Zur

Kenntniss der Graphitlagerstätten.

Chemisch-geologische Studien

von

Ernst Weinschenk.

III. Die Graphitlagerstätten der Insel Ceylon.

(Mit 3 Tafeln.)

Die Graphitlagerstätten der Insel Ceylon nehmen heutzutage unter allen Vorkommnissen von Graphit den ersten Rang ein, nicht nur in Folge der Reinheit des von dort herstammenden Materials, sondern ebensowohl durch die Massenhaftigkeit, in welcher das nutzbare Mineral daselbst auftritt. Das Mineral Graphit pflegt in den Sammlungen in erster Linie durch die prachtvollen, grossblätterigen Aggregate von „Ceylongraphit" vertreten zu sein, und der Weltmarkt in sog. „Tiegelgraphit" wird in erster Linie von der Produktion auf Ceylon beherrscht, neben welcher diejenige in unserem bayerischen Gebiete, allerdings hauptsächlich in Folge der Ungunst der politischen Verhältnisse, nur wenig, diejenige der ganzen übrigen Erde gar nicht ins Gewicht fällt.

Einige Zahlen können die Bedeutung der Lagerstätten auf Ceylon am besten illustriren. Noch vor wenigen Jahren betrug die Ausfuhr von Rohgraphit aus Ceylon ca. 30000 mt jährlich, von welchen Prima-Waare 94—98% Kohlenstoff aufweist, im Durchschnitt aber jedenfalls 90% nicht zu hoch gegriffen sein dürfte. Die Produktion im Passauer Gebiete betrug im gleichen Zeitraum 3000—4000 mt Rohgraphit jährlich, aus welchem aber kaum 25% gereinigte Waare mit einem durchschnittlichen Graphitgehalt von 90% erzielt werden konnte, so dass den 30000 mt auf Ceylon noch nicht 1000 mt in Bayern, und schliesslich von allen übrigen Vorkommnissen von blättrigem Graphit, vor allem von demjenigen bei Triconderoga im Staate New-York, vielleicht einige hundert mt gegenüberstanden. Haben sich auch seither die Produktionsverhältnisse sehr zu Ungunsten Ceylons verschoben, wobei der Rückgang der Graphitproduktion auf Ceylon gleichzeitig von einer bedeutenden Steigerung in den übrigen Gebieten gefolgt war, so ist es doch heute noch immer der Ceylongraphit, welcher unter den Blättergraphiten den Weltmarkt beherrscht und die Preise für dieses namentlich in Deutschland in so grossem Maasse verarbeitete Mineral vorschreibt.

Das wissenschaftliche Interesse, welche das Vorkommen von Graphit auf der Insel Ceylon bietet, wird aber nicht nur durch die Grossartigkeit und

den Reichthum dieser Lagerstätte bedingt, sondern in noch viel höherem Maasse durch die ausserordentlich charakteristische Art des Verhältnisses des Graphites zu den Nebengesteinen, eines Verhältnisses, welches zwar auch bei einer genauen Untersuchung der Graphitlagerstätten des bayerisch-böhmischen Grenzgebirges in einer ganz analogen Weise nachgewiesen werden konnte, das aber hier so klar zu Tage liegt, dass selbst bei nur oberflächlicher Betrachtung der dortigen Vorkommnisse ein Zweifel an der Auffassung des Ganzen nicht möglich ist.

Es war mir daher doppelt willkommen, als mir Herr Custos Dr. Grünling, welcher im Jahre 1897 eine grössere Sammlungsreise auf Ceylon ausführte, das von ihm auf dieser Reise gesammelte, ungewöhnlich reichhaltige Material, welches unzweifelhaft die schönste Suite von Graphitstufen umfasst, die jemals von Ceylon nach Europa gelangt ist, freundlichst zur Bearbeitung überliess und gleichzeitig durch zahlreiche, das Vorkommen an Ort und Stelle betreffende Mittheilungen die Möglichkeit bot, nicht nur die mineralogischen, sondern ebenso auch die geologischen Verhältnisse dieser Bildungen eingehend zu beleuchten. Ich fühle mich verpflichtet, für diese ungewöhnlich weit entgegenkommende Unterstützung meiner Studien Herrn Dr. Grünling den herzlichsten Dank auszusprechen.

Die Angaben über die Graphitlagerstätten der Insel Ceylon, welche in der Literatur gegeben wurden, sind ziemlich spärlich, meist handelt es sich um flüchtige Reisebeobachtungen oder um die Beschreibung der in dem Graphit vorkommenden Mineralien, während eine zusammenfassende Untersuchung des ganzen Gebietes noch nicht durchgeführt wurde.

Die wichtigsten Publikationen sind folgende:

E. Tennent, Ceylon, an account of the island, physical, historical, and geographical. London 1860.

F. v. Richthofen, Bemerkungen über Ceylon. Zeitschr. deutsch. geol. Ges. 1860, **12**, 523.

F. Sandberger, Beitrag zur Kenntniss des Graphits von Ceylon und seiner Begleiter. Neues Jahrb. Mineral. 1887, II, 12.

A. Lacroix, Contributions à l'étude des gneiss à pyroxène et des roches à wernerite. Chap. VII. Ceylan et Salem. Bull. soc. franç. minéral. 1889, **12**, 282.

J. Walther, Graphitgänge im zersetzten Gneiss (Laterit) von Ceylon. Zeitschr. deutsch. geol. Ges. 1889, **12**, 359.

F. Zirkel, Ceylon. Vortrag, gehalten im Verein für Erdkunde zu Leipzig am 5. Febr. 1896.

G. Melzi, Sopra alcune rocce dell' isola di Ceylan. Rend. ist. lomb. sc. lett. 1897 (2), **30**.

M. Diersche, Beitrag zur Kenntniss der Gesteine und Graphitvorkommnisse Ceylons. Jahrb. geol. Reichsanst. 1898, **48**, 231.

Orographisch-geologische Uebersicht.

Obwohl die Insel Ceylon namentlich in neuerer Zeit das Ziel zahlreicher Reisender geworden ist, welche die Wunder der Tropen an demjenigen Punkte geniessen wollen, den man wegen der Grossartigkeit seiner Natur als den Rest des verlorenen Paradieses bezeichnet, und obwohl nicht wenige namhafte Forscher sich unter diesem Strom von Reisenden befanden, so ist doch über die geologische Beschaffenheit der Insel ziemlich wenig bekannt geworden.

Mag dies nun daher kommen, dass in Folge des feuchtwarmen Klimas die Verwitterung so ausserordentlich intensiv wirkt, dass nur selten aus der gleichmässigen mächtigen Decke von Laterit oder, wie er auf Ceylon heisst, von Cabook, welche die Insel allenthalben umhüllt, anstehendes Gestein an die Oberfläche tritt, mag die Ursache darin zu suchen sein, dass die überwältigende Erscheinung der organischen Natur in diesem Wunderlande den Blick so sehr in Fesseln schlägt, dass die nüchtern abwägende Beobachtung verloren geht. Jedenfalls kennen wir zahlreiche ausserhalb des Weltverkehrs liegende Theile unserer Erde in geologischer Beziehung um vieles besser als die so viel gepriesene und so viel besuchte Insel Ceylon.

Und wenn man versucht, aus den einzelnen Angaben über das Vorkommen von Gesteinen sich ein Bild von den dortigen Verhältnissen zu machen, so findet man einestheils eine so intensive Verwirrung in Bezug auf Namen und Fundortsangaben,[1]) dass es oft kaum möglich erscheint, die thatsächlichen Verhältnisse auch nur in ihren Umrissen zu skizziren, ganz ab-

[1]) Im Folgenden ist für die verschiedenen Fundorte die Schreibweise des offiziellen „itinarary" durchgeführt. Ausser zahlreichen unrichtig geschriebenen Namen, welche eine Identifizirung oft kaum zulassen, möchte ich auf folgende häufigere und besonders ins Gewicht fallende Irrthümer hinweisen. Für zahlreiche Gesteine gibt Lacroix Colombo und andere Punkte der Westküste an. Es kann sich dabei wohl nur um verschleppte Stücke handeln, welche in kolossalen Massen zur Aufführung der Wellenbrecher aus dem Gebirge herabgeführt wurden, da in der Umgegend von Colombo nur recente Bildungen anstehen. Die Fundorte für Graphit: Travancore ist nicht auf Ceylon, sondern der südlichste Tributärstaat auf dem indischen Festland, Saffragam = Sabaragamuwa, der Namen derjenigen ceylonischen Provinz, in welcher die meisten Graphitgruben vorhanden sind, also ein ziemlich weiter Begriff. Der von Melzi angeführte Fundort Tank ist gleichfalls nicht festzustellen, da jede künstliche Wasseransammlung auf Ceylon als Tank bezeichnet wird.

gesehen davon, dass es bei einer grossen Anzahl von derartigen Angaben schon dem Fernestehenden an der Hand einer einigermaassen guten topographischen Karte leicht ist, zu entscheiden, dass es sich nur um verschleppte Gesteinstrümmer handeln kann, welche aus dem Gebirge in die Ebene herabgeführt worden sind.

Die Insel Ceylon gliedert sich, wie schon v. Richthofen hervorhob, wie in geographischer, so auch in geologischer Beziehung in zwei scharf getrennte Theile, das Gebirge und die Ebene, das erstere ein Massiv älterer Gesteine, die letztere ein recentes Gebilde, vorherrschend Korallenstöcke, welche sich in unsymmetrischer, stark nach Norden vorspringender Lage an das ältere Gebirge angesetzt haben. Und gerade der Unterschied zwischen dem Klima der Ebene mit ihrer märchenhaften Vegetation und demjenigen des Gebirges ist es vor Allem, was der Insel die grosse Anziehungskraft verleiht, welche sie in so hohem Maasse für die Bewohner der gemässigten Zonen besitzt.

Die topographische Beschaffenheit der Insel ist zwar auch nur in den Hauptzügen genauer bekannt; den Kern derselben bildet ein zusammenhängendes Gebirgsmassiv, welches in dem Pidurutalagala (2535 m) kulminirt, das etwa ein Fünftel der ganzen Insel einnimmt, und an welches sich die Ebene allseitig angliedert. Gegen Norden zeigt das Gebirge einen Steilabfall, während in den anderen Richtungen Hügelzüge vorgeschoben sind. Vereinzelte dieser Hügel und gerundeten Kuppen, die namentlich im Osten der Insel hin und wieder die Ebene unterbrechen, erweisen sich nach Melzi durch den Charakter ihrer Gesteine als Klippen, welche geologisch mit dem Gebirge selbst übereinstimmen und Ausläufer desselben darstellen. Der westliche Theil des Gebirges ist durch Eisenbahnen von Colombo aus ziemlich gut aufgeschlossen, und es ist daher auch fast ausschliesslich dieser Theil, welcher von den Reisenden besucht wird, und in welchem die für Ceylon so wichtige Mineralindustrie ihren Sitz hat, während der Ostabfall bis zur Ostküste fast gar nicht bekannt ist, und die sumpfige und fieberreiche Niederung, die sich im Norden an das Gebirge anschliesst, von den Reisenden nur in raschem Fluge durchfahren wird, wobei in dem von der übermächtigen Vegetation bedeckten Gebiete kaum irgendwo die Möglichkeit für geologische Beobachtungen gegeben ist.

Aber auch die Aufschlüsse, welche die verschiedenen Bahnen im Gebirge darbieten mussten, sind für die Wissenschaft nicht oder nur in sehr geringem Maasse verwerthet worden, und heutzutage sind sie, nachdem die tropische Verwitterung schon viele Jahre auf die Oberfläche der Gesteine eingewirkt hat, nur noch in sehr geringem Maasse verwerthbar.

Wenn ich trotzdem den Versuch wage, wenigstens einige Anhaltspunkte über die geologische Beschaffenheit des Gebirges zu geben, so beruhen dieselben hauptsächlich auf einer Kombination von einzelnen Beobachtungen und Bemerkungen, welche in früheren Bearbeitungen ceylonischer Vorkommnisse gegeben wurden, mit den Mittheilungen, die mir von Herrn Dr. Grünling zu Theil geworden sind. Das grosse Interesse, welches die so eigenartige Ausbildung der Gesteine mit sich bringt, würde gewiss eine detaillirte Untersuchung des geologischen Aufbaues in diesem Gebiete in hohem Maasse lohnen, und ganz besonders von petrographischem Standpunkt aus ist es zu bedauern, dass nur so wenige und so unvollkommene Hinweise auf die Art des Auftretens der Gesteine selbst und ihres geologischen Verbandes gegeben werden können.

Die Hauptmasse des Gebirges besteht nach übereinstimmenden Angaben aller Forscher, welche dasselbe besucht haben, und nach allen Beobachtungen an den Gesteinen, welche von diesen Vorkommnissen untersucht wurden, aus Bildungen, welche in mineralischer Hinsicht durchaus mit den typischen Granuliten des sächsischen Granulitgebirges übereinstimmen, von welchen sie aber in ihrem äusseren Habitus mehr oder minder grosse Abweichungen aufweisen. Der weitgehende Wechsel in der Zusammensetzung dieser Gesteine zwischen den beiden Extremen granatführender oder -freier Aplite und olivinführender Plagioklas-Augitgesteine wiederholt sich in den Ceyloner Vorkommnissen genau in derselben Weise, wie dies schon lange aus Sachsen bekannt ist, und hier wie dort sind die Granulite frische, ausserordentlich harte und kompakte Gesteine, nur dass die sächsischen Vorkommnisse meistens völlig dichte Bildungen sind, die nur hin und wieder einzelne accessorische Mineralien in deutlicher Weise schon makroskopisch zu erkennen gestatten, während auf Ceylon die analogen Gesteine um vieles gröberkörnig, ja hin und wieder recht grobkörnig sind, und so den grössten Theil ihrer Gemengtheile schon bei der Betrachtung mit blossem Auge bestimmen lassen.

Anderntheils sind Bänderung und Parallelstruktur in den sächsichen Vorkommnissen meist in ausgezeichneter Weise vorhanden, die zahlreichen Gesteinsproben dagegen, welche mir von Ceylon vorliegen, lassen zumeist eine fast völlig richtungslos körnige Struktur wahrnehmen, neben welcher eine versteckte lagenartige Anordnung nur bei aufmerksamer Beobachtung entdeckt werden kann. Dagegen konnte die von v. Richthofen als besonders charakteristisch bezeichnete „Durchtränkung“ des ganzen Gesteins mit Kalk an den mir vorliegenden Stücken ebenso wenig beobachtet werden, als sie

bei den übrigen eingehenderen Untersuchungen von Ceyloner Vorkommnissen irgendwie hervorgehoben wird.

Die mir vorliegenden Gesteinsproben zeigen durchweg die Zusammensetzung eigentlicher Granulite von ziemlich grobem Korn und hervorragender Frische, da sie aus der Tiefe der Graphitgruben entnommen sind, welche in Form von Tagebauten bis auf 100 m und darüber hinabsteigen. Die hauptsächlichsten darunter vertretenen Vorkommnisse sind:

1. Ragedara, wo die grössten Graphitgruben am Nordwestabhang des Gebirges betrieben werden, unweit von Kurunegala, der Endstation einer Bahn, welche bei Polgahawela von der Hauptlinie Colombo—Kandy nach Norden abzweigt.
2. Ampe, am Westabhang des Gebirges im Distrikt Kegalla, nördlich von Ruwanwella im Thal des Gurugoda Oya.
3. Pushena, unweit davon in einem östlichen Seitenthal.
4. Humbuluwa, am Südwestabhang im Gebiet des Bentota Ganga, ca. 23 km östlich von der Station Alutgama—Bentota der von Colombo nach Süden führenden Küstenbahn.

Die Uebereinstimmung der einzelnen von diesen weit auseinander liegenden Fundorten herstammenden Gesteine ist als fast vollkommen zu bezeichnen, und wenn man damit die Beschreibungen vergleicht, welche Lacroix von den Gesteinen der Linie Colombo—Kandy, Melzi von denjenigen des centralen und östlichen Theiles des Gebirges gibt, so kommt man zu dem Schlusse, dass das ganze Gebirge der Insel Ceylon einem und demselben geologischen Körper angehört, welcher in allen Theilen ausserordentlich gleichmässig ausgebildet ist. Vereinzelte Vorkommnisse grobkörniger weisser Dolomite und Cipoline mit Einsprenglingen von blauem Apatit, mit Contactmineralien, wie Forsterit, Chondrodit, Phlogopit und Spinell werden dazwischen hin und wieder beobachtet, so namentlich zwischen Kandy und Matale. Ausserdem beschreibt Lacroix, leider ohne genauere Fundorte anzugeben, von der Linie Colombo—Kandy eine Reihe etwas abweichender Gesteine, so granat- und sillimanitführende Gneisse, die der Beschreibung nach den „Granatgneissen“ des bayerischen Waldes überaus ähnlich sind, ferner gneissartige Gesteine, welche neben Sillimanit noch Andalusit oder Korund enthalten. All diese Gesteine wiederholen sich nach Lacroix in dem Gebirge der Provinz Madras auf dem indischen Festland, wo zu denselben noch Anorthitgesteine mit Korund, Granat, Amphibol, Skapolith, Pyroxen, Epidot etc. und endlich typische Contactgesteine mit

Grossular, Wollastonit, Diopsid etc. treten. Auch im Staate Travancore, welcher die Südwestspitze von Vorderindien bildet, scheinen ganz ähnliche geologische Verhältnisse vorhanden zu sein, wie es auch schon nach den geographischen Beziehungen an sich durchaus wahrscheinlich ist.

Fassen wir diese Beobachtungen zusammen, so können wir in der Hauptsache im Gebirge von Ceylon zwei Typen von Gesteinen unterscheiden, die eigentlichen Granulite, welche eine ununterbrochene Gesteinsreihe von Apliten (Weisssteinen) bis zu Pyroxen-Plagioklasgesteinen (Trappgranuliten) bilden, die hin und wieder selbst in Pyroxenite übergehen und einer zweiten Gruppe von Gesteinen, die in der Hauptsache aus Mineralien zusammengesetzt sind, welche sonst den typischen Bestand contactmetamorpher Bildungen charakterisiren. Fügen wir noch hinzu, dass auf Ceylon ebenso wie am indischen Festland zahlreiche Vorkommnisse von Pegmatit bekannt sind, deren Häufigkeit auch durch das ungemein massenhafte Vorkommen eigentlicher Pegmatitmineralien in den Edelsteinsanden bewiesen wird, und die z. B. in den Vorkommnissen von Mondstein bei Jatore, zwischen Wattegama und Matale, nördlich von Kandy, auf primärer Lagerstätte zum Theil in prachtvollen Schriftgraniten ausgebeutet werden, so erscheint, trotz unserer so mangelhaften Kenntniss des geologischen Verbandes, in welchem all diese Gesteine auftreten, der Schluss nicht allzu gewagt, dass das Gebirge der Insel Ceylon eine in allen Theilen analoge Bildung darstellt zu dem sächsischen Granulitgebirge, nur dass die ursprüngliche Struktur der Gesteine, welche in Sachsen stark modifizirt erscheint, hier kaum irgend welche Veränderungen erlitten hat, und dass auf Ceylon das gebänderte Aussehen der sächsischen Granulite einem fast durchweg massigen Habitus Platz macht. Hätte man das mir vorliegende Material von Granuliten von Ceylon zuerst der Untersuchung zugänglich machen können, bevor man an die Erforschung des sächsischen Granulitgebirges ging, so bin ich überzeugt, dass zahlreiche Kontroversen, welche so lange Zeit die klare Erkenntniss der Verhältnisse in Sachsen erschwerten, unterblieben wären, und dass man in viel geringerem Maasse, als es in der That der Fall war, geneigt gewesen wäre, sedimentäre Bildungen in den Granulitgesteinen zu sehen. Für die alte Anschauung Naumanns scheinen die Verhältnisse des Gebirges auf Ceylon einen vollwichtigen Beweis darzubieten, dessen Gewicht durch die mikroskopisch-petrographischen Untersuchungen in besonderem Maasse erhöht wird.

Die so bezeichnenden Erscheinungen, welche die Umgebung des sächsischen Granulitgebirges darbietet, und die vor Allem Naumann seinerzeit zu der Anschauung führten, dass es sich hier um eigentliche Intrusivmassen von

eigenartiger Ausbildung handle, haben zwar in der Folgezeit manche davon abweichende Auffassung erfahren. Vor Allem war es die gebänderte Struktur der Granulite selbst mit ihren Verbiegungen und Windungen, die namentlich den älteren Forschern einer eruptiven Entstehung direkt zu widersprechen schien, und welche die mannigfachsten Theorien üben den Ursprung des Granulites hervorrief, von welchen vor Allem die Ansicht Lehmanns[1]) in Folge der grossen Reihe von Einzelbeobachtungen besonderes Interesse erweckte. Die „pseudoeruptive" Entstehung, welche dieser Forscher dem Granulit zuschreibt, und wobei die wohl ursprünglich aus Schmelzfluss in der Tiefe erstarrte Masse des Granulites in festem Zustand aus der Tiefe emporgepresst und in den Schiefer hineingedrückt worden wäre, zwischen welchen sie sich heute befindet, lässt alle Erscheinungen, auf Grund deren Naumann den intrusiven Ursprung des Granulites annehmen zu müssen glaubte, als Ergebniss der Massenbewegung der Gesteine auffassen. Die contactmetamorphische Schieferhülle mit ihren Uebergängen von Cordierit- und Granatgneiss durch Glimmerschiefer und Phyllite zu eigentlichen Thonschiefern wird so durch Dislokationsmetamorphismus erklärt, ebenso wie die Abzweigungen des Granulits in das Nebengestein durch eine mechanische Hineinpressung in festem Zustand gedeutet werden. Endlich ist für Lehmann auch die Bänderstruktur des Granulites selbst ein Ergebniss dynamischer Umbildung.

Noch heutzutage stehen, wenn auch in etwas gemässigter Weise, die Theorien des Dislokationsmetamorphismus im Vordergrund der wissenschaftlichen Forschung, und es erscheint daher von besonderem Interesse, zu beobachten, wie eine grosse Anzahl von Erscheinungen, welche speciell von Lehmann als durch die Dislokation hervorgerufene Bildungen angesehen wurden, sich in den Gesteinen Ceylons auf das Schönste wiederholt, während diese Gesteine, wie die petrographische Beschreibung im Detail nachzuweisen gestattet, ihre Struktur auf das Vollkommenste erhalten haben und häufig nicht einmal Spuren einer dynamischen Einwirkung zu erkennen geben. An vereinzelten Handstücken mit durchaus unveränderter Struktur ist auch hier der Wechsel biotitreicher und -armer Lagen deutlich zu erkennen, die eigenartigen Verwachsungen von Orthoklas und Plagioklas sind hier in besonders charakteristischer Weise in fast allen Proben gleichmässig ausgebildet, und dass die metamorphischen Bildungen, welche den Granulit in Sachsen umgeben, auch auf Ceylon und in Indien nicht fehlen, dafür geben die Unter-

[1]) J. Lehmann, Untersuchungen über die Entstehung der altkrystallinen Schiefergesteine mit besonderer Bezugnahme auf das sächsische Granulitgebirge, Erzgebirge, Fichtelgebirge und bayerisch-böhmische Grenzgebirge. Bonn 1884.

suchungen von Lacroix zahlreiche unwiderlegliche Beweise. Wie diese Gesteine aber auf Ceylon unmöglich durch dynamische Einwirkungen hervorgebracht sein können, welche in sonstigen Strukturverhältnissen der ganzen Gesteinsmasse doch wohl auch zum Ausdruck kommen müsste, so wird man wohl auch für das sächsische Granulitgebirge von der nicht ganz einfachen Theorie Lehmanns zu der einfacheren Naumanns zurückkehren müssen, zumal die ganze Beschaffenheit der den Granulit umgrenzenden Gesteine im Grossen wie im Kleinen, in mineralogischer wie in geologischer Hinsicht eine derartige ist, dass sie von den sonst für typische, dynamometamorphische Bildungen angesehenen Vorkommnissen weit abweicht, und auf das Vollkommenste mit echten, unzweifelhaften Contactgesteinen übereinstimmt.

Dass andererseits in den Granuliten eine Gruppe von Gesteinen vorliegt, welche mit anderen Erstarrungsgesteinen nicht schlechtweg identifizirt werden dürfen, das beweisen aufs Neue die völlig unveränderten Gesteine der Insel Ceylon, in welchen ebenso wie in den typischen Granuliten Sachsens alle Uebergänge zwischen den kieselsäurereichsten Apliten und sehr kieselsäueearmen Pyroxengesteinen bekannt sind, die durch die verschiedenartigsten Zwischenglieder unter einander in Verbindung stehen, und welche, in Sachsen wenigstens, auch geologisch innige Beziehungen zu einander aufweisen. Leider kann ich in letzterer Richtung für die Gesteine von Ceylon keine Beobachtung anführen, welche ein ähnliches inniges Verhältniss mit Sicherheit beweisen würden, indess liegen mir doch aus einem engumgrenzten Gebiete, aus den Graphitgruben von Ragedara, ziemlich verschiedenartige Varietäten vor, deren Zusammenauftreten eine solche Verbindung der einzelnen Abänderungen immerhin wahrscheinlich macht, wie sie für die sächsischen Vorkommnisse nachgewiesen wurde, so dass aus dem mir vorliegenden Material, im Gegensatz zu den Beobachtungen von Diersche, sich ziemlich sicher eine ganz allmähliche Aenderung in der Gesteinsbeschaffenheit folgern lässt, wie sie auch in Sachsen beobachtet wird.

Ob nun aber das ganze Massiv des ceylonischen Gebirges einen einheitlichen Stock darstellt, oder ob mehrere von einander getrennte Eruptivstöcke von unter sich sehr ähnlicher Beschaffenheit vorhanden sind, lässt sich nur bis zu einem gewissen Grade entscheiden. Vor Allem weist das Vorkommen der grobkörnigen contactmetamorphischen Dolomite, welche Herr Dr. Grünling bei Wattegama, nördlich von Kandy inmitten des Granulitgebietes, anstehend beobachtet hat, sowie der offenbar nicht allzuselten vorkommenden Cipoline oder contactmetamorphischen Kalke innerhalb des Gebirges darauf hin, dass verschiedene durch Contactbildungen von einander getrennte Granulit-

stöcke vorhanden sind. Ob die Beobachtung Zirkels, dass der Pidurudalagala aus Quarzit aufgebaut ist, in ähnlicher Weise gedeutet werden kann, lässt sich nicht entscheiden, zumal von Melzi echte Granulite von dieser höchsten Spitze der Insel erwähnt werden, und die Beschreibung des Quarzites durch Diersche viel mehr auf einen Gangquarz schliessen lässt.

Ob in dem Granulitgebirge Ceylons ferner auch eigentliche von den Granuliten scharf getrennte Granite etwa in Form jüngerer Durchbrüche wie im sächsischen Gebiete vorhanden sind, lässt sich bis jetzt nicht übersehen. Denn die als Granite beschriebenen Gesteine, welche durch den Granulit hindurchbrechen, lassen sich leicht als Pegmatite erkennen, deren Zugehörigkeit zu den Granuliten selbst schon durch die eigenartige Beschaffenheit des Feldspaths wahrscheinlich gemacht wird, wie auch die wenig scharfe Abgrenzung der beiden Gesteine, welche man in einzelnen Handstücken an den Salbändern beobachtet, für die genetische Zusammengehörigkeit der beiden Gesteine spricht, während in andern hieher gezählten Bildungen, wie z. B. in den von Diersche beschrieben Graniten von Kurunegala, welche in einer Reihe glatter, eigenartig geformter Kuppen über die Umgebung hervorragen, sicher nur Modifikationen des Granulites vorliegen, worauf wiederum die Uebereinstimmung in der Beschaffenheit des Feldspaths, sowie die echt granulitische Struktur und das Vorhandensein einer braunen Hornblende hinweist, welch' letztere auch sonst in den Uebergängen der eigentlichen Granulite in die Pyroxengranulite auftritt. Man möchte diese Gesteine viel eher als granatfreie Glimmer- resp. Amphibolgranulite bezeichnen, welche ja auch in anderen Granulitgebieten ihre Analogieen haben, und man darf sie jedenfalls nicht als selbstständige Gesteinsformen auffassen.

Wie schon erwähnt wurde, sind ausser dem Granulitmassiv und seiner umgewandelten Umgebung auf Ceylon nur recente Ablagerungen bekannt, so dass irgend ein Anhaltspunkt für das Alter der Intrusion des Granulits nicht gefunden werden kann. Aber nach den Beobachtungen von Tennent reicht die eruptive Thätigkeit auf Ceylon bis in verhältnissmässig neue Zeit, so erwähnt derselbe mehrere über einander geschichtete Lavaströme bei Pedigalla-Kanda am Kalu-Ganga, und auch die heissen Quellen, welche im Gebirge hin und wieder, so bei Badulla, auftreten, machen eine nicht allzuweit zurückliegende vulkanische Thätigkeit durchaus wahrscheinlich.

Auftreten und Beschaffenheit des Graphites.

Schon J. Walther beobachtete bei Nambapana am Kalu-Ganga zwischen Ratnapura und Kaltura unweit des Flusses eine Grube im zersetzten Gestein, in welcher er das für Ceylon typische Auftreten des Graphites in unregelmässigen, mannigfach sich verzweigenden Gängen mit Sicherheit konstatiren konnte. Die Gänge selbst scheinen ausschliesslich innerhalb der Granulite aufzutreten, besitzen im Ganzen ein ziemlich unregelmässiges Streichen, in welchem man nur im Allgemeinen eine gewisse Orientirung gegen das Centrum des Gebirges erkennt, so dass man sie für Ausfüllungen radialer Risse ansehen kann, welche namentlich in den Randzonen des Gebirges zur Ausbildung gekommen sind und so kranzförmig den Centralstock umgeben. Sie sind im Allgemeinen begleitet von mehr oder minder zahlreichen Quarzadern. Ob auch im centralen Theil des Gebirges selbst noch Graphit vorkommt, darüber liegen zuverlässige Angaben nicht vor. Eine Notiz über das Auftreten des Minerals am Pidurutalagala erwies sich als durchaus unkontrollirbar.

Da nur die Westseite des Gebirges für den Verkehr aufgeschlossen ist, befinden sich auch weitaus die meisten und ergiebigsten Gruben auf der Westseite, doch soll auf der Ostseite ebenfalls ziemlich viel Graphit vorkommen, der aber in Folge der Schwierigkeiten des Transportes nicht ausgebeutet wird. Das Bild des Bergbaues, soweit von einem solchen überhaupt gesprochen werden kann, ist ein äusserst ähnliches mit demjenigen der Passauer Gegend, hier wie dort ein intensiver Raubbau, welcher von den Eingeborenen ausgeübt wird, die bald hier bald dort eine Grube öffnen und dieselbe so lange betreiben, als es ihnen nützlich erscheint. Doch geht in Folge des viel höheren Werthes des auf Ceylon gewonnenen Materials die Ausbeutung in bedeutend tiefere Zonen, und die Tagebauten, in welchen hier ausschliesslich gearbeitet wird, gestatten in Folge der Festigkeit des umgebenden Gesteines ein Eindringen bis zu einer Tiefe von 100 m und mehr.

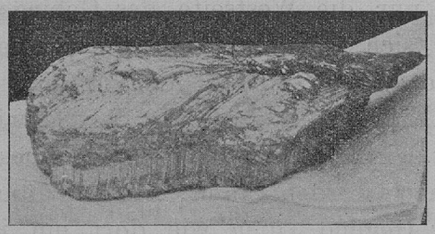
Die Graphitgänge selbst sind äusserst unregelmässig in ihrer Mächtigkeit wie in ihrem Verlauf; mächtige Pockets mit einem Inhalt von vielen Tons des reinsten und sehr grobblättrigen Materiales wechseln mit schmalen Adern, die sich in mannigfaltigster Weise durch die Gesteine verästeln; auch Verschleifungen und völlige Verwerfungen der Gänge scheinen vorzukommen.

Da der Graphit den Einwirkungen der Verwitterung widersteht, so bleiben auch in der Decke von Cabook die Gänge unverändert stehen und weisen so schon auf der Oberfläche auf das Vorhandensein des werthvollen Materials hin; aber der Graphit, welcher im Cabook selbst auftritt, ist meist durch die Zersetzungsprodukte stark verschwemmt und hat seinen Glanz völlig eingebüsst, so dass er sehr gering geschätzt wird, und erst nach dem Durchstossen der oft 5—6 m mächtigen Verwitterungsdecke findet man das frische Gestein und den Graphit in der glänzenden grossblättrigen Ausbildung, welche die Vorkommnisse von Ceylon so sehr werthvoll macht.

Der Graphit der Gänge hat im Allgemeinen eine parallele blättrig-stenglige Beschaffenheit, eigentlich blättrige Vorkommnisse sind ziemlich selten. Durch eine Andeutung von radialstrahliger Struktur entstehen Gebilde, welche besonders leicht in dreikantige, grössere oder kleinere Stücke zerbrechen, und die man als Bucheckerngraphit bezeichnen kann; sie gehören zu den am höchsten geschätzten Abarten, da sie besonders rein sind. Andere Varietäten lassen die blättrige Beschaffenheit mehr und mehr vermissen, sie sind parallel stenglig bis fasrig ausgebildet, oft von fast asbestartiger Beschaffenheit und endlich gehen dieselben über in dichte Aggregate, welche eine richtungslose, feinschuppige Struktur aufweisen.

Fig. 1.

Fig. 2.



Die grösste Ausdehnung eines Graphitindividuums ist im normalen Fall genau senkrecht auf dem Salband des Ganges; von beiden Seiten stehen die bis zu 20 cm langen Stengel gegen die Gangmitte zu einander gegenüber und verwachsen mit den Enden nicht selten mit einander. In häufigeren Fällen aber gelangen dieselben nicht zur völligen Berührung, sondern lassen einen mehr oder minder breiten Raum in der Mitte des Ganges frei, welcher durch eine zweite Graphitgeneration ausgekleidet ist, die von der ersten deutlich absetzt (Fig. 1), meist viel weniger grobstruirt ist und sehr häufig auch eine völlig dichte Platte bildet, welche beim Herausbrechen des Ganges sich mit unregelmässigen und krummen, aber glatt polirten Flächen von dem gröber

blättrigen Graphit ablöst. An zahlreichen Stufen beobachtet man den Uebergang der blättrig-stengligen Partieen eines solchen Ganges in die dichte Ausbildungsform, welche sich als Resultat einer kräftigen dynamischen Einwirkung zu erkennen gibt; die parallelen, ziemlich breiten Stengel, welche senkrecht zum Salband des Ganges stehen, zeigen gegen die Mitte zu eine Umbiegung, mit welcher gleichzeitig eine mehr fasrige Beschaffenheit des Graphites einsetzt und nun erfolgt eine förmliche Schleifung der Fasern in der Richtung des Ganges selbst (vergl. Fig. 2), in deren Anfangsstadien die Fasern noch deutlich sind und die Richtung der Schleifung an der Richtung der parallel zu den Wandungen des Ganges stehenden Züge, die mit glänzenden Harnischen hervortreten, deutlich erkennbar ist, bis gegen die Mitte des Ganges zu eine fast dichte Masse an Stelle der grobstengligen Bildung getreten ist. Oefters sieht man quer zur Schleifung des Ganges die Erscheinungen der Stauchung, welche eine Querfältelung hervorbringt, und solche Stücke vor Allem sind es, welche die eigenthümliche holzähnliche Beschaffenheit aufweisen, die so lange zur irrthümlichen Auffassung der Entstehung des Ceylongraphites — und in noch höherem Maasse des sibirischen Graphites — Anlass gab, welch' letzterer diese eigenartige Struktur fast in allen Stufen auf das Deutlichste erkennen lässt. Wenn schon die Lagerungsverhältnisse des Ceylongraphites nicht gerade für eine Entstehung desselben aus organischen Resten sprechen, so liefern die zahlreichen Uebergänge solcher Varietäten in die normale blättrig-stenglige Beschaffenheit des Graphites, welche die Gangnatur des Minerals in so vorzüglichem Maasse erkennen lassen, den unwiderleglichen Beweis dafür, dass es sich hier keinesfalls um Reste einer organischen Struktur handeln kann.

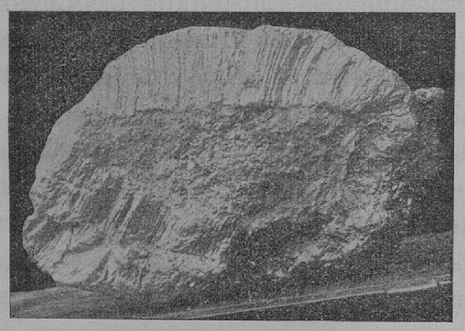
Während in weitaus den meisten der Gänge die Massenbewegungen, welche die umgebenden Gesteine nach Absatz des Graphites durchgemacht haben, und die sich in einer Verschiebung der Kluftflächen äussern, eine Zerreissung in der Mitte des Ganges hervorbrachten, sieht man hin und wieder auch Bildungen, bei welchen die Biegung und Verschleifung der Fasern an den beiden Salbändern stattgefunden haben. Solche Stücke sind besonders beweiskräftig, indem die Biegungen, welche die in der Mitte noch blättrigen Graphitaggregate erlitten haben, nach beiden Seiten in entgegengesetzter Richtung einsetzen, und die Schleifung schliesslich auf beiden Seiten genau parallel, jedoch in entgegengesetzter Richtung erfolgt.

Die geologischen Dislokationen, welche sich in diesen Verrutschungen der Graphitgänge dokumentiren, haben eine auch für die Praxis in hohem Maasse wichtige Erscheinung im Gefolge, indem durch dieselbe der Graphit mehr und

mehr seine grobblättrig-stenglige Beschaffenheit verliert und in Aggregate von fast dichter Struktur übergeht, welche, was Reinheit des Graphites und gleichmässig feine Beschaffenheit des Materiales anbelangt, den vielberühmten Vorkommnissen aus den Batugolbergen bei Irkutsk in keiner Weise nachstehen oder kurz gesagt: die langsam, aber äusserst intensiv wirkenden, natürlichen Gesteinsverschiebungen haben eine gleichmässige Zerkleinerung des Graphites hervorgebracht, welche mit mechanischen Hilfsmitteln künstlich nicht erreicht werden kann, und die den grobblättrigen Tiegelgraphit zu einem hochwerthigen Bleistiftgraphit umformten. Von der Technik wird diese charakteristische Umbildung bis heute indess nur in geringfügigem Maasse nutzbringend ausgebeutet.

Wie schon oben bemerkt, verästeln sich die Graphitgänge nicht selten und bilden dann in den Gesteinen ein Netzwerk von Adern von der Breite eines Centimeters und darunter, häufig genug auch umschliessen sie Bruchstücke des Granulites, auf welchen dann die Fasern des Graphites in radialer Richtung angeschossen sind, und welche so vollkommen den Eindruck von Cocardenerzen hervorbringen (vergl. Fig. 3). Während nun im Allgemeinen das feste, nicht zertrümmerte Nebengestein der Graphitgänge irgend welche Veränderungen mikroskopisch nicht erkennen lässt und sich auch im Allgemeinen als völlig graphitfrei erweist, pflegen solche Stellen der Gesteine und vor Allem die Gesteinseinschlüsse selbst ziemlich bruchig und auch stark chemisch verändert zu sein, so dass sie oft eine ganz lockere Beschaffenheit haben, bei welcher man schon äusserlich die Anzeichen intensivster Zersetzung beobachten kann, und dann dringt, wie das auch in der Mitte des Einschlusses in Fig. 3 deutlich zu sehen ist, Graphit in grösserer Menge in das Nebengestein hinüber. Neben kaolinartigen, weissen, erdigen Zersetzungsprodukten der Feldspathe beobachtet man in solchen stark veränderten Proben besonders gerne Bildungen von Nontronit auf, die mit den Aggregaten dieses Minerals aus dem Passauer Graphitgebiet alle Eigenschaften gemeinsam haben und von diesen nicht unterschieden werden können.

Fig. 3.



Ausser den Bruchstücken des Nebengesteins trifft man innerhalb des Graphites noch eine Reihe von meist in grossen und zum Theil wohlausgebildeten Individuen auftretenden Mineralien, von welchen die wichtigsten schon früher

ausführlicher von Sandberger und neuerdings von Diersche beschrieben worden sind, deren Schilderungen hier kaum Neues hinzuzufügen ist. Das Häufigste unter diesen scheint der Quarz zu sein, bald in grossen, rauchgrauen Knauern, die von radialstrahligem Graphit umwachsen sind, bald in mehr oder minder wohlausgebildeten grossen Krystallen der einfachsten Kombination, bald endlich in Form der Schnüre und Adern, welche den Granulit in allen Richtungen durchsetzen, und die von den Graphitadern durchbrochen werden. Gleichfalls sehr zahlreich sind Krystalle und mehr derbe Partieen von Schwefelkies, erstere in der Kombination des Oktaëders mit dem gewöhnlichen Pyramidenwürfel, letztere öfters in blättrigen Lagen ausgebildet. Es scheint, dass das Mineral nur in grösseren Concretionen im Ceylongraphit vorkommt, und in feinerer Vertheilung nicht vorhanden ist. Für die Verwendung des Graphites zur Anfertigung von Schmelztiegeln ist dies natürlich in erster Linie von Wichtigkeit, da ein gleichmässig vertheilter Gehalt an Schwefelkies ziemlich umfangreiche Reinigungsprozesse nothwendig machen würde.

Ein weiteres bezeichnendes Mineral der Graphitgänge ist der Rutil, welcher in mikroskopischen Krystallen allenthalben in den Gängen verbreitet den konstantesten Gemengtheil des unverbrennbaren Rückstandes ausmacht, und der von Sandberger auch in grösseren Individuen beobachtet wurde. Sodann sind nicht selten gerundete Feldspathkrystalle, welche öfters ziemlich bedeutende Dimensionen erreichen, bald von dunkelgrüner Farbe, bald fast farblos und äusserlich stets von adularähnlicher Frische. Auch auf diesen ist der Graphit in radialen Aggregaten angeschossen und nicht selten sind sie zertrümmert und von Rissen durchzogen, welche durch Graphit wieder verkittet sind. Die mikroskopische Untersuchung der Feldspathkrystalle zeigt, dass es sich um Orthoklas handelt, welcher, wie der Orthoklas des Granulites selbst, von zahlreichen Spindeln von Plagioklas durchwachsen ist, ausserdem sieht man in den grünen Abänderungen schmutzig gelbgrüne Aggregate von schuppiger Beschaffenheit, welche Diersche mit Chlorit identifizirte, welche aber eher zum Nontronit gehören dürften.

Besonders bezeichnend sind ferner grosse Krystalle und derbe Partieen von Apatit, im Bruch dunkelgrün bis mehr spargelsteinähnlich gefärbt, von prismatischem Habitus mit ziemlich glatten Flächen, welche nach den verschiedenen Analysen [1]) eine recht verschiedene Zusammensetzung zu haben scheinen. Des Weiteren sind bis 25 cm im Durchmesser aufweisende Platten

[1]) Vergl. bei Sandberger l. c.; ferner P. Jannasch und J. Locke, Zeitschr. anorg. Chem. 1894, **6**, 154.

von Biotit zu erwähnen, welche aber in den mir vorliegenden Exemplaren ziemlich stark zersetzt sind und eine metallisirende Oberfläche haben.

Endlich müssen ungewöhnlich grosse — 15 cm lang bei 10 cm Dicke — ringsum ausgebildete und meist in derben Quarz eingewachsene, kurz prismatische Krystalle eines schwarzgrünen, sehr vollkommen spaltbaren Pyroxens erwähnt werden, welcher in dünnen Plättchen graugrün durchsichtig wird und nur schwach pleochroïtisch ist. Neben der gut ausgebildeten prismatischen Spaltbarkeit ist eine ebenso deutliche nach der Längsfläche vorhanden. Spaltblättchen nach dieser, welche im convergenten Licht als parallel zur Axenebene erkannt werden, weisen eine Auslöschungsschiefe von ca. 50^0 auf und sehr nahe zu diesem Werth ist auch die Schiefe auf prismatischen Spaltblättchen. Es liegt also ein gemeiner Augit vor.

Während sich die meisten der erwähnten Mineralien durch die Art der Gruppirung des Graphites als ältere Bildungen zu erkennen geben, spielt der Kalkspath in röthlich-gelben bis weissen, sehr grosskörnigen Partieen, die äusserlich hin und wieder Krystallform zeigen, eine etwas andere Rolle. Zahlreiche rundliche, ausgezeichnet rosettenähnlich struirte Partieen von Graphit von durchschnittlich $1^1/_2$—2 cm Durchmesser sind nesterartig in diesem Mineral eingewachsen und werden ringsum von demselben umschlossen, so dass man mit Sicherheit von diesem Mineral behaupten kann, dass es jedenfalls nicht älter ist, als die Bildung des Graphites. Die ausgezeichnete Struktur aber, welche das letztere Mineral innerhalb des Kalkspathes zeigt, und die man sonst niemals in solcher Schönheit beobachtet, lässt darauf schliessen, dass der Kalkspath eine Bildung ist, welche zugleich mit dem Graphit zum Absatz kam. Dass indess auch die übrigen in den Graphitgängen eingewachsenen Mineralien der Epoche der Bildung des Graphites selbst nicht allzufern liegen, beweisen einige Stufen von Ampe, wo sehr grobkörnige, pegmatitähnliche Gesteine vorkommen, die namentlich durch frische, scharf sechsseitig begrenzte Biotite von dunkelbrauner Farbe auffallen, während in anderen Vorkommnissen desselben Fundortes, welche, abgesehen von ihrer geringeren Frische, ganz ebenso beschaffen sind, an Stelle des Glimmers einheitliche Krystalle von Graphit getreten sind, welche das Gestein in allen Richtungen durchsetzen.

Erwähnt mag hier werden, dass mir durch die freundliche Vermittlung von A. J. Moses in New-York eine Anzahl von Stücken von den Graphitlagerstätten von Triconderoga zugekommen sind, unter welchen namentlich Drusen von Pegmatit auffallen, in welchen auf wohlausgebildeten Orthoklaskrystallen einzelne Krystalle von Graphit frei aufsitzen, wie sich auch unter diesem Material grobspäthige Stücke von Kalkspath mit den rosettenförmig

ausgebildeten Graphitaggregaten finden, während endlich andere Graphitgneisse darstellen, welche von denjenigen des Passauer Gebietes nicht zu unterscheiden sind.

Erwähnenswerth ist schliesslich noch eine eigenthümliche Erscheinung am Graphit selbst. Während die gewöhnlichen, stengligen Aggregate die gewohnte schwärzlichbleigraue Farbe des Minerales haben, trifft man namentlich in den Pockets hin und wieder grosse, einheitlich spaltbare, taflige Individuen von einem Durchmesser bis zu 20 cm, welche das lichte, ins bläuliche spielende Bleigrau des Molybdänglanzes aufweisen, während andere, ebenso vorkommende und gleichfalls sehr grossblättrige Partieen ungewöhnlich dunkel, fast eisenschwarz erscheinen. Eine Ursache dieser wechselnden Färbung des Graphites, welche übrigens durchaus nicht auf die Vorkommnisse von Ceylon beschränkt ist, konnte nicht festgestellt werden.

Petrographische Beschreibung.

Wie schon oben erwähnt wurde, zeichnen sich die Gesteine, welche auf Ceylon den Graphit umschliessen, unterhalb der Verwitterungszone durch grosse Härte und Festigkeit aus. Diese beiden Eigenschaften sind bedingt durch die ganz ungewöhnliche Frische der einzelnen Gemengtheile, sowie durch den vollständigen Mangel einer inneren Zertrümmerung, zwei Erscheinungen, auf welche als besonders charakteristisch wiederholt hingewiesen werden muss. Die meisten der mir vorliegenden Gesteine zeigen keine irgendwie deutliche Parallelstruktur, klar hervortretende Schichtung wurde nur in einem einzigen Gestein beobachtet, Schieferung ist überhaupt nicht vorhanden und die Gesteine brechen stets durchaus massig. Bei genauer Beobachtung glaubt man wohl hin und wieder eine lagenweise Abtrennung einzelner Mineralien, namentlich des Quarzes, zu beobachten, doch nicht in besser hervortretender Weise, als dies bei den normalsten Graniten oft genug der Fall ist. Der Habitus der Gesteine muss als durchaus massig bezeichnet werden.

Von den Gemengtheilen fällt vor Allem in den meisten Vorkommnissen in gleichmässiger Vertheilung der Granat ins Auge in rothen, hirse- bis erbsengrossen Körnern, von welchen namentlich die letzteren von weissen Einschlüssen erfüllt sind. Die Granaten liegen entweder in einer rein weissen bis röthlichweissen Grundmasse, in der man bei genauerer Betrachtung den eigenartig schimmernden, vollkommen spaltbaren Feldspath von dem fettglänzenden

Quarz leicht unterscheiden kann. Neben diesen Mineralien sieht man vereinzelte Flecken und Schnüre von dunkelgrüner Farbe, welche Aggregate von Spinell, meist mit eingewachsenen Granatkörnern darstellen. Hin und wieder fehlen auch Granat und Spinell, und die Gesteine sind dann etwas grobkörniger und von weisser Farbe.

Andere Varietäten sind etwas dunkler bräunlichgrau mit einem Stich ins Grüne, der Glanz des Gesteins wird mehr ölartig, die Granatkrystalle mehr vereinzelt, aber ziemlich gross. Endlich gehen rein ölglänzende, dunkeloliv gefärbte Bildungen von der gleichen mittelkörnig krystallinischen Struktur hervor, in welchen man besonders massenhaft die Spaltflächen der Feldspathe, oft mit deutlicher Zwillingslamellirung erkennt, während sich die Ursache der Dunkelfärbung des Gesteins der makroskopischen Betrachtung so gut wie ganz entzieht.

In anderen Vorkommnissen treten einzelne Blättchen von Biotit in richtungsloser Anordnung und unregelmässiger Vertheilung hervor, mit deren Eintritt ebenso wie in den sächsischen Granuliten der Gehalt an Granat rasch verschwindet, ohne dass sich sonst der Habitus des Gesteins ändert. Erst mit dem Ueberhandnehmen des Biotits, der dann gerne von brauner Hornblende begleitet wird, tritt eine lagenartige Sonderung in dem Gestein auf, wie es namentlich ein Stück von Ampe deutlich zeigt, das eine vollständige Bänderstruktur besitzt, gleichzeitig aber keine Spur von Schieferung aufweist.

Auch bei mikroskopischer Betrachtung kann man in den normal ausgebildeten Gesteinen kein Anzeichen einer Verwitterung oder einer Zertrümmerung der Gemengtheile erkennen; beide Erscheinungen treten nur in der nächsten Nähe der Graphitgänge, dann aber konstant auf und sind besonders gut ausgebildet in solchen Stufen, welche eine mannigfaltige Durchaderung von Graphitgängen aufweisen oder als Bruchstücke rings von Graphit umschlossen werden.

Die Struktur der eigentlichen Weisssteine ist die typische structure granulitique der Franzosen; der Quarz ist nicht als letzte Ausfüllungsmasse zu bezeichnen, er findet sich vor Allem in zahlreichen, oft recht deutlich pyramidal begrenzten Krystallen eingeschlossen in den übrigen Gemengtheilen, namentlich im Feldspath (vergl. Fig. 1 auf Taf. VI), bildet mit letzterem gerne Verwachsung analog zu dem quartz vermiculé oder der myrmekitischen Struktur (Sederholm) und zeigt auch, wo er durchaus selbstständig auftritt, eine zwar häufig stark längsgestreckte Form, aber nur ganz selten den Charakter einer Zwischenklemmungsmasse.

Auch der Feldspath — in den eigentlichen Weisssteinen vorherrschend Orthoklas in der eigenartigen Verwachsung mit Plagioklas, wie sie auch in den sächsischen Granuliten auftritt — in den pyroxenreicheren mehr Plagioklas — zeigt gegen den Quarz nur selten eigentlich idiomorphe Begrenzung. Der Granat bildet in den mir vorliegenden Gesteinen stets einschlussreiche, unregelmässig begrenzte Körner, während Glimmer und Hornblende, gleichfalls ohne deutliche Krystallform entwickelt, oft von massenhaften rundlichen bis regelmässig begrenzten Quarzindividuen geradezu durchlöchert sind. Auch die verschiedenen Pyroxene haben im Gestein selbst nirgends deutliche Krystallform.

Besonderes Interesse erweckt zunächst die Beschaffenheit der Feldspathe. Neben normalem, aber stets adularähnlich frischem Orthoklas fallen in den gewöhnlichen Granuliten eigenthümliche Verwachsungen auf, welche Lacroix überhaupt nicht erwähnt, die übrigen Forscher, welche sich mit Ceylongesteinen beschäftigt haben, schlechtweg als Kryptoperthit bezeichnen. Wie die Abbildungen auf Taf. VI zeigen, haben diese Verwachsungen in einzelnen Fällen manche Aehnlichkeit mit Kryptoperthit, ohne indess vollkommene Uebereinstimmung mit diesem zu erreichen, weitaus in den meisten Fällen aber beobachtet man die eigenartig fasrige Beschaffenheit, welche auch in den sächsischen Granuliten so häufig ist und endlich eine geradezu gitter- oder netzartige Durchdringung zweier Feldspathe, von welchen sowohl das Netzwerk als auch die Ausfüllung der Maschen je einem einheitlichen Individuum angehören, eine Erscheinung, welche als ganz besonders charakteristisch für die Granulite von Ceylon angesehen werden muss. Bald ist fast der gesammte Feldspath eines Gesteins in dieser Weise ausgebildet, bald beobachtet man nur innerhalb einzelner Körner kleine Flecken, welche die Gitterstruktur zeigen. Die Verwachsung tritt schon im gewöhnlichen Licht recht klar und deutlich hervor, da die Unterschiede der Lichtbrechung der beiden Feldspathe ziemlich bedeutend sind. Eine Vergleichung der Lichtbrechung des stärker brechenden Feldspathes mit derjenigen von eingeschlossenen Quarzkörnern ergibt, dass die des ersteren in jeder Richtung die höhere ist, und dass es sich somit weder um Albit noch um ein zwischen Albit und Oligoklas liegendes Glied der Feldspathgruppe handeln kann. Vermuthlich liegt ein Oligoklas-Andesin oder Andesin vor, die auch für sich in den Gesteinen die häufigsten Vertreter der Plagioklase sind. Was aber das Verhältniss noch mehr kompliziert, ist die Erscheinung, dass bald die Ausfüllung der Maschen, bald das Netzwerk dem stärker lichtbrechenden Feldspath angehört, dass es sich also bald um eine Einwachsung von Orthoklas in Plagioklas, bald um das

Gegentheil handelt. Im ersteren Falle, welcher etwas seltener zu sein scheint, findet man hin und wieder eine wenig ausgeprägte Zwillingslamellirung im Hauptindividuum, welche die Zugehörigkeit zum Plagioklas deutlich macht, im letzteren konnte Zwillingslamellirung nicht konstatirt werden, und die Bestimmung, dass das Gitterwerk thatsächlich einem Plagioklas angehört, beruht daher nur auf der Analogie im Verhältniss der sonstigen optischen Beschaffenheit.

In einzelnen Fällen, in welchen das eingewachsene Mineral verhältnissmässig untergeordnet ist, beobachtet man noch die spindelartige Form der vereinzelten Einschlüsse; öfters aber ist die Durchdringung und Durchwachsung eine so innige und die beiden Componenten sind in fast gleicher Menge vorhanden, so dass man nur noch ein feinfasriges Gebilde vor sich hat. Manchmal sind einzelne Spindeln durch die grösseren Feldspathkörner gleichmässig vertheilt, dann trifft man wieder Feldspathe, welche fleckenweise eine Gitterstruktur zeigen, sonst aber einschlussfrei sind, und die einschlussfreien Partieen bilden bald das Centrum eines solchen Korns, bald aber, und dies ist die häufigere Erscheinung, den Rand, oft in durchaus regelmässiger Zone, welche nicht nur die äussere Umgrenzung des Feldspathes begleitet, sondern auch alle Quarzkörner etc. als Hof umgibt, welche in so grosser Zahl in Feldspath eingewachsen zu sein pflegen. Und zwar ist die Erscheinung gleichmässig an Orthoklas wie an Plagioklas zu beobachten.

Nach den Beobachtungen von Lehmann scheinen ähnliche Erscheinungen auch im sächsischen Granulit nicht nur am Orthoklas, sondern auch am Plagioklas aufzutreten und zwar ebenfalls öfters in zwei sich durchkreuzenden Richtungen. Wenn aber Lehmann gerade diese Erscheinung für einen hauptsächlichen Beweis der Möglichkeit molekularer Umwandlung durch den einfachen Druck hält und in ihnen besonders charakteristische Erscheinungen dynamischer Beeinflussung ursprünglich einheitlicher Feldspathe sieht, so dürfte doch wohl das allgemein verbreitete Auftreten der Erscheinung in den dynamisch gar nicht beeinflussten Granuliten Ceylons einen absolut einwandfreien Gegenbeweis liefern. Diese eigenthümlichen Durchwachsungen zweier Feldspathe können nur als das Resultat der Gesteinsverfestigung selbst angesehen werden und bezeichnen eine hervorragende petrographische Eigenthümlichkeit der Familie der Granulite, welche sich auch in zahlreichen anderen mineralogischen und strukturellen Erscheinungen von den übrigen Erstarrungsgesteinen entfernen. Unter diesen Eigenthümlichkeiten möge hier noch erwähnt werden, dass in den Gesteinen Ceylons, soweit sie mir vorliegen, der Mikroklin stets vollständig fehlt, dass der Orthoklas fast nie Karlsbader

Zwillinge bildet, und dass endlich der Quarz so häufig in gerundeten Körnern und deutlichen pyramidalen Krystallen in den Feldspathen eingewachsen erscheint. Auch diese Verhältnisse wiederholen sich nach Lehmann im sächsischen Granulit und ihr Auftreten in den Ceyloner Gesteinen beweist, dass es sich um ursprüngliche und für den Granulit als solchen charakteristische Erscheinungen handelt und nicht um ein Ergebniss der Gesteinszertrümmerung.

Eigentliche Mikropegmatitbildung fehlt den Gesteinen vollständig ebenso wie die Ausbildung wohlcharakterisirter, porphyrartiger Strukturen. Dagegen beobachtet man häufig die eigenartig wurmförmigen Einwachsungen von Quarz in Feldspath, welche die Franzosen als quartz vermiculé bezeichnen. (Fig. 5 u. 6 auf Taf. V.) Eine genauere Durchmusterung der Schliffe zeigte, dass der Feldspath dann öfters deutliche Zwillingslamellirung erkennen lässt, und dass er stärkere Lichtbrechung besitzt als der Quarz, kurzum, dass es wohl stets ein Plagioklas ist, der in solcher Form auftritt. Dies wird auch durch das Verhalten solcher Verwachsungen in der Nähe der Graphitgänge bestätigt, wie weiter unten eingehender ausgeführt werden soll.

Was den Plagioklas als selbstständigen Gesteinsgemengtheil betrifft, so ist er in sehr wechselnder Menge vorhanden, in den eigentlichen Granatgranuliten ist er meist sehr untergeordnet, oft mit sehr schmalen Zwillingslamellen nach dem Albitgesetz, zu welchen öfters solche nach dem Periklingesetz kommen; beide keilen sich häufig aus. Die optische Bestimmung nach der Methode von Fouqué ergab, dass Oligoklas-Andesin und häufiger noch normaler Andesin vorliegt (Winkel zwischen Axenebene und Zwillingslamellen im Schnitt $\perp$ a 65^0, $\perp$ c 10^0). Mit dem Eintritt von Hornblende und Pyroxen nimmt der Plagioklas an Menge zu und scheint gleichzeitig basischer zu werden, und wenn die beiden basischen Mineralien in grösserer Menge vorhanden sind, herrscht er bedeutend über den Orthoklas vor. Die Zwillingslamellen sind dann weniger gut ausgebildet und zahlreiche, nicht lamellirte Durchschnitte müssen auf Grund ihres Lichtbrechungsverhältnisses mit dem Plagioklas identificirt werden. Die optische Bestimmung ergibt, dass ein optisch positives Glied der Gruppe mit nicht allzu grossem Axenwinkel vorliegt, dessen erste Bisektrix in nicht lamellirten Durchschnitten austritt ($\perp$ a 60^0, $\perp$ c ca. 20^0). Das Mineral ist unzweifelhaft ein Labrador. Zu diesen wohlbestimmbaren Plagioklasdurchschnitten kommen dann oft noch solche, welche die erwähnte Verwachsung mit Orthoklas aufweisen und welche nicht bestimmt werden konnten. Das Vorhandensein von Biotit scheint nicht in ebensolchem Maasse auf die Mengenverhältnisse des Plagioklases einzuwirken

wie dasjenige der beiden anderen Gruppen basischer Mineralien, doch ist das Ueberhandnehmen des Plagioklases auch an letztere nicht ausschliesslich gebunden, und man trifft manchmal den Plagioklas als den vorherrschenden Feldspath in rein aplitartigen Gesteinen.

Ueber den Quarz, dessen Menge mit dem Eintritt von Hornblende und Pyroxen deutlich abnimmt, ist nicht viel zu bemerken. Auf seine Tendenz zu selbstständiger Entwicklung wurde schon öfters hingewiesen, ebenso auf die zahlreichen Einschlüsse von Quarz in den übrigen Mineralien. Hin und wieder beobachtet man im Dünnschliff, dass die Durchschnitte stark nach einer Richtung verlängert sind. Das vollkommen einheitliche Verhalten solcher Körner in polarisirtem Licht und die stellenweise deutliche krystallographische Umgrenzung beweist, dass diese Form primär ist. In weitaus den meisten Fällen ist das Mineral durchaus ungestört und beweist dadurch die völlige Unberührtheit der Gesteine von mechanischen Phänomenen, für welche der spröde Quarz den besten Gradmesser darstellt. In anderen Fällen, namentlich mit der Annäherung an die Graphitgänge, tritt eine leichte Lockerung ein, er nimmt dann eine wenig ausgesprochen stenglige Beschaffenheit an und schliesslich in den stark von Graphitadern durchzogenen Gesteinen hat er eine durchaus kataklastische Beschaffenheit.

Von den sonstigen Gemengtheilen das bezeichnendste ist der Almandin, welcher ebenso wie in den sächsischen Granuliten in unregelmässig begrenzten Individuen auftritt; diese Form ist also auch nicht als Ergebniss dynamischer Einwirkung anzusehen. Je grösser die Individuen dieses Minerals werden, um so reicher pflegen sie an Einschlüssen zu sein, sie nehmen dabei aber nicht die Form der sogenannten Perimorphosen an, sondern einzelne gerundete oder mehr regelmässig umgrenzte Individuen von Quarz sind gleichmässig durch die Granatsubstanz vertheilt. Hin und wieder sind seine Krystalle ganz von Eisenspinell durchadert und namentlich in einzelnen spinellreichen Schmitzen ist der Uebergang in Spinell deutlich ausgeprägt. Der Granat, welcher auch sonst häufig zu centrischen Strukturen Anlass gibt, lässt auch hier solche öfters erkennen; die pegmatitartigen Umrandungen zwar, welche Lacroix abbildet, kommen in meinen Gesteinsproben nicht vor, dagegen eine Abtrennung der einzelnen Gesteinscomponenten in Zonen, welche die Umrisse des Granates umziehen. Zunächst folgt öfters ein Rand von Plagioklas, diesem ein Band von radialgestellten Pyroxen und endlich eine einheitlich auslöschende Zone von Quarz.

Nester von vorherrschendem Spinell in eigenthümlich wurmartiger Verwachsung mit Feldspath sind dann durch eine schmale Zone vom Granat

getrennt, in welcher der Feldspath vorwiegt (Taf. V Fig. 2). Eine bemerkenswerthe Erscheinung ist das Verhältniss des Granates zum Biotit; mit dem Eintreten des letzteren Minerales verschwindet der Granat rasch, ganz in Uebereinstimmung mit den Beobachtungen Lehmanns im sächsischen Granulitgebirge. Dass man aber dabei nicht an eine secundäre Entstehung des Biotits denken darf, beweist schon die durchaus unregelmässige Vertheilung dieses Minerales in granatfreien Gesteinen, wo es sich meist in vereinzelten Blättchen findet. Die Ansicht Lehmanns, dass der Biotit aus dem Granat durch dynamische Einwirkung entsteht, und dass überhaupt der ganze Gehalt der sächsischen Granulite an Biotit auf dynamische Einwirkungen zurückgeführt werden müsse, lässt sich nach den Beobachtungen an den Gesteinen Ceylons nicht aufrecht erhalten; hier ist Biotit nicht selten in dem völlig ungestörten Gestein vorhanden. Dass dieses Mineral eine Neigung hat, sich in parallelen Lagen zusammenzufinden, ist in so zahlreichen Erstarrungsgesteinen als primäre Erscheinung bekannt, dass man daraus allein die dynamometamorphen Prozesse nicht ableiten darf. Der Biotit tritt in ziemlich grossen Individuen auf, welche oft von massenhaften Quarzeinschlüssen wie durchlöchert erscheinen und um Zirkon und Rutil pleochroïtische Höfe aufweisen.

Bezeichnend ist für die ceyloner Granulite ebenso wie für die sächsischen das Fehlen des lichten Glimmers als primären Gesteinsgemengtheils. Sekundär entstehen Aggregate von muscovitähnlichen Eigenschaften aus dem Feldspath in der Nachbarschaft der Graphitgänge, wo sie von andern Zersetzungsprodukten begleitet werden. Hin und wieder beobachtet man auch auf Sprüngen in sonst nicht gestörtem Quarz dünne Häutchen eines farblosen, schwach lichtbrechenden, aber stark doppelbrechenden Minerals, welches man vielleicht für Muscovit ansehen darf.

Häufig ist Pyroxen und zwar ebenso wie in Sachsen, sowohl rhombischer als monokliner, ersterer meist deutlich pleochroïtisch, letzterer im Dünnschliff ohne Pleochroïsmus und sehr lichtgrün bis farblos. Krystallform zeigen diese Mineralien in den Granuliten selbst nicht, sondern nur unregelmässige, oft etwas prismatisch verlängerte Körner, welche im Gegensatz zu den übrigen Gesteinsbestandtheilen seltener Einschlüsse aufweisen. Der rhombische Pyroxen ist von allen Gesteinskomponenten die am leichtesten angreifbare, und Umwandlungen desselben in serpentinartige Aggregate trifft man auch in Gesteinen, in welchen alle sonstigen Spuren einer Veränderung fehlen. Ein randliches Eindringen von Spinell in einen Pyroxen, wie es auch aus andern Granuliten bekannt ist, wurde in Fig. 1 auf Taf. V abgebildet; die Erscheinung gleicht entschieden einer magmatischen Corrosion.

Hornblende in der braungrünen Varietät der gemeinen Hornblende wurde namentlich in einem plagioklasreichen Gestein von Ampe als wichtiger Gesteinsgemengtheil beobachtet; ihre schlecht begrenzten Körner sind ganz von Quarz durchlöchert, ebenso wie die Blättchen des sie begleitenden Biotits, wie dies Fig. 4 auf Taf. V zeigt.

Ausser diesen hauptsächlichen Gesteinsgemengtheilen sind zu erwähnen: der Zirkon, meist in gerundeten Körnern in ungewöhnlicher Menge, Apatit in zahlreichen Prismen, Eisenspinell in Körnern und ziemlich grossen Haufwerken von schwarzgrüner Farbe, Titanit stark pleochroïtisch in dem hornblendereichen Gestein und auch sonst ziemlich massenhaft in der Nähe der Graphitadern. In letzterem Verbande trifft man auch reichlich Rutil, zum Theil in dunkeln, braungrünen, lebhaft parallel zur Längsrichtung absorbirenden Nadeln und in grösseren Krystallen, welche aus grauvioletten, gelblichen und farblosen Zonen bestehen. Endlich ein allenthalben, zum Theil in ziemlicher Menge, auftretendes schwarzes Erz, welches titanhaltig ist und durch die hin und wieder zu beobachtende Umbildung in Leukoxen als Titaneisen sich charakterisirt. Nicht identifizirt konnte endlich ein dunkelrothbrauner ziemlich grosser Durchschnitt in dem hornblendereichen Gestein von Ampe werden, welcher in Form, Spaltbarkeit und Lichtbrechung, sowie in der Erscheinung pleochroïtischer Höfe, welche die denselben umgebenden Individuen von Hornblende und Glimmer zeigen, an Titanit erinnert, von diesem in grosser Menge in demselben Gestein auftretenden Mineral aber durch tiefe Färbung, schwachen Pleochroïsmus und schwache Doppelbrechung sich unterscheidet.

Die mannichfaltigsten Gesteine, welche unter dem mir vorliegenden Material vorhanden sind, sind diejenigen aus den ausgedehntesten und tiefsten Graphitgruben der Insel, bei Ragedara, welche über 100 m Tiefe erreichen. Neben Granuliten der normalsten Zusammensetzung sind darunter solche mit einem Gehalt an Biotit und an Pyroxen, und diese gehen über in Gesteine, in welchen Pyroxen und Plagioklas in vorherrschender Menge, Orthoklas fast nicht und Quarz sehr untergeordnet vorhanden sind. Die Reihenfolge dieser Gesteine ist eine vollständig kontinuirliche, Uebergänge von einem Gesteinstypus zum andern, wie sie in solcher Gleichmässigkeit eben nur von den Granuliten bekannt sind. Von Ampe liegen ausser dem erwähnten gebänderten und an Hornblende reichen Gestein, vor allem ziemlich grobkörnige, meist granatfreie Aplite vor; ähnlich sind die Gesteine von Pushena, nur dass in diesen der Granat wieder eine etwas grössere Rolle spielt, und dass sie besonders reich an Plagioklas sind. Die meisten Vorkommnisse von Humbuluwa sind theils diesen ähnlich, theils granatführende Biotitgranulite, welche

wieder einzelnen Typen von Ragedara zum Verwechseln ähnlich sind. Besonders mag noch darauf hingewiesen werden, dass die Gesteine von Humbuluwa sowohl mikroskopisch als auch strukturell eine ungemein grosse Aehnlichkeit mit den granitischen Lagen der injicirten Hornfelse des Silberbergs bei Bodenmais in Bayern besitzen, soweit diese granatführend sind.

Wenn wir nun aber im Gegensatz zu den beschriebenen Gesteinen, in welchen man irgend ein Anzeichen einer chemischen oder mechanischen Umformung nicht entdecken kann, diejenigen Proben vergleicht, welche den Graphitgängen zunächst liegen oder von Graphit ganz umschlossen werden, so ändert sich die Erscheinung auf das Vollkommenste. Wie man schon makroskopisch in solchen Bildungen eine matte und bruchige Gesteinsbeschaffenheit erkennt, so sieht man auch bei der Betrachtung im Mikroskop die Gesteine in weitem Maasse verändert. Wenn auch nur selten das ganze Gestein eine Zertrümmerung erlitten hat, so findet man doch wohl stets wenigstens im Quarz die Resultate der mechanischen Einwirkung. Undulöse Auslöschung und beginnende Mörtelstruktur sind hier weit verbreitet, besonders häufig aber eine völlige Zermalmung des Quarzes zu feinkörnigen Aggregaten, welche ohne Uebergänge neben völlig erhaltenen Partieen desselben Minerals liegen. Ueberhaupt hat es den Anschein, als ob die mechanischen Kräfte, welche in der Umgebung der Klüfte wirksam waren, durch welche die graphitbildenden Agentien hervorgekommen sind, nicht langsam und stetig wie die gebirgsbildenden Prozesse gewirkt, sondern vielmehr rasch und unvermittelt ihre Thätigkeit ausgeübt haben, welche in Folge dessen auch nicht sowohl in Erscheinungen zum Ausdruck kommt, die auf eine langsame Ueberschreitung der Elastizitätsgrenze hinweisen, als vielmehr in heftigen Zertrümmerungen, welche die einzelnen Gemengtheile betroffen haben. Ist hier ja sogar der Biotit, dieses biegsamste und schmiegsamste unter den gesteinsbildenden Mineralien kaum je gebogen, vielmehr, wie Fig. 3 auf Taf. V überzeugend darthut, quer zur Spaltbarkeit geborsten, ohne dass die dabei zu beobachtende Formveränderung so bedeutend wäre, wie sie in langsam deformirten Gesteinen an gebogenen Glimmern häufig genug vorkommt.

Die chemischen Veränderungen in der nächsten Nähe der Graphitgänge sind von wechselnder Intensität, bald nur in den am leichtesten angreifbaren Mineralien zum Ausdruck kommend, bald in einer völligen Veränderung des ganzen Gesteins begründet, letzteres allerdings nur in den Bruchstücken und Stückchen des Nebengesteins, welche vom Graphit umschlossen werden. Immer aber sind Veränderungen vorhanden, welche absolut nicht mit den Verwitterungsprozessen in Verbindung gebracht werden können, da sie sich in ganz

gleicher Ausbildung in den frisch gebrochenen Gesteinen der untersten Teufen finden, welche doch wohl auf weite Entfernung den atmosphärischen Wirkungen entzogen sind.

Der Pyroxen ist dann immer zerstört und zu aggregatpolarisirenden, schuppigen, grünen bis gelblichen Aggregaten geworden, die hin und wieder noch einzelne Reste des ursprünglichen Minerals umschliessen. Ihm folgt in der Angreifbarkeit der Plagioklas, während merkwürdigerweise der Biotit — Hornblende-führende Gesteine mit Graphitgängen finden sich unter den mir vorliegenden Material nicht — den umwandelnden Prozessen länger Widerstand leistet. Manchmal ist der Plagioklas von Schnüren einer trüben, farblosen, optisch isotropen Masse durchzogen, wie dies Fig. 1 auf Taf. VII zeigt, oder aber es bilden sich wirrschuppige Aggregate von glimmerähnlichen Mineralien, von Kaolin und endlich von Nontronit, häufig auch begleitet von Kalkspath, an seiner Stelle, in welchen nur die erhaltenen Reste des wurmförmigen Quarzes, der in den ursprünglichen Verwachsungen mit Quarz vorhanden war, den Ursprung der Neubildung noch anzeigt. Und dass stets mit dem Plagioklas auch der von „Quartz vermiculé“ durchwachsene Feldspath der Veränderung anheimgefallen ist, weist ebenso wie die hin und wieder auftretende Zwillingslamellirung des so verwachsenen Feldspathes darauf hin, dass diese Verwachsung eine für Plagioklas charakteristische Erscheinung ist, während in bezeichnender Weise daneben liegende Körner von Orthoklas absolut nicht angegriffen sind. Fig. 6 auf Taf. V gibt eine derartige unter Erhaltung des Quarzes in Nontronit umgewandelten Partie. Eine eigenartige Umwandlung des Plagioklases, welche in Fig. 2 Taf. VII abgebildet ist, muss hier noch angeführt werden. Farblose, schwach licht- und doppelbrechende Aggregate gehen dabei aus dem Feldspath hervor, welche im Allgemeinen wirrschuppige Struktur zeigen. Aus dieser Grundmasse heben sich einzelne grössere, beliebig orientirte Individuen desselben Minerals heraus, welche eine feine Zwillingslamellirung aufweisen und äusserlich sehr plagioklasähnlich erscheinen. Eine genauere Bestimmung dieses merkwürdigen Umwandlungsproduktes liess sich indess nicht durchführen. Die Verwachsungen von Orthoklas und Plagioklas verhalten sich bei der Umwandlung sehr verschieden, bald erkennt man in den völlig umgewandelten Partieen nur noch Andeutungen ursprünglicher Gitterstruktur, bald ist eine Veränderung überhaupt nicht zu konstatiren, je nachdem der eine oder der andere von den beiden Feldspathen den vorherrschenden Bestandtheil bildete.

Glimmer und Granat folgen dem Plagioklas, ersterer bleicht mehr und mehr aus unter Ausscheidung von Titansäuremineralien, in letzterem siedeln

sich Nester von Chlorit an, oder es entsteht ein Maschenwerk dieses Minerals, welches schliesslich den ganzen Granat zerstört. Der Orthoklas endlich ist häufig neben dem völlig zerstörten Plagioklas von einer fast adularähnlichen Frische. Besonders weitgehende Umwandlungen wurden an diesem Mineral überhaupt nicht beobachtet, und ob in den am meisten veränderten Gesteinen, welche nur noch aus schuppigen Mineralien und Resten von Quarz bestehen, Orthoklas überhaupt vorhanden war, lässt sich nicht mehr feststellen. Hin und wieder sind auch die Gittersysteme von Plagioklas in dem noch völlig frischen Orthoklas zersetzt, während anderntheils Einschlüsse von Orthoklas in zerstörtem Plagioklas erhalten sind. In anderen Fällen aber geht die Zerstörung der Verwachsungen der beiden Feldspathe mehr gleichmässig vor sich. Gleichzeitig mit diesen Umwandlungen des Gesteins selbst, geht häufig eine intensive Imprägnation mit Titansäuremineralien, mit Rutil und Titanit, welche in dem direkten Nebengestein der Gänge oft in überraschender Fülle gefunden werden. Ganze Nester dieser Mineralien, welche allerdings dem unveränderten Gestein nicht ganz fehlen, sitzen in diesen veränderten Grenzzonen.

Der Graphit selbst dringt nur selten in das Nebengestein der Gänge ein und siedelt sich dann ebenso wie in dem Passauer Gebiete auf Rissen und Klüften oder in völlig zersetzten Partien an. Da die mechanische Veränderung der Granulite aber nicht wie in den dortigen Gesteinen auf allmähliche Verschiebungen zurückzuführen sind, sondern vielmehr auf einen ziemlich rasch wirkenden Prozess hinweisen, welcher die Zerreissung und Zertrümmerung der Gesteine hervorbrachte, beobachtet man nicht selten, dass Graphitblättchen quer durch zerrissene Glimmertafeln hindurchsetzen, wie dies Fig. 4 auf Taf. VII deutlich zeigt; eine parallele Einlagerung im Glimmer und die scheinbare Aufblätterung des Graphites ist demgegenüber um Vieles seltener. Ueberhaupt sind es hier vorwiegend neugebildete Risse, auf welchen man den Graphit beobachtet, der besonders, wenn er durch Orthoklas hindurchsetzt, einen schmalen Saum glimmerartiger Mineralien aufweist, wie dies in Fig. 3 auf Taf. VII dargestellt ist. Gänzlich zertrümmerte Gesteine sind öfters auch ganz mit Graphit imprägnirt (vgl. Fig. 6 auf Taf. VII).

Ergebnisse der Untersuchung der Graphitlagerstätten von Ceylon und ihrer Gesteine.

Die hier beschriebenen Verhältnisse der Graphitlagerstätten der Insel Ceylon interessiren uns vor allem in zwei Richtungen, in erster Linie natürlich in der hier zunächst in Betracht kommenden Frage nach der Bildung des Graphites, in zweiter Linie aber auch in Beziehung auf die Entstehung der Nebengesteine, deren genetische Verknüpfung mit dem Graphit absolut unzweifelhaft ist. Die Lösung des ersten Problems setzt diejenige des zweiten voraus, und so müssen wir uns zunächst mit diesem etwas eingehender befassen.

Dass man die krystallinischen Gesteine der Insel Ceylon, welche offenbar den Haupttheil des Gebirges zusammensetzen, von Anfang an als „krystallinische Schiefer" angesprochen hat, kann nach dem mir vorliegenden Material ganz ausschliesslich damit erklärt werden, dass einestheils unter den damals genauer bekannten und als unzweifelhafte Massengesteine allgemein anerkannten Vorkommnissen kein Gesteinstypus sich befand, welcher die Eigenthümlichkeiten der Ceyloner Gesteine aufweisen würde. Anderntheils ist die Uebereinstimmung derselben in mineralogischer Beziehung mit den typischsten Vorkommnissen der Granulite so sehr in die Augen springend, dass man sie von Anfang an mit denselben identifiziren musste. Da nun das am besten bekannte und als absolut typisch angesehene Vorkommniss von Granulit im sogenannten sächsischen Granulitgebirge in Folge seiner eigenartigen Beschaffenheit den Eindruck eines Schichtgesteins hervorrufen musste, indem man die Abtrennung des Gesteins in schmale, oft kaum 1 mm starke Lagen von verschiedener Zusammensetzung ohne weitergehende Erfahrung lediglich auf diese Weise erklären zu können glaubte, und da ausserdem die feinere Struktur dieser Gesteine eine durchaus nicht prägnante und für ein Erstarrungsgestein bezeichnende ist, so war es der ganzen Tendenz der Geologie entsprechend, in diesen Gesteinen eine mehr oder minder lokal gefärbte Faciesbildung der Formation der „krystallinischen Schiefer" zu erblicken, welche zwischen Gneiss- und Glimmerschieferformation eingeschaltet, den Charakter der „krystallinischen Schiefer" in besonders ausgeprägtem Maasse zur Schau tragen. Und von diesem Standpunkt ausgehend musste man schon an den sächsischen Vorkommnissen zu recht komplizirten Theorieen seine Zuflucht nehmen, um die

Eigenthümlichkeiten in der geologischen Beschaffenheit des Granulitgebirges und seiner Umgebung nur einigermaassen befriedigend zu erklären, Eigenthümlichkeiten, welche schon den klarblickenden Altmeister Naumann zu der Ansicht gezwungen hatten, dass trotz der schichtigen Struktur, trotz der von allen andern Eruptivgesteinen abweichenden Beschaffenheit der Granulite diese Gesteine zu den Erstarrungsgesteinen gezählt werden müssen.

Wenn man nun aber, im Gegensatz zu den sächsischen Vorkommnissen, welchen die böhmischen und andere genauer studirte sehr nahe stehen, die in mineralogischer Hinsicht in allen Details übereinstimmenden Gesteine von Ceylon betrachtet, wenn man hier findet, dass die in schichtenartigem Wechsel auftretenden Bildungen des Granulitgebirges in all ihren Abänderungen Aequivalente besitzen, welche durch ihre massige Ausbildung und durch ihre innere Struktur so wenig mit dem gemeinsam haben, was man im Allgemeinen als krystallinische Schiefer zu bezeichnen gewohnt ist, so wird man in den Zweifeln über die Entstehung dieser eigenartigen Gesteine mehr und mehr bestärkt.

Ist nun zwar auch zunächst nicht die Möglichkeit geboten, über die Lagerungsverhältnisse der ceylonischen und der mit diesen übereinstimmenden indischen Vorkommnisse genaueres zu erfahren, so glaube ich trotzdem aus dem wenigen, was darüber bekannt geworden ist, aus dem petrographischen Habitus der Granulite, aus der Zusammensetzung der Nebengesteine, aus den Begleiterscheinungen der Pegmatite etc. einen unzweifelhaft intrusiven Ursprung der Granulite mit Sicherheit behaupten zu dürfen. Meines Erachtens wenigstens kommen die mehr oder minder zufälligen Erscheinungen der geologischen Form eines Erstarrungsgesteins erst in zweiter Linie in Betracht, wo Struktur und Habitus der Gesteine eine so deutliche und offenkundige Sprache reden, und ebensowenig als es an der Auffassung eines Quarzprophyrs oder Diabases das geringste ändert, ob er in Stücken oder Gängen oder in schmalen den Nebengesteinen parallel eingeschalteten Lagern auftritt, ebenso wird auch in der Auffassung dieser Granulite die Erkenntniss der geologischen Lagerung nichts ändern können.

Die typische „Structure granulitique“, welche in diesen Gesteinen den deutschen Begriff des Granulites mit dem französischen verbindet, ist die ächte Struktur eines Erstarrungsgesteines; solche Ausbildung zeigen nur Gesteine, welche aus dem Schmelzfluss hervorgegangen sind. Nicht minder sind die chemischen Beziehungen der Granulite zu Erstarrungsgesteinen unzweifelhafter Art klar und deutlich, wie dies auch Rosenbusch in seiner Gesteinslehre betont, und wenn nun vollends in den Ceyloner Gesteinen selbst äusserlich die

Anzeichen einer Schichtstruktur, wie sie die krystallinischen Schiefer aufweisen sollten, geradezu künstlich gesucht werden müssen, so liegt doch wohl kein Grund vor, in diesen Gesteinen Bildungen aus der frühesten Jugend unserer Erde erblicken, Theile einer schichtigen Erstarrungskruste, auf welcher die fossilführenden Formationen ihr Fundament gefunden haben. Dazu kommen die Vorkommnisse echter Pegmatite, welche diese Gesteine durchsetzen und den normalsten Pegmatiten so analog ausgebildet sind, ohne gleichzeitig die Beziehungen vermissen zu lassen, welche ihre genetische Verbindung mit den Granuliten selbst klarlegen, dazu kommen die kontaktmetamorphischen Bildungen, die aus dem Ceyloner und noch mehr dem indischen Granulitgebirge beschrieben werden! Kurz man müsste mit einem unausrottbaren Vorurtheil ausgerüstet an die Betrachtung dieser Dinge gehen, wollte man all die Einzelerscheinungen auf anderem Wege erklären, als sie in das zusammengehörige Bild eines Massengesteins einzufügen, in welchem jede Erscheinung, die an den Granuliten Ceylons beobachtet werden kann, so ungezwungen ihre Erklärung findet.

Nur eines ist auffallend und findet unter den bis heute allgemein anerkannten Massengesteinen keine Analogie. Das ist der Uebergang zwischen kieselsäure- und alkalireichen Gesteinen einerseits, wie sie in den Apliten vorliegen, zu kieselsäurearmen und fast alkalifreien, wie in den von Melzi beschriebenen Pyroxeniten, ein Uebergang, der sich, nach ähnlichen Erscheinungen in Sachsen und nach der mannichfaltigen Zusammensetzung der intermediären Gesteine von Ceylon zu urtheilen, kontinuirlich von Stufe zu Stufe in einem und demselben geologischen Körper vollzieht, so dass schliesslich Gesteine als geologisch äquivalente Bildungen aufgefasst werden müssen, welche wir an die beiden Extreme des petrographischen Systems verweisen müssen. Dass aber trotz der abweichenden äusseren Erscheinungsform der Gesteine im sächsischen Granulitgebiet einestheils, derjenigen auf Ceylon anderntheils sich diese Verhältnisse an beiden Stellen in durchaus gleicher Weise wiederholen, das spricht vor allem dafür, dass beide Bildungen völlig gleichwerthig sind und dass die Fähigkeit zu so weitgehenden magmatischen Verspaltungen eine charakteristische Eigenschaft des Magma's ist, aus dessen Verfestigung die Gesammtheit derjenigen Gesteine hervorging, welche wir zusammenfassend als Granulit bezeichnen.

Betrachten wir die mineralogische und strukturelle Beschaffenheit der Gesteine Ceylons etwas genauer von diesem Standpunkte aus und beginnen mit den einfachsten Gesteinen von aplitartigem Habitus. Mit dem Typus der Aplite Rosenbusch's stimmen diese Gesteine in Beziehung auf die haupt-

sächlichsten Gemengtheile wie auf die charakteristische Struktur, welche eben die structure granulitique ist. Von den normalen Apliten aber unterscheidet sie das Fehlen des Mikroklins, die eigenthümlich fasrige Beschaffenheit des Feldspaths, das häufige Eintreten grösserer Mengen von Plagioklas, welcher verhältnissmässig basischen Gliedern angehört. In besonderem Maasse ist ein Unterschied im geologischen Auftreten gegeben, die aplitischen Granulite Ceylons finden sich nicht in schmalen Gängen, sondern stellen nach den übereinstimmenden Beobachtungen integrirende Bestandmassen des Granulitgebirges selbst dar. Es entwickeln sich ferner aus diesen, ausserdem noch ungewöhnlich grosskörnigen Gesteinen niemals Muscovit-führende Gesteine, wie dies für die Aplite charakteristisch ist, vielmehr ist der Glimmer, wenn ein solcher zu dem Gesteinsbestand hinzukommt, stets ein Biotit. Trotz der damit erreichten Aehnlichkeit in ihrer Zusammensetzung mit dem eigentlichen Biotitgranit bleibt aber der typische Charakter der Struktur bestehen, die Biotitgranulite sind den Biotitgraniten in mineralogischer Hinsicht in den Hauptzügen analog, unterscheiden sich aber von denselben durch die structure granulitique und die sonstigen oben erwähnten Erscheinungen.

Die Beobachtung, dass in den meisten und typischsten Vorkommnissen von Granulit Granat an Stelle des Glimmers tritt, erweitert die Kluft gegenüber den eigentlichen Graniten noch mehr, denn man wird doch wohl kaum in einem so gleichmässig durch ein mächtiges Gesteinsmassiv vertheilten Mineral den Einfluss einer durch fremde Beimischungen hervorgerufenen Veränderung erblicken dürfen, sondern vielmehr die Bestandtheile dieses Minerals aus dem ursprünglichen Bestande des Schmelzflusses ableiten müssen, welcher zur Entstehung des Granulites Anlass gab, sei es, dass besondere chemische Eigenthümlichkeiten die Bildung desselben begünstigten, sei es, dass seine Krystallisation durch anormale physikalische Bedingungen hervorgerufen wurde. Dann kommt dazu das Eintreten von Pyroxen und einer für basische Gesteine bezeichnenden braunen Hornblende unter gleichzeitiger Zunahme von Plagioklas, ohne dass dabei die für die kieselsäure- und alkalireichsten Gesteine charakteristische Struktur irgend eine Aenderung erleiden würde, bis endlich, immer unter Erhaltung dieser Struktur wenigstens in den letzten Andeutungen, hochbasische Gesteine von dem chemischen Bestand eines Diabases oder Pyroxenits sich herausbilden. Kurzum die Verhältnisse sind hier von allem Gewohnten weit abweichend, die Struktur, welche sonst in Erstarrungsgesteinen mit dem chemischen Gesteinscharakter so sehr wechselt, ist hier stereotyp geworden, und die in den normalen Gesteinen konstante oder wenigstens nicht sehr variable chemische Beschaffenheit hat einem bunten Wechsel Platz gemacht.

Diese grosse Konstanz der Struktur findet ferner noch in dem seltenen Auftreten porphyrartiger Ausbildungsformen ihren Ausdruck, welche auf Ceylon ebenso ungewöhnlich zu sein scheinen, wie im sächsischen Granulitgebirge.

Es ist nun die Frage: ist man berechtigt, aus diesen mit unseren Erfahrungen bei den meisten Erstarrungsgesteinen nicht übereinstimmenden Beobachtungen zu schliessen, dass die Granulite Ceylons anderer Entstehung sein müssen, als wir es von diesen Gesteinen annehmen oder liegen nicht vielmehr auch bei sonstigen unzweifelhaften Massengesteinen Beobachtungen vor, welche Analogieen mit den hier studirten Erscheinungen darbieten.

Die im Grossen so oft zu beobachtende Erscheinung, dass in ausgedehnten granitischen Stöcken vom Kern des Massivs aus gegen dessen Randzonen ein langsamer, aber stetiger Wechsel der Zusammensetzung zu verfolgen ist, welcher von eigentlichen Alkaligraniten im Centrum durch alle beliebigen Uebergänge bis zu alkali- und kieselsäurearmen Gabbrogesteinen führen kann, ist gewiss eine Erscheinung, welche man den Verhältnissen im Granulitgebiet an die Seite stellen könnte. Aber die ganze Art der Diffusionsprozesse, welche zur Erklärung dieser Vorkommnisse angenommen werden müssen, weisen doch eine im Grossen und Ganzen ausserordentlich einheitliche und gesetzmässige Beschaffenheit auf, und sind jedenfalls weit verschieden von den intensiven Zerspaltungen, welche das Magma der Granulite betroffen haben, und die zu einer aus auf's Aeusserste wechselnden Schlieren zusammengesetzten Masse führten, wie man sie sonst höchstens in kieselsäurearmen Erstarrungsgesteinen wie den „banded Gabbros“ (Flasergabbro) und zahlreichen Peridotiten in einer ähnlichen, wenn auch weniger in's Detail gehenden Weise beobachtet. Jedenfalls aber lehrt eine Uebersicht über die Beobachtungen im Auftreten anderer in ihren geologischen Verhältnissen genau studirter Erstarrungsgesteine, dass magmatische Spaltungsprozesse, wie man sie für die Erklärung der Ausbildung der Granulite annehmen muss, durchaus nicht so fremdartige Erscheinungen sind, dass sie einen Grund abgeben könnten, trotz der sonstigen Uebereinstimmung in allen in Betracht kommenden Verhältnissen, die intrusive Entstehung der Granulite direkt für unmöglich zu erklären.

Unzweifelhaft ist, dass die chemischen Typen der meisten Granulite unter den allgemein anerkannten Massengesteinen zahlreiche Analogieen besitzen, ja geradezu auf das Vollkommenste mit solchen übereinstimmen, unzweifelhaft ist ferner, dass die structure granulitique nur die Struktur ächter Erstarrungsgesteine ist, welche uns unter sonstigen Verhältnissen nicht bekannt wurde. Dazu kommen noch die übrigen in den geologischen Beziehungen gegebenen Erscheinungen, welche für die intrusive Natur der Granulite sprechen, und

auf welche schon mehrfach hingewiesen wurde, so dass der Schluss nicht unberechtigt erscheint, dass die Granulite Ceylons Erstarrungsgesteine im engsten Sinne des Wortes sind, deren eigenthümlicher Charakter durch schwer kontrollirbare Modifikationen der Gesammtzusammensetzung des Magmas oder der physikalischen Bedingungen während dessen Erstarrung bedingt sind, und dass man als bezeichnend für diese Gesteine im Gegensatz zu sonstigen Erstarrungsgesteinen die Konstanz der Struktur beim weitesten Wechsel in der mineralischen Zusammensetzung des Gesteins ansehen darf.

Betrachten wir noch kurz im Zusammenhang mit den Beobachtungen auf Ceylon die Erscheinungen des Prototyps der Granulite aus dem sächsischen Gebiet, so finden wir vor Allem eine ganz besonders hervortretende Analogie in der Zusammensetzung. Dagegen ist die Struktur beider Vorkommnisse sehr verschieden, auf Ceylon massige, gleichmässige Gesteine, deren krystallinische Struktur schon beim ersten Blicke klar ist, in Sachsen dichte Bildungen, deren Struktur selbst die mikroskopische Beobachtung nur schwer enthüllt, in schichtiger und oft geradezu dünnschiefriger Ausbildung. Wir haben uns zwar in neuerer Zeit daran gewöhnen müssen, richtungslos körnige Ausbildung und parallele Anordnung der einzelnen Gemengtheile, namentlich der Glimmer, nicht mehr als direkte Gegensätze anzusehen, welche den Charakter der Gesteine ausschliesslich bestimmen, aber trotzdem erscheint eine so weitgehende Absonderung in Lagen und Schichten nicht gut vereinbar mit unseren Anschauungen über die Entstehung eines Massengesteines. Man versucht ja allenthalben, solche abweichende Erscheinungen mit den dynamischen Kräften in Zusammenhang zu bringen, welche die Gesteine erlitten haben, und in besonderem Maasse wurde das gerade für die sächsischen Granulite durch Lehmann versucht, welcher schliesslich alle Abnormitäten dieser Gesteine in Beziehung auf mineralische Zusammensetzung wie auf Struktur auf die einfache Einwirkung des Gebirgsdruckes zurückzuführen versuchte; doch konnte oft genug in den vorhergehenden Auseinandersetzungen auf die Unhaltbarkeit dieser Theorieen hingewiesen werden, im Zusammenhang mit der Beobachtung ganz analoger Erscheinungen in den von mechanischen Umbildungen völlig unberührten Gesteinen von Ceylon.

Die von normalen Erstarrungsgesteinen abweichende mineralogische Beschaffenheit des sächsischen Granulites kann ich als Ergebniss der Dynamometamorphose nicht ansehen, sie ist vielmehr bezeichnend für das ursprüngliche Erstarrungsprodukt; in wie weit mechanische Einwirkungen in der fein-

körnigen bis ganz dichten und wenig gesetzmässigen Struktur der sächsischen Granulite zum Ausdruck kommen, das zu bestimmen, halte ich nach unseren heutigen Kenntnissen nicht für vollständig durchführbar. Jedenfalls weist eine Erscheinung darauf hin, dass die mechanische Umbildung des Granulites in Sachsen keine allzu intensive sein kann, und dass die zum Theil recht unregelmässige Struktur dieser Gesteine, die Verlängerungen der einzelnen Lagen etc. in der Hauptsache anderen Faktoren zugeschrieben werden müssen. Das ist das Fehlen des Sericits, der sonst bei allen mechanischen Gesteinsumformungen als bezeichnendstes Mineral erscheint, und dessen Ersetzung durch Biotit, wie dies Lehmann für die Verhältnisse in Sachsen wahrscheinlich zu machen versucht, doch nicht so einfach und naturgemäss erscheint, zumal dieses Mineral als ursprünglicher Gemengtheil der Gesteine auf Ceylon eine ziemliche Rolle spielt.

Betrachten wir die geologische Erscheinungsweise des sächsischen Granulites genauer und versuchen dieselbe mit den petrographischen Erscheinungen in Einklang zu bringen, so wird man wohl mit der Theorie, dass hier die äussersten Randzonen des Intrusivkörpers allein zum Aufschluss gekommen sind, nicht allzu weit vom Ziele treffen. Und dass in solchen Randzonen die magmatischen Spaltungen sich in besonders detaillirter Weise abspielen, dass hier eine Aufnahme fremder Bestandtheile aus dem Nebengestein wie ganzer Lagen desselben häufig in grossem Maasse stattfindet, deren Resorption den Bestand des Magmas natürlich weitgehend beeinflusst, das sind Erscheinungen, für welche die moderne Forschung von Tag zu Tag mehr Beispiele beibringt. Ob die feinkörnige und unregelmässige Struktur der Gesteine in derselben Ursache ihre Erklärung findet, halte ich nicht für ganz ausgeschlossen; jedenfalls beobachtet man in zahlreichen Granuliten Sachsens und Böhmens Erscheinungen, die man bei der Annahme einer intensiven mechanischen Veränderung des Gesteins nur schwer erklären kann, zumal die Gesammtheit der Erscheinungen in der Struktur dieser Gesteine die charakteristischen Formen einer eigentlichen Zertrümmerung in sehr wenig typischer Weise darbietet. Ich möchte so die Verhältnisse zwischen den Granuliten Ceylons und denjenigen Sachsens in der Weise auffassen, dass in beiden typische, durch ihre Zusammensetzung und die Art ihres Auftretens wohlcharakterisirte Intrusivmassen vorliegen, von welchen die ersteren die normale Ausbildungsform darstellen, während die letzteren speziell in struktureller Hinsicht stark modifizirt erscheinen, ohne dass man aber Anlass finden müsste, die Ursachen dieser Veränderungen ausschliesslich oder auch nur in der Hauptsache in dynamischen Einwirkungen zu suchen. Wenn sich uns somit das Gebirge Ceylons als ein mächtiger intru-

siver Stock darstellt, so wird durch diese Erkenntniss gleichzeitig die Frage nach dem Alter dieser vulkanischen Massenergüsse wachgerufen. Wie schon oben angeführt, ist aber in der geologischen Beschaffenheit der Insel selbst irgend ein Anhaltspunkt für die Lösung derselben nicht gegeben, und wir können nur so viel behaupten, dass kein Grund die Annahme nothwendig macht, dass hier besonders alte Bildungen vorliegen.

Was nun den anderen Hauptpunkt betrifft, die Frage nach der Entstehung des Graphites in den Ceyloner Gängen, so spricht zunächst die geologische Verbindung derselben mit dem Granulit auch für eine genetische Verwandtschaft. Dass hier eigentliche Gänge vorliegen, ist nach allen typischen Erscheinungen der Gangstruktur, welche in diesen Bildungen nachgewiesen werden konnten, absolut nicht zweifelhaft, umgewandelte Cellulose ist der Graphit Ceylons mit Sicherheit nicht, selbst wenn man die eigenthümlichen mit Holzkohle und verkieseltem Holz erfüllten Klüfte im sogenannten Anamesit von Steinheim zum Vergleich heranzieht. Auch die Möglichkeit, dass in den Graphitgängen Ceylons den Vorkommnissen von Albertit etc. analoge Bildungen vorliegen, welche etwa durch Verharzung von Kohlenwasserstoffen und allmähliche Umwandlung dieser Harze in Graphit entstanden wären, scheint mir keine Spur von Wahrscheinlichkeit zu haben. Die grossblättrig-stenglige Struktur des Graphites, die gesetzmässige Anordnung desselben im Gang selbst, das Eindringen desselben in einzelnen grossen Krystallen in das Nebengestein machen eine solche Bildungsweise nicht annehmbar, ganz abgesehen davon, dass die Begleiterscheinungen der Gänge, die Zerrüttung und Zersetzung des Nebengesteins, die Imprägnation desselben mit Titansäuremineralien völlig unerklärt bleiben würde.

Die ganze Erscheinung des Graphites auf Ceylon weist auf rasch und intensiv wirkende Prozesse hin, auf Prozesse, welche in Verbindung mit vulkanischer Thätigkeit aktiv wurden, und die auf Kohlenstoffverbindungen einwirkten, deren Zersetzung und Krystallisation in einem und demselben Bildungsakte hervorrufend.

Diese Kohlenstoffverbindungen können nun organischen oder anorganischen Ursprungs gewesen sein, es können Substanzen sein, welche durch die vulkanische Thätigkeit aus organischen Ablagerungen herausdestillirt sind, die in der Tiefe angenommen werden könnten, oder aber sie sind stofflich mit dem Erstarrungsgestein selbst verbunden, ein Bestandtheil des ursprünglichen Gesammtmagmas und stellen sich so als eigentliche postvulkanische Bildungen dar. Im ersteren Falle muss der Graphit unter der Einwirkung erhöhter Temperatur aus flüchtigen Kohlenwasserstoffen entstanden sein, im anderen

haben wir einen Anhaltspunkt für eine bestimmte Gruppe von Kohlenstoffverbindungen zunächst nicht.

J. Walther möchte die Entstehung des Graphites auf Emanationen von Kohlenwasserstoffen zurückführen, und es muss zugegeben werden, dass in den auf Ceylon vorhandenen Verhältnissen erst bei eingehenderen Studien Anhaltspunkte gewonnen werden können, welche gegen diese Annahme sprechen. Wenn man sich die Entstehung dieser enormen Massen von Graphit, wie sie in den Gängen Ceylons aufgehäuft sind, durch Zersetzung von Kohlenwasserstoffen bei erhöhter Temperatur denken wollte, so müsste man wohl auch die Wirkung des in der Hitze selbst auf ziemlich widerstandsfähige Substanzen in hohem Maasse reduzirend einwirkenden Wasserstoffs irgendwie beobachten können. Solche Erscheinungen aber fehlen vollkommen. Anderntheils beobachten wir, wenn auch in untergeordnetem Maasse, eine Reihe von Bildungen, welche auf eine Analogie der Graphitgänge auf Ceylon mit den früher von mir beschriebenen Passauer Graphitlagerstätten mit Sicherheit hinweisen, und deren Vorhandensein in dem bayerischen Gebiete als besonders wichtig für die Erklärung der genetischen Verhältnisse dieser Vorkommnisse erkannt wurde.

Es kann wohl nicht zufällig sein, dass ein so eigenthümliches Mineral, wie der Nontronit, der zu den ganz seltenen Neubildungen gehört, in konstanter Weise die Vorkommnisse von Graphit begleitet; die Prozesse, welche zur Entstehung des Graphites Anlass gaben, müssen der Bildung dieses Minerals ungewöhnlich günstig gewesen sein, und das sind sicher nicht solche, bei welchen reduzirende Gase in grossem Maassstabe frei geworden sind. Auch die Umbildung der Feldspathe in glimmerähnliche Mineralien und in Kaolin wiederholt sich in den Gängen auf Ceylon, ebenso wie die Entstehung amorpher, opalartiger Gebilde und die Begleitung des Graphites durch neugebildeten Rutil. Indessen muss auf einen Unterschied in der Ausbildung der beiden Vorkommnisse hingewiesen werden, welcher schon bei oberflächlicher Betrachtung deutlich hervortritt, und das ist die Erscheinung, dass die Neubildung von Nontronit, von Kaolin etc. im Passauer Gebiete ganze Schichtenkomplexe ergriffen hat und in weitgehendstem Maasse die Zusammensetzung der Gesteine veränderte, während diese Umwandlungen in den Lagerstätten von Ceylon untergeordnet sind und auf die allernächste Umgebung der Gänge und auf die von diesen umschlossenen Bruchstücke des Nebengesteins beschränkt erscheinen.

Bei Passau sind schichtige Gesteine gleichmässig mit Graphit imprägnirt worden, und schon das gleichmässige Eindringen dieses Minerals in die Gesteine

selbst und die Seltenheit gangförmiger Vorkommnisse von Graphit beweisen, dass die glimmerreichen Gneisse in ihrem ganzen Gefüge zerrüttet waren, als das Eindringen der graphitbildenden Agentien erfolgte, ganz abgesehen davon, dass die einzelnen Gemengtheile dieser Gesteine zahlreiche Erscheinungen einer inneren Zertrümmerung deutlich erkennen lassen. Weniger leicht zugängliche, d. h. kompakte und glimmerarme Partieen selbst von ziemlich geringen Dimensionen aber blieben dabei in dem völlig mit Graphit imprägnirten und in seiner ganzen Masse zersetzten Gestein graphitfrei und so gut wie unverändert. Die Umwandlungen gehen auch im Passauer Gebiete nur in Gesteinen vor sich, welche in Folge ihres geringen Zusammenhaltes durch und durch von den bei der Bildung des Graphites in Frage kommenden Agentien durchtränkt werden konnten, während diese auf einigermassen kompakte Bildungen keinen Einfluss ausübten.

Auf Ceylon sind die gesammten Gesteine glimmerarm oder glimmerfrei, und ausserdem zeigen dieselben die denkbar festeste Beschaffenheit, so dass in den normalen Granuliten häufig nicht die geringsten Andeutungen einer mechanischen Einwirkung erkannt werden konnten. Die Wirksamkeit der Agentien war so ausschliesslich auf die Klüfte selbst beschränkt, welche sich bei der Erkaltung der Gesteinsmassen bildeten, und deren Aufreissen nur eine ganz unbedeutende mechanische Veränderung der die Klüfte zunächst begrenzenden Gesteinspartieen zur Folge hatte. So ging die Bildung des Graphites ausschliesslich auf den Klüften vor sich, und wie wir hier ein Eindringen des Graphites in das Nebengestein nur insoweit finden, als durch die Aufreissung der Klüfte selbst das Gefüge der Gesteine gelöst worden war, ebenso beobachten wir auch, dass die umwandelnden Prozesse auf die den Gängen zunächst liegenden Gesteinspartieen beschränkt sind und daher gegenüber den Umwandlungen, welche die Gesteine im Passauer Gebiete erlitten haben, so unverhältnissmässig in den Hintergrund treten. Die hauptsächlichen Unterschiede in der Ausbildung der Graphitlagerstätten des bayerisch-böhmischen Grenzgebirges einestheils, der Insel Ceylon anderntheils, welche scheinbar ganz entgegengesetzte Vorkommnisse darstellen, finden in der Beschaffenheit der Gesteine ihre Erklärung, innerhalb welcher der Graphit zur Ablagerung gekommen ist. Die zertrümmerten und zerrütteten Schiefergesteine, welche eigentliche Klüfte in Folge ihrer Beschaffenheit nicht aufweisen konnten, wurden unter weitgehender Umwandlung in ihrer ganzen Masse vom Graphit imprägnirt, die ungewöhnlich festen und kompakten Granulite aber boten in ihren Klüften den Agentien einen offenen Weg, auf welchem diese aus der Tiefe aufsteigen konnten; das Gestein selbst setzte dem Eindringen derselben einen unüberwindlichen Wider-

stand entgegen, und so entstanden, vermuthlich durch ganz analoge Prozesse, in einem Fall ächte, lagerförmige Imprägnationen, im anderen die charakteristischen Gänge.

Wenn wir von diesem Standpunkt aus die beiden Lagerstätten vergleichen, so gewinnen die vorhin erwähnten Begleiterscheinungen der Graphitbildung trotz ihres Zurücktretens in den Ceyloner Vorkommnissen, mehr und mehr an Gewicht und weisen, wenn auch nicht auf eine absolut gleiche, doch jedenfalls auf eine sehr ähnliche Ursache beider Bildungen hin.

Die Ursache für die Entstehung des Graphites in den Gängen der Insel Ceylon darf man somit nicht in organischen Ablagerungen suchen, welche etwa in der Tiefe angenommen werden könnten, und die unter der Einwirkung der von dem vulkanischen Herde ausgehenden erhöhten Temperatur eine Art Verkokungsprozess durchgemacht hätten, wobei grosse Mengen flüchtiger Kohlenwasserstoffe die Klüfte der darüber lagernden Gesteine durchstrichen und unter besonderen Umständen zu Graphit wurden. Denn die Agentien, aus welchen der Graphit sich bildete, gehörten hier so wenig wie im bayerisch-böhmischen Grenzgebirge zu einer Gruppe von Kohlenstoffverbindungen, bei deren Zersetzung zu Graphit reduzirende Gase in grosser Menge frei wurden, vielmehr weisen die Veränderungen der Gesteine, soweit solche überhaupt vorhanden sind, auf eine oxydirende und lösende Thätigkeit der bei der Graphitbildung in Frage kommenden Verbindungen hin. Auch die stete Begleitung des Graphites durch Rutil auf den Gängen sowohl wie die Imprägnation des zersetzten Nebengesteins mit Titansäuremineralien muss in Zusammenhang mit der Entstehung des Graphites selbst betrachtet werden. Und so ergibt sich als wahrscheinlichstes Resultat der Untersuchung der Graphitvorkommnisse auf Ceylon, dass auch hier vorherrschend das Kohlenoxyd, vielleicht von Cyanverbindungen begleitet, zur Entstehung des Graphites Anlass gab. Derartige Exhalationen aber können wir unmöglich aus einer in der Tiefe vor sich gehenden Zerstörung organischer Ablagerungen ableiten, und es bleibt so nur die Möglichkeit übrig, dass die den Graphit bildenden Agentien dem Schmelzfluss selbst angehörten, in dessen Gefolge sie auftraten.

Ob aber auf Ceylon ebenso, wie dies für das bayerische Gebiet wahrscheinlich gemacht werden konnte, die besonders leicht zerstörbaren Metall-

karbonyle die hauptsächlich in Frage kommenden Agentien waren, oder ob hier vorherrschend freies Kohlenoxyd angenommen werden muss, lässt sich nicht ebenso leicht entscheiden. Jedenfalls macht die geringe Menge, in welcher hier die Bildung des Nontronits beobachtet werden konnte, ein Vorherrschen freien Kohlenoxydes ziemlich wahrscheinlich.

Wie schon früher bei Betrachtung der Graphitvorkommnisse des bayerisch-böhmischen Grenzgebirges hervorgehoben wurde, machen die als Nebenprodukte bei der Bildung des Graphites auftretenden wasserreichen Mineralien eine besonders hohe Temperatur nicht gerade wahrscheinlich; eine Temperatur von einigen hundert Grad werden wir aber trotzdem für diese Prozesse annehmen können und dadurch dieselben in jene Perioden verlegen, welche unmittelbar der Verfestigung der Massengesteine folgten. Die Verbindung des Graphites mit normalen Pegmatiten zu Triconderoga, in welchen der Graphit nicht als jüngere, sondern als gleichzeitige Bildung mit den übrigen Bestandtheilen des Pegmatits erscheint, was sich in dem erwähnten pegmatitähnlichen Gestein von Ampe in durchaus derselben Weise wiederholt, in welchem grosse Graphittafeln an Stelle des Glimmers in beliebiger Richtung durch das ganze Gestein verstreut sind, weisen gleichfalls darauf hin, dass es sich hier um zeitlich sehr naheliegende Prozesse handelt. Die Pegmatite aber, deren Grenze gegen das Hauptgestein oft völlig verwischt ist, sind doch wohl zeitlich die nächsten Aeusserungen des Vulkanismus, welche der Intrusion des Massengesteins folgten.

Der ganze Prozess, wie wir ihn für die Vorkommnisse auf Ceylon als wahrscheinlich annehmen müssen, dürfte sich folgendermaassen skizziren lassen. Das zwischen Schichten irgendwelchen Alters eingedrungene schmelzflüssige Magma verfestigte sich zu einem eigenartig schlierigen Gestein, unter gleichzeitiger kontaktmetamorphischer Umwandlung der umgebenden klastischen Bildungen. Die Kontraktionsspalten, welche bei der Abkühlung des sich verfestigenden Gesteins entstanden, boten die Wege für pegmatitische Bildungen, welche zum Theil auch als reine Quarzadern zur Ausbildung kamen. Aber noch gleichzeitig mit der Entstehung der Pegmatite traten Emanationen Kohlenoxyd- und Cyanverbindungen enthaltender Dämpfe auf, welche dieselben Wege benützten wie die Pegmatite und dort zur Entstehung des Graphites Anlass gaben. Das System von Graphitgängen, welche so das ganze Massiv durchsetzten, spielte bei späteren Verschiebungen der Gebirgsmassen die Rolle der Puffer, indem das weiche, schmiegsame Mineral die mechanischen Wirkungen auslöste, und so blieb der Granulit von Ceylon in der von dynamischen Einwirkungen so vollständig unberührten Weise erhalten, welche eine der charakteristischen Eigenschaften dieser Gesteine bildet.

Zum Schlusse mag hier noch darauf hingewiesen werden, dass bei der vollkommenen Uebereinstimmung in der Gesteinsbeschaffenheit, welche nach den Untersuchungen von Lacroix zwischen den Vorkommnissen des Ceyloner Gebirges und denjenigen der Gebirge des südlichen Theiles des indischen Festlandes vorhanden ist, auch ein Hinübergreifen der Graphitgänge in die Gebirge von Travancore und Madras durchaus wahrscheinlich ist, zumal, wie oben ausgeführt wurde, die Graphitlagerstätten auf Ceylon selbst durchaus nicht etwa nur lokal an einer oder einigen wenigen Stellen auftreten, sondern vielmehr kranzartig den ganzen Centralstock des Gebirges mit Ausnahme seiner Nordseite umgeben, wo aber schon der Steilabfall desselben gegen die Ebene eine mächtige Zerreissung wahrscheinlich macht, durch welche an dieser Stelle die Randzonen des Massivs, die in Folge ihrer weitergehenden Zerklüftung den Weg für die graphitbildenden Agentien darboten, von der Hauptmasse abgetrennt wurden. Gelegentlich wurde auch schon das Vorkommen von Graphit in Travancore erwähnt, von einer Ausbeutung desselben auf dem indischen Festland aber wurde bis jetzt nichts in Erfahrung gebracht.

Schlussbetrachtungen.

Vier verschiedene Lagerstätten von Graphit wurden in den vorhergehenden Kapiteln ausführlicher behandelt, und ich glaube, dass damit alle wichtigen Typen dieser Vorkommnisse in den Kreis der Erörterungen gezogen wurden, welche einer eingehenden Untersuchung heutzutage noch zugänglich erscheinen. Wie schon in der Einleitung hervorgehoben wurde, können wir sämmtliche Graphitlagerstätten, welche bekannt geworden sind, in sechs Gruppen theilen, von welchen aber zwei in Folge der Erschöpfung ihres Reichthums nicht mehr ausgebeutet werden und auch sonst nur in sehr geringem Maasse die Möglichkeit zu genaueren Studien bieten dürften. Was wir über diese wissen, ist zwar recht wenig, macht es aber doch wahrscheinlich, dass diese ebenso wie die Vorkommnisse von Ceylon gangförmige Vorkommnisse sind, welche in Erstarrungsgesteinen aufsetzten, dass somit ihre Bildung auf ähnliche Prozesse zurückgeführt werden dürfte, wie dies für Ceylon wahrscheinlich gemacht werden konnte.

Die Graphitgänge im Borrowdale bei Keswick in Cumberland sollen in einem als „grünsteinartiger Porphyr“ bezeichneten Gestein aufsetzen, über welches eine genauere Beschreibung nicht vorliegt. Zu dieser Bezeichnung aber kann nur eine Ausbildung des Gesteins Anlass gegeben haben, welche

von derjenigen der Muttergesteine des Ceylongraphits weit abweicht, wie auch die Hauptbegleitmineralien des Graphites in den Gängen des Borrowdale, Kalkspath, Braunspath und Quarz, mit den auf Ceylon beobachteten nicht übereinstimmen. Auch die unregelmässig feinschuppige Beschaffenheit des Graphites selbst lässt die charakteristische Erscheinung der Gangfüllung nicht hervortreten, so dass bei der Bildung dieser Vorkommnisse wohl etwas abweichende Prozesse in Thätigkeit waren. Das gangförmige Auftreten des Graphites in einem Eruptivgestein aber macht dessen Entstehung aus organischem Material durchaus unwahrscheinlich und weist auch für dieses Vorkommniss auf die Wirkung vulkanischer Agentien hin, durch deren Zersetzung sich der Graphit bildete.

Was die andere dieser beiden hervorragenden Graphitlagerstätten, diejenige in Sibirien betrifft, so ist diese in allerletzter Zeit wieder zum Gegenstand einer Studie von L. Jaczewski[1]) gemacht worden, welcher in jeder Beziehung zu so sehr abweichenden Anschauungen von den hier niedergelegten gekommen ist, dass es nothwendig erscheint, seine Beobachtungen etwas genauer zu analysiren. Zunächst findet dieser Autor eine Reihe von Irrthümern und Widersprüchen in der in der Einleitung zu diesen Studien angeführten Classifikation der Graphitlagerstätten. Dass aber die von Jaczewski gemachten Einwände nur auf einer vollständigen Verkennung der Thatsachen beruhen, beweist schon, dass eines seiner Hauptargumente der von J. Walther für das Muttergestein des Ceylongraphits angewandte Ausdruck „Gneiss“[2]) ist, dessen intrusive Natur durch die petrographischen Untersuchungen, welche an diesen Gesteinen ausgeführt wurden, doch wohl ausser Zweifel gestellt ist.

Ein zweiter Punkt, in welchem unsere Ansichten auseinandergehen, ist die Unterscheidung von Graphit und Graphitit, über welche ich schon früher an anderer Stelle[3]) eingehende Versuche mitgetheilt habe. Die Möglichkeit, dass ein Element von den Eigenschaften des Kohlenstoffs in zahlreichen Modifikationen auftreten kann, muss a priori zugegeben werden, anderntheils aber sind die Unterschiede in dem chemischen Verhalten der blättrigen und der dichten Varietäten von Graphit nicht bedeutender als dies auch sonst zu beobachten ist, wenn eine Substanz einmal in einer kompakten Form, das

---

[1]) L. Jaczewski, Le gisement de graphitite de J. P. Alibert au sommet du rocher Botogolsky (Botogolky-Goletz). St. Petersb. 1900.

[2]) Im Zusammenhang damit mag nur darauf hingewiesen werden, dass Kokscharow (Materialien zur Mineralogie Russlands) auch für den sibirischen Graphit als Vorkommen das Gneissgebirge angibt, um damit die Exactheit solcher gelegentlicher Beobachtungen zu illustriren.

[3]) E. Weinschenk, Ueber den Graphitkohlenstoff und die gegenseitigen Beziehungen zwischen Graphit, Graphitit und Graphitoid. Zeitschr. Krystallogr. 1897, 28, 291.

andere Mal in sehr feinvertheiltem Zustande untersucht wird. Und was vollends den von Jaczewski neu eingeführten Unterschied im spezifischen Gewichte beider betrifft, so ist an sich klar, dass bei so vollkommen spaltbaren Mineralien, wie es der Graphit ist, diese Bestimmungen nur innerhalb sehr weiter Fehlergrenzen ausgeführt werden können, ganz abgesehen davon, dass die Werthe, welche derselbe fand, ziemlich weit sowohl von den von mir erhaltenen, als auch von allen früher bestimmten Werthen für die reinsten Varietäten beider Aggregationsformen abweichen. Den von mir ausgeführten Bestimmungen war die denkbar reinste Substanz zu Grunde gelegt, welche bei der darauffolgenden Verbrennung nur noch Spuren von Asche hinterliess, und die zur Bestimmung unter der Luftpumpe gründlich evakuirt worden war. Den Werth, welchen ich für reinsten blättrigen Ceylongraphit erhielt = 2.252 und derjenige für den reinsten, dichten Graphit, also „Graphitit" von Wunsiedel = 2.254 sind als identisch anzusehen, so dass gegenüber diesen nach der Schwebemethode sowohl als mit dem Pyknometer ermitteltenWerthen die von Jaczewski für blättrigen, resp. dichten gefundenen = 2.235, resp. = 2.412 viel kräftiger gestützt werden müssten, um Anspruch auf einige Genauigkeit erheben zu können. Diese spezifische Gewichtsbestimmung zeigt durchaus nicht, wie der Autor sagt, dass verschiedene Modifikationen von Kohlenstoff vorliegen, sondern vielmehr, dass verschieden reines und verschieden kompaktes Material verwendet worden war, wie aus dem russischen Text auch zur Genüge hervorgeht, im französischen Resumé aber nicht betont wird. Wenn somit die Möglichkeit nicht geleugnet werden kann, dass eine grössere Anzahl von Modifikationen des Kohlenstoffs in der Natur vorkommen, als wir bis heute unterscheiden, so ist doch wiederholt hervorzuheben, dass die Trennung der verschiedenen Abarten des Graphites in verschiedene Modifikationen des Kohlenstoffs durch die bis heute ausgeführten Versuche keineswegs begründet ist, und dass somit eine Unterscheidung von Graphit, Graphitit und Graphitoid vom chemischen Standpunkt aus bis jetzt nicht aufrecht erhalten werden kann.

Der dritte Punkt, in welchem Jaczewski zu entgegengesetzten Resultaten kommt, ist die Art der Bildung der Graphitlagerstätten selbst. Der jedes Detail in dem Auftreten des Graphites in den von mir beschriebenen Vorkommnissen berücksichtigenden Beschreibung wird in grossen Zügen die geologische Beschaffenheit des sibirischen Gebietes gegenüber gestellt. Dieser an sich sehr interessanten Skizze zu Folge findet sich dort der Graphit in einem Nephelinsyenit, dessen einzelne Gemengtheile in Menge Einschlüsse von Graphit beherbergen. Die Lagerungsform der früher ausgebeuteten Graphitvorkommnisse selbst aber konnte nicht mehr festgestellt werden. Der Ver-

fasser schliesst nun daraus, dass die Umgebung des Syenites graphitreiche Schiefer aufweist, dass auch der Graphit in dem Massengestein selbst organischen Ursprungs ist. Inwieweit diese Ansicht durch die petrographischen Verhältnisse gestützt werden könnte, wird leider nicht mitgetheilt; aus der kurzen Beschreibung, welche gegeben wird, ist nicht einmal mit Sicherheit zu entnehmen, ob der Graphit in diesen Schiefern wirklich aus einem ursprünglichen Gemengtheil hervorging, oder ob er nicht vielleicht wie in der Passauer Lagerstätte erst sekundär auch den Schiefern zugeführt wurde. Zu weit geht aber jedenfalls der Schluss, dass wegen des hier angenommenen organischen Ursprungs des Graphites auch die Vorkommnisse von Passau, Ceylon etc. organischer Entstehung sein müssen, zumal der Verfasser keine dieser Lagerstätten auch nur in einigermassen charakteristischen Stufen kennen gelernt hat und sich nicht die Mühe nimmt, irgend eines der Momente, welche ich bei der Beschreibung der Graphitlagerstätten des bayerisch-böhmischen Grenzgebirges besonders hervorgehoben habe, zu entkräften. Die Untersuchungen der sibirischen Lagerstätte selbst müssten, um zu chemisch-geologischen Schlüssen über deren Entstehung zu berechtigen, jedenfalls in viel weniger allgemeiner Weise ausgeführt werden, ohne dass selbst dann eine direkte Anwendung etwaiger entgegengesetzter Resultate auf die Verhältnisse im bayerisch-böhmischen Grenzgebirge erlaubt erscheint, wenn nicht gleichzeitig triftige Beweise gefunden würden, welche meine zahlreichen Beobachtungen in diesem Gebiete widerlegen.

Das Vorkommniss von Graphit in den Batugolbergen [1]) bei Irkutsk trägt in seiner charakteristischen parallelfasrigen Struktur so sehr den für Ceylon bezeichnenden Typus zur Schau, dass an den älteren Angaben, dass die dort abgebaute Masse von reinem Graphit eine gangförmige war, auch durch den Habitus des gewonnenen Materiales selbst bestätigt wird. Und ebenso wie auf Ceylon weist auch der sibirische Graphit zahlreiche Stauchungen und Verbiegungen auf, welche sein eigenartig holzfaserähnliches Aussehen bedingen. Interessant ist nun die Beobachtung von Jaczewski, dass das Nebengestein des Graphites, in diesem Falle merkwürdigerweise ein Nephelinsyenit, selbst ziemlich graphitreich ist, eine Erscheinung, welche in den übrigen Gebieten nicht gefunden wurde.

Die Beobachtung benachbarter graphitreicher Kontaktgesteine, vorausgesetzt, dass deren Kohlenstoffgehalt ein ursprünglicher ist, lässt den Gedanken naheliegend erscheinen, dass in diesem Graphitgehalt Reste resorbirten und

---

[1]) Kokscharow und Alibert schreiben Batougol, Jaczewski Botogol, auch die Schreibweise Butogol findet sich.

umkrystallisirten Schiefermaterials vorliegen. Ist dies der Fall, so muss die chemische und petrographische Analyse des Nephelinsyenites selbst auch sonst die Spuren solch massenhafter Aufnahme von chemisch weit abweichendem Material deutlich erkennen lassen, d. h. die Bauschanalyse des Gesteins muss eine von normalem Nephelinsyenit ziemlich abweichende Zusammensetzung ergeben, und es müssen andererseits Uebergemengtheile vorhanden sein, welche dem normalen Gestein fehlen, und die auf die resorbirten Schieferpartieen zurückzuführen sind. Beide Erscheinungen werden von Jaczewski nicht erwähnt, scheinen also nicht vorhanden zu sein. Wenn es nun aber auch gelingen könnte, den im Gestein selbst allenthalben vertheilten Graphitgehalt auf diesem Wege zu erklären, so würde es doch Schwierigkeiten machen, die bis 2 m mächtigen und aushaltenden Gänge, welche seinerzeit bergmännisch abgebaut wurden, in derselben Weise zu deuten. Denn mit Jaczewski anzunehmen, dass der Graphit bei solchen vulkanischen Prozessen wie ein elektrischer Ofen von Moissau einfach als solcher flüchtig wird und aus den Schiefern direkt in die Gänge destillirt, dürfte mit allen Beobachtungen über Temperatur etc. der Erstarrungsgesteine im Widerspruch stehen. Die Gänge konnten sich erst bilden, als das Massengestein selbst verfestigt war, d. h. ihre Bildung setzt eine verhältnissmässig niedere Temperatur voraus und nicht die enorm hohen Temperaturen, bei welchen sich der Graphit im elektrischen Ofen verflüchtigt.

Anderntheils könnte man natürlich, wie dies früher auch für Passau und Ceylon geschehen ist, die Röstung in der Tiefe lagernder bituminöser Schiefer als Ursache annehmen, wobei flüchtige Kohlenwasserstoffe auf den Klüften des noch heissen Gesteins zirkulirten und durch irgend welche Ursachen zu Graphit geworden wären. Indess können solche Fragen nur durch die eingehendsten Untersuchungen der Lagerstätte selbst und aller Begleiterscheinungen entschieden werden, Untersuchungen, welche leider heute nicht mehr ausgeführt werden können, da das Bergwerk seit langen Jahren ersoffen ist.

Unter den technisch ausgebeuteten Lagerstätten von Graphit besitzen diese gangförmigen Vorkommnisse weitaus den höchsten Werth, da die Reinheit derselben eine fast vollkommene ist, und die Verunreinigungen im Durchschnitt kaum einige Prozent betragen, während unter den lagerartig vorkommenden ein Gehalt von mehr als 80 % Graphit zu den Seltenheiten gehört. Die Reinheit des Graphites in diesen Gängen wird nur noch erreicht von der Beschaffenheit der Graphitkonkretionen, wie sie im kontaktmetamorphen Kalke so oft beobachtet werden, in kleinen rundlichen Gebilden, z. B. in den körnigen Kalken von Wunsiedel im Fichtelgebirge, in bedeutend grösseren Klumpen

in körnigen Kalksteinen, welche in der Umgebung der die Graphitgänge umschliessenden Erstarrungsgesteine in den Batugolbergen auftreten; ferner pflegen noch kleine Graphitklümpchen ziemlich rein zu sein, welche hin und wieder als Einschlüsse in Erstarrungsgesteinen auftreten. Für die Technik kommen aber diese Bildungen nicht in Betracht, so dass dieselbe für ganz reine Varietäten von dichter Beschaffenheit auf die gangförmigen Vorkommnisse angewiesen ist.

Die verhältnissmässige Seltenheit derartiger Bildungen macht es verständlich, dass solche Vorkommnisse, zumal wenn sie die für die Bleistiftfabrikation nothwendige Feinheit besitzen, mit enormen Preisen bezahlt werden und namentlich zu jener Zeit bezahlt wurden, als England mit seinem Cumberländer Vorkommen noch das Monopol für diese Qualität hatte; damals wurden bis zu 15 Guineen für das Kilogramm des besten Rohmaterials bezahlt. Wenn auch heute ähnliche Preise nicht mehr erzielt werden, so sind doch noch die dichten Graphite solcher gangförmiger Vorkommnisse hoch geschätzt, zumal die beiden wichtigsten dieser Bildungen, wie dies beim Gangbergbau so häufig der Fall ist, bei intensiverer Ausbeutung rasch ihren Adel einbüssten und heute überhaupt kein Material mehr liefern. An ihre Stelle sind im Welthandel hauptsächlich amerikanische Vorkommnisse getreten, über deren genauere Verhältnisse aber keine Nachrichten zu erhalten sind. Unter den gangförmigen Vorkommnissen scheint nur dasjenige von Ceylon sich als länger aushaltend zu bewähren, da hier das graphitführende Gebiet eine sehr bedeutende Ausdehnung besitzt, und die Zahl der Gänge eine ungewöhnlich grosse zu sein scheint; aber verhältnissmässig selten sind auf Ceylon so feinfasrige bis dichte Bildungen, dass dieselben als Bleistiftgraphit Verwendung finden können.

Zwischen den gangförmigen Vorkommnissen und den eigentlichen Imprägnationslagern scheinen die Lagerstätten von Triconderoga in New-York zu vermitteln. Nach den mir vorliegenden Stufen vereinigt dieses Vorkommen die Art der Ausbildung des Ceylongraphites mit derjenigen der Bildungen aus der Umgebung von Passau. Auf das Auftreten des Graphites in pegmatitischen Gesteinen dieses Fundortes wurde schon hingewiesen, andererseits besitzen einzelne der Proben durchaus die Beschaffenheit der „Graphitgneisse“ der Umgebung von Passau in so vollkommener Weise, dass sie von diesen nicht zu unterscheiden sind.

Im Passauer Gebiete selbst treten die gangförmigen Bildungen ganz in den Hintergrund; wie oben ausführlich gezeigt wurde, sind hier zertrümmerte und zerrüttete Schiefergesteine in ihrer ganzen Masse von den graphit-

bildenden Agentien durchdrungen worden, welche gleichzeitig intensive Zersetzungserscheinungen derselben hervorbrachten, deren genetische Verbindung mit der Bildung des Graphites nach der ganzen Art des Vorkommens nicht zweifelhaft ist. Die von diesen Vorkommnissen etwas abweichende Ausbildung des Graphites in Böhmen, wo an Stelle der schuppigen eine mehr dichte Beschaffenheit getreten ist, verleiht bei der vollkommenen Uebereinstimmung der sonstigen Begleiterscheinungen diesen Lagerstätten durchaus nicht den Charakter prinzipiell verschiedener Bildungen, welche dagegen in den „alpinen Graphitlagerstätten" vorliegen. Die sekundäre Zuführung des Graphites, welche im Passauer Gebiet allenthalben deutlich ist, lässt sich auch in Böhmen noch an zahlreichen Anzeichen erkennen, und die weitgehende Zersetzung und Umwandlung der Gesteine, die so bezeichnende Produkte hervorbringt, ist in Böhmen ebenso an das Auftreten des Graphites gebunden, wie dies in Bayern der Fall ist. Die sämmtlichen Vorkommnisse der Reihe, welche von den Gängen Ceylons zu den Passauer und böhmischen Lagern führt, besitzen in den Umwandlungen der Gesteine in der Umgebung des Graphites, welche zur Bildung von Kaolin und namentlich zu den an höheren Oxyden der Schwermetalle reichen Substanzen wie Nontronit und Mog führten, eine so bezeichnende Paragenesis, dass durch diese auch ihre genetische Gleichartigkeit bewiesen wird. Und daran ändert sich nichts, auch wenn der Nachweis gelingen sollte, dass die sogenannten Gneisse der Passauer und böhmischen Lagerstätte umgewandelte Gesteine der klastischen, fossilführenden Formationen sind; auch dann wird man es nicht wahrscheinlich machen können, dass der Graphitgehalt dieser Gesteine einem ursprünglichen Gehalt an Kohle seine Entstehung verdankt. Wenn die direkten Beweise für die sekundäre Zuführung des Graphites in diesen Gesteinen nicht genügen, so liegt noch ein weiterer, sehr schwerwiegender in der Ausbildung der alpinen Graphitlagerstätten vor, welche gerade diejenigen Erscheinungen auf das Vollkommenste vermissen lassen, die für die Auffassung der bayerisch-böhmischen Bildungen maassgebend wurden.

Für die alpinen Graphitlagerstätten kann nach den Untersuchungen, welche im zweiten Theil dieser Abhandlungen gegeben wurden, das Material, aus welchem der Graphit hervorging, nicht zweifelhaft sein: es war Kohle und zwar Kohle von karbonischem Alter, welche diese Umbildung erlitten hat. Es lässt sich nur über die Ursache dieser Veränderung streiten; meine Ansicht, dass dieselbe in dem metamorphosirenden Einfluss des Centralgranites zu suchen ist, wurde inzwischen von Herrn Vacek lebhaft angegriffen, so dass ich hier meinen Standpunkt wiederholt präzisiren möchte. Ohne auf den Ton des Herrn Vacek verfallen zu wollen, möchte ich zunächst

bemerken, dass die Art und Weise, in welcher von demselben alle Anschauungen abgehandelt werden, welche mit seinen eigenen nicht harmoniren, in wissenschaftlichen Erörterungen glücklicherweise selten ist. Vor Allem weise ich die Angriffe des Herrn Vacek auf Herrn Bergingenieur E. v. Miller gebührend zurück, welchen derselbe mit dem Titel „Nichtfachmann", welcher das Profil „auffallend nachempfunden hat", abzuthun beliebt. Herr Vacek sieht in dem von mir als Centralgranit bezeichneten Gestein einen „ächten Gneiss, welcher aber einem höheren Niveau der Gneissformation angehört als der Centralgneiss, da er von diesem durch eine mächtige Serie von Hornblendegneissen und sericitischen Glimmergneissen getrennt ist".

Sehen wir uns die „Gneissformation" der Centralalpen etwas genauer an, so finden wir zunächst eine für diese sonst als so konstant bekannte Formation auffällige Erscheinung in einem ungemein weitgehenden Wechsel der Gesteine, welche als Einlagerungen innerhalb derselben oder als ihr direktes Hangendes auftreten. Die Grundlage bilden allenthalben die „Centralgneisse" oder „älteren Gneisse"; darüber trifft man bald eigentliche normale Glimmerschiefer, oft ausgezeichnet durch einen hohen Gehalt an Granat, Turmalin etc., bald treten abweichende gneissartige Gesteine mit Staurolith und Disthen im gleichen Niveau auf; an einigen Punkten überlagern den Gneiss Amphibolite und Eklogite unter Ausschluss der glimmerführenden Gesteine, wieder in anderen Gebieten sind es Hornblendegarbenschiefer oder graphitreiche Schiefer vom Charakter der Phyllite. Welch' komplizirte Theorieen sind nun nothwendig, um vom Standpunkt einer einheitlichen Formationsgruppe ausgehend, diesen bunten Wechsel von Ort zu Ort zu erklären.

An zahlreichen Punkten sehen wir ferner die Entwicklung gang- und lagerförmiger Apophysen des „älteren Gneisses" in den mannigfaltigsten Nebengesteinen, welche oft in ungeheuer grosser Zahl und auf weite Entfernungen hin dieselben durchschwärmen. Wir finden, dass die Struktur der Gneissmassive selbst stets in gleichbleibender Weise gegen die Randzonen der Massive sich verändert, und treffen in Begleitung derselben gangförmige Bildungen von Apliten, Lamprophyren und Pegmatiten, welche ausserhalb der Alpen nur bei Erstarrungsgesteinen bekannt sind. Endlich ist die chemische Zusammensetzung dieser „älteren Gneisse" genau diejenige der normalsten Granite.

In allen Beziehungen gleichen nun diesen „älteren Gneissen" die „jüngeren Gneisse" des Rottenmanner Tauern auf's Vollkommenste mit einziger Ausnahme, dass hier gangförmige Apophysen nicht beobachtet wurden, wie überhaupt stets die Beobachtung zu machen ist, dass in so dünnschiefrigen Gesteinen, wie sie hier in der Hauptsache als Hangendes des „Gneisses" auftreten, eigent-

liche Gänge kaum je zu beobachten sind, sondern deren Stelle von oft sehr weit aushaltenden Lagern eingenommen wird.

Man sieht somit, so ganz „auf Nichts aufgebaut“ ist meine Ansicht über den granitischen Charakter dieser gneissartigen Gesteine nicht, wie Herr Vacek annimmt.

Erkennt Herr Vacek in dem „älteren Gneiss“ kein granitisches Gestein, dann allerdings ist mit ihm nicht weiter zu rechten, denn deutlicher trägt wohl kein geologischer Körper die Anzeichen einer intrusiven Entstehung an sich, als die centralgranitischen Massive der Hohen Tauern, des Zillerthales u. s. w. Ist der Centralgranit aber als Erstarrungsgestein anerkannt, dann ist auch der „jüngere Gneiss“, welcher mit diesem absolut identisch ist, aus Schmelzfluss entstanden, und es liegt keine Möglichkeit vor, von „älteren“ und „jüngeren“ Bildungen zu reden.

Nach Herrn Vacek wären nun die übrigen Schiefer zusammengesetzt aus „klastischen Bildungen des Carbons“ und „krystallinischen Bildungen des Quarzphyllitsystems“, zu welch' letzteren ausser den besonders charakteristischen Conglomeraten auch der sog. Weissstein zu rechnen wäre. Die Begründung, welche derselbe in seinem Aufnahmebericht über das in Frage stehende Gebiet für diese komplizirte Auffassung gibt, dürfte etwas klarer und eingehender sein, wenn eine solch absolute Ueberzeugung von ihrer Richtigkeit angebracht erscheinen soll, wie sie Herr Vacek besitzt. Es ist ja doch nicht ganz einfach und auf der Hand liegend, wenn man die directe Schichtenfolge Gneiss, Phyllit und Carbon als gegeben annimmt, ganz abgesehen davon, dass auch die petrographische Beschaffenheit der Schiefer eine solche Theilung nicht wahrscheinlich macht. Die mineralische Zusammensetzung der doch wohl sicher carbonischen Schiefer, welche die Pflanzenreste enthalten, stimmt z. B. auf das Vollkommenste überein mit der Grundmasse der Conglomerate vom Sunk, welche für Herrn Vacek ein leitender Horizont für die Festlegung seiner Quarzphyllitserie sind. Dass in diesen Conglomeraten hin und wieder auch Bruchstücke von „Gneiss“ vorhanden sind, und dass man sie desshalb als auf dem erodirten „Gneiss“ abgelagert sich vorstellen müsste, wäre doch nur dann von einiger Beweiskraft, wenn die Uebereinstimmung der abgerollten Bruchstücke mit dem liegenden „Gneiss“ in jedem Detail nachgewiesen würde. Dass aber die Grenze zwischen Granitgneiss und Schiefer in diesem Fall nicht einer Erosionsfläche entspricht, dafür sind in der Beschaffenheit des Intrusivgesteins und in den endogenen Modifikationen desselben gegen die Grenze zu alle Beweise gegeben. Solche Erscheinungen beobachtet man in den Alpen

nur da, wo der Centralgranit im Verbande mit denjenigen Gesteinen auftritt, innerhalb deren er verfestigt wurde. Endlich ist hier in Betracht zu ziehen die Einlagerung des „Weissteines", welcher durchaus den Charakter der Aplite an sich trägt, und der im Hangenden der conglomeratführenden Graphitschiefer auftritt. Von petrographischem Standpunkt aus kann man in diesem nur eine lagerartige Apophyse des Granites selbst sehen, wie sie in den Alpen allenthalben in der Umgebung der Centralgranite auftreten, und die in vollkommen schiefrigen Gesteinen stets nur lagerartig, in weniger schiefrigen aber häufig genug gangförmig ausgebildet sind. Kurzum, geologische wie petrographische Beobachtungen in grosser Anzahl zwingen zu der Annahme, dass hier ein granitisches Massiv vorliegt, welches innerhalb der carbonischen Gesteine erstarrt ist, die heute noch seine Schieferhülle bilden, und dass wir somit auch berechtigt sind, in der eigenartigen Beschaffenheit der Schiefer die contactmetamorphischen Umbildungen zu suchen, welche ein solches Massengestein hervorbringen musste. Schliesslich identifizirt Herr Vacek die bayerisch-böhmischen Graphitlagerstätten kurzer Hand mit den steyrischen, ohne auch nur eine Begründung dieser Ansicht anzudeuten.

Ganz ähnlich verhält es sich mit den Einwänden, welche Herr Vacek meinen Untersuchungen über die Talklagerstätten entgegenstellt. Dass mir eine vollständige Serie von Uebergängen zwischen dem eigentlichen Graphitchloritoïdschiefer und reinem Talk vorliegt, wie man dieselben auch in der Grube allenthalben beobachten kann, hält er nicht für beweisend für meine Annahme, dass der letztere als Pseudomorphose nach ersterem auftritt. Da vielmehr an anderen Stellen der Talk die Ausfüllung von Klüften bildet, so muss dies, trotz aller entgegengesetzten, auf ein ziemlich umfangreiches Material gestützten Beobachtungen meinerseits auch für die von mir beschriebene Lagerstätte der Fall sein. Es scheint Herrn Vacek unbekannt zu sein, dass Talkgesteine auch an anderen Orten als Umwandlungsprodukte von allen möglichen Gesteinen vorhanden sind, welche die Umbildungsprozesse ebenso räthselhaft erscheinen lassen, wie dies in Steyermark der Fall ist, und dass solche Umwandlungen stets nur in der Nachbarschaft granitischer Gesteine auftreten. Ich erinnere nur an das Specksteinlager von Göpfersgrün im Fichtelgebirge, wo Kalke und Dolomite, Quarz und Magnesiasilikate, thonerdereiche Phyllite und endlich der Granit selbst am Contact zu Speckstein geworden sind, wobei, ebenso wie in Steyermark, jedes Stadium des Ueberganges verfolgt werden kann, und die Prozesse ebenso schwer zu deuten sind. Ich möchte daher den Schlusssatz des Herrn Vacek auf dessen Auseinandersetzungen anwenden: „Solche Spekulationen stellen sich mit Vorliebe da ein, wo, wie oben gezeigt

wurde, eine eingehendere kritische Kenntniss der Thatsachen sowohl als der einschlägigen Literatur einigermaassen mangelt."

Die im zweiten Theil dieser Studien ausgesprochene Ansicht, dass die alpinen Graphitlagerstätten echte contactmetamorphische Bildungen sind, ist meines Erachtens durch die mannigfaltigsten Beobachtungen gestützt, während die entgegengesetzte Anschauung Theorie über Theorie häufen muss, um die Verhältnisse auch nur einigermaassen deuten zu können.

Viel schwieriger sind die Erscheinungen vom chemischen Standpunkt aus zu erklären, welche in den übrigen Gruppen der Graphitlagerstätten zu beobachten sind. Dass auf Ceylon, in Sibirien und in Cumberland der Graphit in Form echter Gänge auftritt, kann nicht bezweifelt werden. Auch im Passauer Gebiete, sowie bei Triconderoga kommen Gänge von Graphit hin und wieder vor, vorherrschend aber ist hier die lagerartige Form des Auftretens, welche schliesslich in Böhmen allein vorhanden ist. Vom Standpunkt der chemisch-geologischen Erklärung der genetischen Momente kann in dem Unterschied der Form der Lagerstätte ein prinzipielles Moment nicht erblickt werden, so sehr dies namentlich in der älteren Lagerstättenlehre immer und immer wieder betont wurde, in welcher der Unterschied zwischen Lager und Gang schliesslich zum stereotypen Prinzip des ganzen Systems geworden ist. Und doch ist es dem vorurtheilsfreien Beobachter an sich klar, dass die Entstehung der Klüfte in unseren Gebirgen in höchstem Maasse abhängig ist von der Struktur der Gesteine, welche von diesen Zerreissungen betroffen wurden. In richtungslos körnigen Gesteinen durchsetzen die Kluftsysteme in beliebigen Richtungen die Gesteine, in Schiefern werden Zerreissung und Gleitung hauptsächlich der Schieferfläche parallel gehen, und wenn dann Neubildungen die so geöffneten Hohlräume erfüllen, so entsteht in einem Fall ein Gang, im anderen aber ein normales Lager. Bei den Zusammenschiebungen innerhalb unserer Erdkruste werden Thonschiefer gleichmässig gebogen und gefaltet, wobei sich ihr Gefüge besonders leicht an den Sätteln und Mulden löst, sprödere Gesteine werden im innersten Gefüge zermalmt, und die jüngeren Bildungen nehmen im ersten Fall recht regelmässige Formen an, im zweiten dagegen imprägniren sie gleichmässig das ganze Gestein.

Dass im Passauer Graphitgebiet der Graphit keinen ursprünglichen Gesteinsbestandtheil darstellt, das erscheint nach der ganzen Art des Auftretens dieses Minerals in den „Graphitgneissen" nicht zweifelhaft. In dem ersten Theil dieser Studien wurden dafür zahlreiche Beweise angeführt, deren Wiederholung ich mir hier sparen kann, und von welchen nicht ein einziger eine sachliche

Erwiderung erfahren hat. Die weitgehende Zersetzung der graphitführenden Gesteine, welche von Anfang an als besonders wichtig hervorgehoben wurde, bildet eine so charakteristische Erscheinung für diese Gruppe von Graphitlagerstätten, dass ein genetischer Zusammenhang zwischen der Bildung des Graphites und diesen Umwandlungsprozessen angenommen werden muss. Trotz der auf weite Entfernungen hin ausserordentlich einförmigen geologischen Beschaffenheit des bayerischen Waldes finden wir diese Veränderungen nur da, wo Graphit auftritt und selbst in weiterer Entfernung vom eigentlichen Graphitgebiet so z. B. in der Gegend von Bodenmais ist das Auftreten des Graphites verbunden mit den intensivsten Erscheinungen der Gesteinszersetzung. In Böhmen finden wir ganz denselben Grundzug wieder, intensive Gesteinsveränderungen, wie sie unter normalen Verhältnissen nicht beobachtet werden, und die zu den gleichen Resultaten führen, wie im Passauer Gebiet, bezeichnen auch hier das Auftreten des Graphites. Und wenn man endlich im Nebengestein der Graphitgänge von Ceylon ganz dieselben Umwandlungsprodukte wiederfindet wie in diesen beiden Gebieten, so liegt der Schluss nahe, dass ein inniger genetischer Zusammenhang zwischen dem Graphit und diesen Neubildungen besteht, zumal unter letzteren Substanzen vorhanden sind, welche wie der Nontronit zu den sehr seltenen Vorkommnissen zählen. Der Typus dieser Graphitlagerstätten wird durch die in ihrer Umgebung auftretenden intensiven Zersetzungserscheinungen bezeichnet, welche natürlich in dem in seinem ganzen Gefüge zertrümmerten Passauer Gneiss in viel weiterem Umfange auftreten, als in dem festen, gleichmässig kompakten Granulit von Ceylon. Aber dieser Unterschied ist weniger in einer Verschiedenheit der graphitbildenden Prozesse gegeben, und jeder Versuch, die Entstehung des Graphits in diesen Lagerstätten zu deuten, muss gleichzeitig auch eine einfache Erklärung für diese Gesteinsumwandlungen gestatten.

Wenn wir die Chemie des Kohlenstoffes betrachten, so finden wir eine ganze Reihe von Methoden zur künstlichen Darstellung von Graphit, von welchen namentlich in neuerer Zeit einige für die technische Gewinnung des Minerals in grösserem Maasse dienen.

Die älteste Methode zur Darstellung von Graphit ist die Ausscheidung desselben aus mit Kohlenstoff übersättigten geschmolzenen Metallen; in gleicher Weise scheidet sich der Graphit auch aus kohlenstoffführenden Silikatschmelzen z. B. den Hochofenschlacken aus, doch können diese beiden Vorgänge für die natürlichen Prozesse nicht in Frage kommen, weil hier in den Anreicherungen von Graphit das Lösungsmittel fehlt. Unter der Einwirkung des elektrischen Bogens wird ferner amorphe Kohle zu Graphit, wie aber schon oben gezeigt

wurde, können so enorm hohe Temperaturen, wie sie dabei vorhanden sind, in den natürlichen Prozessen nicht angenommen werden.

Unter Verhältnissen, welche in natürlichen Prozessen einigermaassen wahrscheinlich gemacht werden können, lässt sich Graphit aus drei verschiedenen Gruppen von Kohlenstoffverbindungen darstellen, dem Acetylen, dem Cyan und dem Kohlenoxyd, also aus sog. ungesättigten Verbindungen. Das Acetylen liefert unter der Einwirkung von Wasserstoffsuperoxyd Graphit bei einer Temperatur von circa 150°. Natürliche Emanationen von Wasserstoffsuperoxyd, welches in diesem Fall zur Oxydation der Eisenverbindungen noch in Ueberschuss vorhanden gewesen sein müsste, lassen sich kaum wahrscheinlich machen, anderntheils kann man auf diesem Wege die Umwandlungsprozesse nicht erklären, da neben Graphit nur Wasser entsteht, so dass das Acetylen als Ursache der Graphitbildung in den bayerisch-böhmischen Lagerstätten sicher nicht, in sonstigen wohl kaum in Frage kommt. Auch aus Cyanverbindungen bildet sich nicht allzuschwer Graphit, so beim Eindampfen der Mutterlaugenreste des Leblancprocesses. Auch die Paragenesis von Stickstoffcyantitan mit Graphit, welche sich beim Verschmelzen titanhaltiger Eisenerze nicht selten bildet, macht einen ähnlichen Prozess nicht unwahrscheinlich. In diesem Zusammenhang muss darauf hingewiesen werden, dass in den Gängen Ceylons und in deren verändertem Nebengestein ebenso wie in den Graphitgneissen im bayerisch-böhmischen Gebiete der Rutil eine charakteristische Neubildung darstellt, welcher in den unveränderten und graphitfreien Gesteinen keine Rolle spielt, mit dem Graphit und den begleitenden Zersetzungserscheinungen aber sich allenthalben einstellt. In den alpinen Graphitlagerstätten ist allerdings Rutil auch vorhanden, aber hier sind alle Gesteine, graphitreiche wie graphitfreie, gleichmässig in geringem Maasse rutilführend, dieses Mineral ist hier somit nicht an das Auftreten des Graphites gebunden.

Nehmen wir an, der Graphit in den beschriebenen Lagerstätten habe sich aus cyanhaltigen Gasen oder Lösungen gebildet, so sind die intensiven Zersetzungserscheinungen in den Gesteinen zwar leichter verständlich; für das Auftreten grösserer Mengen von eisenoxyd- und mangansuperoxydhaltigen Mineralien ist aber auch dann keine Erklärung gegeben. Diese finden wir nur, wie schon im ersten Theil dieser Abhandlungen gezeigt wurde, wenn wir als Ursache der Graphitbildung das Kohlenoxyd und dessen Verbindungen mit den Schwermetallen, die sog. Carbonyle, heranziehen. Aus Kohlenoxyd wurde Graphit schon frühe im Laboratorium dargestellt und die Bildung dieses Minerals aus Kohlenoxydverbindungen ist bei Hochofenprozessen in höchstem Maasse wahrscheinlich. Wenn die Chamotten der Hochöfen winzige

Körnchen von Schwefelkies enthalten, so entwickeln sich innerhalb derselben im Anschluss an den Schwefelkies kleine Knötchen von Graphit mit Eisenoxyd unter gleichzeitiger Zerstörung und Zersprengung des Steines, ein Prozess, der sich verhältnissmässig rasch abspielt und auf kohlenoxydhaltige Gase zurückgeführt werden muss. Die Bildung des Graphites aus Kohlenoxydverbindungen ist besonders wahrscheinlich: erstens, weil die Metallcarbonyle sehr leicht zersetzbar sind, zweitens, weil sie leicht flüchtig sind, drittens, weil bei ihrer Zersetzung Imprägnationen mit Metalloxyden auftreten können und viertens endlich, weil sich gleichzeitig Kohlensäure bildet, durch welche die Zerstörung der Gesteine ermöglicht wird. Die Annahme, dass das Kohlenoxyd und Kohlenoxydverbindungen der Metalle vielleicht auch gemengt mit Cyanverbindungen in irgend einer Form, gasförmig oder in Lösung, im Gefolge der vulkanischen Thätigkeit aus der Tiefe emporgestiegen sind, und den Anlass zur Bildung dieser Graphitlagerstätten gegeben haben, besitzt den Vortheil, dass man alle Erscheinungen, welche die Lagerstätten darbieten, auf diesem Wege am einfachsten und ungezwungensten erklären kann.

Ist es aber erlaubt, die Gegenwart von Cyanverbindungen bei der Bildung des Graphites als wahrscheinlich anzunehmen, so kann, wie schon früher erwähnt, ein geringer Gehalt an Stickstoff in diesem Mineral nicht mehr als ein Beweis für die organische Entstehung des Graphites gelten.

Wenn wir so die wichtigsten Vorkommnisse von Graphit überblicken, deren Verhältnisse durch die bergbauliche Gewinnung gut aufgeschlossen sind, so finden wir, dass weitaus am häufigsten der Graphitgehalt der Gesteine sekundär im Zusammenhang mit vulkanischen Prozessen zugeführt wurde, und dass wir in dieser weitverbreiteten Weltgruppe, welche zwischen dem eigentlich gangförmigen Auftreten und demjenigen von echten Imprägnationslagern alle Stadien durchschreitet, das typische Bild einer postvulkanischen Erscheinung vor uns haben, welche in Verbindung mit sehr verschiedenen Massengesteinen auftreten kann, und in deren Begleitung charakteristische Gesteinsumwandlungen allenthalben zu verfolgen sind. Im Gegensatz dazu haben wir eine zweite Gruppe von Vorkommnissen, in welchen der Graphit aus primären Gesteinsbestandtheilen sich enwickelte, und in denen jede Spur ähnlicher postvulkanischer Prozesse fehlt.

Aber auch diese letzteren Bildungen erwiesen sich nicht als Glieder der krystallinischen Schieferformation, in deren

Graphitgehalt man etwa den Ursprung des organischen Lebens auf unserer Erde erblicken könnte, sondern vielmehr als wohlbestimmbare Ablagerungen von carbonischem Alter. Auch für die Anschauung, dass Kohle ganz allmälich durch alle möglichen Zwischenstufen zu Graphit werde, wie dies die Theorieen der Regionalmetamorphose und Dynamometamorphose verlangen, bringen diese Untersuchungen keinerlei Beweis; denn dass auch in den alpinen Graphitlagerstätten keine dynamometamorphen Bildungen, sondern eigentliche Contactgesteine vorliegen, das ergibt sich aus dem Gebundensein dieser Umwandlungen an das Auftreten des Centralgranites, von dessen gewaltigen Massen doch wohl auch eine contactmetamorphosirende Wirkung erwartet werden muss.

Kurzum, die Beobachtungen in den Graphitlagerstätten der verschiedensten Art beweisen mit Sicherheit, dass der Graphit nicht das normale Endglied der Reihe der Kohlengesteine darstellt, dass Kohle nicht durch allmählich wirkende Prozesse zu Graphit wird, sondern dass stets besonders energische Spuren vulkanischer Thätigkeit zu verfolgen sind, wo es zur Bildung von Graphit gekommen ist.

Tafelerklärung.

Tafel V.

1. Augitkrystall, randlich in Spinell aufgelöst. Ragedara.
2. Granatkrystalle und Spinell; um die Granatkrystalle ein Rand von Feldspath, welcher von Spinell durchwachsen ist. Ragedara.
3. Zerbrochener Krystall von Biotit aus der Nähe eines Graphitganges von Pushena.
4. Hornblende und Biotit von Quarz durchwachsen. Hornblendegranulit von Ampe.
5. Durchwachsung von Plagioklas und Quarz; Quartz vermiculé. Ragedara.
6. Desgleichen in der Nähe des Graphitganges; der Feldspath ist in Nontronit umgewandelt. Pushena.

Tafel VI.

1. und 2. Structure granulitique im Granulit von Pushena.
3. bis 6. Durchwachsung zweier Feldspathe. 3. und 4. aus frischem Granulit von Humbuluwa; 5. aus der Nähe des Graphitganges in beginnender Zersetzung, ebendaher; 6. feinfaserig aus frischem Granulit von Ragedara.

Tafel VII.

1. Adern von amorpher Substanz im Plagioklas in der Nähe eines Graphitganges von Humbuluwa.
2. Plagioklas in der Nähe eines Graphitganges in zwillingslamellirte Aggregate zersetzt. Humbuluwa.
3. Graphitblättchen in der Nähe eines Ganges durch Feldspath hindurchsetzend, mit Rand von glimmerartigen Aggregaten. Humbuluwa.
4. Graphit im Glimmer des Nebengesteins eines Ganges. Humbuluwa.
5. Grenze eines Graphitganges gegen das Nebengestein. Letzteres ist ziemlich stark zersetzt und der Graphit dringt von dem Gang aus herein. Pushena.
6. Graphit in gleichmässiger Vertheilung in einem Gesteinseinschluss aus einem Graphitgang von Pushena.

Fig. 1

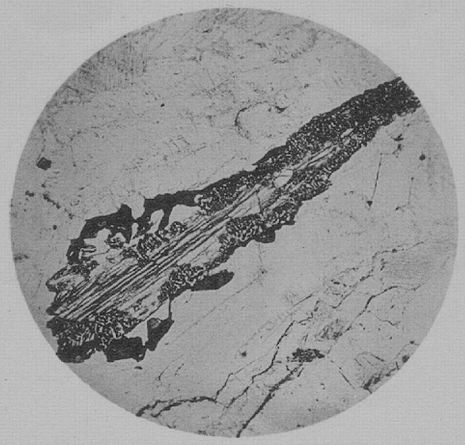


Fig. 2

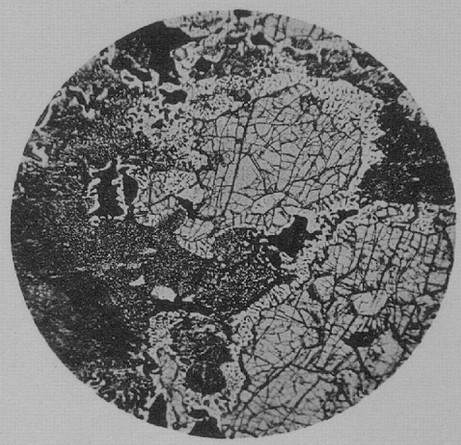


Fig. 3

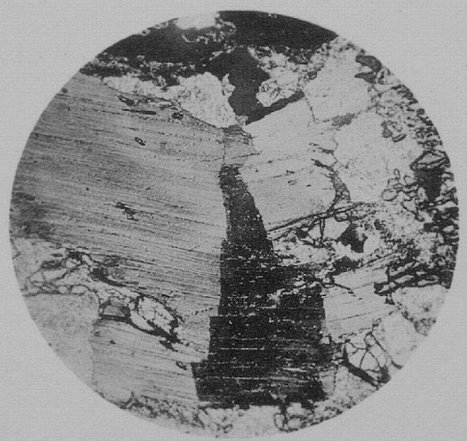


Fig. 4

Fig. 5

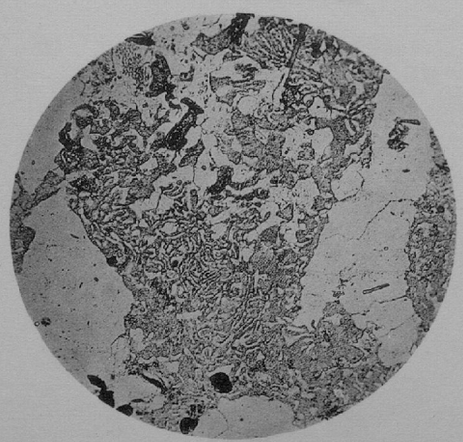


Fig. 6

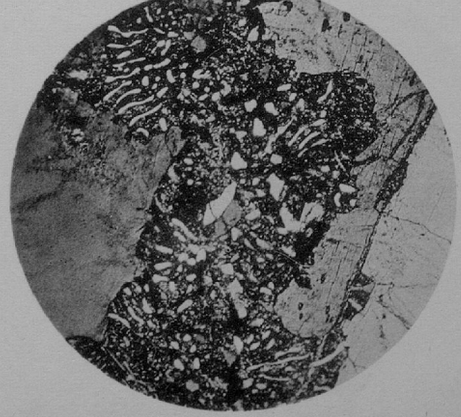


Fig. 1

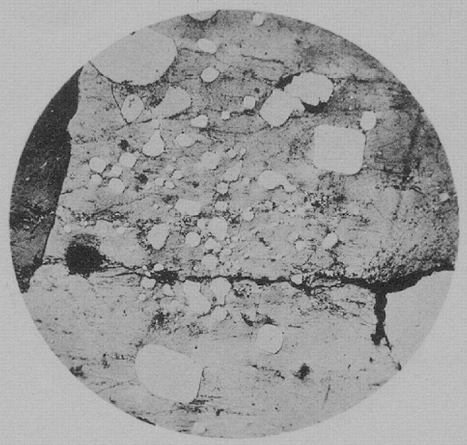


Fig. 2

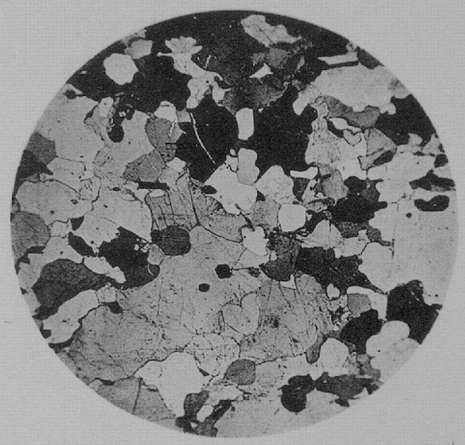


Fig. 3

Fig. 4

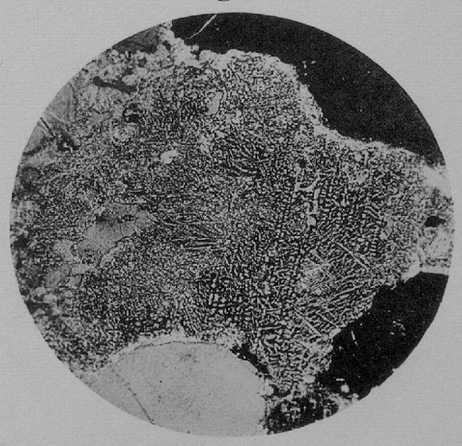


Fig. 5

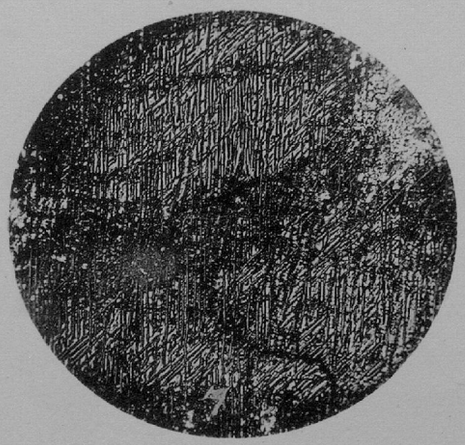


Fig. 6

Fig. 1

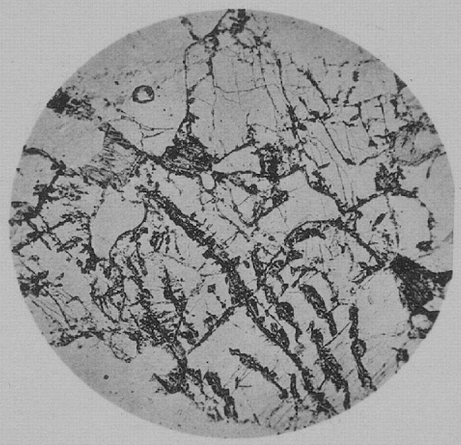


Fig. 2

Fig. 3

Fig. 4

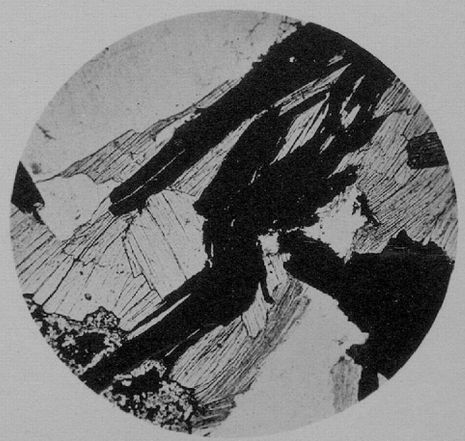


Fig. 5

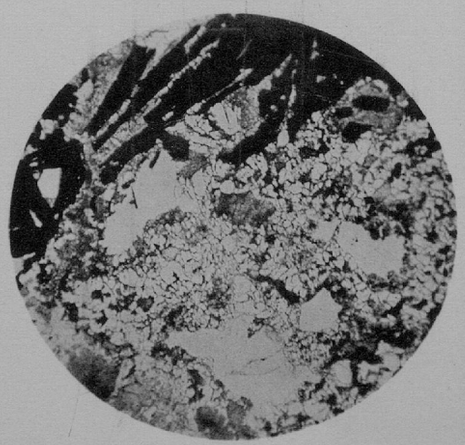


Fig. 6