

**Zeitschrift:** Mitteilungen der Thurgauischen Naturforschenden Gesellschaft  
**Herausgeber:** Thurgauische Naturforschende Gesellschaft  
**Band:** 8 (1888)

**Artikel:** Ueber die Gesteine der sedimentären Mulde von Airolo  
**Autor:** Grubenmann, U.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-593858>

#### **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:** 14.12.2025

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

# Ueber die Gesteine der sedimentären Mulde von Airolo.

Ein Beitrag  
zur Kenntnis metamorphosirter Gesteine

von

Dr. U. Grubenmann.

Zwischen dem Centralmassiv des St. Gotthard und dem Massiv der Tessiner-Alpen liegt muldenförmig eingekleilt eine sedimentäre Schichtenreihe von Marmor und Kalk, Dolomit und Rauchwacke, Gyps und Anhydrit, grauen Kalkglimmerschiefern, schwarzen, Granat führenden Schiefern, sowie grau-lich- bis schwarzgrünen Schiefern mit Disthen-Gehalt. Sie lässt sich in einzelnen Gliedern, insbesondere im Dolomit, Gyps und den Granat führenden Schiefern schon am Nufenen- und Griespass konstatiren, von welcher Lokalität der verstorbenen *B. Studer* in seiner Geologie der Schweiz (I. Bd. pag. 196) im Jahre 1851 ein erstes Profil veröffentlicht hat. Nachher folgt sie, nur fetzenweise aufgeschlossen, bis nach Airolo dem südlichen und nördlichen Hang des Bedretto-Tales, biegt dann bei dem benachbarten Valle nordostwärts, den untern Teil des Val Canaria bildend, um nachher wieder in östlichem Streichen nach dem Val Piora sich zu wenden, wo sie sowohl den teilweise recht breiten Talgrund, als auch die beiderseitigen Gehänge formirt und bis zur Lukmanierstrasse sich verfolgen lässt. Die Breite dieser sedimentären

10741  
126533

Mulde wechselt sehr bedeutend; zwar ist dieselbe wegen Ueberdeckung mit modernen Alluvionen zuweilen recht schwer oder nur höchst zweifelhaft zu erraten; immerhin lässt sich ersehen, dass ihre Oberflächenentwicklung von Westen nach Osten allmälig zunimmt und an der Lukmanierstrasse etwas über 4 km beträgt. Am Gries und Nufenen deutet *Studer* ihre Lagerung als Fächerstruktur; im Canaria-Tal fällt sie mit 60—75° nordwestwärts, d. h. in den Berg hinein. Das schönste Profil gewinnt man beim Aufstieg von Valle (am Eingang des Canaria-Tales) nach den Alpe Pontino, am besten, wenn man der Runse nach aufklettert, die der von den genannten Alpen in das Canaria-Tal niederstürzende Bach in das teilweise sehr leicht erodirbare Gehänge eingefressen hat.

Die erste mir bekannt gewordene Darstellung der genannten Schichtenfolge gab *Karl von Fritsch* in der „geognostischen Karte des St. Gotthard“ (1 : 50000) und im zugehörigen Profil 8 seiner geologischen Bearbeitung des Gotthard-Gebietes.<sup>1</sup> Auch die geologische Uebersichtskarte der Gotthardbahnstrecke Erstfeld-Castione von Dr. *F. M. Stappf* gibt auf Blatt V (Airolo) eine Abbildung von zum Teil tatsächlichen, zum Teil rekonstruirten Verhältnissen. Dreimaliger, in den Jahren 1885, 1886 und 1887 erfolgter, längerer und kürzerer Ferienaufenthalt in Airolo und auf Piora gab mir günstige Gelegenheit und Musse, den geologischen Verhältnissen dieses Gebietes einlässlichere Aufmerksamkeit zuwenden und insbesondere von dem obgenannten Profile eine möglichst sorgfältig ausgesuchte Gesteinssuite zu sammeln.

Die theoretische Triebfeder zu diesem Unternehmen lag in der Hoffnung, günstiges Material zu gewinnen für die Erscheinungen der sogenannten *Dynamo-Metamorphose* der Gesteine. Ursprünglich hegte ich den Plan, durch die Eingangs beschriebene muldenförmige Einlagerung sedimentärer Gesteine mehrere Profile zu ziehen, entsprechend der verschiedenen Breitenausdehnung der Zone, um womöglich aufzudecken, welche Mineral- und Gesteinsneubildungen und Umformungen einer stärkeren und schwächeren Zusammenpressung des noch zu bestimmenden Muttergesteines entsprechen würden, und

<sup>1</sup> Beiträge zur geologischen Karte der Schweiz; 15. Lieferung; Bern 1873.

um vielleicht auch über das Quantum der jeweiligen Neubildungen etwelche Anhaltspunkte zu gewinnen.

Leider war es mir nicht möglich, den gehegten Plan durchzuführen, teilweise aus Mangel an Zeit, hauptsächlich aber deshalb, weil ich die Zone nur an dem obgenannten Profile durchgängig aufgeschlossen fand, während an anderen scheinbar passenden Stellen grössere Teile derselben durch mächtige Alluvionen tief eingedeckt sind oder die Vegetation sich auf dem meist leicht verwitterbaren Felsen rasch in dichten und zusammenhängenden Rasen ausgebreitet hat. Meine weiteren Darstellungen beschränken sich deshalb auf ein spezielleres Studium des bereits von *v. Fritsch* (l. c. p. 134) aufgestellten Profiles, das ich nach seiner Anlage im grossen und ganzen bestätigen kann. Es wird sich im Verlauf der Mitteilungen Anlass bieten, gelegentlich im Streichen der Schichten ost- und westwärts abzuspringen.

Ich habe mir selbst von allen Gesteinsproben zahlreiche Dünnschliffe hergestellt, mehrfach in 3 zu einander senkrechten und orientirten Richtungen; eine grössere Zahl von schwieriger zu fertigenden Querschnitten durch schiefrige Gesteine liess ich mir durch die rühmlichst bekannte Firma Voigt & Hochgesang in Göttingen herrichten. Das Studium aller dieser Schliffe lieferte den Hauptinhalt der nun folgenden Mitteilungen, denen noch eine Reihe chemischer Analysen einverleibt sind, die im Laboratorium der thurgauischen Kantonsschule ausgeführt wurden. Ich benutze an dieser Stelle gerne die Gelegenheit, meinem Assistenten, Herrn Dr. *E. Lang*, der mich bei diesen chemischen Arbeiten tatkräftig unterstützt hat, für seine Mitarbeiterschaft meinen besten Dank zu sagen.

\* \* \*

## 1. Die untere Zone von Gips, Rauchwacke und Dolomit.

Am Eingang des Val Canaria tritt da, wo der von Pontino herabstürzende Bach in den Hauptfluss des Tales einmündet, etwas Gips zu Tage, der zufolge seiner Löslichkeit in Wasser, sowie auch zufolge seiner Weichheit im weitern nur sanfte, abgerundete Terrainformen aufkommen

lässt. Es ist derselbe Gips, der in seiner Fortsetzung den steilen Abbruch der östlichen Talwand bildet, und durch ununterbrochenes Abbröckeln mehr und mehr nach dem Pian alto hinauf sich ausnivellirt. Dort hatte schon *v. Fritsch* erkannt, dass „ein grobkörniger, lichtrötlichgrauer Anhydrit den Kern der ganzen Ablagerung bildet“. Den seinerseits im Gips aufgefundenen Mineralien: Quarz, Pyrit, Glimmer, Talk, Turmalin und Disthen habe ich einzig noch lichtgelbliche Zirkon-Kriställchen hinzuzufügen, die ich im Rückstande einer feiner pulverisirten und mit Salzsäure und viel Wasser ausgelaugten Probe eines verwitterten Gipses durch das Mikroskop zunächst an ihrer Gestalt ( $P, \infty P \infty$ ), ihrem hohen Brechungsvermögen und der starken Doppelbrechung zu erkennen vermochte. Ausgelesene Stücke am Platindraht mit Soda zu einer Perle geschmolzen, gaben nach langsamem Erkalten die hexagonalen Täfelchen von  $Zr O_2$ . Hingegen genügte die zur Verfügung stehende Substanz nicht, um auch die von *G. H. Bailey*<sup>1</sup> angegebene Methode praktisch zu verwerten.

Steigt man dem seitlichen Bach entlang bergan, so lässt sich schon nach wenigen Schritten zwischen der lückenhaften Rasendecke erkennen, dass das Gips- (resp. Anhydrit-) Lager eingeschlossen ist von einer dünnen Lage cavernöser, rötlich-gelber Rauchwacke und einer Haut von zuckerkörnigem Dolomit von blendend weisser Farbe, durchschwärmt von einem lebhaft glänzenden, äusserst feinschuppigen weissen Glimmer. Eisenschüssiger Calcit und glasglänzende Quarzbrocken bilden den bloss 1 bis 2 em dicken Kitt gegenüber den Disthen führenden Schiefern, mit denen das zu besprechende Profil anhebt.

## 2. Die erste Zone der zweiglimmerigen (sog. „Disthen führenden“) Schiefer.<sup>2</sup>

Das hier vorliegende Gestein, das ich in einer nur um ein wenig dunkleren Färbung wiedergetroffen habe an dem Gehänge, welches auf Val Piora am Lago Ritom nördlich

<sup>1</sup> On a method of separation and examination of Zirkonium, Journal of chemical society 1886 Bd. 49; Neues Jahrbuch 1887 I. 116.

<sup>2</sup> Von Fritsch. I. c. pag. 122.

aufsteigt, zeigt eine graugrüne bis dunkelgrüne Farbe und auf der Schieferungsfläche deutlichen Perlmutterglanz, der zuweilen talkähnlichen und chloritischen Habitus annimmt. Der Bau ist ein scheinbar grobblättriger mit Neigung zu stengeliger Struktur. Bricht man den Schiefer in der Fallrichtung entzwei, so erscheinen zwischen den gröbren Schieferblättern stark glas- bis perlmutterglänzende Flächen dunkelgrüner Glimmeraggregate (3 mm breit und 6—13 mm lang), die linsenartig übereinander liegen, nebeneinander sich ausskeilen und so eine etwas wellige Schieferung (Ausweichungs-Clivage?) erzeugen. Auch die Oberfläche nimmt zuweilen ausgezeichnet feinwellige Gestalt an. Da und dort erblickt man zwischengelagerte graulichbläuliche Disthenlamellen. Glasschelle, reich querzerklüftete bis fast körnige Quarzadern, die parallel der Schieferung streichen, wachsen gelegentlich zu stärkeren Knauern an, begleitet von weissen und eisen-schüssigen Calciten. Insbesondere bei solchen Kieselsäure-ausscheidungen sind die weisslichbläulichen Cyanite in perlmutterglänzenden, oft verbogenen Bändern und spießigen Stengeln in die Quarzklüfte eingekleilt, zuweilen strahlige Büschel formirend. Ausgelesene und gereinigte Cyanitstengelchen ergaben bei der chemischen Analyse:

	Berechnet für $Al_2 Si O_5$
$Si O_2$ . . .	36,85 % . . . . 36,90
$Al_2 O_3$ . . .	63,12 % . . . . 63,10
	99,97 % 100

Spezifisches Gewicht: 3,6034.

Die Schiefer zeigen beim Anhauchen Tongeruch. Die Mächtigkeit der einzelnen Schieferlage beträgt nach meinen Beobachtungen kaum mehr als 5 cm; als Zwischenschieferungs-masse figurirt ein farbloser bis gelblicher und rötlicher Quarz. Die ganze Schieferbildung ist an der bezeichneten Stelle kaum 2 m mächtig; nördlich des Lago Ritom ist sie vielleicht 6 m stark; v. Fritsch nimmt östlich des genannten Sees sogar eine Mächtigkeit von gegen 20 m an.

Unter dem Mikroskope treten in unregelmässigen Lappen *zwei Glimmer* hervor, von denen der eine farblos und optisch zweiaxig mit ziemlich grossem Axenwinkel, der andere pleochroitisch, parallel den basalen Spaltrissen graugelb, senkrecht dazu graugrün oder braungelb und scheinbar optisch einaxig

erscheint. Letzterer ist etwa doppelt so stark vertreten und bestimmt die Farbe des Gesteins. Weder in der Verteilung noch in der Umgrenzung der beiden Glimmer konnte irgend welche Gesetzmässigkeit erkannt werden; hingegen sind gegenseitige Verwachsungen nicht selten. Beiden Glimmern eingelagert sind zahlreiche, gelbe, stark lichtbrechende, kaum pleochroatische *Rutilnädelchen*, zuweilen in der bekannten sagenartigen Verwachsung und Anordnung, vielfach den Spaltrissen der Glimmerblättchen parallel gestellt. An grösseren Formen sind Ecken und Kanten meist abgerundet. Neben den knieartigen Zwillingsverwachsungen kommen auch Körner vor. Das mikroskopische Bild ist ziemlich reich an *Turmalin*, bald in mikrolithischer Ausbildung, bald in grösseren, deutlich hemimorphen, oft quer gegliederten Säulchen, welche parallel  $c$  violett-grün, senkrecht dazu blassrosa gefärbt erscheinen mit Absorption  $O > E$ ; auch zonale Farbenzerteilung konnte beobachtet werden; im Zentrum fanden sich gelegentlich Zusammenhäufungen von Rutil (?) - Mikrolithen. Farbloser Quarz tritt ohne selbständige Begrenzung und ziemlich spärlich nur in Körnern auf. Dem Auge leicht auffallend erscheint der *Disthen* in farblosen, stark lichtbrechenden Bändern, stengeligen Gebilden und Fasern, die zufolge der kräftigen Doppelbrechung sehr lebhafte Polarisationsfarben zeigen. Entsprechend der vollkommenen Spaltbarkeit nach *M* ist er von vielen Längsrissen durchzogen; seltener sind rauhe, abgebrochene Spaltrisse nach *T*. Die Durchklüftung parallel den Gleitflächen *P* kommt als schief gerichtete Quergliederung der Bänder und Leisten zum Ausdruck, durch welche die sonst geraden Säulen zuweilen als gebogen oder zerbrochen auftreten; die Gleitklüfte keilen sich nach innen allmälig aus und gehen selten ganz durch. Terminale Flächen wurden keine getroffen; die Enden der Bänder sind vielmehr zumeist zackig oder ganz unregelmässig gestaltet. Die Durchschnitte sind farblos, gelegentlich im Innern blau (Cyanite). Durch ihre runzelige Oberfläche und die starke randliche Totalreflexion treten die Disthene mit grobem Relief aus der Bildfläche heraus; die Schiefe der Auslöschung beträgt gegenüber den besten Spaltrissen laut vielfachen Messungen  $30-31^\circ$ . Da die Disthene meist der Schieferung parallel eingelagert sind, so konnte in

Querschliffen auf annähernd  $P$  entsprechenden Flächen eine schief austretende positive Bissectrix beobachtet werden. Höchst selten wurden Rutileinschlüsse getroffen, auch Turmalin, in ihrer Längsrichtung parallel gelagert der besten Spaltbarkeit. In einzelnen Fällen, wo die Disthenschnitte der Fläche  $M$  entsprachen, schien farbloser Glimmer aufzuliegen oder vielmehr aus dem Disthen hervorzugehen; eine ähnliche Umwandlung von Disthen in farblosen Glimmer wollte auch auf Schnitten parallel  $T$  konstatiert werden. Dergleichen Verwachsungen und Umwandlungen konnten ebenso im losen Gesteinspulver und in den Niederschlags-Fraktionen der mechanischen Analyse mehrfach wahrgenommen werden. Lange nicht so häufig wie der Disthen, tritt der *Zoisit* auf, ebenfalls bloss in stenglichen Aggregaten mit Querkluftung parallel der Basis, Gleitflächen entsprechend, mit gerader Auslösung parallel und senkrecht zu den sehr zahlreichen und scharfen Spaltrissen in allen Schnitten nach der Prismenzone. Die Axenebene wurde immer nur in der Basis gefunden, bei positivem Charakter der Doppelbrechung und  $a$  als spitzer Bissectrix. Der Axenwinkel ist klein, die Dispersion  $\rho > v$ . Die Schnitte waren entweder farblos oder leicht grünlichgrau, auch gelblichgrau, ohne sichtbaren Pleochroismus, die randliche Totalreflexion und das Relief etwas weniger stark als beim Disthen, hingegen die Polarisationsfarben niedrig, grau bis graublau. Während die kleinen Individuen tadellos rein waren, erschienen in grösseren Formen ziemlich häufig runde Flüssigkeitseinschlüsse, die sich zu Haufen zusammenscharen, auch röhrenförmige Kanäle, der Spaltbarkeit parallel laufend. Zu Umwandlungen und Verwitterung ist der Zoisit leicht disponirt; er nimmt gerne Aggregatpolarisation an und kann sich in farblosen Glimmer pseudomorphosieren. *Zirkon* konnte in abgerundeten, länglichen Körnern bis Kriställchen mehrere Mal gesehen werden. An einzelnen Stellen der Schliffe traten amorphe, schwarze und opake, bei abgeblendetem Spiegel mit starkem Metallglanz versehene *Erzpartikel* auf, zuweilen mit einer braunen Verwitterungskruste umgeben; schärfere viereckige Formen oder etwas gestreckte Sechsecke waren selten zu beobachten. Bei Behandlung solcher Schliffpartien oder herauspräparirter einzelner Partikel mit Salzsäure trat allmälig Auflösung ein; die Lösung gab starke Eisenreaktion;

Prüfung auf Titangehalt war erfolglos. Es liegt somit wohl *Magnetit* vor. Daneben fanden sich noch unzweifelhafte Pyrit-Kriställchen. Nicht unerwähnt will ich lassen, dass die von *Cathrein*<sup>1</sup> beschriebenen Verwachsungen von Magnetit und Rutilnädelchen hier auch meinerseits wahrgenommen werden konnten.

Hauptsächlich in der Absicht, die genauere chemische Zusammensetzung der beiden Glimmer zu erfahren, wurde ungefähr 1 kg des beschriebenen Gesteins nach dem in der Petrographie üblichen Verfahren der mechanischen Analyse unterworfen. Die nach erfolgter Reinigung des Gesteinspulvers vermittelst des Magneten und Elektromagneten in konzentrirter Thouletscher Lösung ( $s = 3,19$ ) zuerst niedergefallene Fraktion enthielt trüben und klaren Disthen, Zoisit und Rutil. Da behufs weiterer Trennung die Kleinsche Lösung mir leider nicht zu Gebote stand, musste ich mich damit begnügen, an unter dem Mikroskope ausgelesenen Partikeln die vorgenannten Mineralien mikrochemisch nachzuweisen und ihre Gegenwart zu erhärten, insbesondere im Zoisit mit Kieselflusssäure *Ca* und *Al* (letzteres als Cæsiumalaun), und ferner den Rutil an der Hand der bekannten *Ti*-Reaktion mit  $H_2 O_2$ . Staurolithe, die ich in diesem Pulver noch vermutete, habe ich vergebens gesucht. Die blättrige Struktur des Gesteinspulvers machte dessen weitere mechanische Trennung recht schwierig. Obgleich nur in kleineren Portionen gearbeitet wurde, blieben selbst die Disthen- und Zoisitblättchen noch lange schwebend und fielen erst bei fortschreitender Verdünnung der Lösung bis zum spezifischen Gewicht von 3,1 allmälig völlig nieder. Die Hauptmasse dieser Niederschläge wurde indessen gebildet durch Verwachsungen der Disthene und Zoisite insbesondere mit weissem Glimmer und wohl auch von Uebergängen der ersteren in die letzteren. Die Fraktion, welche zwischen 3,11 und 3,08 sich ausschied, wurde daher gesondert für sich noch zweimal der mechanischen Trennung unterworfen, um die mitgefallenen, zersetzen und glimmerverwachsenen Disthene zu entfernen, bis schliesslich ein Material übrig blieb, das als

<sup>1</sup> Ueber die mikroskopische Verwachsung von Magneteisen mit Titanit und Rutil. Z. X. 1884. VIII. 321—329.

sogenannter „weisser Glimmer“ der chemischen Analyse unterworfen werden durfte. Bei 3,00 begannen Verwachsungen von schwarzgrünem und weissem Glimmer auszufallen und erst bei 2,900 konnten die niedergefallenen Blätter als nahezu reiner und „dunkler Glimmer“ erkannt werden; noch zweimalige Fraktionirung der zwischen 2,91 und 2,89 ausgefallenen Flitter brachte alsdann unter dem Mikroskop hinreichend rein erscheinendes Material zu Stande.

Um den trotz allem noch vorhandenen Mangel an absoluter Reinheit bei beiden Glimmern tunlichst zu kompensiren, wurden bei der chemischen Analyse die meisten Bestimmungen drei- und viermal ausgeführt, so dass die nachstehend aufgenommenen Doppelresultate als Mittelwerte anzusehen sind. Die eingeschlagenen Aufschliessungs- und Bestimmungsverfahren waren die allgemein gebräuchlichen. Hinsichtlich des Wertes der Wasserbestimmung ist jedoch die Bemerkung zu machen, dass es uns leider nicht möglich war, den Wasser gehalt nach der Methode von *Ludwig & Sipöcz*<sup>1</sup> zu ermitteln; das Verfahren des Glühens im schwer schmelzbaren Glasrohr mit vorgelegter Chlorcalciumröhre flösst nicht viel Vertrauen ein; deshalb begnügten wir uns, die bei 110° getrocknete Substanz im Pt-Tiegel bis zum konstanten Gewicht zu glühen, wobei dann beim schwarzen Glimmer die Oxydation von  $Fe_2 O_2$  in  $Fe_2 O_3$  bei der Ausrechnung berücksichtigt wurde. Herr Dr. *Lang* erhielt bei der Analyse des „weissen Glimmers“ die nachfolgenden Resultate:

	I.	II.
$Si O_2$	34,90	34,82
$Al_2 O_3$	48,92	48,85
$Fe_2 O_3$	Spuren	Spuren
$Ca O$	10,88	10,83
$Na_2 O$	2,33	2,69
$K_2 O$	0,49	0,59
$H_2 O$	3,05	3,30
	100,57	101,08

Spezifisches Gewicht: 3,1095.

<sup>1</sup> Zeitschrift für analytische Chemie. XVII. 206.

Wird statt des gefundenen Kali die äquivalente Menge Natron gesetzt und schliesslich die Analyse auf 100 berechnet, so resultiren folgende Zahlen:

	<i>Ir.</i>	<i>IIr.</i>	Berechnet f. $Si_2 Al_4 Ca H_2 O_{12}$
$Si O_2$	34,72	34,44	30,00*
$Al_2 O_3$	48,64	48,32	51,50
$Ca O$	10,82	10,74	14,00
$Na_2 O$	2,79	3,24	—
$H_2 O$	3,03	3,26	4,50
	100	100	100

Der weisse Glimmer ist somit wohl als ein *Kalkglimmer*, *Perlglimmer* oder *Margarit* zu bezeichnen; doch weicht seine prozentische Zusammensetzung zufolge des Eintrittes eines isomorphen Natrium-haltigen Silikates von den theoretisch geforderten Zahlenwerten noch recht weit ab. Beispiele von annähernd gleich zusammengesetzten Margariten sind mir nicht bekannt geworden; auch ist die Möglichkeit, dass durch beigemengte Disthen-Flitter der Gehalt am  $Si O_2$  und  $Al_2 O_3$  etwas hinaufgeschraubt wurde, nicht ganz ausgeschlossen, weshalb darauf verzichtet wird, aus den Resultaten eine Formel zu berechnen.

Die kleinen, schneeweissen und perlmutterglänzenden Blättchen und Schüppchen zeigen eine ausgezeichnete basale Spaltbarkeit, sind aber etwas spröde. Bei Versuchen, mit dem *Lattermannschen Apparat*<sup>1</sup> die Schlagfigur zu gewinnen, sprangen die Blättchen mehrfach in zahlreiche Stücke auseinander. Immerhin liess sich konstatiren, dass die optische Axenebene orthodiagonal ist, wie beim Muskovit, dass mithin ein Glimmer erster Art vorliegt. Die beiden Axenbilder erscheinen unter dem Mikroskope im konvergenten Lichte ungleich deutlich; der Axenwinkel erwies sich als ein grosser, konnte jedoch wegen Mangels eines entsprechenden Axenwinkelapparates nicht genauer bestimmt werden.

Bei der Analyse des „dunklen Glimmers“ ergaben sich nachfolgende Resultate:

<sup>1</sup> Rosenbusch, mikroskopische Physiographie I. 477. 2. Auflage.

	I.	II.
$Si\ O_2$	40,56	40,96
$Ti\ O_2$	0,38	0,43
$Al_2\ O_3$	21,84	22,10
$Fe_2\ O_3$	6,02	7,25
$Fe\ O$	5,91	5,27
$Mg\ O$	14,08	14,13
$K_2\ O$	6,41	5,87
$Na_2\ O$	3,07	3,19
$H_2\ O$	2,31	2,25
	100,58	101,45

Spezifisches Gewicht: 2,9001.

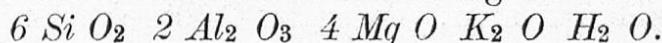
Setzt man in diesen Resultaten für Titansäure, Eisenoxyd, Eisenoxydul und Natron die entsprechenden äquivalenten Mengen von Kieselsäure, Tonerde, Magnesia und Kali, und rechnet die so gewonnenen Zahlen auf 100 um, so erhält man die Werte:

	Ir.	Ir.	$K_2^1\ M$
$Si\ O_2$	41,97	42,04	42,96
$Al_2\ O_3$	26,43	27,39	24,58
$Mg\ O$	17,84	17,36	19,08
$K_2\ O$	11,38	10,91	11,23
$H_2\ O$	2,38	2,30	2,15
	100	100	100

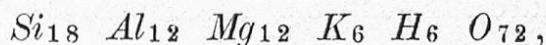
Hieraus ergeben sich die Verbindungsverhältnisse:

	$Si\ O_2$	$Al_2\ O_3$	$Mg\ O$	$K_2\ O$	$H_2\ O$
I	0,700	0,256	0,446	0,120	0,132
II	0,700	0,265	0,434	0,115	0,127

und daraus unter etwelcher Abrundung die Formel:

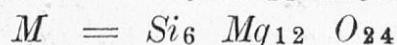
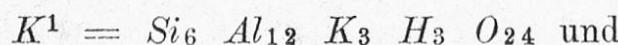


Wird diese verdreifacht zu



so lässt sich dieselbe unter Anwendung der *Tschermakschen* Moleküle<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Die Glimmergruppe. II. Teil pag. 35; Sitzungsberichte der Wiener Akademie der Wissenschaften; Bd. LXXVIII 1878.



deuten als ungefähr zusammengesetzt nach  $K^1 M$ , somit als einen *Meroxen*, von welchem oben die theoretisch berechnete Zusammensetzung mit aufgeführt wurde. Die Uebereinstimmung der Werte muss angesichts der schwierigen Verhältnisse, unter denen das verwendete Material zu gewinnen war, noch als eine ziemlich leidliche bezeichnet werden.

Die dunkelgrünen bis schwarzen Blättchen sind ausgezeichnet pleochroitisch; die Basisfarbe ist graugrün, die dazu Senkrechte graugelb. Die Schlagfigur weist der optischen Axenebene eine klinodiagonale Lage an, so dass ein Glimmer zweiter Art vorliegt. Der Axenwinkel ist sehr klein; man glaubt in manchen Fällen einen einaxigen Glimmer vor sich zu haben. Von Schwefelsäure wird er vollkommen zersetzt.

Bei der Analyse des Disthen führenden Schiefers wurden nachfolgende Resultate erhalten:

	I.	II.
$Si O_2$	. . .	40,20
$Ti O_2$	. . .	2,00
$Al_2 O_3$	. . .	26,72
$Fe_2 O_3$	. . .	3,12
$Fe O$	. . .	4,08
$Ca O$	. . .	4,12
$Mg O$	. . .	11,39
$K_2 O$	. . .	6,12
$Na_2 O$	. . .	0,57
(Glühverlust) $H_2 O$ u. $C O_2$	2,22	2,18
	<hr/> 100,54	<hr/> 100,18

Spezifisches Gewicht: 3,0092.

Berücksichtigt man, dass  $Mg O$  durch den *Meroxen*,  $Ca O$  durch den Margarit in das Gestein eingeführt wird, so lässt sich durch Rechnung finden, dass das Mengenverhältnis der beiden Glimmer im Gestein sich ungefähr wie 20 : 9 verhält, mit andern Worten, dass der dunkle Glimmer etwa doppelt so stark vertreten ist, als der helle, womit auch die Wahrnehmung unterm Mikroskope im grossen und ganzen übereinstimmt.

An diese Disthen führenden Schiefer schmiegen sich in vielfacher Wechsellagerung leichtwellig geschieferete, ton- und kalkhaltige quarzitische Schiefer; in den einen derselben herrscht der weisse, kleinlappige Glimmer (Margarit?) etwas vor und daher ist das Gestein weiss und auf den Schieferflächen lebhaft perlmutterglänzend, in den andern bleiben die beiden vorhin erwähnten Glimmer so ziemlich im Gleichgewicht und es erhält das Gestein eine weiss-graugrün gefleckte Farbe bei Perlmutterglanz bis Fettglanz; man glaubt sericitische Schiefer vor sich zu haben. Unter dem Mikroskope gewahrt man ausser den beiden Glimmern querzerklüftete, hemimorphe Turmalinsäulchen, parallel  $c$  dunkelgrünviolett, senkrecht dazu blassrosa bis hyazinthrot gefärbt. Es erscheinen lange, quergliederte Zoisitstengelchen, welche in ihrer Längsrichtung ( $|| c$ ) einen leicht gelblichgrünen Ton zeigen, in der horizontalen Zone (parallel  $a$  und  $b$ ) dagegen durchaus farblos sind, mit Einschlüssen von Turmalin und Rutil. Auch das schwarze, opake, bei abgeblendetem Spiegel stark metallglänzende Erz (Magnetit?) mit den aufgewachsenen feinen Rutilnadelchen stellt sich wieder ein. Grünlicher Glimmer erscheint in Pseudomorphosen nach Zoisit, und in verwittertem Gestein bemerkt man den Uebergang des letztern in Carbonat, unter Ausscheidung von Quarz.  $Ca\text{C}O_3$  und  $SiO_2$  treten besonders in Querschliffen in unregelmässigen Körnern auf, die durch ein Netz von regellosen Sprüngen und Klüften in weitere Brocken zerteilt werden. Disthen werden seltener gesehen.

Endlich nimmt der Schiefer durch Verwitterung eine rosa- bis rostrote Farbe an; neben dem farblosen Glimmer tritt ein rotgefärbter auf, welcher parallel der basalen Spaltbarkeit gelblichgrau, senkrecht dazu rostbraun erscheint; die oxydierte Form des früheren Meroxen. Man gewahrt unter dem Mikroskope sehr viele Rutilkriställchen in feinsten Sagenitgeweben, Turmalinsäulchen (parallel  $c$  graugrün, senkrecht dazu farblos), langspiessige, querzerklüftete Zoisite, deren Aggregatpolarisation die beginnende Zersetzung andeutet; dazwischen drängen sich schmutzige Quarzitkörner.

Für einen weissen, tonhaltigen Quarzitschiefer mit zwischengelagertem  $Ca\text{C}O_3$  ergab sich folgende chemische Zusammensetzung:

<i>Si O<sub>2</sub></i>	...	25,99
<i>Al<sub>2</sub> O<sub>3</sub></i>	...	8,95
<i>Fe<sub>2</sub> O<sub>3</sub></i>	...	3,89
<i>Ca O</i>	...	29,70
<i>Mg O</i>	...	3,59
<i>K<sub>2</sub> O</i>	...	2,84
<i>Na<sub>2</sub> O</i>	...	0,84
<i>C O<sub>2</sub></i>	...	23,86
		99,66

Spezifisches Gewicht: 2,5792.

Durch Zwischenlagerung eines etwas schiefrigen, teils weissen, teils eisenschüssigen, bräunlichen Quarzites, der unter dem Mikroskope unreine Quarzkörner und eingedrängtes Carbonat nebst geringen Schüppchen des farblosen und eines rötlich gefärbten pleochroitischen Glimmers, wenige Turmalinsäulchen und Magnetit erkennen lässt, geht die schiefrige Gesteinsfolge über in

### 3. Die Granat führenden Tonglimmerschiefer,

welche mit dem bräunlichen Quarzite zirka zehnmal wechseln. Von diesen Schiefern bestehen zwei Komplexe: ein unterer, bloss etwa 1 m mächtiger, von heller, rostbraun gefleckter Farbe und deutlichem Perlmutterglanz auf frischen Flächen, und ein oberer von 4 m Mächtigkeit, dessen Farbe mehr schwarzgrau und dessen Glanz etwas schwächer ist. Zwischen beiden eingekleilt liegt, 10 m mächtig, graubrauner, körniger Quarzit, der unter dem Mikroskope das Bild zertrümmerter Quarzmassen darbietet, mit spärlichen hellen Glimmerschüppchen und opaken Erzmassen, auch Pyritkriställchen mit eisenhydroxydisch gefärbter, amorpher Hülle, Oktaädern von Magnetit und Rhomboädern von Hämatit.

Die schwarzgrauen Schiefer finden sich in der nämlichen Form am Wege von Airolo nach Fontana, auf den Alpe di Lago nördlich von Pian alto, sowie an den Abhängen, die den Lago Ritom von Norden her einfassen. Immer ist es ein grauer bis schwarzer, schimmernder, verwachsen feinschuppiger Tonglimmerschiefer, der zwischen den wellig verbogenen Glimmerblättchen bald grössere, bald kleinere, aber immer deutliche Granatknötchen einschliesst. In einzelnen

Fällen jedoch sind diese förmlich plattgedrückt, so dass das ursprüngliche  $\infty O$  nur in vier- oder sechsseitigen siegelartigen, geblätterten Eindrücken erscheint. In diesen knotigen Schiefern kommen nach *B. Studer*<sup>1</sup> Belemniten vor. Sie wurden von ihm bei Fontana gefunden, desgleichen am Nufenen, wo sie 1814 auch von *Charpentier* und *Lardy* schon getroffen worden waren; man hat deshalb das Alter dieser Schiefer als jurassisch taxirt.

Mehrfahe, zur Schieferung parallele Dünnschliffe, sowie diverse orientirte Schliffe lassen unter dem Mikroskope nachfolgende Tatsachen erkennen: Kleine Lappen eines farblosen, zweiaxigen Glimmers (*Margarit*) verschlingen sich mit solchen eines pleochroitischen einaxigen Glimmers (*Biotit*?), der parallel der basalen Spaltbarkeit graugrün, senkrecht dazu rostbraun erscheint. Der körnige, durch unregelmässige Klüfte zerbrockelte *Quarz* bildet halbgeschichtete Zwischenlagen, zuweilen auch körnige Anhäufungen. Sämtliche Präparate sind reichlich durchsetzt mit schwarzer bis bräunlicher organischer und schmutzig grauer toniger Substanz. Eingebettet finden sich zahlreiche *Turmalsäulchen* (parallel *c* graugrün bis bräunlichgrün, senkrecht dazu rosarot), ziemlich viel *Rutil* in Körnern und den bekannten kneartigen Verwachsungen grösserer Kriställchen, — auch als Sagenitgewebe im Glimmer, — zuweilen wieder vergesellschaftet mit dem als Magnetit erkannten opaken Erze, kürzere, quergegliederte *Zoisitsäulchen*, oft in strahliger Zusammenordnung, seltener frisch, sondern meist bereits etwas zersetzt, wie die bunte Aggregatpolarisation verrät. Vor allem aber haftet das Auge an den butzenartigen Ausscheidungen einer stark lichtbrechenden und unregelmässig zerklüfteten, durchsichtigen, isotropen Substanz, farblos bis rosarot gefärbt und stark mit organischer Substanz durchschwärmmt. Sie sind nach ihren optischen Verhältnissen und an ihren Umrissen als *Granat* zu deuten. Als Einschlüsse enthalten sie überdies Sagenitgewebe. An einigen Stellen liess sich beobachten, wie der dem Granatkristall zugewiesene Raum strahlig durchsetzt wird von querzerklüfteten stenglichen Massen mit hohem Lichtbrechungsvermögen, gerader Auslöschung und niedrigen Polarisationsfarben — wohl als

<sup>1</sup> Geologie der Schweiz, I. 375.

Zoisit zu deuten; an andern Orten konnten genau dieselben morphologischen Verhältnisse wieder gefunden werden bei absolut isotropem Verhalten der Substanz. Sollte hier eine Umwandlung von Zoisit in Granat vorliegen? Ich bemerkte auch einen Schnitt durch Granatsubstanz, welche längs einer sie durchziehenden Zoisitader verworfen erschien. In einem andern Querschliffe, der senkrecht zur Schieferung, aber in der Richtung des Fallens gelegt worden war, zeigte sich der Granat parallel zerklüftet mit zwischengelagerten Quarz- und Erzmassen, die sich überdies auch in der unmittelbaren Umgebung der Granatausscheidungen oft sehr stark zusammenhäufen. Endlich sei noch bemerkt, dass die Glimmerblättchen in der Regel die Granate nach Art der Migrationsstruktur umhüllen, was übrigens auf dem Gesteinsquerschnitte zum Teil auch schon makroskopisch zu beobachten ist. In zersetzten Gesteinszonen fängt Carbonat an, in den lappigen Gebilden des Glimmers sich einzufinden.

Alle Versuche, aus diesem Gestein die beiden Glimmer oder den Granat zu isoliren, schlugen fehl; letzterer blieb immer viel zu unrein und erstere liessen sich selbst durch vielfaches Fraktioniren nicht genügend voneinander trennen; farblose und rostbraune Blättchen blieben stets gemischt. Indessen konnte mikrochemisch am farblosen Glimmer unschwer *Ca*, am braunen neben Eisen und Aluminium deutlich *Mg* und am Granat *Al* und *Ca* nachgewiesen werden, so dass hier die Anwesenheit von Margarit und Meroxen, sowie diejenige eines Kalktongranates anzunehmen ist.

Die Analyse des Gesteins führte zu folgenden Resultaten:

<i>Si O<sub>2</sub></i> . . .	72,24
<i>Ti O<sub>2</sub></i> . . .	3,01
<i>Al<sub>2</sub> O<sub>3</sub></i> . . .	11,79
<i>Fe<sub>2</sub> O<sub>3</sub></i> . . .	2,99
<i>Fe O</i> . . .	1,74
<i>Ca O</i> . . .	4,06
<i>Mg O</i> . . .	0,80
<i>K<sub>2</sub> O</i> . . .	0,85
<i>Na<sub>2</sub> O</i> . . .	0,97
(Glühverlust) <i>H<sub>2</sub> O, CO<sub>2</sub></i>	2,30
	100,75

Spezifisches Gewicht: 3,5667.

#### 4. Der Kalkglimmerschiefer.

Folgt man dem Profil schluchtaufwärts weiter, so kommt man nunmehr in eine mittlere Zone von ungefähr 300 m Mächtigkeit, über welche der Bach in mehreren Wassertälern herunterstürzt. Das Gestein wird ein hellgrauer, tonig-schiefriger Kalk, dessen Schieferungsflächen mit glänzend weissen oder leicht grauen Glimmerblättchen bedeckt sind. Durch den Wechsel von Kalk und Glimmerblättchen ist die Masse deutlich ziemlich ebenflächig geschichtet. Ausscheidungen von bröcklichen und etwas eisenschüssigen Quarzknauern, an denen kleine Blättchen eines talkartigen Minerale adhäriren, kleinere Zwischenlagen eines mehr dünn-schiefrigen Sandsteins mit Kalk- oder Toncement und eingestreuten hellen oder rosaroten Glimmerschüppchen, halb schiefriger, halb körniger, stark eisenschüssiger Quarzit bringen in die monotone Profilstrecke, die nach oben in grobkörnigen weissen Marmor von etwa 1,5 m Mächtigkeit übergeht, etwas Abwechslung. *Escher von der Linth* hat im Val Piora in solchen Kalkglimmerschiefern unbestimmbare, aber unzweifelhafte organische Reste gefunden. *V. Fritsch* (l. c. p. 113) hat diese ganze Profilpartie als Marmor kolorirt.

Das mikroskopische Bild der verschiedenen Dünnschliffe, die von einer Anzahl einschlägiger Gesteinsproben hergestellt wurden, zeigt denselben uniformen Charakter. Kohlensaurer Kalk herrscht weitaus vor in Gestalt unregelmässiger, lappiger und körniger, grösserer und kleinerer Gebilde, in denen neben dem irisirenden Glanze insbesondere die Zwillingslamellirung nach —  $\frac{1}{2} R$  sehr schön zum Vorschein kommt und Zeugnis ablegt für die im stark gestauten Gebirge herrschenden Druckwirkungen; viele Körner erscheinen als ausgesprochene polsynthetische Individuen; auch nicht unbeträchtliche Verbiegungen der Zwillingslamellen lassen sich beobachten. Die eingestreuten, hellen, optisch zweiaxigen Glimmerblättchen mit undeutlicher *Ca*-Reaktion (Margarit?) sind oft stark wellig verbogen. Alle Präparate sind mit organischer (graphitischer?) Masse durchstäubt, zwischen welcher schwarzes opakes Erz erscheint. Körniger, zerklüfteter Quarz mit undulöser Auflösung tritt zuweilen in stärkeren Anhäufungen auf und begleitet gelegentlich Zoisit-Skelette, deren übrige Teile sich

unter Quarzausscheidungen in  $Ca-CO_3$  pseudomorphosirt haben. Als Seltenheit konnten auch abgerundete Zirkone gesehen werden.

Eine typische Gesteinsprobe zeigte folgende chemische Zusammensetzung:

$SiO_2$	21,96
$Al_2O_3$	1,43
$\{Fe_2O_3\}$	0,78
$\{FeO\}$	
$CaO$	46,11
$MgO$	0,61
$CO_2$	30,04
	100,93

Spezifisches Gewicht: 2,7674.

Das Gestein besteht somit zu ungefähr  $\frac{3}{4}$  aus kohlen-saurem Kalk, und zu  $\frac{1}{4}$  aus Ton und Quarz nebst etwas Glimmer.

## 5. Die zweite Zone der zweiglimmerigen (Disthen führenden) Schiefer.

Auf den vorigen Kalkglimmerschiefer (nach *Kalkowsky*<sup>1</sup> wohl richtiger Calcitglimmerschiefer genannt) legt sich eine zweite Zone zweiglimmerigen Schiefers in einer Mächtigkeit von 1,5 m, in der nämlichen Weise überlagert, wie in der tiefern Abteilung von einem ton- und carbonathaltigen eisen-schüssigen Quarzit und einem 4 m mächtigen, schwarzgrauen, gröber geschichteten Calcitglimmerschiefer, in welchem auf dem Querschnitte die Lagen grauen, glimmerhaltigen Tones von den weissen 1—2 mm dicken Kalklagen von blossem Auge scharf zu unterscheiden sind. Auch hier bilden sich in diesen gelegentlich kräftigere Zwischenlagen eines grobkristallinischen Marmors und gelbbraunen körnigen Quarzes aus. Die örtlichen Verhältnisse sind für Gewinnung von frischem Material äusserst ungünstig; doch repetiren sich im allgemeinen die Verhältnisse der tiefern, bereits besprochenen Abteilung.

<sup>1</sup> Elemente der Lithologie, p. 199.

Der zweiglimmerige Tonglimmerschiefer selbst ist sehr zart geschichtet, von grauer Farbe und perlmutterglänzend, mit faseriger Struktur. Die dunklen Glimmer treten auf der Schieferungsfläche in Gestalt langgezogener, mehr oder weniger paralleler, breiterer oder schmälerer Linien hervor; in der Richtung des Fallens der Schichten aber erscheinen sie auf dem Querbruche als breitere Blätter, die in der Regel zur Schieferungsfläche normal stehen, so dass man wiederum den Eindruck eingelagerter, dunkler, blättriger Linsen erhält, deren längste Ausdehnung parallel der Schieferung und in der Richtung des Fallens der Schichten liegt; durch eingedrungene Wasser haben sich rostbraune Striemen erzeugt.

Die mikroskopischen Bilder entsprechen so ziemlich den früher beschriebenen. Beide Glimmer erscheinen in unbestimmten lappigen kleinen Formen, die vielfach ineinander greifen und sich gegenseitig auslösen. Der weisse Glimmer hat abermals die Eigenschaften eines Margarites (spröde, optisch zweiaxig mit grösserem Axenwinkel; mikrochemisch konnte  $Ca$  nachgewiesen werden), der dunkle hingegen diejenigen eines pleochroitischen scheinbar einaxigen Biotites (Meroxen?), parallel der Spaltbarkeit von graugelber Farbe, senkrecht dazu dunkel graugrün. Die accessorischen Rutile und Turmaline sind in der mehrfach erwähnten Weise vorhanden; Quarz bildet das Zwischenmittel. Opake, schwarz glänzende Erzmassen mit gelbbrauner Limmonithülle sind an sich zersetzende Glimmer gebunden; zwischen ihnen kann körniges Carbonat erkannt werden. Angewitterte Zoisitstengelchen mit Aggregat-Polarisation und mehrfach zerbrochen, scheinen bald in pleochroitischen Glimmer überzugehen, bald wird ihre Form strenge von Quarz kopirt und daneben findet sich ausgeschiedenes  $CaCO_3$ . Umgekehrt trifft man aber auch das Carbonat in zoisitischer Gestalt und den Quarz in nachbarlichen Körnern. Disthenschnitte wurden keine getroffen. Durch die ganzen Präparate drängt sich erdiger graugelber Ton und eine Menge von braunschwarzen organischen Einsprenglingen.

## 6. Die obere Zone von Gips, Dolomit und Rauchwacke.

Diese streicht in östlicher Richtung am Fusse des steilen Gehänges nördlich von Airolo und Valle hin und wendet sich von dort in einem gegen Südost geöffneten flachen Bogen nach dem mittleren Teile des Canariatales, wo sie bei den Alphütten Pautan an den Fluss tritt und dann ostwärts weiter streicht. Unser Profil schneidet diese Zone in einer wilden Erosionsschlucht, in welcher ein unruhiges Rutschterrain die Begehung recht schwierig und viele Stellen geradezu unzugänglich macht, weshalb von einer präziseren Aufnahme der Gesteinsfolge abgesehen werden musste. Auch darf eine ausführlichere Beschreibung der geschlagenen Gesteinsstufen füglich übergegangen werden, da an der Hand derselben gegenüber dem, was schon durch *v. Fritsch* (l. c. p. 115—121) mitgeteilt worden ist, nichts wesentlich Neues hinzugefügt werden könnte; ich beschränke mich daher auf die Angabe der Resultate einschlägiger chemischer Analysen:

1. Von dem zuckerkörnigen weissen Dolomit aus dem Steinbruch nördlich von Valle:

	a)	b)	Berechnet f. $Ca_2 Mg (CO_3)_3$
$CO_2$	46,01	45,97	46,48
$CaO$	39,04	39,14	39,44
$MgO$	15,04	15,16	14,08
	100,09	100,27	100,00

Spezifisches Gewicht: 2,8469.

2. Von einem feiner körnigen, etwas gelblich gefärbten Dolomit aus dem Profil:

	a)	b)
$CO_2$ . . .	44,96	45,15
$CaO$ . . .	40,12	40,16
$MgO$ . . .	11,96	11,98
$FeO$ . . .	0,42	0,36
Unlöslicher Rückstand	1,96	2,05
	99,42	99,70

Spezifisches Gewicht: 2,8303.

Im unlöslichen Rückstand konnten unter dem Mikroskope gefunden werden: farblose Blättchen eines zweiaxigen Glimmers mit kleinerem Axenwinkel, das eine Axenbild stets um ein Wesentliches verschwommener als das andere, Beweis, dass die Bissectrix zur Fläche des Blättchens eine schiefe Lage hat (Kennzeichen des Margarites); grünliche Blätter eines einaxigen Glimmers (Biotit), Quarzkörner, Turmalinkriställchen, Rutil und auch Zirkon.

### 7. Die oberste Zone der zweiglimmerigen Schiefer.

Ein zertrümmertes, feinkörniges, weisslich gelbes Carbonat mit starkem Tongeruch und vielen zwischengelagerten weisslich grünen Talkschüppchen, die sich allmälig mehr und mehr durch den dunkelgrünen Biotit auslösen lassen, führen hinüber zur obersten Zone der zweiglimmerigen Schiefer, die in ihrem äussern Habitus und in ihren Lagerungsverhältnissen mit denen der zweiten Abteilung sehr weitgehend übereinstimmen. Weisser und dunkler Glimmer halten sich in den Mengen nahezu das Gleichgewicht; die zur Schieferung recht häufig transversal gestellten länglichen Schuppenkomplexe des letzteren sind wesentlich kleiner, als in den tiefern Lagen; auch der weisse Glimmer bleibt sehr kleinschuppig. Auf der Oberfläche zeigt das Gestein abermals Neigung zu flaseriger Struktur; im Querschnitt erscheint durch papierdünne Lagen von Ton und Carbonat eine feine Schichtung, die der auflockernden Verwitterung günstigen Vorschub leistet, so dass erst tiefere Ausgrabungen zu annähernd frischem Material führen dürften. Gröbere, tonige und kalkige Zwischenlagen sind mehr von hellem Glimmer (Margarit?) eingefasst. Nachher tritt das Profil in die Amphibol- und Granat-führenden Schiefer der südlichen Schiefer- und Gneiszone des Gotthardmassives über.

Die mikroskopischen Bilder der Dünnschliff-Präparate entsprechen vollständig denen aus der zweiten Zone. Der dunkle, scheinbar einaxige Biotit (Meroxen) ist parallel der basalen Spaltbarkeit schwachgrau, senkrecht dazu braun gefärbt. Die vorhandenen Quarz- und Carbonatkümpchen sind deutlich aus der Zersetzung der Glimmer hervorgegangen. Zoisite und Disthene wurden keine mehr getroffen. Die

Präparate sind ziemlich reich an kleinen Pünktchen eines schwarzglänzenden, opaken Erzes (Magnetit?), die sich auch zu grössern Häufchen zusammenscharen und sich mit amorpher brauner Hülle umgeben. Pyritkriställchen leisten ihnen Gesellschaft. Einzelne rundliche Erzpünktchen waren rot durchscheinend mit etwas gelber Abtönung; da sie salzsäurelöslich sind und alsdann die Eisenreaktion geben, sind sie wohl als Hämatit anzusprechen. Rutil erscheint spärlich in kleineren Kristallen und den bekannten knieförmig gebogenen Zwillingen; desgleichen treten als Accessoria auf Turmalin und Zirkon in den früher beschriebenen Formverhältnissen und Eigenschaften.

\*       \*       \*

### Schlussbetrachtung.

Die petrographische Ausbildung der einzelnen Gesteinsglieder des durchlaufenen Profiles ist in manchen Richtungen eine recht unerwartete und rätselhafte; man ist nicht gewohnt, Sedimente in solchen Entwicklungsformen und mit derartigem mineralischen Inhalte zu finden. Es liegen offenbar Gesteine vor, die ihren ursprünglichen Habitus mehr oder weniger verloren und sich inzwischen verändert, d. h. „metamorphosirt“ haben.

Am wenigsten fremdartig erscheinen Gips und Anhydrit; und doch deutet auch schon bei diesen der Umstand, dass sie eine so grosse Zahl ihnen durchaus fernerstehender Mineralien: Turmalin, Cyanit, Glimmer, Zirkon u. s. w. beherbergen, auf eine stattgehabte Metamorphose hin. Zuckerkörniger Dolomit, Quarz- und Glimmer-haltiger Marmor (Cipollin) sind längstens als durch Druck aus einem amorphen Zustand umkristallisierte Gesteine bekannt. Ebenso wird allgemein angenommen, dass die Rauchwacke durch Auslaugeprozesse aus einem mehr oder minder porösen Dolomit oder dolomitischen Kalk sich hat ausbilden müssen.

Ein Gestein, dessen ursprünglichen Habitus man sich mit einiger Wahrscheinlichkeit noch unschwer vorstellen kann, ist der graue, tonhaltige „Kalkglimmerschiefer“, eine Masse, die wohl zuerst durch Vermittlung von Organismen als Kalk-

stein am Grunde des Meeres sich niedergeschlagen und dabei gleichzeitig mit dem Absatz von im Wasser schwebenden Tonteilchen vermengt hat, um so vorerst einen mehr oder weniger deutlich geschichteten tonigen Kalk zu bilden. Fremdartig sind gegenüber dieser Annahme die Ausscheidungen von Quarz- und Marmorlagen, die bald ebenflächige, bald etwas gefältelte papierdünne Schieferung, die gelegentlich mehr zuckerkörnige Struktur und die auf den Schieferungsflächen ausgeschiedenen, kleinen weissen Glimmerschüppchen. Hingegen sind die zweiglimmerigen, Disthen und Zoisit führenden Schiefer, sowie die schwarzen Granat-führenden Tonschiefer nach Form und Inhalt so eigenartig, dass an eine tiefergreifende Metamorphose ursprünglicher Gesteinsmassen gedacht werden muss.

*Worin sind die letzteren zu suchen und wo liegen die Kräfte, die so bedeutende Umgestaltungen hervorgebracht haben?* Es ist wohl kaum weit ab von der Wahrheit, wenn in der ursprünglichen Anlage der sedimentären Mulde Anhydrit und Gips als die tiefere oder ältere, toniger Kalk als die obere oder jüngere Abteilung vorausgesetzt wird,<sup>1</sup> eine Annahme, die durch triasische und jurassische Formationsverhältnisse vieler Lokalitäten unterstützt wird.

Hält man sich nun vor Augen, dass die selbst jetzt noch konstatirbar grösste Breite der ganzen muldenförmigen Einlagerung bis 4 km beträgt, während die Länge der behandelten Profillinie 1 km kaum übersteigt, so dürften in der im Zusammenhang mit der Aufstauung der Alpen erfolgten Zusammenfaltung und Aufquetschung der ursprünglich einfachen Mulde zur Doppelmulde mit zwischengelagerter zentraler Antiklinale und der damit verbundenen Zusammenpressung der ganzen sedimentären Gesteinsreihe auf ungefähr  $\frac{1}{4}$  ihrer ursprünglichen Breitenentwicklung auch die Kräfte gefunden werden, die zufolge des durch den starken Zusammenschub erzeugten Druckes die vorhandenen Gesteinsmassen gleichsam zu gegenseitiger Durchdringung und dadurch zu chemischen und morphologischen Umlagerungen geführt haben.

Dabei mochten ursprünglich dichter Dolomit und Kalk ihren jetzigen körnigen Habitus annehmen, der primäre

<sup>1</sup> v. Fritsch, 1. c. 141.

tonige Kalk seine feine schiefrige Textur entwickeln und zu sekundärem Kalkschiefer und Tonschiefer sich umformen, während gleichzeitig auf den Schieferungs- und Verschiebungsflächen chemisch aus Ton und Kalk feine Glimmeraggregate gebildet wurden, die durch ihren blätterigen Bau den Vollzug kleinster Differenzialverschiebungen so ausserordentlich begünstigen. In jenen Zonen, wo Dolomit und toniger Kalk durch den ungeheuren Druck zu gegenseitiger Durchdringung gezwungen wurden, konnten die sich berührenden Moleküle zur Bildung reichlicher Margarite und Meroxene schreiten und die zweiglimmerigen Schiefer erzeugen, mit samt den eingeschlossenen Disthenen und Zoisiten und den accessorischen Rutilen, Turmalin und Erzen. Der Ueberschuss an  $SiO_2$  und  $CaCO_3$  schied sich jeweilen aus, sei es in Körnern innerhalb des werdenden Gesteins, sei es in besonderen mehr oder weniger mächtigen Zwischenlagern (Marmorbänke) oder knauerartigen Ausscheidungen.

Rätselhaft bleibt uns dagegen immerhin noch die bei der Erzeugung des schwarzen Tonglimmerschiefers erfolgte Zusammenscharung der Aluminium-Calciumsilikatmoleküle zu den bald blättrigen, bald knotenartigen, bald rhombendodekaëdrischen Formen des Granates. Oder sollten diese Kristalle Zeugnis ablegen für Zonen mit einer allseitigen, maximalen Druckwirkung, durch welche die genannten Moleküle gezwungen wurden, sich in Gestalten zusammenzudrängen, die mechanisch als das Produkt eines auf ursprünglich plastischen Massen von *allen Seiten gleichmässig wirkenden* Druckes betrachtet werden können? Bei *allseitigen*, aber *ungleich starken* Druckverhältnissen mögen dann nur knotenartige Ausscheidungen, bei *völlig einseitigem* Druck dagegen die mehr blättrigen Gebilde von Granatsubstanz sich herausgebildet haben. Es erinnern uns die Formverhältnisse dieser Granatausscheidungen unwillkürlich an die Tatsache, dass, wenn man homogene und plastische Kugeln (z. B. aus Glaserkitt bestehend) in geschlossenem Raum einem von allen Seiten gleichen Druck aussetzt, sie die Gestalt von Rhombendodekaëdern annehmen. (Gefl. mündliche Mitteilung meines Herrn Kollegen Scherrer.)

So leicht ist man versucht, auf dem Gebiete der Gesteinsgenese der Hypothese allzukühnen Flug zu gestatten; auch die vorstehende Zusammenfassung einiger Gedanken über die

Entstehung und Umformung der behandelten Gesteine ist, obgleich nur ein schwacher erstmaliger Versuch, gefundene Tatsachen durch einen genetischen Faden zu verknüpfen, von diesem Vorwurf nicht frei zu sprechen. Mag man aber im einzelnen die beobachteten Verhältnisse und Erscheinungen erklären, wie man will, so wird doch das Faktum als durchaus feststehend angenommen werden dürfen, dass man in der sedimentären Mulde von Airolo ein frappantes Beispiel jener Gesteinsumformung zu erblicken hat, die man in der heutigen Geologie mit dem Titel der *Dynamo-Metamorphose* zu bezeichnen pflegt!

---