

Zeitschrift: Jahresbericht der Naturforschenden Gesellschaft Graubünden
Herausgeber: Naturforschende Gesellschaft Graubünden
Band: 42 (1898-1899)

Artikel: Neue Beiträge zur Geologie und Petrographie des östlichen Rhätikons
Autor: Tarnuzzer, C. / Bodmer-Beder, A.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-594780>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 09.02.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Neue Beiträge
zur
Geologie und Petrographie
des
östlichen Rhätikons.

Von
Dr. Chr. Tarnuzzer
und
A. Bodmer-Beder, Zürich.

Mit 3 Tafeln und 2 in den Text gedruckten Figuren.



Vorbemerkung.

Indem wir die vorliegende, meine frühere Brochüre vervollständigende Arbeit über die geologischen Verhältnisse des *Gafienthales* von St. Antönien der Öffentlichkeit übergeben, habe ich vor Allem meinen verehrten Freunden und Mitarbeitern meinen innigsten Dank für ihre mühevollen und langwierigen Gesteinsuntersuchungen auszusprechen. Herr *A. Bodmer-Beder* in Zürich lieferte den äußerst wertvollen gesteinsmikroskopischen Teil, während Herr Prof. *Dr. G. Nussberger* in Chur in ebenso uneigennütziger Weise 2 vollständige chemische Analysen der krystallinischen Schiefer, dazu auch Analysen der in Gafien eingeklemmten Dolomite geliefert hat. Beide haben sich mit ihren zeitraubenden, exakten Arbeiten um die Kenntnis eines der schwierigsten Gebirgsteile Graubündens, des Rhätikons, für immer verdient gemacht.

Leider beklage ich für die „Neuen Beiträge zur Geologie und Petrographie des östlichen Rhätikons“ den Verlust zweier prachtvoller Landschaftszeichnungen, welche Herr Prof. *H. Jenny* in Chur für unsere Schrift angefertigt hatte und von denen die eine geologisch koloriert worden war. Sie sind mir auf eine unerklärliche Weise abhanden gekommen, und ihren Verlust zu tragen, fiel mir schwer.

Chur, April 1899.

Dr. Chr. Tarnuzzer.

I.
Geologischer Teil.
Von Dr. Chr. Tarnuzzer.

1. Das Gafienthal.

Das längste der nördlichen Seitenthaler der *Landquart*, das Thal des *Schanielabaches*, erhält von Südosten her drei Wasserstränge, die des *Ascharina*-, des *Gafienthals* und den *Kinnebach*, letzterer von der *Plassegg**) südlich der *Mittelfluh* herkommend und in *Partnun* in den Bach mündend, der dem schönen Seebecken entstömt. Der Name Kinnebach ist auf der topographischen Karte der Schweiz nicht angegeben. Von diesen Seitenthalern ist das *Gafienthal* das mittlere und längste, bei *Rüli* hinter *St. Antönien* sich öffnend. Seine Umrahmung bilden im Norden und Osten der sargähnliche *Schollberg* (2574 m), die mehr kegelförmige *Gempisfluh* (2391 m) und die krystallinischen Hörner südlich des *St. Antönierjoches*, die Punkte 2485, 2560, 2522, 2463 und 2433 der topograph. Karte; im Südwesten ist der Schieferzug des *Eckberg*, aus dessen mit frischem Grün bedeckten Flyschschiefern die wilden Kalkriffe der *Ammannfluh* (2219 m) und «*Die Neunzigen*» (2414, 2368 m) hervorragen, worauf im Süden des Hintergrundes die weißleuchtenden Kalkmauern der im Winkel zueinander gestellten *Plattenfluh* und *Rätschenfluh* (Rätschenhorn 2707 m) folgen. Dahinter und darüber thronen die krystallinischen Gipfel und Zacken der *Madrisagruppe*, kuppen- und kegelartig geformt, von düsterer Farbe, einen ernsten Abschluß der imposanten Landschaft bildend.

Von der Tiefe der Sohle des Hauptthales von St. Antönien streben die eocänen Schieferbildungen, die hier überall vielfach Abdrücke von Fucoiden zeigen, auch durch das Gafienthälchen mit sanft geneigten, gewellten Formen zu den Höhen, dann folgen in der Mulde von Gafien und am östlichen Berghange noch vor der Mitte des Thales mächtige

*) Diese Schreibart ist hier wegen des romanischen Ursprungs des Namens und seiner hier üblichen Aussprache der Schreibart „*Plassecken*“ der topograph. Karte vorgezogen.

Kalktrümmer, von denen der grandiose «*Schlangenstein*» mit seinem Tannenschmuck alles hinter sich läßt, was Partnun an wildem, unter senkrechten Flühen durcheinander geworfenen Blockmaterial des Kalkes aufzuweisen hat. Die Ablösung dieses gewaltigen Trümmerstückes samt den benachbarten Schuttmassen muß hinten oben links, vom Zuge der Ammannfluh und den an Felsennadeln reichen „Neunzigen“ stattgefunden haben und wird einem Felsbruch und Sturz zugeschrieben werden müssen; im übrigen liegt der „*Schlangenstein*“ im Material einer Gletschermoräne. Herr Prof. *Schröter*^{*)} hat die Ansicht ausgesprochen, es seien diese größten Trümmer anstehender Kalkfels des Thalgrundes, aus der Schieferformation aufragend, während *Theobald*^{**)} es bei der zerbrochenen Form der Massen ungewiß ließ, ob sie anstehendes Gestein oder Reste einer alten, mächtigen Moräne darstellen. Eine nochmalige Vergleichung der Lagerungs- und Fallverhältnisse ihrer Schichten haben jedoch meine frühere Annahme, daß diese Massen Sturz- und Gletscherschutt repräsentieren, bestätigt. Der erratische Kalkschutt reicht vom „*Schlangenstein*“ durch das ganze Thälchen hinaus, in die Wiesen unterm Walde bis Rüti hinunter.

Nach oben hin ist die Schiefersohle des Gafienthales mit immer mehr sich häufenden Blöcken von roten Schiefern, Hornblendeschiefer, Gneiß, Glimmer- und Granatglimmerschiefer übersät; gegen den Hintergrund ordnen sie sich an verschiedenen Stellen zu mächtigen Trümmeransammlungen an. Dieser Hintergrund zeigt zwei hübsche Felsenschwellen; die erste, kleinere besteht aus grauen sandigen Schiefern und Kalkschiefern mit Einschlüssen krystallinischer Fragmente, über welche Schichten der Gafienbach in hübschem Sturze herabkommt. Hinter dieser Schwelle liegt die kleine Mulde «*Bödemi*». Die obere Schieferschwelle zeigt einen höhern, schönern Wasserfall und dahinter einen breiten, flachen Kessel, in welchem von allen Richtungen her aus verborgenen Tiefen die Quelladern des Gafienbaches sich sammeln.

^{*)} „*Das St. Antönierthal im Prättigau*“, Landwirtschaftliches Jahrbuch der Schweiz, 1895.

^{**)} „*Beiträge zur geolog. Karte der Schweiz*“, 2 Lieferung. S. 97.

Dies ist «*die Putzkammer*». Drei Hauptquellen vereinigen sich hier; die längste kommt von der rechten Thalseite, den „Bändern“ herunter und versinkt für eine Zeit lang in Spalten, um erst am Rande des Kessels im Geröll zum Vorschein zu kommen. An der östlichen Seite des Wasserabzuges aus der „Putzkammer“ steht der Schiefer in zwei größern Köpfen an. Zwischen diesen und einem rechtsseitigen niedrigern Schieferkopfe stürzt der Hauptbach aus der „Putzkammer“ hernieder; der längste Wasserstrang des nordöstlichen Hanges des imposanten Kessels geht, zusammen mit andern Quellen desselben, östlich des Hauptabflusses selbständig in den kleineren flachen Kessel der „Bödemi“ hinab.

Die Schieferschichten der obren Thalschwelle sind in außerordentlich weitgehender Art gewunden und verknnetet und bestehen aus grauen sandigen und thonigen, viel Quarz führenden Lagen. Sie bilden samt den die untere Schwelle auftürmenden Schiefern eine Mulde, deren Schichten nach Osten unter den höher folgenden Kalk der Plattenfluh einfallen.

Die „Putzkammer“ ist vielfach, wie der sie begrenzende nördliche Hang, mit großen und kleinern Blöcken von Hornblende-, Glimmerschiefer und Granaten führendem Gneiß bedeckt. Auch im Hornblendeschiefer zeigen sich häufig Granaten bis zur Haselnußgröße. Auf der nördlichen Seite mehrt sich der Blockschutt, je weiter man zur Höhe hinanstiegt gegen den steilen, von der «*Hochstelli*», am Anfang der *Gafienplatten* schwach nach Nordwesten sich ziehenden Abhang, der den Namen «*Auf den Bändern*» trägt und schon aus Casanna- und Hornblendeschiefer besteht. Hier herum muß das alte *Eisenbergwerk* „St. Anton“ gestanden haben, das gegen Ende des 16. Jahrhunderts in Betrieb war und Castels-Luzein gehörte. Wahrscheinlich war die Eisengrube von „den Bändern“ weg in nördlicher Richtung gegen die Gempifluh hin gelegen.

Ich habe in meiner Schrift «*Der geologische Bau des Rhätikongebirges*» *) dargethan, daß die unvergleichlich kühn aufstrebenden Kalkwände und plateauartigen Wälle der Sulz-

*) „*Jahresbericht der Naturforschenden Gesellschaft Graubündens*“, Chur, 1891.

fluh, der Gruben, der Scheienfluh etc. hauptsächlich aus Oberm Schattenkalk = Aptien II und dem Untern Tithon (Ptéro-cérien, Kimmeridgian II b) bestehen und die Fortsetzung von den in der Kurfirstenkette vorhandenen Stufen bilden. In einem weithin sichtbaren Bande setzt sich der *Jura*- und *Kreidekalk*, bei den „Gruben“ die Streichrichtung in NO—SW, dann in N—S ändernd, über die Mittelfluh und Passeggia in der letztern Richtung zum Schollberge, zur Gempifluh, bis zu den gewaltigen Kalkmauern der Plattenfluh, Rätschenfluh und dem Rätschenhorn fort, wobei der Streifen in der Mitte des Gebietes sehr schmal geworden ist. Über dem Kalkbande folgt von der Passeggia weg bis in den gebirgigen Hintergrund unseres Thälchens ein Band von *Trias* und rotem Verrucano, und darüber liegen der *Casanna*-, der *Hornblendeschiefer* und *Gneiss*, die überall die steilern Abhänge, Gipfel und Zacken des Gebirges bilden. Die *Trias* und der Verrucano sind ein mehr untergeordnetes Glied in dieser Schichtenreihe und nehmen in der Südostrichtung im allgemeinen an Breite ab, bis sie da und dort auf ein schmales Band zusammenschrumpfen.

Wir haben es also im östlichen Rhätikon mit 4 Formationen zu thun, von denen aber nur 3 dem landschaftlichen Charakter ihre charakteristischen Merkmale aufdrücken: Eocänschiefer der Tiefe, cretacisch-jurassischer Kalk und das krystallinische Grundgebirge. Alles zeigt sich, mit dem schmalen *Trias*- und *Verrucanostreifen* eingelagert, in gänzlich verkehrter Lagerung, was ein Ausdruck der Fächerstellung der krystallinischen *Madrisa* und der Überschiebung der alten Formationen über die jüngern von dorther ist. Die Überschiebung durch das krystallinische Grundgebirge erfolgt, vom Madrishorn an gerechnet, bis zur Änderung der Verhältnisse an der Passeggia auf einer Länge von 6 Km.

Dieser Aufbau der Gebirgsschichten im Hintergrund des Gafienthales ist der schönste Schmuck des letztern: drei Hauptgesteine, drei Hauptfarben, drei Fels- und Verwitterungsformen sind hier überall zu sehen, alle dicht hintereinander sich herschiebend, einander überthronend, jedes das andere schärfend und zum Auswachsen bringend. Selbst des

Laien Auge entdeckt diese Farben- und Gesteinskontraste und erhält eine Ahnung der verschiedenen Natur der Gesteins-elemente in der Landschaft.

Ich habe in der zitierten Schrift gezeigt, wie das Streichen des Jura-Kreidekalkes auf kurze Strecke hin „Auf den Bändern“ im Hintergrund des Gafienthals aus der SSO-Richtung in N und NNO und endlich in NW übergeht und auf dieses Streichen gerichtete Querschiebungen des Kalkbandes bis zu 150 und 200 m vorkommen. Die Faltung ist hier bis zur Bildung horizontal-vertikaler Verschiebungen („Wechsel“) fortgeschritten; ja am Südende der Stufe der „Bänder“ ist ein mindestens 50 m mächtiger Lappen des gleichen Dolomits, der unten die Plattenfluh und Gafienplatten bildet, ganz abgerissen, ins krystallinische Gebiet hinaufgezerrt und eingekieilt worden, indem nämlich der Hornblendeschiefer sowohl unter als über dem Kalke getroffen wird. Dieser Einklemmung des jurassisch-cretacischen Dolomitbandes begegnet man noch weiter südlich zu den Gafienplatten hin.

Das Nachfolgende soll eine Vervollständigung und teilweise Berichtigung der auffallenden Lagerungsverhältnisse sein, welche ich vom Beginn der *Plattenfluh* und *Gafienplatten* beschrieben hatte.

2. Lagerung am Beginn der Plattenfluh.

Wenn man von der «*Putzkammer*» und «*Hochstelli*» aus zwischen dem nördlich der Plattenfluh stehenden isolierten Kalkriff und dieser auf die «*Bänder*» hinansteigt, so bewegt man sich in einer couloirartigen Schuttrunse, die fast nur bei Regen einen Wasserabfluß zeigt. Hier treten Schichten der Untern und Mittlern Trias auf und man erblickt, von unten nach oben:

a) *Graue bis schwarze, thonige und thonig-kalkige Schiefer und Mergel* von unbestimmbarem Alter.

b) *Rote, thonig-schieferige und quarzitische Bänke* mit vielen Quarzadern, auch *grau* und *grün* abändernd, besonders die thonigen Schichten. Sie beginnen in der Höhe der Kurve 2240 m der Karte.

Diese roten Schichten wechsellagern mit graugrünen und grünen Schiefern und Quarziten; nach unten treten hauptsächlich grüne Thonschichten auf, die mildglänzend sind und sich fettig anfühlen. Die thonigen Schichten weisen transversale Schieferung auf. Die quarzitischen und quarzisch-kalkigen Lagen haben häufig einen stahlgrauen Überzug von stark *manganhaltigem Eisenerz*, wie Herr Dr. G. *Nussberger* festgestellt hat. In kleinen Drusen winziger Bergkrystalle, die das Gestein der quarzitischen Abänderung führt, liegen glänzende Schuppen und Krystalltäfelchen von Eisen glanz. Das Vorkommnis an der bezeichneten Stelle ist 2,3 m mächtig. Das Streichen ist NNO—SSW, das Fallen OSO gerichtet.

Diese Schiefer mit ihren Einlagerungen von Quarzit und Hornsteinknollen vertreten jedenfalls die *Raiblerschichten* und nicht den Verrucano, wie ich 1891 irrtümlicherweise angenommen hatte. Der Verrucano ist höchst wahrscheinlich über dem Virgioriakalke c) als schmaler Streifen vorhanden, aber der Boden ist stark verschüttet, und es können nur Fragmente des Gesteins auf der Halde gefunden werden.

c) *Graue, gestreifte, kalkig-thonige Schiefer* mit vielen Adern und Linsen von Kalkspat, mehr noch von Quarz, mit unregelmäßigen, wulstigen oder gewellten Schichtflächen, stark gewunden und verknetet. Zuweilen wird er stark quarzisch und grauweiß, dann stellt er wieder schieferige, dunkle, glänzende Mergel dar, die sich oft fettig anfühlen. Dieser «*Graue* oder *Streifenschiefer*» *Theobald's* repräsentiert den *Unteren Vigloriakalk*. Größte sichtbare Mächtigkeit in der Runse ca. 2 m; er ist aber nur an einer einzigen Stelle so weit entblößt und hin und wieder nur auf 0,5 m Entfernung sichtbar.

Andere triassische Schichten, wie Arlbergkalk und Partnachschichten, die *Theobald* auf Seite 97 und 98 seines zitierten Buches für die Gegend anführt, habe ich hier nicht finden können.

d) Über den Triasgliedern folgen graugrüner *Casannaschiefer*, *Glimmerschiefer*, *Hornblendeschiefer*, Glimmer- und Hornblendeschiefer mit *Granaten* und *Gneiss*.

Die Lagerung erscheint somit am Beginn der Plattenfluh völlig verkehrt, indem über den jurassisch-cretacischen Stufen immer ältere Triasbänder folgen, so daß, wenn die Serie ganz blosgelegt erschiene, der Verrucano gegen die krystallinischen Schiefer der Höhe folgen müßte. Die grauen Schiefer des Vigloriakalkes stimmen in Streichen und Fallen mit den Raiblerschichten überein; alles fällt nach O gegen die Hornblendeschiefer, Glimmerschiefer und Gneife ein, welche von der Plassegga bis zum Madrishorn die Gräte und Gipfel bilden.

3. Das in die krystallinischen Schiefer hinaufgezerrte und eingeklemmte Dolomitband über den Gafienplatten.

Blickt man von der «*Hochstelli*» hinauf an die Südostseite der «*Bänder*», so gewahrt man in ca. 2300 m Höhe mitten aus den Casanna- und Hornblendeschiefern ein 50 m mächtiges, weißes Riff herausragen. Der Schutt dieses *ersten Dolomitriffs**) reicht noch weit in der zweiten Runse rechts des isolierten großen Riffs der Plattenfluh herunter. Ein über dem Hornblendeschiefer gebrochenes Handstück zeigt einen grauhellen bis gelblich-weißen, gelbbraun auswitternden *Dolomit*, von feinen grauen und weißen Adern durchzogen und halbmuscheligem Bruche. Äußerlich betrachtet ist dieses Gestein dasselbe wie von der Plattenfluh und den Gafienplatten; Versteinerungen wurden keine gefunden.

Der Hornblendeschiefer tritt sowohl über, neben als unter dem Dolomittriffe hervor (siehe Fig. 1), sodaß die Einklemmung des letztern unverkennbar ist.

Wie Herr *A. Bodmer-Beder* im petrographischen Teil ausführt, ist das unter dem Dolomittriff geschlagene, stark gepreßte und gestreckte Gestein ein *Hornblendezoisitschiefer*, dessen Hornblende sich in Pistazit und Biotit umgewandelt hat; das letztere Mineral geht in Chlorit über (hydatogene Pseudomorphose). Die Quarzkörnchen weisen alle Drucker-

*) Herrn Kantonsschüler Ambrosi *Putzi*, der mich auf meinen Wanderungen begleitete und mir bei den Messungen behülflich war, möchte ich an dieser Stelle noch meinen besten Dank aussprechen.

scheinungen auf, und die Titanitkristallchen des Gesteins erscheinen oft bis auf das Vierfache ihrer ursprünglichen Länge gestreckt. Im Kontakt mit dem Dolomit erscheint



Fig. 1.

Erstes Riff jurassisch-cretacischen Dolomits, von Hornblendeschiefer über- und unterlagert.

$J + K$ = jurassisch-cretacischer Dolomit,

Ho = Hornblendezoisitschiefer und „Casannaschiefer“, S = Schutt.

Casannaschiefer, der sich in Proben, welche über dem vierten Dolomitrifffe gesammelt wurden, bei der mikroskopischen Untersuchung durch Herrn *Bodmer* als ein syenitischer *Sericitphyllit* herausgestellt hat. Das Gestein ist darnach höchst wahrscheinlich das durch Kontaktmetamorphose veränderte Produkt aus dem Detritus des Hornblendezoisitschiefers, was auch die chemische Analyse durch Herrn Dr. *Nussberger* an-

nehmen läßt. Das Hangende des Hornblendezoisitschiefers „Auf den Bändern“ aber ist ein *Muscovitgranatgneiss*, nach Herrn *Bodmer* ein stark gequetschtes, schieferig-flaseriges, in Augengneiß übergehendes Gestein, dessen in den Feldspat eingeschlossene Glimmer und Magnetikristalle auf Streckung oder Auswalzung hinweisen, während die Feldspatindividuen vielfach gerissen erscheinen. Alle sind mehr oder weniger sericitisiert, die Hornblende epidotisiert, die Quarzkörner, Turmaline und Granaten oft zerbrochen und zerklüftet, mit allen Druckerscheinungen, welche bei einem Gestein auftreten können. Während die petrographische und chemische Untersuchung den unzweifelhaften Zusammenhang des Hornblendezoisitschiefers mit dem Casannaschiefer nachweist, ist der Muscovitgranatgneiß über den „Bändern“ einzig gesteinsmikroskopisch untersucht worden; es hat aber Herr *Bodmer* dargethan, daß auch dieses Gestein, das einem alkalireichen quarzarmen Eruptivgestein (den Syeniten) zugehörig zu sein scheint, eine gewisse Verwandtschaft mit den beiden ersten krystallinischen Gliedern zeigt.

Über den „Bändern“ Gafiens ergibt sich somit für die Umgebung des Dolomitstreifens nach *A. Bodmer* folgendes schematische Profil der alten Schichtenreihe, wobei die durch die Überschiebung von der Madrisa her erfolgte, *verkehrte Lagerung* zu beachten ist:

1. *Syenitischer Sericitphyllit* (Casannaschiefer).
2. *Hornblendezoisitschiefer*.
3. *Muscovit-Granatgneis*.

*Aus einem ursprünglich magmatischen, wohl in Lagergängen aufgestiegenen Gestein, einem alkalireichen, quarzarmen Eruptivgestein vom Typus des Syenits (Nr. 3), sind hier infolge sekundärer Umkrystallisation oder chemischer Umsetzung unter der Wirkung der Gebirgsstauung die stark veränderten krystallinischen Schiefer (Nr. 2 und 1) entstanden, die im petrographischen Teil in alle Einzelheiten durch Herrn *Bodmer* behandelt erscheinen.*

Ca. 100 m vom beschriebenen Lappen entfernt tritt, in südlicher Richtung fortgeschritten, ein *zweites Dolomitriff* von 16 m Mächtigkeit auf. Erst in weiterer Entfernung zeigt sich

der Hornblendezoisitschiefer. Ohne Zweifel hängt dies Vorkommen mit dem andern zusammen; doch hatte ich früher den zweiten Lappen als selbständigen, wenn auch ähnlich hinaufgezerrten Dolomitfetzen angesehen.

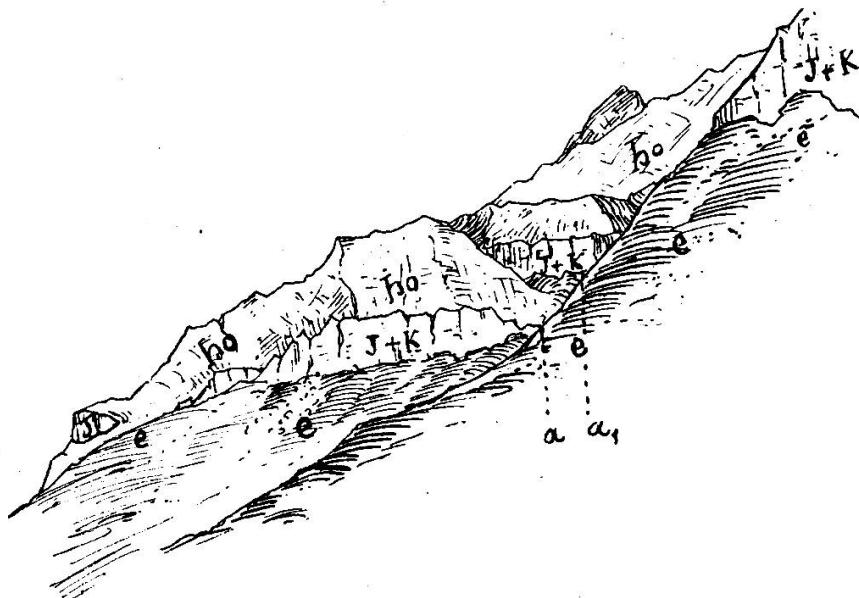


Fig. 2.

Horizontal-transversale Verschiebung südöstlich der Gempifluh, Gafien.

a a₁ = Betrag der Verschiebung. e = Eocänschiefer. J + K = jurassisch-cretacischer Kalk. Ho = Hornblendezoisitschiefer und Gneiß.

Nach abermaligem Auftauchen aus dem Hornblendschiefer (*drittes Dolomitriff*) folgt über einer Schuttrunse das dolomitische Gestein als ein den Gafienplatten zu geöffneter Gewölbebogen von der Mächtigkeit des zweiten Riffes (*vierter Dolomitriff*). Darüber und darunter, den Dolomit völlig einschließend, erscheint der Hornblendezoisitschiefer und sein Randgestein, der syenitische Sericitphyllit (Casannaschiefer). Von der Kontaktstelle des Riffes mit dem unter ihm liegenden krystallinischen Gestein an gerechnet, tritt 13 m tiefer am Gehänge noch einmal ein kleiner Dolomitkeil auf, so daß man von der großen, geneigten Kalkstufe der Gafienplatten aus auf dieser Linie dreimal die krystallinische Formation übersteigt. Das obere Riff ist etwa 20 m mächtig. Die chemische Untersuchung durch Herrn Dr. *Nussberger* hat dargethan, daß der Dolomit unserer Riffe zu den magnesia-reichsten gehört, die man weit herum kennt.

Hinter einem *fünften Riffe* erregen 2 mächtige Stufen von gelbbrauner *dolomitischer Rauhwacke* unsere Aufmerksamkeit, und es erscheint das eingeklemmte Kalkband mit seinen Kuppen des grünen Hornblendeschiefers noch 2 mal, während nach der Tiefe zu der Schutt das krystallinische Gestein und die darunter zu suchenden Triasschichten verdeckt. Man übersteigt die gewaltige Endmoräne des alten Madrisagletschers, und gewahrt, am imposanten Schuttwall seiner Seitenmoräne hin wandernd, das helle Band wieder. Am Fuße des *Madrisahorns* über dem 2600 m hohen Grade, der das Rätschenhorn von diesem Felswalle scheidet, bildet das Dolomitriff, wieder ca. 50 m mächtig geworden, eine scharfe Ecke, biegt um und setzt sich noch eine Strecke weit nach SSO fort, die leuchtenden Trümmer auf breiter Schutthalde weit den Abhang hinab sendend. Die zunächst über dem Dolomitriffe auftretenden krystallinischen Schiefer ragen als dunkle, düstere Gesimse und Köpfe hervor; das Krystallinische mit dem eingeklemmten Sedimentgestein legt sich über die triassischen Glieder des Grates zwischen dem Saaser Calanda und der Madrisa, und es fallen die Schichten derselben nach SO, mit Abweichungen nach S und O, gegen das Grundgebirge ein, wie an der Plattenfluh von Gafien.

Unser von den „Bändern“ an verfolgtes, ins krystallinische Grundgebirge hinauf gefaltete und verzerrte Band jurassisch-cretacischen Gesteins ist bis zum Grade vor dem Madrisahorn ca. 1700 m lang. Wir wollen nun noch seinen Zusammenhang mit den nach Norden und Nordwesten zur *Gempistuh* hin reichenden dolomitischen Kalkriffen betrachten, da ich im stande bin, auch hier einige Vervollständigungen zu dem früher Ausgeführten zu geben. Wir kehren daher vom Westgrade des Madrisahorns zum isolierten großen Dolomitriffe an der Plattenfluh, von deren Formation unser Streifen abgetrennt wurde, zurück.

Das von der *Gempistuh* nach Südosten zur «*Hochstelli*» hinführende, über den eocänen Schiefern des Gehänges auftretende Band cretacisch-jurassischen Kalkes und Dolomits wird in der Gegend unseres Standortes bald von Schutt und Rasen verdeckt, so daß sein Zusammenhang mit dem nach

Höhe mit ihm übereinstimmenden isolierten Riffe an der Plattenfluh auf über 400 m Länge nicht sichtbar ist. Außerdem untern Gehänge dieser Zwischenstrecke findet man nicht einmal Kalkgeschiebe und -Gerölle, sondern nur Geschiebe der krystallinischen und Triasschichten, namentlich rote Schiefer und Quarzite. In den von der Höhe herabreichen- den Schuttrunzen können hingegen schwarze, plattig-schie- ferige, kalkig-thonige und mergelige Fragmente von Trias- gliedern, sowie die kalkigen Schiefer der Vigliastufe mehr- fach anstehend getroffen werden. Ganz außerhalb des Niveaus des vor dem großen Dolomitriff der Plattenfluh untertauchen- den weißen Bandes von Norden her liegt unser 50 m mächtiges *Dolomitriff Nr. 1*. Vom obersten sichtbaren Rande der von der Gempifluh her reichenden Kalk- und Dolomitstufe an gerechnet, ergibt sich ein vertikaler Abstand von ca. 150 m. Das ist eine *horizontal-transversale Verschiebung* («*Wechsel*») im nämlichen Betrage; soweit ist also der Dolomitfelsen Nr. 1 vom Hauptbande in die Region der alten krystallinischen Gesteine hinaufgerissen worden.

Ähnliches trifft man in größerer Nähe der *Gempifluh*. Das zwischen den grünen Schieferhängen der Tiefe und den dunkeln, düstern Kappen der Höhen weißleuchtend vertre- tende Band erweitert sich unter der Stelle «*Beim See*» (2313 m) gegen das «*Thäli*» (2212 m) zum genannten Bergkopf hin. Verschiedene Mal tauchen die dolomitischen Kalkschichten unter den Schutt und Rasen und erlangen ihre sichtbare Fortsetzung erst nach vielen Metern Entfernung. Wie sehr die Streichrichtung in dieser Gegend ändert, ist schon früher angeführt worden. Auch auf dieser Strecke sind quer auf diese Streichrichtung gerichtete *Querverschiebungen* des creta- cisch-jurassischen Gesteins entwickelt, die manchmal einen bedeutenden Betrag erreichen. Blickt man zu den Punkten 2104 und 2257 m der Gempifluh hinauf, so bemerkt man, wie das Kalk- und Dolomitband da und dort durch Rasen und Schutt unterbrochen wird, und die Untersuchung in der Höhe bestätigt, was das Auge schon von der Tiefe aus bemerken kann, daß nämlich an einigen Stellen die Kalkbänder auf der linken und rechten Seite der Runsen und Eintiefungen

am steilen Gehänge nach Höhenlage nicht korrespondieren. Es zeigen sich Querverschiebungen im Betrage von 50 bis 100 m; die grösste derselben tritt an der sargähnlichen Decke auf, welche das dunkel-düstere krystallinische Gestein nahe am Gipfel der Gempifluh über das Dolomitband gebreitet hat. (Fig. 2) Zwischen den krystallinischen Decken und Kuppen und dem aus weiter Ferne sichtbaren Bande des Kreide-Juragesteins liegt ein sehr schmales Band von Triasbildungen, die größtenteils durch Raiblerschichten und grauen Schiefer des Vigloriakolkes dargestellt werden; auch scheint der Verrucano da und dort nicht zu fehlen, indem man unten an den Hängen Geschiebestücke desselben antrifft. Der Kontakt der Kalk- und Dolomitschichten mit dem nach der Tiefe hin folgenden, gegen die ältern Formationen einfallenden Flyschiefer kann leider nicht deutlich beobachtet werden.

Wie wir gesehen, wiederholen sich im östlichen Rhätikon in den Gebieten stark veränderter Streichrichtungen der Grenzkette horizontal-transversale Verschiebungen mehrmals. Wo an solcher Spaltenbildung noch eine vertikale Bewegung teilnahm, entstanden *Querbrüche*: von der Sulzfluh an über den Schollberg und die Gempifluh bis zur Plattenfluh und den Gafienplatten sind der Gruben-, Plasseggapaß und das St. Antönierjoch als solche zu betrachten.

Ebenso ausgeprägt sind die *Längsbrüche* im Grenzgebirge. Scharf setzen im westlichen Rhätikon die Jura- und Kreidekalke an der Trias ab; ja von den Kirchlispitzen und der Drusenfluh bis über die Sulzfluh hinaus tritt sogar ein Streifen Elysch an den großen Längsbruch heran, und an dieser Störungslinie zeigen sich, wie ich früher dargethan, Punkte mit Fruktivgesteinen. Von der Plasseggaa an, südlich der Stelle der Hauptumbiegung des Gebirges aus der W—O-Richtung bis zum Ende des Rhätikons bei Klosters folgt ein zweiter Längsbruch, der anfänglich die N—S-, dann mehr die SO-Richtung annimmt. Diese Bruchlinie ist von bogenförmiger Gestalt; ihre Konkavität ist nach Osten gerichtet. Ein schmales Band von Triasbildungen setzt hier scharf am Jura-Kreidebande ab; dann folgen im Osten die Hornblendeschiefer und Glimmer-Gneiße der Madrisa-Silvretta.

Hier haben wir jedenfalls ein ausgezeichnetes Beispiel von *Rückfaltung* vor uns, denn der Längsbruch wird im ganzen Verlaufe von der Plasseggia an von der Trias und den krystallinischen Schiefern in einer, der normalen Faltung entgegengesetzten Richtung überfaltet. Am großen Bruchrande treten nicht nur Aufrichtung der Schichten, sondern auch Umstürzung und *Einklemmungen* auf. In der Gegend des vierten Riffes sind die krystallinischen Schiefer sogar zweimal das Liegende und Hangende des Dolomits, der vom Jura-Kreidezuge der Plattenfluh abgequetscht wurde und heute hoch oben am Gehänge als weiße Insel im dunkeln Hornblendegestein erscheint.

Die Längsbrüche im Norden und Osten des Rhätikons bilden in den genannten Richtungen die Ränder eines großen *Einsturzgebietes*, als welches zuerst *v. Mojsisovics*¹⁾ das von Flysch erfüllte Prätigau erkannt hat.

Verschiedener Verhältnisse halber war es mir unmöglich, in dieser Arbeit noch vergleichend auf die neuesten tektonischen Ausführungen des Herrn *Dr. Steinmann*²⁾ über den östlichen Rhätikon einzutreten.

4. Lagerung am Grate zwischen dem Rätschen- und Madrishorn.

Es ist mir trotz eingehender Untersuchung des Grates zwischen dem *Rätschen-* und *Madrishorn* nicht gelungen, einen größern Teil der von *Theobald*³⁾ aufgeführten 24 Ge steinsnummern, die von ihm in 10 Stufen zusammengefaßt werden, anstehend aufzufinden. Der Grat ist, von Punkt 2633 m der Karte südöstlich des Rätschenhorns bis zum Punkte 2742 m vor dem Madrishorn fast 900 m lang und zeigt die Triasbildungen in schöner Weise entwickelt;

¹⁾ „Beiträge zur topischen Geologie der Alpen; der Rhätikon“. Jahrbuch der geol. Reichsanstalt, Wien 1873.

²⁾ „Geologische Beobachtungen in den Alpen. Das Alter der Bündner schiefer“ (Fortsetzung und Schluß). Berichte der Naturforsch. Ges. zu Freiburg i. Br. Bd. X, Heft 2, 1898. S. 80—84.

³⁾ loc. cit. S. 100—101.

aber verschiedene Gesteinsabänderungen und Stufen, auf die Einen Fragmente des überreichen Schuttes der Abhänge seiner Seiten hinleiten, sind am Grade selber nicht zu beobachten. Von W nach O fortgeschritten, ergibt sich folgendes Gebirgsprofil:

a) *cretacisch-jurassischer Kalk und Dolomit* des Rätschenhorns, gegen das triadische Gebirge nach O und SO einfallend.

b) *Graue sandige, dichte Kalke und Kalkschiefer*, oft sehr kompakt, dann auch stark abschiefernd. Auch graue, halb glänzende *Schiefer* mit unebenen bis wulstigen Oberflächen; *Rauhwacke*, grau bis gelb, feinporös, gelb auswitternd, oft mit Kalkknollen. Mächtigkeit des ganzen Komplexes ca. 100 m (*Raiblerschichten*).

c) *Graue, bläuliche und grünliche Schiefer*, stengelig-griffig brechend, *kalkig-sandige, plattige Schiefer und Kalke*, *dunkle Thonschiefer* und *Mergel* (*Partnachschichten*). Zusammen gegen 500 m mächtig.

d) *Dunkle, graue und gelbe Rauhwacke* und *schwarze Kalke* (*Virgloriakalk*); die Rauhwacke hügelige Oberflächen bildend. Mächtigkeit ca. 50 m.

(e. Den *Verrucano* habe ich am Grade nicht anstehend gefunden; es weisen aber graue und grünliche Quarzitfragmente am Abhange darauf hin, daß die Stufe vorhanden ist. Die Mächtigkeit kann nur gering sein.)

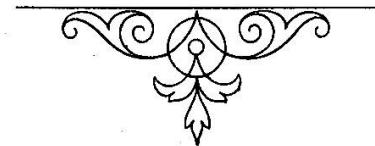
f) Gegen Punkt 2742 m der Karte folgt nun *das abgequetschte Band cretacisch-jurassischen Dolomits* in mindestens 50 m Mächtigkeit. Mit dem kompakten Gestein ist auch zellige, gelbbraune *Rauhwacke* verbunden. Worauf diese Dolomitgesteine direkt ruhen, kann nicht beobachtet werden.

g) *Blauschwarze bis grünschwarze krystallinische Schiefer* (zum Teil *Casannaschiefer* = syenitischer Sericitphyllit), dunkle Köpfe und Riffe über dem leuchtenden Kalkbande bildend.

h) *Hornblendezoisitschiefer* und *Muscovitgranatgneiss*, sowie andere Gneissvarietäten des Madrishorns.

Die Schiefer der Partnachschichten und der Vigloriakalkstufe zeigen sich auch schon beim Aufstieg über die gewaltige, schieffgestellte Fläche der Gafienplatten von den Gletscher-

moränen weg an vielen Hügelchen und Rücken entblößt. In den Revieren krystallinischen Schuttess an diesem Wege sind besonders die roten schieferigen und quarzitischen Fragmente der Raiblerschichten, wie wir sie zu Beginn der Plattenfluh anstehend gefunden, häufig; manchmal finden sich größere Blöcke, durch den alten Madrisagletscher herübertransportiert, weit drunten auf der langen Kalk-Ebene der Gafienplatten. Rote sandige Schiefer, graue und rötliche Konglomerate und Quarzite, als Fragmente im Schutt der Hänge des Grates zwischen dem Rätschen- und Madrishorn vielfach zu finden, deuten darauf hin, daß eine derartige, nach Alter nicht bestimmbarer Schicht in der Nachbarschaft der Partnachschiefer auf dem Joch anstehend ist.



II.

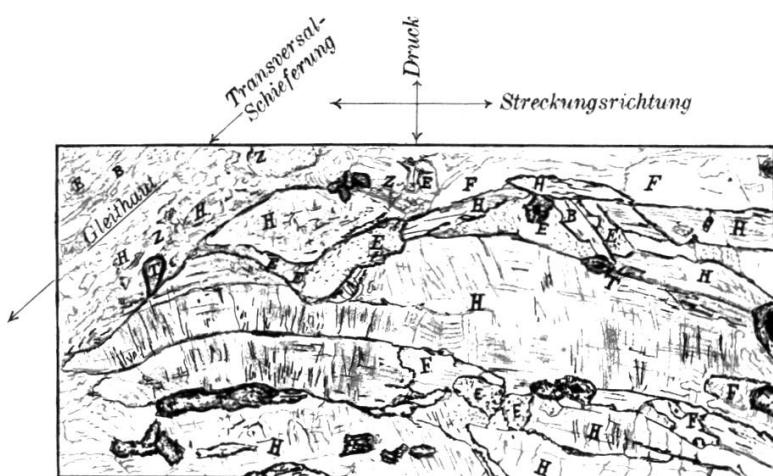
Petrographischer Teil.

Von **A. Bodmer-Beder, Zürich.**



Hornblendezoisitschiefer

Gafenthal, „auf den Bändern“



Vergr. 52.

Fig. 1.

Hornblende gestaucht, aus Hornblende-Zoisitschiefer, senkrecht zur Schieferung.

B Glimmer, E Epidot, F Feldspat, H Hornblende, T Titanit, Z Zoisit.

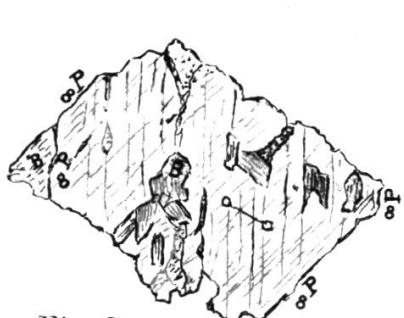


Fig. 2.

Hornblende mit beginnender Glimmer-metamorphose in Hornblende-Zoisitschiefer.

B Glimmer.

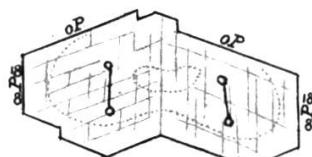
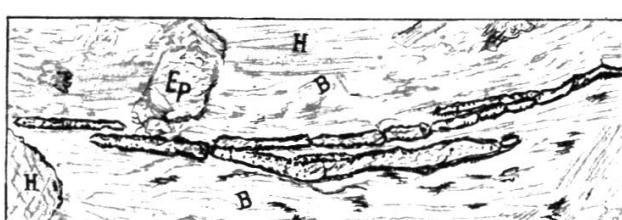


Fig. 3.



Fig. 4.

Pistazitwillinge.



Vergr. 69.

Fig. 5.

Ausgewalzter Titanit zwischen Biotit. Schnitt \perp durch eine Gleithaut.

Von den im vorstehenden geologischen Teil erwähnten Felsarten wurden folgende Gesteine einer eingehenden mikroskopischen und chemischen Untersuchung unterzogen:

Hornblende-Zoisitschiefer

(Taf. I, Fig. 1—5)

unter und neben dem ersten größten Kalkriff
„auf den Bändern“
anstehend.

Diese im Felde als Hornblendeschiefer bestimmte dunkelgrüngraue feinkörnige bis dichte stark gepreßte und gestreckte Felsart weist u. d. M. wesentlich Hornblende, Feldspath, Zoisit, Pistazit und ein wenig Quarz, ferner Ilmenit für sich und mit Magnetit verwachsen, Titanit, Glimmer, Chlorit, Granat, Zirkon und Rutil auf. An Menge überragt die Hornblende den Feldspath.

Der *Aufbau des Gesteins* ist wesentlich gepreßt-flaserig-flachlinsen- bis lagerartig selten in Augenstruktur übergehend. Die wesentlichen Gemengteile liegen mit ihrer Längsrichtung in der Regel parallel, nur ausnahmsweise in einzelnen Individuen divergent zur Streckung. Dünne bis dickere parallele Lagen mit flachwelliger Oberfläche je aus Feldspäthen und Zoisiten wechseln gewöhnlich ab mit solchen aus Hornblenden und Pistaziten bestehend. Doch treten aber auch mitunter alle Gemengteile in allen Lagen auf, wobei in allen Flasern wesentlich die Hornblenden das umhüllende und die Feldspäthe das eingeschlossene Mineral darstellen. Zwischen diesen Lagen in Abständen von 1—2 cm und mehr durchziehen als *Gleithäute* (Fig. 1 und 5) parallel und schief in Winkeln von 30—70° hellere gelbgrünlche feinkörnige 0,60 bis 0,50 mm mächtige Schichten, die wesentlich aus chloritisiertem oder noch frischen und dann braunem Glimmer und Epidotkörnchen bestehen und zuweilen noch einzelne Hornblenden und Feldspäthe resp. abgesprengte Teile dieser Minerale mitführen.

Die schief zur Hauptstreckung streichenden Gleithäute (v. Fig. 1) verraten eine versteckte Transversalschieferung, deren Wirkungen sich besonders durch mechanische Deformation der Gemengteile, wie Stauchung, Umbiegung etc. und deren chemische Umwandlung dokumentiert. Hier ist die Dynamometamorphose am weitesten vorgeschritten.

Über die einzelnen Mineralien ist folgendes zu melden:

Hornblende.

Sie tritt in kompakter Ausbildung in kleinsten Dimensionen bis zu 1,40 Länge 0,65 mm Dicke auf, zeigt meist unregelmäßige oft chemisch korrodierte Begrenzung, durchweg zackige ausgefaserte Enden, selten Zwilligsbildung nach ∞ P ∞ (010), häufige Verwachsungen ungleich orientierter Individuen, keine Zonarstruktur, Winkel der prismatischen Spaltbarkeit = $125^{\circ}30'$. In Schnitten der Prismenzone wurden schwache Absonderungen, die ca. 110° schief auf den prismatischen Rissen stehen und wohl einem der Brachydomen angehören, beobachtet.

Pleochroismus: a hellgelblichgrün,
b moosgrün,
c bläulichgrün.

Absorption : c = b > a.

Optischer Charakter der Hauptzone negativ.

Optische Orientierung c : c = $16^{\circ}30'$.

Licht- und Doppelbrechung wie gewöhnlich.

Einschlüsse: Zirkon, Ilmenit mit Leukoxenumrandung und Titanit, ferner Epidotkörper (Pistazit), einmal war um den Epidot nur noch ein schmaler Saum von Hornblende vorhanden; es darf wohl hieraus auch auf eine Metamorphose der Hornblende in Pistazit geschlossen werden.

Den Kalkgehalt des Hornblende bezeugen gelegentlich in Spaltrissen auftretende Calcitausscheidungen.

An den Stellen größten Gebirgsdruckes metamorphosiert sich die Hornblende in pleochroitischen rotbraun-farblosen Glimmer (Biotit) (v. Fig. 2). Die Metamorphose beginnt sowohl von der bereits zerfaserten Oberfläche als auch im Innern von den Spaltrissen aus, wohl zuerst durch Bildung

von einer Art Gleithäutchen. Im' weitern Verlauf der Metamorphose geht dann der Glimmer in einen sich durch die bekannten tiefblauen Interferenzfarben auszeichnenden Chlorit über (Pennin), „hydatogene Pseudomorphose“.

Interessante Druckerscheinungen an Hornblende zeigt Fig. 1: Man bemerkt links oben schief zur Flas rung ein Stück Gleithaut, oben durch Seitenschub Absprengung von Hornblendepartikeln, ähnlich dem Vorgang der Protoklase in Fluidalstrukturen, und Ausfüllen der entstandenen Lücken mit den neu sich bildenden Mineralen Epidot und Biotit. Auf der gestauchten Hornblende sind in der Druckrichtung, hier senkrecht zur prismatischen Spaltbarkeit, feinste zum Teil bereits mit Biotit erfüllte Druckrisschen, ferner bei schiefer Beleuchtung mittelst dem Abbé'schem Apparat oder der Irisblende über dem Polarisator (Becke'sche Beleuchtungsmethode) feine Runzeln oder Fältchen, die sich auch auf die benachbarten Hornblenden in gleicher Richtung fortpflanzen, zu beobachten.

Die gewöhnliche rauhe Oberfläche der Hornblendedünn schliffe äußert sich in Schnitten parallel (010) ähnlich, auch durch kürzere und längere scheinbare wellenartige Erhöhungen und Vertiefungen parallel zu den prismatischen Rissen, so daß nun hier stellenweise die Fläche in kleine Quadrate geteilt erscheint. In Wirklichkeit ist die Oberfläche des Schliffes planeben, die Runzeln, Fältchen oder Wellen sind nur scheinbar: das Bild, das wir erblicken, entsteht aus den *durch Druck erzeugten 0,02—0,03 betragenden Unterschieden in der Intensität der Lichtbrechung*. Von Hornblende umschlossener Quarz erscheint wegen seiner schwächeren Lichtbrechung (0,095 Differenz der Brechungsexponenten) bei gleicher Beobachtungsweise vertieft, obwohl die Hornblende in Wirklichkeit nicht vorspringt. Durch diese Vergleichung mit Quarz, die auch die Bestimmung der Differenz erlaubte, dürfte obige Annahme bestätigt sein.

Durch Druck erzeugte Differenzen in der Lichtbrechung bei Mineralien habe ich auch schon bei Quarz aus einem Porphyr von Puntaiglas*) nachgewiesen.

*) Neues Jahrbuch für Mineralogie etc., Beilagebd. XI, Stuttgart 1897, Pap. 232.

Herr C. Viola in Rom, mein lieber Freund und Kollege, dessen Sachkunde ich diesen krystallographischen Fall vortrug, hat mir darüber auf sehr verdankenswerte Weise seine Ansicht dahin ausgesprochen, *dass eine Fältelung des Krystals wirklich vorliege*. In seiner bekannten scharfsinnigen Art beweist Herr Viola, daß durch die infolge der Pressung erzeugten Fältchen oder Runzeln die Lage des Fressnel'schen Ellipsoids sich ändert. An der Stelle also, wo eine Falte beginnt, stoßen zwei gleiche aber in verschiedener Stellung sich befindende Mineralien zusammen, so daß für jede Lage des untern Nicols ein senkrecht auf den Dünnschliff fallender Lichtstrahl im allgemeinen zwei verschiedenen Lichtbrechungsvermögen entspricht. Ist das Mineral eckig gebogen worden (plötzliche Stauchung), so wird die Biegung scharf erscheinen; geht die Biegung allmälig vor sich, so wird sich auch die Lage des Fressnel'schen Ellipsoids allmälig ändern, was durch die schon oben erwähnte *Becke'sche* Beleuchtungsmethode zum Ausdruck kommen muß. Die allmälige Änderung des Lichtbrechungsvermögens, hervorgerufen durch die allmälige Änderung der Lage des Fressnel'schen Ellipsoids wird daher die richtige Runzelung des Minerals zum Vorschein bringen. Das natürlich unter der Voraussetzung, daß das Mineral, wie das ja bei der Hornblende der Fall, doppelbrechend ist.

Der Unterschied der beiden Indices $\gamma - \alpha = 0,023$ bei der grünen Hornblende, stimmt nun in der That mit den beobachteten und empirisch geschätzten Differenzen in der Lichtbrechung und bestätigt die Ansicht des Herrn Viola.

Der

Feldspath

an Menge der Hornblende nachstehend, erscheint immer ohne krystallographische Begrenzung in kleinsten Körnern, Tafeln und Leisten bis zu 0,80 mm Länge, oft zerbrochen, gekrümmmt oder ellipsoidisch gestreckt. Einsprenglingsartige Individuen, scheinbar ein Residuum einer ursprünglichen Porphyrstruktur, sind selten. Ein solcher, orthotomer Art, linsenförmig, mit Druckrissen, mißt 5 auf 2 mm, in die Risse ist Pistazit eingewandert. Die toten Räume resp. die Augenwinkel der Linse sind mit Sericit, Glimmer und farblosem Granat aus-

gefüllt. Der Feldspath ist meistens bereits sericitisiert, doch ist da und dort noch Streifung sichtbar, woraus hervorgeht, daß außer dem Orthoklas auf den auch die chemische Analyse hinweist, noch Plagioklas anwesend ist. Beobachtet wurden Zwillinge nach dem Karlsbader — Albit — und Periklingesetz. Die Auslöschungsschiefe der Plagioklase weist auf die Albit-Oligioklasreihe.

Ein nächstwichtiger Component unseres Gesteins ist der von Hornblenden und sericitierten Feldspäthen oder von letztern allein umschlossene, oft mit Pistazit und Titanit verwachsene, im Gestein ziemlich gleichmäßig verteilte, der Epidotreihe angehörende

Zoisit

in unvollkommenen, verbogenen Säulchen von 0,15—0,80 mm Länge und bis 0,60 mm Breite, fast isometrischen, regellos begrenzten Querschnitten, auftretend. Beide Spaltbarkeiten nach ∞ P ∞ (010) in vollkommenem Grade, weniger scharf nach ∞ P ∞ (100) und die Querabsonderung parallel zum Pinakoid sind deutlich zu konstatieren. Ferner treten zuweilen noch scharfe geradlinige auf die Hauptspaltbarkeit im Winkel von ca. 124° treppenartig abgesetzte Risse auf.

Unser Zoisit ist wasserhell durchsichtig bis trübe durch zahlreiche feinste Einschlüsse. Bei ziemlich starker Lichtbrechung erscheint zwischen gekreuzten Nicols die bekannte hellblaugraue Interferenzfarbe, hie und da in gleich dünnen Schnitten mit schwach gelb Nr. 8. I. O. wolkig vermischt oder in 0,03 mm breiten parallel einem seitlichen Pinakoid orientiertem Streifen wahrnehmbar. Bei sehr starker Vergrößerung erkennt man hellgelbliche durch höhere Lichtbrechung aus dem grauen Untergrund hervortretende Knötcchen oder gekrümmte Fäserchen, welche die erwähnte Farbenmischung zu erzeugen scheinen. Vielleicht steht diese Beobachtung in Zusammenhang mit dem isodimorphen Charakter, der beiden Silicate Zoisit und Pisazit.* — Deutliche Axenbilder waren nicht erhältlich, doch glaubte ich in eini-

*) Vgl. *Tschermak und Spinöcz*, Betr. z. Kennt. d. Zoisits. Sitz Wiener Ak. Juni 1880. Bd. 82 Pag. 141.

Vgl. *Rosenbusch H.*, Phys. d. Gest. Bd. I. 1892. Pag. 486.

gen Schnitten nach dem basischen Pinakoid die Dispersion nach dem Schema $\rho > \nu$ und nach dem Brachipinakoid mit $\rho < \nu$ erkennen zu können.

Neben feinsten Erzteilchen durchziehen Flüssigkeits- oder Gaseinschlüsse in zahlreichen Reihen die Individuen nach allen Richtungen, oft in dünnen länglichen Formen, die dann immer parallel zur Hauptspaltbarkeit gerichtet sind. Zuweilen finden sich noch Hornblende, Glimmer, Rutil und Zirkon interponiert. Gegen Salzsäure verhielt sich das Mineral unlöslich. Während die eben beschriebenen Zoisite die Eigenschaften des rhombischen Krystalsystems erkennen lassen, weichen eine andere Reihe Kräställchen hievon ab. Die Lichtbrechung wird größer, die Doppelbrechung steigt bis gelb Nr. 9. I. O. und die optische Orientierung, verhält sich gleich wie bei einem monoklinem Epidot. Leider konnten keine genauern Bestimmungen gemacht werden, es scheint das Mineral dem von *W. Salomon*^{*)} aus den gequetschten Gesteinen des *Mortirolotales* beschriebenen *Klinzoisit* anzugehören. Bei einzelnen dieser Zoisite ist schaliger Bau resp. Verwachsungen beider Arten zu beobachten. Aus der Art und Weise des Auftretens der Zoisite in sericitierten Feldspäten oder zwischen den letztern und Hornblenden gewinnt man den Eindruck, daß zu ihrer Bildung außer den Feldspäthen auch die Hornblenden mitgewirkt haben müssen.

Etwas weniger verbreitet, zeigt der ebenfalls zur Epidotfamilie gehörende

Pistazit

selten scharfe Krystallformen, meist sind es kleinste ovale und eckige Körnchen bis zu stengelartigen Individuen von 1 m Länge anwachsend. Zwillingsbildung nach $\infty P \bar{\infty}$ (100) (vergl. Fig. 3 und 4) wurden mehrere mal beobachtet. Unser Pistazit ist farblos, zeigt ziemlich starke Lichtbrechung, starke phasenweise von innen nach außen oder umgekehrt steigende Doppelbrechung, die Interferenzfarben variierten vom Blaßgelb I. O. des Klinzoisits bis zu lebhaft grünen Tönen III. O., was auf zonar verschiedenen chemischen Gehalt (varierender Eisenwert) schließen läßt.

^{*)} Jahrb. f. Min., Geol. etc. Beilage Bd. XI. 1897. Pag. 366 u. s. f.

Auf beistehenden Fig. 3/4 geben die punktierten Linien die Phasengrenze an, bei Fig. 3 ist der Kern schwächer, bei Fig. 4 die mittlere Phase schwach, Kern und äußere Schale dagegen stärker doppelbrechend. Die meisten dieser Epidote sind eingehüllt mit einer dünnen, schwach doppelbrechenden, zerklüfteten unebenen Zersetzungsschicht, in der oft lange opake Nadelchen (Erze, Rutil?), Glimmer, Carbonate, Titanit, Hornblendereste eingebettet sind. Interpositionen wie bei Zoisit.

Die Untersuchung ergibt ferner, daß der Pistazit eine Metamorphose nach Hornblende resp. aus ihr hervorgegangen ist und daß fast gänzliches Fehlen von mechanischen Deformationen diesem Mineral die jüngste Stufe in der Altersreihe der sekundären Bildungen zuweist.

Titanit

in Kryställchen bis 0,16 mm, meist aber als regellose Körner, kurze Stengel bis 0,43 mm Größe und größere Körneraggregat überall verteilt, oft eingeschlossen oder verwachsen mit Hornblenden und Epidoten als Leukoxen, Ilmenit oder titanhaltigen Magnetit als deren Ausscheidungsprodukt umrandend; einzelne im Gestein freiliegende Titanite weisen durch ihre Form, Lage und Richtung ebenfalls auf diese sekundäre Entstehung.

Die Form der idiomorphen Schnitte ist selten spitzrhomatisch, häufiger langleistenförmig nach (001) gestreckt mit (110) (101) und wahrscheinlich (102) selten (123) und (011) als Begrenzungsflächen. Außer der gewöhnlichen pinakoidalen wurde noch eine eigenartige prismatische Zwillingsbildung, die sich schon unter \parallel N. durch hellere klare und dunklere trübe Lamellen und bei \perp N. durch abwechselnd rot und grüngelb interferierende Streifen kund gibt, beobachtet. Vielleicht könnte diese Zwillingslamellierung durch Druck erzeugt sein. An Stellen starker Gesteinsstreckung wurden Titanite bis auf das Vierfache ihrer ursprünglichen Länge ausgewalzt vide Fig. 5: Querschnitt durch eine Gleithaut.

Die Spaltbarkeit nach dem Prisma (110) tritt häufig auf, selbst schon im Leukoxen, sobald diese Neubildung eine ge-

wisse Mächtigkeit erreicht hat. Neben diesen Spaltrissen tritt noch eine andere leider unbestimmbare Absonderung auf.

Unser Titanit ist farblos oder durch zahlreiche opake Erzeinschlüsse getrübt. Auf tafelartigen Leukoxenschnitten zeigen sich schwarze im Winkel von ca. 60° aufeinanderstehende Nadeln, die wohl als Rutil aufgefaßt werden können.

Als ein sekundäres aus Hornblende ausgeschiedenes Mineral findet sich ziemlich häufig ein schon in der Beschreibung der Hornblende erwähnter

Biotitglimmer.

Wir treffen ihn namentlich in den Gleithäuten an den Stellen größter Stauchung oder Streckung in den Spaltrissen, an den Rändern und auf den Verwachsungsebenen der Hornblenden in dünnen Häutchen (0,002 mm) v. Fig. 2, oder in wirren und langgestreckten Aggregaten. Die Dimensionen gehen von den kleinsten bis 0,65 mm Länge. Ausgenommen einzelner mikrolitischer scharfer rautenartiger Schnitte fehlen durchweg krystallographische Umgrenzungen. Die Farbe ist schwachbraun in basischen Plättchen, tief rotbraun parallel zur Spaltbarkeit und senkrecht dazu fast farblos, die Absorption $c > b > a$. Basische Schnitte geben im Konoscop ein sich wenig öffnendes Kreuz. Optischer Charakter negativ. Umwandlung unter Ausscheidung von Ilmenit in Chlорit, wie bereits oben mitgeteilt wurde. Dieser Befund sowie charakteristische Licht- und Doppelbrechung ergeben einen titaneisenreichen der Biotitreihe angehörenden Glimmer.

Kurz anzuführen sind noch :

Farbloser Granat, Großular, ziemlich häufige in Aggregaten und einzelnen Körnchen von 0,11—0,42 mm Durchmesser, immer abgerundet, Rhombendodekaederform.

Quarz selten, offenbar sekundärer Bildung, in einzelnen Körnchen oder in Aggregaten, auch pegmatitisch mit Feldspath verwachsen, oft mit Druckerscheinungen.

Zirkon und **Rutil** in gut ausgebildeten Säulchen von höchstens 0,09 auf 0,02 mm.

Calcit nicht häufig.

Apatit ist nicht sicher nachzuweisen.

Die mühevolle quantitative chemische Analyse der Gafien-gesteine übernahm auf sehr verdankenswerte Weise Herr *Prof. Dr. Gustav Nussberger in Chur.*

Für den vorliegenden Hornblende-Zoisitschiefer sind die Resultate in folgender Tabelle unter Nr. I notiert. Zur Vergleichung wurden noch einige ähnliche Analysen massiger Gesteine eruptiver Herkunft aus weniger gestörten Gebirgen beigefügt.

I. *Hornblende-Zoisitschiefer, Gafenthal.*

II. *Kersantit, Stengerts im Spessart.*¹⁾

III. *Minette, Weiler im Unterelsass. (Link.)*²⁾

IV. *Durbachit, lamprophyrische Grenzfacies, Durbach, Schwarzwald.*³⁾

	I.	II.	III.	IV.
Si O ₂	51,18	51,80	52,70	51,05
Ti O ₂	Spur	—	—	1,76
Al ₂ O ₃	17,41	16,65	15,07	14,49
Fe ₂ O ₃	4,93	8,42	4,16	
	8,80			
Fe O		2,14	—	4,37
Mn O	—	0,29	—	—
Mg O	4,22	6,90	7,23	8,16
Ca O	8,42	7,35	5,33	5,11
Na ₂ O	3,49	3,68	3,12	1,85
K ₂ O	5,70	4,05	4,81	7,24
H ₂ O	0,01	1,32	2,38	1,05
C O ₂	1,29	0,50	—	—
Bo ₂ O ₃	Spur	—	—	—
C	0,05	—	—	—
Summa:	100,57	99,61	99,05	99,24

Die chemische Analyse bestätigt im wesentlichen die Resultate der mikroskopischen Untersuchung nämlich: Hoher Gehalt an eisenreicher Hornblende, an Epidoten, an orthotomem Feldspath und ferner die Abwesenheit von freiem

¹⁾ ³⁾ *Rosenbusch H.* Elemente der Gesteinslehre, Stuttgart 1898. Pag. 226 und 89.

²⁾ *Zirkel F.* Petrographie, Leipzig 1894. Bd. II. Pag. 349.

Quarz als Hauptgemengteil. Da im Weitern die Struktur unsers Hornblendeschiefers mechanisch deformiert ist und dessen Mineralien umkristallisiert wurden, so gibt nur die chemische Analyse die Möglichkeit die primäre Felsart, aus welcher dieses Gestein hervorgegangen sein dürfte, durch Vergleichung mit den Untersuchungsresultaten jener Eruptivas abzuleiten.

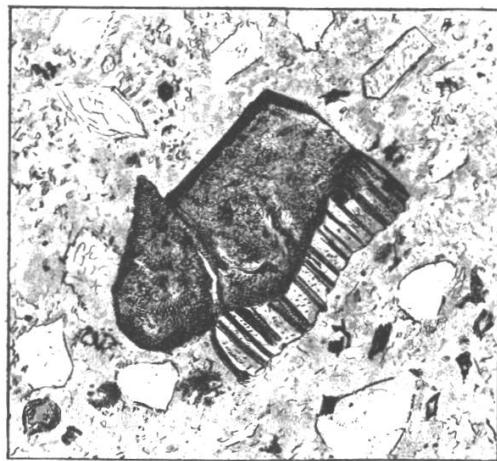
Die teilweise große Ähnlichkeit in Struktur und Mineralbestand ließ zuerst die Frage aufstellen, ob ein Amphibolit (Hornblendefels), der als Einlagerung in Gneiß und Glimmerschiefer weit verbreitet ist, vorliegen möchte; doch ergab die Durchsicht einer stattlichen Anzahl Analysen solcher Gesteine, die durchweg weniger Kieselsäure, Thonerde und Alkalien (Kali selten mehr als 1%), dagegen mehr Magnesia und Kalk enthalten und daher den Magmen von Gabbros und Diabasen entsprechen, eine verneinende Antwort.

Unsere Analyse, die einen hervorragenden Gehalt an basischen Bestandteilen namentlich Alkalien und speziell an Kali, bei einem Thonerdegehalt von 17, 41 % und gänzliche Abwesenheit von freiem Quarz konstatiert, führt in erster Linie auf das Magma eines *quarzfreien Orthoklasgesteins* zurück. Als solche sind bekannt die Lamprophyre, syenitische Ganggesteine oder die Grenzfacies ihrer Tiefengesteine, Lagergänge und basische Ausscheidungen derselben. Bei der Vergleichung einer großen Anzahl von Analysen derartiger Felsarten ergab sich nun eine überraschende Ähnlichkeit mit solchen von *Lamprophyren* aus der *Minette-Kersantitreihe*, von denen ein *Kersantit* aus dem Grundgebirge des *Spessarts*, eine *Minette* aus dem *Unterelsass* und ein *Durbachit*, die lamprophyrische Grenzfacies des *Granitits von Durbach* im nördlichen *Schwarzwald* am nächsten stehen und deren Analysen oben beigefügt sind.

Ist meine Auffassung richtig, so wäre also *der vorliegende Hornblendezoisitschiefer durch Dynamometamorphose (Regionalmetamorphose) aus einem Gestein der Lamprophyrfamilie hervorgegangen*.

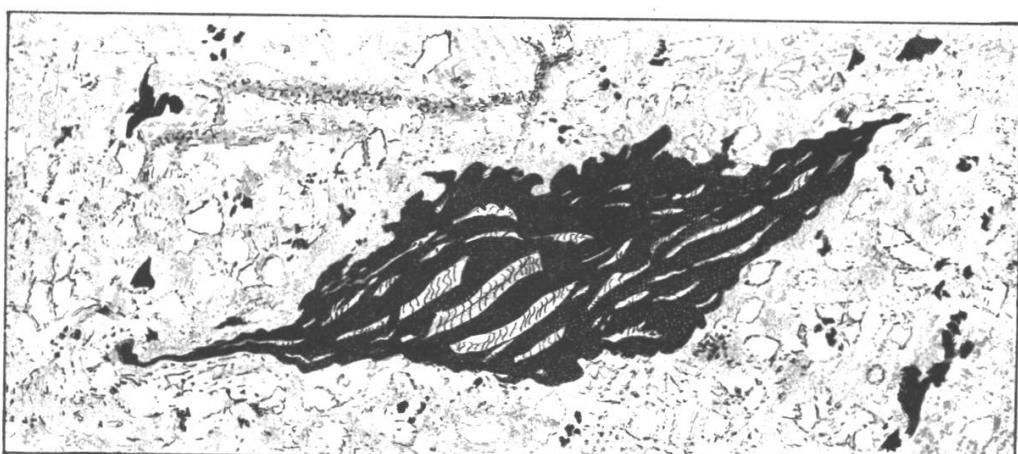
Casaninaschiefer

Gaisenthal, „auf den Bändern“



Vergr. 100. Auffallendes Licht.

Fig. 6. Pyrit mit Magnetit verwachsen im Casannaschiefer.



Vergr. 30.

Fig. 7. Graphitoid, eingeschlossen Magnetit und Quarz.



Fig. 8.

Casannaschiefer

(Taf. II, Fig. 6—8.)

unter dem Kalk des Kalklappens Nr. 4
 „auf den Bändern“.

Dieses halbkristalline den Alpengeologen wohlbekannte Gestein bildet die innerste Hülle des die Granit-Gneißmassive umfassenden Schiefermantels. Seinen Namen erhielt es von *G. Theobald* nach dem *Casannapass* im *Engadin*. In den ältern geologischen Studien von *Studer*, *Theobald*, *Ed. Süss*, *A. Favre* wird der Casannaschiefer meist als selbstständiges Gesteinsglied neben Thonschiefer, Glimmerschiefer oder Arkosen behandelt, während neuere Arbeiten z. B. *A. Heim* in seinen Beiträgen zur geologischen Karte der Schweiz Blatt XIV diese Benennung nicht mehr anführen, wohl aber die Gesteine in demselben Horizont als Sericit-Phyllite, in Arkosen übergehende Thonschiefer etc. erwähnen.

Eine chemische und mikroskopische Untersuchung des Casannaschiefers ist meines Wissens noch nicht vorgenommen worden, die vorliegende Arbeit dürfte daher nicht als unnütz betrachtet werden.

Unser Gestein von Gafien ist dunkelgraugrünlich, an der Oberfläche rötlich angewittert, undeutlich schiefrig durch einzelne Spaltflächen oder bankige Absonderungen. Parallelstruktur wird erst unter dem Mikroskop in Schnitten senkrecht zu den Absonderungsflächen bemerkbar, beim Anschlagen zerspringt das Gestein nach allen Richtungen, auf den Bruchflächen liegen zahlreiche kleinste braun oxydierte Pyrite, feinste weißglänzende Fäserchen und selten schwarze graphitartige Ausscheidungen. Thongeruch beim Anhauchen nur schwach bemerkbar, mit Salzsäure keine Reaktion.

Unter dem Mikroskop ergibt sich eine Grundmasse bestehend aus einem nahezu isotropen, amorphen, schwach lichtbrechenden, pelluciden, glasähnlichen und äußert spärlichen Untergrund, dessen Brechungsexponent etwa gleich dem des Canadabalsams ist und der mit den erwähnten Eigenschaften auf *Opal* schließen läßt; in diesem Untergrund liegen feinste gegen Salzsäure unempfindliche Körnchen, eine dem *Viridit*

ähnliche Substanz, wie sie von verschiedenen Autoren als Derivat von Olivin, Angit etc. beschrieben wurde, ferner zahlreiche feinste staubförmige graue Erzpartikel (*Magnetit*, *Limonit*?), die zusammen oft kleinere oder größere Flecken oder schlierige Partien bilden, massenhafte zwischen + Nicols lebhaft interferierende *Sericitfäserchen*, viele feinste Quarz- und selten *Calcit*körnchen.

Diese Grundmasse ist durchsetzt wesentlich von *Quarz* in scharfeckigen wenig abgerundeten Körnchen bis auf etwa 0,15 mm Größe und dünnen Splittern bis 0,25 mm Länge einzeln oder in dichten Scharen in der Masse freischwebend, nicht selten sind regelmäßige, gleichförmige und gleichorientierte Reihen; als Einschlüsse figurieren darin winzige, gelbe, stark licht- und doppelbrechende Körnchen mit beidseitig zugespitzten Enden (*Titanit*?) und andere feinste opake Flitterchen. Viele Quarze sind von einem feinen Sericithäutchen eingehüllt, andere zeigen deutlich an den Rändern Zersetzungsscheinungen. Die einzelnen Individuen löschen in der Regel einheitlich und oft undulös aus. Die Art des Auftretens verrät die meist allothogene, klastische Herkunft des Quarzes. Form und Größe der Körner gleichen auffallend denjenigen aus Meersand, den ich einst an der belgischen Küste der Nordsee sammelte.

In recht dünnen Schlitzen lassen sich ferner in Form kurzer Rechtecke, Rhomben, länglicher Hexagone oder isometrischer Körner scharf abgegrenzte 0,06 bis 0,14 mm messende aus einem Gemenge von Muscovit, Sericit, Talk, Chlorit, Häufchen gelbroter Körnchen, isotroper serpentinöser Mutterie, Quarz und Erzflittern bestehende *Aggregate* deutlich erkennen. Die Umgrenzung dieser Aggregate und deren Zusammensetzung erinnern an Pseudomorphosen nach Olivin oder nach Cordierit.

Als Nebengemengteile sind in der Reihenfolge der Menge ihres Auftretens anzuführen:

Pyrit bis zu 0,50 mm Größe in Hexaëdern, Octaëdern unregelmäßigen Formen, mit gerieften Krystallflächen, außen oft braun angelaufen, Umwandlung in Eisenhydroxyd. Recht häufig sind Verwachsungen mit *Magnetit*, wobei bald die

Hülle, bald der Kern aus diesem Mineral besteht. Auch körnige und kammartige Verwachsungen mit einem hellen stark weißglänzenden Erze (Nickel oder Cobalt) kommen vor. Beistehende Fig. 6 zeigt ein solches 0,26 mm großes Krystallchen, rechts die kamm- oder schichtenartige Verwachsung der beiden Erze. Als Einschlüsse figurieren *Quarzkörner* und *kohlige Substanz*, welche Erscheinung typisch auf die sekundäre Bildung dieser Erze hinweist.

Hieher gehören ferner schwarze Gebilde nach beistehend gezeichnetem Querschnitt Fig. 7. Bei scharfer auffallender Beleuchtung erscheint die dunkle Partie dieses Gebildes als ein Gemenge mattschwarzer großer und dunkelgrauer kleinerer Flecken, aus denen zahlreiche feinste Schüppchen und Körnchen in gelbem oder weißem lebhaften Metallglanz hervorleuchten, darin liegen helle Streifen aus gewundenem Stengelquarz. — Auf dem Platinblech gebrüht verbraunten die schwarzen Flecken, die grauen wurden rotbraun und dann mit Salzsäure geäzt unter Ausscheidung von Eisenchlorid gelöst. Mineralogisch bestand also dieses Gebilde aus einem Gemenge von *kohlinger Substanz*, (*Graphitoid*), *Eisenerzen* und *Quarz*. — Nach dieser Manipulation verblieb ein kieseliges aus genanntem *Stengelquarz* und ungelösten Erzkörnchen (*Pyrit*) aufgebautes zartes Gerüst oder Netz (v. Fig. 8), dessen Maschen die verbrannten und gelösten Gemengteile enthielten und die nun leer sind. Die Form der Maschen stellt plattgedrückte Linsen dar, deren Lage und Richtung die hellen Quarzstreifen auf der Zeichnung (Fig. 7) angeben. Das Gebilde hat seine jetzige Form durch Gebirgsdruck (Stauchung bez. Streckung) erhalten, darauf weist auch die Struktur des Quarzes hin. Aus dem Aufbau und der Gestalt des kieseligen Gerüstes geht hervor, daß Überreste von Tieren oder Pflanzen vorliegen, der erste Eindruck des Präparats war der von Spongien. Der Hergang wäre der, daß die leeren oder poröse organische nachher verkohlte Substanz enthaltenden Hohlräume durch Lateralsekretion mit Erzen und Quarz auskrystallisiert wurden.

An bestimmbarem Erze findet sich noch hier und da *Eisenglanz* in einzelnen scharf ausgeprägten Täfelchen von 0,05 mm und Häufchen ebensolcher Körnchen vor.

Der *Magnetit* zeigt öfters Umwandlung in Eisenhydroxyd. *Apatit* tritt selten in Säulchen 0,05 auf 0,10 mm auf.

Als *Glimmer* erscheinen der schon oben erwähnte *Muscovit* in dünnen 0,08 bis 0,23 mm langen oft gekrümmten Lamellen und ein *Biotit* in Täfelchen von 0,03 bis 0,06 mm Breite und 0,10 mm Länge. Dieser Glimmer ist pleochroitisch parallel zur Spaltbarkeit schwach dunkelbraun, senkrecht dazu hellbraun bis farblos. Plättchen nach der Basis gelblichgrün. Im Konoskop wurde undeutlich der nahe Austritt beider Axen gesehen und der optisch negative Charakter bestimmt.

Titanit selten in einzelnen rhombischen und regellosen Körnchen 0,03—0,05 breit und kurze Säulchen bis 0,08 mm Länge.

Rutil selten in gelben Säulchen bis 0,05 mm Länge.

Als *Turmalin* wurden bestimmt wenige isometrische Körnchen 0,02 und 0,08 mm lange Säulchen, er ist farblos — graugrünbläulich bis dunkelblau, $E > O$, zeigt wenige Spaltrisse.

Selten erscheinende dunkelgelbbraune, hellgelblich mit Stich ins Grünlische 0,08—0,12 großen Körnchen und 0,14 mm lange Säulchen mit einer zwischen 32 und 50° varierenden schiefen Auslöschung mittlerer Licht- und Doppelbrechung stehen dem *Augit* am nächsten.

Wenige 0,04 mm große gelbbraune isotrope oder sehr schwach doppelbrechende, risslose Körnchen mit scharfen Rändern dürften als *Picotit* zu bestimmen sein.

Einzelne hellgrüne *Chlorite* 0,07—0,11 die dunkelblauen Interenzfarben zeigend stellen ihrer Form nach Pseudomorphosen von Biotit dar.

Ausscheidung *kohlinger Substanzen* sind in feinsten Körnchen und in rußartigen Schlieren in allen Präparaten zu beobachten.

Die *chemische Analyse* *unsers Casannaschiefers* gibt folgende Tabelle unter I.

Zur Vergleichung wurden noch die Analysen II., III. und IV. von unserm Gesteine nahestehenden Felsarten beigefügt:

- I. *Casannaschiefer, Gafenthal «auf den Bändern»,*
 II. *Spilosit-Thonschiefer, Kontakt am Diabas vom Mittelkopf bei Hasselfelde.*

III. *Turmalinhornfels, 1 Fuß vom Kontakt eines Hornblendegranitits, der in Gangform einen dichten thonigen Glimmerschiefer durchbricht. Vom Mt. Willard, Newhampshire (Amerika).*

IV. *Grödener Sandstein, Südtirol.*

	I.	II.	III.	IV.
Si O ₂	66,29	67,53	67,88	72,46
Ti O ₂	Spuren	—	0,93	—
Al ₂ O ₃	8,76	10,42	14,67	10,59
Fe ₂ O ₃		2,79	2,37	1,77
	{ 11,52			
Fe O		4,55	3,95	—
Mg O	2,09	3,30	1,29	0,61
Mn O	—	Spuren	0,11	—
Ca O	0,63	1,51	0,30	0,60
Na ₂ O	0,58	3,37	3,64	1,29
K ₂ O	6,75	3,64	4,08	3,20
H ₂ O	0,12	2,81	1,01	2,69
C O ₂	3,83	—	—	—
Bo ₂ O ₃	Spuren	—	0,97	—
C	0,06	—	—	—
Org. Substanz	—	vorhanden	— CaCO ₃ 6,03	
Summa:	100,63	99,92	101,20	99,24

Die zwei beigefügten Analysen II und III sind der «*Allgemeinen und chemischen Geologie*» von *J. Roth*, Band III, Berlin 1890, Pag. 143, 139, entnommen, sie röhren her von
 II. *Kayser*, Zs. geol. Ges. 1870. XXII,
 III. *Hawes*, Americ. J. of sc. XXI. 22. 1881 und
 IV. *Rosenbusch H.*, Elemente der Gesteinslehre, Stuttgart 1898. 391.

Die Untersuchungen des Gesteins ergeben:

1) Den sedimentären Charakter aus dem Auftreten eines breccieusen allothigenen Quarzes und aus dem Vorkommen von Graphitoid.

2) Die Vorherrschaft von Magnesia über Kalk, von Kali über Natron und einen geringen Kalkgehalt, was auf ein Glied der Thonschiefer- oder Phyllitfamilie schließen läßt. Die große Menge namentlich von allothigenem Quarz herührender Kieselsäure ist als zufällig zu betrachten, wird sie reduziert, so steigt sofort das Prozentverhältnis für Thonerde und der andern Komponenten und tritt der chemischen Konstitution der Thonschiefer näher, wie sie aus den beigefügten Analysen II und III zu ersehen ist.

Die Arkose-Sandsteine, unter diesen der Grödener Sandstein, vide dessen Analyse IV, der in Südtirol*) als steter Begleiter und als Dach des Casannaschiefers auftritt, steht chemisch unserm Gestein näher als alle Thonschiefer und Arkosen, deren Analysen mir vorliegen.

3) Der überaus hohe Kaligehalt unseres Gesteins, der in dem Maaße weder in bekannten Phylliten oder in Thonschiefern noch bei Arkosen getroffen wird, die von der mikroskopischen Untersuchung konstatierten allothigenen Pyroxene, die Cordierit- oder Olivinpseudomorphosen und die fast gänzliche Abwesenheit von authigenem Quarz führen wieder auf ein *syenitisches Magma*, z. B. Olivin-Minette, zurück, ähnlich demjenigen, aus dem der oben beschriebene Hornblendezoisitschiefer (v. Seite 36) hervorgegangen ist.

4) Die Anwesenheit von Kontaktmineralien (Turmalin etc.) und die Ähnlichkeit der chemischen Konstitution mit Spilositen und Hornfelsarten aus den Kontaktzonen von Thonschiefer an Graniten, Diabasen (vergl. Analyse II und III der Tabelle) u. s. f. legen im Fernern Einwirkungen der Kontaktmetamorphose nahe.

Angenommen, daß in den Thonschiefern der feinste Detritus der Eruptivas, welche sie umhüllen, liege, so geht aus obigen Ausführungen hervor, daß unser Casannaschiefer das Kontaktprodukt aus dem Detritus des Hornblendezoisitschiefers darstellt, damit ist auch seine ausnahmsweise Stellung zu den bis jetzt bekannten Phylliten erklärt.

*) *Ed. Süss*, die Äquivalente des Rothliegenden in den *Südalpen*. Sitz. Wiener Ak. 1868, Bd. 57, Pag. 233.

Muscovit - Granatgneiss

Gafienthal, „auf den Bändern“



Vergr. 33.

Nic. †

Fig. 9.

Querschnitt einer Feldspathquarzlinse.

Karlsbaderzwillig in viele Teile zerrissen, verschoben und erodiert, von Glimmer eingefasst, Glimmer wachsen aus den Polen heraus, das Ganze eingebettet in einen Strom von zerriebenem Quarz und umgrenzt von Muscovit. Im Centrum des Feldspates liegt Granat.

F Feldspath, Q Quarz, M u. B Glimmer, G Granat.

Der Aufbau des Gesteins scheint *submarin* unter Mitwirkung von Quarzsand und organischen Stoffen stattgefunden zu haben.

Die *petrographische Bezeichnung* wäre
syenitischer Sericitphyllit,

womit kurz die Komposition, der Aufbau und die Herkunft bezeichnet ist.

Die Casannaschiefer und die sie unmittelbar begleitenden Gesteinsglieder sind der Sitz zahlreicher *Erzgänge*, besonders von *Eisen*, *Kupfer*, *Nickel* und *Cobalt* im *Wallis*, *Graubünden*, *Südtirol*, *Kärnten*, *Krain* etc.; in diesen Gesteinen liegen die berühmten *Zinnober*- und *Quecksilbervorkommisse* von *Idria* in *Krain*.

Auch unsere Felsart ist, wie die chemische Analyse angibt, verhältnismässig erzreich. Es ist daher anzunehmen, dass die verlorenen Gruben von Gafien, welche in alter Zeit den Werken von St. Anton die Erze lieferten, in den Schichten der Casannaschiefer wieder aufgefunden werden könnten.

Muscovit-Granatgneiss

(Taf. III, Fig. 9.)

„über den Bändern“ Gafien.

Dieser stark gequetschte *Glimmergneiss* ist schiefrig-flasrig in Augenstruktur übergehend, die Oberfläche der Lagen stark wellig, mit zahlreichen kleinen Gleitflächen und weißglänzenden Muscovitschuppen. Auf dem Querschnitt beobachtet man dünne flachlinsige Lagen aus Quarz mit solchen aus Chlorit oder aus einer feinkörnigen hellgrauen Masse abwechselnd. Die Farbe des Gesteins ist graugrünlich, das Korn fein, im Querschnitt sind einzelne bis 3 mm dicke rötliche Granaten bemerkbar.

Unter dem Mikroskop ergibt sich folgender Mineralbestand:

Feldpath

in Tafelform von höchstens 0,50 mm Breite oder in kurzen breiten Leisten, selten bis 4—5 mm Länge mit beiseitig zu-

gespitzten Enden. Lage und Art der eingeschlossenen Glimmer und Magnetitstengel deuten auf Streckung oder Auswaltung. Meist sind die Ecken durch Verwitterung mehr oder weniger abgerundet (vide Fig. 9), die Seiten eingebuchtet, viele Individuen auseinandergerissen, die Karlsbader Zwillingshälften verschoben oder umgebogen, alle Individuen mehr oder weniger sericitisiert, bei vielen war noch Zwillingsstreifung sichtbar nach dem Albitgesetz, Auslöschungsschäifen: $4\frac{1}{2}^0$, 6, 7, 9, 15, 21, 23^0 . Eine Reihe Kontakte von Feldspat mit Quarz und Muscovit und letztere unter sich nach der bekannten Methode «Becke» mit Bezug auf die Höhe ihrer Lichtbrechung vergleichend untersucht, ergaben für unser Mineral einen Brechungsexponenten, empirisch geschätzt, von 1,55 ähnlich dem *Andesin*. Aus den gemessenen Auslöschungsschäifen geht aber hervor, daß auch noch sauerere und basischere Arten vorhanden sein müssen. Kalifeldspäthe bilden gegenüber den Plagioklasen die Mehrheit.

Unsere Feldspäthe erscheinen oft eingehüllt von äußerst zierlichen büschel-, kranz- und rosettenartigen Aggregaten grüner chloritisierter Glimmer (v. Fig. 9), die auch etwa in dieselben hineinwachsen.

Sericit

in regellos begrenzten, meist in die Länge gezogenen, in der Form hier und da an Feldspäthe erinnernde Komplexe, auch in schlierenartig gestreckten Lagen als Gleithäute. Das äußerst feine schwer entwirrbare Gemenge von Leistchen, Schuppen und Fäserchen ist unterbrochen von etwa 0,07 mm langen gewundenen Bändchen, die sich einzeln und in Reihen in beliebiger Richtung durchschlingen. Nach außen und um die Einschlüsse verlaufen diese sericitischen Aggregate in farblose muscovitische Glimmer.

Als Einschlüsse im Sericit, wie im Feldspat, sind anzuführen: Ausgewalzte in der Richtung zur Gesteinsstreckung liegende dünne Stengel von Titaneisen und Magnetit, farblos-hellgelbgrüne 0,01 bis 0,08 mm lange Säulchen und Körnchen von Epidot, grüne Glimmerchen und selten Zirkonsäulchen.

Glimmer.

Vertreten sind ein farbloser alle Eigenschaften des *Muscovits* zeigender und ein *grasgrüner* der *Biotitreihe* angehörender Glimmer. In beiden Arten sind zahlreiche dünne in der Streckungsrichtung liegende Magnetitstengel eingeschlossen.

Der *farblose Glimmer* windet sich in langen schmalen Lamellen einzeln oder in verschlungenen Aggregaten, Krümmungen bis zu 180° bildend, durch das Gestein. Er zeigt parallel zum Nicolhauptschnitt eine schwache Lichtabsorption. Basale Blätter von den Schieferflächen des Handstückes abgetrennt ergaben im Konoskop ein Axenbild mit mittelgroßem Axenwinkel und den optisch negativen Charakter des Minerals. Bei der mikrochemischen Untersuchung mit Kieselflußsäure zeigten sich zahlreiche Würfelchen von Kieselfluorkalium und wenige hexagonale Formen des Kieselfluornatriums. Es ist dies der Beweis, daß neben dem Mucovit auch ein Natronglimmer, der *Paragonit*, jedoch in geringerer Anzahl vertreten sein muß.

Der *grüne Glimmer* tritt vor dem farblosen, mit dem er oft verwachsen ist, wesentlich zurück. Immer feinlappig stark zerfasert bildet er wirre Knäuel oder Büschel oder Kränze zwischen und die andern Gesteinscomponenten einfassend. Er ist pleochroitisch grasgrün mit einem Stich ins gelbliche parallel zur Spaltbarkeit, senkrecht dazu fast farblos. Basale Schnitte waren nicht aufzufinden. Alle sind in Chloritisation begriffen und daher unter gekreuzten Nicols fast immer die indigoblauen Interferenzfarben zu beobachten.

Als Einschlüsse im Muscovit sind noch anzuführen: Kleine braune Rutilssäulchen $0,015 \times 0,050$ mm mit annähernd quadratischem Querschnitt und Zirkon.

Hornblende.

Eingeschlossen in Glimmeraggregaten fanden sich einige wenige kompakt idiomorphe Hornblendekryställchen vor. Größe ca. $0,14 \times 0,10$ mm; Pleochroismus: Parallel zur Spaltbarkeit (prismatisch) hellgelbgrün, senkrecht dazu gelblich. Auslöschung $C : c = 14^\circ$. Epidotische Umrandung

in kompakter Schale oder in radialgestellten Körnchen, ein Individuum erschien bis auf einen kleinen Hornblendekern ganz epidotisiert.

Quarz.

Der nicht gerade reichlich auftretende Quarz erscheint in unregelmäßigen mehr oder weniger durch chemische Corrosion abgerundeten, durch zahlreiche Einschlüsse getrübten Körnern von 0,65 mm Größe, oft mehrfach zerbrochen; die Bruchklüfte mit zerriebenem zuckerkörnigen Quarz, Chlorit und Erzen ausgefüllt. Dieser zuckerkörnige Quarz, oft in nur 0,01 mm messenden Körnern, der seine Entstehung der Kataklase verdankt, bildet mit Glimmern zusammen Schlieren und Ströme, welche die Feldspäthe und größern Quarzindividuen umfließen und dadurch im Gestein eine Art Pseudo-fluidalstruktur, ein Gefüge, wie wir es sonst nur in Ergußgesteinen sehen können, erzeugen. Neben dieser Kataklase treten alle bekannten Druckerscheinungen auf. Auch die schon oben erwähnten Unterschiede in der Lichtbrechungsintensität konnten beobachtet werden.

Epidot.

Außer den bereits bei Sericit und Hornblende erwähnten Vorkommen erscheint dieses Mineral auch selbständig, jedoch selten in größern bis 0,44 mm langen regellos begrenzten Krystallchen, pleochroitisch schwach gelblich-farlos, er ist als Pistazit zu bestimmen.

Titanit.

Nicht gerade häufig in unregelmäßigen Körnchen bis 0,23 mm, selten in spitzrhombischen Schnitten, hellgrau mit den bekannten lebhaften Interferenzfarben. Zum großen Teil ist er als Leukoxen aus Titaneisen hervorgegangen.

Turmalin.

Bemerkenswert ist dieses Vorkommen: Säulchen von $0,90 \times 0,35$ mm, hemimorpher Bau, hexagonaler Querschnitt mit abgestumpften Ecken, schaliger Bau, Spaltrisse unregelmäßig nach OR, durchsichtig, nach E blaßrötlich, nach O dunkelgraugrün, Absorption $O > E$, im Querschnitt eine

0,04 mm dicke Schale mit kleinem hellen Kern im Centrum, optischer Charakter negativ. Einschlüsse: Magnetit und farbloser Glimmer.

Ein kleines Säulchen von 0,21 mm Länge zeigte abweichenden Pleschroismus für E hellgrün, für O dunkelgraugrün.

Granate.

In unserm Gestein treten auf:

1) Ein blaßrötlicher durchsichtiger *Almadin*, schon im Handstück zu bemerken, in Rhombendodekaëdern oder regellosen Körnern bis zu 4 mm Durchmesser, stark zerrissen und zerklüftet, von Quarz, Chlorit und Glimmer umschlossen und diese Minerale nebst Magnetit einschließend. Interessant ist die Beobachtung, daß die Granate einer mit Quarz erfüllten Kluft oder die nur zum Teil in dem Quarz hineinragenden Körner dieses Minerals gleich dem Quarz doppelbrechend erscheinen. Es scheint eine *Pseudomorphose von Quarz nach Granat* vorzuliegen.

2) Ein farbloser durchsichtiger *Grossular* bis 0,25 mm Größe, meist als Einschluß in Feldspath, seltener in Quarz, in oblongen an gestreckte Rhombendodekaëder erinnernde Formen, ohne oder nur mit wenigen Spaltrissen und hier und da mit braunen Erzflitterchen bis zu fleckiger Trübung durchzogen. Bemerkenswert ist ein solches spitzovales Korn, aus dessen spitzen Polen Büchel von Biotitblättern strahlenartig herauswachsen. Irgendwelche Umwandlungerscheinungen sind hier nicht zu beobachten.

Apatit

wurde nur in wenigen ca. 0,13 mm langen quergegliederten in Quarz eingeschlossenen Säulchen konstatiert.

Zirkon

tritt ziemlich häufig auf, wie schon oben bemerkt in Kryställchen bis auf 0,04 mm Länge in bekannter Art. Fast alle weisen oft zahlreiche Flüssigkeitseinschlüsse zum Teil mit Gaslibellen auf.

Erze

sind überall, hie und da zahlreich, durchstreut; Magnetit, Pyrit, Ilmenit und Eisenglanz in bekanntem Auftreten.

Resultat:

Struktur, Art und Auftreten seiner Mineralien verweisen das Gestein in die Familie der

flasrigen Glimmergneisse,

der hervorragende schon im Handstück sichtbare Gehalt an Muscovit und Granat in die Serie der

Muscovit-Granatgneisse.

Aus der gänzlichen Abwesenheit von Calcit und dem geringen Gehalt an Epidoten unter den Derivaten der Feldspäthe wird die Vorherrschaft des Kalifeldspathes über die Plagioklase mit Kalknatrongehalt bestätigt und aus allem darf geschlossen werden, daß in chemischer Beziehung die Felsart als abstammend einem alkalireichen und quarzarmen Eruptivgestein den *Orthogneissen**) zugehörig sein dürfte, wenn auch keine chemische Analyse vorliegt.

Mit diesem Befund wäre in Bezug auf die chemische Konstitution eine gewisse Verwandtschaft zwischen diesem Muscovit-Granatgneiß und dem Hornblendezoisitschiefer mit seinem Abkömmling dem Casannaschiefer dargethan.

Dolomite.

Untersucht wurden folgende «auf den Bändern» anstehende Gesteine:

- I. Kalkriff Nr. 4 am Kontakt mit Casannaschiefer,
- II. „ „ 1 „ „ „ Hornblendeschief.

Beide Dolomite sind im Handstück hellgrau und dicht, zeigen viele etwas hellere kieselige Adern und feinste mit Calcit angefüllte Sprünge nach allen Richtungen.

Unter dem Mikroskop erscheint die Struktur namentlich bei I: allotriomorphkörnig übergehend in einen besonders bei II. bemerkbaren panidiomorphen Aufbau, die Korngröße bei erstem ca. 0,05 betragend, erreicht bei letztem bei einzelnen einsprenglingsartigen Individuen 0,45 mm. Fast alle diese Individuen, letztere ausnahmslos, haben sich als *Bitterspath* erwiesen. Der *Kalkspath* tritt nur in feinen Körnchen,

*) Rosenausch H., Elem. d. Gesteinslehre, Stuttgart 1898, § 353.

die Bitterspathaggregate umhüllend, und in Äderchen, das Gestein durchziehend, auf.

Der Bitterspath ist gegenüber dem Kalkspath erkenntlich an seiner mehr oder weniger krystallographischen Umgrenzung und an seinem stärkern Lichtbrechungsvermögen.

Die Farbe ist je nach der Dicke des Schliffes, wahrscheinlich veranlaßt durch feinste Interpositionen, hell bis dunkel gelblichbraun, die schwache Pellucidät des Gesteins erschwert die mikroskopische Beobachtung, doch ist sowohl Lichtbrechung als Absorption noch bemerkbar.

Durch Glühen wird der Dünnschliff gebleicht, es scheint daher die Interpositionen der Karbonate röhren wenigstens zum Teil von kohligen Pigmenten her. Nach dem Glühen zerfällt das Präparat schon bei Behandlung mit ganz schwacher Säure unter heftigem Aufbrausen in feine Körnchen unter Lösung des Kalkspates, es ist dabei deutlich zu erkennen, daß der letztere im Gestein die Rolle eines Cementes, der die Bitterspathaggregate sowohl als die Quarzkörnchen der kieseligen Adern und Klüfte verkittet, spielt.

Behandlung des ungeglühten Dünnschliffs mit violett gefärbter verdünnter Essigsäure, welche den Bitterspath erst nach längerer Zeit, den Calcit dagegen sofort angreift, hat obige Beobachtung durch Hervortreten des Calcits als violette Äderchen und Körnchen bestätigt.

Außer den beiden Karbonaten und dem Quarz der Klüfte erscheinen im Gestein noch einzelne Pyrit- und Magnetikörnchen und wenige unbestimmbare opake Säulchen in kleinsten Dimensionen.

Die chemische Analyse der beiden Dolomite von Herrn Prof. *Dr. Nussberger* ergab in 100 Teilen Gestein bei

	I.	II.	Schlerndolomit
Ca CO ₃ . . .	54,175	54,445	54.75
Mg CO ₃ . . .	40,845	39,300	44.81

Die Beimengungen wie Quarz, Thonerde etc. wurden nicht speziell bestimmt.

Das Mineral Dolomit, Dolomitspath oder Bitterspath, dem Doppelsalz Ca Mg CO₃ entsprechend besteht aus,

54,23 Ca CO₃ und 45,77 Mg CO₃
oder 1,185 „ „ auf 1,000 „ „

Wird nach diesem Verhältnis die Menge der Mineralkomponenten unserer Gesteine aus obigen Analysen berechnet, so ergeben sich bei

	I.	II.	b. Schlernd.
an <i>Bitterspath</i> Ca Mg CO ₃ . .	89,247	84,958	98,90
„ <i>freiem Kalkspath</i> Ca CO ₃ . .	5,773	8,787	1,66
hiezu an <i>freien Beimengungen</i> . .	4,980	6,255	0,44
	Sa.: 100,000	100,000	100,000

Diese auch mit der mikroskopischen Untersuchung übereinstimmenden Resultate erlauben unsere beiden Felsarten als *eigentliche Dolomite im engern Sinne* nach *Rosenbusch**) aufzufassen.

Zur Vergleichung wurde noch der *Schlerndolomit* aus den Wengener Schichten vom *Schloss Wolkenstein* bei Gröden, Tirol, einer der reinsten bekannten Dolomite, obiger Tabelle beigefügt.

*) Elemente der Gesteinslehre. Stuttgart 1898. Pag. 408.

Petrographische Übersicht der untersuchten Felsarten.

Schematisches Gesteinsprofil „auf den Bändern“ Gafenthal.

Von oben nach unten.

Submarine sedimentäre Bildungen:

I. *Dolomit*:

Wesentlich Bitterspath, wenig Kalkspath, wenig Quarz.

54,175 % Ca CO₃, 40,845 % Mg CO₃.

II. *Casannaschiefer*:

Wesentlich allothigener Quarz, Sericit und Eisenerze.

66,29 Si O₂ 8,76 Al₂ O₃ 11,52 Fe₂ O₃ + Fe O
2,09 Mg O 0,63 Ca O 0,58 Na₂ O 6,75 K₂ O

= *Syenitischer Sericit-Phyllit*,

Derivat des Hornblendezoisitschiefers.

Eruptivas.

III. *Hornblendezoisitschiefer*:

Wesentlich Orthoklas, Hornblende, Zoisit, Erze.

51,18 Si O₂ 17,41 Al₂ O₃ 8,80 Fe₂ O₃ + Fe O
4,22 Mg O 8,45 Ca O 3,49 Na₂ O 5,70 K₂ O

= *Quarzfreies Orthoklasgestein*.

= *Syenitische oder lamprophyrische Gang- oder Grenzfacies*.

IV. *Muscovit-Granatgneiss*:

Wesentlich Feldspäthe (Orthoklas), Sericit, wenig Plagioklas, Muscovit, wenig Quarz, grüne Glimmer, Granat, Eisenerze.

= *Kaligranit oder Syenit*.

Grundgebirge.

