

Über Serpentine

aus den

östlichen Central-Alpen

und deren

Contactbildungen.



Habilitationsschrift

zur Erlangung der *venia legendi* an der königl. bayerischen
Ludwig-Maximilians Universität zu München.

Eingereicht von

Dr. phil. Ernst Weinschenk.



München 1891.

Druck des Literarischen Instituts von Dr. M. Huttler, Konrad Fischer in München.

Seinem hochverehrten Lehrer

Herrn Professor Dr. P. Groth

in Dankbarkeit gewidmet

vom Verfasser.

Ein^es der interessantesten Probleme der chemischen Geologie ist die Frage nach der Entstehung des **Serpentins**.

Dieses oft so räthselhafte Gestein theilhaftig sich unter den aller- verschiedensten Umständen an dem Aufbau der Erdkruste; es findet sich eben sowohl als Glied des altkrystallinen Schiefergebirges wie in unzweifelhaft tertiären Ablagerungen, ja in fast allen Formationen dürfte Serpentin nachgewiesen sein. Die Art seines Auftretens ist ausser- ordentlich verschiedenartig, die Ausbildung bald massig, bald schiefrig; hier findet er sich als schichtenförmige *Einlagerung* im *Urgebirge*, dort bildet er *Stöcke*, *Gänge* und *Lager* in Verbindung mit echten *Eruptiv- gesteinen*, wie Diabas und Gabbro, in *jungen, klastischen Ablagerungen*. In fast allen Fällen aber ist charakteristisch für ihn eine eigenthümliche Unregelmässigkeit des Auftretens, indem er bald hier, bald dort in grössern oder kleinern Partien erscheint, ohne dabei an bestimmte Horizonte gebunden zu sein.

Das klassische Land für das Studium des Serpentins ist *Italien*, dessen Vorkommnisse auch die eingehendste Bearbeitung erfahren haben. Vor allem sind es die hervorragenden Schriften, welche dem internationalen Geologenkongress zu Bologna vorgelegt wurden, in welchen eine Fülle von Beobachtungen über das Vorkommen und die Structur, sowie von geistreichen Theorien über die Entstehung dieses Gesteins niedergelegt sind.

Aber auch von einer grossen Anzahl anderer Lokalitäten liegen gründliche Untersuchungen vor, welche theils vom geologischen, theils vom rein petrographischen Standpunkt aus zur Lösung dieser Frage beizutragen suchten. Am bekanntesten sind die Arbeiten über die Serpentine aus *Schlesien*, *Böhmen*, *Sachsen*, *Cornwall*, dem *Fichtelgebirge*, den *Vogesen*, *Alpen* und *Pyrenäen*.

Entsprechend der grossen Mannigfaltigkeit in der Ausbildung und dem Auftreten der Serpentinegesteine wurden natürlich auch die verschiedensten Ansichten über die Zugehörigkeit derselben zu allen möglichen

petrographischen Abtheilungen ausgesprochen. Für einen Theil der Gesteine bewies schon der geologische Befund klar und deutlich, dass es sich um echte Eruptivgesteine handelte, sei es, dass der Serpentin in engem geologischem Verband mit unzweifelhaften Eruptivgesteinen auftrat, sei es, dass durch das Vorkommen in Stöcken und Gängen seine anogene Entstehung klargelegt wurde. An andern Orten wieder schien die ungestörte Lagerung im Urgebirge, sowie häufig beobachtete Uebergänge von schiefrigen Gesteinen in Serpentin und endlich die schiefrige Ausbildung des Serpentin selbst seine Entstehung auf wässrigem Wege nachzuweisen.

Seitdem *Quenstedt*¹⁾ das Wesen der berühmten Pseudomorphosen von Snarum erkannt und gezeigt hatte, dass dieselben Umwandlungsprodukte von Olivin sind, neigte man sich mehr und mehr der Ansicht zu, dass der Serpentin kein primäres Gebilde darstelle, sondern vielmehr durch Wasseraufnahme aus ursprünglich wasserfreien Magnesiasilicaten hervorgegangen sei. Eine grosse Reihe von Fachgenossen suchte in der Folgezeit die Erkenntniss des Serpentin zu fördern, so studirte *Websky*²⁾ die optischen, *Tschermak*³⁾ die petrographischen Eigenschaften, während *Roth*⁴⁾ durch chemisch geologische Betrachtungen es wahrscheinlich machte, dass ausser *Olivin* auch *Enstatit*, thonerdefreier *Augit* und *Amphibol* der Umwandlung in Serpentin fähig sind. Bald wurde auch die Richtigkeit dieses Satzes bewiesen, indem *Drasche*⁵⁾ in den Serpentin der Alpen *Enstatit* und *Diallag* fand, und *Weigand*⁶⁾ an denen der Vogesen zeigte, dass dieselben aus Amphiboliten entstanden sind.

Diesen bahnbrechenden Arbeiten folgte eine Reihe anderer nicht minder wichtiger und interessanter Untersuchungen, und heute dürfte wohl kein Zweifel bestehen, dass aus allen thonerdefreien Magnesiasilicaten dieses so beständige Hydrat hervorgehen kann.

Serpentin kann sich also, soweit Eruptivgesteine in Betracht kommen, durch Umwandlung aller jener feldspathfreien Gesteine bilden, welche *Rosenbusch* unter dem Namen der *Peridotite* zusammenfasst. Ob auch echte Feldspathgesteine, wie *Diabas* und *Gabbro*, völlig zu Serpentin zersetzt werden können, ist nirgends mit Sicherheit nachgewiesen, und es dürfte sich überall da, wo dieselben in engstem Verband mit Serpentin auftreten, eher um locale Differenzirung des Magmas handeln. Wenn

¹⁾ *Quenstedt*, Pogg. Ann. 1835. XXXIV. 370.

²⁾ *Websky*, Ueber die Krystalstructure des Serpentin etc. Zeitschr. deut. geol. Ges. 1858. X, 277.

³⁾ *Tschermak*, Ueber Serpentinbildung. Ber. Wien. Akad. 1867. LVI. I. 11. Juli.

⁴⁾ *Roth*, Ueber den Serpentin. Abh. Berl. Akad. 1869.

⁵⁾ *Drasche*, Ueber Serpentin und serpentinarartige Gesteine. Tsch. Min. Mitth. 1871. I.

⁶⁾ *Weigand*, Die Serpentine der Vogesen. Tsch. Min. Mitth. 1875. 183.

auch die Möglichkeit einer solchen Umwandlung nicht ganz ausgeschlossen erscheint, so ist doch die Unbeweglichkeit des Thonerdesilicats bedeutend genug, um einen derartigen Prozess unwahrscheinlich zu machen. Als Urgesteine von Serpentin sind nachgewiesen ausser dem reinen Olivinfels oder *Dunit*, die ganze Gruppe der *Pikrite*, *Amphibolpikrite*, *Wehrlite* und *Lherzolithe*, sowie der reine, olivinfreie *Enstatit*- und *Diallagfels*. Der gleiche Prozess lässt sich bei den entsprechenden Gliedern der krystallinen Schiefer verfolgen.

Die Gesteine, welche man unter dem Namen „**Serpentin**“ zusammenfasst, zeigen bekanntlich sehr verschiedene Structur, je nach dem Mineral, welchem sie ihre Entstehung verdanken. Für die Olivinserpentine ist die sogenannte *Maschenstructur* charakteristisch, welche der unregelmässigen Zerklüftung des Olivins ihren Ursprung verdankt, während bei den Pyroxen- und Amphibolserpentinien meist die sogenannte *Gitterstructur* beobachtet wird, welche die Ablagerung der Serpentinsubstanz parallel den Spaltrissen dieser Mineralien anzeigt. Auch die Art der feineren Structur ist bei beiden Varietäten verschieden, indem die erstere aus einem feinfasrigen, die letztere aus einem mehr schuppigen Aggregat besteht. Schon *Drasche* unterschied deshalb zwischen den eigentlichen Serpentinien, welche die *Maschenstructur* zeigen, und den serpentinartigen Gesteinen, welche aus feinen Blättchen und Schuppen aufgebaut sind. Ob es sich dabei um zwei mineralogisch verschiedene Substanzen oder um verschiedene Ausbildungsformen desselben Minerals handelt, ist bis heute noch nicht sicher nachgewiesen, und auch die chemische Untersuchung hat, ausser einem ziemlich constanten, aber sehr geringen Thonerdegehalt der zweiten Gruppe, keine sicheren Anhaltspunkte für diese Auffassung ergeben. Wollte man auf Grund der strukturellen Differenzen eine Trennung beider eintreten lassen, so könnte man das fasrige Mineral als *Chrysotil* bezeichnen, das schuppige dagegen dem *Antigorit* zutheilen; ersteres würde sich durch kräftigere Doppelbrechung und kleineren Axenwinkel, sowie durch häufig schwachen Pleochroismus von dem letztern unterscheiden, welches meist recht kräftigen Pleochroismus besitzt.

Ebenso ist die Frage noch offen, ob nicht eine Anzahl wasserärmerer Zwischenprodukte bei der Umbildung entstehen, da weder eine chemische noch eine sichere mineralogische Bestimmung vorliegt. Die Behauptung von *Brauns*¹⁾, dass im *Palaeopikrit* von Bottenhorn etwas ähnliches vorkomme, ist durch nichts weiter als den beobachteten Pleochroismus gestützt, und deshalb ist auch die Benennung als *Villarsit* durchaus willkürlich.

¹⁾ *Brauns*, Mineralien und Gesteine aus dem hessischen Hinterlande. Zeitschr. deut. geol. Ges. 1888. XL. 465.

Bei den einzelnen durch die angeführten structurellen Unterschiede getrennten Gruppen ist die petrographische Beschaffenheit eine ausserordentlich constante, und es würde sehr schwer sein, am Handstück oder im Dünnschliff Gesteine zu unterscheiden, von welchen die einen sicher von krystallinen Schiefen abstammen, die andern Umwandlungsprodukte unzweifelhafter Eruptivgesteine sind, und ebenso ähnlich sind die Serpentine der ältesten und der jüngsten geologischen Epochen. Deshalb ist es ohne geologisches Studium des Vorkommens unmöglich, irgend welche Schlüsse auf die Zugehörigkeit eines Serpentin zu den Eruptiv- resp. Schiefergesteinen zu ziehen. Derartige Hypothesen, wie sie z. B. von *Hussak*¹⁾ für die alpinen Serpentine aufgestellt wurden, entbehren jeder sachlichen Grundlage.

Die *Theorien*, welche im Laufe der letzten Jahre die Entstehung des Serpentin zu erklären versuchten, sind ausserordentlich zahlreich, wie ja auch die Mannigfaltigkeit des Vorkommens auf sehr verschiedenartige Entstehung schliessen lässt. Die Serpentine allerdings, welche so häufig als Einlagerungen in den krystallinischen Schiefen auftreten, sah man im allgemeinen als Glieder dieser Formation an. Sie liegen theilweise zwischen Schichten eingebettet, welche direkt Uebergänge in Serpentin beobachten lassen, wie z. B. *Weigand* für gewisse Vorkommnisse der Vogesen nachwies, welche mit Amphiboliten eng verknüpft sind. Jedenfalls aber ist das Auftreten dieser meist linsenförmig den Schiefen eingelagerten Gesteine nicht so auffallend und ihre Struktur von derjenigen der Nebengesteine nicht so abweichend, dass man veranlasst werden könnte, besondere Kräfte bei ihrer Bildung anzunehmen, wenn auch der Habitus einer überwiegenden Anzahl von Serpentin ein massiger ist. Sind ja doch auch die unter ganz ähnlichen Umständen auftretenden Einlagerungen von Urkalk sehr häufig in gleicher Weise ausgebildet, und bei diesen dürfte eine gleichartige Entstehung mit den Schiefen nicht zweifelhaft sein. Man erklärte deshalb z. B. die Serpentine der Centralalpen übereinstimmend für echte Glieder des altkrystallinen Schiefergebirges, welche vielleicht lokalen Anreicherungen des Meerwassers ihre Entstehung verdanken.

Ganz anders liegen die Verhältnisse für diejenigen Serpentine, welche in jüngeren Formationen beobachtet wurden. Während nämlich bei den älteren, wie schon oben hervorgehoben, der gleichartige petrographische Charakter auch auf eine ähnliche Entstehung mit den Nebengesteinen hinwies, musste es auffallen, wenn man dieses krystallinische Gestein mitten zwischen jungen, klastischen Meeresablagerungen in ganz derselben Ausbildung wiederfand. Der Versuch, auch diese Bildungen für

¹⁾ *Hussak*, Ueber einige alpine Serpentine. Tsch. Min. Petr. Mitth. 1883. V. 61.

Meeresablagerungen zu erklären, wurde von *Sterry Hunt*¹⁾ gemacht. Derselbe nahm an, dass einem an Magnesiumsalzen reichen Meerwasser durch heisse Quellen oder durch Dampfexhalationen Mengen von Alkalisilicaten zugeführt wurden, welche den Niederschlag des Serpentin bewirkten, und ähnliche Ansichten sprachen *Dieulafait*²⁾ und *Taramelli*³⁾ aus.

Indess widerspricht in nicht wenigen Fällen die Beobachtung im Felde dieser Hypothese und weist mit grosser Deutlichkeit auf eine, wenn auch nicht geradezu eruptive, so doch anogene Entstehung hin. Der einfachste Versuch einer Erklärung, welcher eine Umwandlung wasserfreier Olivin- resp. Pyroxengesteine annimmt, stützt sich auf das Vorhandensein von Resten dieser Mineralien in dem zersetzten Gestein. Allein bald wurden dagegen eine grössere Anzahl von Bedenken laut; so fand man häufig unter ganz ähnlichen Umständen Gesteine, welche mit den theoretischen Urgesteinen des Serpentin identisch sind, in völlig unzersetztem und frischem Zustand, ja in einigen Fällen waren sie noch in viel älteren Formationen, wo doch die Bedingungen einer Umwandlung ungleich günstiger waren, gut erhalten geblieben. Ausserdem schien es schwierig, anzunehmen, dass so bedeutende Massen, wie z. B. die von *Mac Pherson*⁴⁾ beschriebenen Serpentine der Serrania de Ronda, einfach durch cirkulirende Gewässer zersetzt und in ein wasserreiches Gestein umgewandelt werden konnten, ohne dass noch dazu die bedeutende Volumenvermehrung sich in starken Schichtenstörungen kundgegeben hätte. All diese zum Theil recht schwerwiegenden Einwände waren der Grund, dass man allmählich von der an sich einfachsten Erklärung abkam und denselben mit neuen, oft sehr complicirten Theorieen gerecht zu werden versuchte.

Allen diesen Theorieen ist die Annahme gemeinsam, dass es sich um Massen handelt, welche in einem plastischen Zustand ohne gewaltige Eruptionen aus dem Innern der Erde hervorgequollen sind, und welche sich entweder einfach direkt als Serpentin verfestigt oder zunächst noch andere, ursprüngliche Stadien durchgemacht haben. Ob nun das Magma nach Art der Produkte der Schlammvulkane ein heisser, wasserreicher Brei gewesen, welcher durch die Krystallisation des wasserreichen Silikats festgeworden ist, wie *Mazzuoli* und *Issel*⁵⁾ annehmen, oder ob dasselbe

¹⁾ *Sterry Hunt*, History of Serpentine. Transact. Roy. Soc. Canada. 1883. I, section IV. 165.

²⁾ *Dieulafait*, Les serpentines de la Corse. C. R. XCI. 1000.

³⁾ *Taramelli*, Posizione stratigrafica delle rocce ofiolitiche. Trans. Acad. Lincei 1884. VIII.

⁴⁾ *Mac Pherson*, Sobre el orijen de la serpentina de la Serrania de Ronda. Ann. Soc. Espan. Hist. nat. IV. 1.

⁵⁾ *Mazzuoli e Issel*, Masse ofiolitiche nella riviera di Levante. Boll. com. geol. d'It 1881. XII. 313.

im Zustande wässriger Schmelzung sich befunden und als Serpentin erstarrte, ist für die Auffassung dieser Gesteine nur von geringer Bedeutung. In beiden Fällen ist das Gestein ursprünglich plastisch, breitet sich vielleicht am Boden des Meeres zu dünnen Decken aus und ist im Stande, schwache Contactwirkungen, wie sie an vielen Serpentin nachgewiesen sind, auf die unterteufenden Gesteine auszuüben. Das ursprüngliche Mineral aber ist in beiden Fällen der Serpentin selbst, und es wird dabei schwierig, die häufig mit grosser Deutlichkeit erkennbare Struktur, welche auf ursprünglich wasserfreie Silikate hinweist, zu erklären. *Lotti*¹⁾ umgeht diess, indem er annimmt, das wasserreiche, geschmolzene Magma habe sich am Boden des Meeres ausgebreitet und sei als Peridotit erstarrt. Das der ausbrechenden Masse beigemengte Wasser sei aber durch den hohen Druck der darüber lastenden Wassersäule am Entweichen verhindert gewesen und wurde von dem krystallisirenden Gestein mechanisch eingeschlossen. So entstand ein Fels, welcher von Anfang an in seiner ganzen Masse gleichmässig durchwässert war und sich daher von innen heraus in das Hydrat umwandeln konnte.

Im Obigen habe ich nur eine Anzahl der wichtigsten und namentlich auch der neuesten Theorieen über die Entstehung des Serpentin zusammengestellt; man könnte sie mit Leichtigkeit auf das Doppelte vermehren. Indess mag es hier genügen, die hauptsächlichsten Gesichtspunkte, von welchen aus diese Frage behandelt wurde, zu überblicken, da schon diese kurze Aufzählung hinreicht, um zu beweisen, wie schwierig es ist, eine geeignete Lösung unserer Frage zu finden. Eine Theorie, welche alle Vorkommnisse von Serpentin erklären wollte, wäre bei der grossen Mannigfaltigkeit in den geologischen Verhältnissen dieses Gesteins schon an sich unhaltbar, und man muss sich damit begnügen, wenn es gelingt, durch genaue geologische und petrographische Untersuchung in jedem einzelnen Fall die Entstehung des Serpentin auf dem einen oder dem anderen Wege wahrscheinlich zu machen.

Geologisches Vorkommen der untersuchten Serpentine.

Der *Serpentin* bildet in den Centralalpen Einlagerungen in den krystallinen Schieferen; seine Hauptverbreitung findet er in den, dem «Centralgneiss» zunächst folgenden Schichten der «Schieferhülle», den

¹⁾ *Lotti*, Contribuzione allo studio delle serpentine italiane. Boll. com. geol. d'It. 1883. XIV. 281.

»pietre verdi« der Italiener, welche aus Glimmerschiefer, Hornblende-schiefer, Chloritschiefer, Kalkglimmerschiefer, Talkschiefer, Quarzitschiefer etc. aufgebaut ist.

Er tritt in diesen Schiefeln in Gestalt flachlinsenförmiger, concordant eingelagerter Massen auf, welche in den Ostalpen nur selten eine grössere Mächtigkeit erlangen. In den Westalpen dagegen schwellen dieselben manchmal recht stark an und bilden grössere Gebirgsstöcke. Nach *Gastaldi*¹⁾ *Zaccagna*²⁾ und andern ist der Serpentin dort sehr häufig mit Diabas Gabbro und ähnlichen Gesteinen vergesellschaftet und erinnert lebhaft an die in demselben Verbande auftretenden eocänen Serpentine Italiens. Derartige begleitende Gesteine scheinen in den Ostalpen zu fehlen.

Die Serpentine der Westalpen wurden von den älteren Geologen wegen ihres innigen Zusammenhanges mit echten Eruptivgesteinen für eruptiv gehalten, dagegen glaubten *Favre*³⁾, *Gastaldi*, *Stapf*⁴⁾ etc. dieselben den krystallinen Schiefeln zutheilen zu müssen, da das ganze Auftreten dieser Gesteine zwischen den Schiefeln, sowie ihr Uebergang in Ophicalcite und ähnliche Gesteine durchaus nicht für eine Entstehung auf eruptivem Wege zu sprechen schien. In den Ostalpen, wo die Verbindung mit Massengesteinen nicht vorhanden ist, erklärten sie zuerst *Stur*⁵⁾ und *Peters*⁶⁾ als Schiefergesteine, und ihnen schlossen sich die jüngeren Geologen rückhaltlos an. Bemerkte wurde allerdings schon frühe die unregelmässige Art des Auftretens, welche ganz besonders die Serpentine der Centralalpen characterisirt, indem sie scheinbar ganz willkürlich und ohne einen Zusammenhang mit den sie begleitenden Schiefeln erkennen zu lassen, an den verschiedensten Punkten zu Tage kommen.

Der Streit über das geologische Alter der Schichten, in welchen sich der Serpentin als Einlagerung findet, ist bis heute noch nicht abgeschlossen, wie ja überhaupt die Ansichten über die Architektur des centralen Theiles der Alpen noch weit auseinander gehen. Indess liegt es nicht im Rahmen dieser Arbeit, die geologische Geschichte der Alpen zu erörtern, es soll vielmehr eine Episode aus dem Ganzen herausgegriffen und eingehend beschrieben werden.

¹⁾ *Gastaldi*, Studii geologici sulle Alpi occidentali. Mem. com. geol. d'It. 1871. I. 3.

²⁾ *Zaccagna*, Sulla geologia delle Alpi occidentali. Boll. com. geol. d'It. 1887. XVIII. 346.

³⁾ *Favre*, Recherches géologiques dans les parties de la Savoie etc. Genève 1867. III. 230.

⁴⁾ *Stapf*, Geologisches Profil des St. Gotthard. Bern 1880.

⁵⁾ *Stur*, Die geologische Beschaffenheit der Centralalpen etc. Jahrb. k. k. geol. Reichsanst. Wien. 1854. V. 818.

⁶⁾ *Peters*, Die geologischen Verhältnisse des Oberpinzgaus. Jahrb. k. k. geol. Reichsanst. Wien. 1854. V. 766.

Das Gebiet, auf welches sich die nachfolgenden Beobachtungen beziehen, ist der südliche Abfall des *Venedigerstockes*, im Westen begrenzt durch die Linie, welche das *Umbalthörl* mit dem *Rothenmannthörl* verbindet, im Osten durch das *Tauernthal* bei *Windisch-Matrei*; südlich erstreckt es sich bis zu dem Gebirgskamm, welcher die Wasserscheide zwischen dem *Virgen-* (Jsel-) und *Defereggenthal* bildet.

Zwischen diesen Grenzen versuchte ich im vergangenen Sommer, soweit es die für das Hochgebirge in höchstem Grade ungünstige Witterung erlaubte, eine möglichst detaillirte Aufnahme zu machen, sowie die bekannten Minerallagerstätten eingehend zu studieren; die Ergebnisse dieser Arbeiten müssen indess einer spätern Zeit überlassen bleiben. Hier soll nur eine kurze Skizze des geologischen Aufbaus gegeben werden, welche zur bessern Orientirung über das Auftreten des Serpentin in dem in Frage kommenden Gebiet unumgänglich nothwendig ist.

Zu Gebote standen mir von ältern geologischen Arbeiten: die erste Aufnahme des Gebietes von *Stur*, sowie die spätere von *Niedzwiedzki*;¹⁾ von Karten: die geognostische Karte Tirols, herausgegeben vom geogn.-montanistischen Verein,²⁾ sowie die geologische Karte Oesterreich-Ungarns von *Hauer*.³⁾ Auch in die neue Karte der geologischen Reichsanstalt, welche indess noch nicht für alle Theile des vorliegenden Gebiets fertig gestellt ist, wurde mir ein Einblick gestattet. Als geographische Grundlage dienten: die Spezialkarte des Venedigerstockes, herausgegeben vom deutschen und österreichischen Alpenverein (Massstab 1:50000), und soweit es sich um Theile handelte, welche diese vortreffliche Karte nicht mehr umfasst, die Blätter der Spezialkarte der österreichisch-ungarischen Monarchie (Massstab 1:75000). Colonne VI und VII, Zone 17 und 18. Da die Nomenclatur der letztern in vielen Fällen von der ortsüblichen verschieden ist, sind, zur bessern Orientirung auf dieser Karte, im Folgenden stets beide Bezeichnungen angegeben.

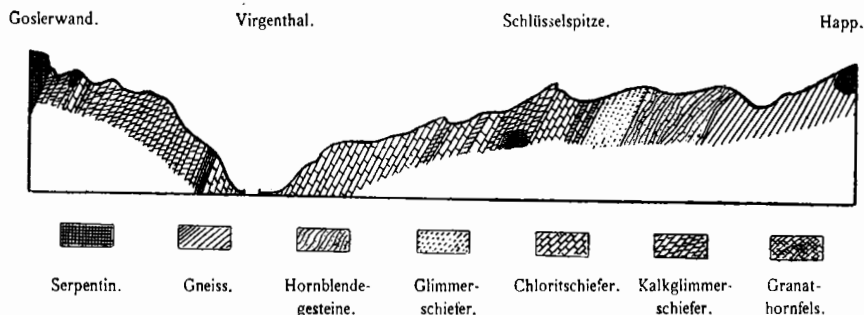
Eine Uebersicht über das Auftreten des Serpentin erhält man am besten aus beigegebener Profilskizze, welche nur den Zweck hat, als Erläuterung für die hier in Betracht kommenden Verhältnisse zu dienen, ohne zugleich den Charakter eines topographisch genauen Bildes anzumassen. Das Profil verläuft, am *kleinen Happ*, südlich vom Centralstock des Venedigers, beginnend, in nordsüdlicher Richtung auf dem Gebirgskamm zwischen dem *Maurer-* und *Klein-Isselthal* (Dorfer ^{Alpe} ~~Alpe~~), verschiebt sich im *Virgenthal* etwas nach Westen und folgt nun den Höhen zwischen

¹⁾ *Niedzwiedzki*, Aus den Tiroler Centralalpen. Jahrb. k. k. geol. Reichsanst. Wien. 1872. XXIII. 241.

²⁾ *Geognostische Karte* Tirols, herausgegeben vom geognostisch-montanistischen Verein für Tirol und Vorarlberg 1851.

³⁾ *Hauer*, Geolog. Uebersichtskarte der österr.-ungar. Monarchie. Blatt V.

dem *Grossbach-* und *Kleinbachthal* (im Volksmund: Bach und Bachl genannt) bis zur Wasserscheide gegen das Defereggenthal.



Die Gesteine des *kleinen Happ* (auf der Spezialkarte kurzweg als Happ bezeichnet) gehören zur äussern Zone des sogenannten Centralgneisses. Es stehen daselbst bald hellere, bald dunklere, quarzreiche Gesteine an, welche theilweise ziemlich reichlich Biotit, Muscovit und Amphibol neben wenig Feldspath erkennen lassen. Sie sind theils massig, theils schiefrig ausgebildet und verwittern im Allgemeinen wenig. Ihr Streichen ist, wie das des ganzen Schichtenkomplexes beiläufig west-südwest-ostnordöstlich, ihr Fallen ziemlich steil südlich, doch sind Störungen nicht selten. Diese Gesteine lassen sich in ziemlich gleicher Mächtigkeit durch das ganze Gebiet verfolgen. Quarznester und namentlich mächtige Gänge dieses Minerals finden sich in weiter Verbreitung, erstere sind meist durchspickt von langprismatischen Epidotkrystallen, letztere gelten für goldführend, wie ja auch die ziemlich spärlichen Goldkörner und Flitter, welche in einigen Sammlungen aus dieser Gegend aufbewahrt werden, aus denselben stammen.

Auf diese Gesteine folgen, als erstes Glied der «Schieferhülle», eigenthümliche, in ihrem Habitus ausserordentlich wechselnde, dunkle Gesteine, welche theilweise aus dichten Amphiboliten, theilweise aus sehr granatreichen, eklogitartigen Schichten bestehen. Dieselben zeigen dünne Zwischenlagerungen eines sehr quarzreichen, schiefrigen Gesteins, welches leicht zu einem feinen Quarzsand verwittert. Die Mächtigkeit dieser Schichten ist sehr wechselnd, im Osten scheinen sie sich gegen das Tauerthal zu völlig auszukeilen, setzen dagegen in der Mitte den ganzen Kamm der *Gastacher Wände* zusammen und verlieren gegen Westen wieder bedeutend an Ausdehnung. Sie sind oft, namentlich an den *Gastacher Wänden*, in grosse Falten verbogen und weisen überhaupt die bedeutendsten Störungen auf. Reichlich finden sich, theils in den Gesteinen selbst eingewachsen, theils als Ausfüllung von Spalten eine grosse Anzahl von Mineralien, so namentlich Rutil, Sphen, Zoisit, Disthen

Die nun folgenden Schichten bestehen aus meist sehr lichten Muscovitschiefern, welche als echte Glimmerschiefer charakterisirt sind. Manchmal tritt Biotit für den Muscovit ein, und in seltenen Fällen wird letzterer von ersterem vollständig verdrängt.

Diese Gesteine überlagert ein ziemlich mächtiger Schichtenkomplex, welcher aus »Chloritschiefer« und »Kalkglimmerschiefer« aufgebaut ist. Die »Chloritschiefer«, welche meist eine ziemlich deutliche Schichtung erkennen lassen, haben weniger die Neigung zu schiefriger Ausbildung; sie häufen deshalb auch selten Schutthalden auf, sondern zeigen meist aus mächtigen Blöcken aufgeschüttete Trümmerfelder. Spitzen und Grate, welche von denselben gebildet werden, haben gewöhnlich ein sehr massiges Aussehen, letztere sind dabei oft in die schönsten, zinnenähnlichen Formen zerrissen. Die Schichtung zeigt häufig starke Falten, welche namentlich, wenn die Schiefer lagenweise epidotreich werden, deutlich hervortreten. Die Chloritschiefer, welche aus Chlorit, Feldspath und Quarz in wechselnden Verhältnissen bestehen, gehen nicht selten in fast reine Epidotschiefer, Amphibolite und ähnliche Gesteine über, welche von den älteren Geologen unter dem Namen der »grünen Schiefer« zusammengefasst wurden.

Die »Kalkglimmerschiefer« sind im Gegensatz zu den »grünen Schiefen« meist von lichtgrauer bis bräunlicher Farbe; ihre Zusammensetzung wechselt sehr. Bald liegen Gesteine vor, welche der Petrograph zu den echten Glimmerschiefern stellen muss, bald ist die Hauptmasse des Gesteins ein, allerdings stets kieselsäurereicher, bituminöser Kalk. Mit blossem Auge lassen sich in den meisten Fällen Glimmer, Quarz, Graphit, Kalkspath und etwas Feldspath unterscheiden. Diese Gesteine sind theils ausgezeichnet schiefrig, theils, wenn sie in Kalke übergehen, mehr plattig ausgebildet. Sie werden durch Verwitterung roth und ragen, namentlich wo sie in weniger mächtigen Bänken dem Chloritschiefer eingelagert sind, weithin sichtbar über das dunkelgrüne Bergmassiv hervor, wodurch, bei einem Einfallen von etwa 70° , kühne, überhängende, brettartige Kämme gebildet werden. Diese sind stets von einem Schuttkegel loser, schiefriger Massen umgeben, welche eine Besteigung derselben sehr gefährlich machen. Namen wie Bretterwände, Schaufelspitze, hoher Quirl, rothe Säule, Kuhhaut deuten die auffallenden Eigenthümlichkeiten ihrer Erscheinung an.

Man könnte mit einigem Rechte diesen ganzen Schichtenkomplex in zwei Theile zerlegen, deren erster aus vorwiegendem Chloritschiefer mit eingelagerten Bänken von Kalkglimmerschiefer besteht, während das Verhältniss der beiden Gesteine bei dem andern das umgekehrte ist. (Zur genaueren Uebersicht über diese Verhältnisse vergleiche man das beigegebene Profil, in welchem die erste Abtheilung das Gebirge bis südlich vom Virgenthal zusammensetzt während die zweite die darüber

liegenden Schichten bis zum Kamm gegen das Defereggenthal bildet). Die Massenentwicklung beider würde etwa die gleiche sein, indess scheint gegen Osten die Mächtigkeit des Chloritschiefers abzunehmen, indem sich sowohl die Zahl als die Ausdehnung der Kalkglimmerschieferinlagerungen bedeutend vermehrt.

Der *Serpentin* tritt in diesem Schichtensystem an den verschiedensten Punkten zu Tage; er bildet nie schichtenförmige Einlagerungen, welche sich auf weite Erstreckung im Streichen verfolgen lassen, sondern er erscheint plötzlich in ziemlicher Mächtigkeit und keilt sich meist eben so rasch wieder aus. Sein Habitus ist fast immer massig und compact, selten eigenthümlich knotig verwittert oder schiefrig. Er bildet stets hervorragende Felsnasen und Terrassen, welche von den überstehenden Schichten verschüttet sind und unterhalb massenhafte Felsblöcke aufgehäuft haben; es ist deshalb kaum je möglich, das Verschwinden dieser Gesteine zwischen den Schiefen zu beobachten. Sein Auftreten ist, mit wenigen Ausnahmen, auf die breite Zone von Chloritschiefer und Kalkglimmerschiefer beschränkt; es zeigt sich indess, dass er hier stets an den letzteren gebunden ist und entweder mitten im Kalkglimmerschiefer oder an der Grenze desselben gegen Chloritschiefer angetroffen wird. Ueberall, wo es den Anschein hatte, als wäre er dem letzteren eingelagert, liess sich wenigstens auf einer Seite Kalkglimmerschiefer nachweisen.

Ein einziges Vorkommen von Serpentin wurde von mir beobachtet, welches nicht dieser Zone, sondern dem Centralgneiss angehört; nach den Karten sollte derselbe in den gleichen Schichten noch an mehreren Punkten in unbedeutender Mächtigkeit zu Tage treten, doch war es mir unmöglich, dieselben aufzufinden.

Allgemeine petrographische Beschaffenheit.

Die *Serpentine* südlich vom Venedigerstock unterscheiden sich petrographisch in nichts von anderen Vorkommnissen dieser Art. Die Gesteine haben meist ein massiges Aussehen und sind dann stark zerklüftet, — echte Serpentin-schiefer kommen vor, sind aber selten. — Sie sind von dunkelgrüner Farbe und lassen in wenigen Fällen hellgrüne Flecken beobachten; der Bruch ist splitterig, die Härte gewöhnlich zwischen 3 und 4. Ihre Structur ist häufig ganz dicht, doch finden sich auch krystallinische Varietäten, sog. edler Serpentin. Kleine, weisse, perlmutterglänzende Blättchen sind in fast allen Varietäten eingesprengt, oft so reichlich, dass eine plattige Absonderung dadurch entsteht. Auch

rhomboëdrische Carbonate sind nicht selten als Einschlüsse zu beobachten. Magneteisen tritt in sehr ungleichmässiger Vertheilung auf und bildet theils Haufwerke von Körnern, theils Krystalle.

Unter dem Mikroskop erkennt man in den meisten Schliften sofort die für «serpentinartige Gesteine» typische Struktur, wie sie *Drasche* in den Serpentin von Windisch-Matrei (Kaiser Thörl?) beobachtet und eingehend beschrieben hat. Seine Unterscheidung zwischen einem harten und einem weichen rhombischen Mineral ist schon von *Hussak* richtig gestellt worden.

Den Hauptbestandtheil dieser Gesteine bildet ein lichtgrünes, stark pleochroitisches Mineral, welches theils in rechteckigen Lamellen, theils in lappigen Partien auftritt, oft eine deutliche Spaltbarkeit in der Längsrichtung der Schnitte zeigt und nicht selten zu rechtwinklig sich durchschneidenden Systemen angeordnet ist. Seine Doppelbrechung ist gering, der Pleochroismus dem des Chlorits ausserordentlich ähnlich (|| der Längsrichtung lichtgrün bis blaugrün, ⊥ dazu gelblich-braun). Im Dünnschliff wird es weder von heisser Salzsäure noch Schwefelsäure angegriffen und verliert erst nach lang anhaltendem Glühen seine Durchsichtigkeit. Das Mineral, welches nach der Analyse von *Drasche* die Zusammensetzung eines normalen Serpentin haben dürfte, ist sehr leicht mit Chlorit zu verwechseln. Letzteren konnte ich in keinem der Gesteine mikroskopisch nachweisen, doch lässt ein Thonerdegehalt, der für alle charakteristisch ist, auf seine Anwesenheit schliessen. *Tschermak*¹⁾ glaubt zwar, dass die Thonerde dem Serpentin als solchem angehöre, und dass diese Thonerdehaltigen Serpentine Zwischenglieder zwischen Chlorit und Serpentin sind, indess ist die Aehnlichkeit dieser beiden Mineralien eine so grosse, dass weder eine sichere Trennung beider auf chemischem Wege, noch eine sichere Constaturung der Reinheit der Substanz auf optischem Wege möglich ist. Allerdings spricht diese Aehnlichkeit selbst für eine nahe Verwandtschaft der beiden Mineralien. Sicher beobachtet und chemisch untersucht wurde Chlorit von *Weigand* in einem Amphibolit-Serpentin von Rautenthal; in alpinen Vorkommnissen deutete *Cathrein*²⁾ nicht polarisirende Blättchen als Chlorit, dagegen beruht es auf entschieden falschen Voraussetzungen, wenn *Hussak* ein grünes Mineral der kräftigen Doppelbrechung wegen für Chlorit erklärt.

Farblose, stark doppelbrechende Blättchen und Schuppen, welche fast nirgends fehlen, gehören jedenfalls dem *Talk* an, sie sind, im convergenten, polarisirten Lichte untersucht, anscheinend optisch einaxig und negativ. Dieses Mineral ist in Pyroxenserpentin weit verbreitet und seine Entstehung aus dem Bisilicat hat ja auch von chemischem Standpunkt aus

¹⁾ *Tschermak*, Die Chloritgruppe. Sitz. ber. Wien. Acad. 1890. XCIX. I.

²⁾ *Cathrein*, Beiträge zur Petrographie Tirols. Neues Jahrb. 1887. I. 147.

viel Wahrscheinliches. *Cossa*¹⁾ beobachtete denselben im Serpentin des St. Gotthardt, *Patton*²⁾ in dem der Umgegend von Marienbad, während ihn *Becke*³⁾ sowohl in niederösterreichischen als in griechischen «serpentinartigen Gesteinen» nachgewiesen hat.

Magnetit findet sich theilweise sehr reichlich in Krystallen oder Körnern, oder in feiner Vertheilung das ganze Gestein imprägnirend. In einigen Schliften ist sein Auftreten recht eigenthümlich; er zeigt daselbst eckige und lappige Formen, welche nicht selten von den Serpentinleisten durchdrungen werden und wie in Fetzen zerschnitten aussehen. Krystalle, welche man als Chromit oder Picotit deuten könnte, wurden nirgends beobachtet, doch hinterlässt der magnetische Theil der Gesteine nach dem Behandeln mit Salzsäure einen unlöslichen Rückstand, welcher eine deutliche Chromperle gibt. Aehnliches wurde von *Patton*, *Schulze*⁴⁾ u. A. beobachtet. Nickel konnte nicht nachgewiesen werden, um so auffallender ist das Vorkommen von Nickelgymnit, welcher an dem Serpentin am Isnitzfall aufgefunden wurde. Ebenso ist in keinem der Gesteine eine Spur von Titansäure vorhanden.

Das *ursprüngliche Gestein*, aus welchem diese Serpentine entstanden sind, war ein reines *Pyroxengestein*. Reste von Olivin wurden nirgends beobachtet, und nur an einem einzigen Fundort zeigt der Serpentin die für Umwandlungsproducte von Olivin so charakteristische Maschenstructur. Dagegen ist fast überall eine Gitterstructur erkennbar, und in einigen Fällen sind noch Reste des ursprünglichen Pyroxen-Mineral erhalten geblieben. Diese haben ganz den Charakter des von *Cossa*⁵⁾ aus einem Serpentine vom St. Gotthardt beschriebenen «*diallagartigen Augit*». Ausser dem Mangel an Zwillingsbildung, welche für den echten Diallag charakteristisch ist, beobachtet man eine viel kräftigere Doppelbrechung, während die übrigen Eigenschaften einem Diallag sehr nahe stehen. Die chemische Zusammensetzung desselben dürfte mit einem Diopsid, resp. Sahlit übereinstimmen, und *Kispatic*⁶⁾ bezeichnet desshalb dieses Mineral kurzweg als Sahlit. Von einem rhombischen Pyroxen wurde keine Spur aufgefunden; auch sprach kein Anzeichen für das ursprüngliche Vorhandensein von Feldspath.

¹⁾ *Cossa*, Sopra alcune roccie serpentinosi del Gottardo, Atti R. Acad. Torino. 1880. XVI.

²⁾ *Patton*, Die Serpentin- und Amphibolgesteine nördlich von Marienbad. Tsch. Min. Petr. Mitth. 1887. IX. 89.

³⁾ *Becke*, Gneissformation des niederösterr. Waldviertels. Tsch. Min. Petr. Mitth. 1882. IV. 285. —, Gesteine von Griechenland. Ber. Wien. Acad. 1878. LXXVIII. 1.

⁴⁾ *Schulze*, Die Serpentine von Erbdorf. Zeitschr. deut. geol. Ges. 1883. XXXV. 433.

⁵⁾ *Cossa*, Sulla serpentina del St. Gottardo. Boll. com. geol. d'It. 180. XI. 450.

⁶⁾ *Kispatic*, Ueber Serpentine und serpentin-ähnliche Gesteine aus der Frusca Gora. Mitth. Jahrb. K. ung. geol. Anst. 1889. VIII. 197.

Spezielle Beschreibung der einzelnen Vorkommnisse.

Entsprechend den geologischen Verhältnissen des oben eingehend beschriebenen Profils ergibt sich für die Aufzählung der einzelnen Serpentinvorkommnisse von selbst ein Fortschreiten von Norden nach Süden. Die Reihe beginnt mit der Serpentinmasse am kleinen Happ in der äusseren Zone des Centralgneisses. Es folgen nun drei Vorkommnisse, welche der mächtigsten Kalkglimmerschiefer einlagerung im Chloritschiefer angehören und im Streichen derselben von Westsüdwest nach Ostnordost an folgenden Punkten zu Tage treten. a) Am *Islitz-Fall* im Klein-Iselthal, b) An der *Eichamwand* im Tümmelbachthal, c) Im *Mailboden*, einem kleinen, westlichen Seitenthal der Frossnitz. Weiter nach Süden folgen zunächst eine grosse Anzahl unbedeutender Vorkommnisse, welche zusammen abgehandelt werden können. Die Lokalitäten, an welchen dieselben beobachtet wurden, sind: die Einsenkung zwischen *Saukopf* (Spezialkarte der öst.-ung. Mon.: Sojetberg) und *Rothe Säule, Umbalthal* gegenüber der Klarahütte, *Sulzeck* im Klein-Iselthal, *Nunitz* am Eingang der Frossnitz, unteres *grosses Nillthal*, *Mitteldorfer Bachthal*. Eine Zone von grösserem Interesse folgt erst wieder jenseits der letzten Chloritschiefer einlagerung im Kalkglimmerschiefer, sie tritt augenscheinlich an der Grenze beider zu Tage. Die hierher gehörigen Serpentine wurden an folgenden Punkten beobachtet (Reihenfolge von West nach Ost): a) Im oberen *Daberthal* unterhalb des schwarzen Thörl, b) im obern *Kleinbachthal*, c) nördlich vom *Berger Thörl*, zwischen diesem und dem Berger Kogel, d) in der *Mullitz*. Den Schluss bildet eine Reihe mächtiger und hochinteressanter Vorkommnisse, es folgen von West nach Ost: a) *Rothenmannthörl* zwischen Daberthal und Schwarzachthal, b) *Gosler Wand* (Sp.-K.: Seespitze) zwischen oberem Kleinbach- und Grossbachthal, c) südlich vom *Berger Thörl* am Ostabhang des Lasöring. Derselben Reihe gehört wohl auch das Serpentinvorkommen vom *Kalser Tauern* oberhalb Windisch Matrei an, das einzige aus dieser Gegend, welches bis jetzt Material zu Untersuchungen geliefert haben dürfte, da doch wahrscheinlich der von *Drasche* beschriebene »Serpentin von *Windisch Matrei*« dieser Lokalität entstammt.

A. Vorkommniss im Centralgneiss.

Die Spitze des *kleinen Happ* bilden mächtige Felsen eines massigen Serpentin, welche hoch über die umgebenden Gneisschichten hervorragen; riesige abgestürzte Blöcke sind ringsumher aufgeschüttet, welche eigenthümliche Corrosionserscheinungen zeigen. Indem nämlich durch die Atmosphärlilien die reichlich vorhandenen Carbonate gelöst, und die talkreichen Partien weggeschwemmt wurden, zeigt die Oberfläche eine wulstige, löcherige Beschaffenheit, welche nicht wenig an diejenige vulkanischer Bomben erinnert. Die genauen Lagerungsverhältnisse zu studiren, gestatteten im verflossenen Sommer die reichlich vorhandenen Schneemassen nicht, doch scheint der Serpentin ganz normal den Schichten des Centralgneisses eingelagert zu sein.

Der Serpentin des kleinen Happ ist ein ziemlich weiches, graulich-grünes Gestein, oft etwas schiefrig durch reichlich eingelagerte Talkschuppen; er enthält eine Menge eisenreicher, magnesiaarmer Einschlüsse von Carbonaten, welche meist durch Oxydation gebräunt sind. U. d. M. gibt er das normale Bild eines Pyroxenserpentins; es erscheinen neben der Gitterstructur, welche an einzelnen Stellen deutlich zu erkennen ist, sphärolithenähnliche Aggregate von Serpentinsubstanz.

Den Serpentin überlagert eine Anzahl von Gesteinen, welche, von den übrigen Vorkommnissen dieses Horizontes weit abweichend, an keinem andern Punkte aufgefunden werden konnten.

Zunächst dem Serpentin steht ein weicher, mechanisch vielfach ausgewaschener Talkschiefer an, aus welchem Krystallaggregate eines rhomboëdrischen Carbonates, nach der qualitativen Untersuchung etwa Ankerit, auswittern. Ihm folgen theils weisse, theils broncefarbene Schiefer, welche sich fettig anfühlen und die Härte des Talkes haben; sie führen reichlich Prismen eines graulich-grünen Strahlsteins, welche vielfach zerknickt und verbogen sind und eine Länge von mehreren *dm* erreichen können. Die Grundmasse dieser Schiefer besteht u. d. M. aus einem Gemenge von Talkschuppen mit einem bräunlichgrauen, stark absorbirenden Glimmermineral, welches einen kleinen Axenwinkel erkennen lässt. Die Verhältnisse, in welchen sich die beiden Mineralien an der Zusammensetzung des Gesteins betheiligen, sind sehr wechselnd, was man auch schon makroskopisch an den Unterschieden in der Färbung des Gesteins sieht. — Darüber stehen feinfaserige Strahlsteinschiefer an, in welchen sich, oft in einzelnen Schichten angehäuft, Fuchsit findet. U. d. M. unterscheidet man diesen leicht von dem fast farblosen Strahlstein durch seinen kräftigen Pleochroismus, welcher $\parallel c$ lichthimmelblaue, \perp dazu tief zeisiggrüne Farbentöne zeigt. Er tritt in unregelmässigen Schuppen

mit scharfer Spaltbarkeit auf und gibt im convergenten, polarisirten Licht das Axenbild eines optisch einaxigen Körpers mit negativer, sehr starker Doppelbrechung. Der Strahlstein bildet wirrfaserigē Aggregate mit scharfer Spaltbarkeit und einer Auslöschungsschiefe von etwa 12° . Die Doppelbrechung ist geringer als die des Fuchsits, der Pleochroismus schwach (α fast farblos, Stich in's Bräunliche, β Stich in's grünliche, ϵ sehr lichtgrün; $\epsilon > \beta > \alpha$), doch erscheint die Farbe selten in gleichmässiger Vertheilung. Ausser diesen Mineralien findet sich noch ein dunkelbrauner Glimmer mit sehr kleinem Axenwinkel, sowie kleine, stark licht- und doppelbrechende, gelbliche Kryställchen, welche als Epidot gedeutet wurden. — Ein weiteres Serpentinvorkommen, welches sich gleichfalls am kleinen Happ in einem etwas höheren Horizonte des Centralgneisses befindet, war in Folge der Schneemassen nicht gut zugänglich, es konnten hier nur einige Stücke Talkschiefer, welche in seiner Begleitung vorkommen, gesammelt werden; dieselben enthalten theils feine Strahlsteinadeln, theils Spargelstein in Knollen und schlecht ausgebildeten Krystallen.

B. Vorkommnisse der mächtigsten Kalkglimmerschiefereinlagerung im Chloritschiefer.

Der westlichste Serpentin dieser Reihe ist das altbekannte Vorkommen, welches im *Klein-Iselthal* (Dorfer Alpe) zwischen *Schlüsselspitze* und *Rothe Säule* ansteht. Dasselbe bildet einen mächtigen Thalriegel, welcher von der «*Islitz*» in einem schönen Wasserfall durchbrochen ist. Am linken Ufer des Baches erhebt sich der Serpentin in mehreren Terrassen zu ziemlicher Höhe, ist aber wegen der vielen herabgestürzten Blöcke nur schwer anstehend zu verfolgen, oben endigt er unter einer Vegetationsdecke, welche sich auf dem Schutt des die Höhen bildenden Kalkglimmerschiefers angesiedelt hat. Besser ist das Profil an der rechten Seite des Baches aufgeschlossen, wo der Serpentin schon in geringer Höhe über der Thalsole unter den Schiefern verschwindet. Die ganze Serpentinmasse, zusammen mit den sie zunächst überlagernden Gesteinen, steht dort an einer sehr steilen, oft fast senkrechten Wand an; deren Profil Fig. II schematisch zeigt. Die Höhen bildet auch hier der normale Kalkglimmerschiefer, welcher wegen der reichlichen Schuttmassen, die er stets unter sich aufhäuft, ein genaues Verfolgen der Schichten unmöglich macht. Nur soviel lässt sich mit Sicherheit sagen, dass die verschiedenartigen Gesteine, welche unten im Thale den Serpentin überlagern, die

Fortsetzung kalkreicher Schichten des Kalkglimmerschiefers sind, welche oben anstehen.

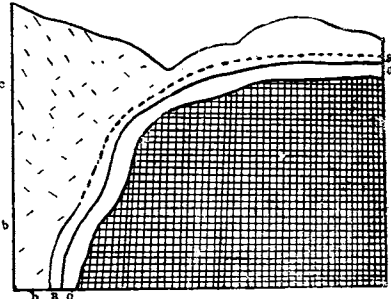


Fig. II. Schematisches Profil am Jslitz Fall.

welche Uebergänge darzustellen scheinen. Am linken Ufer des Baches, wo die Grenze gegen das unterteufende Gestein häufig gut aufgeschlossen ist, wurden eine ganze Anzahl derartiger Vorkommnisse beobachtet. Der Serpentin selbst wird gegen das Nebengestein hin schiefrig und lässt ziemlich reichlich wirre Aggregate von Tremolit, sowie Magnetit auf den Schichtflächen erkennen. Dazwischen sind nicht selten späthige Ausscheidungen von Kalkspath, welche Putzen von Serpentin enthalten und schichtenweise reich an Tremolit sind; sie gehen in Opicalcit-ähnliche Gebilde über. Es finden sich Schichten von krystallinischem Kalk, welche zwischen derartigen Gesteinen lagern, ohne selbst irgend welche Veränderung erlitten zu haben. Diese Grenzzone ist nur sehr wenig mächtig, nur selten über 10—20 cm; ihr folgen talkige Schiefer mit reichlichen Einschlüssen von Carbonaten, welche durch mannigfaltige Uebergänge mit ziemlich grobschuppigen, magnetitreichen Chloritschiefen verbunden sind.

Viel mehr Interesse bieten die Gesteine, welche den Serpentin überlagern, deren Profil so schön am rechten Ufer des Baches aufgeschlossen ist. Auch hier wird der Serpentin gegen die Grenze zu schiefrig, auch hier findet sich überall um denselben eine Hülle von Opicalcit-ähnlichen Gesteinen (*o* in Fig. II), welche eine uneben schiefrige Absonderung zeigen; u. d. M. enthalten diese neben reichlich infiltrirtem, stark pleochroitischem Serpentin eine grosse Menge von Tremolitnadeln, welche theils einzeln, theils in wirren Haufwerken in dem Gestein vertheilt sind. Begleitet sind dieselben von grauen Kalken, an welchen man noch eine verdeckte Schichtung erkennen kann; diese zeigen u. d. M. in geringer Menge serpentinosä Substanz und Tremolit neben viel Magnetit.

Die Mächtigkeit dieser Uebergangszone ist hier viel grösser und beträgt an einzelnen Stellen mehrere Meter. Nun folgt ein ziemlich bedeutender Complex krystallinischer Silicatgesteine, welche zum Theile an Eklogite und ähnliche Gesteine erinnern. Es sind echte **Kalksilicathornfelse**, wie

Der Serpentin ist massig ausgebildet, von dunkelgrüner Farbe, hart, spröde und leicht splitternd. Bildungen von Asbest, Antigorit und ähnlichen Mineralien sind nur selten zu beobachten. U. d. M. gibt er das Bild eines normalen Pyroxenserpentins.

Gegen die Schiefer, welchen dieser Serpentin eingelagert ist, setzt er nicht scharf ab, sondern es finden sich

zwischen beiden überall Gesteine, welche Uebergänge darzustellen scheinen. Am linken Ufer des Baches, wo die Grenze gegen das unterteufende Gestein häufig gut aufgeschlossen ist, wurden eine ganze Anzahl derartiger Vorkommnisse beobachtet. Der Serpentin selbst wird gegen das Nebengestein hin schiefrig und lässt ziemlich reichlich wirre Aggregate von Tremolit, sowie Magnetit auf den Schichtflächen erkennen. Dazwischen sind nicht selten späthige Ausscheidungen von Kalkspath, welche Putzen von Serpentin enthalten und schichtenweise reich an Tremolit sind; sie gehen in Opicalcit-ähnliche Gebilde über. Es finden sich Schichten von krystallinischem Kalk, welche zwischen derartigen Gesteinen lagern, ohne selbst irgend welche Veränderung erlitten zu haben. Diese Grenzzone ist nur sehr wenig mächtig, nur selten über 10—20 cm; ihr folgen talkige Schiefer mit reichlichen Einschlüssen von Carbonaten, welche durch mannigfaltige Uebergänge mit ziemlich grobschuppigen, magnetitreichen Chloritschiefen verbunden sind.

Viel mehr Interesse bieten die Gesteine, welche den Serpentin überlagern, deren Profil so schön am rechten Ufer des Baches aufgeschlossen ist. Auch hier wird der Serpentin gegen die Grenze zu schiefrig, auch hier findet sich überall um denselben eine Hülle von Opicalcit-ähnlichen Gesteinen (*o* in Fig. II), welche eine uneben schiefrige Absonderung zeigen; u. d. M. enthalten diese neben reichlich infiltrirtem, stark pleochroitischem Serpentin eine grosse Menge von Tremolitnadeln, welche theils einzeln, theils in wirren Haufwerken in dem Gestein vertheilt sind. Begleitet sind dieselben von grauen Kalken, an welchen man noch eine verdeckte Schichtung erkennen kann; diese zeigen u. d. M. in geringer Menge serpentinosä Substanz und Tremolit neben viel Magnetit.

Die Mächtigkeit dieser Uebergangszone ist hier viel grösser und beträgt an einzelnen Stellen mehrere Meter. Nun folgt ein ziemlich bedeutender Complex krystallinischer Silicatgesteine, welche zum Theile an Eklogite und ähnliche Gesteine erinnern. Es sind echte **Kalksilicathornfelse**, wie

sie aus einer grossen Anzahl von Contactgebieten beschrieben sind und stets nur da auftreten, wo silicatreiche Kalke, was die Kalkglimmerschiefer ja sind, den Einwirkungen eines feurig-flüssigen Magmas ausgesetzt waren. Diese interessanten Gesteine, welche hier am gewöhnlichen Touristenwege zum Grossvenediger in einem der besuchtesten Tauerntäler in grossen Massen anstehen, wurden von den meisten Geologen überhaupt übersehen; nur bei *Niedzwiedzki* findet sich eine kurze Notiz, dass der Serpentin in Gesellschaft von Pistazit und Granat aufträte, erkannt hat aber auch dieser den Zusammenhang derselben mit dem Serpentin nicht.

Die Hornfelse zeigen verschiedene Zonen, von denen hauptsächlich zwei sich ziemlich scharf trennen lassen. In der einen Gruppe, welche weiter von dem Serpentin abliegt, ist Granat der vorherrschende Bestandtheil, es sind theilweise echte *Granathornfelse*, während in den dem Serpentin näher gelegenen Partien dieses Mineral vollkommen fehlt, und dafür Epidot und Diopsid eintreten. Dieses an und für sich auffallende Verhältniss ist auch bei andern Contactgesteinen beobachtet worden, z. B. von *Leppla*,¹⁾ welcher an Einschlüssen von Kalk im Diabasporphyrat des Remigiusberges bei Cusel erkannte, dass der Granat sich stets erst in einiger Entfernung von dem den Contact bewirkenden Eruptivgestein vorfand.

Die Reihe der Contactgesteine wird eingeleitet durch einige abweichende Vorkommnisse, welche (in Fig. II mit *a* bezeichnet) zuerst für sich beschrieben werden sollen. Das dem Serpentin zunächst liegende hat deutlich seine Schichtung bewahrt, indem helle epidotreiche Lagen mit dunkelgrünen Bändern abwechseln; radialstrahlige, ziemlich grosskrystallinische Massen von Epidot finden sich auf Klüften. U. d. M. erkennt man in den lichter gefärbten Lagen als Hauptbestandtheil den Epidot, welcher theils körnige Aggregate bildet, theils gegen ein farbloses Mineral hin deutliche Krystallformen zeigt. Die Körner sind meist nach der *b* Axe gestreckt und haben in ihrer grossen Mehrzahl gerade oder nur wenig schiefe Auslöschung, die Spaltbarkeit fehlt häufig ganz oder ist spärlich zu beobachten. Der Pleochroismus ist schwach, Licht- und Doppelbrechung sehr hoch; die Ebene der optischen Axen liegt senkrecht zu der Verlängerungsaxe. Das farblose Mineral zeigt gar keine Struktur, hat sehr schwache Lichtbrechung, nicht allzuhohe Doppelbrechung und gibt das Axenbild eines optisch zweiaxigen Körpers; da es nur in unregelmässig umgrenzten Partien auftritt, ist eine Prüfung auf die Schiefe der Auslöschungsrichtung unmöglich. Ich möchte dieses für einen Plagioklas halten, da in einigen, später zu erwähnenden Fällen in einem ähnlichen Bestandtheil Zwillingslamellen beobachtet wurden; für Orthoklas scheint

¹⁾ *Leppla*, Der Remigiusberg bei Cusel. Inaug. Diss. Freiburg. (Stuttgart.) 1882.

die Doppelbrechung zu stark zu sein. Daneben findet sich ein Amphibol-mineral in spiessigen Individuen; der Pleochroismus desselben ist sehr kräftig (α licht weingelb, β grünlich blau, γ tiefhimmelblau, $c > b > a$), seine Spaltbarkeit wenig ausgebildet. Kleine tiefgrüne Durchschnitte, welche das Axenbild eines optisch einaxigen Körpers mit schwacher positiver Doppelbrechung geben, deuten auf Chlorit, von welchem sich auch Durchschnitte finden, welche senkrecht zur Spaltbarkeit getroffen sind; dieselben zeigen lebhaften Pleochroismus \parallel zur Faserung tief olivgrün, \perp dazu licht weingelb. Die dunkelgrünen Parteen bestehen zum grössten Theil aus einem tiefsaftgrünen, faserigen Diopsid, ohne Pleochroismus, in welchen theils regelmässig, theils unregelmässig derselbe Amphibol eingewachsen ist, der in den andern Schichten beschrieben wurde. Epidot ist hier nur selten.

Auf dieses folgt ein ziemlich dichtes, grünlich-graues Gestein von unebenem Bruch, das reich an Pyrit ist, und in welchem dünne Epidotlagen die Schichtung andeuten. U. d. M. besteht es aus Kalkspath und Chlorit, in welchen reichlich blassgelbliche Epidotkörner verstreut sind; der Pyrit zeigt nicht selten eine Hülle von Chlorit.

Das nächste Gestein, welches ein massiges Aussehen besitzt, ist dunkelpistaziengrün, sehr dicht und hart und führt viel Magnetit. Dasselbe ist dadurch ausgezeichnet, dass es mikroskopischen Granat enthält, welcher der ganzen darüber folgenden Zone fehlt und erst in den obern Lagen der umgewandelten Gesteine wieder auftritt. U. d. M. erkennt man ein Gemenge von gelbem Epidot mit sehr lichtgrünem Diopsid; letzterer hat scharfe Spaltbarkeit und umschliesst Flüssigkeitseinschlüsse in grosser Menge, welche theilweise parallel der Spaltbarkeit angeordnet und langgestreckt sind. Der Epidot ist kräftig pleochroitisch und hat nicht selten einen Kern von bräunlich schmutziger Substanz, welcher vielleicht auf Oxydation zurückzuführen ist. Der Granat zeigt eine zarte rosaroth Farbe, er findet sich theils in vereinzeltten Körnern, theils in grösseren Parteen, oft auf das Innigste mit Epidot verwachsen. Amphibol ist selten, er umgibt manchmal den Granat in feinen Kränzchen, ebenso wie den in grosser Menge vorhandenen Magnetit.

Die nun folgenden Gesteine sind meist sehr hart (Fig. II mit b bezeichnet) und schwer, ihre Farbe ist bräunlich bis grünlichgelb, ihre Structur krystallinisch bis dicht. Mikroskopisch erkennt man Epidot, Strahlstein, Pyrit und Kalkspath. Von Schieferung oder Schichtung ist in den meisten Fällen keine Spur mehr zu finden, dagegen zeigen einige Vorkommnisse eine plattige Absonderung und sind reich an Hohlräumen, auf welchen dann stets Epidot auskrystallisirt ist.

Unter dem Mikroskop erkennt man als Hauptbestandtheile dieser Gesteine Diopsid und Epidot, von welchen bald der erstere, bald der

letztere überwiegt. Der Diopsid ist farblos durchsichtig, meist recht frisch und hat eine scharfe Spaltbarkeit, gegen welche eine Auslöschungsschiefe von über 40° gemessen wurde. Die Doppelbrechung dieses Minerals hat eine mittlere Höhe, so dass man in dünnen Schliften Interferenzfarben erster und zweiter Ordnung erhält; die Axenebene liegt || der Spaltbarkeit; der Habitus ist stets hypidiomorph-körnig, krystallographische Begrenzung wurde nirgends beobachtet.

Der Epidot ist theils farblos, theils sehr lebhaft gefärbt und zeigt in letzterem Fall kräftigen Pleochroismus (a lichtorange, b gelb mit einem Stich ins Braune, c lichtgrünlich-gelb; $b > c > a$); Licht und Doppelbrechung sind bei diesem ziemlich höher, die Spaltbarkeit ist kaum je deutlich ausgebildet; häufiger sind die nach der b-Axe gestreckten Individuen senkrecht zu dieser Richtung gegliedert. Der Epidot bildet meist mit dem Diopsid rein körnige Aggregate, tritt jedoch auch in Kalkspath eingewachsen in wohlausgebildeten Krystallen auf, welche sehr häufig zur Mikrolithengrösse herabsinken. Einschlüsse sind im Epidot nicht allzu selten, namentlich von amorphen Substanzen. Dieselben sind verschiedener Art: während die einen durch die Beweglichkeit ihrer Libellen als Flüssigkeitseinschlüsse charakterisirt sind, konnten in andern mehrere von einander getrennte Bläschen beobachtet werden; letztere dürften Glaseinschlüsse darstellen.

Ein Amphibolmineral nimmt manchmal in ziemlicher Menge an der Zusammensetzung der Gesteine theil; dasselbe bildet schilfige Aggregate, seine optischen Eigenschaften sind die oben beschriebenen, welche demselben einen Platz in der Nähe des Strahlsteins anweisen.

Als Ausfüllungsmasse findet sich in einzelnen Gesteinen körniger Calcit, in welchem häufig Kryställchen von Epidot in Menge eingewachsen sind. Kleine spitzrhombsche Durchschnitte eines sehr stark licht- und doppelbrechenden Minerals von schmutzig brauner Farbe erinnern an Titanit, dessen Abwesenheit aber durch den Mangel von Titansäure nachgewiesen werden konnte.

Für die Gesteine der äussersten Zone ist, wie schon oben bemerkt, das Vorkommen von Granat charakteristisch. Dieses Mineral tritt theils in einzelnen gelblichrothen Körnern in einer lichtgrünlichen Grundmasse auf, theils bildet es zusammenhängende Partien und an den entferntesten Punkten fast reinen, dichten *Granathornfels*. Nicht selten ist dasselbe auf Klüften oder gegen späthigen Calcit hin, schön auskrystallisirt. Seine Farbe, sowie die Art des Vorkommens, welches mit dem von *Ala* in Piemont vollkommen übereinstimmt, stellen dasselbe zum Kalkthongranat. Ausser den Krystallen von Granat finden sich auf Hohlräumen und Klüften dieser Gesteine nicht selten blassapfelgrüne Krystalle von Vesuvian, gelblichbraune von Epidot und selten lichtgrüner Diopsid.

Diese Bildungen sind meist sehr compact und hart und haben ein hohes spez. Gew., selten ist noch an einer zonenartigen Vertheilung der einzelnen Mineralien eine Andeutung ursprünglicher Schichtung erhalten.

Als Typen für die verschiedenartige Ausbildung dieser Gesteine, welche aber durch Uebergänge continuirlich verbunden sind, lassen sich vielleicht die folgenden aufstellen, deren ausführliche Beschreibung ein Bild von der mineralogischen Zusammensetzung dieses Complexes geben mag.

Aus der Menge der verschiedenen Vorkommnisse lassen sich zunächst Gesteine auslesen, welche sich durch stellenweise ziemlich gleichmässig lichtgrüne Färbung von den übrigen unterscheiden, die fast stets in ihrer ganzen Masse von rothen Granatkrystallen gefleckt sind. Diese homogen aussehenden Parteen haben einen muschligen Bruch und Fettglanz und sind mit Krystallen von rothem Granat, lichtgrünem Vesuvian und gelblichbraunem Epidot bedeckt. Sie umschliessen selten Putzen von dichtem Granat, gemengt mit einem hellgrünen, faserigen Mineral.

U. d. M. erkennt man, dass die zuerst erwähnten Theile aus fast reinem Vesuvian bestehen, welcher in wenig deutlich begrenzten, prismatischen Individuen auftritt und durch schwache, negative Doppelbrechung charakterisirt ist. Die Durchschnitte sind farblos und treten in Folge der starken Lichtbrechung mit hohem Relief hervor. Optische Unregelmässigkeiten, wie undulöse Auslöschung und das Auftreten zweier Axen, konnten in einer Anzahl von Durchschnitten constatirt werden. Gemengt mit dem Vesuvian ist fast stets etwas Diopsid und in geringer Menge auch Epidot. Die Putzen werden von vorwiegendem, farblosem Diopsid mit reichlichen Flüssigkeitseinschlüssen, von stark pleochroitischem Epidot und von Granat zusammengesetzt, welcher letzterer nicht selten auf das Innigste mit den beiden anderen Mineralien verwachsen ist; dazwischen liegen nicht allzuhäufig prismatische Krystalle von Vesuvian. Der Granat wird mit röthlichgelber Farbe durchsichtig, ist rein körnig und hat nur gegen Nester von Kalkspath eine krystallographische Begrenzung; auf Sprüngen scheinen sich grünliche Zersetzungsprodukte abgesetzt zu haben. Die grösseren Körner zeigen stets lamellare Doppelbrechung, welche theils sehr regelmässig ist und an derartige Erscheinungen am Leucit erinnert, theilweise sich durch undulöse Auslöschung kundgibt.

Eine grosse Anzahl von Handstücken zeigt eine lichtgrünliche Grundmasse, welche durch reichlich eingesprengte, röthlichbraune Granatkörner ein gleichmässig geflecktes Aussehen erhält.

U. d. M. besteht die Grundmasse hauptsächlich aus farblosem, faserigem Diopsid, welchem selten etwas Epidot oder ein feldspathähnliches

Mineral beigemengt ist. Der Granat bildet unregelmässige Körner und Haufwerke von solchen und ist meist doppelbrechend; seine Farbe ist lichtröthlichgelb. Daneben tritt in einigen Schlifften noch eine zweite Granatvarietät auf, welche stets Krystallumrisse zeigt und mit einem tiefen Bräunlichroth durchsichtig wird. Dieselbe ist meist isotrop und ausserordentlich reich an grossen Flüssigkeitseinschlüssen, welche eine leichtbewegliche Libelle haben. Ausserdem umschliessen diese Krystalle in grosser Menge Pyrit, kräftig pleochroitischen Epidot und Strahlstein, welche oft in Zonen angeordnet sind und dem übrigen Gestein vollständig fehlen

Endlich kann man noch ganz dichte, hornsteinähnliche Granatgesteine ausscheiden, welche sehr hart sind, einen splittrigen Bruch haben und in der Hauptsache aus Granat bestehen. U. d. M. bieten diese ausser der geringeren Korngrösse nichts Neues.

Von ähnlichen Bildungen konnte am linken Ufer der Isnitz nur ein einziges Stück aus dem Schutt aufgelesen werden, anstehend ist dort die ganze Zone nicht zu beobachten, da sie von Gesteinstrümmern verschüttet ist. Es ist dies ein lichtgrünes Gestein mit ziemlich grossen Blättchen eines tiefgrünen, chloritischen Minerals. U. d. M. erkennt man feinkörnigen, fast farblosen Diopsid, schilfigen Strahlstein und wenig Vesuvian. Der Chlorit ist stark pleochroitisch und zeigt undulöse Auslöschung; Spaltblättchen geben das Axenbild eines optisch zweiaxigen Minerals mit kleinem Axenwinkel.

Verfolgt man diese Kalkglimmerschieferinlagerung in ihrem Streichen nach Osten, so gelangt man im nächsten Querthal abermals an ein Serpentinvorkommen. Dasselbe bildet den Nordwestabsturz der Vordern Eichamspitze (Sp.-K.: kurzweg Eichham) — die sogenannte Eichamwand — gegen das Tümmelbachthal (Wallhoralpe¹⁾). Der Serpentin kommt hier in kurzer Entfernung von dem Kamm des Gebirges zu Tage und stürzt in mehreren Terrassen sehr steil in das Tümmelbachthal ab; am Thalboden bildet er noch eine ziemlich mächtig hervorragende Felsnase und ist auf der andern Seite des Thales verschwunden. Da der Aufschluss fast senkrecht zur Schichtung der Schiefer geht, lässt sich schon vom Thale aus deutlich das Profil der Wand erkennen, indem sich die rothen Schiefer stark von dem dunkeln, massigen Serpentin abheben. Man erkennt auch schon von unten aus deutlich, dass der Serpentin in den obern Theilen durch eine keilförmige Schieferpartie in zwei Theile

¹⁾ Die Mineralfundstätten dieses Vorkommens sind unter vielen Namen in den Sammlungen verbreitet: Eichamspitze, Eichalpe, Wallner-, Walchneralpe etc. beziehen sich ohne Zweifel auf diese Lokalität.

gespalten ist. (Vergl. Fig. III.) Die Grathöhe selbst wird von den überstehenden Schichten des Kalkglimmerschiefers gebildet, der am Contact in verschiedene Hornfelse übergeht. Diese sind indess nur in den höchsten Höhen anstehend zu beobachten, da auch hier der Serpentin massenhafte Blöcke über seine Umgebung ausgestreut hat. Ein Theil der zu beschreibenden Ge-

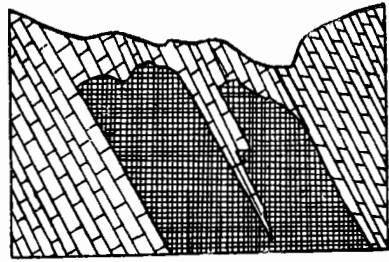


Fig. III. Schematisches Profil an der Eichamwand.

steine wurde oben an einer äusserst schwer zugänglichen Stelle geschlagen, während die anderen in dem Trümmerfeld aufgelesen wurden. Das Gestein, welches dieses Vorkommniss überlagert, scheint Chloritschiefer zu sein, was, verglichen mit den Schichten, welche über dem Serpentin im Klein-Iselthal anstehen, dafür sprechen würde, dass die beiden Serpentine von einander vollständig unabhängig sind. Während nämlich im letzteren Vorkommen der Serpentin an der unteren Grenze der Kalkglimmerschiefereinlagerung auftritt, scheint er hier an der oberen Grenze eingeschaltet zu sein.

Der *Serpentin* von der Eichamwand ist ein dunkelgrünes, hartes, wenig glänzendes Gestein mit mattem Bruch; er wird häufig begleitet von den verschiedenen als Antigorit, Pikrosmin etc. bezeichneten Varietäten und führt Asbest und Bergleder. Sehr bemerkenswerth sind eigenthümliche, nach Art pegmatitischer Gänge auftretende, späthige Bildungen, welche denselben durchsetzen. Sie bestehen aus bis zollgrossen Individuen eines vollkommen spaltbaren, stark perlmutter- bis metallglänzenden Pyroxenminerals, dessen Spaltblättchen im convergenten Licht eine Axe austreten lassen. Es liegt also ein monosymmetrischer Pyroxen vor, der sich aber vom Diallag durch den Mangel an Zwillinglamellen und die höhere Doppelbrechung unterscheidet. Diese Gesteinsvarietät ist als Schillerspath in vielen Sammlungen verbreitet und zeichnet sich durch grosse Frische aus. U. d. M. sind die Krystalle des Pyroxens auf Rissen von kräftig pleochroitischen Serpentinaggregaten durchzogen, welche theils scharf gegen das ursprüngliche Mineral absetzen, theils randlich in dasselbe eindringen und es zertrümmern; ziemlich selten sind auch die charakteristischen, leistenförmigen Einschlüsse im »diallagartigen Augit« zu beobachten, sie sind dann dicht angehäuft und zu Skeletten verbunden. Die Hauptmasse des Serpentin ist in ganz normaler Weise massig ausgebildet und bietet im Dünnschliff nichts von dem gewöhnlichen Pyroxenserpentin Abweichendes dar; von einer Maschenstructur findet sich auch hier keine Spur. In den abgestürzten Blockmassen wurden Stücke von edlem Serpentin beobachtet, welcher eine gelblichgrüne Farbe und krystallinische

Structur besitzt; anstehend wurde dieses Gestein hier nicht aufgefunden.

Auch diesen Serpentin begleiten, wie schon angedeutet, *Hornfelse*, welche aber ziemliche Verschiedenheiten von den Vorkommnissen im Klein-Iselthal aufweisen.

Diese Gesteine sind zum Theil ziemlich locker und cavernös, von zeisiggrüner Farbe und bestehen in der Hauptsache aus krystallinischem Epidot; häufig sind darin Putzen und Zwischenlagen von chokoladebraunem Granat, welcher auch in ziemlich flächenreichen Krystallen auf dem *Epidot-Hornfels* sitzt. Ausserdem führen die Gesteine Chlorit, Calcit und Kryställchen von Diopsid. U. d. M. herrscht Epidot vor, welcher im Allgemeinen körnig ausgebildet ist und nur gegen die körnigen Calcitpartieen krystallographische Begrenzung zeigt; er ist fast farblos und lässt die vollkommene Spaltbarkeit an wenigen, scharfen Rissen erkennen. Daneben tritt ein farbloser Diopsid, sowie ein faseriges, farbloses Amphibolmineral, wahrscheinlich Tremolit, auf. Vesuvian findet sich in wenigen, an den Kanten gerundeten Prismen; er ist gleichfalls farblos, abèr leicht an seiner schwachen Doppelbrechung zu erkennen.

Der Granat wird mit lichtbrauner Farbe durchsichtig, er tritt in Körnerform auf und ist nur gegen Calcitpartieen auskrystallisirt, seine ganze Masse ist von unregelmässigen Sprüngen durchsetzt. Zwischen gekreuzten Nicols fällt seine verhältnissmässig kräftige Doppelbrechung auf, welche meistens stärker ist, als die des Vesuvians. Die verschieden orientirten doppelbrechenden Partieen sind theils lamellar verwachsen, theils ist die Auslöschung undulös oder einheitlich.

Eine zweite Varietät dieser Gesteine ist lichtapfelgrün und lässt schon makroskopisch Vesuvian als ihren Hauptgemengtheil erkennen. Im Dünnschliff findet sich dieser in ziemlich grossen, rechteckigen Durchschnitten, welche häufig optische Anomalien zeigen; sie haben eine deutliche Querabsonderung. Neben dem Vesuvian tritt ein Amphibol in oft etwas verbogenen und geknickten Prismen auf, welcher $\parallel c$ tiefblaugrün $\perp c$ fast farblos ist; die Ausfüllung wird oft von einem Chlorit mit kleinem Axenwinkel und deutlichem Pleochroismus gebildet. Granat ist auf schmalen Adern zu beobachten; er ist recht schwach doppelbrechend oder ganz isotrop. An einigen Stellen sind die Dünnschliffe matt und trübe, das Gestein ist dort sehr feinkörnig und wahrscheinlich etwas zersetzt, da nur noch einzelne Partieen schwach polarisiren. Epidot scheint ganz zu fehlen.

Hiemit in engstem Zusammenhang steht ein tiefgrünes, wachsglänzendes, dichtes Gestein von muschlig-splittrigem Bruch. Unter dem Mikroskop löst es sich in ein ausserordentlich feinkörniges Aggregat von Vesuvian auf, neben welchem kein anderes Mineral mit Sicherheit nach-

gewiesen werden konnte. Indess wird die mikroskopische Analyse bei Gemengen von dem feinen Korn eines Mikrofelsites sehr unzuverlässig. Gegen den Rand des Schliffes finden sich grosse, trübe Krystalle von Diallag mit sehr deutlicher Spaltbarkeit, von welchen aber nicht constatirt werden konnte, ob dieselben an der Grenze des Hornfelses gegen den Serpentin liegen oder dem ersteren angehören.

Es ist dies ein Gestein, welches zuerst von *Berwerth*¹⁾ und *Rammelsberg*²⁾ vom *Piz Longhin* beschrieben und von ersterem als Vesuvian-Pyroxenfels bezeichnet wurde. Dass auch an anderen Punkten in den Ostalpen derartige Gesteine nicht selten sind, bewiesen Dünnschliffe, welche ich aus Stücken vom *Stubachthal* und der *Porgumeralp* in Pfitsch anfertigte. Ersteres Gestein entspricht dem von der Eichamwand vollständig, es ist ein reiner *Vesuvianhornfels*, während das andere deutlich Epidot, Diopsid und Chlorit daneben erkennen lässt. Ein ähnliches Vorkommen vom *Rothenkopf* im Zillerthal erwies sich als nahezu reiner, dichter Diopsid. Alle diese Lokalitäten sind bekannt als Fundorte von Serpentin und ich zweifle nicht, dass es sich auch bei diesen um Contactgesteine handelt. Für das Gestein vom *Piz Longhin* hat dies *Fellenberg*³⁾ sehr wahrscheinlich gemacht.

In der weiteren Fortsetzung derselben Kalkglimmerschieferschicht tritt Serpentin wieder mitten im Mail-Frossnitz Kees (Sp. K. Säul-Frossnitz Kees) zu Tage; er steht als mächtiger Fels über den wild zerklüfteten Gletscher heraus und ist nur ausserordentlich schwer zugänglich. Unter den Eismassen durch scheint sich diese Einlagerung bis in den Mailboden fortzusetzen, wo sie in ziemlicher Ausdehnung zu Tage tritt. Der Character dieses Vorkommens ist vollständig verschieden von dem aller bisher betrachteten Serpentine. Während die anderen durch ihren massigen Habitus ausgezeichnet waren und in grossen Felsmassen über die Umgebung hervorragten, ist der Serpentin des Mailbodens weich und schiefrig; er bildet nicht nur keine überstehenden Felsen, sondern sogar stellenweise eine Einsenkung, über welche nach unten der Kalkglimmerschiefer, nach oben der Chloritschiefer hinausragen. Doch ist hier der Zusammenhang mit dem offenbar noch massigen Felsen, welcher im Mail-Frossnitz Kees ansteht, ein so inniger, dass man diese Bildungen für nichts von jenen Verschiedenes ansehen kann. Es handelt sich also hier nicht um echte Serpentin-schiefer, mit welchen man die Gleichartigkeit

¹⁾ *Berwerth*, Ueber Vesuvian-Pyroxenfels vom Piz Longhin. Ann. K. K. nat. hist. Hofmus. 1889. IV. 87.

²⁾ *Rammelsberg*, Vesuvian vom Piz Longhin Neues Jahrb. 1889. I. 229.

³⁾ *Fellenberg*, Ueber Jädeit vom Piz Longhin, Bergell. Neues Jahrb. 1889. II. 103.

des Serpentin mit den ihn umgebenden Schiefen nachweisen kann, sondern vielmehr um eine locale Ausbildung des massigen Serpentin. Die Schieferung ist nicht genau parallel mit der Schichtung der umgebenden Schiefer, scheint manchmal sogar beträchtlich von dieser abzuweichen, kurzum. das ganze Vorkommen trägt den Charakter sogen. endogener Contactbildung an sich, wie sie in geringem Masse auch der Serpentin im Klein-Iselthal gegen die umgebenden Gesteine hin zeigt. U d. M. erscheint der Serpentin des Mailbodens als ein ziemlich dichtes Aggregat, in welchem eine bestimmte, regelmässige Anordnung der Schuppen nicht zu erkennen ist. Diese grünen dünnschieferigen Gesteine werden von reichlichen Antigoritbildungen begleitet, welche oft sehr feinfaserig und wellig gebogen sind; ausserdem findet sich dort Asbest und dichter Tremolit, oft in Kalkspath eingewachsen.

Von Gesteinen, welche man als Contactbildungen betrachten könnte, tritt hier nur ein ziemlich grobschuppiger Chloritschiefer auf, dessen Schichtflächen fein gefälteit erscheinen, derselbe führt reichlich Oktaëder von Magnetit und Hexaëder von Pyrit. Er ist wenig compact und ziemlich weich. Im Dünnschliff zeigen die grossen Chloritschuppen deutliche Spaltbarkeit und kräftigen Pleochroismus von saftgrün zu weingelb, dazwischen finden sich wenige Krystalle rhomboëdrischer Carbonate.

C. Die übrigen Vorkommnisse der Chloritschieferzone.

Beim weitem Fortschreiten in südlicher Richtung folgen zunächst mehrere Serpentinvorkommnisse, welche aber nur wenig Interesse darbieten. Die meisten derselben sind sehr unbedeutend und zeigen weder selbst, noch an den umgebenden Gesteinen irgend etwas Merkwürdiges; bei ihnen mag eine blosser Aufzählung genügen. Einige wenige davon, welche das Interesse in höherem Masse erregen, sollen kurz charakterisirt werden.

In der Einsenkung zwischen dem *Saukopf* (Sp.-K. Sojetberg) und der *Rothen Säule* steht ein nur wenig mächtiger Serpentin an. Derselbe ist dem Kalkglimmerschieferzug eingeschaltet, welcher die nächste Zwischenlagerung nach der oben ausführlich besprochenen Zone bildet. Vorkommen und Structur bieten nichts Auffallendes Begleitet wird er von sehr dichten, wie gebrannt aussehenden, bräunlichen Talkschiefern, welche u. d. M. aus einem wirren Aggregat von Talkschuppen mit reichlich

dazwischen ausgeschiedenem Eisenoxydhydrat bestehen; ausserdem findet sich daselbst grob- bis feinstrahliger, lichtgrüner Strahlstein. Die Chloritschiefer, welche in der Nähe anstehen, sind sehr epidotreich und lassen auf Drusen Krystalle von Quarz, Epidot, Eisenglanz, Calcit etc. erkennen. Aehnliche Vorkommnisse, nur reicher an krystallisirten Mineralien finden sich über der *Klarahütte* im *Umbalthal*, im Streichen desselben Horizontes, und am Abfall der Daberspitze in's *Umbalthal* auf der gegenüberliegenden Thalseite tritt Serpentin zu Tage, welcher jedoch nichts Bemerkenswerthes beobachten lässt.

In der nächsten Einlagerung von Kalkglimmerschiefer findet sich ein etwas interessanteres Vorkommen am *Sulzeck* im unteren *Klein-Iselthal*. Dasselbe ist durch einen Wildbach aufgeschlössen, welcher vom Saukopf herunterkommt und eine tiefe Schlucht ausgenagt hat. Der Serpentin selbst, welcher einen nicht sehr mächtig hervorstehenden Felsen bildet, ist dunkelgrün, zäh und vielfach zerklüftet. Auf Spalten führt er reichlich Talk und — gegen die Grenze hin — grünlichen Hornblendeasbest. U. d. M. unterscheidet er sich nicht von dem gewöhnlichen Typus. Gegen den Contact mit den das Liegende des Serpentin bildenden Chloritschiefern wird ersterer auch hier schiefrig. Das mikroskopische Bild, welches diese Varietät bietet, ist sehr interessant. In einer farblosen, scheinbar amorphen Grundmasse liegen nämlich eigenthümlich sphärolithische Aggregate von stark pleochroitischer Serpentinsubstanz, so dass das ganze Gestein im polarisirten Licht das Bild eines echten Sphärolithfelsens gibt. Ob hier die Structur des ursprünglichen Gesteins mit grosser Feinheit erhalten geblieben ist, oder ob es sich um eine rein secundäre Bildung handelt, ist natürlich nicht zu entscheiden, auffallend erscheint es jedoch, dass gerade gegen den Contact hin, sowohl hier als auch an anderen Stellen, diese eigenthümliche Gesteinsvarietät ansteht.

Der »Chloritschiefer« ist am Contact stark zerklüftet, und diese Klüfte sind ausserordentlich reich an schön krystallisirten Mineralien, wie Albit, Epidot, Apatit, welche häufig von dem lichtgrünen Asbest bedeckt sind. Der Schiefer selbst besteht aus abwechselnd dunkelgrünen und lichtgelblichen Schichten. Erstere werden vorzugsweise von einem divergent strahligen Aktinolith gebildet, welcher deutlichen Pleochroismus (α lichtgrün, β bräunlichgelb, γ dunkelgrün, $c > b > a$) zeigt. In den lichterem Lagen bildet ein körniger, stark pleochroitischer Epidot neben einem Plagioklas den Hauptbestandtheil; farblose Nadeln, welche in wirren Aggregaten auftreten, sind vielleicht Tremolit. Dieses Gestein geht in geringer Entfernung in einen normalen, epidotreichen Chloritschiefer über.

Ausserdem finden sich in Verbindung mit diesem Serpentin reichliche Bildungen von ziemlich feinfaserigem, compactem Strahlstein, von welchem Uebergänge zu echtem Asbest vorhanden sind.

Auf der anderen Seite der *Sojetalpe*, gegen das Tümmelbachthal zu, steht im Streichen desselben Horizontes ein sehr interessantes Gestein an; dasselbe ist ziemlich hart, krystallinisch, von graugrüner Farbe und splittrigem Bruch. Es wird vielfach von Asbest durchzogen. U. d. M. erkennt man als vorherrschenden Gemengtheil einen monosymmetrischen Pyroxen, welcher in ziemlich langen, farblosen Prismen mit Querabsonderung auftritt, eine Auslöschungsschiefe bis 45° und nicht allzuhohe Doppelbrechung besitzt. Es ist ein ganz normaler Augit. Neben diesem Mineral, und in vielen Fällen auf das Innigste damit verwachsen, findet sich ein lichtgrüner, schilfiger Strahlstein, welcher wahrscheinlich sekundärer Entstehung ist: auch Epidot mit kräftigem Pleochroismus ist in ziemlicher Menge vorhanden. Selten beobachtet man als Ausfüllungsmasse etwas Plagioklas. In welcher Beziehung dieses Gestein zu dem Serpentin steht, ist aus den Lagerungsverhältnissen nicht zu ersehen: im ersten Augenblick war ich geneigt, dasselbe für das ursprüngliche Gestein zu halten, aus welchem jener entstanden ist. Indess ist die Ausbildung des Augits so abweichend von derjenigen, welche an den in anderen Vorkommnissen beobachteten Resten festgestellt wurde, andererseits sind die Umwandlungsprodukte des Augits durchaus nicht so beschaffen, um ein Uebergangsstadium von Augit zu Serpentin darzustellen. Contacterscheinungen konnten hier nicht nachgewiesen werden, und so muss vorderhand die Stellung dieses Gesteins unentschieden bleiben.

Weitere Serpentinvorkommnisse stehen in dieser Zone an folgenden Punkten an:

1. Am *Mallwitz Kogel* gegen das *Maurerthal*.
2. An der *Nunitz* zwischen *Frossnitz* und *Tauerthal*,
3. Im *grossen Nillthal* an der *Maureralpe*.
4. Im *Mitteldorfer Bachthal*.

Dieselben bieten nichts Neues dar; es sind meist sehr unbedeutende Aufschlüsse, und werden hier nur der Vollständigkeit halber angeführt. Noch an einigen anderen Punkten dürfte Serpentin vorkommen, derselbe wurde daselbst jedoch nicht anstehend, sondern nur als Geröll beobachtet. Erwähnenswerth ist von diesen das Vorkommen aus dem oberen *Iselthal* gegenüber dem Eingang in's *Maurerthal*, woselbst ein eisenschüssiger quarzreicher, körniger Kalk zu Tage tritt, welcher in oft ziemlich bedeutender Menge sog. «Prägratit» einschliesst. Auf Klüften sind Quarz und Albit auskrystallisirt. Der Prägratit findet sich theils in lichtgrünlichen Putzen im Kalk, theils imprägnirt er denselben gleichmässig, wodurch eine etwas schiefrige Struktur entsteht. U. d. M. ist derselbe ein ziemlich dichtes Aggregat von Glimmerschuppen, welche kräftig doppelbrechend und optisch zweiaxig sind. Ob dies dasselbe Vorkommen ist, welches von Öllacher und Kobell analysirt und zum Paragonit gestellt wurde, ist zweifelhaft;

mir gelang es nicht, mittelst Kieselflussäure Natron nachzuweisen. In der Nähe dieses Vorkommens findet sich Serpentin als Gerölle, welcher wahrscheinlich im Zusammenhange damit steht.

D. Vorkommnisse, welche die Chloritschiefer-einlagerung im Kalkglimmerschiefer begleiten.

An der Grenze zwischen der schmalen Chloritschiefer-einlagerung, welche im Kalkglimmerschiefer auftritt, und diesem letzteren steht an mehreren Punkten Serpentin an, und zwar so, dass der Chloritschiefer das Liegende, der Kalkglimmerschiefer das Hangende desselben bildet.

Der westlichste Punkt, an welchem ich denselben beobachtete, liegt unterhalb des schwarzen Thörl im obern *Daberthal*. Der Serpentin findet sich daselbst nur in sehr geringer Mächtigkeit, er ist hellgrün und matt und zeigt reichlich Einschlüsse von Carbonaten, welche meist durch Oxydation gebräunt sind. Dieses Gestein ist ziemlich weich und viel weniger zäh als die normalen Serpentine; es verwittert leichter zu knotig-blättrigen Massen. U. d. M. ist es jedoch von den gewöhnlichen Vorkommnissen nicht zu unterscheiden, es zeigt das Bild eines echten Pyroxenserpentins, in welchem zahlreiche Aggregate von rhomboëdrischen, eisenreichen Carbonaten eingeschlossen sind. Gegen den Chloritschiefer zu wird der Serpentin sehr talkreich, und jener ist am Contact in einen dichten Talkschiefer verwandelt, welcher mit dem vom Saukopf vollständig übereinstimmt.

Das nächste — und bei weitem interessantere — Vorkommen von Serpentin in diesem Horizont ist an den westlichen Gehängen der *Kriselspitze* im oberen *Kleinbachthal* aufgeschlossen.

Der Serpentin, welcher auch hier nur geringe Mächtigkeit besitzt, ist brüchig und etwas verwittert. Es lassen sich hauptsächlich zwei Varietäten unterscheiden, welche aber nicht scharf gegen einander abgegrenzt sind, sondern in einander übergehen. Die erste ist ein ziemlich massiges, schwärzlichgrünes Gestein, welches auf den Bruchflächen deutlich erkennen lässt, dass es aus einem grobkörnigen Aggregat eines vollkommen spaltbaren Minerals hervorgegangen ist. U. d. M. tritt diese Structur noch deutlicher hervor, indem nicht nur die Spaltbarkeit des ursprünglichen Pyroxens erhalten ist, sondern auch die für Diallag so charakteristischen regelmässigen Einschlüsse häufig noch zu beobachten sind; dieselben sind aber nicht, wie im frischen Zustand einheitliche, braun durchsichtige Blättchen, sondern bestehen aus Aggregaten einer schmutzig braunen, körnigen Substanz. In der Hauptmasse des Gesteins erkennt

man überall an der Anordnung der Zeretzungsproducte die Pseudomorphose nach *Diallag*. Die Krystalle des letzteren sind nämlich nicht in ein einheitliches Aggregat umgewandelt, sondern man kann, namentlich im polarisirten Licht drei verschiedene Substanzen unterscheiden, welche abwechselnde Lagen bilden. Es scheint, als ob in verschiedenen Perioden der Umwandlung sich verschiedene Producte gebildet hätten. Da die Zeretzung nun von den Spaltrissen ausging, mussten sich die dabei entstehenden Mineralien in verschiedenen Zonen um dieselben ablageren, und so ein genaues Bild der ursprünglichen Structur erhalten bleiben. Unter den Zeretzungsproducten unterscheidet man zwei grüne Mineralien mit deutlichem Pleochroismus, von welchen das eine die schwache Doppelbrechung des Chlorits besitzt und zwischen gekreuzten Nicols nur graublau Interferenzfarben zeigt, während die Doppelbrechung des anderen bedeutend höher ist. Das dritte Mineral ist farblos, oft ziemlich grossschuppig und sehr kräftig doppelbrechend; da es anscheinend optisch einaxig und negativ ist, kann es nichts anderes als Talk sein. Die zweite Varietät ist makroskopisch von dieser bedeutend verschieden. Das Gestein ist eigenthümlich schalig und sehr brüchig, so dass es bei der Verwitterung leicht zerfällt. Dasselbe fühlt sich fettig an und zeigt in einer dunkelgrünen Grundmasse reichlich hellgrüne Putzen, welche aus schuppigem Talk bestehen. Im Dünnschliff ist sofort eine deutliche Maschenstructur auffallend, welche die dunkelgrünen Partien erkennen lassen; das Netzwerk derselben wird von kräftig pleochroitischer Serpentinsubstanz gebildet, welche von Zügen kleiner Magnetitkrystalle begleitet wird. Die Textur derselben ist fasrig, wie die des echten Olivinserpentin, doch lassen sich nirgends Reste des ursprünglichen Minerals nachweisen, vielmehr sind die Felder in den Maschen theils von demselben Serpentin, theils von eisblumenähnlichen Talkaggregaten ausgefüllt. Dazwischen sind ziemlich häufig lichte Theile, welche aus sehr feinschuppigem Talk zusammengesetzt sind. Dieselben lassen den lamellaren Aufbau des ursprünglichen Minerals erkennen, indem einzelne Lamellen aus Talk, andere aus pleochroitischem Serpentin bestehen; auch die Reste der ursprünglichen regelmässigen Einschlüsse sind vielfach vorhanden. Diese Aggregate sind als Umwandlungsproducte von *Diallag* charakterisirt.) Eigenthümliche, türkischen Schriftzeichen nicht unähnliche Partien opaker oder dunkelbrauner Substanzen konnten nicht gedeutet werden.

In Begleitung dieses Serpentin finden sich linsenförmige Ausscheidungen von Magnesit (mit wenig Ca O und Fe O), gemengt mit Talk und Serpentin. Die unterlagernden Chloritschiefer sind auch hier zu dichten Talkschiefern von grünlichweisser Farbe geworden, welche reichlich Pyrit und Magnetit enthalten. U. d. M. erscheint das Gestein als sehr feinschuppiges Gemenge von Talk und Chlorit.

In diesen Schiefen finden sich kurze, stumpf zulaufende, etwa armdicke *Serpentinapophysen*, welche sich bis an den Hauptserpentin verfolgen lassen; sie verlaufen etwa vertical zur Schichtung und erreichen eine Länge von $1-1\frac{1}{2}$ m. Das Gestein dieser Apophysen ist sehr dicht, dunkelgrün und hat einen muschligen Bruch; seine Härte ist nur gering, der Glanz fettartig. U. d. M. zeigen sie dieselben sphärolithischen Bildungen, welche von der Randfacies des Serpentin am *Sulzeck* im Klein-Iselthal beschrieben wurden. In dem Gestein sind massenhaft winzige Aggregate von nadelförmigen Krystallen verbreitet, welche bei stärkster Vergrößerung einen schwachen Pleochroismus von farblos zu lichtgelblich, sowie kräftige Doppelbrechung erkennen lassen. Da das Gestein keine Titansäure enthält, können diese nur dem Epidot angehören.

Die eigenthümliche Structur dieser wenig mächtigen Apophysen macht den Eindruck, dass dieselbe in der primären Ausbildung des Gesteins begründet ist.

Dieses Serpentinvorkommen ist also für die Auffassung der central-alpinen Serpentine in mehrfacher Beziehung von grosser Bedeutung. Es ist das einzige aus dem ganzen Gebiet, an welchem sich die Abstammung von einem echten Peridotit, wahrscheinlich einem *Wehrilit*, mit ziemlicher Sicherheit nachweisen lässt, und welches so das Zwischenglied zwischen den serpentinarartigen Gesteinen und den echten Serpentin bildet. Zugleich ist das Auftreten von Apophysen, welche das Charakteristische einer raschen Erstarrung noch erkennen lassen, von hohem Werth für die Theorie dieser Gesteine.

Demselben Horizont gehört ein Vorkommen am Südabhang des *Berger Kogel*, gegen das Berger Thörl zu, an. Der Serpentin ist hier ziemlich weich und stark verwittert, bietet aber nichts Neues. Das ganze Vorkommen ist unbedeutend.

In der weiteren Fortsetzung nach Osten tritt der Serpentin wieder in der *Mullitz* zu Tage; er ist hier ziemlich hell, frisch und splittrig und gibt im Dünnschliff das öfter besprochene charakteristische Bild; an der Grenze gegen die ziemlich quarzreichen Schiefer geht er in Ophicalcit-ähnliche Bildungen über; er ist begleitet von wenig Asbest und Talk. Auf die umgebenden Gesteine scheint er keinen verändernden Einfluss ausgeübt zu haben.

Auch in dem folgenden *Steinkasthale* finden sich Gerölle eines sehr ähnlichen Serpentin, doch dürfte der Aufschluss desselben von Vegetation bedeckt sein.

E. Vorkommnisse der obersten Kalkglimmerschiefer-Zone.

In den obersten Horizonten des Kalkglimmerschiefers ist eine sehr interessante Reihe von z. Th. mächtigen Serpentinvorkommnissen abgeschlossen. Sie beginnt im Westen am Rothenmannthörl, einem Pass zwischen dem oberen Daber- und dem Schwarzach- (oberen Deferegg-) Thal. Der Serpentin steht hier auf der Grathöhe als nicht sehr mächtiger, schwärzlichgrüner, massiger Fels an. Das Gestein ist hart und splittrig und zeigt viele Rutschflächen mit muschliger Oberfläche. U. d. M. gibt es das gewöhnliche Bild eines Pyroxenserpentins von ziemlich feiner Structur.

Das Liegende desselben ist in einer Mächtigkeit von 1 bis 2 m in echte Hornfelse umgewandelt. Die Hauptmasse dieser Gesteine bilden feinkrystallinische bis dichte *Epidothornfelse* von gelber Farbe, welche häufig Strahlstein enthalten. Gegen den Serpentin zu ist der Epidot auf Klüften theilweise auskrystallisirt, und die Krystalle wurden späterhin von einem dichten, tiefgrünen Chlorit oder von grünlichem Hornblendeasbest eingehüllt.

Die Gesteine erweisen sich im Dünnschliff als Aggregate von nach *b* verlängerten Epidotkörnern. Dieses Mineral zeigt meist kräftigen Pleochroismus, sowie eine Quergliederung, während die Spaltbarkeit nach *oP* nur wenig ausgeprägt ist. Die Zwischenräume sind häufig mit Calcit ausgefüllt, in welchem kleine ringsum ausgebildete Epidotkrystalle liegen. Chlorit findet sich nicht selten, ebenso ein faseriger Strahlstein von bläulichgrüner Farbe || *c* und fast farblos ⊥ dazu. Im Epidot beobachtet man manchmal kleine, stäbchenförmige, opake Einschlüsse in || Anordnung, sowie winzige, viereckige, durchsichtige mit unbeweglicher Libelle, welche den Charakter von Glaseinschlüssen haben. Die Spaltausfüllungen bestehen z. Th. aus reinem Strahlsteinasbest, z. Th. aus sehr dichtem Chlorit von erdigem Bruch. In letzterem finden sich häufig dünne Nadeln von Strahlstein, sowie grobschuppige Aggregate von Glimmer eingewachsen, welcher eine lichtbräunlichgrüne Farbe ⊥ *c* zeigt und || *c* fast vollständig absorhirt; derselbe gibt im convergenten, polarisirten Licht das Axenbild eines optisch einaxigen Körpers mit negativer, sehr starker Doppelbrechung.

Abweichend hievon ist ein in der Nähe anstehendes Gestein, welches makroskopisch in einer gelb und weiss gestreiften Grundmasse garbenähnliche 1—2 cm grosse Aggregate von grünem Strahlstein in ziemlicher Menge führt. Dieselben liegen in Schichten angehäuft und sind meist || diesen plattgedrückt, so dass das Gestein eine Art verdeckter Schieferung erkennen lässt; daneben enthält es recht reichlich Krystalle von Pyrit.

U. d. M. beobachtet man einen rein körnigen Plagioklas ohne Structur, welcher nur sehr selten Andeutung von Zwillinglamellen erkennen lässt. In dieser Grundmasse liegen zahlreiche, wohlausgebildete Krystalle eines stark pleochroitischen Epidots (c schwefelgelb, b lichtbräunlich, a fast farblos, $c > b > a$) häufig schichtenweise angereichert; Zwillinge sind an demselben ziemlich oft ausgebildet und lassen sich theils durch die verschiedene Höhe der Interferenzfarben, welche die Theile eines Krystalls geben, theils im convergenten Licht an der verschiedenen Lage der Axenebene erkennen. Unterschiede in der Auslöschungsrichtung sind kaum je im Schlicke vorhanden, da die meisten Durchschnitte, entsprechend der vorwiegenden Ausbildung, welche die Zone der Symmetrieaxe zeigt, gerade auslöschten. Der Strahlstein hat eine typisch schilfige Form und besitzt nur selten Endflächen. Die Spaltbarkeit ist sehr gut zu beobachten, der Pleochroismus kräftig (a weingelb, b lichtgrün, c tiefblaugrün, $c > b > a$).

Zwischen diesen Gesteinen befindet sich eine schmale Schicht von dünnschiefri gem Chloritschiefer, welcher sich aber von dem gewöhnlichen durch ein mehr krystallinisches, glänzendes Aussehen, sowie eine eigenthümliche, feine Streifung der Schichtflächen auszeichnet. U. d. M. besteht dieses Gestein aus einem ziemlich parallelschuppigen Aggregat von Chlorit, in welchem reichlich Körner von Epidot eingewachsen sind. Makroskopisch sehr verschieden ist ein ähnlich zusammengesetztes Gestein, welches unter den Trümmern aufgelesen wurde. Dasselbe ist von dunkelgrüner Farbe, erdigem Bruch und enthält grosse Octaeder von Magnetit. U. d. M. erkennt man ein sehr grossblättriges Aggregat von Chloritschuppen, welche häufig gebogen und gewellt sind. Die Spaltbarkeit derselben ist scharf, der Pleochroismus kräftig (c weingelb, c tiefsaftgrün); im convergenten Licht erhält man das Axenbild eines optisch einaxigen Körpers mit schwacher, negativer Doppelbrechung. Dazwischen ist nahezu farbloser Epidot in prismatischen bis rundlichen Körnern eingestreut.

Unterhalb der oben beschriebenen Hornfelse finden sich Kalkschiefer, welche ein sehr compactes Aussehen haben. Sie zeigen theils feine Asbestbildungen auf den Schichtflächen und sind reich an kleinen Magnetitkryställchen, theils bestehen sie aus abwechselnden Lagen von lichter und dunkler Farbe. Erstere erweisen sich im Dünnschliff als sehr reich an Tremolit, während in den letzteren neben Eisenoxydhydrat serpentinöse Substanz abgesetzt ist. In diesen Schiefen, also immerhin 2 m vom Hauptserpentin entfernt, befindet sich eine Linse von Serpentin, deren Gestein eigenthümlich schalig ist; u. d. M. beobachtet man nichts Auffallendes. Diese Partie, welche etwa 1 \square m im Durchschnitt hat und nicht dick ist, besitzt keinen sichtbaren Zusammenhang mit der Haupt-

masse, auch die umgebenden Gesteine haben keine weitere Veränderung erlitten.

Das Hangende des Serpentin bildet hier eine mehrere Meter mächtige Kalkschicht, welche durch Verwitterung rothbraun und zellig wird. Der »rothe Mann«, welcher dem Thörl seinen Namen gegeben, ist ein hoher Block von diesem Gestein. Dasselbe zeigt keine Spur von Veränderung, sondern ist ein ächter, wenig schiefriger Kalkfels, wie dieselben in diesem Gebiet allerorten aufgefunden werden. Darüber folgen quarzistische Glimmerschiefer.

Nach Osten zu ist das nächste Vorkommniss zwischen dem *Grossbach-* und dem *Kleinbachthal* aufgeschlossen. Dasselbe bildet dort die sich in massigen Formen erhebende *Gosler Wand* (Sp.-K. Seespitze), und dies ist die mächtigste Serpentinmasse, welche im ganzen Gebiete beobachtet wurde. Das Massiv dieses Berges, welcher fast ganz aus Serpentin besteht, steigt steil über dem Trojer Thörl (Bachlenke) empor und macht mit seinen dunkeln, schroffen, vegetationslosen Wänden einen imponirenden Eindruck; die ganze Umgebung ist ein wahres Chaos von Blöcken, welche von den vielfach zerklüfteten Wänden abgestürzt sind und noch fortwährend abstürzen. Der Contact mit den Nebengesteinen ist aus diesem Grunde auch nur an wenigen Punkten zu beobachten, am schönsten im Kleinbachthal, woselbst die äusserste Spitze der sich auskeilenden Einlagerung an einem Wasserfall des Kleinbachs sehr gut aufgeschlossen ist. Ein zweiter Punkt, welcher den Contact anstehend zeigt, ist auf der Passhöhe zwischen dem Kleinbach- und Grossbachthal, etwa an der Stelle, wo der Serpentin seine grösste Mächtigkeit erreicht hat. Unter den überall herumliegenden Blöcken finden sich, namentlich gegen das Grossbachthal und das Trojer Thörl zu, in grosser Menge Exemplare, welche theils mit den anstehenden Contactgesteinen grosse Aehnlichkeit besitzen, theils durch ihre petrographische Beschaffenheit als echte Hornfelse charakterisirt sind. Dieselben sind vor allem dort angehäuft, wo die Grenze zwischen Serpentin und Schiefer in den überragenden Höhen verläuft. Diese letzteren Gesteine sollen nach den anstehend beobachteten beschrieben werden.

Der *Serpentin*, welcher hier in so bedeutender Entwicklung auftritt, ist ein sehr frisch aussehendes, ziemlich hartes und zähes Gestein von dunkelgrüner Farbe und muschlig-splitterigem Bruch. Der Habitus des Gesteins ist ein massiger; es bricht in scharfkantigen, unregelmässig geformten Blöcken und ist stark zerklüftet. Auf den Spalten sind Asbestbildungen in grosser Menge vorhanden, welche von den Bewohnern der umliegenden Thäler ausgebeutet werden. Dieselben sind indess spröde Hornblendeasbeste und deshalb technisch von nur geringem Werthe. Sehr häufig ist dieses Mineral innig mit grobkrySTALLINISCHEM Kalkspath verwachsen, welcher dann einen faserigen Bruch zeigt; auch wirre Gemenge

von Kalkspath und Asbest kommen vor. Der Kalkspath enthält manchmal sehr reichlich Krystalle von durchsichtigem, gelbem Sphen eingeschlossen, welche nicht selten mehrere *cm* lang sind. Sehr bemerkenswerth ist das Vorkommen dieses Minerals deshalb, weil sich in keiner der Serpentinproben Titansäure nachweisen liess.

An einigen Stellen bricht ein Gestein, welches von der Hauptmasse dadurch verschieden ist, dass es kleine helle Flecken zeigt, welche eine ziemlich bedeutendere Härte besitzen als der umgebende Serpentin.

U. d. M. bietet die Serpentinsubstanz die gewöhnlichen Erscheinungen dar, sie ist ein feinschuppiges Aggregat schwach doppelbrechender Blättchen; an einigen Stellen scheint eine Andeutung von Maschenstructur vorhanden zu sein, doch wage ich nicht, diese auf Olivin zurückzuführen, da ähnliche Gebilde von wenig ausgeprägtem Charakter nachweislich auch aus Pyroxen entstehen können. Die Reste von Pyroxen, welche in diesem Gestein zu beobachten sind, zeigen theils eine ganz normale Beschaffenheit, theils sind sie mehr oder weniger in der Umwandlung begriffen. Die frischen Individuen sind von sehr lichtröthlichbrauner Farbe und haben gute Spaltbarkeit. Sie besitzen eine Auslöschungsschiefe von etwa 40° , ziemlich kräftige Doppelbrechung und nur selten sind Zwillingslamellen zu erkennen. Die bekannten regelmässigen Einschlüsse sind vorhanden, jedoch kaum je wohl ausgebildet. Randlich fasert der Pyroxen häufig aus, zeigt dann schwächere Doppelbrechung und nimmt einen bastitähnlichen Habitus an, wobei aber die schiefe Auslöschung erhalten bleibt. Viele der Durchschnitte sind nicht mehr frisch, sondern nach allen Richtungen durchdrungen von Nadeln eines lichtgrünen, pleochroitischen Minerals, welches seiner kräftigen Doppelbrechung wegen wohl zum Amphibol gestellt werden muss. Reichliche Talkbildungen begleiten diese Reste. Eigenthümlich ist dabei das bastitähnliche Umwandlungsproduct des monosymmetrischen Augits, da derartiges gewöhnlich nur die rhombischen Pyroxene auszeichnet. Dasselbe wurde schon von *Becke* (l. c.) an einem ähnlichen Gestein aus Griechenland beobachtet. Auch *Kispatic* (l. c.) fand eine ähnliche Umwandlung in den Gesteinen der Frusca Gora, doch besitzt das dort vorkommende Zersetzungsproduct gerade Auslöschung. Opake Erze, welche reichlich vorhanden sind und Haufwerke bilden, zeigen eine eigenthümliche Erscheinung. Dieselben sind nämlich umgeben von einer Zone, welche den Umrissen parallel läuft, in welcher die Serpentinsubstanz wenig oder gar nicht doppelbrechend ist. Es erinnert dies an das Auftreten von Leukoxen in gewissen Gesteinen, doch ist ein titansäurehaltiges Mineral durch die qualitative Analyse ausgeschlossen.

In diesem Serpentin tritt gangförmig sogenannter edler Serpentin auf; es ist dies ein zeisigrünes bis grünlichgelbes, krystallinisches Ge-

stein, in welchem man reichlich schwarze Haufwerke von Magnetit und weisse von Carbonaten erkennt. Das Gestein ist reich an Talkblättchen, welche durch ihren Fettglanz und die vollkommene Spaltbarkeit charakterisirt sind. Die Masse ist von vielen rutschflächenähnlichen Spalten durchsetzt, nach welchen sie sehr leicht zerbricht; manchmal erscheinen ziemlich dichte Spaltausfüllungen einer faserigen Substanz, deren Faserung parallel der Kluftwandung geht.

U. d. M. beobachtet man eine lichtgelbliche Grundmasse, welche aus einem feinfaserigen, schwach doppelbrechenden Aggregat eines nicht pleochroitischen Minerals besteht, welches theils parallel angeordnet, theils sphärolithisch ausgebildet ist und gerade Auslöschung besitzt. In dieser liegen in grosser Menge || orientirte Blättchen eines kräftig doppelbrechenden, farblosen, scheinbar optisch einaxigen Minerals, welches als Talk gedeutet werden muss. Rundliche Aggregate von rhomboëdrischen Carbonaten, sowie Magnetit und Pyrit sind weit verbreitet. Die Spaltausfüllung besteht aus einem innigen Gemenge der serpentinosen Substanz mit Talkschruppen, welche eine parallele Structur erkennen lassen.

Der Aufschluss des *Serpentincontactes* im Kleinbachthal liegt, wie schon angedeutet, nahe dem östlichen Ende der ganzen Masse, und man sieht dort sehr schön, dass der Serpentin nicht plötzlich aufhört, sondern sich ganz allmählich zwischen den Schiefern auskeilt. An der Stelle, an welcher sich der kleine Wasserfall befindet, hat der Serpentin nur mehr eine Mächtigkeit von ungefähr einem Meter. Die Zone, in welcher sich Veränderungen in dem Liegenden verfolgen lassen, mag etwa dieselbe Breite haben; im Hangenden dagegen ist von einer Umwandlung keine Spur zu entdecken. Es folgt hier direct über dem Serpentin ein heller Kalk von geringer Mächtigkeit, und darüber lagert derselbe quarzitischer Glimmerschiefer, welcher schon am Rothenmannthörl beobachtet wurde.

Im Liegenden wurden folgende Gesteine anstehend gefunden:

Zunächst an der Grenze treten dichte, gelbe bis grünlichgelbe Hornfelse zu Tage, in welchen plattgedrückte, garbenförmige Aggregate von Strahlstein eine Schieferung hervorbringen, welche || mit der Schichtung der darunter folgenden Schiefer geht; auch abwechselnde Lagen von weissem, körnigem Feldspath mit gelbem Epidot sind an einigen Stücken zu erkennen. Auf Klüften zeigen diese Gesteine reichlich grünen Hornblendeasbest.

Im Dünnschliff beobachtet man in einer Grundmasse von körnigem Plagioklas mit seltenen Zwillingslamellen, wenig gut ausgebildete Krystalle von Epidot, welche theils lagenweise angehäuft, theils unregelmässig vertheilt sind. Derselbe ist kräftig pleochroitisch, zeigt selten Endflächen, welche dann gerundet zu sein pflegen, und lässt die Spaltbarkeit nach *oP* kaum erkennen. Der Amphibol, welcher einen sehr kräftigen Pleo-

chroismus besitzt, bildet ziemlich grosse, schilfartige Aggregate; kleinere Individuen scheinen manchmal ganz in opake Erze umgewandelt zu sein. Grünliche Gesteinsvarietäten lassen einzelne Nadeln dieses Minerals durch die ganze Masse vertheilt erkennen und führen daneben in nicht unbedeutender Menge einen tiefgrünen, kräftig pleochroitischen Chlorit in vereinzelt Blättchen.

Ueber diesen Gesteinen, welche eine Mächtigkeit von vielleicht $\frac{1}{2}$ m haben, folgen dünn-schieferige, weisse Talkschiefer von dichtem, seifenartigem Aussehen, in welchen nicht selten dunkelgrüne Flecken, sowie Kryställchen von Magnetit zu beobachten sind. U. d. M. bestehen dieselben in der Hauptmasse aus feinschuppigem Talk, welchem theils in einzelnen Schuppen, theils in grösseren Aggregaten Chlorit beigemischt ist. Letzterer ist charakterisirt durch seine schwache Doppelbrechung und den kräftigen Pleochroismus (|| c gelblichbraun, ⊥ c bläulichgrün); im convergenten Licht gibt er das Axenbild eines optisch einaxigen negativen Minerals.

Unter diesem Gestein lagert ein Kalkschiefer, welcher durch reichlichen, asbestartigen Tremolit einen faserigen Habitus angenommen hat. U. d. M. ist dies ein ziemlich grobkörniger Kalk, welcher in grosser Menge lange, zerfaserte Tremolitnadeln enthält, an manchen Stellen finden sich in den Calcitkörnern reichliche Zersetzungsproducte, welche denselben ein trübes Aussehen und undulöse Auslöschung verleihen.

An dem nun folgenden Gestein ist eine Veränderung nicht mehr mit Sicherheit nachzuweisen; dasselbe ist ein graulichgrüner Kalkschiefer, welcher auf den Schichtflächen in ziemlicher Menge Schuppen eines lichtgrünen Glimmers führt.

Bedeutend mächtiger und abwechslungsreicher ist die Contactzone, welche auf der Höhe zwischen dem Kleinbach- und Grossbachthal aufgeschlossen ist. Hier lässt sich auch wieder eine endogene Differenzierung an dem Serpentin selbst nachweisen, indem derselbe theils stenglig theils mehr schiefrig ausgebildet ist. U. d. M. erscheinen beide als parallel faserige Aggregate von Antigorit.

An einigen Stellen folgt unter dem Serpentin zunächst eine sehr wenig mächtige Schicht von graulichgrünem, wirrfaserigem Strahlstein. Im Dünnschliff erkennt man als Hauptbestandtheil einen sehr lichten, schilfigen Strahlstein (|| c grünlich ⊥ c farblos), in welchem sich, an einzelnen Punkten angehäuft, tief gefärbter Epidot findet. (Pleochroismus von intensiv orange zu fast farblos.) Derselbe zeigt meist sehr deutliche Spaltbarkeit und viele || angeordnete, rechteckige Einschlüsse, welche vielleicht negative Krystalle darstellen; sie sind nicht selten nach mehreren Richtungen dem Krystall eingelagert. Die Färbung des Epidots ist häufig fleckig, so dass es den Anschein hat, als wären Spaltrisse

u. dergl. von pleochroitischen Höfen umgeben; die Form ist nie regelmässig, meist sehr stark zerfetzt und durch Nadeln von Strahlstein zerschnitten.

Auf dieses Gestein folgt ein echter Epidothornfels; derselbe ist von isabellgelber Farbe und zeigt auf den Schichtflächen unregelmässige Aggregate von asbestähnlicher Hornblende. U. d. M. erscheint die Hauptmasse als gleichmässig körniger, farbloser Epidot, in welchem ziemlich reichlich ein sehr feinfaseriger, fast farbloser Strahlstein in divergent strahligen Aggregaten eingewachsen ist.

Die darunter lagernden Gesteine sind in sehr verschiedener Weise ausgebildet. Man beobachtet Schichten, welche aus sehr dichten, dunkelrothbraunen Gesteinen, und solche, die aus lockeren, hellen Massen bestehen. Erstere haben einen matten muscheligen Bruch und sind sehr hart und schwer, einzelne Schichten zeigen in Folge der Einlagerung von reichlichem Strahlstein eine mehr grünliche Farbe. U. d. M. zerfällt die dichte Grundmasse in ein sehr feinkörniges Aggregat von Epidotkörnern, welche einen Kern von rothbrauner, amorpher Substanz besitzen; selten sind dazwischen grobkörnige Parteen. Der Epidot der grünlichen Schichten ist klar und stark pleochroitisch; an wenigen Stellen bildet Plagioklas körnige Aggregate, in welchen gerundete Epidotkrystalle liegen. Ausserdem enthalten sie Strahlstein, welcher ziemlich intensiv gefärbt ist und die gewöhnlichen Erscheinungen bietet. Die lockeren Gesteine haben eine lichtpistaziengrüne Farbe und erdigen Habitus, sie bestehen aus körnigem Epidot mit eingesprengten, dunkelgrünen, meist etwas zersetzten Diopsidkrystallen; letztere zeigen u. d. M. scharfe Spaltbarkeit und keinen Pleochroismus. Diese Vorkommnisse umschliessen häufig grünliche bis caffeebraune, compacte krystallinische Ausscheidungen, auf deren Klüften ein dunkelgrüner Diopsid und bräunlichgelber Epidot auskrystallisirt ist. U. d. M. erkennt man einen saftgrünen, nicht pleochroitischen Diopsid, welcher in ziemlich grossen Körnern auftritt. Neben demselben, in nicht selten überwiegender Menge, tritt ein grobkörniger Epidot auf, dessen Körner meist nach b gestreckt sind. Derselbe zeigt keine Spaltbarkeit nach o P, sondern eine Absonderung senkrecht zur Längsrichtung und ist lebhaft pleochroitisch (dunkelgelbbraun zu farblos). Magnetit und Pyrit sind mit einander zu kugeligen Aggregaten verwachsen.

Als letztes Glied der Reihe der Contactgesteine findet sich hier ein grobschuppiger, fettglänzender, schwärzlichgrüner Chloritschiefer, welcher reichlich grosse Krystalle von Magnetit führt. U. d. M. ist dieses Gestein identisch mit dem Vorkommen vom Rothenmannthörl, das oben beschrieben wurde.

Ob die Zone der umgewandelten Gesteine mit diesem zu Ende ist,

konnte nicht constatirt werden, da nun wieder grosse Trümmernmassen Alles verschütten; die beobachteten Gesteine haben, von der Grenze des Serpentins ab, eine Mächtigkeit von nicht ganz 2 m.

Ausser den obigen, an ihrer Lagerstätte geschlagenen Gesteinen fanden sich unter den Trümmern eine grössere Anzahl echter Hornfelse, von welchen die wichtigsten im Folgenden beschrieben werden sollen.

Ein lichtgelbliches Gestein von körniger Structur mit deutlicher Schieferung, welches auf den Schichtflächen reichlich platt-garbenförmige Aggregate von Strahlstein erkennen lässt, die asbestartig ausfasern. Dasselbe hat makroskopisch viel Aehnlichkeit mit dem Vorkommniss vom Rothenmannthörl; mikroskopisch unterscheidet es sich vor allem dadurch, dass die Grundmasse in der Hauptsache aus körnigem Kalk und nur an wenigen Stellen aus Plagioklas besteht. Die Epidotkrystalle, welche auch hier sehr wohl ausgebildet sind, zeigen Knickungen und Brüche; der stark pleochroitische Strahlstein enthält $\parallel c$ angeordnete, langgestreckte Hohlräume. Ein ähnliches Gestein, das sich nur durch reichlicheren Strahlstein auszeichnet, zeigt auf den Klüften schöne Krystalle von pistaziengrünem Epidot in einer chloritischen Masse; Chlorit von intensiv grüner Färbung und kräftigem Pleochroismus lässt sich mikroskopisch auch in dem Gestein nachweisen.

Einige Vorkommnisse erinnern einigermassen an eines der oben beschriebenen Contactgebilde; es sind lockere, körnige Aggregate, in welchen reichlich Diopsidkrystalle, nicht selten ganz zerfetzt, eingewachsen sind. Einzelne Zwischenlagen scheinen aus reinem Plagioklas, andere nur aus Diopsid zu bestehen, welches Mineral auch häufig auskrystallirt ist. U. d. M. bildet der Epidot wohlausgebildete Krystalle in körnigem Plagioklas. Der Diopsid ist dunkelsaftgrün ohne Pleochroismus, oft mit hellerem Kern, er enthält zahlreiche Mikrolithe in Form von Stäbchen, wahrscheinlich Strahlstein, welches Mineral auch sonst in dem Gestein vorkommt; ausserdem findet sich reichlich Pyrit.

Andere Stücke bestehen aus abwechselnden, dichten, gelblichen bis grünlichen und porösen, bräunlich-gelben Lagen; auf den Höhlungen der letzteren ist Epidot in grosser Menge auskrystallirt. U. d. M. bestehen die dichten Schichten aus farblosem Diopsid, welcher in ziemlich grossen Körnern mit deutlicher Spaltbarkeit auftritt und körnigem Epidot mit kräftigem Pleochroismus, die Farbe wird durch das Vorherrschen des einen oder des andern Gemengtheils bedingt. Die porösen Lagen sind ein fein bis grobkörniges Aggregat von Epidot, zwischen welchem sich manchmal licht röthlich-braune, rundliche Körner mit schwacher Aggregatpolarisation vorfinden; diese sind nicht mit Bestimmtheit als Granat zu deuten.

Nicht sehr verschieden davon ist ein anderes gelb und grünefflecktes Gestein, das auf den Schichtflächen kleine Epidotkrystalle erkennen lässt.

Im Dünnschliff erscheint das Gestein sehr grobkörnig, die Hauptbestandtheile sind stark pleochroitischer Epidot und etwas zersetzter Strahlstein; dazwischen sind Nester von Plagioklas und Kalkspath, gegen welche der Epidot idiomorph begrenzt ist.

Sehr selten sind hier eklogitartige Gesteine; sie bestehen makroskopisch aus körnigem, braungelbem Granat und faserigem Strahlstein. U. d. M. ist der Granat mit bräunlichgelber Farbe durchsichtig, optisch isotrop und rein körnig ausgebildet, er zeigt nur gegen reichlich vorhandene Calcit-Nester Krystallform. Daneben ist ein stark pleochroitischer Strahlstein, sowie Epidot vorhanden.

Eine Anzahl von Stücken, welche theils oben an der Gosler Wand, theils im Grossbachthal gesammelt wurden, haben viel Aehnlichkeit mit einander. Dieselben sind sehr harte, dichte Gesteine, welche abwechselnde strahlsteinreiche und -arme Schichten zeigen; dem entsprechend ist die Farbe derselben gelb bis grünlichgelb, seltener durch Oxydation rothbraun. Im Dünnschliff erkennt man in einer Grundmasse von Epidot ziemlich reichlich breite Prismen von Strahlstein, welcher einen sehr lebhaften Pleochroismus zeigt (α sehr licht olivgrün, β tiefsaftgrün, γ azurblau, $\gamma > \beta$ (?) $> \alpha$). Derselbe ist reich an Einschlüssen von Epidotkörnern und meist zonar aufgebaut, indem eine schmale Rändzone sehr licht gefärbt erscheint. Der Epidot ist hypidiomorph körnig und zeigt nicht selten den öfter erwähnten Kern von amorpher, rothbrauner Substanz, welcher wohl auch die Färbung der braunen Varietäten bewirkt.

Als echte *Epidothornfelse* lassen sich dichte, hellgelbe splitterige Gesteine bezeichnen, welche u. d. M. fast oder ganz aus körnigem Epidot bestehen. Dieselben besitzen keine Andeutung einer Schieferung und gehen allmählich in reine *Diopsidhornfelse* von lichtgrüner Farbe über; der Epidot dieser Gesteine ist fast farblos und daher nur schwach pleochroitisch; er ist nur durch das Fehlen der Spaltbarkeit und die bedeutend höhere Doppelbrechung von dem gleichfalls farblosen Diopsid zu unterscheiden. Manchmal tritt in diesen Gesteinen kräftig pleochroitischer Chlorit in Nestern auf. Derartige Blöcke wurden ziemlich häufig auf dem Trojer Thörl aufgefunden.

Eine Anzahl von Vorkommnissen, welche in dem glimmerführenden Kalk, am Aufstieg zum Trojer Thörl vom Grossbachthal aus, anstehen und wohl auch auf die Einwirkung des Serpentin zurückzuführen sind, sollen hier zum Schlusse noch beschrieben werden. Es sind dies lichtgrüne bis farblose, splittrig brechende, sehr dichte Gesteine, welche theils dünne Zwischenlagerungen, theils krummschalige Einschlüsse in dem Kalk bilden; sie sind fettig perlmutterglänzend, an den Kanten apfelgrün durchscheinend und haben eine Härte von etwa 3—3,5. U. d. M. bestehen sie aus einem äusserst feinschuppigen Aggregat von Blättchen, welche durch die Art ihres

Auftretens sowohl, wie durch die Höhe ihrer Doppelbrechung an Glimmer erinnern. An den seltenen parallel der Spaltbarkeit getroffenen Durchschnitten erhält man indess das Axenbild eines optisch einaxigen, *positiven* Körpers. Diese Erscheinung ist um so auffallender, als eine Kieselfluor reaction reichlich reguläre Krystalle von Kieselfluorkalium gibt. Makroskopisch ähnlich ist diesem Gestein jedenfalls der von *Piolti*¹⁾ analysirte *Cossait* von Bousson, der aber u. d. M aus einem ziemlich dichten Aggregat optisch zweiaxiger Schuppen besteht und 4,75 % Na_2O enthält. Eine sichere Deutung des vorliegenden Gesteines ist bei der Feinheit des Aggregates zunächst unmöglich, vielleicht gibt die quantitative Analyse, welche bald vorgenommen werden soll, weitere Aufschlüsse. Gemengt mit diesen Blättchen sind nicht selten Körner rhomboëdrischer Carbonate.

Die Aufzählung der hier aufgefundenen Contactgesteine wurde mit grosser Ausführlichkeit behandelt, einestheils um die bedeutenden Differenzen darzulegen, welche diese Hornfelse in einem so engen Gebiete zeigen, anderentheils weil das Studium der chemisch-geologischen Vorgänge durch eine genaue Uebersicht über die entstandenen Producte sehr erleichtert und gefördert wird.

Von den in das hier beschriebene Gebiet gehörigen Serpentin-vorkommnissen fehlt nunmehr nur noch ein einziges, welches südlich vom Berger Thörl zwischen dem oberen *Zopetnitz-* und *Mullitzthal* ansteht. Dasselbe bietet für das Studium des Serpentins manches Neue. Der Aufschluss ist für die Untersuchung des geologischen Vorkommens wenig geeignet, da nur wenige, unbedeutende Felsen aus dem massenhaften Schutt hervorragen. Das Gestein selbst ist lichtgraulichgrün und zeigt eine schöne Breccienstructur, indem reichlich grössere, eckige Stücke eines schwärzlich grünen, hell geaderten Serpentins in der lichten Grundmasse liegen. Der Bruch ist matt, die Härte unter 3.

U. d. M. erscheint die Hauptmasse des Gesteines als echter Serpentin, in welchem ziemlich reichlich Talkschuppen eingebettet sind. Reste von diallagartigem Augit sind vorhanden, indess meist stark zertrümmert und zersetzt, oft auch in ein Gemenge feiner Nadeln, vielleicht von Tremolit, aufgelöst. Von Olivin findet sich keine Spur.

In welcher Beziehung dieses Gestein zu dem festen und compacten Serpentin steht, ist nicht leicht zu erkennen. Man könnte dasselbe für eine tuffähnliche Bildung ansehen, wie *Gümbel*²⁾ solche an Paläopikriten des Fichtelgebirges beobachtete, anderentheils aber ist die Bildung der

¹⁾ Piolti, Atti R. Acad. di Torino 1888 23.

²⁾ *Gümbel*, Die palaeolithischen Eruptivgesteine des Fichtelgebirges. München 1874. 71.

Breccie durch eine Zertrümmerung und Wiederverkittung gar nicht unwahrscheinlich. Auch an einer anderen alpinen Localität, am Mont Genève beobachteten *Cole* und *Gregory*¹⁾ ähnliche Bildungen in Verbindung mit Serpentin, und bezeichneten dieselben als *Pikritbreccie*.

Der directe Contact ist hier überall von Schuttmassen verdeckt, da dieser Serpentin mit grosser Leichtigkeit verwittert und eben desshalb auch wenig hervorragende Felsen bildet. In einiger Entfernung stehen grünlichgraue Kalkschiefer an, welche reichlich asbestähnlichen Tremolit und Krystalle von Magneteisen führen. Derartige Gesteine möchte ich jedoch nicht mit Bestimmtheit den echten Contactbildungen zuzählen.

Im weiteren Verlauf dieses Horizontes findet sich der nächste Serpentin auf dem *Kalser Tauern*. Da dieser Aufschluss ausserhalb des oben umschriebenen Gebietes liegt, soll er nur ganz kurz betrachtet werden. Das Gestein selbst wurde seinerzeit von *Drasche* ausführlich beschrieben, dessen Irrthümer von *Hussak* richtig gestellt wurden. Das geologische Vorkommen desselben ist ganz entsprechend dem der anderen Serpentine. Er bildet nördlich vom Kalser Thörl eine ziemliche Strecke weit den Kamm des Tauern, ist aber nur wenig massig, meist etwas schiefrig ausgebildet und tritt daher auch weniger in mächtigen Felsen auf; das Vorkommen von Asbest auf den Klüften wurde früher ausgebeutet. Am Contact mit dem Liegenden fanden sich Diopsid und Epidot theilweise in ziemlich grossen Krystallen, heute ist davon nichts mehr zu entdecken, da die Vegetation sich auf dem schiefrigen Schutt angesiedelt hat.

¹⁾ *Cole* und *Gregory*, On the variolitic rocks of Mont Genève. Q. J. G. S. 1890. XLVI. 331.

Schlussfolgerungen.

A. Entstehung der Serpentine.

Die chemisch-geologische Deutung der im Obigen beschriebenen Erscheinungen an den Serpentin der östlichen Centralalpen dürfte in keiner Weise zweifelhaft sein. Die Gesteine, welche den Serpentin begleiten, sind für den Contact von Eruptivgesteinen mit thonigen Kalken ausserordentlich charakteristisch, und dieselben lassen auch mit Leichtigkeit ihren Zusammenhang mit letzteren verfolgen. Dazu kommt noch die Beobachtung von Apophysen und von pegmatitischen Gängen, um die **anogene Natur des Serpentin sicher zu beweisen**. Schwieriger allerdings gestalten sich die Fragen nach dem Zeitpunkt der Effusion, sowie nach der Zusammensetzung des heraufgedrungenen Magmas.

Was zunächst das Alter betrifft, so könnte es sich darum handeln, ob die Serpentine gleichzeitiger Entstehung mit den krystallinen Schiefen sind, in welchen sie liegen, oder ob ihre Bildung in eine spätere Epoche fällt. Im ersteren Falle würde es sich um analoge, wahrscheinlich submarine Eruptionen handeln, wie sie für die eocänen Serpentine Italiens angenommen werden; daraus ergibt sich aber auch die Folgerung, dass das Hangende nirgends Contactwirkungen zeigen dürfte, wie dies z. B. *Lotti*¹⁾ für die Serpentine von Elba nachgewiesen hat. In den Alpen widerspricht aber die Beobachtung im Felde direct dieser Voraussetzung, indem die ganze Masse der anstehenden Contactgesteine am Isnitz-Fall und an der Eichamwand den überlagernden Schichten angehört. Diese Schwierigkeit wird auch dann nicht gehoben, wenn man annimmt, dass der ganze Schichtencomplex sich in überstürzter Lagerung befindet, indem alsdann die in das Liegende eindringenden Apophysen im Kleinbachthal, sowie die starke Umwandlung der unterteufenden Gesteine am Rothenmannthörl und an der Gosler Wand keine Erklärung fänden. Es bleibt also nur die Möglichkeit, dass die Serpentine in einer späteren Epoche aus dem Erdinnern hervorgebrochen sind, womit natürlich zugleich die

¹⁾ *Lotti*, Descrizione geologica dell' isola d'Elba. Memorie descrittive della carta geologica d'Italia. 1886. II. cap. XIII.

Theorie einer submarinen Eruption hinfällig wird. Weniger leicht ist es zu entscheiden, welchem Zeitpunkt oder auch nur, welcher geologischen Periode von den ungeheueren der Ablagerung der krystallinischen Schiefer folgenden Zeitläuften der Ausbruch der Serpentine zuzurechnen ist. Hiebei ist es bemerkenswerth, dass die Kalke, welche den obersten Serpentin am Rothenmannthörl und an der Goslerwand überlagern, keine Spur einer Metamorphose erkennen lassen; indess darf diese Erscheinung in ihrer Wichtigkeit für die Theorie keineswegs überschätzt werden, wenn man bedenkt, wie ausserordentlich unregelmässig und unberechenbar das Auftreten von Contactgesteinen an Eruptivmassen ist. Wie z. B. *Kayser* ¹⁾ nachwies, zeigen die Harzer Diabasgänge z. Th. sehr energische Contacte, während daneben liegende Gänge durchaus keine solche Wirkung hervorgebracht haben; auch die Bemerkung wird häufig gemacht, dass nur auf der einen Seite eines Eruptivganges die umgebenden Gesteine in wahrnehmbarer Weise verändert sind. Es liegt also einestheils kein zwingender Grund vor für die Annahme, dass die Eruption der Serpentine gleich nach der Entstehung des Schichtencomplexes der Kalkglimmerschiefer stattgefunden hätte, anderentheils spricht das vollständige Fehlen von gang- oder stockförmigen Massen, welche die Schieferung durchbrechen würden, gegen eine solche Theorie. Eine zwingende Beweiskraft besitzt allerdings auch dieses Argument nicht, da in verschiedenen Serpentin-gebieten, in welchen diese Gesteine in ungestörter Lagerung auftreten, die Eruptionsschloten fehlen oder wenigstens nicht aufgeschlossen sind; es betont dies besonders *Taramelli* ²⁾ für die jungen Serpentine der Apenninen.

Die meiste Wahrscheinlichkeit hat die Annahme, dass die Eruptionen *mit der Entstehung der Alpen zusammenfallen*, und dass die Kräfte, welche die Faltung der Schichten und die Aufrichtung des ganzen Complexes hervorgebracht, das Magma aus dem Innern herausgepresst haben.

Es wäre damit auch die Thatsache leicht zu erklären, dass die Serpentine stets an der Grenze von Chloritschiefer und Kalkglimmerschiefer oder innerhalb des letzteren heraufgedrungen sind, da die Sprödigkeit und Dünnschieferigkeit des Kalkglimmerschiefers einer Verbiegung grösseren Widerstand entgegengesetzten, welcher durch eine Zerklüftung und Zersprengung gelöst wurde. Der zähe Chloritschiefer dagegen erlitt die Faltung, ohne seinen Zusammenhalt zu verlieren und Wege für ein ausbrechendes Magma zu öffnen.

¹⁾ *Kayser*, Ueber die Contactmetamorphose der körnigen Diabase im Harz. Zeitschr. deut. geol. Ges. 1870. XXII.

²⁾ *Taramelli*, Sulla formazione serpentinoso del Appennino Pavese. Mem. R. Acad. Lincei. (3.) II. 1878. 652.

Die Frage nach den Gesteinen, welche durch Umwandlung den Serpentin geliefert haben, und nach dem Zustand, in welchem dieselben an die Oberfläche gedrungen sind, dürfte in dem geologischen und petrographischen Befund eine befriedigendere Antwort finden. Was zunächst die Art des Magmas betrifft, so ist kein Grund vorhanden zu der Annahme, dass dasselbe sich in einem anderen Zustand befunden haben müsste, als z. B. ein Magma, welches durch Erstarrung einen Gabbro geliefert, im Gegentheil finden sich alle für die Einwirkungen derartiger Massen charakteristischen Erscheinungen an den Serpentincontacten. Wenn man dagegen einwenden wollte, dass der Durchwässerung so bedeutender Massen von aussen unüberwindliche Hindernisse im Wege stehen, so möchte ich nur auf die so häufig ganz zersetzten jungeruptiven Gesteine, wie Phonolithe oder gar Propylite verweisen, welche an sich aus Mineralien bestehen, die einer Umwandlung und Zersetzung durch Atmosphärien einen viel grösseren Widerstand entgegenstellen, als das nachweislich leicht zersetzbare Magnesiasilicat. Das Wasser, welches das Magma begleitete, mag ja den Prozess der Zerstörung eingeleitet haben, zu einer Umsetzung des ganzen Gesteins in das so wasserreiche Hydrat war es sicher nicht hinreichend. Man müsste denn annehmen, das Gestein wäre aus einem schlammartigen, heissen Brei auskrystallisirt, wie ihn heute noch die Schlammvulkane liefern. Indessen wird es schwer, so bedeutende Einwirkungen, welche sich auf so weite Entfernungen im Nebengestein verfolgen lassen, auf diesem Wege zu erklären, und ebenso schwierig liesse sich dabei eine hinreichende Erklärung für die Reste von Augit, welche in verschiedenen Vorkommnissen nachgewiesen sind, finden, da man doch annehmen müsste, dass aus dem Brei Serpentin als solcher auskrystallisirt wäre.

Die mineralogische Zusammensetzung der Gesteine, welche der Umwandlung anheimgefallen sind, dürfte eine sehr einfache gewesen sein. Die meisten Vorkommnisse weisen in ihrem petrographischen Verhalten darauf hin, dass die Urgesteine der Serpentine im Venedigergebiet *reine Augitgesteine* waren, deren einziger wesentlicher Gemengtheil ein fast thonerdefreier oder jedenfalls thonerdearmer, diallagartiger Augit gewesen ist, welcher in seiner chemischen Zusammensetzung dem Enstatit oder Bronzit nahe stand, aber monosymmetrisch krystallisirte.

Einige wenige Vorkommnisse weisen auf die Gegenwart von Olivin in denselben hin, diese waren also echte *Pikrite*, während eine Andeutung von Feldspath in keinem einzigen der zahlreichen Gesteine gefunden wurde. Dem ursprünglichen Gestein war jedenfalls auch ein Theil der Magnetitkrystalle eigeu, welche sich als chromhaltig erwiesen.

Die Structur der normalen Gesteine war, soweit es die spärlichen Reste erkennen lassen, gleichmässig von mittlerem Korn. Ob daneben,

namentlich gegen den Contact hin oder in den Apophysen, eine glasartige Ausbildungsform vorhanden war, wird durch mehrfache Beobachtungen wahrscheinlich gemacht, kann aber natürlich mit Sicherheit nicht bewiesen werden. Jedenfalls wurden ähnliche Bildungen von *Diller*¹⁾ beobachtet und auf dieselbe Weise erklärt. Dagegen sind pegmatische Varietäten des Gesteins in grosser Schönheit erhalten geblieben.

Der *Serpentin* der östlichen Centralalpen ist also aus einem mittelkörnigen, selten Olivin führenden **Pyroxenit**, welcher in *feurig-flüssigem* Zustand an die Oberfläche gelangte, entstanden.

Serpentine, welche aus Eruptivgesteinen hervorgegangen sind, wurden namentlich in den letzten Jahren an vielen Orten nachgewiesen, und dieselben zeigen z. Th. mit den im Obigen behandelten so ähnliche Verhältnisse, dass es für die Erkenntniss unserer Gesteine von Werth sein dürfte, einige der wichtigeren hier zu erwähnen.

Einer der ersten, welcher vom geologischen und petrographischen Standpunkt aus derartige Vorkommnisse studirte und ihre anogene Entstehung nachwies, war *Bonney*,²⁾ welcher zunächst an den *Lizardserpentin*en Contacterscheinungen untersuchte. Er zeigte dort, dass Hornblendeschiefer am Contact rein granitisch geworden waren. Derselbe Gelehrte kam bei der Untersuchung der *Serpentine* des *Julier*,³⁾ welche nicht selten gangförmig auftreten, zu dem Schluss, dass auch diese Gesteine als eruptiv zu betrachten sind.

Sehr interessant ist insbesondere auch ein Vorkommen von *Elliot Cy*, Kentucky, welches *Diller* beschreibt, wo sowohl der Schiefer am Contact zu Knotenthonschiefer geworden ist, als auch der *Serpentin* selbst eine sphärolithische Structur angenommen hat. Derselbe erwähnt auch vom *Kara-dagh*⁴⁾ sicher eruptive *Serpentine*, ohne jedoch auf eine nähere Beschreibung des geologischen Vorkommens einzugehen. Metamorphische Sedimentgesteine entdeckte *Mac Pherson* (l. c.) an den *Serpentin*en der *Serrania de Ronda* und *G. H. Williams*⁵⁾ fand eingeschlossene Kalkstücke im *Serpentin* von *Syracuse*, N. Y., stark umgewandelt; der Contact der beiden Gesteine ist scharf zu verfolgen, und es sind in den Einschlüssen Adern von Amphibol, sowie ein bräunlicher Glimmer zu beobachten.

¹⁾ *Diller*, Peridotite of Elliot Cy. Kentucky. Bull. U. St. geol. Surv. 1887. VI. 363.

²⁾ *Bonney*, On the serpentine and associated rocks of the Lizard district. Q. J. G. S. 1877. XXXIII. 884 und —, On the hornblendic and other shists of the Lizard District. Q. J. G. S. 1883. XXXIX. 21.

³⁾ *Bonney*, On some serpentines from the Rhätian alpes. Geol. Mag. 1880. (2.) VII. 538.

⁴⁾ *Diller*, Note on the geology of the Troad. Q. J. G. S. 1883. XXXIX. 632.

⁵⁾ *G. H. Williams*, On the serpentine occurring in the Onondaga Salt Group at Syracuse, N.Y. Am. Jour. Sc. 1887. XXXIV. 137 und —, Note on the eruptive origin of the Syracuse serpentine Bull. geol. Soc. Am. I. 533.

Eingehender untersucht sind die Vorkommnisse *Italiens* und vor allem die der Insel *Elba*, wo *Lotti* (l. c. Cap. XIII) nachwies, dass eocäner Kalk krystallinisch geworden ist und rothen und grünen Granat, sowie Epidot und Pyroxen führt, also genau dieselben Mineralien, welche auch in den Alpen am häufigsten vorgefunden wurden; Contactzonen sind aber dort selten und treten sehr unregelmässig auf.

Von *Becke* wurden gewisse Vorkommnisse im *niederösterreichischen Waldviertel* (l. c.) beobachtet, wo in Verbindung mit Serpentin dunkelgrüne Glimmerschiefer, welche aus einem grünen, stark pleochroitischen Glimmer und reichlichem Granat bestehen, mit Vesuvian führenden Hornblendegesteinen wechsellagern. Indess spricht sich der Verfasser nicht über den Zusammenhang derselben mit dem Serpentin aus. Derselbe entdeckte an griechischen Serpentin erhärtete Thone in gestörten Lagerungsverhältnissen.

Das *Vesuviangestein* von *Piz Longhin* steht nach *Fellenberg* (l. c.) am Contact von Kalk mit Serpentin an, es herrschen also dort ganz ähnliche Verhältnisse, wie in den östlichen Theilen der Alpen; es ist nur zu bedauern, dass dieselben bis jetzt so wenig Beachtung gefunden haben, da ganz sicher anzunehmen ist, dass eine bedeutende Anzahl von Vorkommnissen, welche sehr schwierig zu erklären sind, sich auf den Contact von Serpentin und Kalk zurückführen lassen. Ich erinnere dabei nur an die berühmten Minerallagerstätten des *Alathales* in Piemont, welche ganz dieselbe Paragenesis zeigen, wie die hier beschriebene, und deren geologische Verhältnisse nach den Angaben von *Strüver*¹⁾ auf eine sehr ähnliche Entstehung hinweisen.

Favre erwähnte, dass am Contact mit dem Serpentin des *Mont Jovet* (l. c. III. 230) Kalk krystallinisch geworden ist, und Albitkrystalle im Dolomit auftreten. Bei *Chamounix* (l. c. II. 384) findet sich nach demselben Autor der Serpentin in talkigem Gneiss, und am *Montagne de Loi* (l. c. II. 46) tritt derselbe im Lias, begleitet von Quarziten, auf.

So dürftig diese Mittheilungen im Allgemeinen sind, so folgt doch daraus, dass der Serpentin keine so untergeordnete Rolle unter den massigen Gesteinen spielt, wie man heutzutage noch anzunehmen geneigt ist. Eine grosse Anzahl von Serpentin, welche noch bei den krystallinen Schiefen stehen, oder deren Stellung zweifelhaft ist, werden durch genauere und eingehende Spezialuntersuchungen bei den massigen Gesteinen eingereiht werden müssen. Die bis jetzt noch ziemlich unbedeutende Gruppe der Peridotite wird man dann zweckmässig nach dem Vorschlag von G. H.

¹⁾ *Strüver*, Die Minerallagerstätten des *Alathales* in Piemont. Neues Jahrb. 1871. 337.

*Williams*¹⁾ in die basischeren echten Peridotite, und die etwas saureren Pyroxenite zerlegen oder einen neuen Gesamtnamen für das Ganze aufstellen.

B. Entstehung der Contactgesteine.

Betrachten wir nun noch einmal die an den Serpentin der östlichen Centralalpen und ihren Nebengesteinen beobachteten Erscheinungen näher, so ist es bei den weitgehenden Veränderungen des Hauptgesteins klar, dass durch diese die Umgebung in Mitleidenschaft gezogen wurde und dass sich neben der echten Contactmetamorphose noch eine Art von secundärer Metamorphose ausgebildet hat. Man wird also einen Theil der Umwandlungen auf Rechnung der letzteren setzen müssen. Es sind dies vor allem jene Producte, deren mineralogische Zusammensetzung darauf hinweist, dass bei der Serpentinbildung ein Theil der Magnesia weggeführt und in den umgebenden Schichten, sei es als Serpentin, sei es als Talk, abgesetzt wurde. Vor allem gehören hieher die Talkschiefer, deren Entstehung vermittelt der circulirenden Gewässer und der von denselben dem Serpentin entnommenen Substanzen viel wahrscheinlicher ist als eine contactmetamorphische Bildungsweise; wenn nun hiebei auch nicht gelegnet werden kann, dass die Einwirkung des Eruptivgesteines den Process eingeleitet und erleichtert hat, so ist der Nachweis für diese Ansicht an dem umgewandelten Gestein nur schwer oder gar nicht zu führen. Talkschiefer und Speckstein sind in Begleitung von Serpentin ziemlich häufig beobachtet, *Gümbel* erwähnt solche aus dem *Fichtelgebirge*, *Blake* am Serpentin von *Anglesey*, und von den Serpentin der Alpen ist es lange bekannt, dass sie häufig mit derartigen Gesteinen verbunden sind.

Weniger leicht ist die Stellung der Ophicalcit-ähnlichen Gebilde zu entscheiden, welche häufig die Grenze zwischen Serpentin und Contactgestein bilden. Die Zusammensetzung derselben ist so abweichend von dem Hauptserpentin, dass man sie von diesem trennen möchte, anderntheils aber werden diese Gesteine wieder von so festen, frischen und compacten Hornfelsen überlagert, dass man sie noch weniger zu den letzteren stellen kann. Auch diese Bildungen wurden von einer grossen Reihe von Geologen in den Alpen, in Italien u. a. a. O. beobachtet und wurden nicht selten als Hauptgrund gegen die Entstehung des Serpentin aus einem Massengesteine angeführt. Sie haben nun auch in ihrem

¹⁾ *G. H. Williams*, The non feldspathic intrusive rocks of Maryland. Am. geologist 1890. Juli. 35.

ganzen Auftreten gar nichts, was nur im Entferntesten an ein Eruptivgestein erinnern würde, und doch möchte ich dieselben viel eher für eine Contactfacies des Serpentin selbst halten, als an ihre Entstehung aus einem der Hornfelse glauben. Noch weniger einleuchtend ist die Theorie, dass die dem Eruptivgestein am nächsten gelegenen Schichten geringere Veränderungen erlitten hätten als die weiter von demselben entfernten, und dass dann durch Absatz von Serpentinsubstanz in den nur wenig veränderten Kalkschichten der Ophicalcit entstanden wäre.

Wenn man das geologische Auftreten dieser Gesteine beobachtet, so findet man, wie schon oben betont, stets, dass der Serpentin selbst gegen diese Zone hin schiefrig und feinkörnig bis sphärolithisch wird. Die Erscheinung wäre nun sehr leicht zu erklären, wenn man annehmen könnte, dass an der Grenze der Serpentin mit dem Kalkglimmerschiefer verschmolzen ist, und die so gebildete Masse als Glas erstarrte; das Umwandlungsprodukt aus diesem könnte leicht ein ophicalcitähnliches Gestein ergeben. Indess sind für einen derartigen Erklärungsversuch die Ergebnisse der Forschungen in anderen Contactgebieten nicht günstig, wo es möglich war, am frischen Gestein die scharfe Grenze zwischen Eruptivgestein und Hornfels zu verfolgen; solche Einschmelzungen müssen nach dem heutigen Standpunkt unseres Wissens als sehr problematisch bezeichnet werden. Eine andere Möglichkeit besteht in der Auslaugung des Kalkgehaltes aus dem Serpentin mittelst der kohlen-sauren Gewässer, welche die Umbildung des Gesteins bewirkten, und in dem Absatz der Producte in der Grenzzone. Der Vorgang, welchem diese ophicalcitähnlichen Gesteine ihre Bildung verdanken, ist somit nicht leicht zu erklären, und in Folge dessen die Stellung derselben weder bei dem Serpentin noch bei den Contactgesteinen sicher zu beweisen.

Was die eigentlichen *Contactgesteine* selbst betrifft, so ist ihre Ausbildung und ihre mineralogische Zusammensetzung eine so typische, das geologische Vorkommen ein so überzeugendes, dass sie unbedingt als echte *Kalksilicathornfelse* bezeichnet werden müssen.

Den hier beschriebenen Vorkommnissen entsprechende Gesteine sind aus vielen Contactgebieten bekannt und die Mineralien, welche dieselben zusammensetzen, sind für die Umwandlungsproducte von Kalken ebenso charakteristisch, wie es z. B. der Andalusit für diejenigen der Thonschiefer ist. Von grossem Interesse und von Bedeutung für die Theorie derartiger Bildungen ist jedenfalls die Thatsache, dass durch den Contact der verschiedensten Eruptivgesteine mit kalkigen Ablagerungen stets dieselben oder annähernd dieselben Contactproducte entstehen. Die Mineralien im umgewandelten Kalk am *Monzoni* zeigen nach *Lemberg*¹⁾,

¹⁾ *Lemberg*, Ueber die Contactbildungen bei Predazzo. Zeitschr. deut. geol. Ges. 1879. XXIV 187

vom Rath¹⁾, Dölter²⁾ u. a. dieselbe Paragenesis und am Contact der Granite im *Kristianiagebiet* wurde von Brögger³⁾, Penck⁴⁾, Lang⁵⁾ etc. das Vorkommen der gleichen Mineralien studirt. Die chemische Zusammensetzung der den Contact bewirkenden Massengesteine, welche in den Centralalpen sehr basisch, in anderen Gebieten die äussersten Glieder der saueren Reihe sind, war also ohne Einfluss auf die Contactgesteine. Es lässt sich auch, so häufig das schon versucht worden ist, in den seltensten Fällen eine Aufnahme von Stoff im Contactgestein und eine Abgabe desselben im Eruptivgestein nachweisen.

Die gewöhnlichen Kalksilicathornfelse, welche aus den hauptsächlichsten Contactgebieten beschrieben wurden, unterscheiden sich namentlich in einem Punkte von den hier beobachteten, es sind nämlich im Allgemeinen Gesteine, welche in der Hauptsache aus grobkrySTALLINISCHEM Kalk bestehen, in welchen die betreffenden Mineralien eingewachsen sind. Reine Vesuvian-, Granat-, Epidot-, u. a. Hornfelse, entsprechend den Andalusithornfelsen der Thonschiefer, sind nur selten beobachtet. Auch fehlen in dem besprochenen Gebiet vollkommen die Schichten von grobkrySTALLINISCHEM Kalk ohne Contactmineralien, welche sonst nicht selten mit den echten Contactgesteinen wechsellagern.

Die Mikrostructur dieser Gesteine entspricht derjenigen aus anderen Gebieten; die zonare Doppelbrechung des in Gesteinen sonst optisch isotropen Granats beobachtete Rosenbusch⁶⁾ an Vorkommnissen der Vogesen, und das Fehlen der Krystallform dieses sonst so leicht krystallisirenden Minerals ist für Contactgesteine geradezu charakteristisch. Langgestreckte Flüssigkeitseinschlüsse im körnigen Diopsid erwähnt Penck (l. c.) und auch in den übrigen Mineralien wurden schon mit Flüssigkeiten erfüllte Poren beobachtet. Glaseinschlüsse in den Mineralien sind zuerst von Becke⁷⁾ an Vorkommnissen vom Monzoni, nach ihm von mehreren anderen Forschern nachgewiesen worden.

Ueber die Entstehung dieser Producte wurden eine grössere Anzahl

¹⁾ vom Rath, Beiträge zur Petrographie. Zeitschr. deut. geol. Ges. 1875. XXVII. 343.

²⁾ Dölter, Der geologische Bau etc. des Monzonigebirges. Jahrb. k. k. geol. Reichsanst. Wien 1875. XXV. 2.

³⁾ Brögger, Die silurischen Etagen 2 und 3 im Kristianiagebiet und auf Eker. Univ. Progr. Kristiania 1882. 324.

⁴⁾ Penck, Ueber einige Contactgesteine des Kristianiasilurbeckens. Nyt Mag. Nat. vid. 1879. XXV. 62.

⁵⁾ Lang, Beiträge zur Kenntniss der Eruptivgesteine des Kristianiasilurbeckens. Nyt Mag. Nat. vid. 1886.

⁶⁾ Rosenbusch, Die Steiger Schiefer etc. Abhandl. zur geol. Spec. K. v. Elsass-Lothr. Bd. I. 1877. 234.

⁷⁾ Becke, Glaseinschlüsse in Contactmineralien von Canzocoli bei Predazzo. Tsch. Min. Petr. Mitth. 1882. V. 174.

von Theorien aufgestellt, welche im Wesentlichen von zwei verschiedenen Grundideen ausgehen. Die Einen nehmen an, dass die Bildung der Contactgesteine ziemlich gleichzeitig mit der Eruption des flüssigen Magmas von statten ging, während nach der Ansicht Anderer die Entstehung der Neubildungen auf die den vulcanischen Eruptionen so häufig nachfolgenden, intensiven chemischen Prozesse zurückzuführen wäre. Indessen spricht gegen die letztere Ansicht, ausser den beobachteten Glaseinschlüssen in den Mineralien, der innige Zusammenhang, welcher fast immer zwischen den Eruptivgesteinen und deren Contacten zu beobachten ist, während die den Eruptionen folgenden Emanationen von Gasen und die heissen Quellen in vielen Fällen durch einen vom betreffenden Gestein entfernten, eigenen Kanal an die Oberfläche gelangen.

Fasst man im Gegensatz dazu die Contactbildungen als gleichzeitig mit den Eruptionen auf, so kann man entweder mit den älteren Geologen annehmen, dass die ersteren durch Schmelzung des anstehenden Gesteines entstanden sind. Indess haben die vielen Versuche, welche mit der Schmelzung von Kalksteinen angestellt wurden, stets negative Resultate ergeben; silicatreiche Kalke allerdings sind schmelzbar, aber niemals ist die Krystallisation von Kalkcarbonat aus derartigen Flüssigkeiten beobachtet worden, wie dies ja auch an sich unwahrscheinlich ist. In den meisten Contactgebieten aber ist reiner, körniger Kalk eines der hauptsächlichsten Glieder der umgewandelten Zonen und die Versteinerungen, welche derselbe enthielt, sind oft mit grosser Schönheit erhalten. Selbst in ganz metamorphosirten Gesteinen sind letztere noch zu entdecken, und *Brögger* (l. c.) beschreibt Abdrücke von Muschelschalen in der Granatsubstanz eines Kalksilicathornfelses.

Dagegen nehmen *Schulze* und *Stelzner*¹⁾ im Zusammenhang mit ihren Untersuchungen über die Bildung von Zinkspinell an, dass die Contactproducte sich z. Th. durch Destillation von Dämpfen durch die betreffenden Gesteine hindurch gebildet haben. Diese Theorie mag für viele der hiehergehörigen Producte, z. B. vulcanische Auswürflinge und dergl. die richtige Lösung bieten. Für die anderen Erscheinungen, namentlich die Umbildung des Nebengesteins, sind diese beiden Forscher der Ansicht *vom Rath's*,²⁾ welcher eine Erklärung der Vorgänge bei dieser Umbildung in einer das Gestein durchdringenden »minerale erzeugenden Aura« sucht. Diese »minerale erzeugende Aura«, der »agent minéralisateur« der Franzosen, besteht in vielen Fällen nur aus überhitzten Wasserdämpfen, welche in die Poren des durch Erhitzung bei der Eruption

¹⁾ *Schulze* und *Stelzner*, Ueber die Umwandlung der Destillationsgefässe der Zinköfen in Zinkspinell und Tridymit. Neues Jahrb. 1881. I. 157.

²⁾ *vom Rath*, Geognostisch-mineralogische Fragmente aus Italien. Zeitschr. d. deut. Geol. Ges. 1878. XXV. 900.

angegriffenen Gesteines eindringen und daselbst unter Mitwirkung der hohen Temperatur des Massengesteins, welche vielleicht eine theilweise Erweichung oder gar Schmelzung (Glaseinschlüsse!) hervorbrachte, das ganze Gesteinsgemenge umkrystallisirten. Die in das Gestein eindringenden Wasserdämpfe können auch mit Stoffen beladen sein, welche die Krystallisation von Mineralien einzuleiten und zu begünstigen vermögen, ohne dass dadurch das ursprüngliche Gestein irgend welche Substanzen aufnimmt. Auf diese Weise lassen sich eine Anzahl sonst unverständlicher Thatsachen erklären. Wenn man z. B. zwischen mehreren Lagen, welche reich an Contactproducten sind, eine solche von reinem, körnigem Kalk vorfindet, so erscheint die Bildung von Silicaten auf den ersten Blick eine willkürliche zu sein. Ist aber die obige Annahme richtig, so erklärt sich diese Erscheinung am einfachsten dadurch, dass die zwischengelagerte Schicht wegen des ursprünglichen Mangels an Kieselsäure keine Veranlassung zur Entstehung von Silicaten geben konnte. Reiner Kalk kann in diesem Falle höchstens umkrystallisiren, Mineralneubildungen bleiben ausgeschlossen. Erklärt wird dadurch auch, wesshalb die Contactproducte der basischen Augitgesteine der Alpen keine oder wenige Reste von Kalk erkennen lassen, während an viel sauereren Gesteinen oft ganze Lager desselben erhalten sind. Die Kalkglimmerschiefer, welche zur Entstehung der ersteren Veranlassung gegeben haben, sind eben viel reicher an Kieselsäure und Thonerde als die meisten der jüngeren Kalkablagerungen.

An einigen Localitäten ist nachgewiesen, dass die Kalke am Contact reicher an Kieselsäure sind als in weiterer Entfernung davon; hier dürfte also eine Zufuhr von Substanz stattgefunden haben. Im Allgemeinen aber sprechen die Beobachtungen an den meisten Contactzonen dafür, dass diese Gesteine der Durchtränkung mit überhitztem Wasser, sei es mit oder ohne «agent minéralisateur», ihre Entstehung verdanken.

