

XVII. Beiträge zur Systematik der Granatgruppe.

Von

E. Weinschenk in München.

Die Mineralien der Granatgruppe wurden gerade in den letzten Jahren wiederholt von verschiedenen Gesichtspunkten aus eingehenderen Untersuchungen unterzogen, da sie sowohl in mineralogisch-chemischer, als auch in optisch-krystallographischer Beziehung ausserordentlich viel Interessantes bieten. Aber bei diesen bestimmte Richtungen verfolgenden Arbeiten wurden zumeist die Gesetzmässigkeiten im Auftreten und in der Ausbildung, welche wohl keine der isomorphen Gruppen von Silicaten in so hohem Maasse bietet wie die Granatgruppe, zum Theil übersehen, zum Theil nicht in ihrer Gesamtheit gewürdigt, so dass es von Nutzen sein mag, eine Anzahl von Erfahrungen, welche auf Studien an den verschiedenartigsten Gliedern der Gruppe beruhen, die zum grossen Theile chemisch genau untersucht sind, zusammenzustellen. Erscheint ja doch, wie die folgenden Auseinandersetzungen zeigen werden, der Zusammenhang zwischen den chemischen, paragenetischen und physikalischen Verhältnissen gerade bei den hierher gehörigen Mineralien verhältnissmässig einfach, wenn auch die Ueberzeugung davon noch nicht in weitere Kreise gedungen ist, wie schon ein flüchtiger Ueberblick über die Darstellung der Granatgruppe in den verschiedenen Lehr- und Handbüchern der Mineralogie auf's Klarste zeigt.

Die verschiedenen Varietäten, welche man mit dem Namen »Granat« bezeichnet, bilden einestheils eine recht bunte, unter den verschiedenartigsten Verhältnissen auftretende Reihe von Mineralien, andernteils aber lehren die Analysen, dass der oberflächlichen Betrachtung äusserst ähnlich erscheinende Vorkommnisse ganz verschiedenartige Zusammensetzung haben, während wiederum sehr verschieden aussehende Glieder der Gruppe sich in ihrer Zusammensetzung nur wenig von einander unterscheiden. Diese Verhältnisse tragen natürlich wesentlich dazu bei, die

Uebersicht über die Systematik der Gruppe zu erschweren, welche aber bei einem eingehenden Verfolgen der Eigenschaften der verschiedenen Granatmineralien sich als eine einfache und namentlich auch naturgemässe er giebt. Man erkennt nämlich, dass die verschiedenen Unterabtheilungen, welche von chemischem Standpunkte aus abgetrennt werden können, auch von paragenetischem und physikalischem aus sich als verhältnissmässig selbständige charakterisiren.

Die chemische Zusammensetzung der Granatmineralien zeigt eine ganz bedeutende Variabilität; von zweiwerthigen Metallen treten, neben selteneren und nur untergeordneten Bestandtheilen, welche von geringerem systematischem Interesse sind, vor allem Kalk, Eisenoxydul, Manganoxydul und Magnesia in die Constitution dieser Silicate ein, von dreiwertigen finden wir Thonerde, Eisenoxyd, Chromoxyd und vielleicht Titansesquioxid, als Säure fungirt Kieselsäure, in seltenen Fällen Titansäure. Die Zahl der Typen, welche sich durch beliebige Combination dieser Stoffe im Granatmolekül und durch beliebige Mischung der so constituirten Moleküle ergeben würden, wäre eine sehr bedeutende, aber die thatsächlichen Verhältnisse sind viel einfacher, und eine Betrachtung der Resultate der Analysen lehrt, dass nur eine einzige Unterabtheilung der Granatgruppe in ihren chemischen Verhältnissen ausserordentlich weite Abweichungen zeigt, während sich bei den anderen die Schwankungen innerhalb bestimmter, nicht gerade sehr weiter Grenzen halten. Allerdings muss man, wenn man die bis jetzt bekannten Analysen von Mineralien der Granatgruppe zu systematischen Trennungen zu benutzen beabsichtigt, kritisch zu Werke gehen, da einestheils die Mehrzahl derselben auf's Deutlichste erkennen lässt, dass die untersuchte Substanz weit entfernt von einer für derartige Untersuchungen erforderlichen Reinheit war, wie ja im Allgemeinen die Mineralien der Granatgruppe durch einen ungewöhnlichen Reichthum an Einschlüssen charakterisirt zu sein pflegen. Anderentheils datirt eine grosse Anzahl von Analysen in Zeiten zurück, in welchen die Methoden der anorganischen Chemie noch lange nicht den hohen Grad von Ausbildung erfahren hatten, welchem wir heutzutage die Zuverlässigkeit unserer Analysen verdanken. So ist fast überall, wo nach älteren Beobachtungen eine besonders merkwürdige Zusammensetzung eines Granatminerals vorhanden zu sein schien, durch erneute Untersuchungen dargethan worden, dass diese Abweichungen vor allem auf den geringen Grad von Reinheit des Materials oder auf die Unvollkommenheit der analytischen Methoden zurückzuführen war, während das Granatmineral selbst sich ganz normal verhielt.

Wenn wir die als zuverlässig geltenden Analysen überblicken, so finden wir zunächst, dass einzelne Glieder der Gruppe unter sich eine vollkommene Mischbarkeit aufweisen, und dass alle möglichen Uebergänge

zwischen den betreffenden theoretischen Endgliedern in der Natur vorhanden sind, während andere dagegen eine gewisse Sonderstellung einnehmen, indem sie nur in geringem Maasse mit den Gliedern der Hauptreihe mischbar erscheinen und so eine Art selbständiger, nur durch einzelne Verbindungsglieder mit der Hauptreihe in Zusammenhang stehender Nebenreihe darstellen. In diesem Verhältnisse stehen diejenigen Granaten, in welchen Calcium das zweiwerthige Metall bildet, und welche ich kurzweg als Kalkgranaten zusammenfassend bezeichne, gegenüber den übrigen: Eisenoxydul-, Magnesia- und Mangangranaten, welche unter sich eine vollständige Mischungsreihe darstellen. Wenn man ferner noch verfolgen kann, dass bedeutendere Mengen von Eisenoxyd, von Chromoxyd und Titansäure nur in der Reihe der Kalkgranaten in die Constitution dieser Silicate eintreten, während sie in allen anderen höchstens in minimaler Menge nachzuweisen sind, so wird dadurch die Sonderstellung der Nebenreihe der Kalkgranaten noch schärfer präcisirt. Die Kalkgranaten unter sich aber bilden wiederum eine vollständige Mischungsreihe; die Analysen zeigen uns alle möglichen Uebergänge zwischen den als Kalkthon-, Kalkeisen-, Kalkchrom- und Kalktitangranaten bezeichneten Mineralien, und da ausserdem weder die Art des Vorkommens, noch auch das Aussehen oder die Farbe unterscheiden lässt, ob man es mit einem dem Kalkthon- oder dem Kalkeisengranat nahestehenden Mineral zu thun hat, erscheint es am besten, den oben aufgestellten Namen der Kalkgranaten für die ganze Unterabtheilung anzuwenden, und denselben die Eisenoxydul-, Magnesia- und Mangangranaten gegenüberzustellen, bei welchen die Erwähnung des dreiwerthigen Metalles im Namen, wie es heutzutage im Allgemeinen geschieht, gar keinen systematischen Werth hat, da in allen Vorkommnissen dieser Art ohne Ausnahme die Thonerde weitaus die dominirende Stellung einnimmt.

Was das Verhältniss der einzelnen Glieder der beiden Reihen unter sich betrifft, so scheinen sich Kalk- und Mangangranat am nächsten zu stehen, Mischungen zwischen beiden sind nicht gerade sehr häufig, finden sich aber doch in sehr verschiedenen Verhältnissen. Dagegen beobachtet man in Kalkgranaten selten mehr als einige Procent einer Beimengung von Eisenoxydulgranat, welche aber bei den eisenoxydarmen wenigstens stets vorhanden zu sein pflegt; eine Beimengung von Magnesiagranat fehlt häufig sogar in Spuren und tritt nur hin und wieder, aber stets gleichfalls in sehr geringer Menge auf. Umgekehrt führt der Eisenoxydulgranat*) fast stets, der Magnesiagranat aber ganz constant einen nie bedeutenden Gehalt an

*) Einzelne Analysen von hierher gehörigen Granaten weisen einen ungewöhnlich hohen Gehalt an Kalk auf, eine Berechnung des von denselben gebotenen Molekularverhältnisses lässt aber deutlich die Unreinheit des angewandten Materiales erkennen.

Kalkgranat. Diese Erscheinungen weisen zunächst darauf hin, dass von einer Isomorphie im strengsten Sinne zwischen den beiden Reihen der Granatgruppe nicht die Rede sein kann, und wir werden sehen, dass dieser aus dem chemischen Bestande gezogene Schluss durch die übrigen Beobachtungen an den Mineralien der Granatgruppe bestätigt wird.

Was die Art des Auftretens der Granatmineralien in der Natur betrifft, so finden sich dieselben einestheils als eigentliche Gesteinsgemengtheile in eingewachsenen Krystallen oder Körnern, andernteils in Form von Kluftausfüllungen und dann in aufgewachsenen Krystallen oder derben Partien. Bei der ersteren Form des Vorkommens kann man wiederum unterscheiden zwischen solchen, welche als primäre Bestandtheile massiger Gesteine und krystalliner Schiefer anzusehen sind und denjenigen, welche als secundäre Bildungen, hervorgerufen durch metamorphische Processe, in Thonerdesilicat- und Kalksilicathornfels aufzutreten, ebenso wie in einer grossen Anzahl von Erzlagerstätten, deren genetische Beziehungen noch etwas unklar erscheinen.

Die Kalkgranaten zunächst bilden auch in dieser Beziehung eine wohl charakterisirte, ihre Zusammengehörigkeit beweisende Reihe, in welcher nur die titanhaltigen Glieder in einzelnen Vorkommnissen eine abweichende Stellung einnehmen. Diejenigen Kalkthon- und Kalkeisengranaten, welche den theoretischen Endgliedern am nächsten stehen — die einfachen Verbindungen kommen in der Natur nicht vor — sind farblos bis höchstens lichtgelb gefärbt und werden am besten als Grossular resp. Topazolith bezeichnet, während die Zwischenglieder zwischen beiden fast stets lebhaftere Farben, gelb, gelbroth, roth bis nelkenbraun aufweisen, ohne dass die chemische Analyse den Grund dieser merkwürdigen Erscheinung aufdecken würde. Man bezeichnet dieselben bei mehr rother Farbe als Hessonit, in klar durchsichtigen Varietäten auch als Kaneelstein, bei mehr bräunlicher Farbe als Aplom; die dunklere oder weniger dunkle Farbe giebt aber dabei keinen Anhaltspunkt für ihr Verhältniss zu Kalkthon- resp. Kalkeisengranat. Der Topazolith geht dann ferner durch einen geringen Gehalt an Titansäure in den Melanit über, welcher offenbar nach der Menge der in ihm enthaltenen Titansäure lichtbraun bis fast schwarz erscheint; gleichfalls schwarz sind die titanreichen Schorlomit und Iiwaarit. Der Kalkchromgranat oder Uwarowit endlich erscheint smaragdgrün. Ausser den hier gebrauchten Namen findet man, zumal in der älteren Literatur, eine Unzahl von Namen für Varietäten von Kalkgranat, welche man indess vollständig vernachlässigen kann. Die titanfreien Kalkgranaten finden sich ausschliesslich als secundäre Bildungen, sei es als Bestandtheile contactmetamorphisch umgewandelter unreiner Kalke, der sogenannten Kalksilicathornfelse, sei es als Auskleidung von Klüften innerhalb von Massengesteinen oder deren Umgebung, Vorkommnisse, deren

Entstehung auf postvulkanische Prozesse zurückzuführen ist. Die eisenoxydreichen Glieder treten nur in dieser letzteren Form auf, während die übrigen in beiden Arten des Vorkommens gleich häufig zu beobachten sind. Wo der Granat als Bestandtheil der umgewandelten Gesteine selbst vorhanden ist, bildet er eingewachsene Krystalle meist sehr einfacher Form — {110} und {211} pflegen fast ausschliesslich vorhanden zu sein — und nur in sehr silicatreichen Vorkommnissen fehlt den neugebildeten Granat-Individuen die Krystallform vollständig; es treten dann meist ziemlich grobkörnige Aggregate dieses Minerals auf. Im Gegensatz dazu zeigen die auf Klüften aufsitzenden Vorkommnisse oft ausserordentlich flächenreiche Krystalle, welche zum Theil gleichfalls in einzelnen Individuen, zumeist aber zu Krusten zusammengehäuft auftreten, wobei sehr häufig von dem secundär gebildeten Mineralaggregat aus eine Umwandlung des Nebengesteines in dichte, splittelige, karneolähnliche Granatfelse zu beobachten ist, welche auf intensive chemisch-geologische Prozesse schliessen lässt. Besonders charakteristisch ist dabei, dass diese letzteren Bildungen gewöhnlich von allen möglichen Kalkmagnesiumsilicaten begleitet werden und nicht selten als Umwandlungen reiner Magnesiumsilicatgesteine auftreten, ohne dass auch nur eine Spur von Magnesia in dem Granatmineral selbst nachweisbar wäre.

Eine etwas abweichende Stellung nehmen, wie schon oben bemerkt, die titanhaltigen Glieder ein, welche auch als primäre Gemengtheile von Silicatgesteinen und zwar von natrium- und titanreichen Massengesteinen auftreten. So finden sich Melanit, Schorlomit und Iiwaarit in einzelnen eingewachsenen Krystallen in nephelinsyenitischen und phonolithischen Gesteinen; auch hier sind wie überall, wo Granatminerale in eingewachsenen Krystallen vorkommen, die Formen sehr einfache. Anderntheils aber finden sich namentlich die titanärmeren auch als Bestandtheile von Kalksilicathornfelsen, sowie endlich in aufgewachsenen Krystallen als Kluftausfüllungen in der Umgebung massiger Gesteine, wo sie wiederum in sehr schönen, flächenreichen Krystallen entwickelt sind.

Am nächsten dem Kalkgranat, wie in chemischer Beziehung, so in paragenetischer, steht der Mangangranat oder Spessartin, welcher in seinen reinsten Varietäten gelblich, meist aber roth bis rothbraun erscheint. Er findet sich in allen Formen des Vorkommens ähnlich wie der Melanit, wenn auch natürlicherweise, entsprechend der Verschiedenheit der Zusammensetzung, sein Verbreitungsgebiet ein anderes ist. In eingewachsenen Krystallen tritt er als primärer Gemengtheil namentlich in sauren Massengesteinen auf; als vermuthlich secundäre Bildung, entstanden durch metamorphische Prozesse, vorzugsweise auf Erzlagerstätten, in beiden Fällen sind seine Formen einfache; etwas flächenreichere Combinationen bildet er da, wo er auf Klüften und Hohlräumen in Massengesteinen und deren Nachbarschaft vorkommt. Seine Verbreitung ist jedoch eine weit geringere

als diejenige der Varietäten des Kalkgranats, es liegen daher auch bedeutend weniger chemische Untersuchungen hierher gehöriger Vorkommnisse vor; doch scheint soviel aus denselben hervorzugehen, dass als primärer Gesteinsgemengtheil nur kalkarmer Spessartin beobachtet wurde, während in den übrigen Formen des Vorkommens sowohl die Zwischenglieder zum Kalkgranat, als auch diejenigen zum Eisenoxydulgranat nachgewiesen wurden.

Von den Eisenoxydulgranaten, welche meist colombinrothe bis schmutzigothe Farben aufweisen, werden die reineren Varietäten, welche übrigens gleichfalls stets isomorphe Beimengungen der übrigen enthalten, als Almandin, die unreinen als gemeiner Granat bezeichnet. Von den mit Sicherheit in diese Reihe gehörigen Vorkommnissen finden sich alle mit einer einzigen Ausnahme in eingewachsenen Krystallen in thonerdereichen Gesteinen, sowohl in Massengesteinen, in welchen sie mit Sicherheit als primäre Gemengtheile anzusehen sind, als auch in krystallinischen Schiefern und contactmetamorphischen Gesteinen der Thonerdesilicathornfelsreihe. Das Mineral zeigt dann gewöhnlich sehr einfache Formen und findet sich nur selten ohne deutliche Begrenzung. Die einzige Ausnahme in Bezug auf die Art des Vorkommens, welche mir von einem hierher gehörigen Granatmineral bekannt geworden ist, bildet eine manganreiche Varietät, welche im Centralgranit des Gross-Venedigermassivs, sowie in dessen Umgebung an mehreren Stellen mit Quarz zusammen auf Adern und Kluftausfüllungen in aufgewachsenen Krystallen vorkommt.

Der Magnesiagranat oder Pyrop endlich, welcher stets durch blutrothe Farben ausgezeichnet ist, erscheint in seinem Auftreten auf die Gesteine der Peridotitreihe beschränkt, in welchen er in einzelnen, durch magmatische Resorption gerundeten Körnern eingewachsen ist. In chemischer Beziehung stellt er zumeist Mischungen von Magnesiagranat und von Eisenoxydulgranat dar, in welchen gewöhnlich ein systematisch nicht wichtiger Chromgehalt vorhanden ist und constant ein nicht allzugeringer Gehalt an Kalk nachgewiesen werden kann, auch wenn sein Muttergestein sehr kalkarm bis ganz kalkfrei ist. Die Gesteine der Peridotitreihe, in welchen der Pyrop als Gemengtheil vorkommt, sind häufig durch secundäre Processe irgend welcher Art zu Serpentin verändert, wobei aber der Pyrop keine Zersetzung erlitt und daher in dem neu entstandenen Serpentin vollkommen erhalten ist; die Frage, ob alle Serpentine, in welchen Pyrop auftritt, als zu den massigen gehörig anzusehen sind, ist bis heute nicht sicher zu beantworten; doch neige ich dieser Annahme im Allgemeinen zu, wie auch für einzelne wichtigere Vorkommnisse der Beweis direct zu erbringen ist.

Wenn wir nun noch die Mineralien der Granatgruppe in optisch-krystallographischer Beziehung betrachten, so finden wir ähnliche Gesetzmässigkeiten, wie sie für die chemischen und paragenetischen Verhältnisse

dargelegt wurden. Man kennt eine grosse Anzahl von Granatvarietäten, bei welchen die optischen Eigenschaften nicht in Uebereinstimmung mit der Form stehen, und eine ebenso grosse Anzahl, welche stets optisch isotrop sind.

Zur Erklärung dieser eigenartigen Verhältnisse wurden verschiedene Theorien aufgestellt, von welchen die wichtigsten diejenigen von C. Klein*), von W. C. Brögger**) und von A. Lacroix***) sind. Der erstere sucht in der isomorphen Mischung als solcher den Grund zu dem optisch anomalen Verhalten gewisser Glieder der Granatgruppe, während Brögger denselben hauptsächlich in den verschiedenen Bildungsbedingungen vermuthet und Lacroix endlich einen bestimmten Zusammenhang zwischen dem optischen Verhalten und der chemischen Constitution für wahrscheinlich hält.

Eine sichere Entscheidung in dieser Frage ist bei dem Stande unserer Kenntniss der Granatgruppe heute noch kaum möglich; ich möchte daher hier nur eine Zusammenstellung einiger, wie mir scheint, für die Klärung dieser Frage wichtiger Beobachtungen geben, die ich in den letzten Jahren zu machen Gelegenheit hatte, und welche einige Gesichtspunkte eröffnen, die bis jetzt noch nicht in Betracht gezogen worden zu sein scheinen.

Was die optischen Anomalien betrifft, welche eine Anzahl von Granatmineralien aufweisen, so stehen diese, soweit Krystallform vorhanden ist, nach den übereinstimmenden Angaben aller Beobachter in directem Zusammenhange mit der an dem Krystalle auftretenden Form, sind aber in den betreffenden Varietäten, wie gleich hier bemerkt werden soll, auch in den derben Aggregaten, in welchen von einer Krystallform keine Rede sein kann, ebenso regelmässig und gesetzmässig ausgebildet. Der optisch anomale Granat zeigt im polarisirten Lichte, dass er aus einer Anzahl optisch wirksamer »Anwachspyramiden« aufgebaut ist, deren Basis eine Fläche und deren Spitze im Centrum des Krystalles ist. Jede dieser Anwachspyramiden, welche in ihrer Gesamtheit den äusserlich regulären Krystall zusammensetzen, kann vollständig einheitlich auslöschen, häufig beobachtet man aber eine undulöse Auslöschung, als deren Grund in günstigen Fällen eine feine Zwillingslamellirung erkannt wird. Die genauere optische Untersuchung der einzelnen Sektoren ergiebt einen ziemlichen Wechsel in der Höhe der Doppelbrechung bei den verschiedenen Varietäten, ebenso wie in der optischen Orientirung, in welcher letzterer Beziehung dieselben in den verschiedensten Krystallsystemen unterzubringen wären.

*) C. Klein, Mineralogische Mittheilungen. IX. Neues Jahrb. Mineral. 1883, 1, 87 und Mineralogische Mittheilungen. XIV. Ebenda 1895, 2, 68.

**) W. C. Brögger, Die Mineralien der Syenitpegmatitgänge etc. Diese Zeitschrift 16, 160.

***) A. Lacroix, Minéralogie de la France et de ses colonies. 1. Paris 1893, 206.

Alle Granaten, an welchen optische Anomalien der beschriebenen Art nachgewiesen wurden, und deren chemische Constitution festgestellt ist, gehören in die Reihe der Kalkgranaten und der Mangangranaten. Eine einzige Ausnahme würde der von C. Klein untersuchte Almandin aus dem »Zillertal« darstellen, dessen chemische Zusammensetzung indessen nicht ermittelt wurde. Aber weder alle Kalkgranaten, noch alle Mangangranaten sind optisch anomal, sondern von beiden ergeben sich sehr bemerkenswerthe Ausnahmen. Bei den Kalkgranaten kann man in dieser Richtung im Allgemeinen zwischen titanfreien und titanhaltigen unterscheiden, von welchen die ersteren in allen Formen ihres Vorkommens in höherem oder geringerem Maasse optische Anomalien aufweisen, während die letzteren — gleichgültig ob arm oder reich an Titan — niemals den regelmässigen Aufbau aus doppeltbrechenden Sektoren zeigen, welcher erstere auszeichnet.

Die Beispiele von titanhaltigem Kalkgranat, speciell von Melanit, aus deren Untersuchung dieser Schluss gezogen werden konnte, gehören den allerverschiedensten Formen des Vorkommens an, in welchen Granat überhaupt auftritt. Es sind zunächst die drei kürzlich von Piners*) analysirten Vorkommnisse: Rympfischwänge bei Zermatt, Schweiz, Burgumer Alpe in Pfitsch, Tirol, Margola bei Predazzo, Fleimserthal, ferner: Canzacolli bei Predazzo, Oberschaffhausen am Kaiserstuhl, Baden, sowie Frascati bei Rom.

Die beiden ersten sind charakteristische Bildungen auf Klüften von Peridotit; davon ist das Vorkommen von der Rympfischwänge stets vollständig optisch isotrop, dasjenige von der Burgumer Alpe zeigt hin und wieder ganz unregelmässige Aufhellung im polarisirten Lichte, etwa wie sie Gläser mit starken Spannungen darbieten, erscheint aber hin und wieder auch bei Anwendung empfindlicher Mittel völlig isotrop. Besonders interessant ist dieses Vorkommen durch die innige Verbindung mit röthlichen bis lichtbräunlichen manganhaltigen Hessoniten, mit denen gleichfalls Klüfte in demselben Gestein ausgekleidet sind, welche die Melanit führenden in der mannigfaltigsten Weise durchsetzen; dabei ist, auch bei grösster Aehnlichkeit in der Färbung, der titanfreie Granat stets durch die regelmässige Feldertheilung von dem Melanit zu unterscheiden. Einem analogen Vorkommen scheint auch der Schorlomit von Magnet Cove anzugehören, von welchem gleichfalls angegeben wird, dass er optisch isotrop ist.

Bei den beiden Vorkommnissen von der Margola und von Canzacolli bildet der Melanit eingewachsene Krystalle in contactmetamorphisch umgewandelten Kalken, beim ersteren in vorherrschenden Kalksilicaten, beim letzteren in körnigem Kalkspath; sie sind beide vollständig optisch isotrop,

*) Diese Zeitschr. 22, 478.

während ganz analog zusammengesetzte titanfreie Granaten in derselben Form des Vorkommens (Pyrenäit, Granat von Cziklowa bei Orawitz) stets deutliche optische Anomalien zeigen. Den beiden Melaniten von Oberschaffhausen und von Frascati, welche Gemengtheile von Massengesteinen darstellen, fehlt gleichfalls jede Spur von optischer Anomalie.

Nach einer anderen Richtung scheinen die Verhältnisse beim Spessartin zu verweisen; während bei den oben besprochenen ein directer Zusammenhang zwischen der chemischen Zusammensetzung und dem optischen Verhalten ausserordentlich nahe liegt, scheint beim Spessartin vielmehr die Art des Vorkommens für das Auftreten von optischen Anomalien massgebend zu sein. Um diese Verhältnisse genauer verfolgen zu können, wurden verschieden zusammengesetzte manganhaltige Granaten von verschiedenen Arten des Vorkommens genauer untersucht. 1) Der von Kobell*) und Websky**) analysirte kalkhaltige Spessartin von der Burgener Alpe in Pfitsch, Tirol, sodann ein nur wenige Procent MnO enthaltender Hessonit von der »Schwarzen Wand« in der Scharn, dem untersten linken Seitenarm des Hollersbachthales, Oberpinzgau, Salzburg, analysirt von Prof. Muthmann***), welche beide als Kluftausfüllungen im Serpentin vorkommen; sodann der von mir selbst†) analysirte Spessartin vom Silberberg bei Bodenmais im bayerischen Wald, welcher auf Klüften im Magnetkieslager vorkommt und zu den kalkfreien Manganeisenoxydulgranaten gehört, endlich der von Kobell††) analysirte Originalspessartin im Granit von Aschaffenburg, welcher in seiner Zusammensetzung demjenigen von Bodenmais am nächsten steht.

Die optische Untersuchung ergab, dass die drei ersten Vorkommnisse sich ganz ebenso verhalten, wie dies bei den titanfreien Kalkgranaten stets zu beobachten ist, sie weisen denselben Aufbau aus mehr oder weniger einheitlichen optisch wirksamen Sektoren auf, wie es bei jenen der Fall ist. Das vierte Vorkommniss aber, welches als primärer Bestandtheil eines Massengesteins auftritt, ist vollständig isotrop. Wenn auch dieses Verhalten zu weitgehenden Schlüssen nicht berechtigt, da die Analyse des letzten Vorkommnisses wegen der Schwierigkeiten der Darstellung reinen Materials nicht ganz einwandfrei ist, so dürfte doch so viel daraus zu folgern sein, dass der Art der Bildung ein bedeutendes Moment bei der Entstehung der optischen Anomalien in der Granatgruppe zukommt, wie dies schon Brögger als wahrscheinlich bezeichnete. Dieser Zusammenhang lässt sich leider bei der anderen Reihe der optisch anomalen Granatminerale nicht ver-

*) Kobell, Sitzungsber. bayer. Akad. Wiss. 1868, 2, 293.

**) Websky, Analyse nach Hintze, Handbuch der Mineralogie 69.

***) Nicht veröffentlichte Analyse.

†) Vergl. S. 360.

††) l. c.

folgen, da niemals ein titanfreier Kalkgranat als Bestandtheil eines Massengesteins beobachtet wurde.

Die Eisenoxydulgranaten sind im Allgemeinen optisch normal; ausser dem von C. Klein beschriebenen und schon oben erwähnten Almandin aus dem »Zillerthal« ist mir nur ein Vorkommniss von Almandin bekannt geworden, welches optische Anomalien zeigt, und das gleichfalls aus dem Zillerthal stammt. Beim Suchen nach dem Material, welches Klein seinerzeit vorgelegen haben mochte, welches aber bei der grossen Anzahl von Granatfundorten im Zillerthal kaum mehr zu identificiren sein dürfte, beobachtete ich an einigen Stücken des bekannten, bergmännisch ausgebeuteten Vorkommnisses am Rossruck im Zemmgrund, welches als »Tiroler Granat« verschliffen in den Handel kommt, dass derselbe beim Zerschlagen ziemlich leicht in zwölf den Anwachspyramiden nach dem Dodekaëder entsprechende Theile zerfällt, welche von ebenen || zu den Randkanten gerieften Flächen begrenzt werden. Dies liess einen Aufbau aus zwölf optisch wirksamen Sektoren nicht unwahrscheinlich erscheinen. Es wurde deshalb aus einem Krystalle, welcher die »Anwachspyramiden« besonders deutlich zeigte, eine Platte nach {100}, sowie eine solche nach {111} angefertigt, um an denselben die optische Structur zu studiren. Das Ergebniss der Untersuchung war ein sehr merkwürdiges, indem die Platten weder im gewöhnlichen, noch im polarisirten Lichte eine Andeutung der Feldertheilung erkennen liessen; dagegen erkennt man zwischen gekreuzten Nicols durch die ganze Fläche hindurch eine gleichmässige, feine, verschwommene Zwillingslamellirung, welche, wenn auch viel weniger markant, doch mit der am Leucit beobachteten Erscheinung die grösste Aehnlichkeit aufweist. Diese optische Anomalie ist indessen sehr viel schwächer, als die oft ziemlich bedeutende Doppelbrechung, welche die Kalk- und Mangangranaten besitzen, ausserdem weist dieselbe auf eine durchaus abweichende Structur hin. Dieselbe ist in einigermassen dünnen Schlifflinien auch mit den empfindlichsten Mitteln nicht mehr wahrnehmbar. Wie schon aus dieser Beschaffenheit hervorgeht, ist der hier untersuchte Almandin von einem anderen Vorkommen als derjenige, welcher C. Klein vorgelegen hat, was auch noch dadurch bestätigt wird, dass Klein die grosse Anzahl von Einschlüssen besonders erwähnt, der Granat vom Rossruck aber sich gerade wegen des Mangels an Einschlüssen zur technischen Verarbeitung eignet. Aehnliche Verhältnisse zeigt auch der erwähnte manganreiche Almandin aus der Umgebung des Centralgranits im Gross-Venedigergebiete, während eine grössere Anzahl sonstiger Vorkommnisse von Eisenoxydulgranat, welche in dieser Beziehung untersucht wurden, sich völlig normal verhielten.

Die gleichen Resultate ergaben sich auch für den Pyrop der verschiedensten Fundorte.

Wenn wir nun versuchen, aus dieser Zusammenstellung die Schluss-

resultate für die Systematik der Granatgruppe zu ziehen, so ist zunächst das Eine klar, dass die Gruppe als solche in zwei Unterabtheilungen zerfällt, welche je in sich eine vollständige Mischungsreihe umschliessen, mit einander aber nur in geringem Maasse mischbar erscheinen. Es ist dies einestheils die Reihe der so ausserordentlich mannigfaltigen Kalkgranaten, andernteils die Reihe der von chemischem Standpunkte verhältnissmässig einfachen Mangan-, Eisenoxydul- und Magnesiagranaten. Den vermittelnden Uebergang zwischen beiden Reihen bilden einzelne Vorkommnisse von Mangangranat.

Die Reihe der Kalkgranaten kann man ferner noch in zwei Theile, titanfreie und titanhaltige, spalten, von welchen die ersteren ausschliesslich als secundäre Producte vulkanischer Thätigkeit entstanden, entweder als Bestandtheile metamorphischer Kalksteine und Kalksilicatifelse in eingewachsenen Krystallen oder auf Klüften in aufgewachsenen Krystallen vorkommen und stets — ohne nach dem heutigen Stande unserer Kenntnisse wenigstens einen weiteren Zusammenhang mit ihrem sonstigen chemischen Bestande zu zeigen — einen Aufbau aus optisch activen Theilen aufweisen, welcher, soweit Krystallform vorhanden, mit letzterer in innigen Beziehungen steht. Der zweite Theil der Kalkgranaten umfasst die titanhaltigen, welchen ebenso constant in allen Formen ihres Vorkommens als primäre wie als secundäre Bildungen dieser gesetzmässige Aufbau fehlt, und welche fast immer optisch vollkommen isotrop sind.

Von der zweiten Unterabtheilung haben die Mangangranaten eine etwas gesonderte Stellung, sie besitzen in ihren Vorkommnissen als secundäre Bildungen stets dieselbe optisch anomale Beschaffenheit wie die titanfreien Kalkgranaten; wo sie aber als primäre Gemengtheile von Massengesteinen auftreten, scheinen sie optisch normal beschaffen zu sein.

Die Eisenoxydulgranaten finden sich ebenso wie die Kalkgranaten als Bestandtheile contactmetamorphisch veränderter Gesteine, welche aber den Thonerdesilicategesteinen zuzuzählen sind; sehr selten sind sie als Auskleidung von Klüften, am häufigsten dagegen als primäre Gemengtheile massiger Gesteine und krystallinischer Schiefer. In allen Formen des Vorkommens sind sie optisch isotrop, oder zeigen wenigstens nicht den deutlichen Aufbau aus optisch activen »Anwachspyramiden«, auch wenn makroskopisch scheinbar eine derartige Theilung hervortritt. Der Magnesiagranat endlich ist nur als primärer Gemengtheil von Peridotit und Serpentin bekannt und stets isotrop.

Aus dieser Zusammenstellung folgt zunächst, dass alle Granatminerale, welche primäre Gemengtheile von Massengesteinen darstellen, stets und immer optisch isotrop sind, auch wenn sonstige Vorkommnisse ganz gleicher Zusammensetzung optische Anomalien aufweisen, dass somit die

Anomalien der Granatminerale in directem Zusammenhange mit der Art der Bildung derselben stehen, und dass diese Anomalien also überall, wo sie auftreten, in dem primären Aufbau des Krystalles begründet und nicht durch secundäre Ursachen späterhin hervorgerufen sind. Des Ferneren ist der regelmässige Aufbau aus »Anwachspyramiden« durchaus nicht auf die auskrystallisirten Vorkommnisse beschränkt, sondern findet sich ebenso in derben, einer Krystallform vollkommen entbehrenden Aggregaten und zwar in derselben gesetzmässigen und klaren Ausbildung*), wie sie Krystalle von gleicher chemischer Zusammensetzung zeigen. Der stets zu beobachtende Zusammenhang zwischen etwa vorhandener Krystallform und dem optischen Aufbau des Minerals ist somit eher in der Weise zu erklären, dass der innere Aufbau überall da, wo Krystallform sich entwickeln konnte, massgebend für die Ausbildung der entstehenden Combination war, dass also vielmehr eine Abhängigkeit der äusseren Form von der inneren Structur als das Umgekehrte anzunehmen ist.

Was schliesslich den Zusammenhang zwischen optischer Anomalie und chemischer Constitution betrifft, so möchte ich hier zur besseren Orientirung eine Anzahl von Analysen anführen, welche diesen Zusammenhang deutlich hervortreten lassen. I. Almandin aus einer gangförmigen Bildung im Gneiss von Wittichen, Schwarzwald, analysirt von Hebenstreit (citirt nach Hintze, Handbuch der Mineralogie). II. Pyrop aus Serpentin von Krems, Böhmen, analysirt von Scharizer (gleichfalls nach Hintze). III. Hessonit aus Kalksilicathornfels von der Dorfer Alpe bei Prägraten, Tirol, analysirt von Schnerr, Beitr. zur chemischen Kenntniss der Granatgruppe. Inaug.-Dissert. München 1894, 40. IV. Topazolith, secundär in Augitporphyrin vom Cipitbach**), Seisser Alpe, Südtirol, analysirt von Piners (Ueber Topazolith und Melanit, diese Zeitschr. 22, 489). V. Melanit, secundär in Serpentin von der Rympfischwänge bei Zermatt, Schweiz, ebenda 493. VI. Spessartin, primär in Granit von Aschaffenburg, analysirt von Kobell (nach Hintze). VII. Spessartin, Kluftausfüllung im Cordieritgneiss vom Silberberg bei Bodenmais, analysirt vom Autor (vergl. S. 360).

*) Vergl. in dieser Beziehung die Abbildung V auf Tafel IV in »Beiträge zur Petrographie der östlichen Centralalpen, speciell des Grossvenedigerstockes« von E. Weinschenk. I. Ueber die Peridotite und die aus ihnen hervorgegangenen Serpentinesteine etc. Abh. königl. bayer. Akad. Wiss. II. Cl. 28, III, 654—714.

**) Ich möchte hier die Gelegenheit ergreifen, die Anfrage von C. Klein (Neues Jahrb. Mineral. 1895, 2, 94), betreffend die Ausbildung dieses Topazoliths, zu beantworten. Die Oberfläche der Kryställchen ist so rau und uneben, dass eine feinere Sculptur sich der Beobachtung entzieht.

	I.	II.	III.
<i>SiO</i> ₂	37,40	40,45	37,96
<i>Al</i> ₂ <i>O</i> ₃	21,08	19,67	16,29
<i>Fe</i> ₂ <i>O</i> ₃	2,01	4,05	8,73
<i>Cr</i> ₂ <i>O</i> ₃	—	2,60	—
<i>FeO</i>	28,49	6,90	4,46
<i>CaO</i>	3,05	5,78	31,98
<i>MgO</i>	8,22	20,79	—
	IV.	V.	
<i>SiO</i> ₂	36,93	34,73	
<i>TiO</i> ₂	—	2,29	
<i>Fe</i> ₂ <i>O</i> ₃	20,65	21,86	
<i>Al</i> ₂ <i>O</i> ₃	7,79	4,52	
<i>Ti</i> ₂ <i>O</i> ₃	—	3,33	
<i>CaO</i>	32,56	32,80	
<i>MgO</i>	1,76	0,63	
<i>MnO</i>	—	0,43	
	VI.	VII.	
<i>SiO</i> ₂	38,70	34,65	
<i>Al</i> ₂ <i>O</i> ₃	18,50	20,00	
<i>Fe</i> ₂ <i>O</i> ₃	1,53	2,55	
<i>MnO</i>	27,40	33,87	
<i>FeO</i>	13,32	9,17	

In der ersten Reihe (Analyse I.—III.) sind drei Granatvarietäten zusammengestellt, welche in der Hauptsache isomorphe Mischungen derselben Componenten aber in sehr verschiedenem Mengenverhältniss darstellen; zwei derselben, Almandin und Pyrop, sind isotrop und nur der dritte, ein eisenoxydulreicher Hessonit, weist die charakteristische Feldertheilung auf. Für den Pyrop als primären Gemengtheil eines Massengesteins ist nach dem Obigen allerdings nichts anderes zu erwarten, aber der Almandin von Wittichen und der Hessonit von Prägraten dürften in ihren genetischen Verhältnissen sich ausserordentlich nahestehen, so dass man ihre verschiedene Beschaffenheit nur auf die Verschiedenheit der chemischen Zusammensetzung zurückführen, d. h. das Auftreten der Doppelbrechung mit dem Vorrerrschen der kalkreichen Componente in Zusammenhang bringen muss.

Die zweite Reihe (Analyse IV. und V.) zeigt zwei Kalkgranaten, welche sich unter sehr ähnlichen Bedingungen beide als secundäre Bildungen in Massengesteinen finden, und die eine sehr ähnliche Zusammensetzung haben mit Ausnahme des Titangehaltes in dem einen derselben. Der titanfreie zeigt die gewöhnlichen optischen Anomalien, der titanhaltige ist optisch vollkommen isotrop. In der dritten Reihe endlich (Analyse VI. und

VII.) stehen zwei Spessartine von sehr ähnlicher Zusammensetzung, von welchen, wie schon oben auseinandergesetzt, der eine ein primärer Gemengtheil von Granit und optisch isotrop ist, während der andere als Ausfüllung einer Kluft auftritt und charakteristische Anomalien zeigt. Es ergiebt sich aus dieser Zusammenstellung, dass die optischen Anomalien nicht nur Functionen der Art der Bildung des betreffenden Granatminerals sind, sondern dass auch die chemischen Beziehungen hierbei in sehr charakteristischer Weise zum Ausdruck kommen. Es ist dabei bezeichnend, dass nur die kalk- und die manganhaltigen Glieder der Granatreihe — ganz ohne Rücksicht auf das in ihnen auftretende dreiwertige Metall — einen Aufbau aus Sektoren niederer Symmetrie zeigen, wie überhaupt bei den verschiedensten isomorphen Reihen sich die kalk- und auch die manganhaltigen Glieder abweichend verhalten (vergl. Pyroxengruppe).

Ob man dabei so weit gehen will, eine Dimorphie der Granatgruppe anzunehmen, wobei neben der regulären Modification noch eine zweite mit niederem Symmetriegrade wahrscheinlich zu machen wäre, oder ob man eine andere Erklärung für diese Erscheinung versucht, ist an sich gleichgültig. Jedenfalls haben wir in dem optisch anomalen Verhalten eine primäre, in der ursprünglichen Structur des Krystalles begründete Erscheinung vor uns, und es finden die Verhältnisse, wie sie sich bei einem zusammenfassenden Studium der Granatgruppe darstellen, nur dann eine einigermaßen befriedigende Erklärung, wenn man den chemischen Bestand mit den optischen Erscheinungen in Verbindung bringt. Anderntheils darf aber auch der Einfluss der Bildungsbedingungen nicht übersehen werden, und es krystallisirt, wie das Beispiel der Spessartine beweist, eine und dieselbe isomorphe Mischung aus Schmelzfluss in einer unzweifelhaft regulären Modification, während sie durch secundäre pneumatolytische und pneumatohydatogene Processe hervorgebracht, in äusserlich regulären, aus Theilen geringerer Symmetrie zusammengesetzten Krystallen auftreten kann. Dieser Satz gilt zunächst allerdings nur für den Spessartin; ob er für die titanfreien Kalkgranaten auch Geltung hat, ist augenblicklich nicht zu entscheiden, da letztere aus Schmelzfluss krystallisirt bis jetzt noch nicht beobachtet sind.

Dagegen tritt bei den titanhaltigen Kalkgranaten und den Eisenoxydulgranaten, ganz gleichgültig welcher Entstehung sie sind, niemals der deutliche Aufbau aus Theilen niederer Symmetrie hervor, ja es fehlen zumeist auch die Spuren einer optisch anomalen Beschaffenheit vollständig. Die Magnesiagranaten endlich sind nur als primäre Gemengtheile von Gesteinen bekannt, und es kann daher nicht nachgewiesen werden, wie sie bei anderen Bildungsbedingungen beschaffen sein würden. An und für sich kann man es jedenfalls nicht sehr wahrscheinlich machen, dass dieselben sich anders verhalten würden als die Eisenoxydulgranaten.