

Zur
Kenntniss der Graphitlagerstätten.

Chemisch-geologische Studien

von

Ernst Weinschenk.

II. Alpine Graphitlagerstätten.

(Anhang: Die Talkschiefer und ihr Verhältniss zu den Graphitschiefern.)

(Mit 2 Tafeln.)

VERGLEICHENDE GEBIRGSKUNDE

18

1882

(Zusatz: Die Tektonik und die Vorgänge in der Erdkruste)

II. Alpine Gebirgsgebilde

Einige Beispiele

1882

Chemische-geologische Studien

Kenntnis der Gebirgsgebilde

XVI

In der sogenannten „Schieferhülle“ der Centralalpen sind graphitführende Schiefer weit verbreitet. Doch ist nur selten der Graphitgehalt in einem Maasse angereichert, dass eigentliche Graphitlagerstätten entstehen, in welchen eine bergmännische Gewinnung von Graphit stattfinden kann. Vielmehr handelt es sich im Allgemeinen um schwarze, abfärbende glimmerschieferartige Gesteine, welche durch Uebergänge mit den umgebenden graphitfreien Schiefen verbunden sind.

Abgesehen von ganz untergeordneten Vorkommnissen im Gebiete des Monte Rosa, speziell im Antronathal, sind nur in den östlichen und den westlichen Ausläufern der Alpen bedeutendere Einlagerungen von Graphit bekannt geworden, welche aber in ihren geologischen Verhältnissen soviel Aehnlichkeit mit einander aufweisen, dass sie unzweifelhaft einem und demselben Typus von Lagerstätten zuzuzählen sind, der indess durchaus nicht auf den Alpen beschränkt zu sein scheint, sondern eine ziemlich weit verbreitete Weltgruppe darstellt. Die Varietäten des in diesen Lagerstätten auftretenden „harten“ Graphites, der weiter unten charakterisirt wird, zeigen einen so bezeichnenden Habitus, dass es mir, auch ohne die näheren Umstände des Vorkommens zu kennen, erlaubt erscheint, aus dem Auftreten solcher Graphite allein schon auf die Zugehörigkeit eines Vorkommnisses zu dieser Gruppe zu schliessen. Derartige Proben erhielt ich z. B. durch die Freundlichkeit von O. A. Derby von Barreiros bei Minas Novas in Brasilien, und ganz ähnlich scheinen auch die Verhältnisse bei Wlady-Kawkas im Kaukasus zu sein.

Was die alpinen Vorkommnisse speziell betrifft, so werden diese am Nordabhang der östlichen Ausläufer der Niedern Tauern, der sogenannten Rottenmanner Tauern in Steyermark in grösserem Maasse ausgebeutet, wo ein Streifen von schwarzen Schiefen mit eingelagerten Graphitflötzen im Oberennsthal beginnend, dem Palten- und Liesingthal entlang sich

bis zum Semmering hinzieht. In den westlichen Alpen sind es vor allem die Ausläufer der Meeralpen an der ligurischen Küste, der sogenannte ligurische Appennin, welcher namentlich im Thale der Bormida bei Bagnasco sehr umfangreiche Lagerstätten von Graphit umschliesst, ferner die südöstlichen Theile der kottischen Alpen, wo in den Waldensertälern bei Pinerolo unweit Turin ein ziemlich lebhafter Bergbau auf Graphit betrieben wird.

Wenn auch die vorherrschenden Begleitgesteine — im Westen quarzistische Bildungen von enormer Mächtigkeit, im Osten sehr viel weniger mächtige, phyllitartige Schiefer — einen gewissen Unterschied nicht verkennen lassen, so sind doch die Verhältnisse derselben so übereinstimmend, dass es gerechtfertigt erscheint, diesen Unterschieden nur die Bedeutung von Faciesbildungen einer und derselben Formationsgruppe beizumessen, deren lokale eigenartige Ausbildung eines der zahlreichen interessanten geologischen Probleme darbietet, denen wir in den Alpen allenthalben begegnen. Eine eingehendere Besprechung und Zusammenfassung aller hier in Betracht kommenden Verhältnisse erscheint um so mehr am Platze, als frühere Untersuchungen stets nur die eine oder die andere Seite des Bildes beleuchteten und so nicht dazu gekommen sind, aus der Gesamtheit der Erscheinungen Schlüsse auf die genetischen Momente zu ziehen, welche sich gerade hier in allen Details verfolgen lassen, und deren eingehende Erörterung, wie die Folge zeigen wird, zahlreiche geologische wie petrographische Fragen ihrer Lösung näher führt, welche heute noch zu den am meisten umstrittenen gehören. Von den Vorkommnissen des ligurischen Appennins habe ich allerdings erst in der allerletzten Zeit Kunde erhalten, und von dort wurde mir nur eine kurze Beschreibung des Vorkommens des Graphites selbst, sowie eine Reihe von Proben mitgetheilt, die aber völlig mit denjenigen der Ostalpen übereinstimmen, welche ich allein genauer zu studieren Gelegenheit hatte. In den kottischen Alpen bot mir eine kurze Orientierungstour im vergangenen Sommer Gelegenheit eine ganze Reihe von Erscheinungen kennen zu lernen, welche mir auch in der Steyermark aufgefallen waren, und die sich dort für die Auffassung dieser Vorkommnisse als massgebend erwiesen. Auch die mikroskopische Untersuchung der Gesteine, welche den Graphit hier begleiten, zeigt eine so grosse Uebereinstimmung der beiden Vorkommnisse, dass ich dieselben für durchaus äquivalente Bildungen halten möchte. Doch beruhen die im Folgenden niedergelegten Beobachtungen und Erklärungsversuche für die Entstehung des „alpinen Typus“ der Graphitlagerstätten in der Hauptsache auf den Studien an dem steyrischen Vorkommniss, welches ich Dank dem

Entgegenkommen der dort massgebenden Persönlichkeiten an Ort und Stelle eingehender studieren konnte. Speciell dem Herrn Bergingenieur E. v. Miller in Graz, sowie den Herren Betriebsleitern Jenull in St. Michael und Rassauer-Scropek in Mautern bin ich für die umfassende Unterstützung, welche sie mir bei meinen Arbeiten zu Theil werden liessen, zu grossem Danke verpflichtet.

Die hauptsächlichste Literatur über die hier speciell in Frage kommenden Vorkommnisse, ist folgende:

- Paul, Graphit vom Paltenthal bei Rottenmann, Steyermark. Verh. geol. Reichsanst. 1871, 169.
 M. Vacek, Ueber die krystallinische Umrandung des Grazer Beckens. Ebenda 1890, 9.
 C. v. John, Ueber steyerische Graphite. Ebenda 1892, 413.
 D. Stur, Funde von untercarbonischen Pflanzen der Schatzlarer Schichten am Nordrande der Centralkette in den nordöstlichen Alpen. Jahrb. geol. Reichsanst. 1883, 33, 189.
 H. v. Foullon, Ueber die petrographische Beschaffenheit der krystallinischen Schiefer der untercarbonischen Schichten und einiger älterer Gesteine aus der Gegend von Kaisersberg bei St. Michael ob Leoben und krystallinischer Schiefer aus dem Palten- und oberen Ennsthal in Obersteiermark. Ebenda 207.
 J. W. Gregory, The Waldensian gneisses and their place in the cottian series. Quart. journ. 1894, 50, 232.
 S. Franchi und V. Novarese, Appunti geologici e petrografici sui dintorni di Pinerolo. Boll. com. geol. Ital. 1895, 26, 385 und 422.

Geologischer Ueberblick.

Die Zone phyllitartiger Gesteine, welche das Centralmassiv der Alpen namentlich auf seiner Nordabdachung in fast ununterbrochener Reihenfolge begleiten, ist in den östlichen Ausläufern der Niedern Tauern, den sogenannten Rottenmanner Tauern, vom Oberennsthal beginnend bis an den Semmering in einer westöstlichen Erstreckung von nahezu $1\frac{1}{2}$ Breitengraden ausgezeichnet durch das Auftreten mehrerer Horizonte schwarzer, abfärbender Schiefer, welche nach den Untersuchungen von Foullon als graphitführende Chloritoid-schiefer anzusprechen sind. Diese wechsellagern mit eigentlichen Phylliten bald von mehr glimmerschieferartigem Habitus, bald mehr vom Aussehen ächter Glanzschiefer, welche als Glimmerschiefer, als Thonglimmerschiefer oder als Phyllite schlechtweg bezeichnet wurden, und die in ihrer äusseren Erscheinung völlige Uebereinstimmung aufweisen mit den Schiefern, welche man sonst in der „Phyllitzone“ der Alpen zu beobachten gewohnt ist. Weniger mächtige Zwischenlagerungen von Chloritschiefern und Kalken vervollständigen hier wie anderwärts das geologische Bild, welches diese Formationsreihe darbietet.

Diese Gesteine, die sonst für den Geologen wie für den Petrographen eine durchaus räthselhafte Erscheinung darbieten, und für welche im Allgemeinen eine einigermaassen annehmbare Deutung nur durch Analogie mit vereinzelt, besser charakterisirten Vorkommnissen möglich ist, mit welchen sie durch Uebergänge verbunden sind, erreicht hier, namentlich im Bereich der schwarzen Schiefer selbst ein besonderes Interesse durch das Auftreten technisch verwerthbarer Einlagerungen von Graphit einestheils, welche innerhalb dieser Schiefer nach Art schwacher Flötze vorhanden sind, anderntheils durch glückliche Funde ziemlich wohl erhaltener Fossilreste, welche eine Feststellung des Alters der hier vorliegenden Formationsgruppe wenigstens mit einiger Sicherheit gestatten.

In solchen, allerdings seltenen Vorkommnissen, welche bei einem Versuchsbau auf Graphit im Pressnitzgraben unweit Kaisersberg bei St. Michael aufgefunden worden waren, gelang es Stur, eine Reihe von Pflanzenresten zu bestimmen, welche, obwohl zum Theil schlecht erhalten, es doch wenigstens

in höchstem Grade wahrscheinlich machten, dass hier ein alpiner Repräsentant der sogenannten Schatzlarer Schichten vorliegt. Die besterhaltenen Pflanzenreste wurden bestimmt als:

Calamites ramosus,
Pecopteris lonchitica Bgt.,
 „ cf. *Mantelli* Bgt.,
Lepidodendron phlegmaria St.,
Sigillaria cf. *Horovskyi* Stur.

Auch mir liegen eine Reihe unzweifelhafter Carbonpflanzenreste vor, welche ich der Liebenswürdigkeit des Herrn E. v. Miller verdanke, der sie in seinem Graphitwerk im Leimser Graben, südlich von Kammern aufgefunden hat, einer Localität, welche wenig nordwestlich von dem ersten Fundorte liegt. Herr Professor Rothpletz hatte die Freundlichkeit, die einzelnen, ziemlich gut erhaltenen Reste zu bestimmen, worüber er mir Folgendes mittheilte: „der Erhaltungszustand der Pflanzenreste ist ausreichend zur Bestimmung des geologischen Horizontes. Neben einem *Sigillariab*bruchstück im *Aspidien*zustand liegen zweifellos die charakteristischen Leitfossilien des oberen Carbons, der sogenannten Ottweiler Schichten, in *Pecopteris arborescens* und *Neuropteris flexuosa* vor, welche das Auftreten der productiven Steinkohlenformation in den schweizer und französischen Alpen allenthalben charakterisiren; die Vorkommnisse von Leims gehören somit nicht der unteren, sondern vielmehr der oberen Etage des Obercarbons an.“ Die Pflanzenreste selbst finden sich in einem normalen Graphitchloritoidschiefer, welcher das Nebengestein einer Graphiteinlagerung bildet, und der in Beziehung auf seine mikroskopische Beschaffenheit, seine krystallinische Structur, seinen Graphitgehalt in nichts von der normalen Ausbildung dieser Gesteine abweicht. Während aber weit- aus an den meisten Stellen diese dichten, schwarzen Schiefer eine intensive Faltung und Zusammenpressung erlitten haben, welche sich z. Th. durch den welligen Verlauf der Schichtung, z. Th. durch Transversalschieferung, z. Th. endlich durch feine Fältelung zu erkennen geben, sind die pflanzenführenden Gesteine ziemlich eben schieferig, wie auch die Pflanzenreste, welche mir aus dem Leimser Graben vorliegen, in keiner Weise die Verzerrungen und Veränderungen ihrer Form aufweisen, die Stur als charakteristisch für die Vorkommnisse aus dem Pressnizgraben anführt.

Wohl erhaltene Pflanzenreste, wie die hier beschriebenen, sind indess auch in Leims grosse Seltenheiten, und man findet viel häufiger auf den Schichtflächen ausgezogene Stengel, die eine einigermaßen sichere Bestimmung nicht

mehr zulassen, und die übergehen in dünne, glänzende Streifen, welche auf den Schichtflächen der stärker zusammengepressten Schiefer in grosser Anzahl vorhanden sind.

Jedenfalls ist als unzweifelhaft festgestellt anzusehen, dass die in ihrem ganzen Gefüge rein krystallinen Schiefer an der Nordabdachung des Rottenmanner Tauern gegen das Palten- und Liesingthal zu, einen Schichtencomplex von carbonischem Alter darstellen, der ursprünglich sich nur in Form von klastischen Sedimenten, von Thonschiefern, Sandsteinen, Conglomeraten und Kalken mit zwischengelagerten, wenig mächtigen Kohlenflötzen gebildet haben kann, und dessen krystallinische Natur eine secundäre, durch spätere Ereignisse erworbene Eigenschaft ist, Ereignisse, welche gleichzeitig die Umbildung der in diesen Gesteinen vorhandenen kohligen Substanz in Graphit bewirkten.

Stur weist vor allem auf die tektonischen Störungen hin, welche diese Metamorphose bewirkt haben sollten, die Verzerrungen, welche die von ihm untersuchten Fossilreste fast ausnahmslos zeigen, die Faltung und Fältelung der Schiefer und endlich die bedeutenden Dislocationen im Grossen, welche die Aufstauung der Alpen im Gefolge hatte, und auf welche später eingegangen werden soll. Auch Foullon findet in den Ergebnissen seiner petrographischen Untersuchungen zahlreiche Beweise für die Annahme einer dynamischen Metamorphose. So gilt denn heutzutage das hier in Betracht kommende Gebiet neben den schweizer Vorkommnissen vom Nufenen, Lukmanier etc. und neben dem norwegischen aus der Gegend von Bergen als hauptsächlichster Beweis für die Theorie des Dynamometamorphismus, für die Möglichkeit eines Uebergangs klastischer Gesteine in eigentliche krystallinische Schiefer durch die einfache Einwirkung mechanischer Kräfte, wie sie bei der Gebirgsfaltung sich entwickelt haben.

Betrachten wir in dieser Richtung die geologischen Verhältnisse etwas näher, so lassen sich diese am besten an zwei Profilen erläutern, welche von Herrn E. v. Miller aufgenommen und mir in liebenswürdigster Weise zur Verfügung gestellt wurden.

Profil Nr. 1 schneidet im westlichen Theil des Gebietes von Schwarzenbach im Paltenthal, östlich von Rottenmann ausgehend, annähernd in nordsüdlicher Richtung durch den als Sunk bezeichneten Graben bis zum Jagdhaus Hohentauern. Ein einfacher, fast ganz symmetrischer Sattel der als carbonisch anzusehenden Schichtenreihe wird auf seinem Südflügel überlagert von den gewaltigen Kalkmassen des Triebensteins, welche im Allgemeinen ziemlich dicht sind und eine äusserst massige Ausbildung aufweisen.

Diese Kalke, die sich von den wenig mächtigen, aber vollständig marmorirten Kalkeinlagerungen der carbonischen Ablagerungen selbst durch dichteres Gefüge und weniger rein weisse Farbe unterscheiden, werden im Allgemeinen als silurische Gesteine angesehen, was auf im höchsten Grade complicirte Lagerungsverhältnisse schliessen liesse, für welche in diesen Vorkommnissen keine recht charakteristischen Anzeichen vorhanden sind. Man findet hier vor Allem nirgends die bezeichnenden Rutschflächen und die Reibungsbreccien, welche sich bei so bedeutenden Massenbewegungen stets einzustellen pflegen, und da auch die Bestimmung des Schichtensystems selbst als silurisch nach einzelnen recht schlecht bestimmbar, durchaus nicht unzweifelhaften Fossilfunden einestheils nach der allgemeinen petrographischen Beschaffenheit der Gesteine andernteils nicht als einwandfrei zu bezeichnen ist, so dürfte es wohl noch weiterer Beweise bedürfen, um diese Frage endgiltig zu erledigen. Auch die Lagerungsverhältnisse in dem Profil durch den Talkbergbau Mautern, welches weiter unten folgt, und wo die Graphitschiefer ebenso wie hier von Kalken überlagert werden, sind nicht derart, dass man ohne dringende Beweise an eine Ueberschiebung glauben möchte.

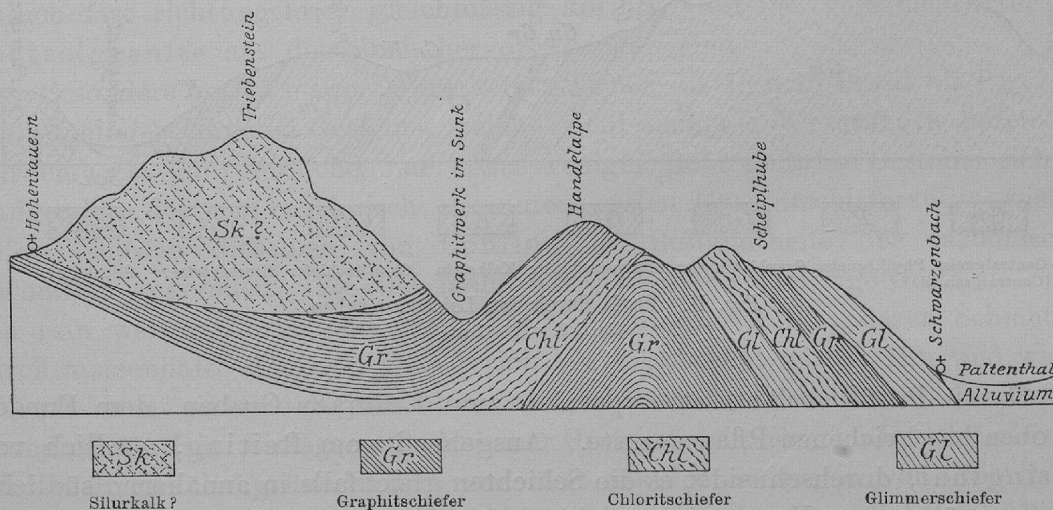


Fig. I. Profil durch den Graphitbergbau im Sunk.

Nach E. v. Miller.

Die Annahme vielmehr, dass es sich um permische Ablagerungen handelt, würde in viel natürlicherer Weise den hier beobachteten Verhältnissen entsprechen und die Analogie dieser Vorkommnisse mit jenen der ligurischen Küste noch mehr erhöhen. Ob schliesslich aus der dichten Beschaffenheit dieser Kalksteine, welche nur wenig mit dem Habitus contactmetamorpher Kalke übereinstimmt, sich ein Schluss auf das Alter des später zu besprechenden Centralgranits ableiten lassen

würde, wage ich nicht zu entscheiden. Dass in diesen Kalken als stockförmige Partie der sogenannte Pinolit auftritt, d. h. thonschiefer- oder phyllitähnliche Massen, welche ganz erfüllt sind von flachen Magnesitromboëdern, spricht durchaus nicht dafür, dass die Kalke jünger sind als die Intrusion des Granites selbst, sehen wir doch allenthalben in dem ganzen Gebiete die Umwandlung der verschiedenartigsten Gesteine in magnesiareiche Mineralcombinationen ausschliesslich an die Nähe des Intrusivgesteins gebunden, in welchem wohl auch die Quelle der magnesiahaltigen Lösungen selbst gesucht werden muss. Auffällig erscheint dabei immerhin der geringe Grad von krystallinischer Structur, welchen die Kalke selbst aufweisen und welche nur gegen die Pinolitmasse zu deutlicher hervortritt.

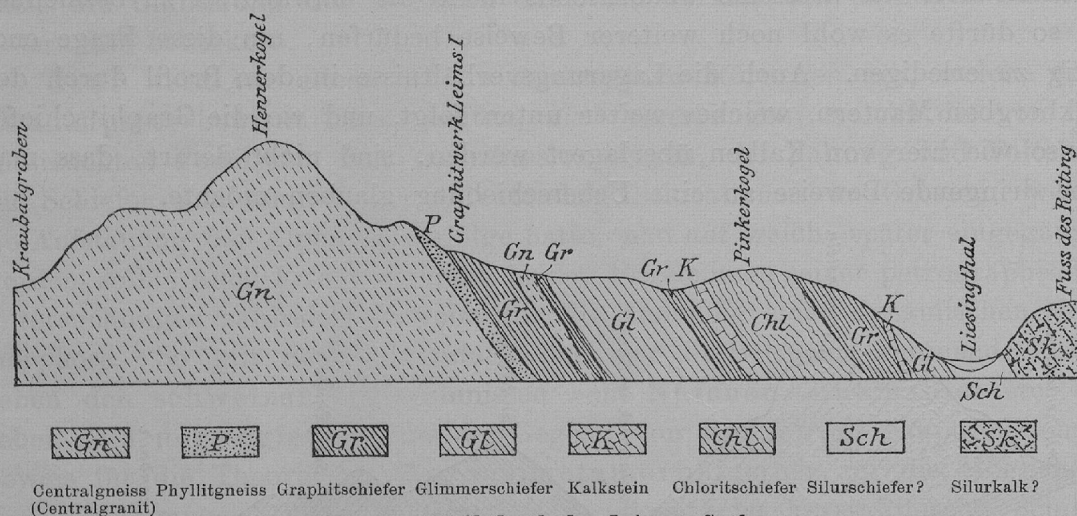


Fig. II. Profil durch den Leimser Graben.

Nach E. v. Miller.

Das 2. Profil verläuft etwa parallel zum Leimser Graben, dem Fundort der oben beschriebenen Pflanzenreste. Ausgehend vom Reiting, nördlich vom Liesingthal, durchschneidet es die Schichten gleichfalls in annähernd südlicher Richtung über den Hennerkogel bis zum Kraubatgraben, welcher letzterer bei Kraubat oberhalb St. Michael in das Murthal mündet. Das Bild ist hier etwas abweichend: an Stelle des normalen Sattels im ersten Durchschnitt ist hier das Einfallen der Schichten durchweg südlich, der Zusammenhang mit dem ersten Profil ist indess in den dazwischen liegenden Gräben zu verfolgen. Wir beobachten hier ebenso wie in dem ersten Profil, dass Gesteine von zweifelhaftem, silurischem Alter in sehr wenig veränderter Form den carbonischen Complex der glimmerschiefer- und phyllitartigen Gesteine über-

lagern. Gegen Süden zu liegen diese letzten concordant auf den als Phyllitgneiss und Gneiss bezeichneten Gesteinen auf, welche auch als wenig mächtige Einlagerungen zwischen den graphitführenden Schiefern selbst auftreten.

Dieses Profil zeigt fast vollständige Uebereinstimmung mit demjenigen von Stur, welches etwas weiter östlich aufgenommen ist, und die Beschreibung, welche Foullon von den Gesteinen dieses letzteren Durchschnittes gibt, lässt sich in allen Stücken auf diejenigen übertragen, welche im Leimser Graben und dessen südlicher Fortsetzung anstehen.

Der Gneiss lässt auch hier die porphyrtartige Entwicklung durch das Hervortreten einzelner Feldspathindividuen deutlich erkennen und die stenglige Structur, welche Foullon als besonders bezeichnend für die von ihm untersuchten Gneisse angibt, ist auch hier stellenweise sehr gut ausgebildet; als Ursache derselben erkennt man im Querbruch in grosser Anzahl langgestreckte Aggregate von Quarz. Je weiter man sich in dem Profil von der Grenze der carbonischen Schichten nach Süden entfernt, desto mehr verschwindet die stenglige Structur, die Gesteine werden normale plattige Bildungen von ziemlich lichter Farbe, etwas flaserig durch eingesprengte, grössere Feldspathaugen, bis endlich fast richtungslose, gleichmässig körnige Gesteine vom Charakter der Centralgranite aus denselben hervorgegangen sind.

Besonders beachtenswerth erscheinen ferner die in dem Profil als Phyllitgneiss eingezeichneten Gesteine, welche wohl auch als Weissstein bezeichnet wurden. Da ganz ähnliche, nur etwas weniger licht gefärbte Gesteine sich im Hangenden des als carbonisch erkannten ersten Graphitschieferzuges wiederholen, wurden dieselben von Foullon als Bestandtheile der carbonischen Formation angesehen. Es sind mehr oder weniger schieferige Gesteine, öfters von rein weisser Farbe und granulitartig dichtem Habitus, deren Schichtung durch massenhafte Häutchen von Sericit hervorgebracht wird. Hin und wieder erkennt man einzelne Kryställchen von schwarzem Turmalin in der lichten Grundmasse. Eine Einlagerung ähnlicher Gesteine zwischen den Graphitschiefern zeigt mehr graulichgrüne Farben und lässt das Vorhandensein von Chlorit und Biotit deutlich erkennen, sie ist wohl auch nicht ganz so dicht ausgebildet, wie die ersteren. Was die verschiedenen als Graphitschiefer, Glimmerschiefer, Graphitthonschiefer, Talkschiefer etc. ausgeschiedenen Gesteine betrifft, so sind dies insgesamt normale Phyllite in ihrem äusseren Habitus welcher je nach den Mengenverhältnissen der einzelnen Gesteinscomponenten ein ziemlich wechselnder ist. Namentlich die Menge des Graphites einestheils, der glimmerartigen Mineralien andererseits, bringen in Färbung und Glanz recht verschiedenartige Abänderungen hervor. Dass unter „Talkschiefer“

auch eigentliche Sericitschiefer subsummirt werden, ist eine häufige Erscheinung, doch trifft man hier in ganz ungewöhnlicher Verbreitung Neubildungen von Talk und von Asbest auf den Klüften der Schiefer, ja hin und wieder Umwandlungen der Graphitschiefer selbst in Talkgesteine in grossem Maassstabe.

Diese Schiefergesteine, welche durch Aufnahme von Chlorit und Amphibolmineralien auch in die wenig gut charakterisirten Chlorit- oder Grünschiefer übergehen, sind im Allgemeinen sehr dünnschieferig und auf die mannigfaltigste Weise gefaltet, zeigen aber transversale Schieferung nur ganz vereinzelt.

Es erübrigt nur noch über die Art des Auftretens und die Beschaffenheit des Graphites selbst in diesem Schichtenverbande einige nähere Angaben zu machen. Der Graphit findet sich in zwei Ausbildungsarten, beide in ihrer Lagerungsform völlig übereinstimmend und als eigentliche, aber schwache Flötze auftretend, beide äusserst dicht in ihrer Structur, so dass selbst der glänzende Strich, welchen sonstige Graphitvorkommnisse zu geben pflegen, hier häufig ganz vermisst wird. Und doch ist der gesammte Kohlenstoff in diesen Vorkommnissen ausschliesslich in der Form von Graphit vorhanden, und die namentlich von der k. k. geol. Reichsanstalt in Wien ausgehende Anschauung, dass hier nicht Graphit, sondern dem Anthracit nahestehende Varietäten vorliegen, steht im Gegensatz zu dem chemischen und physikalischen Verhalten der steyrischen Vorkommnisse. Selbst die allerdings nicht weiter begründete Ansicht von Foullon, dass nicht der gesammte Kohlenstoff in Form von Graphit vorhanden sei, findet in eingehenden chemischen Untersuchungen durchaus keine Bestätigung, vielmehr weisen sowohl das chemische Verhalten als auch die physikalischen Eigenschaften der in diesen flötzartigen Einlagerungen auftretenden Anreicherungen von Kohlenstoff auf das ausschliessliche Auftreten desselben in Form von Graphit hin, ganz abgesehen davon, dass die Technik die Verwerthbarkeit dieser Bildungen als Graphit in hohem Maasse erwiesen hat.

Der durchschnittliche Kohlenstoffgehalt des hier geförderten Materiales ist ein höherer, als derjenige der meisten Vorkommnisse von böhmischen Graphit, welch' letzterer aber in Folge seiner viel weiter zurückgehenden Geschichte allgemein in höherer Werthschätzung steht. Der aus den Graphitwerken zwischen Rottenmann und St. Michael ob Leoben in Steiermark herstammende Graphit ist für die Anfertigung von Gussformen, für Stahlschmelztiegel etc. dem böhmischen ein durchaus gleichberechtigter Nebenbuhler, ganz abgesehen davon, dass in den steyrischen Lagerstätten der Schwefelkies und überhaupt schwefelhaltige Mineralien, welche die Beschaffenheit des Schmelzflusses in so eminentem Maasse beeinflussen, ganz fehlen oder zum Mindesten

äusserst selten und auf einzelne, schon dem blossen Auge leicht sichtbare Nester beschränkt sind.

Der hier vorkommende Graphit ist entweder von ziemlich milder, erdiger Beschaffenheit, eine schwarze, glanzlose Masse, in welcher die mikroskopische Untersuchung neben dem vorherrschenden staubartig fein vertheilten Graphit einzelne Individuen derjenigen Mineralien zu beobachten gestattet, welche in den umgebenden Gesteinen die Hauptbestandtheile bilden, und die auch hin und wieder zu grösseren, steinigen Partien innerhalb dieser Bildungen zusammen-treten und dann besonders gerne allseitig von glänzenden Harnischen begrenzt sind. Oder aber der Graphit bietet den Anblick echter Anthracite dar, die kohlenartige Structur ist äusserlich völlig erhalten geblieben, und die Aehnlichkeit mit Anthracit ist sehr häufig eine so vollkommene, dass zahlreiche derartige Vorkommnisse bei der technischen Untersuchung direct für Anthracit erklärt wurden, und dass die Abnehmer sich auch heute noch weigern, diese oft sehr graphitreichen Gesteine im Naturzustande zu übernehmen, da eine Unterscheidung von Anthracit nach dem äusseren Ansehen selbst dem Geübten thatsächlich unmöglich erscheint. Bei genauerer Untersuchung aber lassen sich überall mit Sicherheit die Eigenschaften des Graphites in diesem Material nachweisen, auf welchen auch schon das metallartig kalte Anfühlen dieser Gebilde hinweist, welches der hohen Wärmeleitungsfähigkeit des Graphites zuzuschreiben ist. Diese Varietäten von Graphit sind ungewöhnlich hart und meist so in ihrem ganzen Gefüge zermalmt, dass es nur selten gelingt, grössere Stufen desselben zu fördern, sondern dass er zumeist schon in der Grube zu grobem Grus zerfällt. Erwähnenswerth ist ferner das Vorkommen blasiger, geradezu coaksähnlicher Varietäten von Graphit, deren Blasenräume durch erdigen, sehr reinen Graphit ausgefüllt sind, der in Folge seiner lockeren Beschaffenheit leicht herausfällt und dann die eigentlich schlackenartige Structur des Gesteins deutlich hervortreten lässt.

Wenn man ferner beobachtet, dass an Stellen besonders bedeutender geologischer Störungen stets der erdige, in Begleitung weniger stark dislocirter Gesteine, wie z. B. der oben beschriebenen pflanzenführenden Schiefer der harte Graphit auftritt, so wird man in den erdigen Varietäten nichts weiter sehen können, als durch den Gebirgsdruck völlig zermalnte und pulverisirte Abarten des anderen, welch' letzterer hinwiederum aus unzweifelhaften Kohlenflötzen hervorgegangen ist, deren carbonisches Alter die mit denselben vorkommenden pflanzenführenden Graphitchloritoidschiefer völlig ausser Frage stellen.

Um das Gesamtbild zu vervollständigen, sind noch Vorkommnisse conglomeratartiger Bildungen zu erwähnen, welche z. B. im Sunk als Begleit-

gesteine der Graphiteinlagerungen auftreten oder im Pressnitzgraben ohne solche aufgefunden wurden. Besonders instructiv sind abgerollte Bruchstücke dieser Gesteine, auf deren Oberfläche die harten, weissen bis graulichweissen Gerölle sich stark reliefartig von der dunklen, graphitreichen, glimmerschieferartigen Zwischenmasse abheben, ohne dass man aber irgendwo eine Auswalzung oder sonstige mechanische Störung dieser Geschiebe beobachten könnte, wenigstens nicht in höherem Maasse als dies auch sonst in normal entwickelten Ablagerungen carbonischer Conglomerate der Fall ist. Auch im Querbruch der Gesteine tritt durch den Unterschied der Farbe der graphitreichen Zwischenmasse und der graulichweissen Gerölle die Conglomeratstruktur noch deutlich hervor, während sie allerdings auf dem Schichtenbruch selbst kaum erkannt werden kann, da hier die Gerölle allenthalben von der dunklen Schiefermasse umgeben und überzogen sind und daher die Gesteine in dieser Richtung nur eine unebene Beschaffenheit besitzen.

Was bei dem Vergleich der hier beschriebenen Graphitlagerstätten mit denjenigen des bayerisch-böhmischen Grenzgebirges vor Allem auffällt, ist die Erscheinung, dass trotz der oft sehr intensiven Zertrümmerung, welche die steyrischen Gesteine erlitten haben, nirgends jene intensiven Zersetzungserscheinungen sich finden, welche dort in der Umbildung feldspathreicher Gesteine in Aggregate von Kaolin, Nontronit, Mog, Opal etc. verfolgt werden können. Während in den bayerisch-böhmischen Vorkommnissen Aggregate dieser Mineralien zu den bezeichnenden Begleiterscheinungen der Graphitbildung gehören und an das Vorkommen von Graphit geradezu gebunden sind, finden wir solche in den steyrischen Lagerstätten weder in den schieferigen Graniten selbst noch auch in Begleitung der Graphitflötze in den umgewandelten carbonischen Schiefern. Dagegen trifft man hier nicht selten ziemlich massenhafte Neubildungen von Talk in den Schiefern, welche an einzelnen Stellen zu einer vollständigen Umwandlung der Chloritoidschiefer zu Talk führten, die allerdings nicht, wie jene Zersetzungen genetisch direct an die Bildung des Graphits gebunden ist, aber doch jedenfalls eine sehr enge Verbindung mit den Processen aufweist, welche die carbonischen Schichtgesteine zu krystallinischen und graphitführenden Schiefern verändert haben.

Auch in den westlichen Alpen trifft man genau dieselben Umwandlungsprocesse in Verbindung mit den Graphitlagerstätten der Waldenserthäler bei Pinerolo. Der allmähliche Uebergang von chloritoidführenden Quarzphylliten in völlig reine Talkschiefer ist dort wie hier im Gebiet der Graphitvorkommnisse in hohem Maasse bezeichnend, und da andernteils die Beschaffenheit der verschiedenen Varietäten von Graphit, mit dem coaksartig schlackigen beginnend,

durch den harten Graphit bis zu den milden, zerreiblichen Abarten sich in gleicher Weise wiederholen, so weist schon das auf analoge genetische Verhältnisse der beiden Lagerstätten hin. Allerdings sind es ganz andere Gesteins-complexe, innerhalb deren die Graphitlagerstätten bei Pinerolo auftreten. An Stelle der Schiefergesteine, welche allerdings in Steyermark auch sehr quarzreich sind, die aber meist die schwarze Farbe des Graphits schon makroskopisch kennzeichnet, treten dort Bildungen, welche nach ihrem äussern Habitus als lichtgefärbte Gneisse erscheinen, in denen auch häufig genug die Augenstruktur der centralalpinen gneissartigen Granite deutlich hervortritt.

Betrachtet man diese Augen näher, so findet man, dass sie nicht wie in den granitischen Gesteinen aus Feldspath, sondern vielmehr aus körnigem Quarz bestehen, und dass ebenso auch die Zwischenmasse abgesehen von spärlichen glimmerähnlichen Mineralien fast nur Quarz erkennen lässt. Dann treten wenig mächtige, den Graphitphylliten schon äusserlich ähnliche Gesteine als Lagen in diesem sehr umfangreichen Complex umgewandelter Gesteine auf, innerhalb deren sich dann die Einlagerungen der Graphitflötze in derselben Weise wiederfinden, wie dies in den steyrischen Lagerstätten der Fall ist. Spuren organischer Reste konnten in den Ablagerungen bei Pinerolo nicht gefunden werden. Trotzdem scheint mir die Annahme, dass es sich in den Ablagerungen der kottischen Alpen ebenfalls um Bildungen von carbonischem Alter handelt, ziemlich unzweifelhaft zu sein. An Stelle der vorherrschend entwickelten Thonschiefer im Osten sind hier ungemein mächtige Sandsteine getreten, die uns heute in den augengneissähnlichen Quarziten vorliegen. Jedenfalls weisen alle Verhältnisse darauf hin, dass die ursprünglichen Gesteine, innerhalb deren die Graphitflötze auftreten, klastische Sedimente waren, dass ferner der Graphit in den flötzartigen Einlagerungen sich als ursprünglicher, aus Kohle hervorgegangener Gemengtheil charakterisirt, und dass endlich auch hier allenthalben die Nachbarschaft granitischer Gesteine zu beobachten ist, deren Auftreten mit demjenigen in Steyermark auf das Genaueste übereinstimmt.

Was endlich die Vorkommnisse Liguriens betrifft, so stehen dieselben in directen Beziehungen zu Sandsteinen und Conglomeraten mit eingelagerten ausgedehnten Anthracitflötzen, Ablagerungen, welche zwar so gut wie versteinungsleer sind, die aber von den Geologen schon lange als permocarbonische Schichten bezeichnet wurden. Gegen den „Gneiss“ zu sollen die phyllitartigen Entwicklungsformen dieser Gesteine und die Umbildung des Anthracites zu Graphit eintreten. Da ich die Vorkommnisse nicht selbst an Ort und Stelle studirt habe, würde ich auf diese Angaben an sich wenig

Gewicht legen, wenn sie nicht so vollkommen mit den Beobachtungen in den beiden anderen alpinen Gebieten übereinstimmen würden, und besonders die Beziehungen zum Gneiss scheinen mir auch hier besonders bemerkenswerth zu sein.

Wollte man aber auch Zweifel daran aufrecht erhalten, dass den Graphitlagerstätten der Westalpen dasselbe geologische Alter zukommt, welches für diejenigen der Ostalpen festgelegt werden konnte, so stellen doch jedenfalls die alpinen Graphitlagerstätten eine zusammengehörige Gruppe schon desshalb dar, weil der Graphit hier unzweifelhaft aus Kohle hervorgegangen, also organischer Entstehung ist und eingelagert ist in Gesteinen, deren ursprünglich klastischer Charakter nicht zweifelhaft und deren carbonisches Alter zum mindesten in viel höherem Grade wahrscheinlich ist, als vielleicht ein präkambrisches, welches man solchen Vorkommnissen so gerne zuschreiben möchte. Bezeichnend ist für diese Vorkommnisse das Auftreten blasiger, coaksartiger Ausbildungsformen, das Vorhandensein von Varietäten, welche äusserlich den Habitus echter Anthracite erhalten haben, und endlich die Verbindung mit Gesteinen, in welchen unzweifelhafte, an Ort und Stelle entstandene Neubildungen von Mineralien die ursprünglich klastische Structur zwar verhüllen, aber nicht ganz verdecken.

Petrographische Beschaffenheit.

Wie schon oben angedeutet, besitzen die Gesteine, welche hier die Graphitlagerstätten begleiten, eine ziemlich wechselnde Beschaffenheit, indess kann man, abgesehen von einzelnen, nicht unbedeutenden Serpentinmassen und von den untergeordneten Kalkeinlagerungen hauptsächlich zwei Typen unterscheiden, deren gegenseitige Beziehungen am besten dadurch ausgedrückt sind, dass man die einen als gneissartige Bildungen, die andern als phyllitartige bezeichnet. Schon Stur und Foullon haben diesen charakteristischen Unterschied hervorgehoben, und sie verlegen auch die untere Grenze der durch die Fossilfunde nachgewiesenen Carbonformation an die Grenze dieser beiden Gesteine und sehen die gneissartigen Bildungen als krystallinische Schieferformation an gegenüber den pflanzenführenden, carbonischen Phylliten. Die Grenzzone zwischen beiden bilden die Phyllitgneisse, die sich auch als Einlagerungen zwischen den Graphitschiefern wiederholen und desshalb als Bestandtheil der Carbonformation gedeutet wurden.

Sehen wir uns zunächst den Gneiss näher an, so beobachten wir in seinen obersten Schichten, dass das Gestein ziemlich reich an dunklem Glimmer

ist, eine sehr ausgesprochene Parallelstructur und hin und wieder eine eigentliche Stengelstructur aufweist, hervorgebracht durch langgestreckte Linsen von Quarz, die hier in ziemlich bedeutender Menge hervortreten. Ausserdem sieht man einzelne fleischrothe Augen von Feldspath. Handstücke, welche im Pressnitzgraben bei Kaisersberg etwas weiter von der Grenze entfernt geschlagen wurden, zeigen die Feldspäthe deutlicher krystallographisch begrenzt und in nicht zu geringer Anzahl aus der immer noch ziemlich dunkeln und dichten Grundmasse hervortretend; die stengelige Structur des Gesteins ist verschwunden und auch die Schieferstructur geht mehr und mehr verloren. In noch weiterer Entfernung gegen die Mitte des Gneisses ist das Gestein fast richtungslos körnig geworden und lässt bei normaler granitischer Beschaffenheit auch die porphyrtartige Structur nicht mehr erkennen. Einzelne dunkle Putzen, in den parallelstruirtten Gesteinen in die Länge gezogen, in den richtungslos körnigen von rundlicher Form, begegnet man allenthalben, ebenso wie schmalen Gängen dichter, weisser bis röthlich-weisser Gesteine vom Charakter der Aplite, ferner Andeutungen ähnlich vorkommender lamprophyrischer Bildungen, sowie solcher von pegmatitartiger Ausbildung. Vergleicht man mit diesen Verhältnissen die Erscheinungsweise des Centralmassivs in den Hohen Tauern, wie ich sie früher¹⁾ eingehend geschildert habe, so findet man hier in den östlichen Ausläufern der Alpen alle Eigenschaften wieder, welche ausschlaggebend für die Bezeichnung dieser Gesteine als Centralgranite gewesen sind.

Es wird nun ferner die Grenze zwischen diesem in den Randzonen parallelstruirtten, granitischen Centralmassiv von einem als Phyllitgneiss, Weissstein oder von Foullon nach seinen mikroskopischen Untersuchungen als Mikroturmalingneiss bezeichneten, lichten Gestein gebildet, das in der Hauptsache die Zusammensetzung eines Aplites aufweist, der wenig Turmalin enthält und durch dünne, sericitische Häutchen eine Schieferstructur angenommen hat. Unzweifelhaft erscheint in diesem Gestein das aplitische Salband wieder, das auch in den Hohen Tauern nicht selten den äussersten Rand der Granitmassive umsäumt. Das Auftreten ähnlicher Gesteine im Hangenden des ersten Graphitschieferzuges beweist keineswegs die genetische Zusammengehörigkeit dieser Gesteine mit den Graphitschiefern, sondern ist vielmehr als eine lagenartige granitische Apophyse zu deuten, welche sich im Uebrigen auch in

¹⁾ E. Weinschenk, Beiträge zur Petrographie der östlichen Centralalpen, speciell des Gross-Venedigerstockes. II. Ueber das granitische Centralmassiv und die gegenseitigen Beziehungen zwischen Granit und Gneiss. Diese Abhandl. 1894, XXVIII. Bd. III. Abth. 717.

Folge eines höheren Gehaltes an Chlorit und Biotit von dem als Salband auftretenden Aplit durch dunklere, grünlichgraue Farbe unterscheidet.

Die Zusammengehörigkeit dieser Bildungen beweist, ganz abgesehen von den mikroskopischen Eigenschaften, auch das Fehlen von Bestandtheilen, welche in den übrigen Gesteinen überall, wenn auch in sehr wechselnder Menge vorhanden sind, vor allem des Graphites und seines ständigen Begleiters des Rutils, sowie der von Foullon als so besonders bezeichnend erkannten Blättchen von Chloritoid.

Die mikroskopischen Untersuchungen liefern gegenüber den Studien von Foullon kaum etwas Neues. Bemerkenswerth erscheint die Ausbildung der stengeliger Quarzpartien, welche die eigenthümliche Structur der Randzonen des Granites hervorbringen. U. d. M. sind diese im gewöhnlichen Licht vollständig klar und einheitlich und bilden im Längsschnitt Schnüre, welche ununterbrochen fortlaufen, ohne dass innerhalb derselben einzelne Individuen anderer Mineralien vorhanden wären. Nur hin und wieder beobachtet man kleine Flecken in denselben, die eine unregelmässige Form und die Zusammensetzung der zwischen den Stengeln liegenden Gesteinsmasse aufweisen. Im polarisirten Licht bieten diese Quarzstengel das Bild intensivster Zermalmung, sie sind in kleine, eckig und zackig ineinander verzahnte, ganz verschieden orientirte Fetzen zerdrückt, deren Grenzen oft durch ein feines Gereibsel von Quarz angegeben sind; die einzelnen kleinen Bruchstücke zeigen dann in sich selbst wieder eine streifige Beschaffenheit, welche für stark gepressten Quarz so bezeichnend ist.

Zwischen diesen Quarzstengeln, an Menge ihnen etwa gleichkommend, befindet sich die normale Gesteinsmasse, ein plagioklasreiches, granitisches Gestein mit deutlicher Porphyrostructur, mit den Centralgraniten übereinstimmend durch den ungemein hohen Gehalt an Epidotmikrolithen und durch Blättchen von Chlorit, welche gerne mit dem dunkeln Glimmer zu Lagen zusammengehäuft sind, sowie dadurch, dass die Plagioklase zum Theil in ihrer ganzen Masse zum Theil in einzelnen Zonen vollgepfropft sind von Einschlüssen eines Muskowit-ähnlichen Minerals, sowie von Epidot und Klinozoisit, die in allen Richtungen durchaus unregelmässig und öfters in wohlbegrenzten, kleinen Kryställchen in dem vollkommen klar durchsichtigen und tadelloso frischen Feldspath liegen, eine Art des Auftretens, welche auch Foullon für unvereinbar mit der Annahme ihrer secundären Bildung aus dem Feldspath erklärte.

Die normale Beschaffenheit dieser granitischen Lagen wird vervollständigt durch das Vorhandensein einer Ausfüllungsmasse von Quarz, welcher meist

viel weniger stark gepresst ist, als derjenige der Quarzstengel und mit demselben auch keinen Zusammenhang zeigt.

Dem ganzen mikroskopischen Verhalten nach ebenso wie in der Anordnung im Grossen ist der Gneiss der steyrischen Graphitlagerstätten ein echter Centralgranit, welcher alle Anzeichen der Piëzokrystallisation deutlich erkennen lässt. Von den Centralgraniten des Gross-Venedigers oder des Zillerthals unterscheidet ihn vielleicht die etwas häufigere Ausbildung porphyrtiger Structur, sowie die eigenthümlichen Quarzaggregate, welche die stenglige Beschaffenheit der Gesteine bedingen, und welche wie schon ihr Mengenverhältniss zu den übrigen Gemengtheilen des Granites deutlich zeigt, nicht als ursprüngliche Bestandtheile des Gesteins angesehen werden dürfen. Die mikroskopische Beobachtung zeigt vollends aufs deutlichste, dass diese Quarzaggregate keinen Zusammenhang mit den übrigen Constituenten des Gesteins aufweisen, welche im Uebrigen die normale Zusammensetzung eines Centralgranites darstellen, so dass man sie als secundäre, spätere Infiltration ansehen muss, eine Erscheinung, welche in den Randzonen von Eruptivgesteinen nicht allzu selten angetroffen wird, und wie sie z. B. in ganz analoger Ausbildung wie hier in den äussersten Zonen der berühmten Quarzporphyre der Rofnaschlucht in Graubünden sich wiederholt.

Die „Phyllitgneisse“ oder die aplitische Randfacies unterscheiden sich von diesen Gesteinen durch das Zurücktreten des Biotits und dadurch hervorgebrachte lichtere Färbung. Bei seiner ziemlich dichten Structur kann man mit blossen Auge nur einzelne kleine Turmaline deutlich erkennen neben den Blättchen von Sericit, welche die Absonderungsflächen bekleiden. U. d. M. sieht man, dass der Plagioklas und mit ihm Epidot und Klinozoisit so gut wie ganz verschwunden sind, dass die Quarzstengel hier fehlen, und dass das Gestein aus einem gleichmässigen Gemenge von Quarz mit Orthoklas und Mikroklin besteht, in welchem einzelne wohlbegrenzte Turmalinmikrolithen, sowie Blättchen von Chlorit und Sericit erkannt werden können. Die Structur dieser Gesteine weist eine über das gewohnte Maass hinausgehende Zertrümmerung der einzelnen Gemengtheile nicht auf und hat überhaupt die Beschaffenheit eines normalen Aplites.

Ganz ähnlich ist auch das Gestein des Hangenden des ersten Graphitschieferzuges beschaffen, nur dass hier mit dem Biotit und Plagioklas auch die Epidotindividuen wiederkehren und kleine Fetzchen einer grünen Hornblende sich einstellen.

Das System der Phyllit-artigen Schiefer, welchem die pflanzenführenden Gesteine angehören, erweist sich als äusserlich ziemlich wechselnd,

doch trifft man überall den gleichen Grundzug wieder und der Wechsel im Aussehen beruht hauptsächlich auf den verschiedenen Mengenverhältnissen und der nicht gleichen Grösse der einzelnen Mineralindividuen. Einigermassen graphitreiche Gesteine erscheinen natürlich schwarz und besitzen je nach dem höheren oder niederen Gehalt an glimmerartigen Mineralien eine mehr matte oder mehr glänzende Schieferung, beim Zurücktreten des Gehaltes an Graphit wird auch die Farbe lichter, und derartige, meist lichtgraue Gesteine sind es, welche in den Profilen als Thonglimmerschiefer oder Glimmerschiefer bezeichnet sind, wobei die ersteren die Glimmerblättchen auf den Schichtfugen weniger deutlich hervortreten lassen. Andere Gesteine wieder besitzen durch das Hervortreten von Chlorit und Amphibolmineralien makroskopisch eine grünliche Farbe, dieselben werden als Chloritschiefer bezeichnet, würden aber bei der geringen Constanz ihrer mineralischen Zusammensetzung und namentlich dem sehr wechselnden Gehalt an Chlorit eher mit dem allgemeineren Begriff der Grünschiefer sich decken. Allen Gesteinen aber ist das eine gemeinsam, dass sie einen deutlich bis sehr vollkommen schiefrigen Habitus besitzen, und dass man mit blossem Auge ausser einzelnen glimmerähnlichen Blättchen keinen der übrigen Bestandtheile deutlich sieht. Es sind gleichmässig dichte Schiefer vom Charakter der Glanzschiefer oder der „schistes lustrés“, in welchen selbst die sonst hin und wieder vorkommenden grösseren Einsprenglinge von Granat, von garbenförmigen Hornblendeaggregaten etc. völlig fehlen. Eine Ausnahme hievon machen nur die schon oben als Conglomerate bezeichneten Gesteine, welche in einer den normalen Schiefern durchaus ähnlichen, meist durch einen hohen Gehalt an Graphit ausgezeichneten Grundmasse zahlreiche, rundliche bis faustgrosse Quarzgerölle von ziemlich lichter Farbe umschliessen, die im Bruch des Gesteins deutlich hervortreten, und an welchen man die gerundete und abgerollte Form der Quarzaggregate auf den ersten Blick deutlich erkennt. Doch sind die Vorkommnisse solcher Gesteine auf einen schmalen Streifen beschränkt.

Die Absonderung der phyllitischen Gesteine ist zwar meist sehr vollkommen dünnschieferig, aber nur selten, wie z. B. in denjenigen Varietäten, in welchen die Pflanzenreste aufgefunden wurden, einigermaassen eben; das Gewöhnliche ist eine intensive Fältelung und Zusammenfaltung, wobei aber stets Schieferung und Schichtung der Gesteine parallel verlaufen, so dass erstere nicht als transversale Schieferung aufgefasst werden darf. Nur in einzelnen Vorkommnissen, welche jenseits der Palten bei Dietmannsdorf und Kallwang in ziemlicher Entfernung von dem Centralmassiv auftreten, trifft man neben der ursprünglichen Schieferung eine zweite zum Theil ebenso

vollkommene, welche jene unter ziemlich spitzem Winkel durchschneidet. Die Gesteine, welche diese secundäre Schieferung aufweisen, lassen aber schon eine bedeutende Abnahme der krystallinischen Structur erkennen, welche makroskopisch durch den geringeren Glanz, u. d. M. durch eine äusserst dichte Beschaffenheit zum Ausdruck kommt, die eine Auflösung der Aggregate selbst bei sehr dünnen Schliffen und eine sichere Constatirung einer völlig krystallinischen Structur nicht mehr gestattet.

Die Mineralien, welche an der Zusammensetzung dieser Gesteine sich theiligen, wurden von Foullon schon eingehend beschrieben. Das wichtigste und hervortretendste ist der Quarz, neben welchem Feldspäthe, wohl meist Plagioklas in einzelnen grösseren Individuen beobachtet wurden. Dazu kommen: der in sehr wechselnden Mengen, aber wohl stets vorhandene Chloritoid, ferner Chlorit und sericitartiger Glimmer, ein bald farbloses, bald lichtgrün gefärbtes Mineral der Hornblendegruppe, Graphit in staubartig feiner Vertheilung, hin und wieder Kalkspath in unregelmässigen Fetzen, etwas Apatit und Zirkon, sowie in weitester Verbreitung Titansäureminerale und zwar Titaneisen, meist durch beginnende Leukoxenbildung kenntlich, Titanit in Krystallen und Körnern, die sich auch öfters zu breiten Schnüren zusammenlagern und endlich Rutil in meist gelb bis bräunlich durchsichtigen Krystallen und Körnern, die häufige Zwillingsbildung aufweisen, selten auch in Form der sogenannten Thonschiefernädelchen.

Der Quarz zeigt fast allenthalben die Anzeichen einer intensiven Zermahlung, am stärksten in den Quarzgeröllen der conglomeratartigen Gesteine. Ist in diesen auch die Mörtelstructur nicht in dem Maasse zum Ausdruck gekommen wie in den Quarzstengeln der Gneisse, so deuten doch schon die Umrisse der einzelnen Quarzkörner mit ihrer spitzeckigen Verzahnung und noch mehr die optische Beschaffenheit derselben die Zertrümmerung des Gesteines an. Die einzelnen Individuen, welche im Allgemeinen ziemlich einschlussfrei sind, zeigen die typische undulöse Auslöschung und daneben öfters noch eine geradezu faserige Beschaffenheit, welche zwischen gekreuzten Nikols und der Nähe der Auslöschungsstellung am deutlichsten hervortritt. Dabei sind aber die Umrisse dieser Rollstücke gegenüber dem Schiefermaterial scharf, und die abgerundete Form derselben lässt sich im Dünnschliff ebenso gut verfolgen wie bei der Betrachtung mit blossem Auge. Bemerkenswerth ist auch, dass die Quarzindividuen in diesen Geröllen der Einschlüsse des Graphites, die sonst allenthalben vorhanden sind, völlig entbehren, und dass nur hin und wieder zwischen den einzelnen Quarzkörnern eine als Graphit zu deutende opake Substanz auftritt.

Auch in der Grundmasse dieser Gesteine ebenso wie in den eigentlichen Schiefern weist der Quarz eine stark kataklastische Beschaffenheit auf, wenn auch selten in dem hohen Maasse wie in den Geröllen. Hin und wieder sieht man auch in den scheinbar dichten Gesteinen kleine, rundliche, stärker zertrümmerte Quarzpartieen, in welchen man vielleicht klastische Ueberreste des ursprünglichen Gesteins vermuthen darf. Meist aber bilden die Aggregate des Quarzes mit den Individuen der Sprödglimmer und dem in diesen Gemengtheilen stets vorhandenen Graphit eine ganz unregelmässig struirte Masse, in welcher eine Unterscheidung authigener und allotigener Quarzkörner undurchführbar ist, wie überhaupt sehr häufig in Folge der innigen Verfilzung der einzelnen Gesteinsgemengtheile und dem alles verdunkelnden Graphitstaub eine zuverlässige Bestimmung der krystallinischen Structur durchaus unthunlich ist. Jedenfalls aber findet man häufig genug in den einzelnen Körnern von Quarz, welche in diesen Schiefern auftreten, massenhaft Einschlüsse von staubförmigem Graphit.

Der Quarz bildet meistens den vorherrschenden Gemengtheil dieser Gesteine, doch tritt er auch manchmal gegenüber dem anderen Hauptbestandtheil, dem Sprödglimmer, welchen Foullon als Chloritoid bestimmte, in den Hintergrund. Dieses letztere Mineral ist in einzelnen Gesteinen recht wohl kenntlich, die hohe Lichtbrechung verbunden mit niederer, derjenigen des Quarzes ähnlicher Doppelbrechung und die im polarisirten Licht oft recht deutliche Zwillingslamellirung charakterisiren dasselbe, wenn es in vereinzelteren grösseren Individuen auftritt, neben der nicht sehr vollkommenen Spaltbarkeit aufs beste. Wenn aber der Chloritoid dicht verfilzte Aggregate und Membranen auf den Schichtflächen oder undeutlich radialstrahlige Anhäufungen bildet, die noch dazu mit Graphit durch und durch imprägnirt sind, dann wird seine Bestimmung hin und wieder recht zweifelhaft, gegenüber von gewöhnlichem Glimmer einestheils, gegenüber von einem in zahlreichen Gesteinen in ziemlicher Menge vorhandenen Amphibolmineral andererseits; das wie der Chloritoid selbst bald farblos bald lichtgrün und dann deutlich pleochroitisch ist, wobei nur noch die Untersuchung im convergenten Licht und die Bestimmung der Lage der optischen Axenebene in jedem einzelnen Fall zum Ziele führt. Dass aber auf diesem Wege ein einigermaassen sicherer Anhaltspunkt über die Mengenverhältnisse der beiden Mineralien sich kaum gewinnen lässt, liegt auf der Hand.

Wo der Chloritoid sicher bestimmbar ist, zeigt er die von Foullon angegebenen Eigenschaften, zu welchen noch ein deutlicher Pleochroismus von

graulichgrün in der der Spaltbarkeit zunächstliegenden Schwingungsrichtung zu lichtgelblich in der dazu normalen in einzelnen Fällen hinzukommt.

Die Blättchen des Chloritoid's ebenso wie diejenigen der übrigen glimmerartigen Gesteinsbestandtheile liegen der grossen Hauptmasse nach annähernd parallel zu den Schichten des Gesteins, wobei den Chloritoid gewöhnlich seine Neigung, radiale Aggregate zu bilden, einigermaassen auszeichnet. Wird er zum vorherrschenden Gesteinsbestandtheil, dann tritt auch die radiale Gruppierung der Blättchen deutlicher hervor. Indess finden sich auch häufig genug in unregelmässiger Lage innerhalb der einzelnen Schichten Blättchen und Aggregate von Sprödglimmer, welche dicht verwachsen sind, und die schliesslich geradezu eine Augenstructur der Gesteine hervorbringen, wie das Fig. 1 auf Tafel III deutlich erkennen lässt.

In einzelnen Gesteinen, welche äusserlich von den beschriebenen nur durch einen schwachen seidenartigen Glanz im Querbruch sich unterscheiden, beobachtet man im Dünnschliff ein durchaus abweichendes Verhalten. Man sieht zunächst in grosser Anzahl längliche Flecken, welche in Folge ihres hohen Graphitgehaltes selbst in dünnen Schliffen nicht durchsichtig werden, und die eingehüllt sind in ein Netzwerk von farblosen Adern, in welchen man neben körnigem Quarz von etwas kataklastischer Beschaffenheit zahlreiche leistenförmige Durchschnitte eines stärker lichtbrechenden und nicht stark doppelbrechenden Minerals erkennt, welches in zahlreichen Fällen alle Eigenschaften des Chloritoid's hat, in andern aber wieder eher mit Hornblende übereinstimmt. (Vergl. Fig. 3 auf Tafel III.) Diese leistenförmigen Schnitte stehen mit ihrer Längsaxe stets quer zur Richtung der Ader, und man wird diese Aggregate daher wohl als secundäre Infiltrationen in einem ursprünglich sehr graphitreichen Gestein ansehen dürfen, wie denn auch makroskopisch ähnliche Bildungen im Bereich dieser Schiefer nicht allzu selten gefunden werden. So liegt mir aus dem Leimsergraben eine Kluftausfüllung vor, in welcher neben weissem, derbem Quarz grössere, grüne Blätter von Chloritoid vorhanden sind, und Schnüre von Asbest, welcher zum Theil auch mit Quarz verwachsen ist, trifft man innerhalb des Graphites bei Kaisersberg in ziemlicher Verbreitung.

Die Bestimmung von Chlorit und Sericit ist ebenso wie diejenige des Chloritoids in einzelnen Fällen zweifellos, da aber öfters noch Talk hinzutritt und diese gesammten blättrigen Mineralien mit Graphitstaub imprägnirt zu dichten, unregelmässigen Membranen verbunden sind, so ist, wie schon oben auseinandergesetzt, eine Trennung derselben nicht in jedem einzelnen Fall durchzuführen.

Ueber den Feldspath ist nicht viel zu sagen; seine Individuen sind einzelt und charakterisiren sich durch die Zwillingsstreifung als Plagioklas. Manchmal stellen diese unregelmässig umgrenzten Körner die grössten einheitlichen Bestandtheile des Gesteines dar, welche selbst neben dem am stärksten zermalnten Quarz nur wenig von einer mechanischen Beeinflussung erkennen lassen. Von dem Plagioklas der granitischen Gesteine trennt ihn seine verhältnissmässige Armuth an Interpositionen, wie sie in dem Feldspath der Granite gewöhnlich sind. Dagegen findet man nicht selten, dass die kleinen Quarzkörnchen, welche öfters in einer Richtung langgestreckt, die Schichtung des Gesteins andeuten, ungehindert durch diese querliegenden Feldspathkrystalle hindurchsetzen, dadurch andeutend, dass der Feldspath eine jüngere Bildung in dem Gestein ist, wie das auch Rosenbusch schon mehrfach erwähnte. Auch der Kalkspath, welcher bald fehlt, bald sehr reichlich vorhanden ist, zeigt nur die gewöhnlichste Erscheinungsform.

Einige Worte verdient noch die Ausbildung des Rutils, welcher fast überall in regelloser Vertheilung vorhanden ist und meist in Form grösserer, gelber, nicht pleochroitischer Körner und Krystalle mit den gewöhnlichen knieförmigen Zwillingen auftritt. Nur in den dichten, mit Transversalschieferung versehenen Schiefern von Kallwang hat man ihn in den winzigen Individuen der „Thonschiefernädelchen“ in so normaler Ausbildung wie in irgend einem rheinischen Dachschiefer vor sich, und in den dünnen Schnüren, die aus Quarz und Chloritoid oder Hornblende bestehend, die Gesteine durchadern, sind langnadelige Krystalle von Rutil, welche gleichfalls quer zur Richtung der Adern stehen, weit verbreitet.

Durch allmähliches Vorherrschen des Chlorites und eines mit diesem immer verbundenen grünen Amphibols gehen aus diesen normalen Phylliten grüne Schiefer, gleichfalls von dichter, phyllitartiger Structur hervor, welche sich aber durchaus nicht etwa in der Weise, wie die Chloritschiefer der Hohen Tauern als eine abgeschlossene Gruppe den begleitenden Gesteinen gegenüberstellen, sondern sich in allen ihren Eigenschaften als Varietäten dieser charakterisiren. Auch die Einlagerungen von Kalk zeigen keine principiellen Unterschiede, sie gehen ganz allmählich aus Kalkchloritoidschiefern hervor, welche auch in dem östlichen Theil des Gebietes in ziemlicher Ausdehnung vertreten sind, was hier gegenüber der Angabe von Foullon festgestellt werden soll, dem sie nur aus dem westlichen Theile vorlagen.

Die sogenannten silurischen Kalke dagegen entbehren der Beimengung des Chloritoids, wie überhaupt in den Schliffen des Kalkes vom Triebenstein ausser einzelnen Apatitkrystallen neben den Carbonaten keine weiteren Gemeng-

theile erkannt werden konnten; doch sind diese Gesteine, trotz ihres äusserlich dichten Ansehens in ihrer mikroskopischen Beschaffenheit durchaus als krystallinische Gesteine gekennzeichnet.

Zum Schlusse dieser petrographischen Betrachtung der die Graphitlagerstätten begleitenden Gesteine möge noch eine kurze Charakterisirung zweier Gesteine Platz finden, welche zwar direct mit den Graphitlagerstätten nicht in Beziehung stehen, aber doch zur Vervollständigung des geologischen Bildes beitragen. Es sind dies die schon mehrfach erwähnten Pinolite und die Vorkommnisse von Serpentin. Unter dem Namen der Pinolite versteht man bekanntlich Gesteine, welche in einem mehr oder weniger stark zurücktretenden dunkeln, thonschieferähnlichen Bindemittel in grosser Anzahl flache, sattelförmig gewundene und abgerundete Krystalle von Magnesit umschliessen, die beim Zerschlagen des Gesteines in Formen hervortreten, welche mit Pinienüssen verglichen wurden. Die schöne Farbenzeichnung, welche diese Gesteine durch den Contrast des weissen Magnesits mit der schwarzen Grundmasse besitzen, hat schon mehrfach Versuche veranlasst, dieselben als Ornamentsteine zu verwerthen, indess hat sich in Folge der vollkommenen Spaltbarkeit der grossen Magnesitindividuen eine derartige Verwendung als unmöglich erwiesen. U. d. M. erkennt man, dass die stets einheitlichen Magnesitindividuen keine Zwillingsstreifung besitzen und hie und da von Glimmerschüppchen erfüllt sind; wenn zwei Individuen an einander grenzen, so ist der Verlauf der Trennungslinie meist stark gezackt und von einem schmalen, mit graphitartiger Substanz bestäubten Saum von farblosem Glimmer ausgekleidet. Glimmerartige Mineralien mit schwarzer Substanz bilden auch die übrige Zwischenmasse, welche sich zwischen den Krystallecken in grösseren Flecken zusammenhäuft, wo dann auch die Glimmerindividuen deutlicher hervortreten. Der Glimmer ist hier kein Sprödglimmer.

Vorkommnisse von Serpentin, welche in den Phylliten kleine Stöcke bilden, sind nicht allzu selten; ich habe specieller zwei Vorkommnisse untersucht, eines im Lorenzergaben, welches auch schon Foullon beschrieben hat, und ein zweites im Sunk oberhalb des dortigen Graphitwerkes. Die mikroskopische Untersuchung ergab in beiden Fällen, im Gegensatz zu den Beobachtungen von Foullon, die Zugehörigkeit der ursprünglichen Gesteine zu den Peridotiten, und zwar zur Gruppe der Stubachite. Die ungewöhnliche Härte, welche namentlich die Gesteine vom Sunk zeigen, ist durchaus nicht auf eine Verkieselung zurückzuführen, sondern beruht vielmehr auf der grossen Menge noch vorhandenen Olivins, durch welchen die Tafeln von Antigorit genau in derselben gesetzmässigen Weise hindurchschneiden, wie

dies bei den Gesteinen des Stubachthales beschrieben wurde. Neben dem Antigorit bildet sich hin und wieder eine faserige Hornblende und die Vorkommnisse des Lorenzergrabens sind oft so von Asbestaggregaten und Talk durchzogen und imprägnirt, dass sie auf „Federweiss“ technisch ausgebeutet werden, doch sind diese Vorkommnisse um sehr vieles weniger rein als die im Folgenden beschriebenen Talkschiefer, welche letztere aber mit Serpentin sicher nichts zu thun haben.

In den Gesteinen der Waldenserthäler lässt sich vieles mit obiger Beschreibung übereinstimmende neben manchem abweichenden erkennen. Weit- aus die Hauptmasse der dort anstehenden Gesteine sind fast graphitfreie, ungeschichtete Quarzite, welche öfters durch das Hervortreten linsenförmiger Parteen von derbem, weissem Quarz ein so augengneissähnliches Ansehen bekommen, dass man sie auf den ersten Blick direct für Augengneisse ansieht. U. d. M. erkennt man das bedeutende Vorherrschen von Quarz, neben welchem Feldspath so gut wie keine Rolle spielt.

Eine Andeutung von Schichtstructur zeigt sich hier in dem Wechsel grosser und kleiner körniger Quarzaggregate, wobei die erstern häufig längliche Einschlüsse von verschieden orientirtem Quarz enthalten, die sich durch die Körner hindurch in gleichbleibender Richtung parallel zur Schichtung aneinanderreihen (vgl. Fig. 5 u. 6 auf Tafel III), während die andern meist stark mit kleinen Biotitfetzchen und einem Chlorit-ähnlichen Mineral neben wenig Graphit durchsetzt sind, welche sich parallel oder quer zur Schichtung legen. Dass das zuletzt genannte Mineral nicht direct als Chlorit bezeichnet wird, mit welchem sein ganzer Habitus die grösste Aehnlichkeit hat, beruht vor allem darauf, dass seine Lichtbrechung sich sehr bedeutend über die Lichtbrechung des normalen Chlorites erhebt, ohne indess diejenige des Chloritoids zu erreichen; in den übrigen Eigenschaften stimmt es mit Klinochlor überein. Im Uebrigen ist zu betonen, dass dieses Mineral in den sämtlichen Gesteinen, welche mir von den Graphitlagerstätten der kottischen Alpen vorliegen, den constantesten Gemengtheil bildet und eigentlich die Rolle des Chloritoids in den steyrischen Vorkommnissen übernommen hat, der hier wiederum sehr selten ist. Ein weiterer, im höchsten Grade bezeichnender Unterschied gegenüber den steyrischen Vorkommnissen liegt in dem fast völligen Fehlen von secundären Trümmerstructuren, was um so auffallender ist, als gerade diese Gesteine äusserlich meist den Eindruck einer starken Streckung machen und oft geradezu stenglig ausgebildet sind. Die normale Beschaffenheit dieser Gesteine zeigt Fig. 1 auf Tafel IV, Erscheinungen der Kataklyse

konnten hier nur in den grösseren Quarzaugen und auch da nur in geringem Maasse beobachtet werden.

Was die Deutung dieser Gesteine betrifft, so wird man sie nur als umgewandelte, kieselige Sandsteine bezeichnen können, deren gröbere klastische Elemente zum Theil erhalten blieben, während das Cäment einer Umkrystallisation anheimfiel. An Stelle der Thonschiefer in den östlichen Ablagerungen treten hier mächtig entwickelte Sandsteine, zwischen welchen untergeordnete Kohlschiefer mit Kohlenflötzen vorhanden waren. Die Umwandlung der letzteren liefert dieselben Resultate, wie wir sie in Steyermark fanden. Anthracitähnliche, öfters schlackige Ausbildung des Graphites tritt auch hier neben der erdigen auf und die Schiefer, mehr oder minder graphitreich, haben durchaus phyllitartige Beschaffenheit. Quarz ist auch hier der vorherrschende Gesteinsgemengtheil, öfters in grösseren Körnern und dann parallel zur Schichtung durchsetzt von anders orientirten, kleinen Quarzkörnern oder durchzogen von gewundenen Schnüren staubartigen Graphites. Neben ihm ist das chloritähnliche Mineral stets, oft in ziemlicher Menge vorhanden, oft auch in strahligen Aggregaten quer zur Schieferung gestellt; ferner etwas lichter und brauner Glimmer. Chloritoid fand sich nur in einem Gestein in ziemlicher Menge und er zeichnet sich dort durch ziemlich gute Entwicklung seiner Individuen aus. Die basische Spaltbarkeit ist nicht sehr vollkommen, unvollkommen eine solche nach zwei schief zu dieser gehenden Richtungen. Axenwinkel $50-60^\circ$. Lichtbrechung sehr stark, Doppelbrechung sehr nieder, höchstens $= 0.003^1$), c lichtgelbgrün, a und b bläulichgrün, die Zwillingslamellirung ist ebenso ausgebildet wie in den normalen Vorkommnissen. Neben diesem Mineral trifft man ziemlich viel lichten Glimmer, sowie einen echten Chlorit.

Wo Feldspath in diesen Gesteinen auftritt, findet er sich in einzelnen grösseren Körnern, durch welche häufig Einschlüsse von staubartigem Graphit in gebogener Weise hindurchsetzen, die aber stets eine schmale Randzone freilassen, durch welche die Krystalle sich von der Umgebung abheben. Ferner ist in allen Gesteinen etwas Kalkspath vorhanden, sodann winzige, aber gut ausgebildete Krystalle von Granat und faserige Hornblende; häufig ferner Titaneisen in Skeletten oder compacten Körnern mit Leukoxenbildung,

¹) Die Angabe von Michel-Lévy und Lacroix, dass die Doppelbrechung des Chloritoids $= 0.015$ ist (vgl. *Minéraux des roches*, pag. 170), trifft bei den hier untersuchten sicher nicht zu; vielmehr scheint sich in der Gruppe der Sprödglimmer die Doppelbrechung mit der chemischen Zusammensetzung sehr bedeutend zu ändern, und sehr niedrig doppelbrechende Mineralien dieser Gruppe dürften gesteinsbildend ziemlich verbreitet sein.

Titanit in Haufwerken, seltener Rutil und hin und wieder Schwefelkies. Der Graphit zeigt in einzelnen Vorkommnissen, wo er in grösserer Menge vorhanden ist, Andeutung von blättriger Structur.

Der Centralgranit dieses Vorkommens hat in den mir vorliegenden Handstücken gneissartige Structur, öfters mit deutlichen Feldspathaugen. U. d. M. zeigt er alle Eigenschaften, welche auch sonst die schiefrigen Randzonen der Centralmassive auszeichnen; besonderes ist über denselben nicht zu bemerken.

Ein von dem gewöhnlichen Typus der Schiefer etwas abweichend aussehendes Vorkommniss lässt u. d. M. in einem Quarzmosaik zahlreiche grössere Fetzen von pleochroitischem Epidot erkennen, neben welchem namentlich lichter Glimmer, eine blaugrüne Hornblende, sowie in nicht geringer Menge Klinochlor mit deutlicher Zwillingslamellirung auftritt, ferner ist hier ein wenig Graphit und ziemlich viele kleine Krystalle von Rutil vorhanden. Was das Gestein besonders auszeichnet, ist die Erscheinung, dass die unregelmässig umgrenzten Quarzkörner nicht selten scharfe Calcit rhomboeder umschliessen.

Anhangsweise mag hier ferner noch ein in denselben Schichten eingelagerter Grünschiefer beschrieben werden, welcher u. d. M. aus gemeiner Hornblende in gedrunenen Individuen mit lamellarer, schilfartiger Structur besteht, die durchaus das Aussehen von Uralit hat, dazwischen sind öfters ziemlich regelmässige, breit leistenförmige, lichte Flecken vorhanden, erfüllt von Feldspathfetzen mit massenhaften Klinozoisitmikrolithen und einigen Granatkryställchen, die zusammen dem Saussurit sehr ähnlich sind. Ferner enthält das Gestein viel Titaneisen und Rutil, dagegen keinen Graphit; es liegt wohl ein umgewandelter Propyrit vor.

Die Vorkommnisse aus dem ligurischen Appennin endlich erweisen sich als ziemlich einförmig, äusserlich den Graphitschiefern der Steyermark ähnlich, sind sie zum Theil durch das Zurücktreten der glimmerartigen Mineralien fast reine Quarzite und dann mit so weitgehenden Zertrümmerungen versehen, dass von einer Bestimmung der ursprünglichen Structur keine Rede sein kann. Andere Gesteine sind durch Membranen glimmerartiger Mineralien flaserig; diese Membranen, in welchen sich Chloritoid nicht mit Sicherheit nachweisen liess, umschliessen grössere, oft stark zerbrochene Quarzkörner, die wohl nur als klastische Elemente der Gesteine gedeutet werden können und ihre abgerollte Form auch noch häufig genug bewahrt haben, während in anderen Fällen die Glimmerindividuen allseitig in dieselben hineinragen. Feldspath findet sich allenthalben in einzelnen dem Plagioklas angehörigen Körnern,

ebenso ist Titanit zum Theil in grösseren Zusammenhäufungen und Bändern stets vorhanden. Thonschiefernädelchen und Zirkon sind vereinzelt, dagegen tritt in einzelnen Varietäten der Turmalin in häufigeren kurzprismatischen Individuen hervor, welche öfters quer zur Schieferung stehen. Alles in Allem sind diese Gesteine von den hier untersuchten wohl am meisten zertrümmert; die Umwandlung ist verhältnissmässig weniger weit vorgeschritten, und die ursprünglich klastische Form der Ablagerungen lässt sich auch in den am meisten veränderten Gesteinen noch aufs deutlichste verfolgen. Es mag besonders darauf hingewiesen werden, dass ebenso wie innerhalb des eng begrenzten Gebietes der steyrischen Graphitlagerstätten selbst zwischen mechanischer Beeinflussung und krystallinischer Structur ein Zusammenhang nicht erkannt werden konnte, dass auch eine Vergleichung der den Graphit in seinen verschiedenen alpinen Vorkommnissen begleitenden Gesteine einen solchen Zusammenhang nicht nachzuweisen gestatten. In den stark zertrümmerten Vorkommnissen des ligurischen Appennins, wie der Steyermark ist die Umwandlung der Gesteine nicht weiter gegangen als in den nur wenig dynamisch beeinflussten Gesteinen der kottischen Alpen, überall ist das feinere Cäment der Gesteine umkrystallisirt, gröbere klastische Elemente aber sind erhalten geblieben, und ebensowenig lässt die Verbreitung des Chloritoids einen Zusammenhang mit der mechanischen Umformung erkennen.

Chemisch-geologische Folgerungen.

Der hauptsächlichste Unterschied des alpinen Typus der Graphitlagerstätten von den vorher betrachteten besteht jedenfalls darin, dass der Kohlenstoff, welcher in den alpinen Vorkommnissen als Graphit ausgeschieden ist, einen ursprünglichen Gesteinsgemengtheil darstellt und unzweifelhaft aus organischem Material hervorging. Dass das schwarze Mineral in den Graphitlagerstätten der Alpen thatsächlich der krystallisirten Form des Graphites angehört, ist nach den eingehendsten chemischen Untersuchungen nicht zu bezweifeln und auch durch die technische Verwerthbarkeit seit langen Jahren klargelegt; die äusserst feine Vertheilung in den Gesteinen darf wohl nicht als ein Beweis für die nicht krystallinische Natur dieses Minerals angesehen werden, müsste man doch sonst ähnliche Schlüsse für fein vertheilten Eisenglanz, für Chlorit etc. machen, welche so häufig als Pigmente der Gesteine auftreten.

Durch ausserordentlich eingehende und systematisch durchgeführte Versuche, welche auf Anregung von Rosenbusch durch Herrn Dr. Mohr in

Heidelberg ausgeführt wurden, und über die ersterer¹⁾ kürzlich ausführlich berichtete, scheint nun allerdings im Gegensatz zu meinen früheren²⁾ Untersuchungen das Vorhandensein eigenartiger, sehr graphitähnlicher, wasserstofffreier und stickstoffhaltiger Kohlenstoffverbindungen in den sogenannten Rengneissen des Schwarzwalds auf den ersten Blick nicht unwahrscheinlich zu sein, welche Rosenbusch mit dem früher von Sauer eingeführten Begriff „Graphitoid“ identificirt. Die Wichtigkeit, welche diese Untersuchungen speciell auch für die hier in Betracht kommenden Fragen besitzen, macht eine eingehendere Besprechung jener Resultate um so mehr wünschenswerth, als die ganze Beschreibung, welche Rosenbusch von der Structur und Beschaffenheit jener Gesteine gibt, ebenso vollständig auf die in den alpinen Graphitlagerstätten beobachteten Verhältnisse passt, wie die Vertheilung und das Auftreten des Graphites in jenem Gestein selbst.

Nach den Untersuchungen von Dr. Mohr ist die Zusammensetzung der etwa $1\frac{1}{2}\%$ des Gesteins betragenden schwarzen Beimengungen im Rengneiss, welche durch Fluss- und Schwefelsäure isolirt worden war, nach Abzug der etwa 16% betragenden Verunreinigungen durch Rutil und Zirkon, etwa $= C_{75}N$, die Gesamtanalyse des Gesteins gibt dagegen $C:N = 19:1$, in beiden Fällen wird der Stickstoff erst bei sehr hoher Temperatur ausgetrieben. Es wird nun zunächst der Schluss gezogen, dass ursprünglich der ganze Stickstoffgehalt mit Kohlenstoff verbunden war und beim Kochen des Gesteins mit Fluss- und Schwefelsäure auch die kohlenstoffhaltige Substanz angegriffen wurde und dabei ca. $\frac{3}{4}$ ihres Stickstoffs verlor. Aus den unzweifelhaft mit grösster Sorgfalt ausgeführten Untersuchungen zieht Rosenbusch folgende Schlüsse: Die schwarze Substanz der Rengneisse, welche nicht Graphit ist, enthält Stickstoff, und dies sowohl wie ihre Vertheilung im Gestein weist auf den organischen Ursprung der kohligen Substanz hin.

Im Zusammenhang mit diesen Untersuchungen wurden dann weitere Studien ausgeführt, welche einen Gehalt an Stickstoff in zahlreichen anderen Graphiten nachzuweisen gestatteten, so z. B. in dem wohl den Typus eines Graphites im eigentlichsten Sinne darstellenden Ceylongraphit, der vielleicht etwas weniger Stickstoff erkennen liess. Aber die Erscheinung, dass auch in diesem echten Graphit dieselbe Beimengung sich nachweisen liess, wie in dem „Graphitoid“ des Rengneisses scheint meines Erachtens geradezu beweisend

¹⁾ H. Rosenbusch, Studien im Gneissgebirge des Schwarzwalds. Mitt. bad. geol. Landesanst. 1899, 4, 9.

²⁾ E. Weinschenk, Ueber den Graphitkohlenstoff etc. Zeitschr. Krystallogr. 1897, 28, 291.

dafür zu sein, dass es sich auch bei letzterem Vorkommniss nicht um eine stickstoffhaltige Kohlenstoffverbindung handelt, und dass andererseits ein Gehalt an Stickstoff keineswegs mit Sicherheit auf den organischen Ursprung eines Minerals schliessen lässt. Wenn der Verfasser ferner fand, dass „grossblättriger Hochofengraphit“ keinen Gehalt an Stickstoff aufwies, so scheint dies doch nicht für alle Fälle Gültigkeit zu haben, so liegt mir z. B. eine Probe von Graphit vor, welcher beim Verschmelzen von titanhaltigen Bohnerzen erhalten wurde, und der nach dem Behandeln mit metallischem Kalium eine deutliche Reaction auf Berlinerblau gibt.

Schon früher wies ich darauf hin, dass bei der pneumatolytischen Bildung des Graphites, wie sie für Ceylon doch auf alle Fälle angenommen werden muss, die stete Begleitung durch Rutil eine Mitwirkung cyanhaltiger Dämpfe oder Lösungen nicht unwahrscheinlich macht, welche wohl auch in kleinsten Mengen in dem fertigen Product erhalten bleiben konnten, ohne dass es uns gelingt, dieselben in dem schwarzen undurchsichtigen Graphit direct zu beobachten. Abgesehen davon aber ist Stickstoff in geringen Mengen in der letzten Zeit als Beimengung von zahlreichen Gesteinen und Mineralien¹⁾ nachgewiesen worden, welchen man ganz unmöglich organischen Ursprung zuschreiben kann. Alles in allem genommen kann ich somit in dem Stickstoffgehalt des Renchgneisses und des schwarzen Pigmentes in demselben weder einen Beweis dafür erblicken, dass dieses Mineral nicht Graphit ist, noch auch für seine Herkunft aus organischer Substanz, so sehr ich nach den sonstigen angeführten Thatsachen das letztere für höchst wahrscheinlich halte. Anderntheils aber kann ich mich durch die gegebene Beschreibung nicht davon überzeugen, dass hier eine von Graphit abweichende Substanz vorliegt, wenn ich auch nicht ohne weitere eingehende Untersuchung des betreffenden Materiales dies direct in Abrede stellen möchte.

Jedenfalls ist durch das Auftreten des Graphites in den alpinen Graphitlagerstätten mit Sicherheit nachgewiesen, dass unter geeigneten Umständen Kohle zu Graphit werden kann, eine Umwandlung, welche ich auch nie für unmöglich erklärt habe, wie es nach den Ausführungen von Ochsenius²⁾

¹⁾ So z. B. von Erdmann, Ueber das Vorkommen des Stickstoffs im Urgestein. Ber. deutsch. chem. Ges. 1896, 29, 1710. W. A. Tilden, An attempt to determine the condition in which helium and the associated gases exist in minerals. Proc. roy. soc. 1895, 59, 218 und 1896, 60, 453 u. a.

²⁾ C. Ochsenius, Methan, Bitumen, Asphalt, Anthracit, Graphit, Diamant. Zeitschr. prakt. Geol. 1898, 153 und Natürlicher Coks in den Santa Clara Kohlenfeldern, Sonora, Mexico. Ebenda 1900, 21. Die Umbildung von Kohlenstoff in Graphit durch den „Salinismus“, welche O. in der ersten Abhandlung vertritt, wird durch das Vorkommen von Graphit in den durch Contactmetamorphose hervorgebrachten Coks von Santa Clara doch keineswegs wahrscheinlicher gemacht!

und anderen den Anschein haben möchte. Bemerkte ich doch gleich in der Einleitung zu diesen chemisch-geologischen Studien: „die Umwandlung kohlenstoffhaltiger, klastischer Gesteine in graphitführende, krystallinische durch die Einwirkung der Contactmetamorphose kann allenthalben nachgewiesen werden.“ Nur dagegen waren von Anfang an meine Ausführungen gerichtet, dass ein allmählicher Uebergang von Kohle zu Graphit möglich ist, und dass man z. B. in dem sogenannten Graphitoid eine Art Uebergangsform von amorpher Kohle in Graphit aufzustellen versuchte. Auch heute noch bin ich der Ansicht, dass hier eine scharfe Grenze vorhanden ist, welche nur durch besonders intensiv und kräftig wirkende Reactionen gebrochen werden kann, wie dies eben bei contactmetamorphischer Umbildung der Fall ist.

Wenn man das S. 240 gegebene Profil und die daran geknüpften geologischen Erörterungen, sowie die petrographische Beschreibung der einzelnen Gesteine sich vor Augen hält, so wird man doch wohl vor Allem eine sichtbare Einwirkung des granitischen Centralmassivs auf seine Umgebung erwarten, wie uns ja alle Erfahrungen lehren, dass bedeutende Massenergüsse, wie sie in den Centralalpen vorliegen, in Folge der hohen Temperatur und der von den erstarrenden Magma abgegebenen Gase und Dämpfe weitgehend umwandelnd auf den Bestand des Nebengesteins einwirken. Die nächstliegende Erklärung für die Entstehung der krystallinischen Beschaffenheit der carbonischen Gesteine ist doch wohl diejenige, dass es sich um contactmetamorphische Bildungen handelt. Beobachten wir ja allenthalben, dass mächtige Intrusivmassen klastische Gesteine in krystallinische überführen, und dass der Grad der Umwandlung, in welchem sich solche Gesteine befinden, mehr und mehr nachlässt, je weiter man sich von dem Erstarrungsgestein selbst entfernt.

Und doch glaube ich von vornherein sicher zu sein, dass meine Ansicht, die carbonischen Gesteine der alpinen Graphitlagerstätten seien contactmetamorphische Bildungen im engsten Sinne des Wortes, von zahlreichen Seiten Einwände erfahren dürfte. Ist ja doch die Zusammensetzung und die Structur der Graphitschiefer so abweichend von dem gewohnten Bestand typischer Contactgesteine und so übereinstimmend mit Bildungen, welche man heutzutage als Ergebnisse einfacher, mechanischer Kräfte anzusehen sich gewöhnt hat. Noch in der oben citirten Abhandlung hebt Rosenbusch (p. 14) hervor, dass speciell die Sprödglimmer, welche in den hier beschriebenen alpinen Gesteinen eine grosse Rolle spielen, die bezeichnendsten Mineralien der Dynamometamorphose darstellen. Wenn ich trotzdem die contactmetamorphische Entstehung der hier auftretenden Schiefergesteine betone, so sind dafür nicht

nur die Beobachtungen in den alpinen Graphitgebieten selbst maassgebend, sondern ebenso meine langjährigen Erfahrungen in der Centralzone der Alpen überhaupt und speciell im Gebiete des Gross-Venedigers. Dass die hier auftretenden „Centralgneisse“ zu den Orthogneissen Rosenbusch's, d. h. zu den Graniten gehören, wird mir wohl Niemand, der das Gebiet eingehender studirt hat, bestreiten; dass aber andernteils so enorm mächtige Granitmassen, wie sie hier auftreten und geradezu die Axe unserer Alpen bilden, eine contactmetamorphische Umbildung des Nebengesteins direct fordern, ist ebenso unzweifelhaft. Oder sollen, wie es nach den heutigen Untersuchungen fast den Anschein hat, Granite mit schiefrigen Randzonen (Gneiss) weniger intensiv umbildend auf die Umgebung wirken als solche, die in ihrer ganzen Erstreckung massig entwickelt sind?

Andernteils aber sehen wir, dass die Mineralcombinationen, welche wir in der „Schieferhütte“ unserer Centralalpen beobachten, nicht dieselben sind, wie sie die gewöhnliche Contactmetamorphose aufweist, und der Unterschied zwischen beiden Arten von Bildungen spitzt sich einfach auf den Begriff der Dynamometamorphose zu. Dass ein unter dem hohen Druck der Gebirgsfaltung erstarrendes Massengestein, wie sich dies für die Centralgranite so wahrscheinlich machen lässt, eine Beeinflussung durch diesen Druck nicht nur in seinem eigenen Mineralbestand erkennen lässt, sondern dass auch die Umwandlung des Nebengesteins durch die Spannung sehr bedeutend modificirt wird, lässt sich doch wohl kaum von der Hand weisen. Die Piëzokrystallisation des Granites verlangt eine Piëzocontactmetamorphose der umgebenden Sedimente, bei welcher ebenso wie bei jener die Tendenz ausgesprochen ist, Mineralcombinationen von kleinstem Molekularvolumen zu bilden. Auf diese Verhältnisse näher einzugehen wird mir in Kurzem die Beschreibung der „Schieferhülle“ am Gross-Venediger Gelegenheit geben, und ich kann mich hier mit dem Hinweis auf diese beschränken. Jedenfalls können wir in den alpinen Graphitlagerstätten die Beobachtung machen, dass die krystallinische Structur der Gesteine abnimmt mit der Entfernung von dem gneissartigen Granit, ohne dass in den tektonischen Verhältnissen eine Ursache für die Abnahme zu erkennen wäre, und dass flötzartige Einlagerungen, welche in der Nähe des Granites aus reinem Graphit bestehen, in weiterer Entfernung in Anthracitflötze übergehen. Auch dies weist überzeugend auf die Wirkung contactmetamorphischer Agentien hin.

Im Vergleich mit den Untersuchungen im bayerisch-böhmischen Graphitgebiete finden wir hier mannigfache Erscheinungen, welche beide Bildungen als etwas durchaus Verschiedenes charakterisiren. Zwar ist im Allgemeinen

die geologische Form der Graphiteinlagerungen ziemlich übereinstimmend, hier wie dort sind es linsen- bis flötzförmige Körper, innerhalb deren der Graphitgehalt angereichert erscheint, aber in allen Beziehungen zu den Nebengesteinen zeigen die beiden Vorkommnisse die grössten Unterschiede.

In Steyermark finden wir die Graphitflötze eingelagert in ziemlich graphitreichen Schiefen, im bayerischen Walde sind meist schon die dem Graphit zunächst gelagerten Gneisse fast völlig graphitfrei. Mit Ausnahme der grösseren und meist gerundeten Quarzparteen in den alpinen Gesteinen, welche keine Einschlüsse von Graphit enthalten, ist in sämtlichen Bestandtheilen meist in recht unregelmässiger Vertheilung staubförmiger Graphit vorhanden, in der andern Lagerstätte finden wir die Graphitblättchen nur auf den Grenzen und den Spaltungsflächen der einzelnen Mineralkörner. Während somit im bayerisch-böhmischen Gebiete die Graphitbildung unzweifelhaft jünger ist als die krystallinische Ausbildung des Gesteins und in dem Graphit eine secundär zugeführte Substanz vorliegt, ist in den alpinen Lagerstätten der Graphit aus einem ursprünglichen Gesteinsgemengtheil hervorgegangen, und die Processe, welche zur Umbildung dieses Gemengtheils zu Graphit Anlass gaben, wirkten zum Mindesten nicht später als die Umkrystallisation des Gesteins selbst eintrat; alle Mineralien, welche bei der Umkrystallisation desselben neu entstanden, enthalten daher Graphit, der nur jenen fehlt, welche den Charakter ursprünglicher klastischer Gemengtheile mehr oder weniger bewahrt haben.

Wenn auch scheinbar in der Begleitung des Graphites durch Rutil in beiden Lagerstätten ein gemeinsamer Zug vorhanden ist, so ist dessen Bedeutung schon desshalb nicht zu überschätzen, weil im bayerisch-böhmischen Gebiete Graphit und Rutil aneinander gebunden erscheinen und graphitfreie Gesteine auch im allgemeinen rutilfrei sind; in den alpinen Lagerstätten dagegen ist das Mineral allenthalben vorhanden in graphitreichen wie in graphitarmen Gesteinen und nur darin lässt sich eine gewisse gesetzmässige Vertheilung erblicken, als in den dem Granit am nächsten liegenden Schichten vereinzelte grössere Krystalle von Rutil die Stelle der das ganze Gestein gleichmässig durchsetzenden „Thonschiefernädelchen“ übernommen haben.

Besonderes Gewicht möchte ich hier, wie in meiner früheren Abhandlung, den ausserordentlich weitgehenden Gesteinsumwandlungen beilegen, welche den secundär zugeführten Graphit jener Lagerstätten allenthalben begleiten, und die ebenso charakteristisch in den hier beschriebenen vollständig fehlen. Weder eine Spur von Kaolinbildung noch auch vollends die Bildung der an Metalloxyden so reichen Mineralien, welche dort den ganzen Gesteinsbestand überwuchern, konnten hier irgendwo aufgefunden werden, und darin liegt

meines Erachtens der wichtigste Unterschied zwischen beiden Gruppen von Lagerstätten. Die Wichtigkeit dieser Umwandlungsprodukte für die Auffassung der Graphitbildung selbst ist durch die ständige Verbindung derselben mit dem Vorkommen des Graphites im bayerisch-böhmischen Gebiete deutlich vor Augen gelegt, sie drücken diesen Vorkommnissen einen eigenartigen Charakter auf, wie wir ihn ausserhalb der Graphitlagerstätten wohl nirgends wiederfinden, und ihre Beweiskraft scheint mir viel höher zu sein, als diejenigen aller Einwände, welche bisher gegen meine Auffassung vorgebracht wurden. So will Barvíř¹⁾ einen Beweis für die Herkunft der böhmischen Graphitlagerstätten aus einigen Beobachtungen ableiten, welche ihm auf organische Strukturen hinzuweisen scheinen, ferner aus den Lagerungsverhältnissen, sowie dem Vorhandensein von Schwefelkies. Ganz abgesehen aber davon, dass die organische Natur der von Barvíř beschriebenen und abgebildeten Structurformen etwas mehr als problematisch ist, — es sind vor allem die auch früher von Woldrich (vergl. meine frühere Abhandlung S. 46) als organisch angesehenen rundlichen Concretionen von Strahlkies und Silicaten — dürfte in dem Auftreten von Schwefelkiesimprägnationen ein Beweis für die ursprüngliche Kohlenformation doch kaum gegeben sein, fehlt ja doch gerade in den alpinen Lagerstätten von Graphit der Schwefelkies merkwürdigerweise so gut wie vollständig und beweist dadurch, dass er als „Hans in allen Gassen“ eben auch in Kohlen wie anderwärts ein rein zufälliger Gast ist, der bei der Zerstörung organischen Materials nicht entstehen muss. Die Art des Auftretens endlich in flötzähnlichen Einlagerungen darf doch wohl heutzutage nicht mehr als directer Beweis für eine gleichzeitige Bildung mit den umgebenden Gesteinen angesehen werden, zumal wenn so zahlreiche Erscheinungen dagegen sprechen, wie dies in den böhmischen Graphitlagerstätten der Fall ist, die eben in jeder Beziehung den Stempel einer secundären Zuführung des Graphites erkennen lassen.

Wenn in den alpinen Vorkommnissen dagegen andere, an sich wieder sehr eigenartige Gesteinsumwandlungen in grossem Maassstabe die Graphitlagerstätten begleiten, wie die Umwandlung von Graphitschiefer in Talkschiefer, so lässt sich mit Sicherheit verfolgen, dass diese Processe ihre Thätigkeit erst nach der Umkrystallisation der Schiefer entfalteten, und dass sie statt zur Bildung zur Zerstörung des vorhandenen Graphites führten, wie im Anhang

¹⁾ H. Barvíř, Nekulík ukázek z mikroskopické structure rulovitého grafitu od Černého Potoku (Schwarzbach) v jižních Čechách. Sitzber. böhm. Akad. Wiss. 1897, Nr. 52. Die Mittheilungen über den Inhalt dieser Abhandlung verdanke ich einer freundlichen Zuschrift des Verfassers selbst, da die czechische Abhandlung mir nicht verständlich ist.

genauer gezeigt werden wird. Im bayerisch-böhmischen Gebiete ist nur ganz ausnahmsweise ein graphitreicheres Gestein in seinem ursprünglichen Mineralbestande noch deutlich kenntlich, Graphitbildung und Umwandlung der Gesteine weisen eine auffallende Wechselbeziehung auf, während die Talkbildung in den Alpen dagegen den Charakter eines zufälligen Vorkommnisses an sich trägt, in welchem man von Schritt zu Schritt mit zunehmender Umbildung des Gesteins zu Talk eine Ausbleichung d. h. Abnahme des Graphitgehaltes verfolgen kann, bis endlich rein weisse Talkvarietäten hervorgehen. Merkwürdig ist es, dass ein für die chemische Geologie so schwer erklärbarer Process, wie er in der die alpinen Graphitlagerstätten begleitenden Umbildung von Chloridschiefern in reines Magnesiasilicat gegeben ist, in den kottischen Alpen in derselben Art und Weise sich abgespielt hat wie in der Steyermark, bemerkenswerth ist, dass an beiden Orten Graphitschiefer von solchen Umbildungen betroffen wurden, aber genetisch ist diese Umwandlung höchstens insoferne mit den Graphitlagerstätten in Beziehung zu bringen, als sie an die Nähe des granitischen Massivs, nicht aber an das Vorkommen des Graphites selbst gebunden erscheint.

Fassen wir alle Beobachtungen zusammen, so ist die Entstehung der alpinen Graphitlagerstätten aus ursprünglichen Kohleflötzen von zum Theil nachweisbarem, zum Theil wahrscheinlichem carbonischen Alter und deren Begleitung durch ursprünglich klastische Gesteine absolut zweifellos. Will man die Anschauungen der Dynamometamorphose auf die Erklärung dieser Vorkommnisse übertragen, so wird man jedenfalls von einer allmählichen Umbildung von Kohle in Graphit absehen müssen, denn ebenso scharf wie die Grenze zwischen den ursprünglichen thonigen Bestandtheilen des Gesteins und seinen jetzigen krystallinischen Elementen ist, ebenso scharf ist die Grenze zwischen amorpher Kohle und krystallisirtem Graphit und wie man zwischen den ersteren einen allmählichen Uebergang kaum behaupten wird, ebenso wenig berechtigt ist eine derartige Anschauung im letzteren Falle.

Durch die gebirgsbildenden Processe könnte nun entweder eine Verschiebung der einzelnen Gesteinstheile eintreten, die dabei sich entwickelnde Wärme u. s. w. würden dann vielleicht die Agentien hergeben können, oder aber das Gestein wird ohne eine weitere mechanische Umformung zu erleiden, einfach lange Zeit unter ungeheurer Spannung erhalten, wir hätten dann vielleicht Verhältnisse vor uns, welche mit denjenigen bei den vielbesprochenen Versuchen Springs aufs Vollständigste übereinstimmen, Versuche, welche jederzeit für die Anschauungen der Dynamometamorphose ins Vordertreffen geführt werden, die aber, wie dies Lepsius in seiner „Geologie von

Attika“ so sehr mit Recht hervorhebt, gerade in Beziehung auf die für die Gesteine in Betracht kommenden Verhältnisse das Gegentheil von dem beweisen, was mit denselben bewiesen werden soll. Das erstere ist in zahlreichen Fällen in den Graphitlagerstätten der Alpen nicht anzunehmen, die Erhaltung der Pflanzenreste, die Kohlestructur zahlreicher Graphite macht grössere Verschiebungen völlig unwahrscheinlich und ferner hätte in den kottischen Alpen wenigstens bei dem merkwürdigen Fehlen mechanischer Structuren in verschiedenen Gesteinen das Aufhören des Druckes mit dem Augenblick der krystallinischen Gesteinsentwicklung zusammenfallen müssen.

Dagegen hat, wie schon oben ausgeführt wurde, ganz abgesehen von der mehr oder minder rein speculativen Vorstellung über die Wirkungsart dynamometamorphosirender Processe, die Anschauung von einer contactmetamorphischen Umwandlung der Gesteine in allen äusseren Verhältnissen viel mehr Wahrscheinlichkeit, und sie bewegt sich wohl auch in viel höherem Maasse auf dem realen Boden der Thatsachen. Wie überall müssen wohl auch in der Umgebung centralalpiner Granitmassive mächtige chemische Processe sich abgespielt haben, zu welchen eine so ergiebige Quelle der kräftigsten Agentien, welche die Dynamomorphose auf dem Wege kühnster Speculationen sich erst construiren muss, in dem schmelzflüssigen Magma mit Sicherheit vorhanden war, deren Wirksamkeit uns allenthalben in einer krystallinischen Umbildung klastischer Gesteine und in einer Umformung von Kohle in Graphit aufs deutlichste entgegentritt. Die Wirkungen des Druckes, unter welchen die Erstarrung des granitischen Magma's vor sich ging, wurden den gewöhnlichen Erscheinungen der Contactmetamorphose superponirt und so Verhältnisse hervorgebracht, welche für eine bestimmte Gruppe von Vorkommnissen charakteristisch, aber trotzdem nichts mehr und nichts weniger als eigentliche Contactmetamorphose sind. Die Fortdauer der mechanischen Kräfte nach der Verfestigung des Granites und nach der krystallinischen Umbildung der Schiefer konnte dann wohl eine innere Zertrümmerung hervorbringen oder aber es lösten sich allmählich die Kräfte aus, und die neugebildeten Gesteine blieben in ihrer Structur unverändert erhalten — wie z. B. in den Vorkommnissen der kottischen Alpen.

Das Vorhandensein contactmetamorphischer „Höfe“ um Granitmassive ist eine so allgemein beobachtete Erscheinung, dass man dieselben für deren constanteste Begleiter ansehen darf, und dass man direct zu der Annahme gezwungen ist, dass auch die Centralgranite ihre Contactzone aufweisen müssen. Man könnte nun allerdings annehmen, die Umbildung der Schiefer durch die Contactmetamorphose habe zu normalen, von der heutigen Zusammensetzung der

Graphitschiefer weit abweichenden krystallinischen Aggregaten geführt, etwa zu Cordierithornfelsen u. s. w. und erst eine später wirkende mechanische Beeinflussung habe diese Bildungen in ihrer Weise wieder umkrystallisirt und so die eigenartigen Mineralaggregate hervorgebracht, welche in diesen Gesteinen heute vorliegen, ohne von dem Bestand des ursprünglichen Contactgesteins nur eine Spur übrig zu lassen.

Abgesehen davon, dass ein solcher Doppelprocess durch nichts auch nur angedeutet ist, wäre es doch vielleicht an der ganzen Annahme die am schwersten zu erklärende Erscheinung, wesshalb von dem Bestand des contactmetamorphischen Gesteins keine Spur mehr erhalten geblieben wäre, während allenthalben noch Reste des ursprünglichen klastischen Gesteins deutlich verfolgt werden können und jedes die normale Korngrösse nur wenig überschreitendes Sandkörnchen in den umgewandelten Gesteinen noch mit Sicherheit erkannt werden kann.

Ein besonderes Gewicht muss für die Auffassung des Charakters dieser Bildungen dem Vorhandensein von Kalkspath in den umgewandelten Gesteinen und dem Uebergang derselben in sehr kalkreiche Schiefer zugeschrieben werden, nicht als ob der Kalkspath in Contactgesteinen nicht etwas Alltägliches wäre, sondern desshalb, weil bei normaler Contactmetamorphose Quarz und Kalkspath nicht neben einander existiren können. In unzweifelhaften Contactgesteinen bildet sich an ihrer Stelle Wollastonit. Gesteine, welche Quarz und Kalkspath neben einander als primäre Gesteinsgemengtheile, d. h. als Bildungen, die aus dem primären Gesteinsbestand selbst hervorgingen, enthalten, sind entweder keine Contactgesteine oder aber die contactmetamorphe Umbildung hat sich unter anormalen Verhältnissen vollzogen. Und solche anormale Verhältnisse haben wir in einer besonders mächtigen Spannung vor uns, worauf auch schon Lepsius hinwies. Unter hohem Druck wird die Kohlensäure des Kalkspaths durch Kieselsäure nicht oder jedenfalls erst bei sehr viel höherer Temperatur ausgetrieben als bei gewöhnlichem Druck, da durch eine solche Aufschliessung das Volumen sich sehr bedeutend vergrössert; wo also gewöhnliche Contactbildung zur Entstehung von Wollastonit führt, krystallisiren bei der Piëzocontactmetamorphose Quarz und Kalkspath neben einander und damit ist wohl auch die Erklärung für das vollständige Fehlen des Wollastonit und zahlreicher sonst so charakteristischer Silicate der Contactmetamorphose in den Contactzonen der Centralalpen überhaupt gegeben.

Der Doppelprocess einer vorhergehenden contactmetamorphischen und späteren dynamometamorphischen Umwandlung der Gesteine der alpinen Graphitlagerstätten lässt sich somit in keiner Weise auch nur als möglich

ansehen, es bleibt nur das eine oder das andere. Entweder man läugnet schlechtweg die Fähigkeit der alpinen Granite contactmetamorphe Umbildungen hervorzubringen, oder man erkennt in den Graphitschiefern eigentliche Contactgebilde an, welche während der Einwirkung gebirgsbildender Processe und der durch diese hervorgebrachten Pressung umkrystallisirt sind und so in ihrem ganzen Bestande einen eigenthümlichen Charakter erhalten haben. Oder aber endlich nimmt man an, dass die Gesteine, welche in den Alpen den Granit überlagern, jüngere Bildungen sind als der Granit selbst oder erst durch grosse Dislocationen an den Ort ihrer heutigen Lagerstätte gebracht wurden, um dort von den gebirgsbildenden Processe eine Umkrystallisation zu erfahren.

Es spricht nun nicht nur kein Anzeichen für diese letzteren Vorgänge, sondern wir haben auch die directesten Beweise dagegen in der Hand, in der lagerförmigen Apophyse des Centralgranits zwischen den Schiefern selbst, welche wir in dem Profil aus den steyrischen Lagerstätten beobachten und in zahlreichen Einlagerungen solcher Abzweigungen, welche zwischen den umgewandelten Sandsteinen der kottischen Alpen vorhanden sind. Die Schiefer sind sicher älter als der Granit und sie befinden sich eben so sicher noch an Ort und Stelle, welche sie einnahmen, als das granitische Gestein aus der Tiefe emporgepresst wurde.

Die Graphitlagerstätten der Alpen sind somit mit grösster Bestimmtheit als echte contactmetamorphe Vorkommnisse zu bezeichnen, hervorgegangen aus klastischen, wahrscheinlich in allen Fällen carbonischen Ablagerungen, deren Umkrystallisation der Einwirkung des granitischen Magmas zuzuschreiben ist, welches zur Bildung des Centralgranites führte. Und wie schon die Zusammensetzung und Structur des Massengesteins selbst zu der Annahme führt, dass die Ausscheidung der einzelnen Mineralcomponenten desselben unter der Wirkung ungewöhnlich hohen Druckes vor sich ging, wie er nur durch die Gebirgsfaltung erklärt werden kann, so haben wir in noch viel höherem Maasse die Beweise für die mächtige Spannung, unter denen sich hier die vulkanischen Processe abspielten, in dem Mineralbestand der Contactgesteine vor uns. Eine langsame von Stufe zu Stufe fortschreitende Umbildung von Kohle in Graphit, analog der von Braunkohle zum Anthracit führenden Reihe ist hier vollständig ausgeschlossen und durch einen einzigen, plötzlich wirkenden Umkrystallisationsprocess, welcher in der erhöhten Temperatur des granitischen Gesteins und den von dem-

selben während seiner Krystallisation abgegebenen mineralbildenden Agentien seinen Ursprung hat, wurde hier die Kohle zu Graphit umgewandelt. Und endlich ist ein präcambrisches Alter der krystallinen Gesteine, in welchen der Graphit auftritt, nach allen Beobachtungen zum mindesten höchst unwahrscheinlich und für einen grossen Theil dieser Bildungen im Gegensatz dazu die Zugehörigkeit zum Carbon direct nachweisbar.

Anhang.

Die Talkschiefer und ihr Verhältniss zu den Graphitschiefern.

Während die charakteristischen Zersetzungserscheinungen, welche die früher beschriebenen Graphitlagerstätten in so gleichbleibender Weise begleiten, in den Vorkommnissen der Alpen vollständig fehlen, trifft man in diesen eine Art der Gesteinsumwandlung, welche zwar nicht wie jene mit der Graphitbildung in allen Fällen verbunden ist, die aber doch in den beiden entgegengesetzten Enden der Alpen zu so überraschend gleichen Resultaten innerhalb desselben Gesteinscomplexes führt, dass es geradezu unmöglich erscheint, die Entstehung derselben als etwas durchaus Unabhängiges von der Bildung der Graphitlagerstätten selbst anzusehen. Die so kieselsäurereichen und stellenweise auch einen recht hohen Procentsatz von Thonerde enthaltenden, in der Hauptsache aus Quarz, Chloritoid, Chlorit und Graphit bestehenden Gesteine findet man an beiden Orten stellenweise in ziemlich dichte Aggregate von weissem bis grünlichweissem oder grauem, durchscheinendem Talk umgewandelt, in welchem selbst Spuren des ursprünglichen Mineralbestandes nicht mehr vorhanden sind, wohei gleichzeitig die schieferige Structur des ursprünglichen phyllitartigen Gesteins mit allen Verbiegungen, mit der Fältelung etc. häufig noch deutlich erhalten ist und auch constant ein Gehalt an Rutil in den umgewandelten Bildungen sich nachweisen lässt. Das ursprüngliche Gestein wie das Endproduct sind an beiden Stellen so nahe übereinstimmend, dass erst sehr genaue Untersuchungen eine Unterscheidung beider gestatten, und so dürfte wohl auch der Schluss erlaubt sein, dass das, was sich in den steyrischen Lagerstätten in klarer Weise verfolgen liess, nicht allzuweit abweichend ist von den geologischen Erscheinungen in den kottischen Alpen, welche eingehender zu studiren ich leider nicht die Zeit fand, wo aber

ebenso wie in Steyermark ein allmählicher Uebergang der Graphitschiefer in Talkschiefer sich deutlich verfolgen lässt. Vorkommnisse von so vollständig reinem Talk, wie sie hier in den am weitesten veränderten Schiefern vorliegen, sind selten, und da die Technik, speciell die Milchglasfabrikation, einen ziemlich hohen Bedarf an reinem und namentlich eisenfreiem Magnesiasilicat hat, ist in beiden Lagerstätten ein blühender Bergbau auf dieses Mineral im Gange. Durch die Freundlichkeit des Montan-Betriebsleiters der Gemeinde Mautern in Steyermark, Herrn Rassauer-Scropeck, war ich in der Lage, einen Einblick in diese von chemisch-geologischem Standpunkte aus so ausserordentlich interessanten Vorkommnisse zu gewinnen, wodurch ich demselben zu grossem Danke verpflichtet bin, ebenso wie für das geologische Profil, welches mir von demselben Herrn freundlichst überlassen wurde.

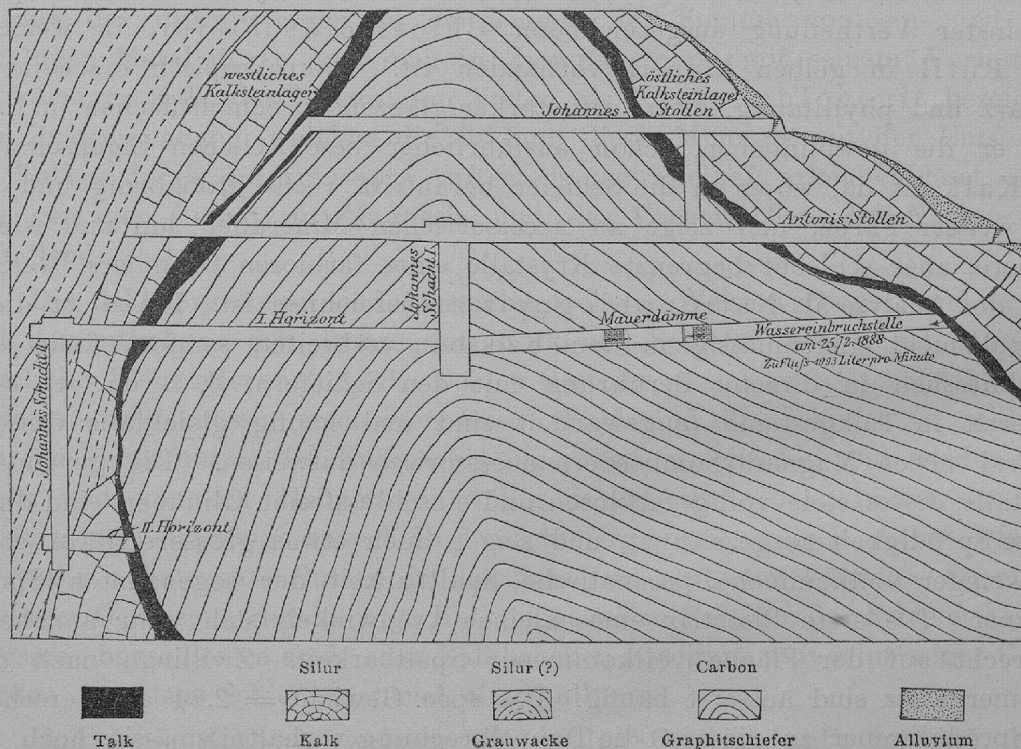


Fig. III. Profil durch den Talkbergbau der Gemeinde Mautern.

Von A. Rassauer-Scropeck.

Die Zone, innerhalb welcher die Talkschiefer auftreten, gehört den umgewandelten carbonischen Gesteinen an, welche im Vorhergehenden ausführlicher beschrieben wurden, und die unweit des Talkbergwerks der Gemeinde

Mautern noch abbauwürdige Graphitflötze führt, ebenso wie auch in der Umgebung der Talkvorkommnisse in den kottischen Alpen, unweit von Perosa, Graphitbergwerke vorhanden sind.

Bei Mautern bilden diese Schiefer einen hochaufgebauchten Sattel, welcher im Hangenden fast allenthalben von Kalkstein begrenzt wird, dessen Alter nach Analogie mit den übrigen geologischen Erscheinungen in dem Gebiete als silurisch angenommen wird, und welcher hier begleitet wird von grauackeähnlichen Gesteinen, die gewöhnlich über dem Kalk lagernd nur in einer verhältnissig schmalen Zone im Westen des Profils direct an den Graphitschiefer herantreten.

Der Graphitschiefer selbst ist, ebenso wie die benachbarten Einlagerungen von Graphit, durchaus normal, das gleiche Gestein, wie es hier allenthalben auftritt, ein durch einen hohen Gehalt an Quarz und Graphit in feinster Vertheilung ausgezeichneter Chloritoidschiefer, in welchem stets Rutil in gelben Körnern vorhanden ist. Makroskopisch erscheint er schwarz und phyllitartig, öfters mit stärker glänzenden Schichtflächen, u. d. M. zeigt er die gewöhnlichen, schon ausführlicher beschriebenen Eigenschaften. Der Kalk ist da, wo er an die Schiefer herantritt, recht grobkörnig und von rein weisser Farbe, und zeigt an accessorischen Mineralien hin und wieder grössere, aber schlecht begrenzte Krystalle eines farblosen Glimmers, welcher nach der Analyse als Natronphlogopit zu bezeichnen ist. Indess ist dieses Mineral nicht gleichmässig in dem Kalkstein verbreitet, sondern findet sich ausschliesslich in directer Berührung mit den Schiefern, d. h. da, wo diese letzteren in Talkgesteine umgewandelt sind und häufig gleichfalls dasselbe Mineral neben Magnesitrhoëdern accessorisch aufweisen. Die gerundeten Krystalle dieses stets völlig farblosen und einschlussfreien Glimmers sind durch grosse Sprödigkeit ausgezeichnet, und zeigen auch etwas grössere Härte, sowie die weniger vollkommene prismatische Spaltbarkeit der sogenannten Sprödglimmer. Die erste Bisectrix eines kleinen Axenwinkels steht sehr annähernd senkrecht auf der Fläche vollkommener Spaltbarkeit. Zwillinge nach dem Glimmergesetz sind äusserst häufig. Das spec. Gewicht = 2.84 aber erscheint für Sprödglimmer zu niedrig, die Doppelbrechung verhältnissmässig hoch und die chemische Zusammensetzung, welche an völlig reinem Material von Herrn L. Wunder hier ermittelt wurde, verweist das äusserlich einem Sprödglimmer so ähnliche Mineral in die Nähe des Phlogogits, von welchem es hauptsächlich durch einen hohen Natrongehalt unterschieden ist. Die Analyse des vorher mehrere Stunden auf 250° erhitzten, also von hygroskopischen Wasser befreiten, aber völlig unveränderten Materials ergab.

SiO ₂	. . .	44,74 %
Al ₂ O ₃	. . .	30,63 "
Fe ₂ O ₃	. . .	2,59 "
MgO	. . .	5,92 "
CaO	. . .	1,58 "
K ₂ O	. . .	2,32 "
Na ₂ O	. . .	6,09 "
H ₂ O	. . .	5,85 "
		99,72 %

Die Abwesenheit von Fluor wurde nach verschiedenen Methoden nachgewiesen. Die Molecularquotienten sind somit 0.745 : 0.632 : 0.623 oder es ist, wie dies gerade in der Reihe der Phlogogite besonders häufig ist, ein bedeutender Ueberschuss an Kieselsäure vorhanden, gegenüber von dem Verhältniss der dreierwerthigen zu demjenigen der Summe von ein- und zweierwerthigen Metallen, so dass man in Zusammenhang mit seinem Vorkommen im körnigen Kalk das Mineral am besten als Natronphlogogit bezeichnet. Der Zusammenhang, welchen die Bildung dieses Minerals mit der Entstehung des Talkes durch die Art seines Auftretens unzweifelhaft erkennen lässt, macht den geringen Gehalt an Magnesia und das Vorherrschen des Natrons sehr auffallend.

Die Schiefergesteine sind in mannigfachster Weise verbogen und gefaltet und namentlich an der Grenze von Kalk und Schiefer beobachtet man eine förmliche Ineinanderknetung der beiden Gesteine, welche die Grenzfläche beider äusserst unregelmässig erscheinen lässt. Bald sind die Schiefer in schlauchförmige Vertiefungen des Kalkes hineingepresst, welche hin und wieder abgerissen und von der Hauptmasse völlig isolirt sind, bald bildet der Kalk keilförmige Vorsprünge innerhalb der Schiefergesteine, welche ebenso wie jene als völlig abgetrennte Putzen in den Schiefen auftreten können. So enthält in dieser Grenzzone der körnige Kalk nicht selten Parteen der Schiefer, welche ringsum abgeschlossen sind, oder Kalkbrocken von ganz unregelmässiger Gestalt werden von dem Schiefermaterial eingehüllt.

Und diese Zone, in welcher die beiden Gesteine auf's innigste durcheinandergewalzt sind, ist der Ort, wo die Talkbildung stattgefunden hat, welche aber, soweit meine Beobachtungen gehen, ganz ausschliesslich den Schiefer ergriff und den Kalkstein, in völlig unveränderter Form, d. h. magnesiafrei zurückliess, worauf schon das spec. Gewicht des körnig gewordenen Kalkes = 2,733 hinweist. Der Talkschiefer bildet nun aber nicht etwa, wie dies nach dem Profil scheinen möchte, eine ununterbrochene Grenzschicht zwischen

Kalk und Graphitschiefer, welche nur dort weniger mächtig erscheint, wo die Grauwacke direct das Hangende bildet, sondern er findet sich vielmehr in langlinsenförmigen Partien, deren innerster Kern rein weiss ist, und der allmählich durch grauliche Talkvarietäten in einen noch etwas Talk enthaltenden phyllitischen Schiefer übergeht, bis endlich allseits der normale Graphitschiefer erreicht ist. Diese linsenförmigen Gebilde, welche durch die mannigfaltigen Faltungs- und Verstauchungserscheinungen allerdings sehr namhafte Abweichungen von der ursprünglichen Form aufweisen können, stellen aber nicht, wie die ebenso geformten Einlagerungen von Graphit, selbständige Körper dar, um welche sich die normalen phyllitartigen Gesteine allseits wie ein Mantel herumlegen, ihr Zusammenhang mit den Schiefen ist vielmehr ein viel innigerer, und man sieht an zahlreichen Stellen in der Grube auf's deutlichste, wie die Schieferung der Phyllite ganz ungehindert durch diese Talklinsen hindurchsetzt und in diesen genau in derselben Weise ausgebildet ist, wie in den normalen Graphitschiefern selbst. Es sind keine Einlagerungen von Talk im engeren Sinne des Wortes, sondern vielmehr durch alle möglichen Uebergangsglieder mit dem normalen Graphitchloritoidschiefer verbundene Gesteine, welche nur als Umwandlungsproducte dieser gedeutet werden können.

Der rein weisse Talk, welcher immer nur im Kern solcher Linsen auftritt, dort aber hin und wieder eine Mächtigkeit bis zu 3 m erreicht, enthält von dem ursprünglichen Mineralbestand der Schiefer nichts mehr als einzelne Körner von Rutil, welche indess hier grösser zu sein scheinen als im normalen Graphitschiefer. Seine Structur ist ziemlich dicht, doch nicht so, dass die blättrige Beschaffenheit des Talkes unkenntlich würde; es ist also nicht diejenige Ausbildung, welche man als Speckstein bezeichnet. An den Kanten sind diese Vorhommnisse mit der charakteristischen zart lichtgrünen Farbe durchscheinend. Die Schieferstructur ist in einzelnen Varietäten auf das vollkommenste erhalten; die Schieferungsflächen, äusserst glatt und lebhaft glänzend, sind oft in den verschiedensten Formen gefaltet und gefältelt. Andere Ausbildungsarten sind gleichmässig dicht und dann sehr häufig von zahllosen Rutschflächen durchzogen, die vollständig glänzend polirt sind und hin und wieder das Gestein zu einem schaligen Haufwerk zerfallen lassen. Die graulichen Talkschiefer, in welche diese rein weissen Bildungen nach aussen zu übergehen, unterscheiden sich von denselben nur durch die Farbe, welche auf geringe Verunreinigungen zurückzuführen ist. Allmählich kommen Quarzkörnchen und die glimmerartigen Mineralien hinzu, der Talk tritt mehr und mehr in den Hintergrund und die Structur wird allmählich dünnschieferig.

Solche Gesteine, welche sich äusserlich noch recht fettig anfühlen und auch meist nur grau gefärbt sind, lassen u. d. M. die normale Zusammensetzung und Structur der Graphitschiefer erkennen; rein schwarz erscheinen die Schiefer erst da, wo keine Spur einer Talkbildung mehr vorhanden ist.

Wo Talkgesteine direct an den Kalk angrenzen, da ist die Grenzfläche beider äusserst unregelmässig; die Oberfläche des Kalkes erscheint wie zerfressen und von zahlreichen kleineren und grösseren Einbuchtungen von Talk durchsetzt und ganz ebenso ist das Aussehen der Kalkknauern, welche rings von Talk umhüllt werden. Vollständig abgeschnürte Putzen von Talk sieht man hin und wieder unweit der Grenze im Kalk sitzen.

Die Zone, innerhalb welcher diese Umwandlung sich findet, ist allenthalben ziemlich gleich mächtig, nur da, wo an Stelle des Kalkes die Grauwacke das Hangende der Schiefer bildet, ist die Talkbildung untergeordnet geworden. Im Uebrigen bildet diese Zone ein gleichmässiges Band um den ganzen Sattel, dessen obere Grenze bezeichnend, innerhalb dessen die Schiefer eine gewissermassen grossflaserige Structur zeigen, wobei den Kern der Flaseren der reine Talk, das Zwischenmittel normaler Graphitschiefer, bildet. Ein Uebergang des Kalksteins selbst in Talk lässt sich nirgends nachweisen, der Kalk ist zunächst der Grenze völlig frei von Schnüren oder Blättchen von Talk; dass er bei der Umbildung der Schiefer etwas in Mitleidenschaft gezogen worden ist, dafür kann man vielleicht in der eigenartigen Beschaffenheit der Grenzflächen einen Anhaltspunkt finden. Jedenfalls aber ist diese Umbildung ganz untergeordnet gegenüber von derjenigen, welche die Schiefer betroffen hat.

Die Gesamtheit der Verhältnisse, wie wir sie hier beobachten, und wie sie nach dem in den kottischen Alpen gesammelten Material zu urtheilen, sich dort in völlig übereinstimmender Weise wiederholt, bietet eine ganze Reihe räthselhafter Erscheinungen, welche von chemischem wie von geologischem Standpunkte aus äusserst schwierig erscheinen. Dass so bedeutende Umwandlungen, wie sie hier vorliegen, auf besonders intensiv wirkende Processe schliessen lassen, dürfte an sich nicht zweifelhaft sein. Den gewöhnlichen in den Gesteinen circulirenden Gewässern wenigstens kann man eine solche Fähigkeit unmöglich zuschreiben, zumal eine Quelle für die massenhafte Zufuhr von Magnesia in weitester Entfernung nicht aufzufinden ist. Die ganze Art und Weise des Vorkommens weist auf die Wirksamkeit von Lösungen hin, welche ihre Bestandtheile aus der Tiefe mitbrachten, und deren Reactionsfähigkeit vermuthlich durch erhöhte Temperatur begünstigt war. Dass derartige magnesiareiche Lösungen in den steyrischen Lagerstätten wenigstens — in den Waldenserthälern habe ich auf der kurzen Orientierungtour mit

den Folgenden analoge Bildungen nicht beobachtet — in weiterer Verbreitung ihre Wirkungen hervorbrachten, darauf weisen die stockförmigen Vorkommnisse von Magnesit und Pinolit innerhalb der als silurisch angesehenen Kalke des Liesing- und Paltenthales hin, auch diese können nur durch eine Zufuhr von Magnesia im Grossen erklärt werden, die sich zugleich unter nicht gewöhnlichen Verhältnissen abspielte, da sonst das Stadium der Dolomitbildung wohl kaum überschritten worden wäre, oder jedenfalls der Dolomit in massenhafter Entwicklung hier vorhanden sein müsste, was aber selbst an den Grenzen der umgewandelten Gesteine nicht der Fall ist.

Auch die Wegführung so grosser Mengen von Thonerde ist keine bei den Umbildungsprocessen in der Natur gewöhnliche Erscheinung, auch sie findet nur unter besonders gearteten Verhältnissen statt; und was endlich die Vernichtung des Gehaltes an Graphit betrifft, so ist eine solche, wenigstens soweit unsere augenblicklichen Kenntnisse reichen, durch die gewöhnlichen in der Natur wirksamen Agentien absolut nicht zu erklären. Endlich ist die Erscheinung frappirend, dass der Kalk, welcher diesen völlig umgewandelten Gesteinen zunächst liegt, sich von Veränderungen frei gehalten hat, während doch sonst Kalksteine solchen chemischen Umwandlungen äusserst leicht zugänglich zu sein pflegen.

Umbildungen in Talk gehören im Allgemeinen zu den nicht seltenen Erscheinungen, und die Mannigfaltigkeit der Processe, deren Endresultat die Bildung von Talk ist, wird schon durch die grosse Anzahl von Pseudomorphosen illustriert, welche derselbe nach den allerverschiedensten Mineralien bildet. Der Unterschied zwischen den beiden wasserhaltigen Magnesiasilicaten, welche als Endresultate der Umwandlung häufiger erscheinen, dem Serpentin und dem Talk, ist besonders bezeichnend, indem der erstere wohl ausschliesslich aus ursprünglichen Magnesiasilicaten hervorgeht, der letztere sich aber nicht selten als eigentliche Verdrängungspseudomorphose findet. Während in der Serpentinbildung ein meist recht einfacher Process vorliegt, ergreift die Bildung von Talk ganz ohne Rücksicht auf die ursprüngliche Zusammensetzung alle Mineralien, welche in den Bereich der betreffenden Agentien fallen.

Ein besonders charakteristisches Beispiel dafür bildet das von mir¹⁾ früher beschriebene Specksteinvorkommen zwischen Göpfersgrün und Thiersheim im Fichtelgebirge. Dort sind im „Phyllitgneiss“ eingelagerte Schichten von körnigem Kalk und Dolomit nebst allen sie begleitenden Mineralien der Umbildung in Speckstein erlegen, Quarz, Kalkspath, Dolomit, Tre-

¹⁾ E. Weinschenk, Ueber die Umwandlung des Quarzes in Speckstein. Zeitschr. Krystallogr. 1888, 14, 305.

molit etc. finden sich gleichmässig in das Magnesiasilicat umgewandelt, in der Umgebung hat auch der thonerdereiche Phyllitgneiss der Umbildung keinen Widerstand entgegengesetzt und schliesslich ist selbst der benachbarte Granit hin und wieder der Umbildung in Speckstein anheimgefallen. Der hauptsächlichste Unterschied zwischen diesem und dem hier betrachteten Vorkommniss beruht darin, dass im Fichtelgebirge die Umwandlung in erster Linie den Kalk ergriff und nur als Nebenerscheinung die Veränderung der thonerdereichen Gesteine eintritt, während hier umgekehrt der Kalk selbst in nächster Nachbarschaft der umgewandelten Thonschiefer chemisch nicht beeinflusst wurde.

Eine Magnesiazufuhr im Grossen muss aber hier wie dort stattgefunden haben, und ebenso, wie wir im Fichtelgebirge beobachten, dass die Umwandlung sich auf die nächste Umgebung des Granites beschränkt, und somit die Ursache in den der granitischen Intrusion folgenden postvulkanischen Processen gegeben ist, so dürfen wir auch in den Alpen die Nachbarschaft des Granites nicht als etwas Zufälliges betrachten.

Allerdings sind es nicht die dem Granit zunächstgelegenen Schichten, in denen sich diese chemischen Prozesse abspielten, sondern vielmehr ziemlich weit, wenigstens von dem anstehenden Granit entfernte, aber die ganze Beschaffenheit der Graphitschiefer stellt eine intensive Beeinflussung derselben durch das Massengestein völlig ausser Frage, und die Lagerungsverhältnisse zeigen da, wo die Talkbildung auftritt, so bedeutende Störungen, dass es nicht unwahrscheinlich ist, dass gerade dort die der granitischen Intrusion folgenden Agentien ihre Thätigkeit entfalteten, zumal die Grenze zweier so verschiedener Gesteine wie es Kalk und Thonschiefer sind, bei der Zusammenfaltung durch die gebirgsbildenden Prozesse besonders zugänglich für die aus der Tiefe aufsteigenden Agentien gewesen sein dürfte.

Doch sind damit die chemischen Räthsel, welche uns die Talkvorkommnisse der alpinen Graphitlagerstätten darbieten, nur um einen kleinen Schritt ihrer Lösung nähergeführt. Wir können zwar aus Analogie mit anderen Vorkommnissen die Möglichkeit einer Zuführung bedeutender Mengen von Magnesia und die völlige Ersetzung sehr verschiedenartiger Gesteine durch Talk im Zusammenhang mit den Folgeerscheinungen einer granitischen Intrusion nicht läugnen, andererseits aber bleibt die ganz eigenartige Weise ihrer Wirksamkeit völlig ungeklärt. Weshalb blieb bei diesen intensiv wirkenden Processen der Kalk so gut wie unberührt? Weshalb führte die Umbildung zu den eigenthümlich linsenförmigen Körpern, in deren Kern der reinste Talk auftritt, während in den Randzonen ein Uebergang in normale Graphitschiefer vor-

handen ist? Welcher Art endlich waren die Agentien, welche einestheils die kieselsäure- und thonerdereichen Schiefer in Talk umbildeten, gleichzeitig aber den Graphit aus denselben entfernen konnten, den wir doch sonst als einen der unbeweglichsten Körper kennen? Das sind drei Fragen, für welche eine Antwort mir zunächst nicht möglich erscheint, und welchen eben nur die Thatsache entgegengestellt werden kann, dass alle Beobachtungen mit Sicherheit darauf hinweisen, dass die Prozesse hier in der geschilderten Weise vor sich gegangen sein müssen.

Jedenfalls liegt, um dies zum Schlusse nochmals zu betonen, in dieser Talkbildung keine mit der Entstehung des Graphites selbst zeitlich verbundene Umwandlung vor, wie etwa in der Kaolinbildung der ersten Gruppe von Graphitlagerstätten, vielmehr ging dieselbe offenbar von dem schon contact-metamorphisch umgebildeten Schiefer aus und bewirkte in demselben nicht eine Neubildung, sondern eine Zerstörung des Graphites. Andernteils waren zur Zeit der Umwandlung der Schiefer die Faltungsprocesse noch nicht abgeschlossen, sonst würde eine Erklärung der Talkputzen im Kalkstein kaum möglich sein. Die Umwandlung der Thonschiefer in Graphitchloritoidschiefer ist mit der Verfestigung des Granites gleichzeitig, hervorgerufen durch die Agentien, welche bei der Krystallisation des mit Mineralbildnern gesättigten Schmelzflusses abgegeben wurden; die Talkbildung aber ist ein Ergebniss der postvulkanischen Processe, welche noch ziemlich lange nach der Verfestigung der Intrusivmasse ihre Thätigkeit ausüben konnten.

Erklärung der Tafeln.

Tafel III.

- Fig. 1. Quarzit von Perosa ohne Kataklase.
 " 2. Zertrümmerung in einem Quarzgerölle der Conglomeratschiefer vom Sunk.
 " 3. Streifige Beschaffenheit von Quarz in einem Quarzgerölle der Conglomeratschiefer vom Sunk.
 " 4. Mörtelstructur } in den Quarzstengeln der Randzonen des Centralgranits der
 " 5 und 6. Völlige Zertrümmerung } Steyermark.

Tafel IV.

- Fig. 1. Mit Graphit bestaubte radiale Aggregate von Chloritoid bilden Augen im Chloritoidschiefer von Kaisersberg.
 " 2. Gebogene Bänder von Graphit in einem Feldspathkrystall der Graphitschiefer von Perosa.
 " 3. Adern von Quarz mit Chloritoid im Graphit von Kaisersberg.
 " 4. Chloritoid in der gewöhnlichen Ausbildung im Schiefer von Leims.
 " 5 und 6. Kleine parallel zur Schieferung angeordnete Quarzkörnchen setzen durch grössere Quarzkörner hindurch. Quarzit von Perosa.

Fig. 1

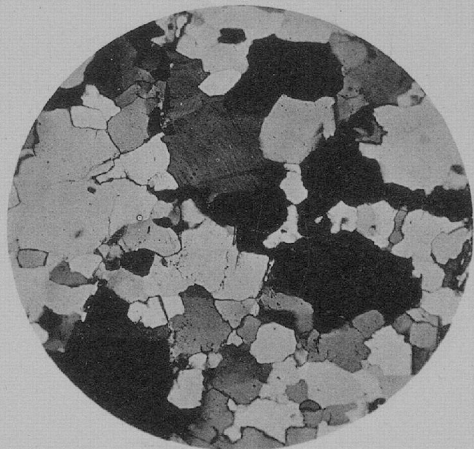


Fig. 2

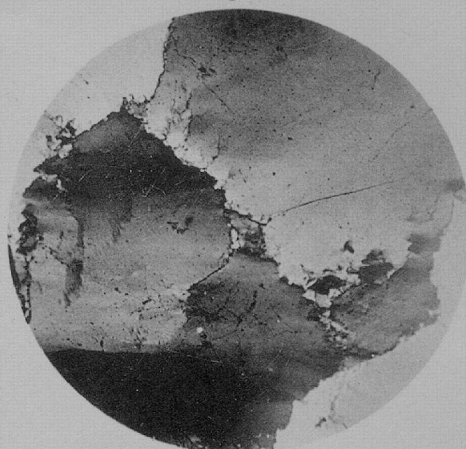


Fig. 3

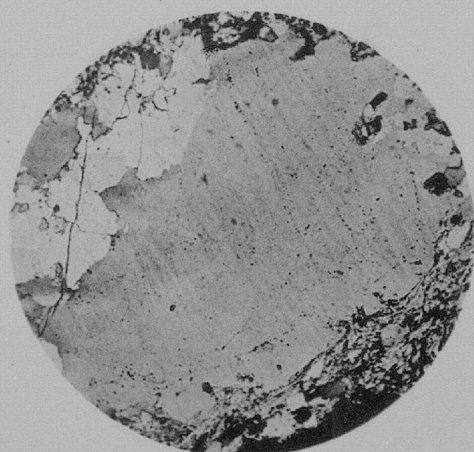


Fig. 4

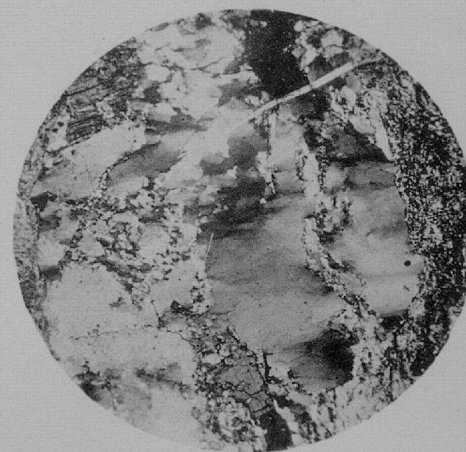
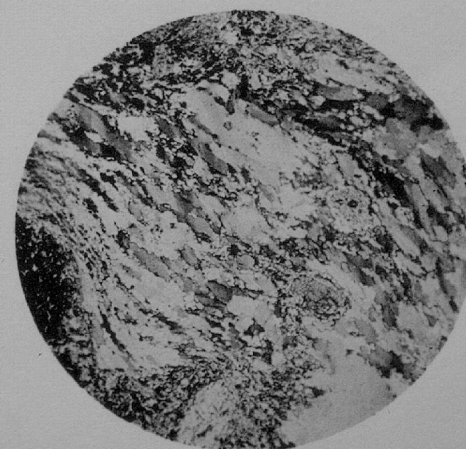


Fig. 5



Fig. 6



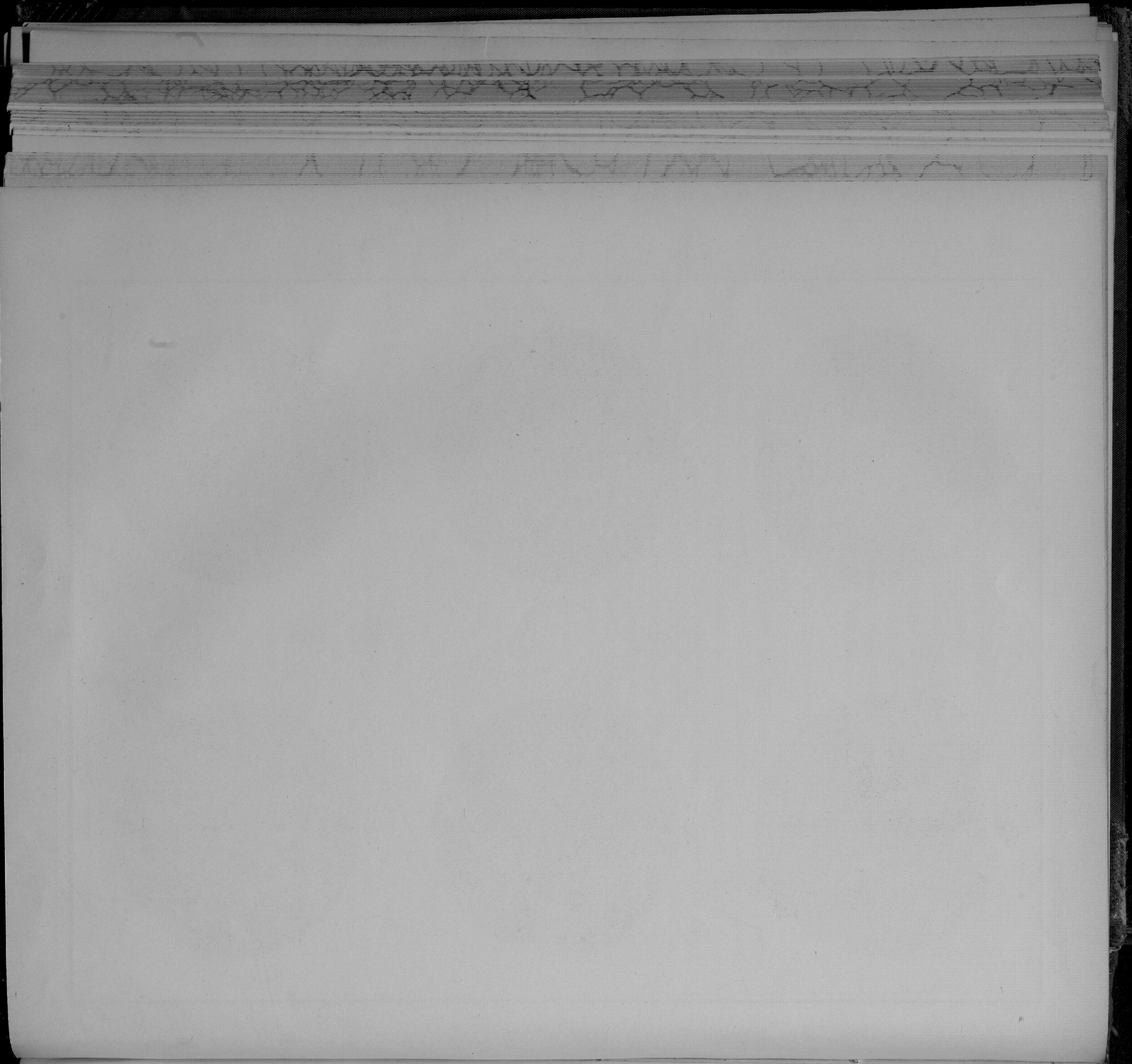


Fig. 1



Fig. 2



Fig. 3

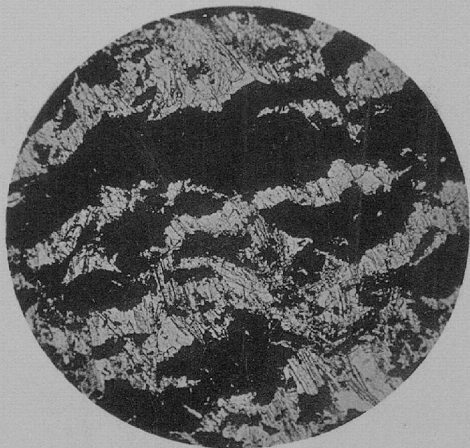


Fig. 4



Fig. 5



Fig. 6



THE UNIVERSITY OF CHICAGO PRESS

CHICAGO, ILL. 60607