mag die Erscheinung eines vielstrahligen Sternes (mit 28—32 Strahlen in einem Quadranten) im durchfallenden Licht genannt werden.

Die Breite der Asterstrahlen ist abhängig von dem Durchmesser der Lichtquelle; doch ist zu beachten, daß die Breite der Asterstrahlen stets größer ist als der Winkeldurchmesser der Lichtquelle: dieser beträgt bei der Sonnenscheibe bei mittlerer Entfernung von der Erde nach Auwers $34^{\circ}59'25''$; auf Rosenquarzkugeln sind im Sonnenlicht die Asterstrahlen über 4° breit.

III. Asterkurven.

In seiner Abhandlung über »Lichtschein bei Granat, Zirkon und Sapphir« gibt R. Brauns¹⁾ an, daß er an dem indischen Granat bei Durchsicht gegen eine Lichtflamme von Asterismus nichts bemerken konnte. Er hat vielleicht nur Dünnschliffe unter Händen gehabt, denn dickere Platten von $\frac{1}{2}$ bis 2 mm Stärke zeigen sehr hellen Diaster, dessen Strahlen im allgemeinen Kurven sind. R. Brauns hat erkannt, daß die den »Lichtschein« erzeugenden »Nädelchen« parallel den vier trigonalen Axen liegen. In einer Platte parallel der Oktaëderfläche steht eine Schar von Nädelchen senkrecht darauf, drei Scharen schneiden sie unter dem Winkel von $19^{\circ}28'46''$: der Diaster zeigt drei sich unter 60° schneidende Strahlen, deren Mittelpunkt von einem Lichthof umgeben ist. In einer Platte parallel der Würfelfläche stehen vier Scharen von Nädelchen je unter $35^{\circ}45'52''$ geneigt: der Diaster zeigt die für den ersten Anblick höchst sonderbare Form von vier flachen Kurven, von denen sich je zwei im Lichtpunkt berühren, während die Tangenten zwischen den beiden Kurvenpaaren senkrecht aufeinander stehen — ein vierstrahliger Stern, dessen Arme sich nach außen zu in je zwei Kurven teilen. In einer Platte parallel der Rhombendodekaëderfläche liegen zwei Scharen von Nädelchen parallel der Fläche und den Kanten der Rhombendodekaëderfläche, zwei andere Scharen stehen unter $54^{\circ}44'8''$ geneigt in der Ebene der kürzeren Diagonale der Rhombendodekaëderfläche: der Diaster besteht aus zwei geraden Strahlen, die sich unter dem Winkel der Rhombendodekaëderkanten schneiden, und aus zwei Kurven, die mit ihren Scheiteln sich berührend im Lichtpunkt den stumpfen Winkel der beiden geraden Strahlen halbieren.

Derart sind die Erscheinungen, wenn man genau senkrecht gegen die Flächen der Platten, in der Richtung der krystallographischen Axen, hin-

1) Neues Jahrbuch für Min. usw. 1907, 1, 43. Ausz. diese Zeitschr. 47, 448.

durchsieht. Bei Neigung der Platten gehen die Strahlensysteme des Diasters der einen Art in die der anderen über, wobei noch weitere Schnittpunkte der Kurven erscheinen. Besonders auffällig ist dabei die Erscheinung in Platten parallel der Oktaëderfläche: der Lichthof löst sich zu einer bei weiterer Neigung immer größer werdenden, allerdings recht lichtschwachen, geschlossenen Kurve auf, die dann schließlich in eine offene, immer heller werdende Kurve übergeht. Die Kurven sind auch bei einfallendem parallelen Licht transzendent; die mathematische Darstellung der Kurvensysteme wird Herr Dr. P. Kämmerer in Dresden mitteilen. Man kann sich in Beziehung auf die »Lichtkreise« des Epasterismus das Verhältnis etwa so vorstellen, daß die »Lichtkreise«, die auf der Kugel erscheinen, bei der Durchsicht durch eine planparallele Platte sich verlegt haben, bis sie durch den Lichtmittelpunkt gehen; dann wird z. B. aus dem Lichtkreis, der von den parallel der trigonalen Axe der betreffenden Oktaëderfläche liegenden Nadelchen erzeugt wird, ein Lichthof um die Lichtquelle.

Diese Diaster sind am indischen Granat lichtstark genug, um sich etwa mit einem photographischen Weitwinkelobjektiv projizieren zu lassen.

Kugeln und Platten von klarem opaleszierendem Quarz, insbesondere von Rosenquarz, zeigen im Diaster Kurven derselben Art wie der Granat; die Gestalt der Kurven wird wohl für Beugungserscheinungen wesentlich dieselbe sein wie für Reflexionserscheinungen; die schwache Doppelbrechung des Quarzes kommt dabei nicht weiter in Betracht, solange es sich nicht um mathematische Linien bei einer strengen und eingehenden mathematischen Behandlung dieser Beugungserscheinungen handelt.

IV. Asterismus des opaleszierenden Quarzes.

Wenn 43 über die ganze Erde verteilte Vorkommnisse von Rosenquarz in allen untersuchten Stücken Asterismus zeigen, dann darf man wohl getrost behaupten, daß Asterismus allgemein bei allen Vorkommnissen auftritt. Ebenso zeigte aber auch jeder untersuchte opaleszierende Quarz, wenn auch in verschiedenem Grade, Asterismus, und zwar nicht etwa nur in ganz klaren Stücken, sondern auch in denen, die durch massenhaft vorhandene Flüssigkeitseinschlüsse bis zur schwachen Durchscheinendheit getrübt sind; in dünnsten Platten findet sich dann schon eine Stelle, wo der Diaster gegen die Sonne oder doch nahe an ihr vorbei oder gegen Bogenlicht blickend zu sehen ist. Die ultramikroskopische Untersuchung erfordert dann manchmal ziemlich beschwerliche Präparation, bis man eine möglichst klare Stelle durch zwei Flächen unter rechtem Winkel getroffen hat. An solchen Stücken muß man sich begnügen, die Anwesenheit der betreffenden Erscheinungen festzustellen, ohne eine eingehendere Untersuchung auszuführen. Da nun von Rosenquarz am leichtesten gutes Material erhältlich ist, so werden die folgenden Angaben, unbeschadet aller

allgemeinen Gültigkeit, sich doch in erster Linie auf Rosenquarz, insbesondere den aus Brasilien, beziehen. Es sei noch betont, daß durchaus alle — ausnahmslos — in Idar aus brasilischem oder anderem Rosenquarz geschliffenen Sachen, Kugeln, mugelige Stücke, Schälchen, Platten, Stücke mit Brillantschnitt, in irgendeiner Weise Asterismus zeigen; nur ist manchmal der Epaster vielleicht gar nicht beobachtbar. Es tritt bei einigen Kugeln, die doch einen kräftigen Tyndallkegel zeigen, ein Epaster nicht auf, wenn die Asteriten zu spärlich oder zu kurz sind, und daß Epaster an Kugeln aus einem durch Flüssigkeitseinschlüsse ganz trüben Stück nicht aufzutreten braucht, ist selbstverständlich.

Diaster aber ist wirklich ausnahmslos an jedem Rosenquarz zu beobachten, und es genügt oft dazu ein in Kanadabalsam zwischen Objektträger und Deckglas eingebettetes winziges Scherbchen. Es genügt reichlich eine planparallele Platte von beliebiger krystallographischer Orientierung, und viele Vorkommnisse zeigen noch im Dünnschliff bei hellstem Licht den Diaster. Sehr dicke planparallele Platten können leicht erkennbare innere Reflexe geben und andererseits den Diaster sehr schwer hervortreten lassen. Für die Herstellung genau orientierter Platten, Würfel und Zylinder muß man von Kugeln ausgehen; Pleochroismus gibt einige Anleitung, die fragliche sogenannte Spaltbarkeit des Quarzes so gut wie gar keine; Krystallflächen aber wird man am Rosenquarz, wie erwähnt, nicht zur Verfügung haben.

Es würde die Untersuchung nicht fördern, wenn man alle Präparate von einer Kugel bis zum Dünnschliff aus einem einzigen größeren Stück herstellen würde, denn Stärke und Art der einzelnen Erscheinungen sind offenbar einem ziemlich starken Wechsel unterworfen. Es muß deshalb auch darauf hingewiesen werden, daß auch alle auf einzelne Vorkommnisse bezügliche Mitteilungen streng genommen nur für die gerade untersuchten Stücke oder gar nur Präparate gelten.

Epaster. Der Epaster auf Kugeln von brasilischem Rosenquarz ist zuerst von V. Goldschmidt in seiner Abhandlung »Über Lichtkreise und Lichtknoten an Krystallkugeln«¹⁾ beschrieben worden. Er tritt ebenso an Kugeln von Rosenquarz anderer Vorkommnisse auf. Es ist jedoch an den Kugeln noch mehr zu beobachten, als V. Goldschmidt an seinem offenbar sehr kümmerlichen Material hat beobachten können.

Jeder einzelne um die Kugel herumlaufende Asterstrahl ist überall gleich lichtstark; die drei Strahlen sind aber bald alle gleich hell, bald sind zwei oder nur einer viel weniger hell. Die Ursache davon ist die Länge und Anzahl der zu je einer Nebenaxe parallel gelagerten Asteriten. Da die Erscheinung des Epasters durch Beugung des einfallenden Lichtes an den Asteriten zustande kommt, so ist die Farbe der Asterstrahlen das Weiß

1) Neues Jahrb. f. Min. usw. 1911, Beil. 81, 220. Ausz. diese Zeitschr. 54, 525.

höherer Ordnung, das nur noch durch die Eigenfarbe des Quarzes verändert werden kann, so daß die Asterstrahlen, mit dem Nicol untersucht, pleochroitisch sein können. Auf dunkelroten Kugeln erscheint der Epaster im gemeinen Sonnenlicht gelblich. Durch Felderteilung des Quarzes können die Asterstrahlen namentlich auf größeren Kugeln mehrfach schwach geknickt erscheinen. Da die Sichtbarkeit des Epasters noch auf Kontrastwirkung beruht, so muß man eine klare Kugel entweder gegen dunkeln Hintergrund beobachten oder zwischen den rötlichen Fingerspitzen; kräftig gefärbte Kugeln zeigen den Epaster heller als schwach gefärbte, weshalb er auch auf Kugeln aus reinem, farblosem Milchquarz oft kaum zu erkennen ist. Möglichst klare Rosenquarkugeln mit kräftigem Tyndallkegel zeigen den Epaster am schönsten.

V. Goldschmidt hat die Erscheinung, daß die Epasterstrahlen über den Kugeln zu schweben scheinen, wenn sie senkrecht zur Ebene der Augen beobachtet werden, durch binokulares Sehen erklärt. Allein die Asterstrahlen sind eben nicht »Lichtkreise« auf der Kugeloberfläche, sondern schmale, ringförmige Brennebenen, die sich weit über die Oberfläche der Kugel erheben. Bei der Beobachtung des Schwebens über der Kugel kommt überdies die Beschaffenheit der Augen des Beobachters in Frage und dann sein Wille, wo er die »Lichtkreise« sehen will. Beobachtet man einen Asterstrahl unter dem Mikroskop bei schwacher Vergrößerung, so findet man leicht, daß man den Tubus von der Fokaldistanz der Oberfläche der Kugel ausgehend heben muß, um die Erscheinung möglichst scharf und hell zu sehen. Auch der Schnittpunkt des Epasters liegt hoch. Bei einer Kugel von 20 mm Durchmesser liegt das Maximum der Helligkeit und Schärfe ungefähr 7 mm über der Kugel; eine genaue, scharfe Messung ist natürlich nicht möglich, ebensowenig die Bestimmung der verschiedenen Höhe der stärksten Helligkeit für ω und ϵ an dem Aquator der Kugel. Die Lichtbeugung geht vor sich an den Asteriten in der Kugel; die aus ihr wieder austretenden Strahlen werden durch die als Linse wirkende Oberfläche der Kugel zu einer Brennebene zusammentreten. Bei einer stereoskopisch-photographischen Aufnahme wird man doch wohl auf das Maximum der Helligkeit einstellen, und dann liegen im Stereoskop die Asterstrahlen erst recht über der Oberfläche der Kugel.

Auch auf dem Sternsapphir liegt das Maximum der Helligkeit und Schärfe über der Oberfläche; schon mit der Lupe sieht man im Schnittpunkt die Strahlen viel schärfer und schmaler zusammentreffen, als es der gewöhnliche Anblick der Sternsapphire zeigt, bei denen sich das polare Gebiet des Epasters noch dadurch mehr verschwommen zeigt, daß hier auch noch ein »Lichtpol« liegt.

Bei genügender Helligkeit der Asterstrahlen und sonstiger geeigneter Beschaffenheit der Kugeln, wie tiefe Färbung, möglichste Freiheit von

Flüssigkeitseinschlüssen, Spaltrissen im Inneren usw., erscheinen die Asterstrahlen nicht nur einfach, sondern es liegen neben dem Hauptstrahl beiderseits zunächst noch zwei Begleiter in der Entfernung von ungefähr $4^{\circ}55'$. Vom Mittelpunkt des Epasters am Pol der Hauptaxe auslaufend, divergieren die Begleiter bis zum Äquator: die Winkelentfernung der Begleiter ist unabhängig von dem Halbmesser der Kugeln und verändert sich nicht bei der Entfernung des Beobachters. Auf einem Zylinder parallel der Hauptaxe liegen natürlich drei helle Linien parallel nebeneinander. Die Höhe des Maximums der Helligkeit der Begleiter ist dieselbe wie die des Hauptstrahles. Da jede Lichtquelle eine Breite hat, so ist die Breite des Hauptstrahles und die ihr wesentlich gleiche Breite der Begleiter größer als die Breite der Lichtquelle, weil auch auf die Asteriten etwas geneigt auffallende Strahlen Beugungserscheinungen hervorrufen, wie weiter unten besprochen werden wird. Der Hauptstrahl nimmt im Querschnitt nach außen nach unserer subjektiven Empfindung schnell an Helligkeit ab; es folgt auf ihn nach außen ein Streifen viel geringerer Helligkeit und dann erst der Begleiter, dessen Helligkeit aber stets viel geringer ist als die des Hauptstrahles. Beide Begleiter sind stets gleich hell, und ihre Helligkeit fällt nach außen schnell ab.

Es scheint, daß bei Anwesenheit von langen Asteriten beim Fehlen von ultramikroskopischem »Staub« die Begleiter in sonst »klarem« Rosenquarz am besten hervortreten. Die Erscheinung ist oft mit bloßem Auge leicht zu beobachten; auf der großen Kugel von 111 mm Durchmesser im Königlich-mineralogischen Museum in Dresden sind die Begleiter im Sonnenlicht sozusagen handgreiflich. Auf dieser Kugel erscheinen nun aber noch an günstigen Stellen, tiefrotem Hintergrund, in sehr hellem Sonnenlicht und vielleicht nur für sehr lichtempfindliche Augen zwei zweite Begleiter, die auch noch einige Male im Epaster auf ebenen Flächen wahrgenommen werden konnten. Ihre Entfernung von den ersten Begleitern beträgt ungefähr 10° ; genauere Messungen sind mir allerdings nicht möglich gewesen.

Die ersten Begleiter sind selbständig; deckt man den Hauptstrahl und den einen Begleiter ab, so bleibt der andere Begleiter unverändert. Die ersten Begleiter sind auch im Diaster oft vorhanden und leicht zu beobachten. Besondere Scharen von Asteriten, die die ersten und zweiten Begleiter erzeugen könnten, sind nicht vorhanden, und die Ursache dieser Erscheinung ist mir völlig unbekannt geblieben; auch alle Bemühungen, durch Abänderung der Beleuchtung oder der Beobachtung zu einer Erkenntnis zu gelangen, waren völlig ergebnislos.

Auf einigen, meist größeren Kugeln von 30—40 mm Durchmesser konnten noch andere Asterstrahlen beobachtet werden. Zwei Kugeln von 37,5 mm und von 20 mm Durchmesser zeigen deutlichsten einen, wenn auch lichtschwachen, vollen Äquatorkreis; ihm entspricht eine Schar von Asteriten

parallel der Hauptaxe. Mehrfach wurden »Lichtkreise« gesehen, die durch je zwei benachbarte Lichtpole (Lichtknoten Goldschmidts) {1072} oder je zwei zunächst liegende Lichtpole {1071} und dann durch die entsprechenden Pole {1070} gehen; ihnen werden, wie weiter unten gezeigt wird, wieder andere Scharen von Asteriten zugehören. Nur einmal konnte um einen Lichtpol {1072} ein kleiner, ziemlich lichtschwacher sechsstrahliger Stern gesehen werden, am besten noch mit der Lupe bei hellster Sonne, dessen Strahlen natürlich zweimal den Winkel von $64^{\circ}0'55''$ miteinander bilden müssen. Selten wurden auch noch andere Asterstrahlen stückweise gesehen, deren Lage jedoch nicht mit Sicherheit festgestellt werden konnte. Wenn vielleicht theoretisch auch alle diese anderen Asterstrahlen Begleiter haben müßten, so ist doch davon bei der Lichtschwäche der Erscheinung nichts zu sehen. Es mag bemerkt werden, daß niemals ein zwölfstrahliger Epaster um die Hauptaxe gesehen wurde, obwohl von dem Vorhandensein von Asteritenscharen parallel den Zwischenaxen zu berichten sein wird, und obwohl ein zwölfstrahliger Diaster nicht selten ist. Eine solche ideale Kugel, die alle »Lichtkreise« von krystallographisch verschiedener Lage auf einmal deutlich zeigte, liegt nicht vor und wird wohl auch niemals hergestellt werden.

Auf jeder an einem nicht zu trüben Rosenquarzstück angeschliffenen und polierten ebenen Fläche ist mindestens ein Asterstrahl, natürlich nur des Epasters um die Hauptaxe, bei der angegebenen Art der Beobachtung, zu sehen. Liegt die Fläche genau senkrecht zur Hauptaxe, dann erscheint das Bild der Sonne im Mittelpunkt des sechsstrahligen Epasters, bei schiefer Lage außerhalb des Mittelpunktes. In anderen Lagen erscheinen Kurven wie beim Diaster. Mit der Entfernung des beobachtenden Auges von der Fläche werden die Asterstrahlen breiter, wobei dann eine etwa vorhandene Felderteilung des Quarzes mit scharfen Grenzen hervortreten kann, bis schließlich ein großer Teil der ebenen Fläche geradezu metallisch schimmert.

Diaster. Klarste Kugeln von Rosenquarz, gegen eine starke Lichtquelle (Sonne oder Bogenlicht, aber auch schon kleine elektrische Taschenlampe) in Sehferne oder mit einer Lupe nahe am Auge gehalten, zeigen die Erscheinungen des Diasters, namentlich die beständige Veränderung der Lichtlinier beim Drehen der Kugel; da aber eine kleine Drehung die Gestalt der Asterstrahlen schon stark beeinflußt, so ist diese Art der Beobachtung des Diasters wenig günstig. Man kann den Diasterismus an allen planparallelen, keilförmigen und gekrümmten Platten durchaus aller opaleszierender Quarze, nötigenfalls nur bei der besten Dicke von 3—6 mm, bei genügend starker Lichtquelle und an Stellen, die möglichst wenig Flüssigkeitseinschlüsse enthalten, beobachten. Bei der Anwesenheit weniger und locker liegender Asteriten kann der Diaster gelegentlich auch zu lichtschwach für die direkte Beobachtung sein, und die Zahl der Asterstrahlen hängt auch

insofern von der geeigneten Dicke der Platte ab, als dickere Platten lichtschwächere Strahlen nicht durchlassen. Je größer die benutzbare Fläche der Platte ist, um so weiter erstrecken sich die Asterstrahlen, und man braucht deshalb eigentlich nie geradezu in die Lichtquelle zu sehen. Ein Würfel mit den drei Flächen {0004}, {10 $\bar{1}$ 0} und {11 $\bar{2}$ 0} läßt die Beobachtung in den drei in Frage kommenden Hauptrichtungen zu.

Durch {0004} erscheint ein sechsstrahliger Diaster mit gleich oder ungleich hellen Strahlen; um den Mittelpunkt ist bisweilen ein ganz schwacher Lichthof zu sehen, wenn man seine Aufmerksamkeit besonders darauf richtet. Gelegentlich werden die Winkel dieses Hauptdiasters halbiert durch drei weitere Strahlen, auf denen beim Bewegen der Platte helle Flecke hin und her bis durch den Mittelpunkt hindurch schießen können, Flecke, die den später zu besprechenden Lichtpolen {11 $\bar{2}$ 1} entsprechen. Man kann also durch {0004} auch einen zwölfstrahligen Diaster zu sehen bekommen.

Durch {10 $\bar{1}$ 0} sieht man einen geraden Strahl parallel der Hauptaxe und zwei Kurven, die den geraden Strahl im Lichtpunkt tangieren und breiter sind als der gerade Strahl. Gekrümmte Asterstrahlen sind breiter als gerade infolge nicht senkrechten Auffalls des Lichtes auf die Asteriten. Bei einer geringen Neigung der Platte schneiden sich die drei Strahlen in einem weiteren Punkte.

Durch {11 $\bar{2}$ 0} erscheinen zwei Kurven, die sich im Lichtpunkt berühren, und ein breiter Lichthof um den Lichtpunkt. Neigt man die Platte ein klein wenig, so öffnet sich alsbald der Lichthof zu einer geschlossenen Kurve, die bei weiterer geeigneter Neigung sich weiter öffnet und dann zu einer seitlichen Kurve wird, wie sie durch {10 $\bar{1}$ 0} erscheint. Bei verschiedener Neigung gehen eben die Lichterscheinungen sich stetig verändernd ineinander über. Da der Übergang des Diasters durch die Basis bis zu denen durch die Prismenflächen auf einer Strecke von 90° erfolgt, der Übergang des Diasters durch das erste Prisma zu dem durch das zweite Prisma aber auf einer Strecke von nur 30°, so bekommt man durch eine Platte von beliebiger Orientierung zumeist einen irgendwie geformten sechsstrahligen Diaster zu sehen.

Die zu besprechenden Lichtpole liegen (falls sie überhaupt vorhanden sind) als helle Flecke auf den Diasterstrahlen. Nur an einer einzigen Kugel aus Rosenquarz von 98 mm Durchmesser, die mir zur kurzen Untersuchung zur Verfügung stand, lagen die Lichtpole auf Zonenkreisen, die mit den Asterstrahlen kleine Winkel, und zwar zwei rechts, einer links von ihnen, bildeten; doch ist das nur eine offenbar sehr seltene Unregelmäßigkeit, die nicht weiter beachtet werden kann.

Asterkurven haben oft je nach ihrer Stellung schwache Spektralsäume. Helle Hauptasterstrahlen zeigen die ersten Begleiter nicht selten sehr hell und deutlich, die zweiten Begleiter aber gelang es nicht im Diaster zu beob-

achten. Ein Nicol vor der Platte bringt die Asterstrahlen zum Erlöschen, wenn seine Schwingungsebene senkrecht steht gegen die Asteriten, die den betreffenden Diasterstrahl erzeugen; durch die Platte hindurch aber dringt nur durch den Nicol nicht auslöschbares Licht, wenn nicht polarisiertes Licht einfiel. Die Diasterstrahlen leuchten ebenfalls im Weiß höherer Ordnung.

Entsprechend den oben erwähnten Asterstrahlen, »Lichtkreisen«, auf Kugeln durch die Pole {10 $\overline{1}$ 0} (Äquatorkreis) und durch {10 $\overline{1}$ 2} und {10 $\overline{1}$ 1} erscheinen nun im Diaster nicht nur brasilischer, sondern auch anderer Rosenquarze und auch farbloser Milchquarze usw. noch andere Strahlen, z. T. in großer Anzahl. Es ist ungemein schwer, diese lichtschwachen geraden oder gekrümmten Strahlen zur Bestimmung ihrer Lage etwa durch die den Lichtpolen entsprechenden Lichtflecke zu verfolgen; es wurden z. B. mehrfach bis acht verschiedene Kurven beobachtet, die sich in einem Punkte abseits vom Lichtpunkt (Lichtquelle) schneiden. Die Aufgabe wird namentlich dadurch erschwert, daß nicht alle krystallographisch gleichwertigen Asterstrahlen zugleich und gleich lichtstark vorhanden sind oder sein müssen. Die Entzifferung der Lage dieser Kurven ist aber wohl nur eine wenig bedeutungsvolle und doch sehr mühsame mathematische Aufgabe etwa auf Grund einer immerhin auch schwer herstellbaren Zeichnung. Wenn aber in planparallelen Platten sowohl von Milchquarz wie von Rosenquarz Polyaster mit 28 bis 32 gezählten Strahlen in einem Quadranten des Diasters und zwar als gerade Linien und als offene und geschlossene Kurven sichtbar werden, die dabei meist noch sehr lichtschwach sind, so hört einfach jede Möglichkeit der Bestimmung ihres krystallographischen Wertes auf; wahrscheinlich aber stecken in einem solchen Polyaster auch »wilde« Strahlen, die nicht durch Asteriten erzeugt werden, sondern durch mikroskopisch sichtbare Nadeln und andere Dinge.

V. Lichtpole des opaleszierenden Quarzes.

V. Goldschmidt hat in seiner erwähnten Abhandlung zuerst auch die von ihm als Lichtknoten bezeichneten Erscheinungen beobachtet und beschrieben und ihre Ursache geahnt, aber nicht gesehen. Überdies ist auch hierfür sein Material unzureichend gewesen. Es ist doch sicherlich eine der interessantesten Erscheinungen in dem Reich der Mineralien, daß auf Kugeln nicht nur Zonenkreise, sondern auch Flächenpole zu sehen sind. Allein nicht nur, daß gelegentlich noch mehr Zonenkreise zu sehen sind, als Goldschmidt angeben konnte, die Zahl der Pole auf mehreren Dutzend meiner Kugeln beträgt 48, und auf drei oder vier Kugeln gar 50. Man fixiert auf einer Kugel einen solchen »Lichtknoten«, Lichtpol, durch einen Tintenpunkt da, wo bei der richtigen Stellung das Bildchen der Sonne, der Lichtquelle, und der Lichtpol auf dieselbe Stelle der Oberfläche zu-

sammenfallen. Dann hat man auf der Kugel die krystallographisch richtige Projektion der Flächen zu den Lichtpolen. Mögen sich die Lichtpole auch beim Drehen und Wenden der Kugel verschieben, da sie durch Spiegelung erzeugt werden, sie sind und bleiben die Pole der Licht zurückwerfenden Scharen von »Miculiten«, der Scharen einander paralleler ebener Kleinspiegel in krystallographischer Stellung. Ich halte es deshalb für zweckmäßig, diese Erscheinungen kurz Lichtpole zu nennen. Goldschmidt gibt schon an, daß die »Lichtknoten« sich als Lichtschwänze in das Innere fortsetzen; daß sie aber an Kometenschwänze erinnern, das kann ich wirklich nicht zugeben, denn diese »Lichtschwänze« sind in Wirklichkeit spitze Lichtkegel. Die »Lichtkreise«, die Epasterstrahlen, gehen in die Kugeln hinein, soweit der Grad der Klarheit es zuläßt, und die zugehörigen Brennpflächen ragen über die Kugeln weit hinaus: die Lichtpole setzen sich von der Oberfläche als spitze Lichtkegel in das Innere der Kugeln fort, soweit sie nur können, womöglich ganz hindurch. Die halbe Oberfläche der Kugel wirkt als Linse für die in sie eindringenden Strahlen; zur Beobachtung gelangt nur das spitze Bündel der in der Kugel konvergierenden Strahlen, die jeweils von den Scharen der Kleinspiegel, den Miculiten, zurückgeworfen ins Auge gelangen. Diese Lichtkegel können durch Konzentration des Sonnenlichtes durch eine Linse noch verstärkt werden, während in den von Lichtpolen leeren Gebieten die Linse nur einen Tyndallkegel erzeugt an allerlei ultramikroskopischen Dingen. Hält man eine klare Rosenquarkugel mit der Ebene eines starken Epasterstrahles senkrecht gegen die Sonnenstrahlen, so erscheint die vordere, der Sonne zugekehrte Halbkugel dunkel, die hintere aber heller durch den von der ganzen vorderen Halbkugel als Linse hervorgerufenen Tyndallkegel. Weitere Aufhellungen gehen dabei noch von den anderen Epasterebenen aus. Diese Wirkungen der Kugel als Linse zeigen sich auch dadurch, daß alle Lichtpole (und selbstverständlich auch der Epaster) verschwinden, wenn man eine Kugel mit Monobromnaphthalin übergießt.

Schon mit bloßem Auge und schon sehr deutlich mit einer Lupe sieht man im Sonnenlicht in klaren Kugeln, daß die Lichtpole und Lichtkegel eine große Menge flimmernder Lichtpunkte enthalten, die in dieser Stellung also auch der mikroskopischen Untersuchung zugänglich sein müssen. Auf mehreren Dutzend meiner Kugeln treten 48 Lichtpole auf; auf der großen dunkelroten Kugel im Königlichen mineralogischen Museum erscheinen sie mit weißer Farbe, während die Epasterstrahlen gelblich sind.

Die 48 Lichtpole sind nun die je 12 Lichtpole {10 $\bar{1}$ 2} und {10 $\bar{1}$ 1} durchaus ohne jeden Unterschied zwischen positiven und negativen Rhomboëderflächen, und die sechs Lichtpole {10 $\bar{1}$ 0}, die bereits Goldschmidt angegeben und ihrer Lage nach durch Messungen bestimmt hat; ferner aber noch die zwölf Lichtpole {11 $\bar{2}$ 1}, bestimmt durch ihre Lage in Zonen

und in Zwölfzahl erscheinend, weil eine trigonale Bipyramide sechs im Raume verschieden gerichtete Flächen hat, von denen jede zwei Lichtpole, in direkter und in inverser Richtung, ergibt; endlich noch sechs Lichtpole $\{11\bar{2}0\}$, die stets sehr lichtschwach sind und meist nur beim Hin- und Herwenden der Kugel gefunden werden können; seltener sind sie ziemlich lichtstark. An drei oder vier brasilischen Rosenquarkugeln kommen dazu noch zwei Lichtpole $\{0001\}$, die sich unzweifelhaft ebenso darbieten, wie die anderen Lichtpole; vereinzelte Flitterchen sieht man übrigens mehrfach an Kugeln im Pol der Basis aufleuchten.

Die Lichtpole werden erzeugt durch die einander parallel liegenden Kleinspiegel, Miculiten, die also 24 (oder 25) Strukturebenen, Einlagerungsebenen, »innere Krystallflächen« des Quarzes anzeigen, die zentrisch (bis auf die eine) um die Hauptaxe angeordnet sind. In wenigen aus kalifornischem Rosenquarz für mich hergestellten Kugeln treten nur die Lichtpole $\{10\bar{1}2\}$, $\{10\bar{1}1\}$ und $\{10\bar{1}0\}$ auf; auf Kugeln aus Rosenquarz von Antsirabé, Madagaskar, erscheinen nur die Lichtpole $\{10\bar{1}1\}$, $\{10\bar{1}0\}$ und $\{11\bar{2}1\}$; daß das Fehlen der anderen Lichtpole für diese Vorkommnisse charakteristisch sei, darf aber noch nicht behauptet werden. Kugeln aus farblosem Milchquarz von Frathau bei Bodenmais im Bayrischen Wald zeigen meist vereinzelte Lichtpole, z. T. aber auch recht lichtstarke. Im Diaster sind in vielen opaleszierenden Quarzen die Lichtpole aufzufinden; es liegen dann die von den steil gegen die Basis geneigten, parallel $\{11\bar{2}1\}$ liegenden Miculiten durch Reflexion erzeugten Lichtflecke, die bei der Bewegung einer Platte, wie erwähnt, hin und her schießen, auf den Asterstrahlen näher an dem Pol $\{0001\}$, dem Kreuzungspunkte der Epasterstrahlen, als die Lichtflecke, die durch Spiegelung an Ebenen $\{10\bar{1}1\}$, und diese noch näher als die durch Spiegelung an den Ebenen $\{10\bar{1}2\}$ entstehenden; die Lichtpole $\{10\bar{1}0\}$ und $\{11\bar{2}0\}$ können im Diaster einer Platte parallel der Basis nicht als Lichtflecke in Erscheinung treten, weil sie eben den durchfallenden Lichtstrahlen parallel liegen.

Die Miculiten sind plagiomikroskopische Dinge, die nur im Seitenlicht, nicht im durchfallenden Licht unter dem Mikroskop zu sehen sind; sie erzeugen Reflexions- und Diffraktionserscheinungen. Unter dem Mikroskop sieht man orthomikroskopische Dinge im durchfallenden Licht, die bei genügender Größe entweder durch Farbe oder durch Lichtbrechung von der Masse, in der sie liegen, sich unterscheiden; plagiomikroskopisch sollen diejenigen Dinge genannt werden, die bei Beleuchtung durch seitlich (plagios heißt seitlich, nicht etwa bloß schief) einfallendes Licht wenigstens ihre Gestalt erkennen lassen, weil sie noch groß genug sind; hypomikroskopisch¹⁾ sind schon die eigentlichen sogenannten ultramikroskopischen

4) Zur Vermeidung der vox hybrida ultramikroskopisch.

Dinge genannt worden, die wie die Asteriten sich nur durch Beugungserscheinungen zu erkennen geben; amikroskopisch endlich sind die Dinge genannt worden, die auch im Ultramikroskop nicht sichtbar werden.

VI. Orthomikroskopische Nadelchen im opaleszierenden Quarz.

Asterismus des Quarzes ist zuerst von E. Cohen beobachtet und auf die Einlagerung von Nadelchen zurückgeführt worden. Dann hat R. Brauns in einem kurzen Zusatz zu der erwähnten Abhandlung von V. Goldschmidt in brasilischem Rosenquarz feinste Nadelchen beobachtet: »sie sind, soweit festzustellen, nach drei Richtungen angeordnet, aber viel feiner und weniger zahlreich als die im Granat«.

Diese Nadelchen gehören durchaus zu den leicht zu beobachtenden Einlagerungen im Quarz, die bei geneigter Stellung im Dünnschliff die gewöhnliche Lichtzerstreuung durch Beugung aufweisen: scharf einstellbar ist dann natürlich nur eine kleine Strecke der Nadelchen, während sich der Rest als divergierende Strahlenbündel in Interferenzfarben darbietet. Die Worte von R. Brauns: »sie erscheinen häufig wie gedrillt, dies ist aber nur eine optische Täuschung« sind nicht glücklich gewählt.

In Dünnschliffen nach der Basis des Quarzes zeigen die Nadelchen bei geeigneter Beleuchtung zweierlei gegeneinander senkrecht polarisierte Beugungsbilder (Becke's Lichtlinien); sie löschen gerade aus und haben höhere Brechungsexponenten als der Quarz. Ihre Länge ist sehr verschieden; in einem wahrscheinlich brasilischen Rosenquarz erreichen sie eine Länge von 5 mm; die Form ihres Querschnittes ist nicht erkennbar, auch dann nicht, wenn sie verhältnismäßig dick sind, wie in einem Rosenquarz von Ceylon. Nicht selten kommt es vor, daß sie in eine Anzahl von Gliedern, nacheinander liegende Stückchen, die durch Quarzsubstanz voneinander getrennt sind, zerteilt sind, eine Erscheinung, die ja bei Mikrolithen, wie z. B. denen im Labrador, nicht selten ist. Die Nadelchen sind selten gekrümmt, aber öfters sind sie zweimal geknickt mit einem in bezug auf die Längsrichtung der Nadelchen schief stehenden Stückchen; oder sie sind nur einmal geknickt, d. h. es stoßen zwei Nadelchen unter einem sehr stumpfen Winkel zusammen. Häufiger noch ist die Erscheinung, daß zwei Nadelchen unter ganz spitzem Winkel zusammenstoßen, was den Eindruck macht, als teilte sich das Nadelchen. Endlich sind noch Büschel, stachelige Häufchen solcher Nadelchen zu erwähnen, z. B. im weißen Milchquarz vom Coreovado bei Rio de Janeiro. In einem Schriftgranit von Bodenmais wurden die Nadelchen aus dem Quarz in Feldspat hineinragend beobachtet. In wenig wertvollen Mondsteinen von Ceylon stecken sie in großer Menge.

Mineralogisch sind die Nadelchen noch nicht zu bestimmen gewesen; die chemische Analyse eines Stückchens Rosenquarz von Ceylon, das von solchen Nadelchen strotzte, ergab kein sicheres Resultat; zu genauerer

Analyse aber fehlte es an dem dazu nötigen reichlichen Material. Wohl kaum gehören die Nadelchen zur Amphibolgruppe; die Nadelchen im Prasem sind oft stark gekrümmt, sie zeigen nicht die Knickung, sie stoßen nicht unter spitzem Winkel aneinander. Die Nadelchen schlankweg für Apatit zu halten, ist auch nicht erlaubt. Sind sie vielleicht Turmalin?

Diese Nadelchen können in allergrößter Menge vorhanden sein, strotzen kann der Quarz von ihnen, und solche Quarze scheinen es zu sein, die den längst beobachteten Fettglanz aufweisen. Meist sind die Nadelchen nur in bescheidener Anzahl vorhanden; wenn aber in einem großen Dünnschliff von Rosenquarz, der noch deutlichen Diaster zeigt, ihrer mit Mühe und Not nur etwa ein halbes Dutzend aufzufinden ist, dann können sie es nicht sein, die den Asterismus hervorrufen, während sie andererseits in Menge vorhanden sein können, ohne daß der Quarz auch nur eine Spur von normalem Asterismus zeigt. Wohl aber wird manchmal der erwähnte Polyaster z. T. durch sie hervorgerufen, wenn sie in gewaltiger Menge vorhanden sind wie im Ceylon- und Coreovado-Quarz.

Die Nadelchen sind meist in Schwärmen, Wolken bildend, verteilt; wohl die meisten liegen im Quarz ohne krystallographische Orientierung, andere dagegen sicher auch parallel den Asteriten-Scharen, in welchem Falle sie die durch letztere hervorgerufene Erscheinung des Asterismus verstärken. Da die Nadelchen doch augenscheinlich etwas »älter« sind als ihr Wirt, der Quarz, so ist es wohl möglich, daß sie durch die Krystallmolekeln des Quarzes in bestimmte Stellung gezwungen sind.

VII. Asteriten.

Die hypomikroskopischen Asteriten sind in allen opaleszierenden Quarzen vorhanden und im Seitenlicht leicht zu beobachten; ihre genauere Untersuchung war allerdings doch mit einigen Schwierigkeiten verknüpft. Die hypomikroskopischen Dinge liegen in gegebener Menge in einem Quarzpräparat; eine weitere Verteilung, wie z. B. bei einer kolloiden Goldlösung durch Verdünnung, ist nicht möglich; sie sind angeordnet nach krystallographischen Richtungen ihres Wirtes, der doppelbrechend ist und überdies noch zirkularpolarisierend; die Dünnschliffe lassen sich nicht so dünn machen, wie eine Flüssigkeit da liegen kann; Spalten und Flüssigkeitseinschlüsse heben oft die Möglichkeit der Beobachtung auf. Glücklicherweise liegen sie wenigstens im Krystall still, und man kann sie durch geeignete Präparate dazu zwingen, sich untersuchen zu lassen.

Die Asteriten im Quarz werden unter dem Mikroskop sichtbar, wenn man möglichst nahe an der Kante von zwei zueinander senkrechten Flächen auf die senkrecht auf dem geneigten Mikroskoptisch stehende Fläche parallel der anderen Fläche die Spitze eines Lichtkegels durch eine Linse von der Sonne oder von sonstigem sehr starken Licht einfallen läßt, sobald zunächst

einmal die Asteriten wenigstens annähernd parallel der Kante des Quarzstückes liegen. Durch einen schmalen Spalt vor der Beleuchtungslinse kann man in einfachster Weise eine senkrecht gegen die Axe des Mikroskopes dünne einfallende Lichtplatte erzielen. Zur einfachen Demonstration der Asteriten genügt dies, die Mühe, daß man etwa der Sonne nachrücken muß, ist gering. Auch bei sehr schiefer Lage der senkrechten Fläche des Quarzstückes gegen das einfallende Licht können die Asteriten zum Vorschein kommen, und zwar ihrer oft mehrere Systeme auf einmal. Es ist übrigens durchaus nicht nötig, den Flächen des Präparates eine besonders gute Politur zu geben. Dr. Steeg und Reuter in Bad Homburg haben eine kleine Vorrichtung mit drehbarem Rosenquarzzylinder und Beleuchtungslinse geliefert, die nur auf dem Mikroskoptisch angeklemt und gegen die Sonne gerichtet zu werden braucht, um die Asteriten zu zeigen.

Die Sichtbarmachung der Asteriten durch die Paraboloidbeleuchtung, die für die Untersuchung von Dünnschliffen allein angewandt werden kann, ist im allgemeinen nicht zu empfehlen, schon wegen des störenden Einflusses der rauhen Oberfläche der Dünnschliffe. Das Paraboloid kann übrigens an mineralogischen Mikroskopen völlig ersetzt werden durch eine stark konvergentes Licht gebende Beleuchtungslinse, auf deren konvexe Seite man in der Mitte ein Scheibchen schwarzen Kartons geklebt hat. Bei Paraboloidbeleuchtung ergibt eine genügend dünne Quarzplatte mit Asterismus einen Lichtstern mit 6, 10 oder 12 Radien, niemals einen mit 8 Radien, denn im Präparat wird je von zwei diametral gegenüberliegenden Seiten jede Schar von Asteriten des Hauptasters beleuchtet, und es kann eine Schar des Systems für sich allein nicht geneigt im Präparat liegen. Im allgemeinen zeigt die Paraboloidbeleuchtung von dem Hauptsystem der Asteriten zu viel und von anderen Systemen zu wenig.

Ein Apparat nach Siedentopf für ultramikroskopische Untersuchung von W. und H. Seibert in Wetzlar mit Spalt und hinter diesem einzuschaltendem drehbaren Nicol diente mir zur genaueren Untersuchung. Um die verschiedenen dicken Platten, Parallelepipede und Würfel leicht in die Höhe der horizontal einfallenden Lichtplatte, die möglichst nahe unter die Oberfläche des Stückes einfallen soll, zu bringen, wurde eine durch Schraube auf und ab bewegbare Metallplatte gefertigt, die auf dem Tisch des Mikroskopes befestigt werden kann. Zur Beleuchtung diente eine 20 Amp.-Bogenlampe; zur Beobachtung gebraucht man meist nur schwächere Objektive.

Es war eine freudenvolle Stunde, als mir der alte Quarz zum ersten Male den überraschenden Anblick der Scharen im Sonnenlicht hell strahlender Asteriten und gleich darauf auch den flammend heller Miculiten darbot. Da wo unter dem Mikroskop im reinsten Quarz nichts, rein gar nichts zu sehen war, da tauchten mit einem Male bei der Beobachtung im Seitenlicht leuchtend helle Dinge in unheimlicher Fülle und Mannigfaltigkeit auf.

Das erste System von Asteriten liegt in drei Scharen parallel den Nebenaxen des Quarzes, parallel den Kanten $\{10\bar{1}1\} : \{10\bar{1}0\}$; es enthält stets die größte Menge der Asteriten im opaleszierenden Quarz, diejenigen, die den Hauptstern, die drei «Lichtkreise» senkrecht gegen diese Kanten erzeugen. Das Licht soll im ultramikroskopischen Apparat senkrecht gegen eine Fläche des Prismas erster Art und parallel der Basis einfallen, gegen die, etwa an einem Würfel, beobachtet wird. Dann sieht man zunächst mit bloßem Auge den hellen Streifen auf der Basis und einen lichtschwächeren auf den seitlich senkrecht stehenden Flächen nach dem Prisma zweiter Art. Durch die Basis sieht man im Mikroskop die Schar der Asteriten, wie im Bild 1 Taf. III. Die Photographie ist absichtlich bei nicht allzu engem Spalt aufgenommen, um die Menge der Asteriten besser zu veranschaulichen, die sich darbieten kann. Die Bilder 1—8, Taf. III, geben die Erscheinungen in 63facher Vergrößerung. Es sei hier gleich bemerkt, daß Flüssigkeitseinschlüsse die Beobachtbarkeit bei reichlicher Anzahl stark behindern; Asteriten können ungestört zwischen wenig oder viel Flüssigkeitseinschlüssen liegen, sie werden von diesen Einschlüssen in keiner Weise beeinflusst. In Bild 2, Taf. III, sind die Asteriten überhaupt spärlicher in einem farblosen, fast wasserklaren Quarz aus Brasilien vorhanden, und zwar liegen sie unregelmäßig verteilt bald lockerer, bald dichter. Es treten überhaupt die Asteriten oft haufenweise lockerer und dichter gelagert, gleichsam bündel- oder packweise auf. Bringt man die Fläche des Prismas zweiter Art, auf der man mit bloßem Auge den lichtschwächeren Streifen gesehen hatte, nach oben, so zeigen sich im Mikroskop wesentlich nur eine Menge von Lichtpunkten und wie bei den Asteriten der Länge nach natürlich auch die Beugungsringe und Linien enger oder weiter je nach der Entfernung zwischen Objekt und Objektiv des Mikroskopes. Dieser Beugungsspektren, die sich auf den Photographien sehr bemerklich machen, braucht weiter nicht gedacht zu werden.

Betrachtet man eine Schar von Asteriten des ersten Systems durch die Basis eines Zylinders parallel der Hauptaxe, so bleibt sie bei einer Drehung des Zylinders um seine Axe zunächst noch hell, bis sie allmählich erlischt; bei weiterer Drehung taucht dann die nächste Schar der Asteriten des ersten Systems auf. Daß die Helligkeit der Asterstrahlen einfach eine Funktion der Zahl der Asteriten ist, läßt sich leicht feststellen. Daß die Zahl der Asteriten auf den Strahlen dieses Hauptsterns verschieden ist, deckt sich vollkommen mit der so häufigen ungleichen Zentridistanz der Prismenflächen, nur lassen sich hier keine näheren Beziehungen feststellen, da ja der opaleszierende Quarz nicht in freien Krystallen vorkommt.

Schaltet man in den Gang der Beleuchtungsstrahlen den Nicol ein, so tritt die vorliegende Schar von Asteriten hell auf, wenn die Schwingungsebene des Nicols parallel der Längsrichtung der Asteriten steht; dreht man

den Nicol, dann erlöschen die Asteriten allmählich, während der helle Streifen auf der seitlich stehenden Fläche (Prisma zweiter Art) immer heller werdend hervortritt, der bei der vorigen Stellung des Nicols nicht vorhanden war. Die Ursache dieses Verhaltens ist einfach die Fortpflanzung des Lichtes durch transversale Schwingungen. Um die Wirkung der Zirkularpolarisation auszuschalten und um überhaupt ein reineres Bild zu erhalten, läßt man das Licht möglichst nahe der Oberfläche des Präparates einfallen.

Bei einer Drehung des Beleuchtungspaltes oder sonst bei geneigter Stellung der Asteriten werden diese natürlich nur teilweise, entsprechend der Dicke des einfallenden Lichtbandes, beleuchtet werden. In Parallelipeden mit nicht krystallographisch gerichteten Flächen kann, vielleicht auch noch durch gelegentliche innere Reflexion der Fall eintreten, daß alle drei Scharen des ersten Systems der Asteriten ziemlich gleich hell auftreten, wie dies Bild 3, Taf. III, zeigen soll: was man an Korund oder Glimmer oder Granat im durchfallenden Licht unter dem Mikroskop sieht, gewahrt man hier im Seitenlicht.

Ein zweites System von Asteriten, das in drei Scharen ihrer sehr viel weniger als das erste enthält, kann man am leichtesten mit Sicherheit bestimmen mit Hilfe des oben erwähnten Zylinders nach der Hauptaxe. Die Asteriten dieses Systems liegen parallel den Kanten $\{0001\} : \{11\bar{2}0\}$, also parallel den Zwischenachsen.

Das dritte System von Asteriten findet man gegen die Flächen des Prismas erster oder zweiter Art eines orientierten Würfels sehend bei horizontaler Stellung des Beleuchtungsbandes. Es ist das nur eine Schar von Asteriten parallel der Hauptaxe, parallel den Kanten der Prismenzone. Die Zahl der Asteriten auch dieses Systems ist gering.

Asteriten können, das möge hier besonders bemerkt werden, durch die Doppelbrechung des Quarzes verdoppelt erscheinen, wie in Bild 4, Taf. III, wenn sie in genügend tiefer Lage im Quarz beobachtet werden, und wenn beide, der ordentliche und der außerordentliche Strahl, die durch Beugung am Asterit entstehen, von dem Linsensystem des Mikroskopes erfaßt werden; solche Verdoppelung ist in (nicht orientierten) Präparaten immerhin selten zu beobachten. In bunten Farben können die Asteriten, bei schiefer Lage namentlich, durch Interferenz gebeugten Lichtes auftreten, wahrscheinlich aber nur, wenn sie nur in einer Dimension ultramikroskopisch, also bandförmig gestaltet sind.

Das vierte System von Asteriten besteht aus sechs Scharen parallel den Polkanten der Pyramide $\{10\bar{1}2\}$. Ein Zylinder von Rosenquarz nach der Zwischenaxe zeigt durch seine Endfläche ($\{10\bar{1}0\}$ senkrecht zur Zylinderaxe) eine reiche Schar Asteriten des ersten Systems und die sehr lockere Schar des dritten Systems senkrecht dagegen, dann aber auch der Lage nach der Messung ziemlich zugänglich das vierte System von Asteriten

zunächst in zwei Scharen, die je unter ungefähr 30° die Schar des ersten Systems schneiden. Eine genauere Messung ist kaum möglich, da bei Drehung des Zylinders auf das Maximum der Helligkeit der aufleuchtenden und wieder verschwindenden Asteriten eingestellt werden muß; der genaue Wert des Winkels muß $28^\circ 48' 23''$ sein. Die Scharen der Asteriten ergeben die oben erwähnten mehrfach beobachteten Asterstrahlen, Zonenkreise im Epaster, die durch je zwei benachbarte Pole der Flächen der Pyramide {10 $\overline{1}$ 2} gehen. Nur die Asteriten, die parallel zwei Polkanten der Pyramide gehen, liegen parallel der Endfläche des Zylinders, die den anderen vier Kanten parallel liegenden Asteriten liegen geneigt gegen die Endflächen des Zylinders — auf das Vergnügen, sie aufzufinden und ihre Lage zu bestimmen, habe ich bei ihrer geringen Zahl doch lieber verzichtet, um so lieber, als es doch schon ein günstiges Verhältnis war, daß dieses System von Asteriten in dem einen kostbaren Zylinder überhaupt vorhanden war.

In der Endfläche desselben Zylinders liegen nun aber auch noch zwei von den gleichfalls sechs Scharen eines fünften Systems von Asteriten; sie schneiden die Schar des ersten Systems unter $47^\circ 43' 25''$ der Berechnung nach, denn sie liegen parallel den Polkanten der Pyramide {10 $\overline{1}$ 1}, durch deren Pole auch »Lichtkreise« beobachtet wurden. Wie die Asteriten des vierten Systems, so können auch die des fünften Systems in ziemlicher Anzahl, jedenfalls reichlicher als die parallel der Hauptaxe liegenden, vorhanden sein. Die Lage der Asteriten des fünften Systems wurde auch noch in anderen orientierten Zylindern annähernd bestimmt. Welchen Systemen und Scharen aber die Asteriten in Bild 5, Taf. III, angehören, wo doch mindestens vier Scharen hervortreten, kann ich nicht angeben; ebenso wenig bin ich imstande zu behaupten oder zu verneinen, daß außer den fünf Systemen mit also zusammen 19 Scharen ($3 + 3 + 1 + 6 + 6$) noch andere Systeme vorkommen; ich habe es schließlich aufgeben müssen, in dieser Richtung noch weiter zu forschen.

Die Asteriten aller Systeme sind sich wesentlich alle gleich; alle erscheinen als Punkte, wenn sie mehr oder minder parallel der Axe des Mikroskopes stehen; gewaltige Mengen solcher Punkte können im Gesichtsfelde hervortreten. Orthomikroskopische Nadeln geben im Ultramikroskop natürlich ebenso Beugungserscheinungen wie die Asteriten, doch sind sie oft noch besonders hell, und anderseits zeigen sie sich auch oft in bunten Farben, weil sie doch verhältnismäßig dick und breit sind. Es ist nicht unwahrscheinlich, daß eben auch die Asteriten verschieden »dick« sind, weil sie manchmal oder weil einige von ihnen besonders lichtstark sind, und weil sie auch in bunten Interferenzfarben auftreten. Diese so überaus schwierigen Beugungserscheinungen genauer zu verfolgen, bin ich nicht imstande.

Was zuerst bei der Betrachtung der Asteriten als ihr vornehmstes Merkmal auffällt, ist das, daß sie im Gegensatz gegen die orthomikroskopischen Nadelchen ausnahmslos, ganz und gar ausnahmslos, gerade sind ohne jede Krümmung, ohne jede Knickung, ohne jede Verwachsung. Ihre »Dicke« ist zumeist hypomikroskopisch. Ihre Länge ist sehr verschieden von etwa 1 mm hinab offenbar bis zur hypomikroskopischen Größe. Sehr verschieden lang sind sie in den verschiedenen Vorkommnissen von opaleszierendem Quarz, der bald nur lange, oder nur mittlere, oder nur kürzeste (wie z. B. die locker verbreiteten in Bild 6, Taf. III, in einem fast wasserklaren, farblosen Milchquarz von Risør in Süd-Norwegen) enthält. Auch kommen verschieden lange Asteriten durcheinander nicht nur in demselben Quarz, sondern auch in demselben Systeme vor.

In einigen Rosenquarzen besonders häufig, jedoch auch allgemein verbreitet ist die Erscheinung, daß die Asteriten in eine Reihe von Gliedern — selbst 40—50 wurden gezählt — gleichsam aufgeteilt sind. Bild 4, Taf. III, zeigt derartiges bei allen Asteriten des einen Hauptsystems. Die Abstände der Glieder sind meist auffällig gleich groß, und sicher ist diese Gliederung nicht bloß scheinbar, etwa durch Schatten hervorgerufen. Ein Endglied in dieser Formausbildung zeigt Bild 7, Taf. III, wo in einem rauchbraunen opaleszierenden Quarz aus Grönland (mit ganz auffälligem bläulichen Schimmer auf polierten Flächen) in gewissen Stellungen anstatt der erwarteten Asteriten Reihen von Pünktchen auftreten. Dieses Vorkommen führt dann hinüber zu den ebenfalls seltenen Fällen, wo, wie in farblosem Milchquarz von Grönland und von Eck bei Arnbruck im Bayerischen Wald, gar keine irgendwie langen Asteriten, sondern nur ungeheure Mengen von Pünktchen, ein wahrer hypomikroskopischer Staub, erscheinen. Da solche Vorkommnisse, wie das von Grönland, gleichwohl im hellsten Licht noch einen Diaster zeigen können, so sind diese Lichtpünktchen doch wohl noch Asteriten, solche von hypomikroskopischer Länge.

Die Asteriten sind in einem größeren Stück opaleszierenden Quarzes im allgemeinen ungleichmäßig verbreitet; ihre Zahl zu bestimmen ist schwer: ich wage es anzugeben, daß ich einmal (bei der Häufigkeit etwa wie in Bild 4, Taf. III) ihrer ungefähr 4000 in einem Kubikmillimeter habe berechnen können; sie sind also viel spärlicher als etwa die Rutilmikrolithen im Tonschiefer, und sie sind noch gewaltig groß gegenüber den anzunehmenden Krystallmolekeln des Quarzes. Was die Asteriten sind, weiß ich nicht. Jedenfalls sind sie nicht nur eine Art feinerer Nadelchen als die orthomikroskopischen, denn es findet sich kein Übergang zwischen diesen beiderlei Dingen, weder der Form, noch der Lagerung, noch dem Vorkommen nach. Wenn man von dem brasilischen Beryll mit einem singulären Asterstrahl, einem »Lichtkreis« senkrecht zur Hauptaxe, der leicht sichtbar durch Röhren erzeugt wird, ausgeht, so kommt man über das brasilische

Turmalin-Katzenauge und den opaleszierenden Quarz unwillkürlich zu der Vorstellung, daß seine Asteriten »intermolekulare Hohlräume«, »innere Kanten« sind.

VIII. Miculiten.

Die Miculiten, die das Erscheinen der Lichtpole mit ihren spitzen Lichtkegeln verursachen, können bei der Untersuchung im Seitenlicht in bedeutender Menge auftreten; sie leuchten grell auf, wenn sie beim Drehen des Präparates zum Vorschein kommen. Das Bild 8, Taf. III, das Miculiten ohne gleichzeitige Sichtbarkeit von Asteriten wiedergibt, kann doch nur eine schwache Vorstellung von ihrer Erscheinungsweise vermitteln. Die Miculiten sind zunächst plagiomikroskopische Dinge, denn im Seitenlicht sind ihre Formen erkennbar. Sie haben sechsseitige, rhombische, rechteckige und rundliche Formen; sie gleichen darin vollkommen den bekannten orthomikroskopischen Blättchen, die als »Glimmer« gedeutet werden. Im Rosenquarz von Custer Co, Süd-Dakota, Nordamerika, in dem schon erwähnten Milchquarz von Grönland und in anderen opaleszierenden Quarzen treten orthomikroskopische Blättchen mit den gleichen Formen auf, wie sonst die plagiomikroskopischen. Ich werde über solche Blättchen in Flüssigkeits-einschlüssen des Quarzes zu berichten haben. Es gibt ja vielerlei Mineralien, die so rein äußerlich zu der Gruppe der glimmerartigen Mineralien gehören, daß durch die Form allein ihre Natur nicht zu bestimmen ist. Die Bezeichnung der plagiomikroskopischen Blättchen im opaleszierenden Quarz, die einer anderweitigen, chemischen oder optischen Untersuchung nicht zugänglich sind, als »Miculiten« dürfte wohl gerechtfertigt sein; der schlichte Ausdruck »Blättchen« erschien mir zu umfassend, da doch immerhin ihre Form, ihre Farblosigkeit, ihre vom Quarz äußerst wenig verschiedene Lichtbrechung eine Zusammenstellung wenigstens mit den »glimmerartigen« Mineralien begründet erscheinen lassen. Wie die orthomikroskopischen Blättchen, so traten auch die Miculiten oft in Wolken, Haufen, Streifen auf.

Die Miculiten sind augenscheinlich äußerst dünn; sie treten im Seitenlicht oft mit bunten Interferenzfarben auf, vielleicht dann, wenn Strahlen, die von der Unterseite reflektiert werden, mit den von der Oberseite zurückgeworfenen interferieren. Es kommen hier jedoch auch unzweifelhaft Beugungserscheinungen in Frage, doch vermag ich nicht zu sagen, in wie weit. Jedenfalls kann man gelegentlich beobachten, daß über die Fläche der Miculiten Interferenzfarbstreifen parallel einer Kante verlaufen. Und sicher geben die schmalen Seitenflächen der Miculiten zu Beugungserscheinungen Anlaß ebenso wie die Asteriten, von denen sie sich bei senkrechter Stellung im Präparat vielleicht manchmal als kürzere, aber anscheinend breitere, weil lichtstärkere, Strichelchen unterscheiden lassen. Es ist also möglich, daß auch die Miculiten etwas beitragen zu der Helligkeit der Asterstrahlen, weil sie unzweifelhaft wohl stets mit irgend einer Kante

Asteriten parallel liegen. Ihre sonstige Anordnung in 24 (25) Ebenen ist durch die doppelte Zahl der Lichtpole, die vorhanden sein können, gegeben. Ob sie auch noch in anderen krystallographischen Ebenen oder auch ganz »wild« gelagert sein können, muß unentschieden bleiben. Die Miculiten geben augenscheinlich bevorzugte Ebenen in dem krystallmolekularen Aufbau des Quarzes an, sie deuten ebenso »innere Flächen« an, wie die Asteriten »innere Kanten«.

Die Miculiten können offenbar zu sehr geringen Dimensionen hinabsinken, dann werden sie allmählich hypomikroskopisch werden, und es ist somit zuletzt nicht mehr möglich zu entscheiden, ob in dem großen Heere der Pünktchen im Gesichtsfelde Querschnitte oder Enden von Asteriten, kürzeste Asteriten oder winzigste Miculiten vorliegen; ich habe den Ausdruck »hypomikroskopischer Staub« anwenden müssen. Es ist nicht möglich, mit Sicherheit zu entscheiden, ob der Tyndallkegel, die Opaleszenz, allein durch die Asteriten erzeugt wird; wahrscheinlich ist es, daß in vielen Fällen auch die Miculiten daran beteiligt sind und solch hypomikroskopischer Staub.

Auf angeschliffenen ebenen Flächen der Quarzstücke ergeben die Miculiten bei gehöriger Beleuchtung ebenfalls wie die Asteriten einen manchmal recht starken metallischen Schimmer, der sich übrigens leichter über größere Flächenstücke verbreiten kann, als der Schimmer durch einzelne Strahlen des Epasters.

IX. Vorkommen des opaleszierenden Quarzes.

Die Abarten des opaleszierenden Quarzes nach der Farbe, Milchquarz, Rosenquarz, Blauquarz, rauchbrauner Quarz und weißer Milchquarz mit seinen reichlich vorhandenen Flüssigkeitseinschlüssen, kommen zusammen vor. Alle Stücke von Rosenquarz von Neustadt bei Stolpen in Sachsen, die im Königlichen mineralogischen Museum in Dresden liegen, zeigen einen vielfachen Wechsel mit Blauquarz; solche Stücke, Rosenquarz und Blauquarz nebeneinander, liegen auch vor von Eck, von Frathau im Bayrischen Wald, von Pisek in Böhmen. Rosenquarz bildet meist einzelne kleinere oder größere Partien in weißem Milchquarz, wie dies ein großer Block von Dakota im Königlichen mineralogischen Museum in Dresden, der noch im Gange befindliche Abbau zu Frathau, Notizen in der Literatur und weitere persönliche Mitteilungen darlegen. Und wenn zwischen Ludwigstal und Zwieseler Waldhaus bei Zwiesel ein Lesestück von einer Quarzeinlagerung im Gneis gefunden wurde, das bis 4 cm große Körner von Rosenquarz mit Asterismus zwischen den vorwaltenden ebenso großen oder kleineren wasserklaren, ungefärbten Quarzkörnern ohne jede Spur von Asterismus enthält, so geht daraus hervor, daß Rosenquarz nicht zu farblosem Quarz ausbleicht, sondern daß beide Arten spezifisch verschieden sind. Daß Milchquarz einstmals Rosenquarz gewesen sei, ist nicht nachweisbar. Rauchbrauner opa-

leszierender Quarz scheint selten zu sein; farblosen, sehr reinen Milchquarz habe ich im Bayrischen Wald nur noch in kleinen Stücken gefunden, doch scheint er z. B. im südlichen Norwegen auch in größeren Mengen vorzukommen; in den Museen allerdings dürfte er zurzeit selten vorhanden sein.

Asteriten und Miculiten treten in allen Abarten des opaleszierenden Quarzes auf, wenn auch in wechselnden Mengen und Verhältnissen. Ich habe nicht mit Sicherheit entscheiden können, ob Rosenquarz, der stets Asterismus aufweist, mehr und längere Asteriten enthält, als anderer opaleszierender Quarz; mein Material schien zu ergeben, daß öfters, aber nicht immer, sehr schwach gefärbter Rosenquarz und farbloser Milchquarz kürzere und spärlichere Asteriten enthielte, als kräftig roter Quarz, doch habe ich ungefähr dreimal so viel Rosenquarz als Milchquarzvorkommnisse untersucht. Sicherlich aber hat die Farbe des Rosenquarzes nichts zu tun mit dem Asterismus. Nach meinem Material kann ich nur angeben, daß immer der weiße Quarz in Pegmatiten, in dem Rosenquarz in einzelnen Partien vorkommt, auch Asteriten enthält oder — vorsichtiger ausgedrückt — enthalten kann; auch hier herrscht augenscheinlich starker Wechsel. Aber kein Bergkrystall, Rauchquarz, Amethyst, kein hydatogener Quarz auf Erz- oder Mineralgängen zeigt Asteriten und Asterismus, und wahrscheinlich gilt das auch von den freien Krystallen in Pegmatiten. Die Frage, ob in stark undulösen Quarzen der Pegmatite (wenn sie wirklich dazu gehören?) die Asteriten zerstört worden sind, muß ich offen lassen.

Mit den ersten Grundzügen der Erforschung der Phänomene des Asterismus, der Lichtpole und der je dazu gehörigen Asteriten und Miculiten im opaleszierenden Quarz hätte ich auch gern einiges über die geologischen Beziehungen herauszubekommen gewünscht. Leider fehlt es hier sehr an Grundlagen. Ich war deshalb bemüht, durch Ausflüge im Bayrischen Wald bei Zwiesel und Bodenmais, bei Tirschenreuth und Wunsiedel, im Erzgebirge usw. mich durch eigene Anschauung über das Vorkommen zu unterrichten. Die alten Gruben, von denen Gumbel so viel zu berichten hatte, sind jetzt meist auflässig, ihre Reste konnten im Walde nur mit Mühe oder gar nicht gefunden werden, und kleine Stückchen mußten aus dem Schotter der Wege und dergleichen aufgesucht werden. Doch ist es vielleicht möglich, folgende Übersicht über meist schon sicher erkannte Verhältnisse des Vorkommens zu geben.

1. Opaleszierender Quarz, Rosenquarz usw. tritt in größter Menge auf in Pegmatiten im Gneis, mögen diese Pegmatite die Lagerungsform von Linsen oder von Gängen oder von beiden zugleich haben. Hier sind die Körner des Quarzes riesengroß, und nur solcher Rosenquarz wird in Idar verschliffen, niemals ein »körniges« Stück. Auffällig ist es, daß Einschlüsse von anderen Mineralien gerade im Rosenquarz so äußerst selten sind: Joh. Böhm's Mineralien Contor in Wien zeigte ein Stück Rosenquarz mit

Andalusit von Písek an; mir liegt durch die Güte des Herrn Oberbergrats R. Baldauf in Dresden ein Stückchen schön roter Rosenquarz von Alaska vor mit Einschluß von einem dunklen, dünnsäuligen Krystall unbekannter Art; der unten unter Nr. 21 erwähnte Rosenquarz mit Andalusit ist nur mit Mühe als gefärbt zu bestimmen. Dagegen stecken die Pegmatitminerale im Bayrischen Wald und in anderen Gebieten (außer im Feldspat usw.) in weißem Quarz mit Asteriten als einem durch Flüssigkeitseinschlüsse getrübten opaleszierenden Milchquarz.

2. Einige Vorkommnisse von Rosenquarz gehören wohl Pegmatitgängen im Stockgranit an, wie z. B. die Vorkommnisse von Pechöfen bei Neudeck und von Königswart in Böhmen, von Neustadt bei Stolpen in Sachsen u. a.

3. Bei Frauenreuth bei Tirschenreuth liegt körniger bis sehr grobkörniger Rosenquarz (auch weißer Quarz) in kleineren linsenförmigen Einlagerungen im Gneis; doch sind dort nur Lesestücke zu finden. Bei Bodenmais fand ich im Waldgebiet der Blötz, NNO vom Orte, Rosenquarz als eine nur 40 cm mächtige Linse im Gneis; ein anderes Stück von dort zeigte Rosenquarz mit und farblosen Quarz ohne Asterismus in demselben Stück; das Stück zwischen Ludwigstal und Zwieseler Waldhaus gehört unzweifelhaft ebenfalls einer solchen kleinen Ausscheidung an, wie auch vom Anstehenden Stücke von opaleszierendem Quarz aus linsenförmigen Ausscheidungen herausgeschlagen wurden im Gneis vom Zwieseler Waldhaus, von Felsen 150 m unter dem Gipfel des Falkensteins, von Klautzenbach, vom Gipfel des großen Arber, vom Riesloch, von Unterried usw. Anderswo, auch im Bayrischen Walde, enthält solcher Quarz in kleineren Ausscheidungen im Gneis keine Asteriten; aus dem Gneis vom Zeidelmoos bei Wunsiedel, aus Gneis des sächsischen Erzgebirges und aus dem sächsischen Granulitgebiet habe ich kein Stück von opaleszierendem Quarz gefunden; bei einem kurzen Besuche des Eulengebirges konnte ich den von Dathe gefundenen Rosenquarz nicht finden, und opaleszierender Quarz kam mir dort auch nur einmal zu Händen.

Geologisch bedeutsame Folgerungen lassen sich also gewiß noch nicht aufstellen, zumal ich auch noch nicht angeben kann, ob Asteriten im Quarz als Gemengteil in kleinen Körnern von Gneis usw. vorkommen.

Im folgenden kurzen Verzeichnis der untersuchten Vorkommnisse von opaleszierendem Quarz in geographischer Anordnung sollen auch die Bezugsquellen genannt werden; darin bedeutet R Rosenquarz, Mi Milchquarz, Bl Blauquarz, Rh rauchbraunen Quarz, W weißen Milchquarz und E. K., daß ich das Vorkommen selbst gesammelt habe.

4. Rosenquarzbruch am Hühnerkobel bei Rabenstein bei Zwiesel. R, zwei Kugeln zeigen bei trüber Beschaffenheit doch Epaster. W mit Beryll ergibt Diaster schon im Dünnschliff; W einer kleineren Linse, 8 m im Liegenden des Rosenquarzes, zeigt schwachen Diaster, den ich in

- Stücken von anderen Stellen nicht wahrnehmen konnte. E. K. und alte Sammlungsstücke usw.
2. Stollen im Waldgebiet Blötz bei Bodenmais. R Rch Mi W; E. K.
 3. Waldgebiet der Blötz NNO von Bodenmais R wie oben S. 47 erwähnt; E. K.
 4. Gipfel des großen Arber, Schmitz im Gneis, W; E. K.
 5. Riesloch bei Bodenmais, Schmitz im Gneis, W; E. K.
 6. Maisried bei Bodenmais, Mi; E. K.
 7. Böbrach bei Bodenmais, Bl; E. K.
 8. Frath und Frathau, R Mi! Bl W Rch. Ein von winzigen Granaten ganz erfüllter und dadurch rosenroter Quarz zeigt noch im Dünnschliff schwachen Diaster und bei Paraboloidbeleuchtung Asteriten. Sieben kleine Kugeln von Milchquarz zeigen meist einzelne Asterstrahlen und einzelne Lichtpole. E. K.
 9. Unterried, Schmitz im Gneis, W; E. K.
 10. Schönberg bei Arnbruck, R Mi; eine Kugel von 16 mm Durchm. von recht reinem Milchquarz zeigt einzelne Asterstrahlen in schwer entzifferbarer Anordnung; Platten von Milchquarz mit millimeterbreiten scharfbegrenzten Bändern von Flüssigkeits Einschlüssen zeigen schönen Diaster ohne jede Störung durch diese Bänder; E. K.
 11. Eck bei Arnbruck, R Mi Bl; E. K.
 12. Hörnberg bei Lam, nur klarer W mit schwarzem Granat untersucht; aus Sammlungen in Dresden und von Herrn Heinrich Sack in Regensburg.
 13. Kreuzseige bei Harlachberg bei Bodenmais, Mi Rch W; E. K.
 14. Brandten bei Zwiesel, Mi; E. K.
 15. Klautzenbach bei Zwiesel, W; E. K.
 16. Wald zwischen Ludwigstal und Zwieseler Waldhaus, R vgl. S. 45; E. K.
 17. Bei der Ludwigstanne beim Zwieseler Waldhaus, Mi; E. K.
 18. Felsen 150 m unter dem Gipfel des Großen Falkensteins, Mi aus W zu einem Präparat von wenigen mm³; E. K.
 19. Waldgebiet Taferlhöhe bei Oberfrauenau, W Bl Mi; E. K.
 20. Birkhöhe in Zwiesel, Mi Rch W; E. K.
 21. Zwieselberg bei Zwiesel, (fast farbloser) R (mit Andalusit); sicheres Vorkommen, erhalten von Maucher, München.
 22. Kreuzberg in Pleystein, R bis Mi; eine fast farblose Kugel von 24 mm Durchm. zeigt schwachen Epaster; erhalten von Lehrer J. Eichinger in Pleystein.
 23. Tirschenreuth, R; erhalten von Dr. Alb. Schmidt in Wunsiedel.
 24. Frauenreuth, R Mi; E. K.
 25. Garmersreuth, R; altes Stückchen aus der Freiburger Min. Niederlage.
 26. Neustadt bei Stolpen in Sachsen; ein Dutzend Handstücke im Kgl. Min. Mus. in Dresden zeigen stets R und Bl.
 27. (Schlegel bei Neurode) Niederschlesien durch Dr. F. Krantz in Bonn von einem Bergmann in Schlegel, R.
 28. Dorfbach bei Wüste-Waltersdorf im Eulengebirge. Mi; E. K.
 29. Pechöfen, S. von Neudeck, Erzgebirge, Böhmen, R trübe, von Dr. K. Dieroff in Gera-Reuß.

30. Königswert in Böhmen, R sehr trübe, von Frl. Julia Schildbach in Marienbad.
31. Pfisek in Böhmen, R, von Min. Nied. in Freiberg, Sa.
32. Rožna, Hradisko Berg, in Mähren, sehr blasser R bis Mi, Sammlung der T. H. in Dresden.
33. Lange Wand bei Iglau in Mähren, R; vom Lehrerkklub für Naturkunde in Brünn.
34. Gamsenegg bei Guttenstein in Kärnten, R; aus Sammlung Kühnscherf in Dresden.
35. Prävali in Kärnten, R; aus dem Min. Mus. in Breslau, »1876 durch A. v. Lasaulx durch Ferstl erhalten«.
36. Arendal in Norwegen, R W; aus Dresdner Sammlungen.
37. Insel Narestö bei Arendal, R; von Min. Nied. in Freiberg, Sa.
38. Kragerö in Süd-Norwegen, W, enthält die großen Krystalle von Titanit; von Maucher in München.
39. Langesundsfjord in Norwegen, R; von Oberberggrat R. Baldauf gesammelt.
40. Risør und Söndeled bei Risør, R Mi Rch; drei Kugeln von R sind zu trübe, um Epaster zu zeigen; von Maucher in München.
41. Moß in Norwegen, R; von Direktor Bär in Asch aus Material der Porzellanfabrik in Selb.
42. Grönland; reiner Mi aus Kgl. Min. Mus.; Rch mit blauem Schimmer auf polierten Flächen aus Kgl. Min. Mus.; R aus dem Ilua-Fjord, von Prof. Bøggild in Kopenhagen.
43. Impilahti am nördl. Ufer des Ladogasees, R; aus Sammlung Kühnscherf von A. H. Petander in Helsingfors.
44. Tammela in Finnland, R; von Dr. Krantz in Bonn.
45. Pargas in Finnland, Bl; von Min. Nied. in Freiberg, Sa.
46. Ukimowskische Gruben im Ural, R, sehr blaß und rein, auf Kugel Epaster; aus dem Kgl. Min. Mus. in Dresden.
47. Kolywan am Ob, Gouv. Tomsk, Sibirien, R; Dresdener Sammlungen, alte Stücke, z. T. mit der Etikette »Sibirien«.
48. Ávila in Spanien, R; von Min. Nied. in Freiberg, Sa., aus Sammlung Garbari.
49. Gweebare Range, Donegal Co, Irland, Bl (mit Beryll); von Min. Nied. in Freiberg, Sa.
50. Aiais, Berg am Gouchassib-rivier, Deutsch-Südwestafrika, R; aus Sammlung der Königl. Bergakademie in Berlin.
51. Donkerhuk, Deutsch-Südwestafrika, R sehr blaß; aus Sammlung der Königl. Bergakademie in Berlin.
52. Rössing bei Swakopmund, Deutsch-Südwestafrika, R, W mit Beryll; auf klarer Kugel von R nur Epaster, keine Lichtpole; von Prof. E. Kaiser in Gießen.
53. Antsirabé, Madagaskar, R, eine Kugel von 30 mm Durchmesser zeigt Epaster und die Lichtpole $\{10\bar{1}1\}$, $\{10\bar{1}0\}$, $\{11\bar{2}1\}$; vom Comptoir min. géol. Genf.

54. Madagaskar, R, mit äußerst kräftigem Diaster und Lichtpolen; kleines Stück aus Sammlung Damour von Dr. Krantz in Bonn.
55. Ceylon, drei verschiedene Stücke R; eine sehr reine, aber durch eine große Menge von orthomikroskopischen Nadeln stark getrübte Kugel von 19 mm Durchmesser zeigt keinen Diaster, während eine dünnere Platte guten Polyaster zeigt; von Dr. Krantz in Bonn, »sicher von Ceylon«.
56. Korea, 30 Li südlich von Wiwön, R; gesammelt von C. Gottsche, aus Kgl. Min. Mus. in Berlin.
57. Nagato, Provinz Iwaki, Japan, R; von Maucher in München, direkt aus Japan bezogen.
58. Alaska, R; von H. Menn in Idar durch Oberbergat Baldauf in Dresden.
59. Californien, R, Kugel von 27 mm Durchmesser mit Epaster und den Lichtpolen {1012}, {1011}, {1010}; von Foote in Philadelphia.
60. Custer Co, Süd-Dakota, U. S. A., R und W; von Foote in Philadelphia, großer Block im Kgl. Min. Mus. in Dresden von Oberbergat R. Baldauf.
61. Chesterfield, Mass., U. S. A., farbloser klarer Quarz mit grünem Turmalin (mit rotem Kern); im Kgl. Min. Mus. in Dresden.
62. Virginia, U. S. A., glasiger, farbloser Quarz mit schwarzem Turmalin; im Kgl. Min. Mus. in Dresden.
63. Paris, Maine, U. S. A., R; von der Min. Nied. in Freiberg, Sa., aus Sammlung Garbari.
64. Goshen, Mass., U. S. A., R; aus Sammlung der Kgl. Bergakademie in Freiberg, Sa.
65. »Brasilien«, R zahlreiche Stücke und Kugeln aus Schleifereien in Idar.
66. Bruch am Ufer des Baches Pirabonha, 4 geogr. Meilen südlich von Joahyma de Arrassuahy, Minas Geraes, Brasilien, R und fast farbloser, sehr klarer Mi; Kugel von R mit Epaster und 48 Lichtpolen; Kugel von Mi zeigt in hellster Sonne nur einen schwachen Lichtpol; gesammelt von Oberbergat R Baldauf, ein prachtvoller Block von R von ihm geschenkt im Kgl. Min. Mus. in Dresden.
67. Minas Geraes, wasserklarer Quarz mit sehr schwachem Tyndallkegel, Asteriten wie Bild 2, Taf. III; von C. W. Keßler in Idar.
68. Berg Corcovado bei Rio de Janeiro, W, strotzt von orthomikroskopischen Nadeln; im Kgl. Min. Mus. in Dresden.
69. Carrizal, Prov. Rioja, Argentinien, R; aus Kgl. Min. Mus. in Berlin, gesammelt 1884 von Brackebusch.
70. Sierra de Córdoba, Argentinien, R; aus Sammlung der Kgl. Bergakademie in Freiberg, Sa., gesammelt 1874 von A. Stelzner.
71. Broken Hill, N.-S.-Wales, Australien, Bl mit starkem Tyndallkegel, feinstem, hypomikroskopischem Staub und wenig kurzen Asteriten; von Min. Nied. in Freiberg, Sa.

Am Neujahrstage 1915.