

# Über Pneumatolyse und Pegmatite mit einem Anhang über den Turmalinpegmatit vom Piz Cotschen im Unterengadin.<sup>1)</sup>

Von

Ulrich Grubenmann.

---

Die vulkanischen Eruptionen werden in der Regel von grossen Gasemanationen begleitet, welche erfahrungsgemäss hauptsächlich aus Wasserdampf,  $HCl$ ,  $HF$ ,  $NH_4Cl$ ,  $CO_2$ ,  $B_2O_3$ ,  $H_2S$ ,  $SO_2$  usw. bestehen und von denen angenommen wird, dass sie im schmelzflüssigen Magma gelöst, beziehungsweise eingeschlossen sind. Während der Auskristallisation des eruptiven Magmas spielt ein Teil dieser Gase die Rolle von „Mineralisatoren,“ d. h. sie unterstützen und befördern die Kristallisation der sich ausscheidenden Gemengteile. Mit diesen Vorgängen haben sich bekanntlich in erster Linie französische Forscher, Elie de Beaumont, Daubrée, Sainte-Claire Deville, Hautefeuille, Fouqué etc., dann Dölter und Oetling eingehend, besonders in experimenteller Weise, beschäftigt. Sie haben dabei an Hand ihrer künstlichen Mineralsynthesen gezeigt, dass einige Mineralien, z. B. die Muskovit-, Orthoklas- und Quarzkristalle überhaupt nur mit Hilfe solcher „agents minéralisateurs“ dargestellt werden können, ohne dass dabei die kristallisatorischen Substanzen an der Konstitution des entstehenden Minerals teilnehmen, während andere Mineralien z. B. Topas, Zinnstein, nur durch den Eintritt solcher Dämpfe in den chemischen Bestand derselben gebildet werden können. Die meisten Mineralsubstanzen vermögen unter ihrem Einflusse grössere

---

<sup>1)</sup> Einleitung, sowie Abschnitt I und II entsprechen einem am 28. Nov. 1904 in der Gesellschaft gehaltenen Vortrage; Abschnitt III enthält ausserdem speziellere Untersuchungsergebnisse aus dem mineralog.-petrograph. Institut des eidg. Polytechnikums.

und schönere Formen zu bilden, teils wegen ihrer katalytischen Wirksamkeit, teils wegen ihrer grossen Diffusionsfähigkeit.

Ein grosser Teil der obgenannten Gase entweicht aus dem Magma infolge der Entlastung, welche durch die Eruption herbeigeführt wird; ein anderer Teil wird erst während der Verfestigung desselben frei. Insbesondere bei instrusiven Magmen, welche nicht bis an die Erdoberfläche gelangen, sondern in präexistierenden oder selbst geschaffenen Hohlräumen in grösserer Tiefe erstarren, werden solche Gase nur allmählich entbunden; dabei suchen und finden dieselben ihren Weg in Klüften, Spalten und Rissen des überliegenden Gesteins. Ihre dort bei der Abkühlung eintretende Mineralisation, sowie ihre Einwirkung auf das Nebengestein und die damit sich verbindende Entstehung neuer Substanzen wurden nach einem Vorschlage von Bunsen durch Brögger in Christiania unter dem Titel Pneumatolyse zusammengefasst und gelten als Nachspiel der Intrusionen.

## I.

Der schwedische Physiker Svante Arrhenius hat in seiner anregenden Arbeit „zur Physik des Vulkanismus“<sup>1)</sup> „versucht anzudeuten, wie sich die jetzigen Ansichten der physikalischen Chemie zum Problem der pneumatolytischen Bildungen stellen“. Darnach existieren in grosser Erdtiefe alle Stoffe in gasförmigem Zustande und sind daher fähig, sich in allen Verhältnissen zu mischen. Bei der Abkühlung in geringerer Tiefe tritt teilweise Verflüssigung und Entmischung ein. Reichlich wasserhaltige Magmen spalten sich dabei in zwei „Schichten“, in deren einer Wasser, in deren anderer der Silikatschmelzfluss sich anreichert. In der Wassermasse konzentrieren sich zugleich jene Substanzen, welche bei der bestehenden Temperatur leichter in ihm, als im Restmagma löslich sind und eine starke Jonisierungstendenz besitzen. Besonders einwertige Ionen haben eine ausgesprochene Neigung, ins Wasser überzugehen, weil sie mit ausserordentlicher Kraft sich elektrisch dissoziieren. Dahin gehören die Verbindungen des Cl und F mit den Alkalimetallen, ferner die Chloride und Fluoride der Erdalkalimetalle und seltenen Erdmetalle, sowie einiger Schwermetalle

<sup>1)</sup> Geol. Fören. Förh. Stockholm 1900. Bd. 22. 417.

z. B. des Zn, Sn, Cu, Fe und Pb. Auch diejenigen Ionen, deren Hydrate in undissoziiertem Zustande in Wasser stark löslich sind, werden dabei bevorzugt, so unter anderem die Ionen der Kohlensäure, der Borsäure, der Phosphorsäure und des Schwefelwasserstoffs, sodass auch Karbonate, Borate, Phosphate und Sulfide gerne in die wässrige Lösung übertreten. Selbstverständlich folgt ihnen auch ein Teil der Kieselsäure nach Massgabe ihrer Löslichkeit in Wasser.

Nach Arrhenius geschieht die Abkühlung und die daraus folgende Zerteilung in zwei Schichten am ehesten an der Kontaktfläche des Eruptivkörpers mit dem kühlen umgebenden Gestein. Von dort aus dringen die Wasserdämpfe, mit den genannten mineralisierenden Substanzen beladen, auf hunderten von Wegen in dasselbe ein und lagern dort, indem sie sich abkühlen, die mitgeführten Stoffe ab, wobei sie naturgemäss sich mit ihrer Umgebung auch in chemische Wechselwirkung setzen. Auf dieser pneumatolytischen Kontaktmetamorphose beruht z. B. die Bildung des Greisen, des Turmalin- und Topasfels, des Skapolithhornblendefels etc. Andere Entmischungen und Ansammlungen vollziehen sich allmählich auch im Innern eines magmatischen Körpers und führen dort zur Entstehung von Gängen und Drusen (in miarolitischen Hohlräumen) mit mannigfaltigsten Verzweigungen oder Apophysen, Bildungen, die sich meistens durch einen auffälligen, besonders groberkörnigen Mineralbestand auszeichnen. Die ausserordentliche Beweglichkeit jener sich injizierenden Lösungen und die daraus entspringende starke Diffusionsfähigkeit hat nämlich zur Folge, dass die sich ausscheidenden Substanzen in Gestalt grosser Kristalle abgesetzt werden, vorausgesetzt, dass die Abkühlung keine zu rasche ist. Diese Bedingung dürfte aber in den meisten Fällen gegeben sein, da sowohl das erumpierte Gestein, als auch seine Umgebung in der pneumatolytischen Periode noch warm sein werden. Auf diesen Vorgängen beruht, wenigstens teilweise, die Bildung der sogenannten Pegmatite.

## II.

Unter Pegmatiten versteht man gang- bis aderförmig oder nester- bis stockartig auftretende Gesteinsmassen, welche als

Begleiter von Eruptivgesteinen teils in diesen selbst, teils im Nebengestein aufsetzen und sich durch einen häufigen Gehalt an pneumatolithischen Mineralien auszeichnen. Sie besitzen in der Regel eine eigentümliche Struktur, die sich dadurch charakterisiert, dass meist keine gesetzmässige Reihenfolge in der Ausscheidung der Komponenten konstatiert werden kann. Immerhin wird nicht selten jene gegenseitige Durchdringung der Gemengteile, besonders von Quarz und Feldspat, sichtbar, welche, nach Harris Teall (*british petrography* p. 182 und 212) einer gleichzeitigen Ausscheidung entspringend, die schriftgranitähnlichen Formen erzeugt und im engeren Sinne als Pegmatitstruktur bezeichnet wird. Brögger fand in südnorwegischen Syenitpegmatiten ähnliche Verwachsungen zwischen Feldspat und Diopsid, Feldspat und Aegyrin, Feldspat und Lepidomelan, Feldspat und Hornblende, Feldspat und Eläolith etc. Diese Strukturform ist aber nach neueren experimentellen Untersuchungen von Vogt<sup>1)</sup> in Christiania die Art, in welcher sich eutektische Gemische von Silikatschmelzflüssen auszuschcheiden pflegen, weshalb er sie auch als eutektische Struktur bezeichnet hat. Schon hieraus geht hervor, dass die Pegmatite nicht alle und oft nicht allein, bloss pneumatolytischen Prozessen ihre Entstehung verdanken, sondern zum Teil auch magmatischer Erstarrung entspringen müssen. Diese letztere Auffassung, 1823 schon von Charpentier<sup>2)</sup> ausgesprochen, später von Naumann<sup>3)</sup> vertreten und durch Lehmann<sup>4)</sup> und andere verfochten, wurde insbesondere durch Brögger<sup>5)</sup> an zahlreichen Beobachtungen bei südnorwegischen Pegmatitgängen weiter begründet und erhärtet. Die Pegmatite gelten ihm ganz allgemein als die letzten Nachschübe der Eruption in die Spalten des schon verfestigten, aber noch warmen erumpierten Gesteins und seiner Nebengesteine. Diese Spalten sind aber zugleich auch die Wege für die entweichenden Dämpfe, die schon während der Verfestigung des Pegmatites und

---

1) Vogt, J. H. G. Die Silikatschmelzlösungen mit besonderer Rücksicht auf die Mineralbildung und die Schmelzpunkterniedrigung. Christiania I. 1903. II. 1904

2) Charpentier. Essai sur la constitution géognostique des Pyrénées.

3) Naumann, C. F. Lehrbuch der Geognosie 1862. II. 232.

4) Lehmann, J. Sächsisches Granulitgebirge, III. Kap. Bonn 1884.

5) Brögger, W. C. Südnorwegische Syenitpegmatitgänge p. 101—235; Groths Zeitschr. Bd. XVI, 1890.

auch nachher noch, auf diesen einwirken und seinen eigentümlichen Mineralbestand bedingen. Wenn dann der Gang durch die magmatischen Nachschübe nicht ganz ausgefüllt wurde, setzen die pneumatolytischen Mineralien sich in den Hohlräumen ab und bilden so scheinbar sekretionsartige Produkte, die zuweilen ähnlich, wie in vielen Erzgängen, eine gewisse zonare Anordnung erkennen lassen, was eine Anzahl von Forschern, wie Credner und Sandberger dazu geführt hat, auch die Pegmatite unter die Sekretionsgänge zu stellen. Allein Pneumatolyse und magmatischer Nachschub teilen sich gemeinsam in die Ausbildung der Pegmatite und zwar in wechselndem Verhältnis, sogar bis zum völligen Ausschluss des einen oder andern und enge damit vollzieht sich naturgemäß auch ein starker Wechsel im Mineralbestand und in der Struktur der resultierenden Gesteine. Beim Vorherrschen der Pneumatolyse erscheint ein grobkörniges Gestein mit zuweilen schaliger Textur, ohne Andeutung einer gesetzmässigen Kristallisationsfolge; sein Mineralbestand weicht stärker ab von den Erstarrungsprodukten des zu Grunde liegenden Magmas. Dominiert die magmatische Erstarrung, so wird die Struktur sehr häufig schriftgranitisch oder zeigt andere Spuren einer geregelten Kristallisationsfolge und der Mineralbestand des Pegmatites kann mit demjenigen des Muttergesteins ziemlich weitgehend übereinstimmen.

Aus dieser Art der Entstehung ergibt sich auch ein natürlicher Zusammenhang zwischen den Pegmatiten und den gewöhnlichen Eruptivgesteinen und sie lässt es ohne weiteres begreiflich erscheinen, dass jede Gruppe der letzteren auch ihre besonderen Pegmatite besitzt. Wohl weitaus die Mehrzahl derselben hängt mit sauren granitodioritischen Magmen zusammen; sie sind auf granitischen Eruptionsgebieten und deren Nachbarschaft erfahrungsgemäss eine weitverbreitete, so allgemein bekannte, charakteristische Erscheinung, dass besondere Anführungen hierüber an dieser Stelle ganz überflüssig sind. Jedenfalls waren sie auch die erstbekannten Pegmatite und während langer Zeit die einzigen Vertreter dieses Gesteinstypus. Für quarzdioritische Bezirke kann auf die Tonalitpegmatite hingewiesen werden, die durch C. W. C. Fuchs<sup>1)</sup> und den Verfasser<sup>2)</sup> aus den Umgebungen

<sup>1)</sup> C. W. C. Fuchs. Die Umgebung von Meran. N. J. F. Min. etc. 1875, p. 812.

<sup>2)</sup> U. Grubenmann. Über einige Ganggesteine aus der Gefolgschaft der Tonalite. T. M. P. M. Bd. XVI. 1897.

von Meran beschrieben wurden, denen in einer unlängst erschienenen Arbeit W. Hammer<sup>1)</sup> aus den Ortler Alpen zahlreiche Vorkommnisse zugefügt hat. Auch im Kalser- und Iseltal am Südfuss der Zentralkette der hohen Tauern konnten im Anschluss an den internat. Geologenkongress von Wien auf der Exkursion IX eine Reihe prächtiger Tonalitpegmatitgänge, zum Teil mit grossen schwarzen Turmalinkristallen (bei St. Johann im Walde) beobachtet werden, Vorkommnisse, welche schon von F. Becke<sup>2)</sup> und F. Löwl<sup>3)</sup> aufgefunden und mit dem benachbarten Tonalitzug der Rieserferner in Verbindung gebracht wurden.

In mineralogischer Beziehung lassen sich diese granitischen und dioritischen Pegmatite noch enger bezeichnen als Glimmerpegmatite, Turmalinpegmatite, Zinnstein- und Topaspegmatite, wobei in den erstgenannten sowohl heller Kaliumglimmer und beide Lithiumglimmer, als auch dunkle, zuweilen fluorhaltige Magnesiumglimmer auftreten können. In norwegischen Pegmatiten ist nach Brögger der dunkle Glimmer weitaus häufiger als der helle. Als sozusagen ständige Komponenten erscheint in allen diesen Pegmatiten irgend ein Alkalifeldspat, gewöhnlich Orthoklas (Adular) oder Mikroklin, Oligoklasalbit und Quarz, der oft rauchquarzähnlich entwickelt ist. Als Begleitminerale werden angetroffen: Korund, Beryll, Granat, Wolframit, Fluorit, Fluorapatit, Topas, Axinit, Danburit, Eisenglanz, Uraninit, Tantalit, Niobit, Gadolinit, Orthit, Polykras etc. Für den chemischen Gehalt der bei der Genesis dieser Pegmatite aus dem Magma austretenden Gase sind daher besonders charakteristisch die Elemente Si, Sn, F, (weniger Cl) B, (P), K, Li, Al, Be, W, U, V, Ta, Nb, wobei in bestätigendem Sinne die Tatsache zu konstatieren ist, dass die Träger dieser Elemente auch unter den Mineralkomponenten der zuständigen Erstarrungsgesteine angetroffen werden, wie jedem Gesteinsmikroskopiker wohl bekannt ist.

---

<sup>1)</sup> W. Hammer. Über die Pegmatite der Ortler Alpen. Verh. der geol. Reichsanstalt. Wien 1903. Nr. 17.

<sup>2)</sup> F. Becke. Petrograph. Studien aus Tonalit der Rieserferner. T. M. P. M. Bd. XIII. 422.

<sup>3)</sup> F. Löwl. Die Tonalitkerne der Rieserferner in Tirol. Petermanns Mitteil. 1893, Heft 4 und 5.

Etwas seltener sind Pegmatite gabbroider und peridotitischer Magmen. Brögger<sup>1)</sup> erwähnt grobkörnige Diabaspegmatitgänge aus Südnorwegen, die sich aus Hornblende, Pyroxen und Plagioklas zusammensetzen, ebenso aus dortigen Labradorfelsen (extreme Glieder der Noritreihe) entsprechende Pegmatitgänge, die aus Titaneisen, metergrossen Individuen von Labrador und Hypersthen bestehen; nach Rosenbusch<sup>2)</sup> finden sich ähnliche Gesteine entwickelt auf der Paulsinsel und an der Küste von Labrador. Endlich hat auch der Verfasser im Unterengadin ein gabbropegmatitisches Vorkommen kennen gelernt und beschrieben<sup>3)</sup>, das sich rekrutiert aus einem grünlichen saussuritierten Plagioklas und grossen braunen Biotit tafeln, die durch einen ungewöhnlich hohen Gehalt (6,4 %) an nicht individualisiertem  $TiO_2$  sich auszeichnen. Merkwürdig ist daneben am selben Gestein der beträchtliche Prozentsatz von  $K_2O$ , 4,96 %, neben 6,02 %  $Na_2O$  im Feldspat, wodurch dieser von den normalen Feldspaten eines Gabbros in auffallender Weise abweicht, eine Erscheinung, die sich mit den entwickelten Vorstellungen von Arrhenius über die Konzentration der Alkalien im wässrigen Anteil der magmatischen Entmischung wohl vereinigen lässt. Nach dem Mineralbestand möchte diese Pegmatitgruppe im speziellen noch in Diallag-, Hypersthen- oder Enstatit-, Hornblende- und Biotitpegmatite zu gliedern sein. Ausser solchen im engern Sinne gabbroiden und peridotitischen Pegmatiten zählen in diese Gruppe insbesondere auch die apatitführenden Pegmatitgänge, wie sie namentlich von J. H. L. Vogt<sup>4)</sup> in mehreren charakteristischen Beispielen aus dem südlichen Norwegen ausführlicher beschrieben und mit nord-schwedischen sowie kanadischen Vorkommnissen verglichen worden sind. Nach den Angaben dieses Forschers treten sie in jenen norwegischen und schwedischen Regionen zu vielen Hunderten in inniger Verknüpfung mit einem ophitisch struierten Gabbrogestein (Olivinhyperit) auf, die meisten innerhalb der Gabbromassive selbst,

<sup>1)</sup> Groths Zeitschrift XVI, 22.

<sup>2)</sup> Elemente der Petrographie I, 222.

<sup>3)</sup> U. Grubenmann. Über einige Gesteine aus dem Stollen des Elektrizitätswerkes Schuls im Unterengadin. Eclap. geol. Helv. VIII. 201.

<sup>4)</sup> Zeitschrift für praktische Geologie, Jahrgang 1895, wo über diesen Gegenstand auch eine ausführliche Literatur verzeichnet ist.

vorzugsweise den normalen Absonderungsklüften dieses Gesteines folgend, andere dagegen in den benachbarten archaischen Schiefern, als Lagergänge entwickelt meist parallel den Schieferungsflächen. Die kanadischen Vorkommnisse liegen in ähnlicher Weise in einem Pyroxenit. Zu jenen gehören z. B. die bekannten und technisch bedeutsamen Vorkommnisse in den norwegischen Kirchspielen Bamle (Oedegarden), Kragerö, Risör, Tvedestrand. Ähnlich wie gewöhnliche Erz- und Mineralgänge zeigen sie oft „aufgewachsene Struktur“, dabei häufig zonaren Bau und bergen in gelegentlichen Drusenräumen zuweilen ganz riesenhafte Individuen, wohl infolge von Pneumatolyse. Die Umgebung ist zu Skapolithhornfels verwandelt, d. h. der Diallag des Gabbro ist angenähert paramorph unter Druck in Hornblende, der Plagioklas in Skapolith übergegangen, welcher letzterer Vorgang als eine blosse Addition von Na Cl (und etwas Ca Cl<sub>2</sub>) aufgefasst werden kann. In die Zusammensetzung dieser Gänge teilen sich folgende Mineralien: Feldspate (Oligoklas, Albit, Orthoklas), Skapolith, Quarz, — Magnesiumglimmer — Enstatit, Hornblende — Magnetkies — Chlorapatit (der kanadische Apatit ist ein chlorhaltiger Fluorapatit <sup>1)</sup>), Wagnerit, Kryptolith — Rutil, Ilmenit, Eisenglanz — Titanit, Yttrotitanit, Zirkon. Wiederum wiederholt sich hier die Erscheinung, dass die massgebenden chemischen Elemente in den aus Gabbromagmen auskristallisierenden Mineralien ebenfalls vorkommen; es sind dies (ausser Si und Al) besonders die Elemente P, Ti, Cl (weniger F), Na, Mg, Ca, Fe.

Auch an die foyaitisch-theralithischen Magmen knüpfen sich besondere Pegmatite. Die aus diesen Schmelzflüssen auskristallisierenden Gesteine sind mit einem ausserordentlich mannigfaltigen Mineralbestand ausgestattet, der überdies sich durch einen grossen Reichtum an seltenen Mineralien auszeichnet. Sie werden in der Petrographie als eine neben den granito-dioritischen und gabbro-peridotitischen Gesteinen parallel laufende Reihe betrachtet, zu welcher ausser den Alkaligraniten, die Alkali-, Nephelin- und Leucitsyenite, die Essexite, Theralithe, Missouriite und Ijolithe gehören, nebst ihren gangförmigen und effusiven Dependenz.

<sup>1)</sup> Spanische Apatitgänge, welche in Granit aufsetzen, aber normalen Apatitgängen in Gabbro nahestehen, enthalten ähnliche Apatite.



Man kennt sie besonders aus dem südlichen Norwegen, aber auch von der Halbinsel Kola, aus den Umgebungen von Miask im Ilmengebirge, von Ditró in Siebenbürgen, Duppau im nördlichen Böhmen, von der Foja im südl. Portugal, aus Brasilien, Arkansas, von Litchfield in Maine, aus Kanada und dem südwestlichen Grönland. Ihre Gangbildungen und Pegmatite haben in den Vorkommnissen von Frederiksvärn und am Langesundfjord schon vor 15 Jahren durch Prof. Brögger<sup>1)</sup> in Christiania eine für alle Zeiten mustergültige Bearbeitung gefunden. Ausser den Hauptkomponenten: Natronreiche Feldspäthe, Nephelin, Sodalith, Cancrinit, Lepidomelan, Aegyrin, Arfvedsonit und andern Na-reichen Hornblenden, finden sich in ihnen bald in grösserer, bald in geringerer Zahl namentlich an Zirkonium und anderen seltenen Erdmetallen reiche, charakteristische Mineralien, welche den Gesteinen der Parallelreihe gänzlich fehlen. Ganz analog die pneumatolytischen Abkömmlinge; auch sie sind durch einen von allen bisherigen Anführungen ganz wesentlich abweichenden Tross von seltenen Mineralgestalten ausgezeichnet. So wären als fluorhaltige Komponenten solcher Pegmatite zu nennen: Leukophan, Melinophan, Pyrochlor, Lavenit, Hiortdalit, Rosenbuschit, Wöhlerit, Erdmannit, Melanocerit, Karyocerit, als borsäurehaltige ausser den letzten drei der Datolith, Homilit, Cappelinit, Hambergit und Nordenskiöldin; besonders hervorzuheben ist aber eine ganze Reihe Zr-haltiger Substanzen; neben fünf oben bereits genannten Formen (Rosenbuschit — Karyocerit) kommen dafür weiter in Betracht der Zirkon selbst, dann Katapleit, Polymignyt und Eudialyt. Endlich wurde auch der Thorit und wasserhaltige Orangit, die für die Zwecke der Auerschen Gasglühlichtindustrie eine so grosse Bedeutung angenommen hatten, in der Umgebung von Langesund und Brevig in Südnorwegen aus mehreren Hundert hierherzählenden Pegmatitgängen gewonnen, zum Teil allerdings auch aus granitischen Pegmatiten. Neben den seltenen Metallen Zr und Th, (sowie einzelnen Verwandten derselben) ist es also insbesondere der in so zahlreichen Komponenten wiederkehrende Gehalt an F und B, der an diesen pneumatolytischen Produkten auffällt und auch schon in den Gesteinskomponenten gerne sich bemerkbar macht.

<sup>1)</sup> Groths Zeitschrift der Kristallographie 1890, Bd. XVI.

Wenn dereinst die Kenntnis dieser bunten und hochwichtigen Gesteinsgruppe in Bezug auf ihren Mineralbestand und die mit ihr zusammenhängenden gewöhnlichen und pneumatolytischen Gangbildungen noch wesentlich weiter vorgeschritten sein wird, als es heutzutage der Fall ist, dann dürfte es sicherlich auch gelingen, ihre so mannigfaltigen Pegmatite in mehrere mineralogisch und genetisch gut charakterisierte Untergruppen zu zerfällen und dieselben jeweilen mit bestimmten Magmen oder Gesteinen in engere Abhängigkeit zu bringen; einige viel versprechende Anfänge sind durch Brögger und andere darüber bereits gemacht.

### III.

Aus der Schweiz sind ausser den oben erwähnten Gabbropegmatiten von der Clemgia bei Schuls bis jetzt kaum andere Pegmatite als solche der granitischen Serie bekannt geworden. Die mineralogische Sammlung des Polytechnikums verdankt Herrn Antonini in Ossogna ein prächtiges, grosses Schaustück eines Muskovitpegmatitganges aus den dortigen Granitgneissteinbrüchen, welcher durch einen reichlichen Gehalt an rotem Granat und etwas bläulichem Beryll ausgezeichnet ist. Auch im altkristallinen Gebirge aus der Nachbarschaft der granitischen Massengesteine des Unterengadins sind dem Verfasser zahlreiche Gänge von Muskovitpegmatiten bekannt geworden. Das mächtigste Vorkommen liegt dort auf dem Gipfel des Piz dellas Claviglades (Gemsenspitze) bei 2987 m und wurde als „Muskovitgranit“ schon 1864 von Theobald erwähnt in seiner geognostischen Beschreibung der nordöstl. Gebirge von Graubünden. Der Pegmatit erscheint dort als Gipfelkrone auf nahezu senkrecht stehenden Schiefergneisen aufgesetzt und ist stark zerklüftet, sodass eine Art Blockgipfel entsteht; die Hauptklüfte entsprechen der allgemeinen Streichrichtung Südwest-Nordost. Auch einzelne Turmalinpegmatite sind aus der Schweiz bekannt geworden. Die polytechnische Sammlung besitzt ein hübsches Belegstück eines solchen aus dem Binnenthal, dessen fingerdicke schwarze Turmalinsäulen mehrfach gebrochen, in den Bruchstücken verschoben und vorwiegend durch Quarz wieder verkittet sind; ein anderes Vorkommen kennt man schon längst von der Alp Maigels im Bündner-Oberland. Eine

Reihe ähnlicher Gänge fand Dr. Fr. Weber bei seinen geologischen Aufnahmen am Ostende des Finsteraarmassivs in der Val Plazi nördlich von Disentis; sie zeigen bis 3 dm Mächtigkeit und zuweilen hübsch zonaren Bau, mit einer zentralen Zone von stengeligen bis strahligen, schwarzen Turmalinen, während die Ränder des Ganges Aplitnatur haben.

Diesen Vorkommnissen kann nun noch ein weiteres schönes Beispiel angefügt werden, das der Verfasser gelegentlich seiner petrographischen Untersuchungen im Unterengadin unter der Nordspitze des Piz Cotschen aufgefunden hat in einer Höhe von 2900 m. Der ca. 2 m mächtige Gang liegt konkordant zwischen ONO-streichenden und schwach S-fallenden Schiefergneisen; er tritt auch am Ostabhang des Cotschengipfels hervor, was sich vom Talweg in der hintern Val Tasna sehr wohl erkennen lässt, wo man ihn unter der höchsten Spitze durch nach dem südlichen, amphibolitischen Vorgipfel hinstreichen sieht. Das leuchtend weisse Gestein mit typisch pegmatitisch grobem Korn besteht aus weissem Feldspat, grauem Quarz und grossen weissen blätterigen Muskovitaggregaten, denen viele schwarze Turmalinsäulen beigeisellt sind, die bis 20 cm Länge und 7 cm Durchmesser aufweisen. Ihre Kristallgestalt ist ziemlich unvollkommen. Die vorwiegend sechseitigen Säulen entsprechen dem  $(11\bar{2}0)$ , zu welchen etwa noch ein trigonales  $(10\bar{1}0)$ , seltener ein  $(01\bar{1}0)$  hinzutritt. Der Querschnitt der vertikal gestreiften Prismen kann auch deutlicher trigonal sein, mit abgerundeten Ecken, ebenso angenähert kreisrund oder elliptisch. Eine kristallographische Endbegrenzung wurde nicht getroffen; dagegen ziemlich allgemein eine gegenüber der Basis schwach geneigte, plattige Absonderung. Gelegentlich erscheint die Säule in eine Reihe entsprechender Scheiben zertheilt, die etwas an einander verschoben und durch zwischengekeilten Quarz und Glimmer von einander getrennt sind; auch Abtrennung und Verschiebung grösserer Säulenstücke liegt vor. Dagegen konnte eine Absonderung nach einem — R, wie G. Linck <sup>1)</sup> sie für die Turmaline in den Pegmatiten von Sondalo im oberen Veltlin erwähnt, nicht beobachtet werden. Unter dem Mikroskope

<sup>1)</sup> G. Linck. Die Pegmatite des obern Veltlin. Jenaische Zeitschrift für Naturwissenschaften. 31. Bd. 1899, p. 354.

gewahrt man deutlich eine isomorphe Schichtung in einen braunen peripherischen und etwas graublauen zentralen Teil. Für das Zentrum erscheint O bläulichgrau, E blassgelb, für die Peripherie hingegen O dunkeloliv, E hellgelb.

An eingewachsenen Quarzpartikeln konnte mit Hilfe der Interferenzfarben eine Doppelbrechung

$$\omega - \varepsilon = 0,0235 - 0,024$$

gefunden werden.

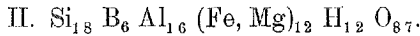
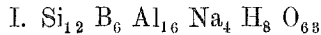
Das spezifische Gewicht wurde mittelst Pyknometerbestimmt zu 3,13. Für die chemische Analyse konnte ein tadelloses Kristallstück benutzt werden; die Bestimmung des  $B_2O_3$  erfolgte nach der Methode Rosenblatt-Gooch, in der von Treadwell (Quant. Analyse 3. Aufl., 310) abgeänderten Form. Meine Assistentin, Fräulein Dr. Hezner, welche diese und auch die folgenden Analysen mit anerkannter Sorgfalt durchgeführt hat, erhielt dabei folgende Resultate:

Mittel	Umrechnung auf 100	Molekularproportionen	Aus der Formel berechnet	
Si O <sub>2</sub>	35,39	35,56 } 35,80	} 36,68	
Ti O <sub>2</sub>	0,24	0,24		
B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	8,42	8,51	12,23	8,53
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	34,81	34,88	34,26	33,28
Fe O	11,83	11,87	16,50	11,74
Ca O	0,56	0,56	1	} 3,28
Mg O	2,77	2,78	6,42	
K <sub>2</sub> O	0,89	0,89	0,94	0,95
Na <sub>2</sub> O	1,89	1,90	3,06	1,88
H <sub>2</sub> O unter 110°	—	—	—	—
H <sub>2</sub> O über 110°	2,80	2,81	15,61	3,66
F	0,23	—	—	—
	99,83	100,00		100,00

Die Berechnung der Resultate führt zunächst zur empirischen Formel:  $Si_{30} B_{12} Al_{32} (Fe, Mg)_{12} Na_4 H_{20} O_{150}$ .

Ihr entsprechen die in der letzten Kolonne zusammengestellten Prozentzahlen, welche mit denjenigen der zweiten Kolonne gut übereinstimmen, einzig bei  $Al_2O_3$  einen kleinen Mangel, für  $H_2O$  etwas Überschuss aufweisen.

Obige Formel lässt sich alsdann zerlegen in die beiden Posten:



Nach der Tschermakschen Deutung der Turmaline ergibt sich für I:  $\text{B}_6 \text{Al}_4 \text{O}_{15} \cdot 4 (\text{Si O}_4)_3 \text{Al}_3 \text{Na H}_2 = \text{Tu}$

für II:  $\text{B}_6 \text{Al}_4 \text{O}_{15} \cdot 4 (\text{Si O}_4)_3 \text{Al}_3 \text{H}_3 \cdot 2 (\text{Si O}_4)_3 (\text{Fe, Mg})_6 = \text{Tm}$ .  
sodass eine isomorphe Mischung eines Alkaliturmalins (Tu) mit einem Eisenmagnesiumturmalin (Tm) vorliegt, wobei allerdings in letzterem das sogenannte Muskovitmolekül in der doppelten Menge erscheint. Entsprechende Übergänge des Turmalins in Muskovit oder Meroxen, unter Austritt des Al-borates, auf welche Tschermak wiederholt die Aufmerksamkeit gelenkt hat, konnten keine beobachtet werden; die Turmaline entbehrten durchwegs eines Glimmermantels; ebensowenig zeigten die Muskovitaggregate irgendwelche Anlehnung an die Form der Turmalinkristalle. Von Interesse ist noch die Beobachtung, dass die Schiefergneise des Hangenden stark turmalinhaltig sind. Die vielen schwarzen Säulchen in dort erscheinen unter dem Mikroskop undeutlich zonar gebaut, mit O dunkelbraun, E hellgelb. Die liegenden Gneise sind sichtlich ärmer an Turmalinen; die Pneumatolyse hat somit im Hangenden erheblich intensiver gewirkt, als im Liegenden.

Die reichlichen Aggregate des weissen Muskovites nehmen 1—2 cm<sup>2</sup> Oberfläche an und zeigen deutliche Spuren des Gebirgsdruckes, mancherlei Biegungen und Verschiebungen der einzelnen Blätter aneinander, sowie vielfache Absonderungen nach den der Druckfigur entsprechenden Gleitflächen. Gesetzmässige Umgrenzungen der Tafeln fehlen gewöhnlich; immerhin konnte an dickeren Platten sowohl (010), als auch (110) gelegentlich erkannt werden. Auch unter dem Mikroskope scheinen die Blätter sehr rein.

Der Glimmer ist ein solcher I. Art, mit  $\nu \angle \rho$ . Die Messungen mit dem Axenwinkelapparat von Groth ergaben:

	für rot (Li)	für gelb (Na)	für grün (Th)
in Luft:	2 Ea = 71° 59'	71° 21'	70° 55'
in Cassia-Öl:	2 Ha = 43° 6'	42° 45'	42° 30'

Mit der Kleinschen Loupe wurde gefunden:

$$2 \text{ Ea} = 72^\circ 40'.$$

Da der Brechungsexponent des Cassia-Öles ( $n = 1,600$ ) von  $\beta$  des

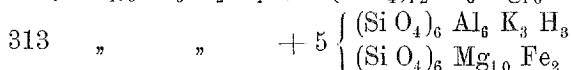
Muskovit nur wenig abweicht, dürften die in diesem Öle gemessenen Winkel dem wahren Axenwinkel 2Va sehr nahe kommen.

Das spezifische Gewicht wurde mittelst Thouletscher Lösung bestimmt zu 2,80.

Das zur chemischen Analyse benutzte Material, erst durch eine sorgfältige Auslese gewonnen, konnte unter Anwendung der Thouletschen Lösung auf eine einheitliche Fraktion isoliert werden mit obigem spez. Gewicht und ergab nachfolgende Resultate:

Mittel	Umrechnung auf 100	Molekularproportionen	Aus der Formel berechnet
Si O <sub>2</sub>	44,86	45,07	74,74
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	35,05	35,26	34,57
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,25	1,26	0,79
Fe O	0,29	0,29	0,40
Mg O	0,82	0,83	2,03
K <sub>2</sub> O	10,65	10,68	11,45
Na <sub>2</sub> O	1,31	1,32	2,12
H <sub>2</sub> O unter 110°	0,76	—	—
H <sub>2</sub> O über 110°	5,27	5,29	33,00
	100,26	100,00	
			100,00

Durch Berechnung ergibt sich aus diesen Resultaten die Formel:  
 313 (Si O<sub>4</sub>)<sub>6</sub> Al<sub>6</sub> K<sub>2</sub> H<sub>4</sub> + 5 (Si O<sub>4</sub>)<sub>12</sub> Al<sub>6</sub> Mg<sub>10</sub> Fe<sub>2</sub> K<sub>3</sub> H<sub>3</sub> oder



d. h. 313 Muskovit + 5 · Meroxen, welcher Auffassung die prozentualen Zahlen der letzten Kolonne entspringen. Die chemische Zusammensetzung entspricht somit einem Muskovit, der im Verhältnis von 313:5 oder rund 62,5:1 mit Meroxen isomorph verwachsen ist. Selbständiger Mg-glimmer wurde ein Mal vorgefunden.

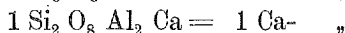
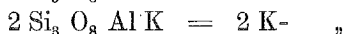
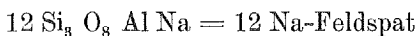
Der völlig weisse matte Feldspat (Plagioklas), welcher die Hauptmasse des Pegmatites bildet, erscheint in Form grösserer und kleinerer Körner ohne erkennbare kristallographische Begrenzung. Glänzende und matte, oft auch gebogene, annähernd rechtwinklig aufeinander stehende Spaltflächen werden nur spärlich getroffen. Stellenweiser schwacher Seidenglanz und das Auftreten einer grünlich-grauen undeutlichen Faserung dürften mit etwelcher Sericit-, beziehungsweise Zoisitbildung zusammenhängen. Unter dem Mikro-

skop herrscht eine schmale albitische Lamellierung vor; breitere Lamellen erscheinen nur in kleinen eingestreuten Feldern, Periklinlamellen ebenfalls seltener; auch Mikroklingitterung tritt nur sporadisch auf. Neben Verbiegungen und Verwerfungen, die bis zur gänzlichen Kataklase sich steigern können, werden parasitäre Sericite und Zoisite wahrgenommen, als die Produkte dynamischer Beeinflussung, welche auch durch eine durchwegs herrschende undulöse Auslöschung sich verrät. Die Bestimmung von Auslöschungsschiefen auf lamellierten Schnitten ergab deshalb nur unsichere Werte; am öftesten 5—7°. Ein einzelner Schnitt, fast genau senkrecht zur negativen Bissectrix zeigte an Albitlamellen gegenüber  $\beta$  eine Auslöschungsschiefe von  $10^{\circ},5$ , was nach Weinschenks Tabelle 14 für einen Albit (Ab) bis Albit-Oligoklas ( $Ab_6 An_1$ ) sprechen würde. Wo Quarzkörner eingestreut waren, zeigten dieselben stets höheres Relief, also stärkere Lichtbrechung, als der umgebende Plagioklas, der damit ebenfalls unter die dem Albit genäherten Formen verwiesen wird.

Das spezifische Gewicht, in Thouletscher Lösung bestimmt, beträgt 2,62. Zum Zwecke der chemischen Analyse wurden ausgesuchte Stücke zerkleinert, nach den Methoden der mechanischen Analyse auf gleiche Grösse gebracht und mit Thouletscher Lösung behandelt. Durch wiederholte Verwendung nur kleiner Portionen konnte der beigemischte und anhängende Quarz bis auf unwesentliche Reste beseitigt werden, welche letztere alsdann in den Resultaten der Analyse noch einen ganz kleinen Überschuss an  $Si O_2$  erzeugten. Die chemische Analyse ergab:

Mittel		Wasserfrei	Molekularproportionen	Aus der Formel berechnet
Si O <sub>2</sub>	66,13	66,61	1102	66,47
Ti O <sub>2</sub>	Sp.	—	—	—
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	20,07	20,23	198	20,44
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> }	Sp.	—	—	—
Fe O }				
Ca O	1,39	1,39	25	1,41
Mg O	—	—	—	—
K <sub>2</sub> O	2,47	2,47	26	2,36
Na <sub>2</sub> O	9,22	9,30	150	9,32
H <sub>2</sub> O unter 110°	0,06	—	—	—
H <sub>2</sub> O über 110°	0,66	—	—	—
	100,00	100,00	—	100,00

Durch Berechnung resultiert die empirische Formel:  $\text{Si}_{44} \text{Al}_{16} \text{Ca} \text{K}_2 \text{Na}_{12} \text{O}_{120}$ , nach welcher die Prozentzahlen der letzten Kolonne gewonnen sind, die mit den entsprechenden Prozentsen der wasserfreien Substanz eine gute Übereinstimmung zeigen. Jene Formel lässt sich ungezwungen zerlegen in die Posten:



Es liegt somit wesentlich ein Albit vor, dem isomorph etwas K- und Ca-Feldspat beigemischt sind, womit die Werte des spez. Gew. und der beobachteten Auslöschungsschiefe gut übereinstimmen.

Mit dem Plagioklas ist grauer Quarz oft schriftgranitisch verwachsen; ähnliche Durchwachsung zeigen unter dem Mikroskop die spärlichen, hellgelbbraunen Granatkörner mit einem Durchmesser von 1—2 mm, als einzige accessorische Gemengteile des Pegmatites.