Über alpine Minerallagerstätten : Mineralklüfte und Differentiation ihrer Paragenese

Autor(en): **Koenigsberger, Joh.**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische mineralogische und petrographische Mitteilungen = Bulletin suisse de minéralogie et pétrographie**

Band (Jahr): **5 (1925)**

Heft 1

PDF erstellt am: **25.04.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-7341

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Über alpine Minerallagerstätten. Mineralklüfte und Differentiation ihrer Paragenese.

Mit 16 Textfiguren.

Von *Joh. Koenigsberger.*

Inhaltsübersicht.

Seite

Zusammenfassung 68
A. Einleitung 68
B. Alter der Mineralklüfte 70
C. Form und Lage der Mineralklüfte 73
D. Differentiation der zentralalpinen Mineralassoziationen . . 74
E. Größe der alpinen Kluftmineralien 80
F. Beschaffenheit einiger Mineralklüfte mit besonderer Berücksichtigung der Differentiation. Fundorte nach Gesteinen geordnet 82
I. *Granite, Eruptivgneise und Mischgneise mit mehr als 67 % SiO_2* 82
IIa. *Sericit- und Sedimentgneise des Aar- und Gotthardmassivs* . 93
IIb. *Metamorphe Schiefer* (Sericitschiefer des Aarmassivs. Bündnerschiefer des Gotthard, Binnental usw. Sericitphyllite des Gotthardmassivs. Glimmerschiefer des Adulamassivs. Granatglimmer-, Granatstaurolithschiefer) 93
IIIa. 1. *Syenit des Aarmassivs und dessen Randzone, Diorite, Amphibolite mit mehr als 48 % SiO_2* (Normaler Syenit. Randzonen um den Syenit mit Quarz-Anhydritbändern. Aplitgänge im Syenit. Melanokrate Ganggesteine und Schollen im Syenit. Diorite und Amphibolite. Grünschiefer, metamorphe, basische Gesteine . 99
IIIa. 2. *Gabbro-Peridotite, Serpentin, Lavezstein, Hornblendeschiefer mit weniger als etwa 48% SiO_2* 106
IIIb. *Hornblendeführende Gesteine der Tremolaserie des Gotthard* . 108
IVa. u. b. *Kalksedimente* 109
IVc. *Kalksilikatschollen*. 109
G. Beobachtungen über das Auftreten einzelner Kluftmineralien mit besonderer Berücksichtigung der Differentiation und der Coexistenz 111
H. Einige Tracht- und Habituseigentümlichkeiten der alpinen Kluftmineralien 124

(Die Bezeichnung der Untertitel I, IIa, IIb usw. lehnen sich an die frühern Veröffentlichungen des Verfassers an. s. Anm. 1).

Zusammenfassung.

Aus den Beobachtungen an zentralalpinen Mineralklüften werden Ergebnisse abgeleitet über das Alter und die Lage der Mineralklüfte und besonders über die Differentiation ihrer Mineralassoziationen. Das Beobachtungsmaterial hierzu und einiges über Koexistenz und Separation der Mineralien wird eingehender beschrieben. Zuletzt sind einige Bemerkungen über alpinen Kristallhabitus angefügt, und es wird auf die Ursachen von dessen Besonderheiten hingewiesen.

A. Einleitung.

Die hier versuchte weitere[1]) Durcharbeitung der zentralalpinen schweizerischen Mineralvorkommen ist als Vorarbeit für das viel schwierigere Studium der Erzlagerstättengenesis zu betrachten. Dann gibt das Studium der Minerallagerstätten Beobachtungsmaterial für einen Zweig der physikalischen Chemie (und Raumgitterchemie), der bei den Laboratoriumsversuchen schon deshalb weniger beachtet wird, weil die Kleinheit der meisten künstlichen Kristalle und der Kristallisationsgefäße solche Studien, wie sie hier angestellt werden, erschwert.

In den alpinen Mineralklüften ist der eine Faktor, die Wirkung einer Wasser und Kohlensäure enthaltenden Lösung auf das Nebengestein leichter zu erforschen als bei den Erzgängen; denn bei letzteren kommt die Zufuhr zahlreicher Stoffe aus der Tiefe hinzu. Eine spätere Arbeit, welche die Abhängigkeit der Mineralassoziationen in der Kluft von der Zusammensetzung des Gesteins und die Veränderung des Gesteins an der Kluft behandelt, soll zu diesem Ziel hinweisen. — Vorausgenommen wird im folgenden eine Beschreibung speziell derjenigen Mineralklufttypen, welche in den verschiedenen Gesteinen besondere Eigentümlichkeiten aufweisen. Eine bisher nicht beachtete Tatsache, die *Differentiation der Mineralien* und *der Mineralassoziationen in der Kluft,* wird besprochen. Sie ist in mancher Hinsicht ein Analogon zu der Differentiation im geschmolzenen und erstarrenden Eruptivgestein.

---

[1]) Abhandlung der bayr. Akademie der Wiss., Math.-phys. Kl., XXVIII. Bd., 12. Abh., 1919 (im folgenden mit H bezeichnet) enthält das Hauptverzeichnis der Schweizerischen alpinen Mineralien mit Text. Auf diese gesondert erhältliche Abhandlung wird hier mehrfach Bezug genommen. Die Zahlen in [ ] beziehen sich auf das Hauptverzeichnis. Die folgenden Darlegungen sollen aber im wesentlichen ohne Rückgreifen auf diese frühere Abhandlung verständlich werden.

Über die Differentiation und über das für physikalisch-chemische Erklärungen maßgebende Mengenverhältnis der Mineralien in der Kluft kann nur die Beobachtung in der Natur Auskunft geben. Die Museumsstufen geben im allgemeinen [2]) *kein richtiges Bild* des Mengenverhältnisses und der durchschnittlichen Größe der Mineralien und ihrer Paragenese an einem Fundort, sondern zeigen lediglich, welche Mineralien an diesem Fundort seinerzeit gut verkäuflich waren. So sind z. B. Quarz von kleiner oder mittlerer Größe, kleiner Adular, kleiner Albit sehr häufige Mineralien; sie besitzen aber keinen Kaufwert. Daher kommen von dem betreffenden Fundort vielleicht nur einige Stufen, auf denen seltenere Mineralien (Fluorit, Apatit, Monazit u. s. w.) in größerer Menge aufgewachsen sind, in den Handel und in die Sammlungen. An manchen Fundorten sind die meisten Kristalle stark von Chlorit durchwachsen und daher nicht sammlungswürdig. Von solchen Vorkommen gelangen fast nur Stufen, die zufällig klare Mineralien aufweisen, in die mineralogische Sammlung, die bis jetzt viel mehr kristallographische als paragenetische Ziele verfolgte.

Die im folgenden erwähnte Sonderung auch der häufigeren Mineralien in vielen Klüften erschwert es, die Zusammengehörigkeit verschiedener Stufen zu erkennen, die in einer Sammlung ohne genaue, völlig zuverlässige Fundortsangabe liegen. Wenn für zwei ganz verschiedene Assoziationen derselbe Fundort angegeben ist, wird man doch zweifeln, ob beide wirklich von derselben Fundstelle kommen. Der umgekehrte Weg, Assoziationen, Habitus u. s. w. eines Fundorts zunächst in der Natur festzustellen und danach den Fundort der Mineralstufen in den Sammlungen zu bestimmen, ist sicherer. Dieses Verfahren bildete die Grundlage für die frühere Arbeit des Verf. (l. c.). An Hand des dort gegebenen Verzeichnisses in Teil III wird es oft gelingen, Fundort und Muttergestein zentralalpiner Mineralstufen genau oder doch angenähert zu ermitteln. —

In den Sammlungen sind, wie erwähnt, besonders schön kristallisierte oder seltene Mineralien bevorzugt. Klüfte, die nur die gewöhnlichen, nicht besonders schön ausgebildeten Mineralien enthalten, werden von den Kristallsuchern nicht weiter ausgebeutet. Aus diesem Grunde scheinen, wenn man nach dem Sammlungsmaterial allein urteilt, manche Gesteine, z. B. die Diorite und auch große Gesteinsflächen von Graniten, in denen nur Klüfte mit kleinen gewöhnlichen Mineralien vorkommen, mineralarm, während es sich

[2]) Vgl. H p. 9 u. 11, bez. Assoziationshäufigkeit und Habitus.

in Wirklichkeit umgekehrt verhalten kann. In dem Hauptverzeichnis wurden Zahlenangaben in [ ] gemacht, die einigermaßen frei von dieser Fehlerquelle sein sollten. Gleichwohl ist die Häufigkeit einiger Paragenesen, z. B. Quarz im Aaregranit und in Eruptivgneisen, Epidot oder Quarz und Calcit in den Amphiboliten wohl noch größer, als aus meinen Angaben zu entnehmen ist. — Auch hinsichtlich des Habitus kann der Sammlungsbefund namentlich in den größeren Sammlungen, die besonders schöne Stufen und flächenreiche Kristalle kaufen, zu Fehlschlüssen führen. In der Natur ist z. B. bei Sphen die bekannte sog. Rautenform viel häufiger, als sie in den Sammlungen vertreten ist, ebenso bei Adular der Habitus (110), ($\bar{1}$01).

Die Beobachtungen, auf welche sich die zusammenfassende Darstellung in Abschnitt C, D, E, H stützt, sind in Abschnitt F und G zum großen Teil beschrieben.

B. Alter der Mineralklüfte.

Die Gesteine in den Zentralalpen, insbesondere im Aare-, Gotthard- und Tessinermassiv werden von Gang- und Spaltenbildungen verschiedener Art und Entstehungszeit durchzogen. Die ältesten sind die eruptiven Ganggesteine, Aplite, Lamprophyre (Kersantite, Minetten, Spessartite), Pegmatite u. s. w., die in den ursprünglich massigen Eruptivgesteinen auftreten. Ob nicht einige derselben den primären Orthogneisen, in denen sie vorkommen, als Ganggefolge zugehören, oder ob alle zur Gefolgschaft benachbarter normaler Eruptiva zu rechnen sind, scheint mir noch nicht entschieden. Im Granit wie im Orthogneis ist bisweilen außerdem noch eine primäre, meist pegmatitische Differentiation in Linsen und Schlieren, von etwas anderer Zusammensetzung als die Hauptmasse, zu sehen. Diese, in Orthogneisen häufig sehr langgestreckten, Linsen sind zu unterscheiden sowohl von den Gängen der massigen Eruptiva wie von den verschiedenartigen Lagen und Linsen der Sedimentgneise. — In den Paragneisen und in den metamorphen, sedimentären Schiefern kommen gelegentlich noch, meist parallel der Schichtung oder heute nur wenig davon abweichend, Gänge und Linsen vor, die hauptsächlich aus Quarz bestehen, und in die spärlich Erze und andere Mineralien eingesprengt sind. Die Erze und die anderen Mineralien in diesen Quarzgängen sind in den Zentralalpen fast stets zerbrochen und gestreckt, weil die Quarzgänge in der Mehrzahl lange vor den letzten stärksten tektonischen Bewegungen entstanden sind. Nur am westlichen (La Gardette, Monte Rosa etc.) und am

östlichen (Rauris, Lungau etc.) Ende des Alpenbogens sind Erzgänge von gleichem oder etwas jüngerem Alter als das der letzten großen Alpenbewegungen zu finden. Nur dort findet man auch Übergänge zwischen alpinen Kluftmineralien und der Erzgangparagenese.[3]) [4])

Nur die Klüfte senkrecht zur Schieferung,[5]) *bezw. zu der manchmal nur schwach angedeuteten Paralleltextur der Gesteine, führen die sog. alpinen Mineralien. Diese sind die jüngste Mineralbildung* [6]) (von den rezenten Krustenabsätzen von Aragonit etc.

[3]) Vgl. Abhandlung der bayr. Akad. d. Wiss. Bd. 28, Abh *II*, p. 19, München 1919.

[4]) Daß die alpinen Kluftmineralien jungtertiär, die Erzmineralien im *Aarmassiv* viel älter sind und im Zusammenhang mit Granit- und Gabbrointrusionen stehen, hat der Verfasser schon 1910 (Erläuterung zur geolog. u. mineralog. Karte des östlichen Aaremassivs: Freiburg i. Br.) nachgewiesen. *A. Heim* (Geologie der Schweiz, p. 865, 1919) schließt sich der Anschauung von dem verschiedenen Alter dieser Mineralvorkommen in den Alpen an.

[5]) Ausnahmsweise findet man z. B. im Orthogneis von V. Torta am Cristallinagletscher bei Airolo, neben schmalen Kristallklüften, die senkrecht zur Schichtung (und anscheinend auch Schieferung) stehen, außerdem noch parallel der Schichtung verlaufende Spalten mit Quarz und Chlorit, die erstere senkrecht durchschneiden und daher jünger sein müssen. Anderwärts sind die parallel der Hauptschieferung, die meist nahezu mit der Schichtung oder Paralleldifferentiation des Gesteins zusammenfällt, verlaufenden Spaltengänge älter und besitzen eine andere Paragenese als die stets nahezu senkrecht zur Schieferung stehenden Kristallklüfte.

[6]) *E. Hugi* hat die hydrothermale Bildung der Kluftmineralien als letzte Nachwirkung der Intrusion des Aaregranits angedeutet (Schweiz. Min. petr. Mitt. *3*, p. 274, 1923). Erstere sind aber meines Erachtens, da nicht zerbrochen jungtertiär, und letztere ist carbonisch. Ob über solche Zeiträume eine Nachwirkung bestehen kann, zumal in der Zwischenzeit der Aaregranit keinerlei nachweisbare Wirkungen hervorbrachte, scheint mir zweifelhaft. Jedenfalls sind aber Erzgänge und Kluftmineralien im Aaremassiv (im Gegensatz z. B. zur Dauphiné) dem Alter und der Entstehung nach m. E. streng zu scheiden. Auch zwischen den senkrecht zur Gesteinsschieferung verlaufenden Mineralklüften mit Quarzband und den z. B. im Gotthardtunnel häufigen konkordant mit der Schieferung verlaufenden Bändern von derbem Quarz mit Erz, besteht ein Zeitunterschied, der allerdings kaum so groß wie im Aarmassiv ist. Die konkordanten Bänder sind älter.

Anscheinend widerspricht obiger Auffassung eines Altersunterschieds von Erzgängen und Mineralklüften die Tatsache, daß sich auch in den Mineralklüften Erze finden. Doch kommen in Mineralklüften Erze, Baryt etc. nur da in größerer Menge vor, wo in der Nähe ältere, manchmal nur kurze und meist zertrümmerte Erzgänge verliefen, deren Material von der Kluftlösung ausgelaugt wurde und so in die Mineralkluft gelangte (z. B. Cornera, Lukmanierschlucht, Grieserntal).

In der Gegend des Riedertobels, und in dem benachbarten von *E. Hugi* (loc. cit.) eingehend studierten Wasserstollen des Kraftwerkes Amsteg und auf dem ganzen Westhang des Bristenstocks sind zahlreiche Erzgänge. Wegen der zwischen Gang und Nebengestein wechselnden Festigkeitsunterschiede sind in ihnen ebenso wie in

abgesehen). Die Mineralien in ihnen sind zumeist unverletzt. Während ihrer Auskristallisation fanden stellenweise noch schwache Bewegungen statt, durch die häufig größere Quarzkristalle zerbrochen wurden. Diese Bruchflächen sind mehr oder minder verheilt, Zeolithe, Chlorit etc. öfters darauf abgesetzt. Hierbei waren aber in den Zentralalpen[7]) die Erdbewegungen so schwach, daß nur große Kristalle von mehr als 10 cm Länge von dem Mutter-

---

den karbonischen Pegmatiten zur Tertiärzeit Klüfte aufgerissen. In diesen findet sich die jungtertiäre, unverletzte, alpine Paragenese. Die Pegmatite und Erzgänge im Aaremassiv zeigen dagegen, soweit ich beobachten konnte, Spuren merklicher Pressung (vgl. auch p. 84, Nr. 4). Daß in ihnen sich größere offene Klüfte über die Tertiärzeit hätten halten können, ist unmöglich. Dagegen wäre nicht ausgeschlossen, daß unter den von *Hugi* untersuchten Erzgängen vielleicht auch ein jungtertiärer, gar nicht gepreßter Gang vorkommt. Die an der Westseite des Bristenstocks zu Tage tretenden oder sonst zugänglichen Erzgänge sind, soweit ich sie beobachten konnte, gepreßt. Bezüglich des Erzgangs an der „Stube" könnte man im Zweifel sein; doch die Erze scheinen auch da gepreßt zu sein. Umkrystallisation des Erzgangmaterials zur Zeit der alpinen Mineralbildung kommt gelegentlich vor.

Die Erzarmut der alpinen Eruptivprovinzen, die *P. Niggli* und nach ihm *R. L. Parker* hervorheben, scheint mir z. T. mit dem chemischen Charakter der meisten alpinen Granite und mit deren Lagerung zusammen zu hängen, nicht nur durch die Bedingungen im Geosynklinalgebiet verursacht zu sein. Auch die Granite von Baveno, Alzo, Striegau, Skye, viele Granite des Fichtelgebirges usw. haben keine Erzgänge im Gefolge. Andererseits ist gelegentlich ein Bezirk, z. B. im Aaremassiv die oben erwähnte Westseite des Bristenstocks, sehr erzreich. Die Mehrzahl der dortigen Erzgänge steht nach meinen Beobachtungen mit basischen Eruptiva, jetzigen Amphiboliten und Hornblendeschiefern im Zusammenhang. Ob schon damals die Alpengegend Geosynklinalgebiet war, bleibe dahingestellt. — Einige Erzgänge, die im Wasserstollen von Amsteg angeschnitten wurden, stehen nach Hugi zur Graniteruption in Beziehung.

Wo im Gestein Erze primär nur in ganz geringer Menge ausgeschieden wurden (z. B. Granit des Tiefengletscher), sind in der Mineralkluft auch nur wenige Erzkristalle (vgl. p. 113, 114) zu beobachten.

[7]) Das beweist, daß stärkere Spannungen in den Alpen und im Untergrund nach den letzten großen tektonischen Bewegungen nicht zurückgeblieben sind. Wenn z. B. in der Gegend von Zermatt u. a. kleine schwache Erdbeben vorkommen, so ist das m. E. entweder der durch die Erosion gestörten Isostasie oder einem langsamen Wiederaufleben der orogenetischen Prozesse zuzuschreiben.

Merkwürdig ist, daß die Bruchflächen der zerbrochenen Quarzkristalle in den Mineralklüften der verschiedenen Massive alle ungefähr in ähnliche Weise ausgeheilt sind. Stets ist die Ergänzung durch kristallographische, bisweilen allerdings noch gerundete Flächen vorhanden. Selten geht die Ergänzung bis zur Ausbildung des einfachen normalen Habitus und der Bildung von Zweispitzern. Die zur Ausheilung niedergeschlagene Masse beträgt höchstens $^1/_{30}$ derjenigen des zerbrochenen Kristalls. Dies läßt vermuten, daß die Bewegungen, welche die Quarzkristalle von den Kluftflächen losbrachen, überall etwa zur gleichen Zeit und zwar gegen Ende der Quarzausscheidung stattfanden. — Später haben nennenswerte plötzliche Erschütterungen oder Pressungen überhaupt nicht stattgefunden.

gestein losbrachen. Später sind Kristalle äußerst selten losgebrochen. Zusammengedrückte Mineralklüfte gibt es heute fast nur da, wo durch Erosion Felsmassen sich loslösten, und das Gestein dadurch zertrümmert wurde.

C. Form und Lage der Mineralklüfte.

Über die Lage der größten Begrenzungsflächen der Mineralklüfte läßt sich folgendes sagen: Sowie irgend eine Druckschieferung im Sediment- oder Eruptivgestein wahrnehmbar ist (mag sie im Sediment mit einer primären sedimentären Schichtung zusammenfallen oder nicht), so liegt die Kluftebene in der Normalen auf der Schieferungsebene. Die Kluftebene ist gegeben durch die beiden größten, einander ungefähr parallelen Begrenzungsflächen der Kluft, die man oft als Ebenen auffassen kann. Die zweite Gerade oder zweite Richtung, durch die dann die Kluftebene eindeutig bestimmt wird, ist die Normale auf die bisweilen sichtbare oder schwach angedeutete zweite Schieferung oder Nebenplattung. In den mittleren Teilen des Aare- und Gotthardmassivs steht auch diese Ebene meist vertikal. Demnach liegen dort die Klüfte mit der Ebene ihrer größten Ausdehnung nahe horizontal ($\pm 15^0$). Steht die zweite Schieferung nicht vertikal, so gilt doch häufig, daß die Schnittlinie der beiden Schieferungsebenen senkrecht zu der in der Hauptschieferungsebene gezogenen Horizontalen steht. —

Sind die Mineralklüfte ellipsoidisch, so liegen meist die größte Axe a, und wie oben erwähnt, oft die beiden größeren Axen a und b des Ellipsoids nahezu horizontal. —

An den Stellen der Massive, an denen intensive Faltung, d. h. stärkerer örtlicher und zeitlicher Wechsel der Druck- und Bewegungsrichtungen stattfand, sind die größeren Mineralklüfte recht selten. Offene Spalten konnten sich nur da halten, wo das Gestein größeren Druckschwankungen nicht ausgesetzt war; denn die Klüfte sind durch eine auf größere Strecke gleichmäßige Druckdifferenz zwischen zwei zueinander senkrechten Richtungen bedingt. Die Klüfte bedingen eine schwache Aufwölbung des Gesteins, also einer Verkürzung desselben in Richtung des stärkeren Druckes. —

Fast alle Risse, die senkrecht stehen zu den beiden Ebenen paralleler Absonderung, der eigentlichen Schieferung und der schwächeren Bankung oder Plattung, enthalten kristallisierte Mineralien, auch wenn sie sehr klein sind. Die zahlreichen Risse in anderer Richtung sind ohne Mineralien, sie sind demnach wahrscheinlich später entstanden, nachdem durch Erosion und Rutschung

das Gleichgewicht der Gesteinsmasse gestört war und neue Kräfte wirkten, zu einer Zeit, als das Gestein abgekühlt war, und warme Lösungen nicht emporstiegen.

D. Differentiation der zentralalpinen Mineralassoziationen.

Die Differentiation der Mineralien[8]) in den Klüften, die im folgenden durch Beispiele erläutert wird, ist eine komplexe Erscheinung.

Man kann Typen der Differentiation der alpinen Lagerstätten nach phänomenologischen und nach kausalen Gesichtspunkten aufstellen. Hier ist ersteres versucht worden. — Das Bild ändert sich mehr oder minder stark, wenn die relative Menge des betreffenden Minerals in den Klüften stark wechselt.

Typus 1 der punktförmigen Differentiation. Einige Erze wie *Galenit, Sphalerit* (vgl. p. 113) kommen selbst in ganz großen Klüften und auch bei großer Menge nur in wenigen Kristallen oder Klumpen vor. Es ist nur ein anderer Ausdruck für dieselbe Tatsache, wenn man hervorhebt, daß diese Mineralien große Kristalle zu bilden streben.

Die erste Ursache für diese Anhäufung ist vielleicht Auskristallisation des Minerals an der Stelle, wo im Gestein an der Kluft ursprünglich ein etwas größeren Korn saß, das die Kristallisationsverzögerung aufhob. Dieses bildete den Ansatzpunkt für gelöste Moleküle oder Ionen. Die Moleküle waren z. T. kolloidal

[8]) Die Sonderung oder Differentiation der Mineralien kann etwa folgendermaßen definiert werden:

Die Differentiation ist die statistisch festzustellende Abweichung der Verteilung der einzelnen Mineralien auf der Aufwachsstelle von der durch das Wahrscheinlichkeitsgesetz gegebenen. Hierbei ist die Masse der betr. Mineralgattung auf einzelnen gleich großen Flächenstücken (endliche Elemente, Einheiten, die klein sind verglichen mit der ganzen Kluftfläche), am besten Quadraten, festzustellen. Die Zahl der darauf befindlichen Kristalle soll groß sein. Für viele praktische Zwecke genügt indes eine Zahl, die über 20, mitunter schon eine, die über 3 hinausgeht. Trägt man die Zahl der Flächeneinheiten, die eine bestimmte Masse des Minerals aufweisen, als Ordinate, die Masse μ des Minerals pro Flächeneinheit als Abszisse auf, so muß sich bei gleichmässiger Verteilung die bekannte Wahrscheinlichkeitskurve $A \cdot e^{-\mu^2 p^2}$ ergeben, worin A und p Konstanten sind. Trägt man anderseits die quadratisch zu nehmenden kleinen Flächenstücke, die sich längs einer beliebigen Linie kontinuierlich aneinanderschließen als Abszisse und die Masse pro Flächenelement als Ordinate auf, so muß die Kurve eine regellos verlaufende Zickzacklinie sein, deren Mittelwerte sich schon für wenige Flächen (oder Linien) -Elemente nicht stark von dem gesamten Mittelwert unterscheiden dürfen.

gelöst und weisen eine große Kristallisationsverzögerung auf. War auch nur ein kleiner Kristall an der Wandung ausgeschieden, so schlossen sich dort Moleküle derselben Art an. Elektrische Ströme mögen diesen Vorgang, soweit Ionen und keine kolloidale Lösung in Frage kamen, beschleunigt haben.

Typus 1 a der pseudopunktförmigen Differentiation. Einige Mineralien neigen ebenfalls zu punktförmiger Anhäufung, wenn sie in der Kluft selten sind, also geringe Konzentration in der Lösung haben. In größerer Menge aber sind sie bisweilen anders differentiert. Zu diesen gehören: *Scheelit, Chalkopyrit, Ilmenit, Datolith, Zirkon, Perowskit, Baryt, Strontianit, Coelestin* (vgl. p. 113 ff.). Die drei erstgenannten stehen Typus 1 nahe. *Fluorit* (vgl. p. 116) steht zwischen Typus 1 a und 5, *Hämatit* (vgl. p. 116) zwischen 1 a und 2.

Typus 2 der flächenförmigen Differentiation. Das betr. Mineral ist nur auf einen Teil der Kluftfläche konzentriert. Auf einem solchen Flächenstück sind die Kristalle ziemlich gleichförmig verteilt und von nicht sehr verschiedener Größe. Nur gegen den Rand der Konzentrationsfläche werden sie seltener. An andern Stellen der Kluft fehlen sie fast vollständig oder gänzlich.

Man hat Übergänge zur punktförmigen Differentiation von 1 insbesondere dann, wenn die Mineralien selten sind, d. h. ihre Konzentration in der Lösung niedrig ist. — Die Kristalle von Typus 2 überschreiten eine gewisse mittlere Größe nicht, bilden auch keine zusammenhängenden Klumpen. Hierher gehören u. a. Mineralien, die in Formen kristallisieren, die nach einer Axe gestreckt sind: *Danburit* (vgl. p. 91, Nr. 6), *Xenotim* (vgl. p. 88, Nr. 2 und 2 a), *Beryll*, wohl auch *Phenakit, Antimonit*, teilweise auch *Anhydrit* (vgl. p. 116), *Turmalin* (vgl. p. 116), *Epidot* (vgl. p. 117), *Hornblendeamianth* (vgl. p. 117), dann aber auch *Pyrit* (vgl. p. 114), *Magnetit, Anatas* (vgl. p. 118), *Brookit* (vgl. p. 118), *Axinit* (vgl. p. 89, Nr. 1), die meisten *Zeolithe* (vgl. p. 123), wie *Desmin. Chabasit, Heulandit, Skolezit, Apophyllit, Faujasit, Milarit* (der durchaus zeolithähnlich ist).

Die langgestreckt kristallisierenden Mineralien haben Neigung, ein lockeres Haufwerk, aber nicht Klumpen, zu bilden. —

Apatit (vgl. p. 91 und 99) steht zwischen diesem Typus und 5, *Adular* ist differentiert nach Typus 2 und 4. — *Pyrit, Prehnit* stehen zwischen Typus 1 a und 2. — Bei der flächenförmigen Differentiation sind die Moleküle in der Lösung entgegen den Diffusionskräften gewandert; die Ursache ist noch unbekannt.

Typus 3 der streifenförmigen Differentiation ist durch wechselnde Gesteinszusammensetzung bedingt. Die Mineralien, deren Löslichkeit nicht sehr groß ist, die aber zur Umkristallisierung und Bildung größerer Kristalle neigen, zeigen die Abhängigkeit ihres Auftretens von der Zusammensetzung der Anwachsstelle sehr deutlich.

Die streifenförmige Differentiation ist also eine Sonderung, bedingt durch stark verschiedene Zusammensetzung des Gesteins an der Kluft. So sind z. B. auf leukokraten Lagen eines Gesteins der Tremolaserie Albit und auf melanokraten Ripidolith streng gesondert auskristallisiert. In diesen Fällen schieden sich die gelösten Moleküle oder Komplexionen da ab, wo im Gestein dieselben oder nahe verwandte Verbindungen in größerer Menge kristallisiert waren. Manchmal sind die Gesteinsmineralien vorher durch die Lösungen bei höherer Temperatur umgewandelt, z. B. Biotit in Chlorit oder Hornblende in Epidot. Chlorit bezw. Epidot sind dann auf diesen Gesteinsmineralien aus der Lösung als Kluftmineral auskristallisiert. Es gibt alle Übergänge zwischen einfacher Umkristallisation in situ und Herbeiwandern der gelösten Moleküle von entfernten Stellen der Kluft zu den Gesteinsstellen der Kluftfläche, in und an denen das betr. Mineral reichlich vorhanden ist: *Albit* (vgl. p. 108 und 107), *Epidot* (vgl. p. 107, Nr. 5 und 6), *Hornblendeamianth, Granat* (vgl. p. 109 ff., Nr. 1 und 2), *Idokras* (vgl. p. 111, Nr. 2), *Ripidolith* (vgl. p. 106 und 101), *Pennin* (vgl. p. 110, Nr. 2), *Diopsid* (vgl. p. 111, Nr. 2), daneben auch *Sphen* (vgl. p. 106, Nr. 1), *Chlorit* (vgl. p. 91 und 121) sind auch Mineralien der streifenförmigen Differentiation. Sie zeigen bei gleichmäßiger Gesteinsbeschaffenheit oft eine nicht gerade stark ausgeprägte Sonderung nach Typus 2, Albit auch noch nach 4.

Typus 4 der räumlichen Differentiation. Die räumliche Differentiation in einer Kluft betrifft vor allem die in größerer Menge auftretenden, in ihrer Löslichkeit vom Kohlensäuregehalt der Lösung stark abhängigen Mineralien, so *Quarz, Calcit,* in geringerem Maße *Adular* (vgl. p. 90, Nr. 2, und p. 91, Nr. 5) und noch weniger *Albit.*

Die Mineralien dieser Gruppe haben Neigung, große, derbe Massen, sog. Band, zu bilden. Diese Differentiation erfolgt in größeren, oft in gebogenen Klüften, in verzweigten Klüften, in Kluftsystemen und in Klüften mit starkem Wechsel der Querdimensionen (vgl. p. 90, Nr. 2, p. 88, Nr. 2, p. 83, Nr. 1). Sie betrifft häufige und in andern Klüften gleichmäßig verteilte Mineralien. Als Ursache kommen verschiedene Konzentrationen der Lösung und

verschieden rasche Abkühlung in Frage. Vor allem aber folgendes: Die Kohlensäure oder andere gasformige Bestandteile entweichen an einem undicht gewordenen Ende der Kluft bei der Abkühlung und beim Aufhören der Zufuhr der Gase aus der Tiefe. Dies verursacht infolge langsamer Diffusion der Kohlensäure in den schmalen, aber flächenhaft weit ausgedehnten Klufträumen Unterschiede in der Konzentration (Partialdruck) an dem betreffenden Bestandteil, z. B. Albitmolekül. Wenn z. B. der Kohlensäuregehalt an einer Stelle der Kluft anders ist als an einer andern, so sind an dieser, wie die synthetischen Versuche verschiedener Forscher zeigen, die Lösungs- und Ausscheidungsbedingungen für Calcit und auch für Quarz und manche Silikate geändert. Dadurch kann also Differentiation der Paragenese zustande kommen. An den Ecken, wo die Kohlensäure zuerst zuströmt oder entweicht, ist auch die Abkühlung der Lösung vom Gestein aus am stärksten. Außerdem macht sich vielleicht die Eckenwirkung geltend, eine bei Kristallisation im Laboratorium leicht zu beobachtende Anhäufung der festen Materie in den Ecken des Gefäßes. So scheiden sich in den Ecken der Kluft vorzugsweise der derbe Quarz (sog. Quarzband), derber Calcit u. a. aus. Die Ausscheidung des Quarz und Calcit konnte die Ausfüllung anderer Lösungsgenossen, z. B. von Fluorit (p. 83, Nr. 2), Apatit (p. 88, Nr. 1), Galenit (p. 83, Nr. 2), selten von Anatas, Monazit, Pyrit bewirken. Für diesen Fall der Bildung derber Massen trifft vielleicht die Ansicht von *W. Maucher* über plötzliche Ausscheidung (Bildungsreihe der Mineralien, Freiberg i. Sa. 1914) einigermaßen zu, für die gut kristallisierten Mineralien in alpinen Klüften dagegen nicht. Sonst wäre z. B. die Differentiation des Typus 2 nicht verständlich. Doch auch für das Quarzband sind statt Sekunden eher Jahre für die Ausscheidungsdauer anzunehmen. Die Zeitdauer für die Auskristallisation aller Mineralien einer Kluft möchte ich auf 10^2 bis 10^4 Jahre veranschlagen. Die Lösungszeit fällt damit nahezu zeitlich zusammen, ist nur wenig länger; denn die Umkristallisation beginnt sehr bald. —

Typus 4 a. Die Differentiation in einander benachbarten Spaltrissen verursacht die mitunter zu beobachtende Verschiedenheit der Mineralassoziationen von „Ober"- und „Unter"-Seite einer Museumsstufe. Diese Differentiation betrifft Mineralien fast aller Gruppen (vgl. p. 87, Nr. 1 a, p. 90, Nr. 1, p. 95 oder p. 99, Nr. 1, p. 106, Nr. 1).

Die Nebenklüfte sind zu andern Zeiten aufgerissen und zwar später wie die Hauptkluft, als infolge gesunkener Temperatur nur

mehr die späteren Mineralien, z. B. Hämatit oder Chlorit, Zeolithe u. s. w. gelöst waren. Aus dem Nebengestein wurde dann nur noch der Stoff zu diesen Mineralien entnommen. Häufiger ist wohl der Fall, daß die Lösung aus der Hauptkluft, die nur mehr die späteren Mineralien gelöst enthielt, in die neu geöffneten Nebenrisse eindrang. Mitunter riß oder spaltete sich ein Gesteinsstück an der Hauptkluft, und kann deshalb an zwei anstoßenden Grenzflächen etwas verschiedene Assoziationen haben.

Eine weitere Ursache für die Verschiedenheit der Mineralassoziationen in der Hauptkluft und in den Nebenrissen könnte folgendes sein: Die Lösungen in den Mineralklüften waren wohl nicht ganz gesättigt; sie wirkten nur eine bestimmte Zeit bei der hohen Temperatur auf das Gestein ein. Dabei konnte in den kleinen Rissen, deren Gesteinsoberfläche verglichen mit dem Rauminhalt größer ist als in den Hauptklüften, die Konzentration an manchen aus dem Gestein gelösten Bestandteilen auch größer werden und an Kohlensäure kleiner sein als in der Hauptkluft. Das mußte Menge und Art der betreffenden ausgeschiedenen festen Substanzen beeinflussen. Man findet z. B. häufig, daß Quarz vor allem in der Hauptkluft, die Feldspäthe in den Nebenrissen auftreten.

5. *Gleichmäßige undifferentierte Verteilung und Höhendifferentiation.* Zu den Mineralien, die wenig Neigung zur Differentiation zeigen, gehören insbesondere *Sphen* (p. 101, Nr. 8), *Chlorit* (p. 121). *Muskovit* steht zwischen diesem Typus und Typus 2. Diese Mineralien haben vielfach keine gut ausgebildeten Kristallflächen. Sie schieden sich meist schwebend aus der Lösung aus. Sie sind daher oft durch Schwerkraftswirkung differentiert und dann nur auf der unteren Fläche der Kluft anzutreffen. Chlorit und Sphen unterliegen bei verschiedenem Wechsel in der Gesteinszusammensetzung auch der streifenförmigen Differentiation. Ihre Moleküle wandern in größerer Menge nicht weit; ihre Löslichkeit ist daher wohl gering. Diese Mineralien füllen auch den Hohlraum als „Sand" (vgl. p. 101). Sie sind stabil im Sinne des Phasengesetzes.

Im Kluftsand, also schwebend gebildet, findet man noch gelegentlich *Rutil* (vgl. p. 119 u.), *Antimonit*, *Calcit* (vgl. p. 105 ob.), *Quarz* (vgl. p. 97 ob.), *Siderit* (vgl. p. 117), sehr selten *Apatit* (vgl. p. 122), *Turmalin* (vgl. p. 116), *Faujasit* (vgl. p. 123). Der *Quarz* ist bisweilen groß und kommt in Gruppen vor. *Siderit* steht zwischen Gruppe 4 und 5, *Turmalin* zwischen 3 und 5. Diese letzteren Mineralien zeigen die Höhendifferentiation sehr selten und in kaum

merklichem Maße.[9]) Die drei erstgenannten Mineralien, sowie Siderit, Apatit und Quarz kommen hauptsächlich im Sericitphyllit schwebend vor, Calcit auch in Amphibolschiefern des Aaremassivs, Adular, Apatit, Sphen vor allem im Aaresyenit, Albit wohl nur im Cristallinagranit am Piz Miez.

Die schon oben erwähnten Ursachen der Differentiation in den alpinen Klüften seien hier nochmals kurz zusammengestellt:

1. Bildung einzelner großer Kristalle, wahrscheinlich infolge starker Kristallisationsverzögerung der betr. Moleküle in der Lösung, mitunter vielleicht begünstigt durch Ionenwanderung und elektrische Ströme. Typ. 1.
2. Ungleichmäßige Verteilung accessorischer kleiner Gesteinsmineralien im sonst einheitlichen Gestein, die als Ansatzpunkte für die Kristallisation der Kluftmineralien dienen. Typ. 1 und 1 a.
3. Wechsel in der makroskopischen Gesteinszusammensetzung, der für langsam diffundierende Moleküle große Unterschiede in der Verteilung der Kluftmineralien bewirkt. Typ. 3.
4. Schwerkraftwirkung auf Mineralien ohne starke Kristallisationsverzögerung, die sich auch schwebend ausscheiden können. Typ. 5.
5. Lokale Unterschiede in einer Kluft: Entweichen der Kohlensäure an den Rändern der Kluft bei Aufhören der Zufuhr aus der Tiefe, vielleicht auch zeitweise verstärkter Zufluß von da aus, raschere Abkühlung der Lösung vom Gestein her, da wo die Klufthöhe am niedrigsten war und vor allem in den Ecken. Typ. 4.
6. Zeitunterschiede beim Aufreißen benachbarter Spalten und dadurch verschiedene physikalische und chemische Bedingungen bei der Ausfüllung der Kluft mit Lösungsmitteln und bei der Auskristallisation der Mineralien in dem Spaltensystem. Typ. 4 a.

Die Ausscheidung mehrerer Mineralien einer bestimmten Assoziation an *einer* Stelle der Kluft kann auch erfolgen, wenn für ein *einziges* Mineral der Assoziation die Ausscheidungsbedingungen an der betreffenden Stelle günstiger waren. Andere Mineralien schließen sich dem ersten an, wenn z. B. gegenseitige Lösungsbeeinflussung, Gemeinsamkeit eines Ions u. s. w. statthat. — Um-

[9]) Gelegentlich beobachtet man eine Höhendifferentiation der kristallographischen Ausbildung. Es kommen bisweilen die gewundenen Quarzkristalle hauptsächlich oder nur an der oberen Kluftfläche im Aaregranit vor, so an einer Kluft am Plattenstock [Ia; 3 (I)] und am Sommerloch, Grimsel [Ia; 1 (II)].

gekehrt kann auch Ausscheidung einer Komponente bewirken, daß an dieser Stelle dem Massenwirkungsgesetz entsprechend die andern Komponenten und Moleküle länger in Lösung bleiben. — Die Folgen rascherer Auskristallisation eines in größerer Menge gelösten Minerals an einer Stelle sind also recht verschiedenartig. Die Zuordnung der einzelnen Mineralien zu bestimmten Differentiationstypen ist daher noch nicht sicher gestellt. Man kann vorläufig nur folgendes sagen: Typus 1 und 1 a kommt mehr bei Mineralien mit einfacherem Molekül und von hochsymmetrischem Kristallbau zu Stande. Typus 2 und teilweise 3 werden hauptsächlich gebildet von Mineralien mit komplizierten Molekülen oder von Kristallen, die nach einer Axe gestreckt sind. Typus 3 ist stark bedingt durch die Differenzierung des Gesteines. Die Typen 4 und 4 a beruhen vor allem auf Eigentümlichkeiten der Kluft und der Lösung. Typus 5 ist verursacht durch Mineralien mit geringer Kristallisationsverzögerung, die häufig keine ebenen Flächen besitzen.

E. Größe der alpinen Kluftmineralien.

Die Größe eines Kristalls ist ein relativer Begriff. In den alpinen Klüften — das bedeutet in wässeriger Lösung relativ niedriger Konzentration zwischen 150° und 500° — hängt für ein bestimmtes Mineral die mittlere Größe vor allem von der Höhe der Kluft und der chemischen Zusammensetzung des Gesteins ab. Es kommt darauf an, wie viel Lösung für 1 cm² der Kluftfläche zur Verfügung steht, und ob diese Lösung mit dem betreffenden Bestandteil gesättigt ist. Für den Mittelwert der Größe des Kristalls ist neben den innern Eigenschaften noch maßgebend, ob das Temperaturintervall der Auskristallisation in der Lösung groß oder klein ist. Daß z. B. Danburit auch bei größerer Häufigkeit viele kleine, dagegen nicht wenige große, Kristalle bildet, ist wohl auf das kleine Intervall zurückzuführen. Dagegen nehmen z. B. Sphen, Chlorit, Mineralien des Differentiationstypus 5, ein ziemlich großes Intervall im Sukzessionsdiagramm ein, sind aber stets ziemlich klein, auch wenn sie in großer Menge in der Kluft vorhanden sind. Muskovit ist unter gleichen Bedingungen schon größer; Fluorit, Hämatit sind erheblich größer.

Neben der einmaligen Lösung konnte sich auch der länger dauernde Vorgang der Umkristallisation vollziehen und für die Größe maßgebend werden. Das betr. Molekül wurde aus den zerbrochenen, halb zersetzten Gesteinsmineralien gelöst und in großen

einheitlichen Kristallen niedergeschlagen. Die Korngröße beeinflußt bekanntlich die Löslichkeit in der Weise, daß in gesättigter Lösung größere Kristalle auf Kosten ganz kleiner Körner wachsen. Diese Vergrößerung scheint bei Adular und Albit öfters vorzukommen. Die mittlere Größe hängt von der Zeitdauer ab, während der Umkristallisation in merklichem Maß möglich war; sie wird stark beschleunigt, wenn etwa viele kleine Temperaturschwankungen statt haben: Letzteres ist hauptsächlich die Ursache, warum im Laboratorium Kristalle in gesättigter Lösung im Lauf der Jahre groß werden und schön ausgebildet sind. In diesem Fall erhält man eine Anzahl nahezu gleich großer Kristalle. — Die Löslichkeiten sind, wenn eine gewisse für den Kristall charakteristische Größe erreicht ist, kaum mehr verschieden. — Als Größe sei der Volumeninhalt, also die mittlere Längsausdehnung, nicht die Längsausdehnung des Kristalls nach einer Richtung definiert. Unter Berücksichtigung *nahe gleicher Bedingungen,* soweit wir diese heute übersehen, lassen sich die Mineralien alpiner Klüfte nach dem Mittelwert ihrer maximalen Größen etwa folgendermaßen ordnen: Calcit, Adular, Quarz, Albit, Galenit, Scheelit, Pyrit, Hämatit, Fluorit, Epidot, Magnetit, Prehnit (Aggregat), Ilmenit, Dolomit, Siderit, Sphen, Turmalin, Diopsid, Apatit, Kalktongranat, Kalkeisengranat, Idokras, Muskovit, Anhydrit, Rutil, Brookit, Anatas, Axinit, Danburit, Chabasit, Desmin (als Aggregat), Heulandit, Monazit, Xenotim, Skolezit, Faujasit, Hornblendeamianth, Chlorit. —

Die Ordnung nach dem Mittelwert der minimalen Größe der Mineralien fällt wieder anders aus, ebenso die nach dem Mittelwert ihrer mittleren Größen. Exakter kann man das folgendermaßen ausdrücken: Wenn pro 1 cm^2 der Fläche die darüber stehende Säule gesättigter Lösung von 0,1—1 g gelöster Substanz Kristalle liefert, ist die Größenreihe eine andere, wie wenn 5—10 g oder 100—200 g zur Verfügung stehen. — Für mittlere Mengen, sagen wir 2—10 g pro 1 cm^2, gilt etwa folgende Reihe: Galenit, Scheelit, Quarz, Fluorit, Adular, Albit, Calcit, Pyrit, Hämatit, Ripidolit, Apatit, Magnetit, Siderit, Sphen, Muskovit, Dolomit, Anhydrit, Epidot, Axinit, Brookit, Anatas, Milarit, Danburit, Desmin, Heulandit, Chabasit, Prehnit (Aggregat), Monazit, Xenotim, Prehnit (Einzelkristall), Skolezit, Rutil, Chlorit, Hornblendeamianth.

Die Größe desselben Minerals in einer einzigen Kluft kann wechseln. Verschiedene Kristalle von Sphen, Brookit, Albit, Pyrit, Fluorit, Magnetit, Galenit, Scheelit, Ilmenit, Siderit, Apatit, Granat, Muskovit, Idokras, Danburit, Monazit, Zeolithe haben meist ähn-

liche Größe. Dagegen sind Calcit, Epidot, Anhydrit, auch Quarz und Adular in derselben Kluft oft recht verschieden groß. — Die mittlere Größe gibt cet. par. Kristalle von größtem Flächenreichtum.

Für ganz kleine Mengen unter 1 g, aber über 1 mg pro 1 cm^2, lautet die Reihe etwa folgendermaßen: Galenit, Scheelit, Baryt, Fluorit, Sphalerit, Beryll, Phenakit, Ilmenit, Hämatit, Calcit, Adular, Albit, Magnetit, Siderit, Dolomit, Pyrrhotit, Magnetit, Pyrit, Apatit, Axinit, Diopsid, Desmin, Chabasit, Prehnit (Einzelkristall), Apophyllit, Idokras, Milarit, Heulandit, Danburit, Sphen, Muskovit, Talk, Ripidolit, Quarz, Brookit, Anatas, Xenotim, Anhydrit, Skolezit, Skapolith, Epidot, Chlorit, Rutil, Hornblendeamianth.

Unter anderen Bedingungen als denen der alpinen Mineralklüfte kann die Mineralgröße und die Größenreihe ganz anders sein. Aus etwas Wasser haltendem Magma, also über 1000°, kristallisiert in Tiefengesteinen Hornblende in großen Kristallen. Aus reichlicher Wasser haltendem Magma, etwa zwischen 400° und 800°, kristallisieren auch in alpinen Pegmatiten Muskovit, Turmalin in erheblich größeren Kristallen als in den Mineralklüften. In beiden Fällen war wohl die Konzentration der Lösung höher. Doch gibt es Mineralklüfte mit viel Hornblendeamianth und -asbest oder viel Turmalin oder auch reichlichem Muskovit, ohne daß trotz der nahe gleichen Konzentration wie bei den Pegmatiten diese Mineralien annähernd die Größe der Pegmatitmineralien erreichten. Hier war die Temperatur entscheidend und bedingte wohl größere Fluidität der Lösung und damit größere Kristalle.

F. Beschaffenheit einiger Mineralklüfte mit besonderer Berücksichtigung der Differentiation.

Fundorte nach Gesteinen geordnet.

Ia. Granite, Eruptivgneise und Mischgneise mit mehr als 67 % SiO_2.

a) Normaler Aaregranit und Montblancgranit.

1. Die Verteilung von frischem Gestein, zersetztem Gestein und derbem Quarz, sog. Quarzband, im Aaregranit ist nach einer Kristallkluft am Plattenstock [I a; 3' (I)], in der gewundener Rauchquarz gefunden wurde, gezeichnet. Randlich ist rings die Kluft größtenteils mit Quarzband ausgefüllt, während in der Mitte, in der eigentlichen Kristallhöhle (Fig. 1), die dort etwa 1,5 × 2 m Fläche, 40 cm Höhe hatte, die Kristalle auf dem zersetzten Gestein aufgewachsen sind. —

In vielen Klüften des Aaregranit zieht sich das Band überall an der Kluftwandung entlang, auch ohne den Hohlraum ganz auszufüllen, und ist dann in der Mitte gegen den Hohlraum von schönen Quarzkristallen begrenzt, auf denen die späteren Mineralien auskristallisierten. Kleine neben der Kluft gelegene Risse sind häufig ganz von Quarzband ausgefüllt. In manchen Klüften liegt derber Calcit in größeren Massen in und neben dem Quarzband als Calcitband.

In manchen Fundorten ist das Band auf der einen Seite der Kluft farblos, auf der andern je nach der Höhe des Fundorts ü. d. M. mehr oder minder dunkelbraun gefärbt. Auch der unveränderte Quarz des Gesteins zeigt überall, auch fern von Mineral-

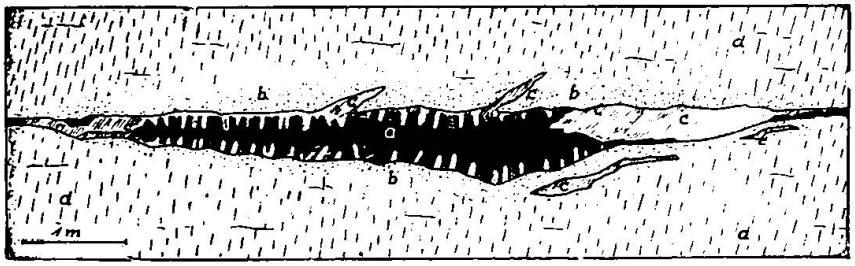


Fig. 1. Kluft am Plankenstock.

a. Höhlung. Auf den Kluftwänden oben und unten sind die Mineralien, hauptsächlich Quarz, angewachsen. Der Hohlraum ist z. T. von Chlorit und etwas Calcit ausgefüllt, zum größern Teil aber leer. *b.* Zersetztes Gestein. *c.* Derber Quarz „Quarzband" in der Kluft an den Ecken und in kleinen parallel der Kluft verlaufenden Rissen. *d.* Frisches Gestein.

Alle Zeichnungen stellen, soweit das nicht anders angegeben ist, Vertikaldurchschnitte dar.

klüften, eine dunklere Färbung, wenn sich in Klüften Rauchquarz findet. (Das gilt auch für den Pegmatit von Striegau.) Rings um die Kluft ist stets das Gestein zersetzt, und zwar um so stärker und in um so größerer Ausdehnung, je höher die Kluft, also je größer die auf dem cm^2 Gesteinsoberfläche der Kluft wirkende Masse des eingeschlossenen Lösungsmittels war.

2. Der Fundort am Fuß des Schneestocks [1' (III)] im etwas aplitischen Aaregranit zeigt eine Anzahl schmaler Risse mit deutlicher Sonderung der Mineralien. In der obersten, schmalen, kurzen Spalte: Quarz mit Bleiglanz; in der längsten Spalte: hellbrauner Quarz mit rotem Fluorit; darunter eine Spalte mit derbem Quarz und rotem Fluorit. Etwas weiter unterhalb ein kurzer Riß mit einigen Quarzkristallen, grünem, blauem und rotem Fluorit. Die Spalten und Bänder stehen wohl in Zusammenhang.

Der Fluorit ist hier, wie anderswo, vielfach korrodiert, mit rauher Oberfläche. Die sog. Korrosion der Mineralien z. B. von Fluorit, aber auch von Quarz, scheint mir nicht von Auflösung herzurühren; denn es sind meist Löcher im Kristall. Abrundung der Flächen ist viel seltener. Bei Fluorit ist z. T. Calcit ein Wachstumshindernis gewesen, das ist aus den Flächeneindrücken mit der charakteristischen Streifung deutlich zu ersehen. Die Löcher dagegen dürften hier wie beim Quarz von dicht gepackter Chloritmasse verursacht sein, den das fortwachsende Mineral von der Seite her zusammendrängte und in einzelne Säulen auflöste und umschloß. Der rote Fluorit hat rauhere Flächen als der grüne.

3. Mancherorts an der Grimsel haben die Klüfte im Aaregranit keine große Flächenausdehnung, sind aber verhältnismäßig hoch, besitzen annähernd die Gestalt eines Rotationsellipsoids (a : c = 1 : 5).

4. In dem Protogin bei Holzbühl im Fellital bemerkt man viele schmale, sich kreuzende Adern, die in der Mitte derben Quarz mit etwas Pyrit, randlich aber gepreßten Epidot enthalten und die wohl zeitlich Vorläufer der mineralführenden Klüfte waren und noch Pressung unterlagen.

5. Die an Apatit reichen Klüfte im Aaregranit durchsetzen meist ein dunkles lamprophyrisches Ganggestein (z. B. [I a. 3' (I bis V)]).

6. Das Amethystvorkommen am Vorderen Zinkenstock [9 (I)] gehört zu den gemischten Assoziationen. Die Mineralkluft durchsetzt den stark geschieferten Granit und trifft an einem Ende ein melanokrates Ganggestein, dessen Ebene größter Ausdehnung einen Winkel von etwa 45° mit der Ebene der heutigen Schieferung bildet. Es ist bemerkenswert, daß dagegen die Aplitgänge des Granits zumeist unter steilerem Winkel (mehr senkrecht) zur heutigen Schieferung verlaufen. Diese muß also schon in der Zeit nach dem Aufreißen der Spalten für die melanokraten Ganggesteine und vor der Entstehung der aplitischen Gänge zum ersten Mal angedeutet gewesen sein. Die neben Rauchquarz auch Amethyst, Eisenspat und Eisenocker führende, enge Kluft sitzt mit ihrem einen Ende gerade noch in dem melanokraten Gang auf. Dicht daneben erreicht eine andere kleine Kluft den Gang nicht mehr; sie führt nur Rauchquarz, daneben aber ebenso wie die Amethystkluft etwas Eisenspat und Eisenocker, aber in geringerer Menge als erstere. Die Eisenverbindungen sind in der Amethystkluft aus der Zersetzung des Pyrits des Ganggesteines und des glimmerarmen aber pyritführenden,

stark geschieferten Protogin hervorgegangen und wohl erst nach der Quarzausscheidung langsam auch in die Nebenspalte eingedrungen und konnte da nicht mehr auf den Quarz färbend wirken. — Die Schweizer Amethyste sind besonders lichtempfindlich.

7. Im Montblancmassiv zeigen die Klüfte, welche die Association 1' des H. V. führen, eine völlige Übereinstimmung mit den im Aaregranit beschriebenen.

8. Am bekannten Fundort von grünem Fluorit und schöner Zeolithe vom Gibelsbach[10]) sieht man viele kleine Klüfte in einem quarzitisch-aplitischen, massig aussehenden Gestein, wohl einem Ganggestein, das scheinbar schwächer wie die umgebenden, jetzt gneisartigen Gesteine, aber doch mehrfach gepreßt und dynamometamorphosiert wurde. Die Pressungs- oder genauer Verschiebungsflächen des Gesteines fallen nach Norden unter 50°, die meisten Klüfte sehr steil unter etwa 80° nach SW. ein. Die verschiedenen Klüfte oder Risse zeigen starke Differentiation. Einige derselben sind völlig von grünem Fluorit erfüllt, auf dem häufig, aber nicht immer, die von dort bekannten Zeolithe, Desmin und Heulandit, sitzen. Die beste Ausbeute gewährte eine in der Wand liegende, schwer zugängliche, größere Kluft, in der neben obgenannten Mineralien auch Chabasit und Laumontit aufgewachsen sind. Pyrit ist klein und selten. — Viel häufiger als die Fluoritrisse sind die nur mit Zeolithen gefüllten Risse; sie sind 1 mm oder noch weniger hoch, aber oft weit ausgedehnt. In vielen findet sich nur Desmin; in manchen nur Heulandit. Die Desminklüfte fallen meist unter 40° nach SE. Etwas weiter unten führen zahlreiche, etwa 2 bis 10 mm hohe Klüfte kleine, kurze, z. T. weiße Quarzkristalle. Auf diesen liegt meist Desmin. — In einigen Klüften sitzt auf Quarz grüner Fluorit.[11]) Die quarzführenden Klüfte sind wohl die häufigsten. — Die Kristallsucher haben aber fast nur die schönen Stufen mit dem wenig differentierten Vorkommen aus der großen Kluft zum Verkauf gebracht.

In ganz dünnen Klüften von etwa ½ mm Höhe ist scheinbar die ganze Gesteinsgrenzfläche, also wohl der Orthoklas des Aplit, in Heulandit umgewandelt.

Adular und Albit treten in quarzführenden Klüften, aber auch da nur selten, auf; sie sind zum Teil deutlich später als der Quarz,

[10]) Der Ort liegt an dem „i" von Gibelsbach auf der Überdruckkarte 1 : 50000, Oberwallis, von 1893.

[11]) Die grüne Farbe des Fluorit vom Gibelsbach ist nicht lichtbeständig, im Gegensatz zu der grünen Farbe des Fluorit von Brienz.

was allen sonstigen Beobachtungen widerspricht. Bei etwa 5000 alpinen Mineralklüften, die der Verf. gesehen hat, kam das nur etwa zehnmal vor.

Weiter oben am Bach auf der Westseite finden sich kleinere und größere Klüfte mit Quarzband und sehr viel Desmin, mitunter noch Heulandit. Weiter oben sind die Klüfte hauptsächlich mit mächtigen Desminkrusten besetzt; alle liegen in einem aplitisch-granitischen Gestein.

Das ganze Vorkommen entspricht nicht mehr völlig dem Typus der normalen alpinen Mineralklüfte. Man möchte eher annehmen, daß die Lösungen hier auch mineralische Bestandteile aus der Tiefe gebracht haben. Für diese Annahme spricht, daß in dem benachbarten Altenbachtal in einem basischen, ehemals wohl hauptsächlich aus Plagioklas und Hornblende bestehenden, tuffartigen Gestein (etwa 250 m über Lax), Desmin, Fluorit, Heulandit sich ähnlich wie am Gibelbach findet; sie sind aber weniger schön ausgebildet.

b) Östlicher Aaregranit des Fellitals und Pressungszonen im normalen Aaregranit.

Die verschiedenen Fundorte von Quarz und Hämatit zeigen ähnlichen Typus.

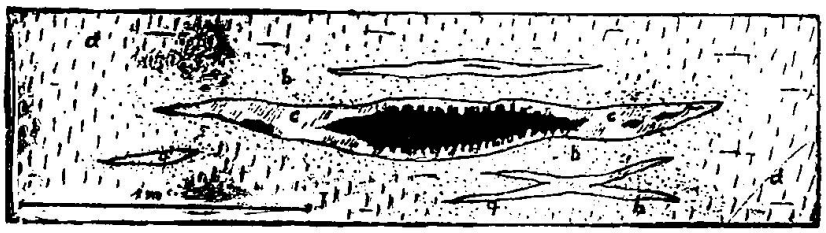


Fig. 2. Kluft am Fedenstock.

a. Höhlung. Auf der Kluftwand Kristalle von Quarz, Hämatit. Chlorit stellenweise in der Kluft. *b.* Zersetztes Gestein. *c.* Quarzband. *d.* Frisches Gestein. *q.* Parallelriß mit Quarz. *q'* Riß mit Quarz und Hämatit. *h.* Riß nur mit Hämatit.

1. Fig. 2 zeigt eine Kluft am Fedenstock [4' (III)]. Die Hauptkluft ist größtenteils von Quarzband ausgefüllt, in dessen kleinen Hohlräumen etwas Hämatit auskristallisiert ist. In einem Abstand, etwa 2—5 mal größer als die Höhe der Kluft, ist das Gestein zersetzt und wird von kleinen, bisweilen sich kreuzenden Rissen durchzogen. In einem derselben findet man z. B. Quarz mit Hämatit, in einem andern nur Hämatit, während ein diesen letzteren kreuzender Riß nur Quarz enthält. Calcit findet sich nur in der großen Kluft und ist spärlich. Auch Chlorit ist selten.

1 a. In einer andern Kluft am Fedenstock [Ia; 4" (II)] ist z. B. in einer Kluft Quarz, etwas klarer Albit; in einem Seitenriß viel kleiner Albit, etwas Quarz und an einer Stelle Heulandit. Dies gab beim Losschlagen eine Stufe, deren Paragenese auf beiden Seiten verschieden ist, wie man das auch sonst häufig findet.

2. Die Mineralkluft mit Quarz und Hämatit an der Haselgadenkehle [4' (I)] mit Stufen in vielen Museen dehnt sich weit aus und ist hauptsächlich von etwa 10 cm hohem Quarzband ausgefüllt. In der Mitte erweitert sie sich zu Räumen bis 50 cm Höhe, in denen man Quarz mit Hämatit und grünem und rotgelbem Chlorit fand. Das frische Gestein enthält reichlich denselben grünen Serizit wie der Granit der Hämatitfundorte des Fellitals und Gotthards und erscheint stärker dynamometamorph als sonst der Aaregranit westlich der Reuß. Der *Chlorit* liegt hier auf der obersten Schicht der Quarzkristalle der unteren Kluftfläche, z. T. auch auf dem Eisenglanz. Die unteren, vom Fallen des Chlorits nicht erreichbaren Flächen des Quarz sind fast oder gänzlich frei von Chlorit. Hämatit bevorzugt die oberen Flächen der Quarzkristalle. Der Prozeß der Quarzbildung hielt hier wie in einigen andern Fällen (Gewuest, Göscheneralp [1 (I)] lange aber mit sehr verlangsamter Intensität an, als die Chloritbildung abgeschlossen war und Erschütterungen des Gebirges wieder eintraten. Daher sieht man zerbrochene Quarzkristalle zweispitzig ergänzt. In angewachsenen und abgebrochenen Kristallen sind innere Rhomboeder durch eingeschlossenen Chlorit abgebildet. — Bei raschem Wachsen wurde der Chlorit weggeschoben, konnte nicht auf dem Quarz wurzeln; bei langsamem Wachsen des Quarzes, wie hier bei der Endperiode, blieb er auf einer Fläche.

3. 5 m unter dem großen Lamprophyrgang am Bächistock liegt eine kleine Kluft [1' (XVI)] von etwa 1 m Länge und 15 cm Höhe, an den Ecken mit Quarzband ausgefüllt, die sehr viel rosa Fluorit, z. T. in derber Masse enthielt. Vermutlich ist es das Ende einer sehr großen, im Berg oder jetzt in der Luft gelegenen Mineralkluft, die an dieser Stelle Fluorit angereichert führte. Der Granit am Bächistock enthält außer den normalen Bestandteilen stellenweise ziemlich viel grünen Serizit neben dem Biotit und akzessorisch, makroskopisch sichtbaren Granat und ist bisweilen mikropegmatitisch. —

4. Auch die Aplitgänge führen rosaroten Granat. Doch fehlt Granat in den Mineralklüften.

5. Granat als schlecht ausgebildetes Kluftmineral findet sich nur einmal nahe s. o. von und in gleicher Höhe wie die Winterlücke bei Realp.

6. Der Quarz mit Rutil an der Bruoderegg [Ia; 10 (I)] bei Göschenen findet sich in einer Kluft in mylonitisiertem, glimmerschieferähnlichem Granit, der dort ein melanokrates Ganggestein durchzieht. Das Auftreten von Rutil im Aaregranit ist an die Pressungszonen der Aaregranite gebunden. —

7. Rutil kommt in gut sichtbaren Kristallen noch in der eine Pressungszone durchziehenden Kluft am Plankenstock [I a; 5" (I)] vor. Rutil tritt auch in Klüften des Orthogneis [I a; 10 (III, IV); 6' (IV)] nur da auf, wo stärkere Pressung des Gesteins zu bemerken ist. Die vorhergehende Pressung und Dynamometamorphose brachte also entweder das Titandioxyd des Biotit in eine Form, die löslich ist und von der Kluftflüssigkeit später gelöst wurde, oder die Pressung bewirkte Bildung einer Verbindung, welche in Kluftflüssigkeit gelöst die Löslichkeit des Titandioxyds ermöglichte.

c) Zentrale Gotthardgranite (normaler Granit der Fibbia etc.) und schwach aplitische Granite (Lucendro etc.).

1. Apatit, Albit, Muskovit und wenig Rauchquarz wurde an dem Gipfel der Fibbia [I a; 6 (II)] in einer Kluft gefunden, und zwar an den Stellen, wo sie sich verengert. Im Mittel ist die Kluft 40 cm hoch, hat etwa 1—2 m^2 Fläche. Wo die Kluft breiter ist, enthält sie viel Quarzband und aufgewachsen Rauchquarz und Adular. Diese Scheidung ist häufig. Die Kluft steht senkrecht zu der Ost-West verlaufenden vertikalen Schieferungsebene und fällt unter etwa 45° nach Westen ein.

2. Der Eisenglanzfundort [I a; 5' (I)] im Gotthardgranit am Passo Lucendro ist keine große einheitliche Kluft, wie solche im Aaregranit vorkommen, sondern ein Netz von Spalten mit wechselndem Fallen und Streichen, die ergiebigern stets senkrecht zur Schieferung; die größern davon enthalten viel Band. An der untersten Fundstelle fiel das Band 40° n. S. Man kann in diesem System etwa acht übereinanderliegende Klüfte unterscheiden mit deutlich ausgeprägter Trennung der Mineralassoziationen.

Die zwei untersten Klüfte a und b führen fast nur Hämatit ohne oder mit sp. Rutil, mit sp. Adular und etwas Desmin; die dritte, c: Hämatit, Desmin, Adular, klaren Rauchquarz und Muskovit; die vierte, d: Hämatit mit Rutil, viel Adular, Xenotim; die fünfte, größte, e: Rauchquarz, matten Hämatit mit Rutil, Adular,

Muskovit; die sechste, f: Hämatit; die siebente, g: glänzenden Hämatit mit Adular; die achte, h: (10 m höher) etwas Anhydrit in einigen Quarzkristallen, Desmin, kleinen Hämatit.

Diese Differentiation setzt sich ins Detail fort. So enthielt z. B. ein schmaler Riß fast nur Hämatit, ein ihm paralleler dicht darunter stark gepreßten grünen Chlorit. Das Kluftnetz durchsetzt zum Teil auch ein melanokrates Ganggestein,[12]) wohl einen metamorphosen Kersantit, der wahrscheinlich die Ursache der Rutilausscheidung ist. Heute sind durch die Sprengungen der Kristallsucher die Klüfte fast verschwunden.

2a. Am Fundort von Xenotim, südlich vom Pizzo Lucendro [5' (II)], ist ein etwa 10 m langer Riß oder Satz zu beobachten, in dem sich überall etwas Hämatit findet. Die eigentliche Erweiterung zur Kluft hatte etwa 1—3 m² Fläche, etwa 10—30 cm Höhe, lag horizontal wie der Satz; sie war zum Teil von weißem und braunem derbem Quarzband und stellenweise von derbem Kalifeldspath, Adularband, ausgefüllt.

3. Die Kluft mit Anhydrit im Rauchquarz an der Fibbia [I a; 8 (I)] unterscheidet sich nicht von andern Mineralklüften in der etwas aplitischen Varietät des Fibbiagranits. Der SO_4-Gehalt muß wohl einer endogenen Kontaktwirkung zugeschrieben werden, wenn auch der Fundort nicht dicht an der Grenze gegen die aplitische Zone liegt, die *Sonder* zum Rotondogranit in Beziehung setzt. Von den Tremolaschiefern ist der Fundort durch eben diese Zone getrennt.

4. Die großen Flächen des aplitischen Rotondogranits weisen keine Mineralklüfte auf. Das hat wohl in erster Linie tektonische Ursachen. In den Gesteinen des Gotthardsmassivs, westlich einer Linie, die NS. durch Pizzo di Pesciora geht, und die südlich vom Rhonetal ihm parallel in etwa 1 km Abstand vom Rhonetal sich hinzieht, sind Mineralklüfte nur äußerst selten gefunden worden. Im Tessinermassiv und den anschließenden Massiven des Simplon, Binnentals u. s. w. sind dagegen bekanntlich auch westlich dieser Linie Fundorte.

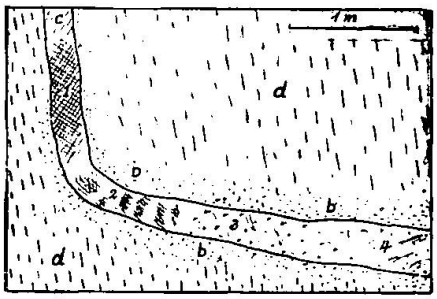
d) Granite des östlichen Gotthardmassiv (Cristallina, Vallatsch etc.).

1. Die Mineralklüfte am Piz Vallatsch zeigen denselben Typus wie sonst im Gotthardgebiet. Bei [7 (I) und 7' b (I und II) und 7 (I')] zieht sich ein Netz von vielen kleineren Klüften, die angenähert senkrecht zur Schieferung des Gesteins unter 10°—30°

[12]) Vgl. *P. Waindziok*, Diss. Zürich 1906.

gegen die Horizontale verlaufen, von oben nach unten zu einem System größerer Hohlräume zusammen. In diesen letzteren sind die großen Adulare und die andern Mineralien (Axinit etc.) zu finden. In den Ecken sitzt Quarz- und Adularband, das auch derben Albit führt, während die schmalen Teilklüfte nur von Quarzband ausgefüllt sind. In der Mitte kommt zuweilen derber brauner Calcit vor. Der Axinit tritt als späteres Mineral in der großen Kluft, häufiger noch als hauptsächliches oder einziges Mineral auf einigen kleineren Rissen auf, die meist von oben her in diese Kluft münden. Das Gestein ist am stärksten unterhalb der größeren Hohlräume zersetzt. Der Biotit ist durch Chlorit ersetzt oder verschwunden. Der Plagioklas ist verschwunden.

2. Ein ähnliches Kluftsystem finden wir an den etwas unterhalb und nördlich der oben erwähnten Kluft gelegenen Fundorten



An der Kluftwandung:
1. Rauchquarzkristalle.
2. Quarz mit Albit.
3. Albit (im Chlorit der Kluftmitte die rundum ausgebildeten Albitgruppen).
4. Adular und Apatit.
In der Mitte der Kluft meist Chlorit.
c. Quarzband.
d. Frischer Cristallinagranit.
b. Zersetzter Granit.

Fig. 3. Kluft am Piz Miez.

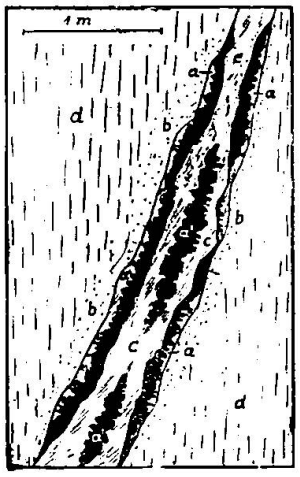
[7 (I a)] mit Adular, Albit, Apatit, Rauchquarz. Hier wie auch an dem oben erwähnten Axinitfundort findet man neben dem bisweilen die Mitte der Kluft ausfüllenden Quarzband Massen von derbem Adular, ein richtiges Adularband, an das sich die mitunter sehr großen Adularkristalle anschließen. Adular und Quarz sind da mehr oder minder gesondert. —

3. Die Mineralklüfte in der geschieferten, z. T. tektonischen, z. T. primären Randfacies des Granits, an der Grenze zwischen sedimentärem Scopischiefer und Granit, sind arm an Mineralien, haben nur Quarz, Calcit und einige Hämatitblätter. Der Kontakt ist da sekundär; die beiden Gesteine sind aneinander verschoben worden. Man findet noch einige zwischengeklemmte Fetzen der Trias, Schiefer mit Pyrit und Magnetit, und Strahlsteinschiefer.

4. Der Fundort der schön kristallisierten, rundum ausgebildeten Albite und Albitgruppen, die *G. vom Rath* studiert hat [7 (II und II a)], am Piz Miez, zeigt eine besonders deutliche Trennung der Mineralien, die aus der beistehenden Skizze Fig. 3 ersichtlich

ist. Der Rauchquarz, der z. T. recht groß und schön kristallisiert ist, findet sich in dem Teil der Kluft, der parallel der Schieferung liegt. Ein derartiges Umbiegen einer Kluft ist selten. Die Differentiation ist in solchen nicht eben verlaufenden ebenso wie in sich kreuzenden Klüften erheblich stärker als in horizontalen, ebenen Klüften.

5. In einer der Klüfte, nicht weit von obiger [7 (II a)], sind Adular und Rauchquarz an der einen Seite der Kluft zu finden, Albit an der andern. Daß auch Rauchquarz und Adular in derselben Kluft voneinander getrennt sein können, wurde schon oben erwähnt.



a. Kristallisierte Mineralien auf der Gesteinswand in Hohlräumen zwischen Gestein und Quarzband *c.* *a'.* Hohlräume im Quarzband, das mit gut ausgebildeten Kristallen den Raum begrenzt, indem die Danburitnadeln in wirrer Masse, daneben Epidot und Chlorit, auskrystallisieren. *b.* Zersetztes Gestein. *c.* Quarzband. *d.* Frischer Cristallinagranit.

Fig. 4. Danburitkluft am P. Vallatsch.

6. Eigentümlich ist das Bild, das die Danburitkluft [7' a (I)] bot. Die Kluft (vgl. Fig. 4) fällt steil unter etwa 60°—70° gegen die Horizontale nach NW. ein, war etwa 5 m hoch, 60 cm breit und über 3 m tief. Die kristallisierten, häufigen Mineralien, wie Quarz, Adular u. s. w. sitzen auf der Gesteinswand in den schmalen Hohlräumen zwischen der Wand und dem Quarzband. Letzteres füllt die Kluft zum größten Teil aus. Die Masse der Danburit-Epidotnadeln und Chlorit, welche die mineralogische Besonderheit der Kluft ausmacht, wurde nur auf langen Spalten im Quarzband gefunden.

e) Eruptivgneise des Gotthardmassivs.

1. Der Sellagneis an dem Fundort der Apatite am Sellasee [6° (II)] und ähnlich in der V. Prevot [6° (I)] ist von zahlreichen Sprüngen durchzogen, die mit den dort vorkommenden Mineralien z. T. auch mit Quarz ausgefüllt sind. Sie ziehen sich

rings um eine größere, aber nicht sehr ausgedehnte Kluft, die teilweise von Quarzband erfüllt ist, das an der einen Wand anliegt. Auf der gegenüberliegenden Wand dieser ausgedehnten Kluft sind die Mineralien auskristallisiert. Die Kluft steht senkrecht zur Schieferung und liegt mit der Richtung ihrer größten Ausdehnung horizontal, mit der Richtung mittl. Ausdehnung (etwa 1 m) vertikal. Die Richtung kleinster Ausdehnung, der Abstand der beiden Kluftwände, beträgt etwa 5—7 cm und liegt horizontal. Daneben finden sich in derselben Kluft auch einige Stellen ganz frei von Band; diese enthalten die schönsten Kluftmineralien, insbesondere die zahlreichen großen Apatite. Das Gestein ist rings um die Kluft zersetzt. Auf eine größere Strecke ist es meist wohl durch Eisenoxyd des in Kluftnähe größer umkristallisierten, wohl erst atmosphärisch umgewandelten Pyrits braun gefärbt. Diese Farbe ist hier wie in der benachbarten V. Prevot ein Kennzeichen der Mineralklüfte.[13])

2. In dem Gestein des Hämatitfundortes bei Wildmatt im Unteralptal [5" (II)] hat man es wahrscheinlich mit einem Ausläufer der Orthogneisinjektion zu tun, die sich auch kundgibt in einigen Nestern von Pegmatit, der aus Albit-Oligoklas, Quarz, Orthoklas, Muskovit besteht. Die Kluft setzt senkrecht zur Schieferung durch. Doch verlaufen einige kleine Risse, die ebenso wie der Rand der Kluft von Quarzband ausgefüllt sind, parallel der Schieferung. Der wasserhelle Albit findet sich vorzugsweise da, wo die Kluft die kleinen Pegmatitlinsen schneidet.

Gneise der Urserenzone.

Im sog. Urserengneis, einer mylonitisierten, gepreßten Facies verschiedenartiger Gesteine, zeigen die Klüfte vielfach eine Differenzierung, die bedingt ist durch die verschiedenen Gesteine, die eine Kluft durchsetzen. Ein Beispiel ist eine Kluft im mittleren Großtal, die einen schmalen gepreßten Syenitgang und aplitischen Gneis durchquert. An der Syenitkluftfläche findet man an einer Stelle viel Epidot, Prehnit, etwas weiter hauptsächlich Axinit, während am Gneis Adular, Quarz, Albit allein vorkommen. In den gepreßten aplitischen Gesteinen des Fort am Bühl bei Andermatt wurde bei den Arbeiten ein größeres Kluftsystem angeschnitten. Quarz war teilweise gesondert von Adular und Albit. Der rote Fluorit folgt hier wie überall dem Quarz. Großer violetter Apatit

[13]) *C. von Fritsch*, Beitr. geolog. Karte der Schweiz. Lief. 15. Gotthardgebiet 1873, p. 64.

fand sich da, wo die Quarzkristalle neben den Feldspäthen reichlicher auftraten; an den an Adular und Albit reichen Stellen waren die Apatitkristalle meist spärlicher und kleiner.

II a. Sericit- und Sedimentgneise des Aare- und Gotthardmassivs.

1. In dem Sedimentgneis von Alp Lolen sind mehrfach Linsen eines grobkörnigen Pegmatit eingelagert, der überwiegend auffallend frischen Albitoligoklas, selten reinen Oligoklas z. T. ohne Zwillingslamellierung, daneben auch saussuritisierten basischeren Plagioklas führt. In diesem Pegmatit liegen enge Risse, die z. T. nur Albit mit wenig Rutil und Calcit, z. T. Albit, Quarz, Calcit, Chlorit, Sphen, Rutil führen [II a; 1 (I)]. — Anderorts setzt die Klüfte in den Glimmergneis fort; dann findet sich der Albit der Kluft vorzugsweise auf dem Teil, der den Plagioklaspegmatit durchsetzt.

2. Von dem kleinen See bei Wildmatt im Unteralptal, etwas zum Haupttal ansteigend, gelangt man zum oberen Ende eines steil abfallenden Tobel. Die Kluft war etwa 20 cm hoch, 1 bis 2 m im Querschnitt der Wand lang, ist hauptsächlich vom Quarzband erfüllt. Der Hämatit sitzt sowohl auf Band wie Gestein. Die Kluft[14]) durchsetzt Glimmergneis und eine kleine unscharf begrenzte dynamometamorphe Plagioklas-Pegmatitlinse. Dort findet sich noch wasserheller Albit und Ilmenit.

3. Eine weitreichende Kluft durchsetzt den Glimmergneis, in dem eine kleine Linse Plagioklas pegmatitischen Charakters liegt, an der Siarra von Val Meigels [II a; 1 a (1)]. Am pegmatitischen Gestein findet man auf der Kluft weißen Adular, Periklin, Quarz, Chlorit und in letzterem spärlich Rutilnadeln. Der Biotit des Glimmergneis ist in der Nähe der pegmatitischen Ausscheidung an der Kluft aufgelöst.

II b. Metamorphe Schiefer.

a) Sericitschiefer des Aaremassiv.

1. Die Brookitfundorte im mittleren Grieserntal [II b; 2" (I)][14a]) zeigen viele kleine, 1—10 cm hohe, nebeneinander verlaufende, kurze Risse von 100—1000 cm² Fläche, die meist, aber nicht immer genau senkrecht zur Schieferung stehen. In diesen Klüften ist die Sonderung der Mineralien besonders ausgeprägt. In einem Riß überwiegt z. B. Adular, ein anderer ist fast ganz von Calcit,

[14]) Im H irrtümlich unter Ia; 5. als (II) eingereiht, gehört aber zu IIa. 1.

[14a]) In H. steht infolge Druckfehlers 2" statt 2'.

ein dritter hauptsächlich von Quarz mit Bleiglanz erfüllt, während der Brookit entweder vorzugsweise in den Quarzklüften oder auf besonderen kleinen Rissen mit Anatas und Eisenspath auskristallisiert ist. Chlorit kommt überall vor. In der nächsten Nähe der Klüfte ist das Gestein stets etwas zersetzt; am stärksten in der Umgebung der brookitführenden Klüfte, wo es sogar seine Schieferung verloren hat und durch Quarzausscheidung gehärtet ist. Dieselbe Erscheinung ist an den meisten Klüften in den Serizitschiefern, wenn sie Brookit führen, zu bemerken. Ein System weit verzweigter kleiner Risse und Klüfte ist häufiger als eine große einheitliche Kluft.

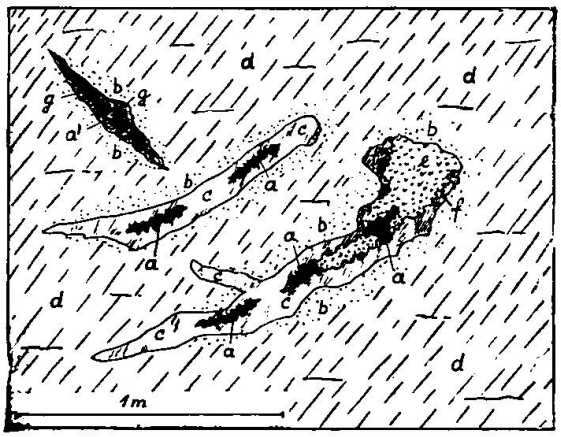


Fig. 5. Klüfte des Brookitfundorts am Rieder Tobel bei Amsteg.

a. Hohlräume im Quarzband *c* mit freiendigenden Quarzkrystallen, auf denen Anatas und Chlorit *e* sitzen. In größeren Erweiterungen auch Anatas, Calcit Brookit *f*. *a'*. Hohlräume senkrecht zur Schieferung mit gut kristallisierten Mineralien. *g*. Quarz, Anatas (Rutil), Brookit, Albit, Calcit, Apatit, Siderit u. s. w. *b*. Zersetztes Gestein. *c*. Quarzband. *d*. Frischer Sericitschiefer.

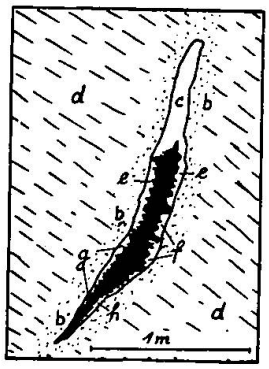
2. Die sehr ausgiebigen Fundstellen von Brookit im Tobel der Reuß unter dem Ried [II b; 4' (I)] bestehen aus einem System kleiner Klüfte und Höhlungen (vgl. Fig. 5), die nur z. T. senkrecht zur Schieferung stehen, z. T., besonders da, wo sie von Quarzband erfüllt sind, fast parallel zur Schieferung verlaufen. In dem Quarzband findet man in kleinen Höhlungen oft Anatas und grünen Chloritsand, sehr viel seltener noch Brookit. Die zwei oder drei Titanoxyde und Albit u. s. w. sind häufig direkt auf dem Gestein in den Klüften senkrecht zur Schieferung auskristallisiert. Die Kluft ist meist sehr niedrig. Quarz- und Albitkristalle sind fast so groß, wie es die Höhe des Raumes erlaubt. Beide Mineralien stehen hier wie sonst auch mit der Richtung größter Ausdehnung angenähert (mit Abweichung bis zu ca. 25°) senkrecht zur Kluftfläche, auf der sie angewachsen sind. Aus dieser Richtung mußte der größte Zustrom gelöster Moleküle kommen. Die Höhlungen sind bisweilen von derbem, gelbweißem Calcit ausgefüllt, während grüner und brauner Chlorit, Eisenocker sich vorzugsweise in den

Höhlungen des Quarzbandes finden. — Nicht selten sind Ober- und Unterseite einer Stufe verschieden; auf einer sieht man Albit, Pyrit, auf der anderen Seite Quarz, Calcit, die zwei parallelen, verschiedenartig ausgefüllten Rissen entsprechen. Die beiden Wandungen desselben Risses zeigen dagegen nahezu die gleiche Paragenese.

3. Die Klüfte in der Val Strim, östlich von Bauns [II b; 2 (III)], [II b; 5 (I)], liegen nicht genau senkrecht zur Schieferung und sekundären Plattung. Der Winkel kann um 30° von einem rechten abweichen; sie sind etwa 2—3 m tief, 1 m breit, 5—30 cm hoch.

b) Glimmerschiefer, Bündnerschiefer des Gotthard, Binnental etc.

1. Der Fundort von Brookit, Turnerit u. s. w. in der Val Blaue [6'''' (II c)] bei Perdatsch zeigt Quarzband senkrecht zur Schiefe-



a. Hohlraum.
b. Gehärteter Glimmerschiefer,
c. Quarzband.
d. Unveränd. Glimmerschiefer.
e. Quarzkristalle.
f. Adular.
g. Adular, Anatas, Magnetit.
h. Anatas, Magnetit.

Fig. 6. Mineralkluft „auf dem Eck" ob Alp Lercheltini im Binnental.

rung etwa 2—3 m lang horizontal verlaufend, 10—30 cm mächtig. Da, wo die vom Quarzband erfüllte Spalte sich zu einer von Quarzband freien Kluft erweitert, setzen die Mineralien unmittelbar auf dem Gestein auf. Oben und unten ist der Schiefer durch Auskristallisation von Quarz gehärtet. — Meist bargen kurze Spalten die Vorkommen von Perdatsch [II b; 6' (IV a, VI, VI a)] mit Turnerit, Quarz, Albit, Rutil, Eisenspath. Letzterer überwiegt und füllt oft schmale, bis 1 cm hohe Verengerungen ganz aus.

2. Die Mineralklüfte an der Alp Lercheltini im Binnental [II b; 8 a (I)] stehen senkrecht zur Schieferungsebene des Glimmerschiefers; sie streichen etwa N-S bis NNO-SSW und fallen unter etwa 80° nach WNW ein. Sie sind ziemlich schmal, zeigen dieselbe Sonderung der Mineralien wie die des Grieserental. So ist z. B. das obere Drittel einer großen Kluft „auf dem Eck", Fig. 6, von Quarzband ausgefüllt; dann folgen nach unten Quarzkristalle mit spärlichem Anatas, während das letzte Drittel der Wandung

von Adular, Magnetit, reichlichem schönem Anatas und seltenem Quarz besetzt ist. Chlorit scheint sehr spärlich zu sein. Ähnliche Lage wie auf Lercheltini haben die meisten Mineralklüfte des Binnentals; ihr Streichen ist angenähert NS, ihr Fallen etwa 80° nach W, also im Gegensatz zu den Klüften im Gotthard- und Aaremassiv sehr steil.

Der durchschnittliche Abstand der Kluftflächen ist 5—40 cm; die Kluftfläche 1—100 m². Das Quarzband, soweit solches vorhanden ist, liegt meist im oberen Teile der Kluft.

3. Die schön kristallisierte Mineralien insbesondere Eisenglanz mit Rutil führenden Klüfte in der Val Cornera [II b; 8 (I—VI)]

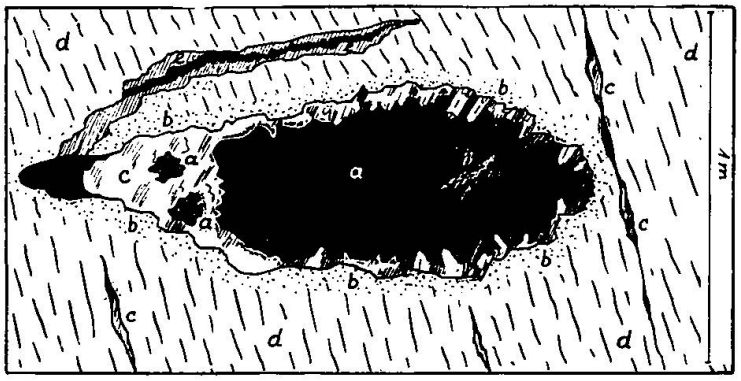


Fig. 7. Kluft im Sericitphyllit Lukmanierschlucht.

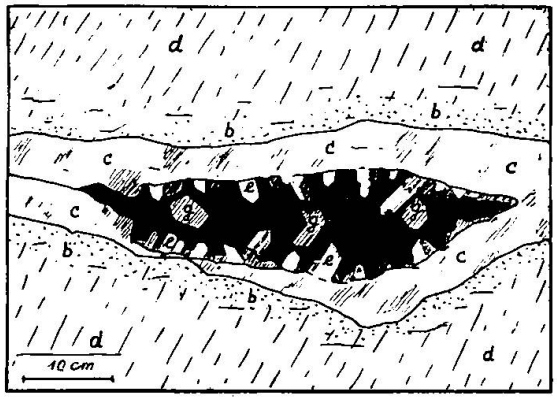
a. Höhlungen im Quarzband mit krystallis. Mineralien, hauptsächlich Quarz, daneben Siderit, etwas Sagenit und Apatit. Der Hohlraum ist z. T. von Lehm ausgefüllt, in dem allseitig frei ausgebildete Quarzkrystalle liegen. *b.* Zersetztes Gestein. *c.* Quarzband. *d.* Frisches Gestein. *e.* Kleine Seitenader mit Eisenspat und Apatit.

sind kurz, etwa 30 cm—1½ m in den Querdimensionen und 10—20 cm hoch, mit Quarzband in den Ecken. Derber Hämatit ist meist auf dem Quarzband, der gut ausgebildete Hämatit auf dem Gestein aufgewachsen. Die Kluftflächen liegen angenähert senkrecht zur Schieferung, mitunter angenähert horizontal. Ihre größte Ausdehnung haben sie meist in der Schnittlinie zwischen Kluft- und Schieferungsebene. Die schönsten Mineralien, insbesondere die größten Hämatite, finden sich da, wo zwei kleinere Klüfte sich von oben her in eine größere zusammenziehen. Solche Klüfte liegen natürlich nicht horizontal, sondern etwa unter 30°—50° gegen die Horizontale; die Schieferung verläuft dementsprechend auch schräg.

c) Sericitphyllite des Gotthardmassivs.

1. Die Sericitphyllite am Lukmanier weisen kurze, kleine Hohlräume [II b; 6" (I)] auf (vgl. Fig. 7), die in den Ecken viel Quarz-

band enthalten. Ringsherum ist das braungelbe Gestein verändert, teils quarzitisiert, teils talkig-weich, weiß oder grünlich gefärbt, wobei die ausgeprägte Schieferung erhalten blieb. Auf dem Gestein in der Kluft sitzen Quarzkristalle und spärlich die andern Mineralien. In der Mitte der Kluft zwischen den aufgewachsenen Kristallen liegen, jetzt in Lehm eingebettet, allseitig ausgebildete Quarze. Manchmal sind auch solche ringsum begrenzte Kristallgruppen mit kleiner Berührungsfläche an dem auf der Stufe sitzenden Quarz angewachsen. In kleinen Rissen oberhalb der Hauptkluft, im grünlichen, weichen, geschieferten Sericitphyllit sieht man schmale Risse mit Eisenspath und rotem Apatit gefüllt.



a. Hohlraum.
b. Gehärteter Sericitphyllit
c. Quarzband.
d. Unveränderter Phyllit.
e. Quarz (gelegentl. mit Turnerit).
g. Ringsum ausgebildete Gruppen von Quarz.

Fig. 8. Kluft im Sericitphyllit bei Sedrun.

2. Ähnliche Klüfte (vgl. Fig. 8), die auch noch Monazit führen, liegen bei Sedrun [II b; 6' (I)].

3. Der Sericitphyllit bei Alp Nadils wird von Quarzadern nach allen Richtungen durchzogen; gut kristallisierte Mineralien sind aber darin nicht zu finden.

d) Glimmerschiefer des Adulamassivs.

Scheinbar ganz verschieden, wenn man die Museumsstufen betrachtet, sind die Assoziationen in den Mineralklüften des Piz Aul (vgl. näheres u. Litt. l. c., Anm. 15) (Fig. 9). Diese Klüfte [II b; 2' (IV und V) und 2'' (I)] sind längs eines zum Glimmerschiefer konkordanten Quarzbandes aufgereiht. In Fundort 1 sind die großen schönen, von *U. Grubenmann* beschriebenen *Quarzkristalle* entdeckt worden, *die mit rötlich-gelbem Rutil* erfüllt sind. Rutil liegt auch als Haufwerk von Nadeln in der Kluft. Daneben tritt auf Calcit, Adular, Pyrit, Chlorit. — In 2: Stufen vor allem mit *Quarzkristallen,* kleineren Calcit, Anatas, mit etwas Adular, Ilmenit im Quarz, Pyrit, Chlorit. — In 3: *Quarz* mit sehr wenig Rutil, relativ großen

Anataskristallen; daneben gesondert die andern Mineralien von 2. — In 4: *Quarz* mit ein- und aufgewachsenem *Brookit,* daneben Calcit, Adular, Pyrit, Rutil kleiner als in 2, aber große Teile der Kluft füllend.

Das Mengenverhältnis der einzelnen Mineralmoleküle, auch des polymorphen Titanoxyds als Ganzes genommen, ist in allen Klüften wohl nahezu das gleiche. Die Differentiation und die Poly-

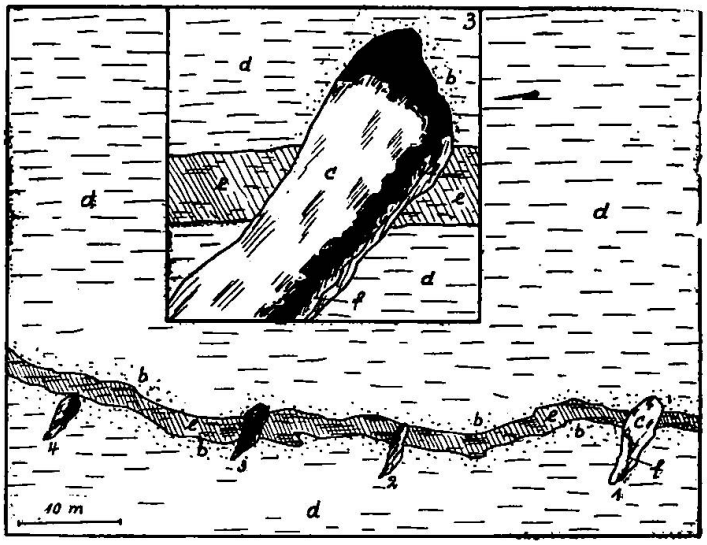


Fig. 9. Klüfte am Piz Aul bei Vals.

a. Hohlraum. *b.* Gehärteter Glimmerschiefer. *c.* Quarzband der Kluft mit Quarzkristallen. *d.* Normaler Glimmerschiefer. *e.* horizontales Quarzband der Kluftbildung vorausgehend. *f.* Mineralien: in *1. Quarz mit Rutil,* Calcit, Adular, Chlorit, Pyrit. *2. Quarz, Calcit,* Adular Pyrit, Anatas, Chlorit, Ilmenit, Brookit. *3. Adular, Calcit, Anatas,* Chlorit, Pyrit; Rutil im Quarz des Bandes. *4. Quarz, Brookit,* Adular, Calcit, Rutil, Pyrit und Chlorit.

morphie des Titanoxyds bringt aber mineralogisch große Unterschiede in den Museumsstufen hervor. Die Kristallsucher haben vor allem die Titanoxyde mitgenommen. — Die drei Titanmineralien sind verschieden vergesellschaftet; Rutil mit großem Quarz; Anatas mit Adular, Calcit und kleinem Quarz; Brookit mit kleinem Quarz. Mit der Differentiation von Quarz gegen Adular und Calcit dürfte das Auftreten der verschiedenen Formen des Titanoxyds zusammenhängen.

e) Granatglimmer-, Granatstaurolithschiefer.

Turmalin u. s. w. [II b; 9 (I)] in dem Granatstaurolithschiefer östlich vom Piorasee findet sich in kleinen, kurzen Klüften, die nahezu senkrecht zur Schieferung und zur Nebenplattung liegen.

Diese beiden Schieferungsebenen bilden einen Winkel von etwa 140° miteinander.

IIIa.1. Syenit des Aarmassivs und dessen Randzone, Diorite, Amphibolite.

a) Normaler Syenit.

Kürzer und höher, etwa von der Form eines abgeplatteten dreiaxigen Ellipsoides (vgl. z. B. Fig. 11, die längste Axe liegt senkrecht zur Zeichnungsebene), sind die Mineralklüfte im Syenit.

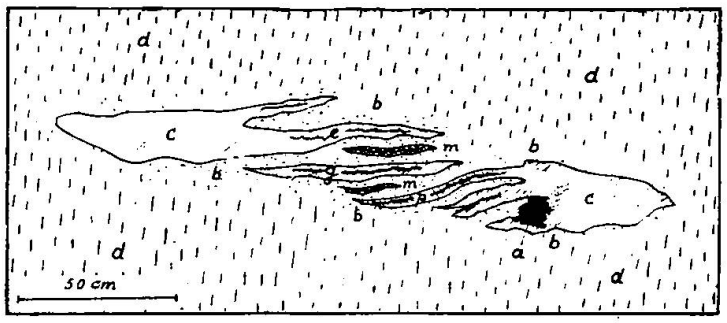


Fig. 10. Fundort am Piz Ault in aplit. Syenit (Schematische Zeichnung). *a.* Hohlraum. *b.* Gehärteter Syenit *c.* Quarzband. *m.* Milarit. *d.* Syenit. *e.* Rauchquarz, Calcittafeln. *g.* Kleine Adulare. *p.* Pyrit.

Ringsum in den Ecken sitzt meist Quarzband, während in der Mitte in der stärksten Erweiterung die gut auskristallisierten Mineralien aufgewachsen sind.

1. Die Kluft am Mineralfundort am Piz Ault, V. Strim [IIIa; 3' (II)], hat etwa 1—2 m Tiefe, 3 m Länge und ist durch Verengerungen in mehrere Räume von 5—20 cm Höhe unterteilt (vgl. Fig. 10). Das Gestein ist etwa 50 cm tief ringsherum zersetzt. Auch hier ist wieder die Sonderung der Mineralien zu beobachten. An einer Stelle findet sich vorwiegend kleiner Adular, an einer andern Pyrit. In einem andern Teilriß derselben Kluft Rauchquarz mit Calcittafeln und viel Amianth. Der Milarit sitzt auf kleinen Rissen unmittelbar an der Kluft parallel zu ihr, so daß die Stufen oft auf der einen Seite eine der oben genannten Assoziationen, auf der andern Seite Milarit tragen. — Die kleinen Milaritrisse sind wohl gegen Ende der Mineralbildung aufgerissen.

2. Die Differentiation in *einer* einzigen größeren Kluft ist besonders ausgeprägt in einer Mineralkluft im Gletscher der V. Giuf [IIIa; 2 (IV)]. Dort kam Apatit in schönen Kristallen und häufig vor. Die Verteilung ist in Fig. 11 dargestellt. Sie ist nicht durch Gesteinsverschiedenheit bedingt. — In einigen Klüften findet man

Adular und auch Apatit ringsum ausgebildet im Chloritsand, also schwebend ausgeschieden.

3. Am Fundort der schönen kristallisierten Zeolithe, insbesondere des Skolezit, am Schattigen Wichel [III a; 3 (I)], stoßen zwei größere Klüfte, die senkrecht zur Schieferung, aber nicht genau horizontal verlaufen, schräg zusammen. Das Gestein, das zwischen beiden liegt, ist sehr stark zersetzt. Das scheint die Veranlassung zum reichlichen Auftreten der Zeolithe, insbesondere des Skolezit, gegeben zu haben. Die Zeolithe kommen mit Calcit und etwas Amianth zusammen vor.

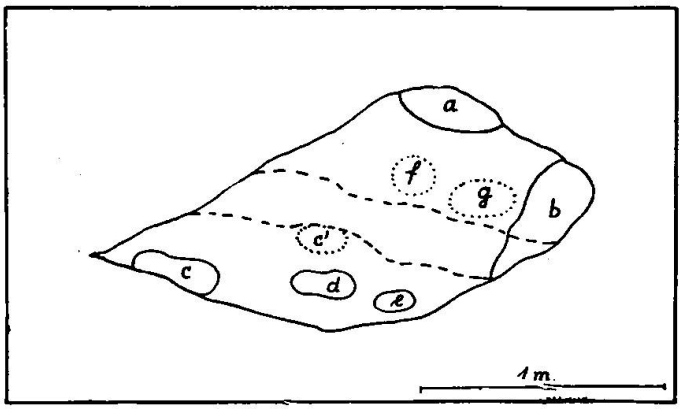


Fig. 11. *Verteilung der Materialien in Kluft im Syenit.*
(V. Giuf., halb perspektivische Ansicht). Kluft von elliptischer Form von vorn gesehen. — — — ist hintere Grenze von Boden und Decke. *a.* Hellbraune Quarzkristalle. *b.* Braune Quarzkristalle und Calcit. *c* u. *c'*. Dunkelbraune Quarzkristalle. *d.* Apatit auf dem Gestein vorwiegend. *e.* Apatit, frei im Chlorit, und Scheelit. *f.* Epidot reichlich. *g.* Sphen reichlich Bei *d, f, g* zeigen die Stufen noch Adular Calcit, Amianth, etwas Quarz. Die Streifen *a, b, c, d, e* ziehen sich unregelmäßig nach hinten in die Kluft. *c', f, g* beginnen erst weiter innen. Der zu Tage liegende hier ausgezogen gezeichnete Kluftquerschnitt dürfte etwa der Mitte der Kluft entsprochen haben.

4. In den kleineren Klüften des Syenit ist die Differentiation wenig ausgebildet. Sie enthalten die im Hauptverzeichnis fettgedruckten häufigsten Mineralien (von III a, 1), oft mit etwas Sphen und Amianth, selten noch die häufigen Mineralien von 2. Zeolithe fehlen in den kleinen Klüften. Wie in den meisten Gesteinen, gilt auch für den Syenit die Regel: Je größer die Kluft, um so reichhaltiger ist die Paragenese und um so vollständiger reicht sie von den Mineralien höchster Temperatur bis zu denen niederster Temperatur, und um so ausgeprägter ist die Differentiation. Ganz kleine Klüfte enthalten nur Adular und Quarz und kurze spärliche Amianthbüschel, letztere auf der Gesteinhornblende

aufgewachsen. Der Sphen des Gesteins ist in kleiner Kluft durch neue Kristallflächen ergänzt und verlängert, aber kein schön ausgebildetes Mineral.

5. In vielen Klüften des Syenit sind Quarz und Adular gesondert konzentriert, auch oft Apatit.

6. An der Kalkspathlücke [III a; 2 (II)] füllt derber Calcit und Quarz als Band die Klüfte zum größten Teil aus. In einigen Hohlräumen im Band, die von einer Kluftwandung bis zur andern reichen, finden sich die gut kristallisierten Mineralien. An dem eigentlichen Doppelspathfundort an der Kalkspathlücke überwiegt in den kurzen, parallel verlaufenden, bis 50 cm hohen Klüften gelbes, trübes, derbes Calcitband. Aus ihm waren einige größere, ziemlich klare Spaltrhomboeder zu gewinnen.

In einer schmalen Parallelkluft zu obiger waren schön kristallisierte Mineralien, insbesondere Epidot, in zaunartigen Parallelreihen. Epidot kommt da zusammen mit langem Hornblendeamianth vor auf der einen Seite der mit grünschwarzem Chlorit erfüllten Kluft und ist von den andern Mineralien gesondert. Die Adularreihen, die sich an das Epidotvorkommen anschließen, sind stellenweise quer von einer Kluftwandung bis zur andern gewachsen.

7. In einer Kluft am Roten Wichel [III a; 1 (VIII)] mit großen blassen Rauchquarzkristallen, kleinem Adular, kleinem, klarem, rundem Apatit, gelbrotem Sphen, ist die Schweredifferentiation besonders deutlich. Die unteren Quarzkristalle zeigen Chlorit ein- und aufgewachsen; auf ihren von Chlorit gerauhten Flächen sitzen Kreuzzwillinge von Sphen. Der Quarz der Decke der Kluft ist dagegen klar. Chlorit wurde schwebend ausgeschieden und liegt deshalb wie auch sonst als Sand in der Kluft. In ihm findet man ebenfalls schwebend gebildete Sphenkristalle, die fast alle Kreuzzwillinge sind. Sphen in der gewöhnlichen Ausbildung (Rautenform etc.) ist auf Adular und auf dem Gestein fest aufgewachsen. Eine Seite der Kluft ist ganz von Quarzband ausgefüllt.

8. In andern Klüften des Syenit und der Diorite sind bisweilen Kreuzzwillinge von Sphen auf den andern Mineralien mit kleiner Ansatzfläche aufgewachsen; der Sphen dieser Ausbildung war ursprünglich schwebend ausgeschieden und ist teilweise nach der Auskristallisation durch den in der Lösung schwebenden Chlorit hindurch auf das Gestein herabgefallen und auf die andern Mineralien. Diese Mineralien wuchsen weiter, und so sitzen die Kreuzzwillinge ziemlich fest.

---

[15]) Abh. d. Kgl. Bayer. Ak. Wiss. München *28*. Abh. 10. 1917.

9. In dem an Kreuzzwillingen von Sphen ergiebigsten Fundorte [III a; 1 (XII)] liegen diese ringsum begrenzt auch im Chloritsand. Diese Kluft durchschneidet Syenit, der etwas dunkler ist als normal, dann einen schmalen Aplit, der die Assoziation wenig beeinflußt, und ein melanokrates Ganggestein. Auf letzterem sind die Quarzkristalle hellbraun milchig.

b) Randzonen um den Syenit mit Quarz-Anhydritbändern.

Konkordant in einem Grenzgestein zwischen Syenit und Granit ziehen sich häufig Quarzbänder, die mitunter z. B. in der breiten Schlucht [III a; 4 (II b)], westlich von der Fedenlücke nach Murmetsbühl hinunter, bis zu 30 m mächtig werden. Diese Quarzbänder enthalten große Hohlnadeln von Anhydrit, aber keine Mineralklüfte oder gut ausgebildete Quarzkristalle. An Stellen, wo das Band horizontal verläuft oder horizontale Ausläufer aussendet, findet man gut begrenzten Quarz und auch Adularkristalle, die Anhydritnadeln einschließen. Die Ursache dafür, daß die konkordanten Bänder keine ausgebildeten Kristalle enthalten, könnte mechanisch gewesen sein. Senkrecht zur Schieferung wirkte der größte Druck und preßte alles, was zwischen den Schieferungsebenen, ihnen parallel, lag, zusammen. Nur in den Klüften senkrecht dazu konnten freie Räume bestehen, in denen Kristalle mit Endflächen sich absetzen konnten. — Merkwürdig ist aber das Fehlen von Adular im konkordanten Band. — Der Anhydrit findet sich z. B. in [III a; 4 (III)] hauptsächlich in den kleineren, der Gesteinsoberfläche nahen Quarzkristallen, sowie in den Adularkristallen; in großen oder gewundenen Quarzkristallen nur in deren Basis. Anhydrit war also das früheste Mineral.

Mitten im Syenit findet sich Anhydrit in Mineralklüften sehr selten, wohl nur in einer Kluft in der 1. Muotta der Val Giuf [4 (IV)] und an der Westseite des Schattigen Wichels gegen das Fellital [4 (VIII)], beidemal schon der Grenze nahe. Dagegen fehlt Anhydrit in den Klüften fast aller andern Gesteine. Anhydrit in Quarz als Kluftmineral in Silikatgesteinen ist bis in das Rhonetal hinunter, z. B. [4 (I)], geknüpft an den Rand von Syenitmassen oder -Gängen.

c) Aplitgänge im Syenit.

1. Die Mineralfundorte, die Milarit reichlich führen, entsprechen z. B. häufig dem in Fig. 12 [3' (III a)] dargestellten Schema. Die Differentiation ist hier dadurch hervorgerufen, daß die Kluft Syenit und Aplit durchsetzt. Die Aplitgänge liegen

öfters angenähert senkrecht zur heutigen Schieferung des Syenits und manchmal ungefähr in der Ebene, die sonst die Mineralklüfte im Syenit bestimmt. An der Grenze von Aplit und Syenit, die verschiedene Elastizitätskonstanten besitzen, sind Klüfte aufgerissen, die z. B. oben von Aplit, unten von Syenit begrenzt werden. Diese Risse sind größtenteils von Rauchquarzband, seltener von derbem Adular erfüllt. Wo sie am weitesten sind, findet man die schön kristallisierten Kluftmineralien, wie Rauchquarz, Adular, Apatit, Chabasit und Milarit auf Quarz.

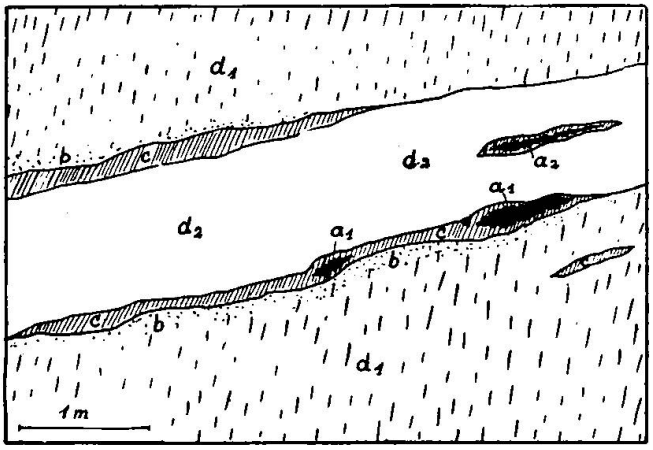


Fig. 12. Klüfte an Grenze von Syenit und Syenitaplit.
a. Hohlräume. An den Wandungen sitzen die kristallisierten Mineralien, in a_1 die des Syenit nebst Milarit in a_2 die des Syenitaplits. *b*. Zer-setztes Gestein. *c*. Rauchquarzband. d_1. Frischer Syenit. d_2. Syenitaplit.

Am reichlichsten ist der Milarit in den kleinen Spalten, die ganz im Aplit aufsitzen und entweder nur Milarit oder noch außerdem Quarz und Chabasit enthalten. Der Chemismus des Milarits entspricht dem des Syenitaplits. Milarit ist ein „Zeolith" des Syenitaplits, ebenso wie der mit ihm gleichzeitig abgesetzte Chabasit. Dagegen ist z. B. Desmin ein charakteristischer Zeolith der nicht aplitischen, normalen oder melanokraten Gesteine.

d) Melanokrate Ganggesteine und Schollen im Syenit.

1. Im Syenit findet man Apatit besonders häufig an denjenigen Orten, wo die Klüfte noch ein melanokrates Ganggestein durchsetzen,[16]) also ähnlich, aber ausgeprägter wie im Aaregranit.

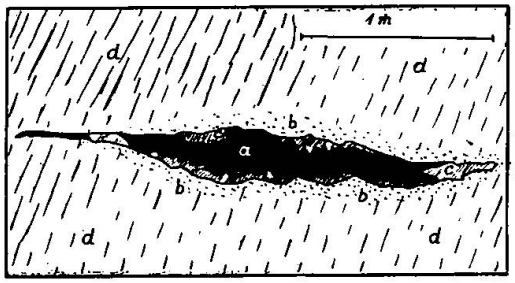
[16]) Nach *F. Weber* hat der normale Kersantit aus der Ganggefolgschaft des Syenits eher weniger Phosphorsäure als der Syenit. (Beitr. z. geol. K. d. Schweiz. Liefg. *14*, p. 87, 1904.) Jedoch muß die Frage offen bleiben, ob nicht das Ganggestein an manchen Stellen doch mehr Apatit als der Syenit führte. — In einem analogen Fall wurde von mir im Aaremassiv für einen Lamprophyr 0,27 P_2O_5, also doppelt so viel wie im Aaregranit (0,15), nachgewiesen.

Eine solche Kluft hatte senkrecht der Schieferung etwa 5 × 1 m Fläche und war etwa 30 cm hoch. Ähnlich sind die Dimensionen vieler Klüfte im Syenit.

2. Am Fundort [III a; 1 (V)] ist eine braune, etwa 20 cm mächtige Schicht eines Gesteins, das heute etwa ein Biotitgneis ist, parallel der Schieferung dem Syenit eingeschaltet. Die Schicht enthält Bruchstücke von hellem Aplit. Die Kluft führt klare Adularzwillinge, Apatit und etwas Rauchquarz und liegt an der Grenze zwischen Syenit und dem braunen Gang. Eine stärkere Differentiation habe ich nicht bemerkt.

e) Diorite und Amphibolite mit mehr als etwa 48—50 % SiO_2.

1. Die Mineralklüfte in den oft Quarz führenden, stark gepreßten, scheinbar einheitlichen Dioritschiefern des oberen Grieserntales sind meist nur etwa 2—10 cm hoch, 10—30 cm lang. Die Klüfte haben, obwohl bisweilen nur einige Meter voneinander ent-



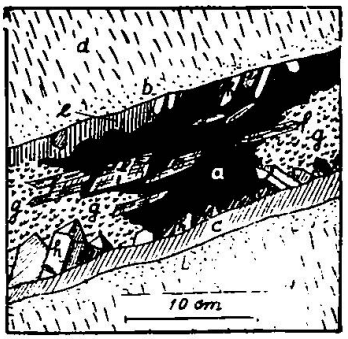
a. Hohlraum. Auf der Kluftwandung die kristallisierten Mineralien.
b. Zersetzter gehärteter Dioritschiefer.
c. Quarzband.
d. Frisches Gestein, links stärker geschiefert, rechts und unten gneißartig.

Fig. 13. In geschiefertem Diorit (Fahrlauital).

fernt, keine übereinstimmende Paragenese. Wahrscheinlich sind ebenso wie in der Urserenzone verschiedene Gesteine, z. B. Diorit mit seiner Randdifferentiation und Ganggefolgschaft, miteinander verwalzt und dadurch nahe benachbart. In einer Kluft finden sich z. B. Quarz, Adularzwillinge, dünne Calcittafeln und roter Sphen. Etwas weiter oberhalb liegt eine andere Kluft mit abgeflachten Quarzkristallen, Adular, Calcit und Galenit, der zum Teil auf dem Quarzband, zum Teil auf dem Gestein aufgewachsen ist. Auf dem Gestein sitzen kleine Quarzkristalle. — In den Dioriten sind die bestkristallisierten Mineralien manchmal an der Oberseite, manchmal an der Unterseite der Kluft aufgewachsen.

An der unteren Seite der Klüfte ist die Zersetzung des Gesteins meist etwas stärker als oben. — Calcit, Adular, Quarz kommen in den Dioritschiefern des Grieserntales häufig gesondert vor, jedes Mineral für sich in den der Hauptkluft nahe benachbarten kleinen Parallelrissen. In der Hauptkluft selbst tritt auch

Sonderung ein; Quarz findet sich meist in der Nähe des Quarzbandes, Amianth auf freier Gesteinsfläche, bisweilen nur an der oberen Seite der Kluft. Calcit nimmt etwa die Mitte der Kluft ein. Fig. 13 zeigt ein typisches Beispiel für solche Mineralkluft mittlerer Größe im Fahrlauital. In Fig. 14 ist ein Stück einer größeren Mineralkluft im unteren Grieserntale, die flächenförmige Differentiation der kristallisierten Mineralien aufweist, gezeichnet.



a. Hohlraum.
b. Gehärtetes Gestein.
c. Quarzland.
d. Frisches Gestein.
e. Hornblendeamianth.
f. Calcittafel.
g. Chlorit.
h. Quarzkristalle.

Fig. 14. Kluft in stark geschiefertem quarzführenden Amphibolit des unteren Grieserntales.

2. Ein Fundort sehr mannigfaltiger Assoziation [III a; 9 (I)] liegt im Dioritaplit des Ruseinertobels. Die Mineralien sind auf dem Gestein angewachsen in engen Spalten, die mit hellgelbem Lehm und dunklem Chlorit ausgefüllt sind. Auch hier sind die längeren Klüfte hauptsächlich von Quarzband ausgefüllt, in dessen Hohlräumen auf gut begrenzten Quarzkristallen Sphen aufgewachsen ist. Die vollständige gut kristallisierte Assoziation dagegen findet sich auf kleinen Klüften, die genau senkrecht zu der schwach angedeuteten Schieferung des Dioritaplits stehen. —

Grünschiefer (metamorphe basische Gesteine).

Blöcke von hellgrünem Schiefer mit grünem, kurzfaserigem, seidigem, gewelltem Glimmer sind vom Abbruch hoch oberhalb Hungerberg-Längisgraben, ob der Alphütte, herabgefallen. Auf diesen findet man Calcit von Drun-Habitus [vgl. III a; 15 (I)], grünen Chlorit, kleinen klaren Adular mit (110), (001), ($\bar{1}$01) und gesondert davon kleinen weißen Albit, Calcit und gelbbraunen Sphen. In diesem Gestein liegen Streifen von dunkelgrünem Schiefer, z. T. von derselben Kluft durchzogen wie der hellgrüne Schiefer, mit Calcit, Quarz und etwas Ilmenit. Das Ganze ist wohl das von *A. Kenngott* (Mineralien der Schweiz, p. 228) erwähnte Vorkommen von Unterwald.

III a. 2. Gabbro-Peridotit, Serpentin, Lavezstein, Hornblendeschiefer (mit weniger als etwa 48 % SiO_2).

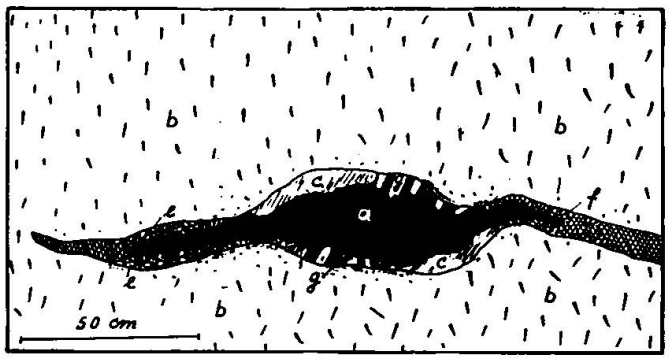
Die Klüfte von der Loita di Sphen [III a; 15 (III)] und von Drun [III a; 15 (I)] sind unregelmäßige Hohlräume, deren Höhe 10—40 cm ist, während die Fläche 0,5 m^2—10 m^2 einnehmen kann. Das Gestein in der Nähe der Kluft ist stark zersetzt. Die Klüfte stehen angenähert senkrecht zur Schieferung, aber nicht horizontal wie im Granit, sondern nahe vertikal.

1. Die bekannten großen schönen Sphenkristalle vom Druntobel (früher als „Sedrun", „Culm da Vi", „Tavetsch" bezeichnet) [III a; 15 (I)] sitzen nur auf melanokraten Gesteinsteilen und fehlen dicht daneben auf derselben Stufe, da, wo aplitische Adern die Unterlage der andern Mineralien bilden. Sonst zeigen die Mineralklüfte des Drun im einheitlichen metamorphen Olivingabbro meist nur beginnende Differentiationen.

An manchen Stellen eines Kluftnetzes ist Calcit gehäuft, allein oder mit Adular, an andern ist Quarz, anderwärts wieder Adular mit Sphen vorwiegend. Bisweilen sind manche Stellen der Stufe von Chlorit überdeckt, danebenliegende davon frei. Die Zeolithe, Heulandit und Chabasit, oft miteinander verwachsen, sind bisweilen auf Quarzkristallen aufgewachsen. Sie sind manchmal nur auf der durch ein ganz feines Pulver (von Chlorit?) rot bis lila gefärbten „Unterseite" der Stufe vorhanden, also auf einem Nebenriß, der mit dem Hauptriß direkt verbunden sein kann. Desmin findet sich bisweilen auf der „Oberseite", die z. B. Calcit trägt, und überzieht noch ein Stück der sich kontinuierlich anschließenden rot-violetten Unterseite. Oder Desmin bedeckt umgekehrt die ganze „Unterseite" der Stufe und zieht sich hinauf auf die mineralreichere Oberseite der Stufe. Die Oberseite zeigt z. B. Adular und Sphen, lag also an der Hauptkluft. Die Calcitskalenoeder sind hier wie überall jüngste Calcitgeneration.

2. Die Mineralklüfte am Eginerhorn bei Saas-Fee finden sich in einem Gabbroamphibolit, der sich vielfach Peridotitserpentin nähert. Soweit Schieferung des Amphibolit zu erkennen ist, stehen die Klüfte senkrecht dazu. Sie streichen NNO-SSW und fallen unter 80° nach West-Nord-West ein, sind meist sehr schmal. Teilweise enthalten die Klüfte nur Prehnit [III a; 16 a (III, IV, IV a)], manchmal ohne daß merkliche Unterschiede im Gestein wahrzunehmen sind. Epidot ist seltener, auch Albit [III a; 17 (IV)]. Das hängt wohl auch von dem Zeitmoment des Aufreißens der Kluft und damit von der Temperatur der eindringenden Lösung ab.

3. Die Mineralfunde in den Lavezsteinbrüchen bei Disentis werden zumeist in Adern von Talk, Dolomit, Magnetit, Chrysotil gemacht, die den Serpentin an der Grenzzone gegen den Lavezstein nach allen Richtungen durchziehen. Die Klüfte sind etwa 1—20 cm hoch, ihre Flächenausdehnung kann hunderte von m² betragen. Dolomit, Calcit und die zugehörigen Mineralien [III a; 20 (V)] finden sich nur in dem Peridotitstock und dessen metamorphen Gesteinen. — Quarz, Anatas u. s. w. [II b; 2 (XV)] treten in sehr kleinen Spalten auf im Kontakthof der angrenzenden Gneise und zwar in einem an Quarz und Muskovit reichen Gestein.



a. Hohlraum.
b. Massiger Amphibolit (in Kluftnähe wenig verändert)
c. Quarzband.
e. Adular mit Epidotbergflachs.
f. Epidotbergflachs mit wenig Adular.
g. Quarzkristalle.

Fig. 15. Kluft am Meiggbacheck (Nordseite bei Goppistein).

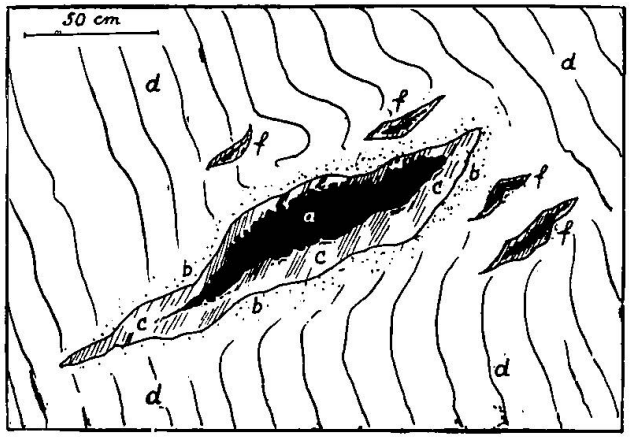
4. Etwas anderes Aussehen als die Klüfte im Lavezstein haben die kurzen Klüfte in den Strahlsteinschiefern, einer Randfacies der Lavezsteinstöcke. Sie liegen da nicht genau horizontal, stehen aber senkrecht zur Schieferung. Quarzband fehlt gänzlich. Man sieht als Kluftmineralien Epidot, Sphen, Prehnit, auf kleinen Absonderungsklüften Adular und Prehnit.

5. In einem massigen Amphibolit findet man bei Goppistein am Lötschberg am unteren Nordeck des Meiggbachtal größere Klüfte mit schönen Mineralien der Assoziation Calcit, Quarz. Epidot, Adular, etwa [III a; 1 (10)] entsprechend, mit stärkerer Differentiation (vgl. Fig. 15).

6. In einer Kluft des Teiftals ist auf den aplitisch leukokraten Schlieren des Gesteins Albit, auf den melanokraten Amianth mit Calcit und seltenem Epidot aufgewachsen. Albit und Amianthmoleküle wandern offenbar in der Lösung nicht weit.

7. Die Pseudomorphosen von Schweitzerit nach Olivin finden sich mit Melanit und Magnetit an der Rimfischwängi [V; K (I)] auf Klüften eines serpentinisierten, bisweilen Lavezstein sich nähernden Peridotites. Die Klüfte laufen senkrecht zur schwach ausgeprägten Schieferung. Die Mineralien zeigen keine Pressungs-

erscheinungen. Daher darf man vielleicht schließen, daß der Olivin, der primäres Gesteinsmineral im Peridotit war, in Lösung ging und, ebenso wie der Magnetit, zunächst als Kluftmineral auftrat. Erst später bei sinkender Temperatur der Lösung, aber nicht durch Atmosphärilien, wurde der Olivin in Schweitzerit verwandelt. Die Klüfte finden sich in geschiefertem, forellensteinartigem, metamorphem Peridotit, streichen NS und fallen von Westen nach Osten unter 50° ein.



a. Hohlraum (schwarz gezeichnet).
b. Gehärtete Tremolaschiefer.
c. Quarzband.
d. Unveränderter Tremolaschiefer.
e. Quarz u. andere Mineralien.
f. Albit u. andere Mineralien.

Fig. 16. Fundort ob V. Sorescia.

III b. Hornblendeführende Gesteine der Tremolaserie des Gotthard.

Eine andere Art von Sonderung der Mineralien als die bei den Graniten u. s. w. beschriebene sehen wir auf Stufen der Gesteine, in denen z. B. die leukokraten und melanokraten Bestandteile makroskopisch in einzelne Bänder getrennt sind, wie in einigen Schiefern der Tremolaserie.

1. Auf den Stufen am Laghetto Loitascia [III b; 2 (III)] ist auf den plagioklasreichen Gesteinsschichten Albit in der Kluft auskristallisiert, während der grüne Amianth auf den an Hornblende reichen Gesteinsbändern aufsitzt. Der Quarz findet sich vorzugsweise an der Grenze zwischen leukokraten und melanokraten Schichten. Er schließt aber nur auf dem hornblendereichen Gestein grünen Amianth ein.

2. Ganz ähnlich ist an einer andern Stufe aus der Tremolaserie [III b; 1 (I und IV)] auf dem leukokraten, etwa 10 cm breiten Gesteinsband, das von der Kluft nahezu senkrecht geschnitten wird, Albit aufgewachsen, während zu beiden Seiten breite melanokrate Bänder die Veranlassung zur Ausscheidung von großen, gut kristallisierten Ripidolitkristallen gegeben haben.

3. Der Granat der Granatbiotit- oder Granathornblendeschiefer des Gotthard, in dem allerdings Klüfte selten sind, ist nie als Kluftmineral umkristallisiert worden.

4. Der Fundort von Rutil, Sphen u. s. w. bei Sorescia [III b; 1 (I)] zeigt eine Hauptkluft, vgl. Fig. 16, umgeben von kleineren Rissen. Erstere, die etwa 80 cm breit, 30 cm hoch und mehr als 3 m tief ist, streicht NW-SO und fällt unter etwa 45° nach NO ein, ist größtenteils von Quarzband ausgefüllt. Wo sie von Band frei ist, enthält sie einzelne Quarzkristalle und stellenweise auch die andern Mineralien. Die kleinen Risse führen hauptsächlich Albit und die Titanoxyde.

5. In der Kluft im Hornblendeschiefer am Fieudo [III b; 2 (V)] waren einige wenige große von Amianth erfüllte Quarzkristalle auf dem Gestein angewachsen. Einzelne große, an beiden Enden ausgebildete Kristalle lagen in einem gelben Lehm, der die Kluft erfüllte. Es waren das von den Wandungen während des Wachstums losgebrochene und liegend zu sog. Zweispitzern ergänzte Kristalle. Der Lehm ist wohl viel späteren, wohl recenten Ursprungs.

IV a u. b. Kalksedimente.

In einer einheitlichen Kluft der Kalksedimente ist Differentierung selten deutlich ausgeprägt. Dagegen enthalten unmittelbar benachbarte Klüfte, die dann allerdings nicht parallel verlaufen, sondern durch ihre Richtung, öfters auch durch ihre Form unterschieden sind, verschiedene Mineralien, so z. B. 1. Fluorit getrennt von Calcit, in unmittelbar benachbarten Klüften vielerorts im Säntisgebiet,[17]) 2. ähnlich anderenorts bisweilen Quarzklüfte geschieden von Calcitklüften.

IV c. Kalksilikatschollen.

1. In den Granodiorit in Val St. Plazi [IV c; 2 (I)] ist ein Block von Kalkstein etwa 30 m hoch, 60 m lang eingesprengt, der randlich zu einem Granathornfels metamorphosiert ist. Schlieren von rotem, gelbem und grünem Granatfels durchziehen an der Kontaktzone den Kalk. Unmittelbar an der Grenze ist der Kalk vom Granodiorit durch einen Streifen von Quarz (mit etwas grünem, stark zersetztem Glimmer) getrennt. Die von *G. von Rath* zuerst beschriebenen Granaten finden sich in der Kontaktzone im Granat-

[17]) Vgl. Abh. d. Kgl. Bayr. Akad. Wiss. München. Math.-phys. Kl. *28.* Abh. 10. 1917.

gestein auf ganz kleinen Spalten und Höhlungen. In einigen dieser sitzt bisweilen Desmin und Skolezit in flachen, dünnen Büscheln, in der Nähe des Granits auch noch derber Quarz. In einzelnen Hohlräumen findet sich auch Chabasit. In manchen Hohlräumen sind mit und auf dem Granat Quarz mit Desmin und Chabasit gut auskristallisiert. Während die Kontaktzone ebenso wie das Eruptivgestein zertrümmerte Mineralien aufweist, sind die grünen Kalkeisengranaten unverletzt, also nach der Zertrümmerung des Gesteins, die ihrerseits wieder später als der primäre Kontakt ist, in nächster Nähe der Gesteinsgranaten aus- oder umkristallisiert. Die roten und gelben Granaten mit Kristallflächen treten an der Kluftfläche als Fortsetzung gleichgefärbter zertrümmerter Granatmasse im Gestein auf. Im Granodiorit am Kontakt sind in schmalen Rissen Quarz, Chabasit, Desmin auskristallisiert.

2. An der Rimfischschwänge sind die Mineralklüfte höchstens 10 cm hoch, liegen senkrecht zu der deutlich ausgeprägten Druckschieferung des Serpentins. Die Streichrichtung der Schieferungsfläche wechselt öfter. Das Fallen ist stets vertikal.

Die Druckerscheinungen sind sehr variabel. Man kann sie an den primären Magnetitkristallen im Gestein gut verfolgen. Bisweilen sind diese Kristalle völlig zerrieben, oder sie sind in einer Dimension zehnmal so stark auseinandergezogen, als ihre Länge in der andern Dimension beträgt. Manche Gesteinspartien sind dagegen fast unverändert massig geblieben. Man sieht daraus, daß nicht so sehr der Druck oder die Druckunterschiede, sondern die Bewegungserscheinungen, die infolge der Druckdifferenzen auftraten, maßgebend waren. An welchen Stellen Bewegung eintrat, das hing von Zufälligkeiten ab. Wo das Gestein etwas weniger widerstandsfähiger als im Durchschnitt war, oder, wo das normale Gestein an eine sehr harte, gleichmäßige Gesteinspartie grenzte, zerriß es, und längs dieser Ebenen entstanden breite Zermalmungszonen, die sich weiterhin noch in der Schieferung des Gesteins äußern. Die Richtung dieser schwachen Schieferung des ursprünglich massigen Gesteins ist aus dem oben dargelegten Grunde rasch wechselnd.

Die meist kurzen, schmalen, unregelmäßigen Spalten an der Rimfischwängi bei Zermatt (IV c; 3 (III)], die Idokras, Granat, Diopsid, Pennin, Epidot u. s. w. führen, streichen EW und stehen fast vertikal. Sie finden sich im Serpentin oder Gabbro-Peridotit nur in den Linsen von kontaktmetamorphosiertem Kalkstein, der jetzt aus Granat mit Epidot oder Granat mit Idokras, Biotit,

Diopsid, randlich auch aus Humit, Tremolit, Magnetit u. s. w. besteht (vgl. *R. Schäfer,* Tscherm. Min. Mitt. *15,* 1895). Randlich sind diese Linsen bisweilen von einer Schale aus rotem Granat und noch weiter außen von grünem Diopsid begrenzt. Die Kluftmineralien entsprechen der Gesteinszusammensetzung. Wo Granat im Gestein an der Kluftfläche vorkommt, finden sich vorzugsweise Granaten. Dasselbe gilt für Idokras, Epidot, Pennin. Man hat den Eindruck, als ob die Granat-, Idokras-, Pennin-Moleküle in der Lösung nur wenige cm weit wandern können. Da im kontaktmetamorphen Gestein die Granat-Idokrasschale von der Diopsidzone mitunter scharf getrennt ist, findet man die entsprechenden Kluftmineralien ebenfalls in gesonderten Klüften. Kommt aber in einer Kluft Diopsid vor, so ist er anscheinend nicht streng an die gleichzusammengesetzten Gesteinsflächen der Kluft gebunden, sondern gleichmäßig in der Kluft verteilt. Das sieht man auch bei den andern Diopsidvorkommen, z. B. am Tscherwandune [III a; 19 (II)]. Der Serpentin unmittelbar an der Grenze geht mitunter in Biotitgneis oder Strahlsteinschiefer über. Letzterer Schiefer streicht in einem Fall N-S und fällt unter 30° von Westen nach Osten ein.

G. Beobachtungen über das Auftreten einzelner Kluftmineralien mit besonderer Berücksichtigung der Differentiation und der Coexistenz.

Die folgenden Beobachtungen umfassen eine Anzahl Tatsachen über Koexistenz alpiner Mineralien. *P. Niggli* definierte als *syngenetische Mineralassoziationen* solche Assoziationen, die gleichzeitig oder im Verlauf des gleichen Zyklus gebildet werden. Es sind also z. B. die Assoziationen der Mineralien in den alpinen Klüften der Granite und der Amphibolite syngenetisch.

Hier wird daran anknüpfend die *Koexistenz*[18]) *von Mineralien in einer Assoziation* in einer alpinen Kluft definiert. Das ist das Zusammenvorkommen zweier oder mehrerer Mineralien innerhalb der Assoziation einer Kluft über das ganze Temperatur-Druckintervall (event. bei gleichzeitiger regelmäßiger Änderung gewisser gasförmiger Bestandteile wie Wasser und Kohlensäure). Es wird

[18]) Man könnte als Bezeichnungen auch syngenetisch und dysgenetisch wählen; erstere würde aber zu Verwechselungen mit der Definition von *Niggli* für die Association führen. Dann kann man an coe- und disexistent denken. Letzteres ist aber kein natürliches Wort der lateinischen Sprache. Am besten wäre es, man bildete die wissenschaftlichen Bezeichnungen statt aus den zwei alten Sprachen als Kurzworte aus einer Weltsprache, Esperanto oder Englisch.

unter *zwangsläufiger Assoziationskoexistenz* von *Mineralien* oder kurzweg unter *zwangsläufiger Koexistenz* das Zusammenvorkommen zweier oder mehrerer Mineralien verstanden, das in allen alpinen Klüften wiederkehrt, z. B. Anatas, ein hellgrüner Chlorit als Sand in der Kluft und Ilmenitbänder im Quarz, oder Monazit und braune Turmalinnadeln im Quarz, oder Galenit und Leadhillit, oder Muskovit und Quarz. —

Regelmäßige Koexistenz von zwei oder mehreren Mineralien in einer Assoziation ist das häufige, aber nicht zwangsläufig wiederkehrende Zusammenvorkommen von Mineralien, z. B. Galenit und Wulfenit, Siderit und Rutil, oder von Mineralien mit bestimmtem Habitus *(Habituskoexistenz),* z. B. Brookit und ein bestimmter Habitus bei Calcit.

Zwangsläufig separativ nennen wir zwei alpine Mineralien, die sich stets in der Assoziation einer Kluft über das ganze Temperatur-Druckintervall meiden, *regelmäßig separativ* solche, die sich meist meiden. Hierbei ist vorausgesetzt, daß nicht die Gesteinsbeschaffenheit die Trennung bedingt *(pseudoseparative Mineralien).* Ein Beispiel für *ersteres* sind Fluorit und Anhydrit, Skolezit und Laumontit (?), Axinit und Danburit, Sphen und Brookit. Beispiele für *regelmäßige Separation* bieten Apatit und Prehnit, Hornblendeamianth und Fluorit (vielleicht pseudoseparativ), Galenit und Magnetit, Anhydrit und Turmalin.

Die physikalisch-chemische und kristallographische Begründung dieser Tatsachen steht noch aus. Das separative Tatsachenmaterial ist in dem a. a. O. gegebenen Hauptverzeichnis implicite enthalten. Eingehendere Behandlung kann die Separation erst später finden, wenn die chemischen Beziehungen zwischen Gesteinszusammensetzung und Kluftmineralien dargelegt werden.

Man kann noch außer der für das ganze Temperatur-Druckintervall gültigen Assoziationskoexistenz und -separation solche unterscheiden, die nur für dieselben Werte von Temperatur und Druck gilt: *Temperaturkoexistenz* und *Temperaturseparation.* Letztere umfassen z. T. einen kleineren, z. T. einen größeren Kreis als die Assoziationskoexistenz und -separation. So sind z. B. Adular, Calcit, Quarz einerseits und Desmin andrerseits regelmäßig, vielleicht sogar zwangsläufig temperaturseparativ. Die Sukzessionslinien aller vier Mineralien decken sich nicht in einem Punkt. Das ist auf die Phasenregel zurückzuführen. Dagegen sind Rutil, Anatas, Brookit nicht temperaturseparativ; hier versagt die Phasenregel. Galenit und Leadhillit sind nicht temperaturkoexistent, sondern

temperaturseparativ, während sie assoziationskoexistent sind. Brookit und rhomboedrischer Calcit sind assoziations- und über ein kürzeres Intervall temperaturkoexistent.

Man beobachtet die Konzentration des *Galenit* auf eine eng begrenzte Stelle in allen Klüften des Aaregranits, in denen Bleiglanz vorkommt. Hier seien nur erwähnt die am Tiefengletscher [I a; 3; (I)], am Vord. Feldschyn, Nünistock [3 (II) und (III')], vordern Krüzlistock [2 (IX)]. — Der Galenit steht da außer jedem Zusammenhang mit Erzgängen, was sich auch darin zeigt, daß der Bleiglanzklumpen um so größer ist, je größer die Kluft. — Meist an einer Stelle der Kluft ist auch der Galenit der Fundorte in den Sericitschiefer des Grieserntales angehäuft [II b; 2' (II)], s. Anm. 14 a, [3'' (VI)]; [3' (II)]. Das Gestein ist dort wahrscheinlich sekundär etwas mit Galenit durchtränkt. Bleiglanzgänge aus früherer geolog. Epoche sind da zerquetscht; anderwärts im Grieserntal sind sie noch bemerklich. Der Bleiglanz wurde gelöst und in der Kluft als ein Kristall oder Klumpen abgesetzt. — Spärlich aber auch nur in einem oder ganz wenigen Kristallen kommt Galenit in Klüften des Amphibolits des Teiftales bei Amsteg vor. — Der Galenit ist öfters auch im Quarzband zu finden, an einer oder zwei Stellen konzentriert, während Scheelit, Ilmenit äußerst selten im Quarzband vorkommen.

Sphalerit findet sich in den Sericitschiefern des Aaremassivs, z. B. im großen Kluftsystem des Riedertobels [II b; 4' (I)], auch nur in ganz wenigen, großen Kristallen, vielleicht aus zertrümmerten Erzgangresten, die weiter südlich im Reußtobeltal (Lit. Anm. 4) besser erhalten sind, ausgelaugt. — Dann findet sich Sphalerit in Klüften der Sericitphyllite des Gotthardmassivs [6''' (II a)]. Sein dortiges Zusammenvorkommen mit Antimonit, der auch kaum akzessorisches Gesteinsmineral ist, weist auf Auslaugung eines zertrümmerten, sicher praetertiären, wohl permocarbonischen Erzganges hin, wie solcher in größerem Maßstab noch bei Alp Nadils zu sehen ist.

Scheelit kommt in umso größeren Kristallen vor, je größer die Scheelitmasse in der Kluft war. Die Kristallsucher haben im Syenit des kleinen Mutsch und der V. Giuf [III a; 1' (I, II, III)] die Erfahrung gemacht, daß in einer Kluft meist nur ein oder zwei Scheelitkristalle zu finden waren. —

In dem großen Kluftsystem an der Kammegg oberhalb Alp Rotlaui [10 (XI) — H. p. 71 u. 104; *E. Hugi,* Eclog. geol. helv. *15,* 490, 1919] sind die Scheelitkristalle sehr groß und nur wenige an Zahl. Scheelit ist also fast ein echt punktförmig differentiertes

(vgl. p. 74) Mineral, das dem Gestein und zwar dem Syenit bezw. der basischen Kontaktzone des Amphibolits entstammt.

Chalkopyrit ist ein sehr seltenes Kluftmineral, das z. T. wohl aus zertrümmerten Erzgängen, so im Grieserntal [II b; 3' (II)] hervorgeht, ebenso wie Bleiglanz. In den gotthardmassivischen Sericitphylliten tritt er auf bei St. Antonio b. Surrhein [II b; 6''' (I)]. Wie der Kupferkies verhält sich der *Kupferglanz, Covellin,* der ganz selten in den Klüften von V. Cornera [II b; 8] gefunden wurde. Die Zone der Schiefer, in denen die bekannten Vorkommen der V. Cornera liegen, ist charakterisiert durch einen ausgedehnten, ganz zermahlenen Erzgang, dessen Mineralien in den Klüften umkristallisiert erscheinen.

Chalkopyrit ist in allen Gesteinen, auch im Aaregranit an einer oder zwei Stellen konzentriert, aber nicht immer in einem Kristall oder Klumpen, sondern in einigen kleineren Kristallen.

Aus akzessorischen Mineralien des Granits sind Chalkopyrit und Galenit in der Kluft am Tiefengletscher hervorgegangen. Wenn man dort die in wenigen Kristallen konzentrierte Menge von Kupferkies auf 50 g schätzt und mit der Menge des zersetzten Gesteins etwa 10^{+10} g vergleicht, so kommt man auf etwa 10^{-6} % Cu im Aaregranit, während an Pb nach analoger Berechnung etwa 10^{-4} % vorhanden sein müßten. Letztere sind analytisch auch kaum nachweisbar; sie sind aber größer als die Bleimenge, welche bei der Radioaktivität des Granits als Endprodukt der Uran- und Thorreihe zu erwarten wäre. — Das ungefähre Isotopenverhältnis des Bleiglanz aus den Klüften des Aaregranits ist nicht bekannt. — Das Mengenverhältnis Galenit zu zersetztem Gestein ist ähnlich auch bei andern Klüften im Aaregranit. —

Cerussit, Leadhillit sind an Galenit angewachsen als Umwandlungsprodukte desselben bei dem letzten Stadium der Mineralbildung an ihn gebunden. *Wulfenit* ist ebenfalls eines der letzten Bleimineralien und sitzt meist an Galenit, aber ist bisweilen auch anderswo aufgewachsen, z. B. in einer Kluft oberhalb des Ried beim mittl. Teiftal am Schniederplatz [III a; 6 (II a)] auf Amianthhaaren oder im Untern Teiftal [III a; 6 (II)] auf Quarz in der Nähe des Galenits. Wulfenit war also löslicher als die beiden andern Bleiverbindungen, die nur am Ort umkristallisierten, nicht in der Lösung weiter wanderten.

Pyrit pflegt in relativ großen Kristallen vorzukommen, nicht in vielen kleinen. Bei geringer Menge ist er an wenigen Stellen der Kluft zu finden, bei großer Konzentration ist er dagegen in

größeren Kristallen gleichmäßig verteilt, z. B. in Kluft der Tremolagesteine auf A. Sorescia [III b; 2' (I)] oder in Dolomitkluft bei A. Monterascio [IV a; 2' (I)].

Die von mir erwähnte *Pseudomorphose von Brauneisenerz* nach einem unbekannten hexagonalen Mineral aus Sericitgneisklüften des Reußtobels [II b; 1' (II) und 4' (I) und ältere Fundorte] sind wahrscheinlich solche nach *Magnetkies*. Die Umwandlung erfolgte am Ende der Mineralbildung oder durch atmosphärische Agentien. Für letztere Annahme spricht die Tatsache, daß *Hugi* im Wasserstollen frische Magnetkieskristalle fand, die in den von Tage zugänglichen Klüften fehlen oder jedenfalls äußerst selten sind.

Ilmenit fehlt in den Klüften aller Granite, ist dagegen, wenn auch nur in kleinen Mengen, in den Anatas und Brookit führenden Klüften der Sericitschiefer insbesondere des Aaremassivs vorhanden.

Dort ist er in größeren Blättern im Quarz eingeschlossen, ein Begleiter und Anzeichen des Titanoxyds, und zwar des Anatas (Anatasschilfer der Strahler). Ilmenit ist nicht nur in einem Exemplar da, aber doch nur in vereinzelten, stets etwas größeren Tafeln, nicht in vielen kleinen Blättern wie Chlorit oder Muskovit. Er ist meist nicht an eine einzige Stelle der Kluft gebunden, aber auch nicht auf die ganze Kluft verteilt.

Frei kristallisiert Ilmenit mit Talk in Klüften ganz basischer Gesteine, auch nur in wenigen größeren Kristallen, z. B. am Fläschenhorn im Binnental [III a; 22 (I) und 20 (IV)]. In Rosettenform mit dünnen gekrümmten Blättern tritt Ilmenit konzentriert auf an einer oder wenigen Stellen der Kluft im Grieserntal [II b; 5 (I und II)] und bei Bauns in der V. Strim [5 (III, IV, V)]. Sowie Ilmenit spärlich in einer Kluft vorkommt, in der Quarzkristalle aufgewachsen sind, ist er als Blatt in diesen eingewachsen. Eine bestimmte kristallographische Orientierung zu einer Fläche des Quarz ist nicht vorhanden, aber es besteht wohl eine Analogie der Kristallgitter beider Mineralien, entfernter als die nach den Untersuchungen von *H. Baumhauer* zwischen Hämatit und Rutil vorhandene.

Datolith fand sich nur in einem kleineren Kristall in einer großen Kluft in der V. Giuf [III a; 2 (IV)]. *Zirkon* und *Perowkit* sind in den Klüften der kontaktmetamorphen Kalksilikate [IV c; 3" (III a) und H. p. 107 u. 108] in wenigen Kristallen zusammengefaßt, nicht in viele kleine zerstreut; aber sie sind nicht nur an einer Stelle der Kluft zusammengehäuft.

Baryt und *Strontianit* kommen in wenigen großen Kristallen und Gruppen an einer Stelle einer Kluft oder eines Kluftsystems in den Eisenglanz-Fundorten von Val Cornera vor [II b; 8 (IV und VIII)].

Ein oder zwei kleine Kristalle von Baryt sind in einer in Nähe eines zertrümmerten Erzganges aufsetzenden Kluft [II b; 4' (II)] im Rieder Tobel gefunden worden. Dagegen hat *L. Weber* an einer Stufe aus einer (wohl einen Erzgang durchsetzenden?) Kluft am Ravetscha-Gletscher Baryt in einer größeren Anzahl kleiner Kristalle gefunden. Die Konzentration zu wenigen Kristallen ist also bei Baryt zufällig und nicht regelmäßig.

Coelestin kommt in den alpinen Lagerstätten wohl nur in Klüften umkristallisierter Carbonatsedimente vor, am schönsten wohl in kleinen Spalten des Dolomit im oberen Teil des Steinbruchsgraben, Baltschiedertal, im Oberwallis in einzelnen größeren Kristallen, also konzentriert, aber nicht punktförmig.

Fluorit kommt stets nur in relativ wenigen Kristallen vor, ist auf einen Teil der Kluft beschränkt, der aber nicht klein zu sein pflegt. Solcherart sind die Vorkommen im Aaregranit und im Adulagneis.

Hämatit pflegt, wo er spärlich vorkommt, nicht in sehr vielen kleinen Kristallen, sondern in wenigen Exemplaren aufzutreten. Charakteristisch ist die Differentiation auf einzelnen Spalten eines Kluftsystemes und in Parallelrissen zur Hauptkluft (vgl. z. B. p. 81, Nr. 1, p. 89 oben). Meist ist eine Stelle der Kluft wesentlich reicher an Hämatit als die andern.

Turmalin ist in einigen Stellen der Kluft häufiger als an andern. Bisweilen ist er auch auf einen einzigen, aber ausgedehnten Teil der Kluft beschränkt. Das gilt für fast alle Vorkommen, die in dem Hauptverzeichnis aufgezählt werden. Daß Turmalin oft in Quarz eingewachsen ist, beruht wie bei Epidot, Hornblendeamianth, Rutil nur darauf, daß das Auskristallisationsintervall der nach einer Axe gestreckten Mineralien nicht später ist als das des Quarz, also auf zufälligem Umwachsen. Eine besondere Affinität wie bei Ilmenit liegt m. E. nicht vor. Selten kommen Turmalinnadeln ringsum ausgebildet schwebend vor (II b; 6'''').

Anhydrit ist gleichmäßiger als Turmalin über die Kluft verteilt, so bei den Vorkommen in einer Kluft des Fibbiagranits [I a; 8 (I)], bei Mti Camperio [II b; 6 b (I)], in den zahlreichen Klüften der Randzone des Syenit [III a; 4' (I—II) und 4 (I—VIII b)]; er wird nicht nur von Quarz, sondern auch von Adular umschlossen. Da-

wo Anhydrit sehr spärlich ist, kann man bemerken, daß er auf einen je nach seiner Gesamtmenge größeren oder kleineren Teil der Kluft, manchmal nur auf wenige Quarzkristalle beschränkt ist. — Daß es sich bei den Hohlnadeln tatsächlich um Anhydrit handelt, konnte ich in zwei Fällen (Fundort von Westseite des Fedenstocks [III a; 4 (II b)] und vom Riental [III a; 4' (II)]), wo die Nadeln abgebrochen, dadurch ganz von Quarz umschlossen und frisch erhalten waren, chemisch und optisch sicher nachweisen. Kristallographisch war nur der rechte Winkel zu konstatieren.

Epidot und *Hornblendeamianth* zeigen vielfach in größeren Klüften ausgesprochene Flächendifferentiation, Verteilung auf einige Flächenstücke der Kluft (vgl. p. 105 oben und; p. 108, Nr. 1; p. 107, Nr. 5).

Hornblendeamianth steht stets senkrecht auf der Kluft, gleichgültig wie die Gesteinshornblende, auf der er aufsitzt, gegen die Kluftfläche orientiert ist. In Quarz eingewachsen, verlaufen die einzelnen Nadeln einigermaßen parallel, im Gegensatz zu den wirr durcheinanderliegenden Rutilnadeln.

Rutil zeigt eine viel gleichmäßigere Verteilung in der Kluft als die vorher erwähnten Mineralien. Nur, wo Rutil sehr spärlich ist, ist seine Menge lokal wechselnd, z. B. bei Barcuns und Bugnei [III a; 8 (I und III)]. Das mag mit der Gesteinsbeschaffenheit zusammenhängen. Ein charakteristisches, nur sehr selten fehlendes Begleitmineral sind Carbonate, besonders *Siderit.* Der „Sand" der Kluft enthält in den Rutilklüften meist Brauneisenerz. Dieses bezw. das Eisencarbonat sind wohl die direkte Ursache, daß Titanoxyd aus dem Gestein gelöst und in der Kluft als Rutil abgesetzt wird.

Rutil wurde nicht selten als Haufwerk feiner Haare gefunden, z. B. am Piz Aul [II b; 2" (I)] in dem bekannten, von *U. Grubenmann* beschriebenen Vorkommen, in V. Claus bei Sedrun [II b; 6 (II)], bei St. Brida [II b; 6' (VII)] (in beiden trägt Rutil kleine Siderit- und Calcitrhomboeder), im oberen Grieserntal und im Riedertobel [II b; 4' (I und III)]. Bisweilen als dicke Nadeln im Chlorit, z. B. bei Mti Camperio [II b; 6 b (I)], Bruoderegg im Riental [I a; 10 (I)]. — Wahrscheinlich ist das Vorkommen des Rutil in losen, haarförmigen Kristallen im „Sand" oder „Lehm" der Kluft viel häufiger, als man annimmt. Die Kristallsucher haben dem wenig wertvollen Material meist keine Beachtung geschenkt oder es nicht mitgenommen.

Beachtenswert ist, daß die starren, leicht zerbrechlichen Rutilnadeln, die im Quarz eingeschlossen sind, meist lang geblieben

sind. Starke Strömungen waren also in der Lösung nicht vorhanden.

Ein charakteristisches Begleitmineral des *Anatas* ist ein die Kluft teilweise erfüllender Chloritsand von gelbgrüner Farbe und bestimmter Korngröße. Sowie dieser Anatassand auftritt, wissen die Kristallsucher, daß Anatas zu finden ist.

Ein weiteres, wohl nie ausbleibendes, notwendiges, aber nicht hinreichendes Kennzeichen für Anatas sind Einschlüsse von Blättern von Ilmenit oder stark titanhaltigem Hämatit im Quarz.

Wo viel Anatas vorkommt, schließen benachbarte Quarzkristalle auch oft sandig-braunen Chlorit ein. Das ist im Grieserntal ein weiteres sicheres Anzeichen, daß man sich in der Kluft den an Anatas reichen Räumen nähert.

R. L. Parker[19]) diskutiert den Zusammenhang zwischen Habitus und Farbe des *Anatas*. Hierzu läßt sich ergänzend folgendes bemerken: Die schwach gelbe Farbe der über 5 mm dicken Schichten des Binnentaler Anatas ist Eigenfarbe des Titandioxyd dieser Modifikation, die mit dessen hohen Brechungsindex zusammenhängt. Diese reinen Anataskristalle aus chloritarmen Klüften sind groß, kurz, flächenreich, stumpfpyramidal.

Die häufigste Beimengungsfarbe, wohl von einem Titansuboxyd verursacht, ist blau-schwarz; sie bedingt die langgestreckte, spitz pyramidale Form, bei der die erste Pyramide terrassenförmig den Kristall aufbaut, das Wachstum nach der c-Axe weitaus überwiegt. Es werden um so längere, spitz aussehende Formen erreicht, je tiefer die Farbe. Parallel damit geht das reichliche Auftreten von Chlorit und Chloriteinschlüssen im Anatas.

Der gelbrot und braunrote Anatas ist bisweilen teilweise zu Rutil umgewandelt; er zeigt meist stumpfere Pyramiden und die Basis.

Die tief dunklen, aber klaren Kristalle, die nicht langgestreckt sind und die Basis zeigen, sind fast alle an einer Stelle ungefärbt, besitzen an dieser nur die gelbe Eigenfarbe.

Brookit hat keinen zwangsläufigen Begleiter. Häufig ist in brookitführenden Klüften gelber, sehr feiner „Lehm", der vielleicht Chlorit ist, oder auch grün- bis rotbrauner, mit Brauneisenerz gemischter Chlorit.

Im Grieserntale ist eine bestimmte Ausbildung des Calcit, dickes, primäres, mattweißes Rhomboeder mit etwas gerundeten oder abgestumpften Kanten charakteristisch für das Auftreten von Brookit („Brookitspath" der Strahler).

[19]) *R. L. Parker,* Schweiz. min. u. petr. Mitt. *3*, p. 321, 1923.

Am gleichmäßigsten ist *Rutil* in einer Kluft verteilt, weniger Brookit und Anatas. Daher ist Rutil auch häufig schwebend ausgeschieden, kommt im „Sand" der Kluft vor, was für Anatas äußerst selten, für Brookit meines Wissens nie zutrifft. — Die verschiedenen Begleiter der drei Titanoxyde sind durch ihre Wirkung als Lösungsgenossen teilweise wohl die Ursache für das vorzugsweise Auftreten der betreffenden Modifikation. Titanoxyd ist fast in jedem Gestein enthalten, aber doch nur in bestimmten Gesteinen Kluftmineral. Bei Zersetzung des Biotits u. s. w. bleibt vielfach z. B. im Granit das Titanoxyd ungelöst oder nur zu ganz kleinem Rutil im Gestein umkristallisiert zurück. Ich hatte schon früher gezeigt, daß auf Mineralassoziationen, die unter 500° gebildet werden, die Phasenregel nicht anwendbar ist. Rutil, Brookit, Anatas treten verschiedentlich gleichzeitig miteinander verwachsen auf, so z. B. im oberen Grieserntale.

Alle drei Titanoxyde sind klar durchsichtig. Nur an einigen von vielen hundert Fundorten, z. B. dem von Cuolm da Vi bei Sedrun [II b; 2 (VIII)], sind die größeren gelbroten Anataskristalle matt und undurchsichtig durch größere Rutilnadeln und scheinbar in Rutil umgewandelt. Kleinere gelbe Anataskristalle sind dagegen klar, unverändert. Im trüben Anatas ist Rutil bei der Auskristallisation entstanden. Es waren für beide Modifikationen die Bedingungen zuerst gleich günstig, beim Fortwachsen für Rutil günstiger, aber die Ansatzpunkte für das Titandioxyd durch das Anatasgitter gegeben. — Neben oben erwähnter Kluft liegt ein Fundort von Quarz nur mit Rutil. — Man beobachtet auch im Grieserntal (vgl. oben), daß Rutil, Anatas und Brookit, wenn sie in der gleichen Kluft vorkommen, miteinander verwachsen sind. Doch wächst jeder der Kristalle für sich weiter. Der Einfluß der einmal gebildeten Raumgitter bewirkt das.

Monazit ist wohl an allen Vorkommen begleitet von einzelnen braunen flachen Nadeln, oder flachen Reihen solcher Nadeln, die in Quarz eingeschlossen sind. Sie scheinen mir dem optischen Verhalten nach Turmalin zu sein. Eine genaue Untersuchung der Nadeln steht noch aus. Wegen verschiedener thermischer Ausdehnung von einschließendem und eingeschlossenem Material sind meist Risse im Quarz entstanden. Diese Risse erscheinen braun gefärbt, was zum Teil auf Reflexion und Diffusion des Lichtes beruht. Diese Koexistenz scheint mir zwangsläufig zu sein.

Die sog. *korrodierten Quarzkristalle* stammen meist aus den basischen Gesteinen, Syeniten, Amphiboliten und Peridotiten oder

aus Granitfacies, die an solche Gesteine angrenzt. Die Kristalle zeigen meist tiefe Löcher durch runde Flächen begrenzt. Letztere sind vielfach eine Folge mehr oder minder deutlicher kristallographischer Ebenen, wie man sie sonst nur bei Auflösungs- oder Ätzformen findet.

Manchmal sind die Hauptbegrenzungen des Kristalls völlig abgerundet; sie entsprechen der Lage nach etwa primären Rhomboedern.

Daneben sind aber oft die Grundflächen, Prisma und Rhomboeder, schön spiegelnd ausgebildet. Das spricht dagegen, daß Korrosion vorliegt. Lokalisierte tiefe Einfressungen nur an einzelnen Stellen sind physikalisch-chemisch recht unwahrscheinlich. An mehreren Fundorten korrodierter Quarze kann man beobachten, daß vor der Reinigung durch die Kristallsucher die Löcher im Quarz mit Chlorit ausgefüllt waren, zumeist mit einem etwas großblättrigen grünen bis dunkelgrünen Chlorit. Solche Fundorte sind z. B. Culmatsch bei Sedrun [III a; 5 (VI')], Anfang d. V. Giuf [III a; 5' (VI a)], Giufstöckli [III a; 3' (IV)], Giufseeli [III a; 1 (IV)], oberer Drun, Sedrun [III a; 15 (IV)]; im Granit in Syenitnähe am Fädenstock, Fellital [I a; 4' (III a)] korrodierter neben nicht korrodiertem Quarz.

Wahrscheinlich war die Chloritmasse zu fest gepackt und zu groß, als daß die Quarzkristalle beim Wachsen sie ganz wegschieben konnten (vgl. p. 87, Nr. 2), und der Chlorit war vielleicht zu grobblättrig, um eingeschlossen zu werden. Die sog. Korrisionsflächen sind also m. E. Wachstumshindernis- oder Widerstandsflächen.

Sehr selten findet man eine Kluft, in der die Quarzkristalle gewöhnlicher Ausbildung wie von Wasser abgeschliffen aussehen, dabei oft noch in dicken feinen Chlorit oder festen gelben Lehm gepackt sind. Ob hier echte Korrosion oder auch Wachstumswiderstände die Ursache sind, bleibe dahingestellt.

Bei *Adular* findet man ähnliche Erscheinungen seltener. Die Begrenzungen der Löcher, die da nur Einschnitte sind, erfolgen aber im Gegensatz zu Quarz durch ebene einfache kristallographische Flächen, z. B. in Kluft am Fedenkehli-Fellital [III a; 4 (III)]. Bisweilen gibt es auch wirklich korrodierten Adular. Ob die Adularskelette aus V. Cornera [II b; 7 (II, und 8 (VI und VIII a)] hierher zu rechnen sind oder ob Wachstumshindernis durch gelben Lehm die Ursache war, ist unentschieden.

Adular und Quarz zeigen starke scheinbare Korrosion an einem Fundort zwischen Passo Lucendro und Fieudoalp an der Grenze Granit-Tremolaserie [I a; 6' (V)] und in einer Kluft [I a; 6' (VIII)] in einer sellagneisartigen bis pegmatitischen Linse, die einem Paragneis der Tremolaserie bei den Militärbaracken von Pusmeda eingelagert ist.

Wirkliche Korrosion ist eine seltene Erscheinung bei den alpinen Minerallagerstätten. Sie ist z. B. an den Granaten in Gneisklüften bei Alp Leiß, Vals-Platz [IV c; 1' (I)] zu beobachten. — Auch Calcit zeigt wirkliche Korrosion, die aber relativ schwach ist, obschon seine Löslichkeit in atmosphärischem Wasser bei der mittl. Jahrestemperatur merklich ist. Meist hat Calcit nur matte Flächen, die vielleicht auch schon primär matt gewesen sind.

Die Schweizer *Amethyst*kristalle sind alle an der Spitze am stärksten gefärbt, haben, wo die Färbung beginnt, Form der Szepterkristalle, oft Anfänge von Skelettbildung und zeigen die sog. Fliesstreifen auf dem Rhomboeder. Bisweilen ist die Färbung in nahe am Tag liegenden Klüften verblaßt, z. B. auf der Südseite des Fieudo, aber obige Merkmale blieben.

Chlorit ist das einzige Mineral, das vielleicht ausschließlich schwebend in der Lösung ausgeschieden wurde, seine Verteilung in der Kluft ist aber nicht stets gleichmäßig. Es ist wohl möglich, daß auch der auf dem Gestein fest haftende und der in andern Mineralien, z. B. Quarz, Adular, eingeschlossene Chlorit schwebend ausgeschieden war, herunterfiel oder durch Kapillarität an den Oberflächen der festen Körper hängen blieb. Die Diffusion mußte die feinen Blättchen in der Lösung gleichmäßig verteilen. Die Schwerkraft aber ließ sie langsam in der leichteren Lösung fallen.

Der *Muskovit* der Mineralklüfte, z. B. des Fibbiagranits, ist kaum dasselbe Mineral wie der Gesteinsmuskovit. Doch fehlen analytische Grundlagen leider völlig. Der Glimmer in Klüften des Kalkglimmerschiefer des Tessinermassivs ist Kalkglimmer.

Skapolith als Spaltenmineral wurde von *G. Klemm* und von *H. Preiswerk* aufgefunden. Das Kluftmineral ist Mejonit, Sulfatcarbonatskapolith. Im Nebengestein, das bei Riale Fog Kalkphyllit und bei Monte Piottino Quarzit ist, hat Preiswerk Skapolith nachgewiesen. Es steht nicht fest, ob der Skapolith aus dem Gestein gelöst oder das Gestein von den Spalten aus mit Skapolith imprägniert wurde. In letzterem Fall, den H. Preiswerk für wahrscheinlich hält, wären diese Spaltenbildungen verschieden von der Paragenese der zentralalpinen Mineralklüfte und näherten sich

schon den Erzgängen. Ob das zutrifft, läßt sich dadurch entscheiden, daß man feststellt, ob das Gestein bei der geringen Höhe der Spalten in größerem Abstand, 50 cm—2 m von der Kluft, Skapolith führt oder nicht. Ein positives Ergebnis spräche für Verwandtschaft mit den Kluftbildungen. Ein negatives Ergebnis könnte auch dadurch erklärt werden, daß der Skapolith in der Kluftumgebung ein umgewandeltes Gesteinsmineral ist, ähnlich wie anderwärts Hornblende zu Epidot, und Biotit zu Chlorit und Muskovit wurden. Oder es könnte Skapolith aus verschiedenen Gesteinsmineralien durch Einwirkung der Lösung in der Kluft hervorgegangen sein. — Es ist aber nach den Vorkommen im Dolomit von Valdo *(A. Stella)* und von Campolungo *(F. Mühlethaler)* wahrscheinlicher, daß der Skapolith bei der Regionalmetamorphose des Tessinermassiv durch pneumatolytische Agentien in den Gesteinen entstand. Dies ging der Mineralkluftbildung voraus, vielleicht aber nur um kurze Zeit. Dann wurde der Skapolith als Kluftmineral umkristallisiert.

Der *Anhydrit* ist vor Ende der Mineralbildung wieder aufgelöst worden; denn man findet in den Hohlnadeln z. B. Chabasit (Westwand des Schattigen Wichel [III a; 4 (VIII)] oder Nakrit (Mti Camperio [II b; 6 b (I)]).

Apatit, der auf Quarz aufgewachsen, ist meist größer als der auf Adular oder auf dem Gestein sitzende, vielleicht weil er tiefer in die Lösung hineinragte. Selten ist schwebender Apatit [II b; 4' (I)] und [III a; 1 (V)].

Die beim Herausnehmen aus der Kluft oft schön rosa (im Sericitphyllit) oder violett (im Gotthardgranit und Orthogneisen) gefärbten Apatite verblassen sehr rasch am Licht, sogar in offenen Klüften, in die nur schwach diffuses Licht einfällt.

Die Krümmung der Flächen bei *Adular* ist in Klüften der Sericitschiefer und basischer Gesteine bisweilen zu beobachten. Sie ist öfters verursacht durch Einschlüsse von Chlorit in Klüften von Amphiboliten-Peridotiten [III a; 5 (einige Fundorte)], [III a; 15 (teilweise in I)] oder von Amianth, z. B. in vielen Klüften der Amphiboliten des Aaremassivs [III a; 5 (IV)], auch teilweise [VI u. VI') u. 6 (III a, VI, IX); 10 (VIII, XV, XVI)]. — Ein von *L. Weber* erwähnter gekrümmter Adular schließt nicht näher untersuchten grau-schwarzen Staub ein. Mitunter treten verzerrte gebogene Kristallflächen gleichzeitig bei zwei Mineralien einer Kluft auf, z. B. bei Pyrit, der ebenso dazu neigt wie Adular, und bei kleinen weißen Kristallen von Adular in einem Fundort bei Fanella,

Vals Platz [II b; 3 (VII)]. — Adular ist porzellanweiß und zeigt ebenfalls gekrümmte Flächen an Fundorten an den Palas da Tgom [II b; 6'''' (I und II b)]. Die weiße Farbe beruht auf Lichtdiffusion an Einschlüssen und zwar vermutlich an sehr zahlreichen Luftbläschen. Je intensiver das Weiß bei kleinen Kristallen, um so mehr Einschlüsse hat der Kristall, um so stärker die Krümmung.

Auch Zeolithe, wie Chabasit, Heulandit, Prehnit zeigen gekrümmte Flächen, wenn sie von Amianth durchwachsen sind, z. B. im Syenit des Schattigen Wichels [III a; 3 (I a)].

Albit ist in den Klüften der Silikatgesteine stets weiß und hat Periklinhabitus. Er ist dagegen fast stets klar durchsichtig und zeigt ausgesprochenen Albithabitus in den Kalksedimeynten.

Die *Zeolithe* treten gern in Nebenrissen der Hauptkluft auf, die sie oft ganz ausfüllen. Sie erscheinen daher häufig auf der einen Seite einer Stufe, die übrigen Mineralien auf der andern Seite. Bisweilen ist diese Trennung nicht scharf. So sind z. B. auf einer Fläche einer Stufe aus Granit der Westwand des Schattigen Wichels [I a; 2 (XII)] Hämatit und wenig Chabasit, auf der angrenzenden schwach gegen erstere geneigten Fläche viel Chabasit und wenig Hämatit aufgewachsen.

Skolezit sondert sich bisweilen von den andern Zeolithen ab, ist aber auch oft durch Desmin, seltener durch andere Zeolithe hindurchgewachsen. Skolezit ist, wie *R. L. Parker*[20]) hervorhebt, wohl stets an Calcit gebunden. Für Desmin, Heulandit, Chabasit gilt das nicht; sie sind auch häufiger als Skolezit zu finden.

Heulandit ist besonders oft auf Bruchflächen von Quarzkristallen zu finden. An unverletzten Quarzkristallen sitzt er häufiger auf dem Rhomboeder als auf den Prismenflächen. Es ist nicht ausgeschlossen, daß die Lösungen zur Zeit der Heulanditkristallisation den Quarz ein wenig lösten. Sowohl Heulandit wie Desmin hinterlassen oft Eindrücke auf Quarz. Auch Desmin, Chabasit, Apophyllit bedecken gern Bruchflächen der Quarzkristalle.

L. Weber[21]) erwähnt vom Drun (vgl. p. 106) Heulandit mit zweierlei Farbe, rot und grün. Die schwach grünen verdanken ihre Farbe hier und anderwärts ganz feinen Amianthhaaren und manchmal auch kleinen Chloritblättern, die in Heulandit eingeschlossen sind. Die braunrote Farbe ist am Drun meist nur durch die Unterlage bedingt. In den alpinen Klüften ist sonst die rote, durch feinste Schuppen von Hämatit hervorgerufene Farbe des Heulandit,

[20]) *R. L. Parker,* Schweiz. min. u. petr. Mitt. *3*, p. 296, 1923.

[21]) *L. Weber,* Schweiz. min. u. petr. Mitt. *3*, p. 258, 1923.

die aus Drusen der Ergußgesteine bekannt ist, wohl noch nicht beobachtet, von dem von L. Weber erwähnten Fall vielleicht abgesehen.

Faujasit ist der einzige alpine Zeolith, der fast nur schwebend, ringsum begrenzt, als Sand in der Kluft vorkommt. Nur gelegentlich ist er auf weißgelbem Adular oder Quarz festgewachsen [III a; 3 a (II)].

Milarit ist meist auf dem Gestein, sehr selten auf Quarz oder andern Mineralien aufgewachsen. Offenbar war das bei der Umsetzungsreaktion von Gestein mit der Lösung gebildete Molekül nur schwach löslich. Er findet sich häufiger auf kleinen Nebenspalten als in einer größeren Kluft und im Gegensatz zu Fauyasit wohl nie als Haufwerk.

H. Einige Tracht- und Habituseigentümlichkeiten der alpinen Kluftmineralien.

Man kann etwa fünf Eigentümlichkeiten in der kristallographischen Ausbildung eines bestimmten Minerals unterscheiden:

1. Die *Häufigkeit einer Flächenform* an einem Fundort oder in einer Assoziation eines oder mehrerer Fundorte (vgl. z. B. die statistischen Studien von *P. Niggli).* Sie wird prozentisch ausgedrückt. —

2. Die *Flächengröße* oder *relative Größe einer Fläche* eines Kristalls oder ihres Mittelwerts bei den Kristallen einer Assoziation. Sie kann definiert werden als der Flächeninhalt einer Kristallfläche dividiert durch die Summe der sämtlichen Flächeninhalte des Kristalls, also durch seine Gesamtoberfläche. Sie kann also in Prozenten ausgedrückt werden und entweder für einen Kristall oder als Mittelwert in einer Mineralkluft oder in einer ganzen Assoziation festgestellt werden.

Als relative Größe einer *Flächenform* kann man den Mittelwert der relativen Größe aller Flächen einer Flächenform bezeichnen.

Statt der Flächengröße kann man nach *Becke* die relative Zentraldistanz messen, die auch in Prozenten ausgedrückt werden kann. Inwieweit beide Verfahren gleiche Werte liefern, ist m. W. noch nicht untersucht. Die relative Flächengröße entspricht etwa dem, was die Mineralogen früher als Habitus bezeichneten. Sie steht in gewissem Zusammenhang mit der Flächenhäufigkeit insofern, als die größten Flächenformen eines bestimmten Habitus

meist die häufigsten sein werden, ganz kleine Flächenformen leicht ausfallen.

3. Die *Verzerrung* eines Kristalls ist die ungleiche Größe oder ungleiche Zentraldistanz kristallographisch gleichwertiger Flächen einer Flächenform, z. B. sind bisweilen je zwei Rhomboederflächen der Calcitrhomboeder oder je zwei Prismenflächen alpiner Quarze verschieden von den zwei andern Paaren. Die Verzerrung wird nach *Groß* als *Tracht* eines Kristalls bezeichnet, die auch in Prozenten ausgedrückt werden kann als Quotient der Flächeninhalt der einen Fläche durch den Flächeninhalt der gesamten Flächenform.

4. Der *Flächenreichtum,* die Zahl der Flächenformen eines Kristalls, und der *Zonenreichtum,* die Zahl der Zonen eines Kristalls, und die Mittelwerte dieser Größen in einer Assoziation, sind auch noch für den Habitus charakteristisch. Auch diese Eigenschaft drückt sich in dem Flächendiagramm des Fundorts aus.

5. Die *Flächenbeschaffenheit,* z. B. die Abweichung der Fläche von der Ebene, insbesondere die Krümmung nach bestimmter Zonenrichtung, die Rauheit der Flächen.

Ein *vollständiges Flächendiagramm* des Minerals eines Fundorts sollte den Index der Fläche, danach jeweils den Mittelwert der relativen Größe der betr. Fläche (oder Flächenform) und die Häufigkeit der Flächenform in Prozenten, außerdem die Verzerrung und die Charakterisierung der Beschaffenheit der Oberfläche der Form enthalten. Eine solche mühevolle Beschreibung hat, wie *Niggli* betont, besonderen Wert, wenn sie gleichzeitig die genetischen Ursachen der Eigentümlichkeit dieses vollständigen Flächendiagrammes eines Fundorts oder einer Assoziation zu ergründen gestattet. — Eine derartige Arbeit wird letzten Endes auf die Kräfte in dem chemischen Strukturbild des Raumgitters Licht werfen. — Im folgenden werden nur einige Striche des Bildes gezogen, die sich bei flüchtiger qualitativer Betrachtung ergeben.

Die häufig vorkommenden Mineralien einer Kluft oder auch eines größeren Raumes der Kluft pflegen sich bisweilen im *Habitus* und Tracht *einander anzupassen.* Es gibt in Amphiboliten einzelne Klüfte (z. B. Rinderstöckli beim Steintal, Maderanertal), wo Adular, Calcit, Quarz, sogar Sphen, soweit das die Raumgitter erlauben, den Habitus rechtwinkliger Rhomboeder anstreben. Ebenso sind zuweilen in Spalten des Dioritschiefer Calcit, Adular und etwa auch Quarz möglichst tafelförmig ausgebildet (z. B. im mittleren

Grieserntal [III a; 6 (III)]). Oder es sind Epidot und Quarz ([III a; 10 (XIII)] auf Golzerenalp) in Amphibolit oder Adular und Epidot im Syenit (an der Kalkspathlücke [III a; 2 (III)]) in abgeflachten Reihen ausgebildet. In Klüften des Riedertobel [II b; 4' (I)] sind Quarz, klarer Albit und Apatit bei oberflächlicher Betrachtung ähnlich; wo dort Quarz Reihenbildung aufweist, folgt ihm darin gern Apatit. In einer Kluft mit großen gewundenen Rauchquarzkristallen (im Syenit d. V. Giuf) zeigt auch der Apatit Neigung, etwas gewundene Parallelreihen zu bilden. In einer Kluft des Teiftals sind die beiden häufigsten Mineralien, Albit und Epidot, stengelig in Richtung ihrer größten Ausdehnung. Vermutlich haben physikalische Bedingungen und in zweiter Linie Lösungsgenossen den ähnlichen Habitus der Mineralien veranlaßt. — Der Begriff der regelmäßigen Habituskoexistenz wurde im vorigen Abschnitt, p. 112, besprochen.

Bei Calcit hängt, wie das auch *R. L. Parker* (l. c.) erwähnt, der Habitus mit der Sukzession zusammen, kann also durch die Abkühlung, durch Änderung der Konzentration der Kohlensäure und die Lösungsgenossen bedingt sein. Am ältesten sind die Tafeln nach der Basis, die zum Teil vor Adular kristallisieren, dann folgt gegen Ende der Quarzausscheidung das primäre Rhomboeder, zuletzt kommen die schon an Aragonit anklingenden Skalenoeder.

Bekannt ist der *Flächenreichtum* der Kristalle alpiner Mineral-lagerstätten, der auch den Mineralien der Erzgänge und teilweise der Pegmatite eigentümlich ist, im Gegensatz zu der Flächenarmut der bei höheren Temperaturen entstandenen Kristallen derselben Mineralien in Gesteinen und Kontaktzonen.

Charakteristisch für die Kluftmineralien ist auch die *starke Ausdehnung nach einer Axe,* sofern der Kristall eine besonders bevorzugte Richtung besitzt. Das hängt nicht nur damit zusammen, daß der Kristall von der Kluftfläche aus in die Lösung hineinwächst. Das gilt auch für die im Hohlraum schwebend ausgeschiedenen Kristalle, wie das Haufwerk langer Rutilnadeln in vielen Klüften zeigt. Nadel- oder haarförmige Ausbildung zeigen als alpine Mineralien besonders Turmalin, Hornblende, Epidot, die bei höheren Temperaturen, z. B. in Kontaktzonen, in kurzen Kristallen erscheinen. Stärker langgestreckt in den alpinen Klüften als anderswo sind auch Sphen, Idokras, Beryll, Diopsid, Zirkon. Bei den Zeolithen ist eine Vergleichung unmöglich, da sie nur bei tiefer Temperatur auftreten. Die nach einer Ebene abgeflachten Kristalle scheinen in den alpinen Vorkommen die Abplattung auch stärker zu zeigen, z. B. Hämatit, Calcit, Muskovit, Albit.

Die beiden vorerwähnten Habitus- oder besser vielleicht Trachteigentümlichkeiten sind die Hauptmerkmale bei einem einzelnen von der Stufe losgelösten Kristall, die den Ursprung aus alpinen Kluftlagerstätten vermuten lassen.

Der größere Flächenreichtum ist z. T. auf die langsame Auskristallisation in den alpinen Klüften zurückzuführen, daneben auf die Ausbildung mittlerer Größe des Minerals, die für den Flächenreichtum besonders günstig ist (vgl. p. 81).

In der Hauptsache beruhen aber die beiden erwähnten generellen Trachteigentümlichkeiten auf der niedrigen Temperatur. Schwächere kinetische Energie im Kristallgitter läßt Wirkungsunterschiede nach den einzelnen Richtungen stärker zur Geltung kommen, als größere thermische Schwingungen der Atome oder Atomgruppen.

An dieser Stelle sei mit Dank der Männer gedacht, die neu entdeckte und alte Mineralfundstellen dem Verfasser gezeigt, eigene und überlieferte Beobachtungen mitgeteilt haben, so vor allem: Joh. Bielander in Lax, Karl Caveng (Hotelier) in Tschamutt, Camil Clemens in Inner-Binn, Joh. Fahner † in Guttannen, Josef Fedier (Lehrer), in Hinter-Bristen, Bartholom. Gamma in Göschenen, Alois Giacomet † in Sedrun, Joh. H. Hitz in Rueras, Albin und Josef M. Indergand von der Rüti im Ried, Albin Indergand von der Brändi im Ried, Giov. Jori in Airolo, Peter Stoffel † in Vals-Platz, Joh. Jos. Tresch † in Fellital, Joh. Tresch (schwarz) in Hinter-Bristen. — Adolf Caveng in Sedrun, Florentin Caveng in Sedrun, Guglielmo Dotta † in Albinascia, Josef Fedier in Vorder-Bristen, Lorenz Giacomet † in Camischolas, Basilio Jori in Cantoniera della Tremola, Martin Ott in Guttannen, Giacomo Medici in Prato bei Fusio, Johann. Palü in Platta, Martin Palü in Curaglia, Joh. Peder † in Selva, Gustav Reseck z. Zt. in Flüelen, Toni Tambornino in Truns, Joh. Tresch-Zberg, Balmerwald, Maderanertal, Jos. Walther † in Selkingen, Michael Wipfli in Silenen.

Eingegangen 20. März 1925.