

# **Über neue Skapolithfunde in den Schweizeralpen.**

---

Mit 6 Textfiguren.

---

Von

**H. Preiswerk.**

---

Separatabdruck aus den Verhandlungen der Naturforschenden Gesellschaft  
in Basel. Band XXVIII, Zweiter Teil.

---

Basel  
Buchdruckerei Emil Birkhäuser  
1917.

# Über neue Skapolithfunde in den Schweizeralpen.

Von

H. Preiswerk.

---

## Historisches.

Mineralien aus der *Skapolithgruppe* sind in den *Schweizeralpen* bis jetzt nur selten gefunden worden. Bis vor wenigen Jahren waren solche Vorkommen noch ganz unbekannt.

Diese Armut an Skapolith in den Schweizer- und auch Piemonteser-Alpen ist besonders auffallend, wenn man die Alpen in dieser Hinsicht mit den *Pyrenäen* vergleicht, die doch sonst mit den Alpen so viele Analogieen aufweisen. Die Pyrenäen sind das „Skapolithland par excellence“. Die Skapolithe finden sich dort an sehr zahlreichen und geologisch überaus mannigfaltigen Fundorten, die schon seit längerer Zeit hauptsächlich durch *J. de Charpentier* [1] bekannt gemacht und dann u. a. besonders durch *A. Lacroix* mineralogisch beschrieben worden sind [8, 9, 11]. Der Skapolith — von den französischen Mineralogen wesentlich als „Dipyry“ und „Couseranit“ bezeichnet — finden sich in den Pyrenäen vielfach in metamorphen Gesteinen, die manchen inneralpinen Gesteinen zum Verwechseln ähnlich sehen. Dies bezieht sich ganz besonders auf metamorphe dunkle Knotenschiefer von St. Beat, Saleix und Seix im Ariège u. a. O., die den alpinen Knotenschiefern am Nufenenpass gleichen.

*Charpentier* hat die Knoten resp. Stengel jener Pyrenäengesteine Couseranit genannt, eine Skapolithspezies, die später von *Zirkel* mit dem Dipyry vereinigt wurde [12, pag. 170—171].

In den *Nufenenschichten* hat *Charpentier* im Jahre 1814 mit *Lardy* den berühmten Belemnitenfund gemacht, der diese Schichten als Jura erkennen liess [3]. Die schwarzen Knoten und Stengel, die an der angewitterten Oberfläche der Nufenenschiefer heraustreten und die der genaueren Bestimmung erhebliche Schwierigkeiten bereiten, hat er in Analogie mit den Pyrenäengesteinen als *Couseranit* aufgefasst [4].

Dies wäre der erste Skapolithfund in den Schweizeralpen gewesen. Die Auffassung *Charpentiers* bestätigte sich jedoch nicht. Die fraglichen Gebilde wurden von *Marignac* [5] analysiert. *K. v. Fritsch* [6] hielt es nach dieser Analyse für sehr unwahrscheinlich, dass Couseranit vorliege und dachte eher an Zeolith. Eine genauere optische Untersuchung hat erst *C. Schmidt* ausgeführt und kommt auf Grund derselben zu dem Schluss, dass die prismenförmig herauswitternden Stengel der Nufenenschichten *Zoisit*kristalle darstellen [10], deren Pinakoide mit den Längsflächen der Stengel zusammenfallen.

Zu Beginn unseres Jahrhunderts erst wurden dann da und dort in den Schweizeralpen und den angrenzenden Teilen der Italienischen Alpen einzelne Funde von richtigem Skapolith gemacht. 1903 [13] fand *G. Spezia* „*Wernerite*“ im *Simplontunnel*. Er erwähnt ihn ohne nähere Beschreibung aus den hochmetamorphen anhydritführenden Triasgesteinen, die den Antigoriogranitgneis im südlichen Teil des Tunnels umhüllen. — Ein skapolithführendes Stück aus jenen Triasgesteinen, das mir vorliegt [siehe 21, pag. 28], zeigt die gelbliche Skapolithsubstanz teils unregelmässig verteilt zwischen den groben Gemengteilen des Gesteins: Calcit und Dolomit, Quarz, Biotit und Chlorit, teils in 3—4 cm langen Prismen, deren Flächen meist von glänzenden Muscovitschüppchen bedeckt sind. Die ursprüngliche Skapolithsubstanz scheint völlig umgewandelt zu sein. Jetzt bestehen die quadratischen Prismen aus einer ziemlich weichen, hellgelblichen bis weissen Masse, in der sich Talk und Calcit nachweisen lässt.

Weitere Funde wurden ebenfalls in Triasgestein gemacht.

Der reichste bis jetzt bekannte Fundort von „*Dipyr*“ wurde 1904 von *A. Stella* in weissem Dolomit der Trias bei *Valdo* im *Formazza* (*Tosatal*) entdeckt [15]. Dieses Vorkommen soll unten näher beschrieben werden. Professor *C. Schmidt* und ich haben mehrmals die Stelle besucht und Material gesammelt, dessen Bearbeitung *C. Schmidt* begonnen hat. Für die gütige Überlassung seiner bisherigen Untersuchungsergebnisse danke ich hiemit meinen besten Dank ab.

In den mineralreichen Dolomitschichten des *Campolungopasses* wurde 1907 von *G. Linck* [16] *Mejonit* beobachtet. Nähere Angaben fehlen.

Desgleichen hat man im zuckerkörnigen Dolomit der weltbekannten Minerallagerstätte am Längbach im *Binnental* in Hohlräumen des Gesteins prismatische Gebilde gefunden, die ihrer Form nach wohl als Skapolith anzusprechen sind. *Desbuissons* gibt von dieser Stelle [18] *Pseudomorphosen* von Dolomit und Talk nach *Skapolith* an. Durch die Freundlichkeit von Herrn *H. Sulger* in Basel hatte ich Gelegenheit, eine solche Pseudomorphose zu sehen. Die Formen der quadratischen Prismen erster und zweiter Stellung sind

wohl daran zu erkennen. Die ziemlich ebenen Flächen sind von glänzenden Talkschüppchen überzogen. Die Hauptmasse des etwa 2 cm langen Kristalls besteht aus einem wirrblättrigen Gemenge von Talkschuppen und andern Umwandlungsprodukten, vorwiegend Carbonaten.

In neuester Zeit ist *Skapolith* nun mehrfach als *mikroskopischer Gesteinsgemengteil* im Simplongebiet und in den Tessinalpen gefunden worden. *E. Gutzwiller* [19 und 20] hat 1912 den Skapolith in mehreren metamorphen Gesteinen des *südlichen Tessin* nachgewiesen, die in der Zone der von ihm als Injektionsgneise bezeichneten Gesteinsgruppe liegen: im Kalksilikatfels von Castione, sowie den von Contra im Val Verzasca, im Marmor von Frasco im Val Verzasca und mehreren andern Marmorvorkommen [20] und endlich in Hornblende-Skapolithgneis von Bellinzona [19]. Besonders beachtenswert erscheint mir das Zusammenvorkommen des Skapolith mit Augit (Diopsid) in den von *Gutzwiller* beschriebenen Hornfelsen, da diese Mineralkombination für die hohe Intensität der allgemeinen Metamorphose dieser Region und ihre Tiefenstufe bezeichnend ist [vergl. 21 pag. 30, sowie 15 pag. 36].

Der *Verfasser* hat 1913 [21] Skapolith aus dem südlichen Teil des *Simplontunnels* beschrieben, wo er reichlich als mikroskopischer Gemengteil in den metamorphen Triassedimenten (4500—4613 m und 4795—4940 m ab Südportal) vorkommt, die dort in plagioklasführende Kalkschiefer und Skapolithgneise umgewandelt sind.

Bei den bis jetzt genannten Vorkommen war eine genauere Untersuchung der Skapolithsubstanz im einen Falle durch die innige Durchwachsung der mikroskopischen Gemengteile, im andern Fall durch die starke Umwandlung und Zersetzung verhindert. Auch die Untersuchung der grossen und zum Teil frischen Kristalle von Valdo bereitet wegen der zahlreichen mikroskopischen Einschlüsse erhebliche Schwierigkeiten.

Besseres Material liefern die *neuesten Funde* in der obern *Leventina* d. h. im Tessintale zwischen Airolo und Faïdo. Hier findet sich der Skapolith an mehreren Stellen, im Gegensatz zu den bisher bekannten Fundorten, als Klufftmineral. Das Material ist dementsprechend leichter zu isolieren.

Das erste Vorkommen dieser Art wurde von *G. Klemm* entdeckt beim Sommerdörfchen *Valle* unterhalb des Ausflusses des Piorasees. Professor *Klemm* hatte die Freundlichkeit, mir den Fundort zu zeigen (6. August 1912).

Bei meinen geologischen Aufnahmen in diesem Gebiete habe *ich* hernach noch an folgenden weiteren Stellen Skapolith aufgefunden: 1. Am *Riale Fog* oberhalb Prato (25. Sept. 1912). 2. An der Gott-

hardstrasse unterhalb der *Dazio Grande-Schlucht* (23. April 1913). 3. Auf dem *Monte Piottino*, an der Fahrstrasse von Prato nach Cornone (7. Aug. 1915). 4. Im *Riale di Berri* (Ronco di Berri) im vordern Canariatale nahe bei Airolo (1. Sept. 1916).

Das beste bisher bekannte Material lieferte die Lokalität am Riale Fog, aus dem sich genügend reine Skapolithsubstanz zur Herstellung einer quantitativen Analyse gewinnen liess.

Die einzelnen Vorkommen in der Leventina sowie dasjenige von Valdo sollen im Folgenden kurz beschrieben werden.

## Beschreibung des Vorkommens von Valdo und der neuen Fundstellen in der Leventina.

### I. Skapolith im körnigen Dolomit der Trias bei Valdo im Val Formazza (Ossola, Italien).

Unterhalb Wald (Valdo) im Formazzatale findet sich auf der rechten Seite der Tosa gegenüber Tuffald ein Kalkofen, in welchem die Dolomit-Marmore der Trias, die in der Nähe anstehen, gebrannt werden. In angebrannten weissen Dolomitstücken fallen hie und da durchs Brennen rötlich gefärbte Prismen auf. *A. Stella* hat diese Gebilde entdeckt und als *Skapolith* erkannt.

#### Geologische Situation des Fundortes.

Die anstehenden Felsen, aus denen die Stücke stammen, finden sich in südwestlicher Richtung, etwas höher an der Tallehne, da, wo der waldige steile Hang beginnt. Es sind nach einer Skizze von *C. Schmidt* flach bergwärts fallende *Marmore*, die von Antigoriogneis überlagert werden. Diese *Marmore* finden sich gerade an der Stelle (vergl. Fig. 1), wo die gewaltige *Granitmasse des Antigoriogneis*, der weiter südlich fast das ganze Antigoriotal und den untern Teil des Formazza bildet, sein nördliches Ende erreicht und talaufwärts im Niveau des Talbodens von *Kalkschiefern der Juraformation* abgelöst wird. Die jurassischen Schiefer sind in ihren stratigraphisch tiefsten Teilen, also da wo sie an den Antigoriogneis grenzen, meist stark quarzitisches entwickelt. Diese *Quarzite* sind eventuell bereits als Trias aufzufassen. Sie bilden auf weite Strecken direkt das Hangende des Antigoriogranits in Vertretung der Triasmarmore. An einzelnen Stellen ist Quarzit auch zwischen Triasmarmor und Antigoriogneis beobachtet worden. Die eigentlichen Triaskalke und Dolomite sind in dieser Gegend nur sporadisch entwickelt (Fig. 1). Frag-

lich bleibt, ob ihr Aussetzen auf facielle Substitution durch den Quarzit, oder auf Ausquetschung durch tektonische Vorgänge zurückzuführen ist. Das tektonische Bild spricht für die letzte Auffassung.

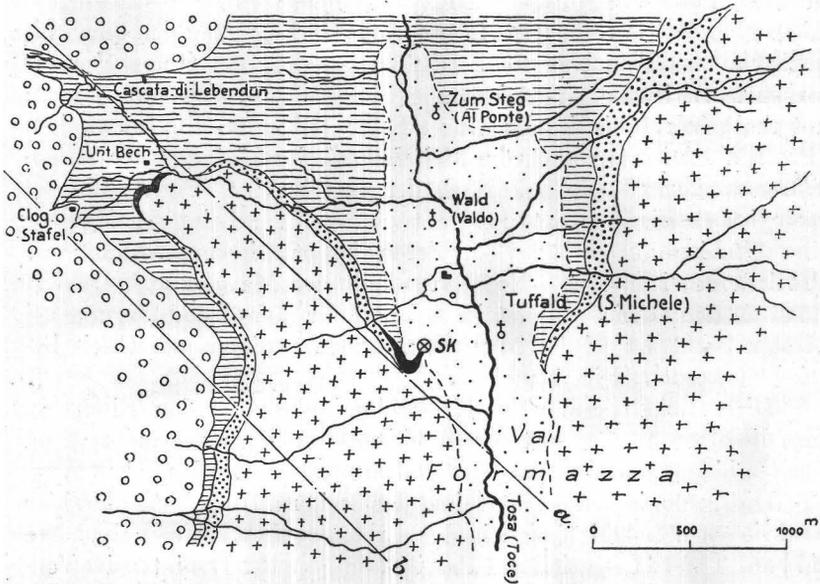


Fig. 1.

- |                                      |                                |
|--------------------------------------|--------------------------------|
| Antigoriogneis                       | Kalkphyllite (Jura)            |
| Lebendungneis                        | Alluvium                       |
| Triasdolomit                         | Fundort der Skapolithkristalle |
| Quarzitische Kalkphyllite & Quarzite |                                |

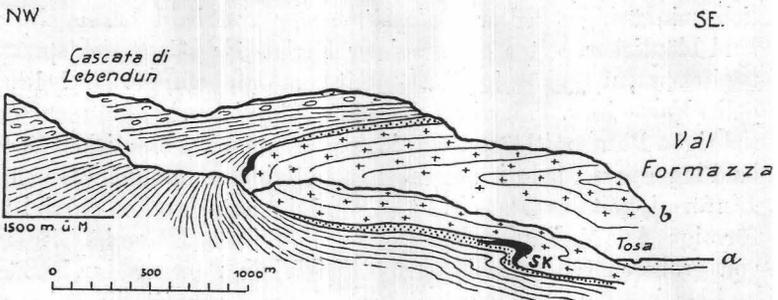


Fig. 2.

Fig. 2 zeigt die Lagerungsverhältnisse in der Region des Skapolithmarmors von Valdo. Das tektonische Hauptelement ist die gewaltige antiklinale Gewölbeumbiegung des Antigoriogneis, die hier

in klassischer Weise aufgeschlossen ist und auf Fig. 2 durch die Profile a und b dargestellt wird (Profil b ist im Vordergrund, Profil a im Hintergrund zu denken). Die *flachliegende Gneisantiklinale* ist in die Masse der jurassischen Kalkschiefer eingepresst, die im Liegenden des Gewölbekerns in umgekehrter Lagerung den Gneis als „Mittelschenkel“ unterteufen. Die Auflagerung des Gneis über die verkehrte Serie der mesozoischen Sedimente lässt sich vom Tosatal unterhalb Wald bis in die Gegend der Lebendunfälle nachweisen (Profil a). Diesem verkehrten *Mittelschenkel* gehört auch der *Skapolithmarmor von Valdo* an. Nach der Kartenskizze Fig. 1, die der geologischen Simplonkarte [17] entnommen ist, scheint der Marmor eine Umbiegung zu erleiden, deren hypothetischer Verlauf auf Profil a gezeichnet ist. Nordwärts keilt der Marmor aus, Quarzit stösst an den Gneis und erst im Scheitel der Gewölbeumbiegung bei „Unter Bech“ ist wieder Marmor zwischen Schiefer und Gneis beobachtet worden (Fig. 1 und 2).

Diese Lokalisierung der Triasdolomite erweckt den Eindruck, dass dieselben an den gestreckten Faltschenkeln ausgequetscht, an den Umbiegungen aber erhalten und aufgestaut worden seien.

Die geologischen Verhältnisse der weitem Umgebung der hier beschriebenen Lokalität sind in den Erläuterungen zur Simplonkarte [17] auf Tafel II, speziell auf Profil 4, dargestellt. Die intensive Verfaltung mesozoischer Sedimente mit den Gneismassen und die weitgehende Auswalzung sämtlicher Formationen kommt dort deutlich zum Ausdruck.

### Der Skapolithmarmor.

Das den Skapolith führende Triasgestein von Valdo ist ein ziemlich feinkörniger heller *Dolomitmarmor* von bald braungelblicher, bald bläulicher, selten ganz weisser Farbe. Er nähert sich stark dem typischen „zuckerkörnigen“ Dolomit vom Campolungo. Die hellbraungelbe Farbe ist z. T. bedingt durch die zahlreichen hellbraunen, durchsichtigen Phlogopitblättchen, die den weissen oder bläulichen *Dolomit* bald lagenweise, bald in vereinzelt Individuen durchschwärmen. Die Einförmigkeit des Gesteins ist stellenweise unterbrochen durch linsenförmige Ausscheidungen grobspätigen weissen Dolomits, die meist von gröberen Glimmerblättern begleitet sind, ferner durch Büschel und Garben von strohgelbem oder weissem *Tremolit*, die stellenweise handgrosse Flächen bedecken, und endlich durch die *Skapolithprismen*, die bald vereinzelt, bald zu divergent strahligen Büscheln lose vereinigt das Gestein durchspicken. Sie sind gelblich oder bläulich, je nach der Färbung des umgebenden Dolomits, der gewöhnlich in ihrer Umgebung glimmerfreie Höfe aufweist. Die Prismen er-

reichen oft mehrere Zentimeter in der Länge, im Durchmesser meist nur etwa 2 mm.

*Mikroskopisch* erscheint das Gestein in der Hauptmasse als ein gleichkörniges Gemenge von rundlichen Dolomitmikrokörnern in typischer Pflasterstruktur (granoblastisch). Der Hauptbestandteil ist Dolomit, bestimmt durch den qualitativen Nachweis von viel Magnesia sowie die ganz schwache Effervescenz der Gesteine in kalter Salzsäure.

Weitere Bestandteile sind: Brauner Glimmer, Skapolith, Quarz, Tremolit, Turmalin, Pyrit.

Der *Glimmer* erscheint ebenfalls oft in rundlichen Körnern, meist aber etwas nach der Basis abgeplattet, wobei die Basis eine idiomorphe Begrenzung gegen den Dolomit bildet. Seine Färbung ist schwach. Der Pleochroismus:  $\epsilon$  u.  $\gamma$  = licht gelbbraunlich,  $\omega$  = farblos. Der Glimmer ist merkbar zweiachsig. Der Achsenwinkel aber äusserst klein. Mit dem Glimmer vom Campolungo scheint der vorliegende identisch und darf demnach wohl ebenfalls zum *Phlogopit* gestellt werden. Als Einschlüsse im Glimmer finden sich: Dolomit, Quarz, Turmalin und Pyrit.

*Quarz* findet sich nesterweise in körnigen Aggregaten. Er schliesst Hohlräume mit beweglichen Libellen ein. Die Libellen verschwinden beim Erwärmen auf 30° C., woraus auf das Vorhandensein flüssiger Kohlensäure geschlossen werden kann.

Der *Turmalin* bildet schlanke, meist farblose Säulen mit Querklüftung. Hie und da enthalten sie dunkle Kernkristalle, deren intensiver Pleochroismus in blaugrauen Tönen den Turmalin leicht erkennen lässt.

*Tremolit* erscheint vereinzelt in rosettenförmigen Aggregaten in Begleitung der Skapolithkristalle. Die Spaltstücke nach  $\infty$  P zeigen 120° Auslöschungsschiefe.

*Rutilkörner* finden sich da und dort verstreut; seltener zierliche Prismen mit Zwillingsbildungen nach 101.

*Pyrit* trifft man in glimmerreichen Lagen des Gesteins, während andere Lagen pyritfrei sind. Selten bildet er wohlgeformte Kristalle, meist runde Körner.

*Zirkon* in Körnern bildet nicht selten Einschlüsse im Skapolith.

### Der Skapolith.

*Mikroskopische Beschaffenheit.* Aus dem Grundgewebe der beschriebenen Gemengteile heben sich als prächtige Porphyroblasten die Skapolithkristalle heraus (Fig. 3). Die isotropen Durchschnitte mit dem Austritt der optischen Achse von negativem Charakter stellen

Quadrate dar mit abgestumpften Ecken, wie dies auf der Photographie (Fig. 3) zu sehen ist. Die deutlichen Spaltrisse nach dem Prisma zweiter Stellung (100) verlaufen in der Diagonale der Quadrate, parallel den kleiner entwickelten kantenabstumpfenden Prismenflächen. Die dominierende Form ist also das Prisma erster Stellung (110). Spaltung nach 110 ist nur selten, in groben Rissen wahrnehmbar.

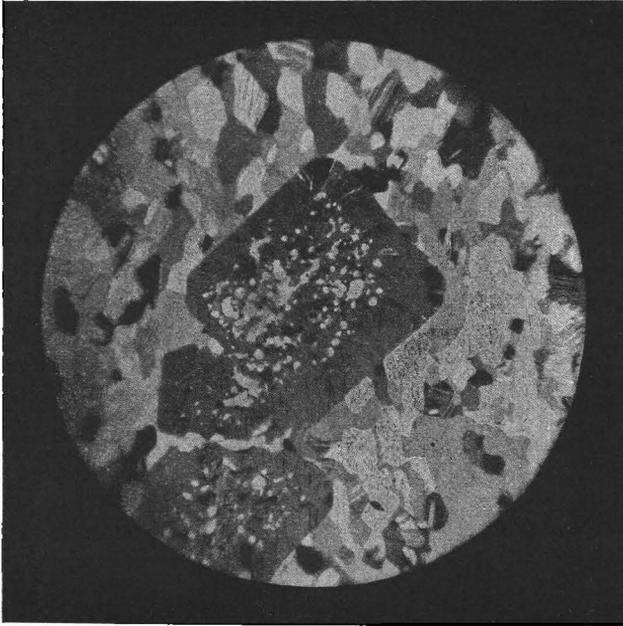


Fig. 3.

Porphyroblasten von *Skapolith* im feinkörnigen Trias-Dolomit von Valdo.  
(Vergrößerung 1:20 ca.)

Sehr zahlreich sind die *Einschlüsse* in den Skapolithkristallen. Sie häufen sich gewöhnlich im Zentrum so sehr, dass *Siebstruktur* entsteht, während eine Randzone oft ganz einschlussfrei ist (Fig. 3). Es sind vorwiegend ovale Körner von *Calcit* resp. Dolomit. Dass Calcit vorhanden ist, erweist die starke Effervescenz mit kalter HCl, die in den Skapolithdurchschnitten im Gegensatz zum umgebenden Gestein beobachtet wird. Ausser den Carbonaten finden sich noch sämtliche oben beschriebene Gesteinsgemengteile gelegentlich als Einschlüsse im Skapolith. Eine bis jetzt unbestimmte Substanz bildet da und dort im Skapolith runde Flecken, die durch etwas niedrigere Licht-

brechung, Isotropie und starke Bestäubung sich abheben. Die einzelnen Partikel der Bestäubung bestehen teilweise aus stark lichtbrechenden kleinsten Körnchen. Vermutlich handelt es sich um die Reste umkristallisierter Gesteinsteile, deren Pigment durch die Kristallisation des Skapolith auf einzelne Punkte konzentriert worden ist.

*Optisches Verhalten und spezifisches Gewicht.* Zur genauern Bestimmung und weitem Charakterisierung der Skapolithsubstanz ist noch folgendes beizufügen. Der *Brechungsindex* für  $\omega$  wurde im Schliff zwischen  $\omega$  und  $\varepsilon$  des Dolomits liegend gefunden. Bei Anwendung der Einbettungsmethode an ausgesucht frischen Körnern wurde gefunden: Farbenränder gleicher Intensität traten auf für  $\omega$  bei Anwendung eines Gemisches gleicher Teile von Monobrombenzol und Nelkenöl, für  $\varepsilon$  bei Anwendung von Nitrobenzol. (Da vorwiegend Spaltblättchen nach  $\infty P$  vorliegen, lassen sich  $\varepsilon$  und  $\omega$  direkt mit dem Brechungsindex der umgebenden Flüssigkeit vergleichen.) Es ergeben sich daraus die *Brechungsindices* von  $\omega = 1,5770$  ca.;  $\varepsilon = 1,5486$ , die *Doppelbrechung* zu  $0,028$  ca. Aus den Gesteinschliffen wurde die Doppelbrechung im Vergleich mit Phlogopit durch Anwendung der Michel-Levy'schen Farbtafeln zu  $0,034$  bestimmt. Beide Bestimmungen weisen auf einen *Myonit-reichen Skapolith mit hoher Licht- und Doppelbrechung hin*.

Das *spezifische Gewicht* wurde an möglichst frischen Prismen mit der Westphälischen Wage bestimmt und in einem Falle zu  $2,672$ , in einem andern zu  $2,692$  gefunden. Eine ganz genaue Gewichtsbestimmung für die Skapolithsubstanz ist nicht durchführbar wegen der Einschlüsse einerseits, die eine Erhöhung des spezifischen Gewichtes (Calcit =  $2,714$ ) bedingen, sowie wegen der Zersetzung andererseits, die im allgemeinen das spezifische Gewicht des Skapolith erniedrigt. Die Fehler heben sich somit teilweise auf, sodass die Bestimmungen immerhin brauchbare Durchschnittswerte liefern können. Das Durchschnittsgewicht von  $2,682$  weist in Übereinstimmung mit den optischen Bestimmungen auf mejonitreichen Skapolith.

*Chemisches Verhalten.* Vor dem Lötrohr schmelzen die Skapolithprismen meist leicht zu schaumigem, weissem Glase, das, mit Cobaltsolution gegläht, intensiv blau wird. Einzelne Kristalle zeigen sich kaum schmelzbar, was wohl auf vorgeschrittene Zersetzung zurückzuführen ist.

Behandelt man das Pulver möglichst frischer Kristalle mit Salzsäure in der Kälte, so stellt sich eine schwache Kohlensäureentwicklung ein, die beim Erwärmen lebhafter wird. Lässt man wieder etwas erkalten, sodass die Effervescenz abnimmt und giesst nun etwas Flusssäure zu, so beginnt von neuem lebhaftere Gasentwicklung. Dieses

Verhalten deutet darauf hin, dass die *Kohlensäure* nicht nur in den Einschlüssen von Calcit und Dolomit vorhanden, sondern *in der Skapolithsubstanz selbst gebunden ist*.

Die Prüfung auf *Chlor* fiel positiv aus.

1. Das Filtrat von dem in Salpetersäure gekochten feinen Pulver gab mit Silbernitrat schwache Trübung.
2. Das grobe Mineralpulver wurde mit einer wässrigen Lösung von 4<sup>0</sup>/<sub>0</sub>  $\text{NH}_4\text{OH}$ , 2<sup>0</sup>/<sub>0</sub>  $\text{AgNO}_3$  erwärmt und mit einigen Tropfen  $\text{HCl}$  versetzt. Das Pulver wurde hierauf ausgewaschen und mit photographischem Entwickler (Metol-Hydrochinon) behandelt, worauf es sich schwärzlich färbte.

*Zersetzungserscheinungen* machen sich äusserlich durch Trübung der Kristalle und Abnahme der Härte bemerkbar. Mikroskopisch geben sie sich durch Abnahme der Doppelbrechung längs Spaltrissen und Sprüngen kund. Grössere Sprünge resp. Klüfte sind von ganz schwach polarisierender Substanz angefüllt, in der einzelne hoch lichtbrechende Körnchen eingestreut sind. Die Prismenflächen stärker umgewandelter Kristalle sind in der Regel mit glänzenden Schüppchen überzogen, die sich als Talk erwiesen. Derart umgewandelte Kristalle scheiden beim Erhitzen im Kölbchen reichlich Wasser ab.

*Trennung und chemische Analyse.* Die Skapolithe von Valdo sind von *N. Sahlborn* chemisch analysiert worden.

Um fremde Beimengungen zu vermeiden, wurde wie folgt verfahren: Die aus dem Gestein herauspräparierten Kristalle wurden grob gepulvert und vom feinsten Pulver abgesiebt. Hierauf mit Essigsäure (20<sup>0</sup>/<sub>0</sub>) behandelt, so lange bis die Prüfung mit kalter Salzsäure keine Kohlensäureentwicklung mehr erzeugte.

Das so behandelte Material wurde mit Thoulet'scher Lösung getrennt, die schwersten und leichtesten Bestandteile entfernt und der Rest vom spezifischen Gewicht 2,506—2,639 in zwei getrennten Proben n und m analysiert.

1. Die Probe *n* enthält das Material vom spezifischen Gewicht 2,506—2,616 mit einem pyknometrisch bestimmten Durchschnittsgewicht von 2,553.
2. Die Probe *m* enthält das Material vom spezifischen Gewicht 2,616—2,639 mit einem Durchschnittsgewicht von 2,630.

Das Analysenresultat ist folgendes:

	Probe <i>n</i>	Probe <i>m</i>	Mittel
SiO <sub>2</sub>	= 48,17 %	51,77	49,97
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	= 26,73 %	23,40	25,06
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	= 0,66 %	1,33	1,00
CaO	= 15,20 %	13,71	14,45
MgO	= 0,56 %	1,82	1,19
K <sub>2</sub> O	= 3,11 %	1,81	2,46
Na <sub>2</sub> O	= 4,02 %	3,82	3,92
H <sub>2</sub> O	= 1,54 %		
Cl	= 1,04 %		
(0 für Cl abgezogen)	100,55 %	97,66 %	

Die Analyse zeigt, dass das untersuchte Material kleinere Mengen von Stoffen aufweist, die reiner Skapolithsubstanz fremd sind, nämlich: Eisen, Magnesia und Wasser. Auch die relativ beträchtliche Menge von Kalium ist auffallend. Es ist zweifellos, dass der Skapolith noch Verunreinigungen enthält, die teilweise aus Einschlüssen, teilweise aus Zersetzungsprodukten bestehen. Die mikroskopische Untersuchung hat gezeigt, dass die oben beschriebene Behandlung des Materials nicht genügen konnte, alle Verunreinigungen vom Skapolith zu trennen, zumal die Einschlüsse einerseits und die Umwandlungsprodukte andererseits sich im spezifischen Gewicht gegenseitig teilweise kompensieren können.

Von *Einschlüssen* kommen in Betracht Dolomit, Calcit, Phlogopit, Quarz, Turmalin, Rutil, Zirkon. Davon sind nur die drei ersten quantitativ zu berücksichtigen. Die Proportion von Dolomit und Calcit ist schwer zu ermitteln.

Von *Umwandlungsprodukten* ist im Skapolith von Valdo Talk nachgewiesen. Auch das Vorhandensein von Kaolin, des häufigsten Umwandlungsprodukts des Skapolith [14], darf wohl angenommen werden. Muskovit findet sich im Skapolith des Simplontunnels.

*Berechnung der Analyse.* Ich habe verschiedene Versuche gemacht, die Fremdbestandteile aus der Analyse zu berechnen.

Ein Versuch, das Kalium als Bestandteil von Muskovit zu den Zersetzungskörpern zu rechnen, schlug insofern fehl, als die Proportion der übrigen Gemengteile dadurch stark verzerrt und Skapolithunähnlich wurde. Ich habe daher bei den unten gegebenen Berechnung das Kalium in der Skapolithsubstanz belassen und zum Vergleich mit der Normalzusammensetzung des Skapolith in Natrium umgerechnet.

Bei der Beurteilung der Analysen *n* und *m* hat man zu berücksichtigen, dass die spezifisch schweren Einschlüsse Dolomit, Calcit,

	SiO <sub>2</sub> Proz. Mol.	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> Pr. Mol.	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> Pr. Mol.	CaO Pr. Mol.	MgO Pr. Mol.	K <sub>2</sub> O Pr. Mol.	Na <sub>2</sub> O Pr. Mol.	H <sub>2</sub> O Pr. Mol.	Cl Pr.
Analyse n . . . . .	48,17 68,80	26,73 26,22	0,66 0,41	15,20 27,14	0,56 1,40	3,11 3,31	4,02 6,48	1,54 8,55	1,04
Talk: H <sub>2</sub> O·(MgO) <sup>3</sup> ·(SiO <sub>2</sub> ) <sup>4</sup> . . . . .	1,30 1,86	— —	— —	— —	0,56 1,40	— —	— —	0,88 0,46	—
Phlogopit: (SiO <sub>2</sub> ) <sup>6</sup> ·Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ·(FeO) <sup>6</sup> H <sub>2</sub> O·K <sub>2</sub> O . . . . .	0,58 0,82	0,14 0,14	0,66 0,41	— —	— —	0,12 0,14	— —	0,02 0,14	—
Kaolin: (SiO <sub>2</sub> ) <sup>2</sup> Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (H <sub>2</sub> O) <sup>2</sup> . . . . .	5,56 7,95	4,05 3,97	— —	— —	— —	— —	— —	1,44 7,95	—
Rest = Skapolith n . . . . .	40,73 —	22,54 —	— —	15,20 —	— —	2,99 —	4,02 —	— —	1 04
Rest auf 100% berechnet . . . . .	47,08 —	26,05 —	— —	17,57 —	— —	3,45 —	4,65 —	— —	1,20
Analyse m . . . . .	51,77 73,90	23,40 23,30	1,33 0,83	13,71 24,50	1,82 4,55	1,81 1,92	3,82 6,15	— —	—
Dolomit: CaO·MgO·(CO <sub>2</sub> ) <sup>2</sup> . . . . .	— —	— —	— —	2,76 4,55	1,82 4,55	— —	— —	(+3,98% CO <sub>2</sub> )	—
Phlogopit . . . . .	1,16 1,66	0,28 0,28	1,33 0,83	— —	— —	0,26 0,28	— —	0,06 0,28	—
Kaolin . . . . .	5,56 7,95	4,05 3,97	— —	— —	— —	— —	— —	1,44 7,95	—
Rest = Skapolith m . . . . .	45,05 —	19,07 —	— —	10,95 —	— —	1,55 —	3,82 —	— —	—
Skapolith m + 1,04% Cl auf 100% gerechnet . . . . .	55,31 —	23,40 —	— —	13,43 —	— —	1,90 —	4,69 —	— —	1,27

Phlogopit in der schwereren Probe m, die leichtern Zersetzungsprodukte aber in der leichtern Probe n vorwiegen müssen. Dem entsprechend ist z. B. der Gehalt an Eisen (Phlogopit) in Probe m beträchtlich höher als in n. Davon ausgehend habe ich in der unten gegebenen Berechnung die Magnesia in Probe n auf Talk verrechnet, in Probe m dagegen auf Dolomit. Leider ist in Probe m das Wasser und das Chlor nicht bestimmt worden, auch fehlt beiden Analysen die für Skapolith in neuester Zeit so wichtig gewordene Kohlensäurebestimmung.

Die *Tabelle* (Seite 176) gibt die Berechnung des Mineralbestandes aus den Analysen n und m, soweit sie mir bei dem vorhandenen Material als durchführbar erscheint innerhalb der Grenzen des Wahrscheinlichen. Aus der *Analyse n* (spezifisches Gewicht 2,553) ist der Magnesiagehalt zur Berechnung von Talk verwendet worden, der Eisengehalt zur Berechnung von Phlogopit. Aus dem Rest an H<sub>2</sub>O wurde dann der Kaolingehalt gefunden. Der nach Abzug von Talk, Phlogopit und Kaolin erhaltene Rest wurde als Skapolithsubstanz angesehen und auf 100<sup>0</sup>/<sub>0</sub> umgerechnet.

Bei der *Analyse m* wurde der Magnesiagehalt als Dolomit verrechnet, der Eisengehalt wiederum als Phlogopit. Da die H<sub>2</sub>O-Bestimmung fehlt, wurde die gleiche Menge Kaolin, wie in *Analyse n* eingesetzt. Der Rest wurde gleichermassen als Skapolith auf 100<sup>0</sup>/<sub>0</sub> berechnet.

*Diskussion der Untersuchungsergebnisse.* In der *Tabelle* auf Seite 177 ist unter Kolonne A das Mittel aus den oben berechneten Skapolithsubstanzen n und m angegeben, wobei K<sub>2</sub>O auf Na<sub>2</sub>O umgerechnet und das Ganze auf 100<sup>0</sup>/<sub>0</sub> gebracht wurde. Diese Zahlen sollen also die durchschnittliche Zusammensetzung der reinen Skapolithsubstanz im untersuchten Material angeben. Die Werte differieren nebenbei bemerkt nur wenig von den Mittelwerten aus den Analysenzahlen n und m selbst (vergl. Seite 175).

	A.	Me <sub>2</sub> Ma	Me <sub>7</sub> Ma <sub>5</sub>	MeMa	Me <sub>5</sub> Ma <sub>7</sub>	MeMa <sub>2</sub>
SiO <sub>2</sub> . . .	51,67	47,87	49,80	51,73	53,72	55,70
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . .	24,95	29,35	28,01	26,65	25,29	23,91
CaO . . . .	15,64	17,02	14,96	12,88	10,78	8,67
Na <sub>2</sub> O . . . .	6,49	4,71	5,92	7,13	8,36	9,59
Cl . . . . .	1,25	1,35	1,69	2,04	2,39	2,75

In den fünf folgenden Kolonnen ist die theoretische Zusammensetzung nach Tschermak von einigen Gliedern der Skapolithreihe gegeben, die dem hier untersuchten am nächsten stehen.

Der Vergleich zeigt, dass *der „Dipyrr“ von Valdo ein Skapolith von mittlerer, etwas gegen Mejonit hinneigender Zusammensetzung ist, annäherungsweise der Formel  $Me_7Ma_5$  entsprechend.*

Die *optischen Eigenschaften* und das *spezifische Gewicht* stimmen darin mit den Resultaten der chemischen Analyse überein, dass sie auf einen Skapolith weisen, in dem das Mejonitmolekül vorwiegt. Besonders die Höhe des ordentlichen Brechungsindex weist dem Mineral nach den Diagrammen *Borgströms* [23, pag. 240—241] genau dieselbe Stellung in der Skapolithreihe an wie die Analyse. Dagegen würde das spezifische Gewicht einen etwas mejonitreicheren Skapolith bedingen, ebenso die Höhe der Doppelbrechung. Nach *Tschermaks Systematik* [7, pag. 1178] ist das Mineral als *Mizzonit* zu bezeichnen.<sup>1)</sup>

## II. Skapolith als Kluftmineral in der Obern Leventina.

### 1. Riale Fog.

#### Topographische und geologische Lage der Fundstelle.

Drei von den oben (S. 167) genannten fünf Fundstellen befinden sich in der Nähe des Dorfes Prato am Monte Piottino.

Die topographische und geologische Situation ist auf Fig. 4 und 5 skizziert. Der Talriegel des Monte Piottino wird zwischen Rodi Fiesse und Faido vom Tessin durchbrochen in der „Dazio Grande“ genannten Schlucht. Die Gotthardbahn überwindet die Talstufe in zwei Kehrtunneln. Die Schlucht und die Kehrtunnel liegen in der Granitmasse des „*Tessinergneis*“, der die Basis der folgenden Formationen bildet.

Auf dem Monte Piottino wird der Tessinergneis 2 Kilometer weit von einer *Quarzitschicht* bedeckt. Ich bin geneigt, diesen Quarzit als ein früh- oder vortriadisches Sediment aufzufassen. Sein Hangendes bilden die *Granatglimmerschiefer* am Südhang des Monte Piottino. Diese unterteufen ihrerseits die *Dolomite* und *Rauhwacken* der *Trias*, welche den Kirchhügel von Prato aufbauen. Steigt man von Prato über Mascengo dem Riale Fog entlang bergwärts, so trifft man nach Unterbrechung des Anstehenden durch Moränen die *dunkeln jurassischen Kalkphyllite* der Bedrettomulde in grosser Mächtigkeit. Auf ca. 1300 m Höhe werden diese Kalkphyllitmassen durch eine *Antiklinale* älterer Gesteine unterbrochen, nämlich sedimentogene quarzreiche *Sericitschiefer mit Granat*, Disthen und Hornblende. Sie

<sup>1)</sup> Den Dipyrr stellt Tschermak zum Marialith.

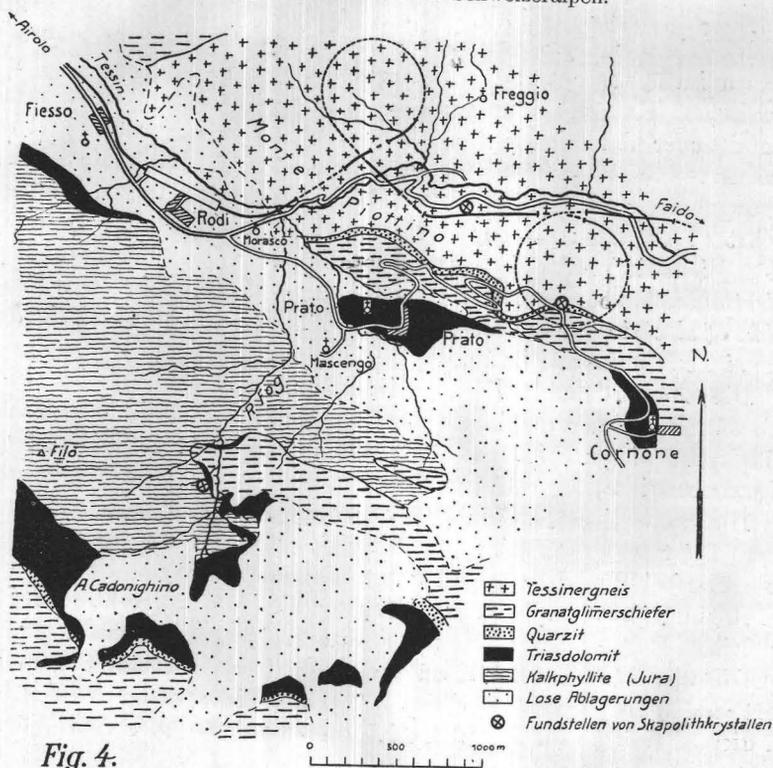


Fig. 4.

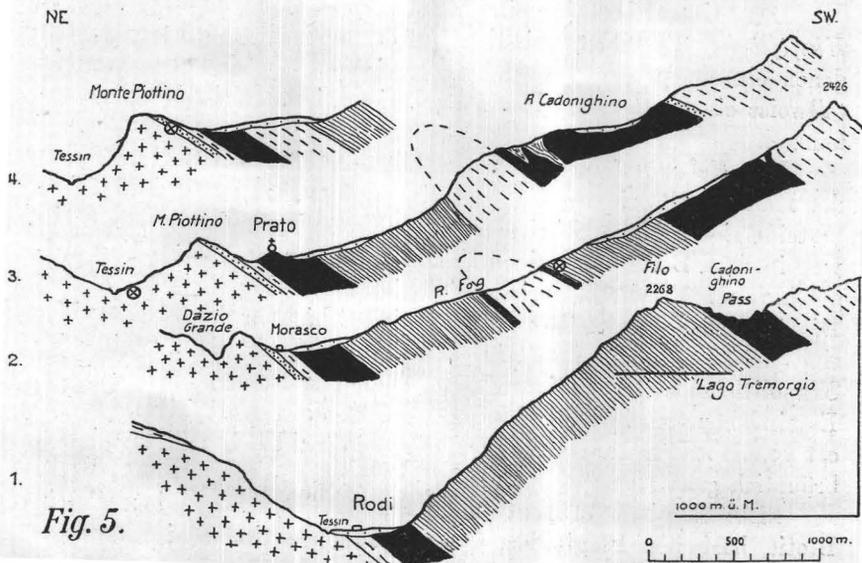


Fig. 5.

sind den Hornblendegarbenschiefen der Tremolaserie ähnlich, denen sie auch im Alter entsprechen. Von den liegenden und hangenden jurassischen Kalkphylliten sind sie durch reduzierte Lagen von Dolomit oder dolomitisch-chloritischem Mulm, als Vertretern der Trias, getrennt. Gegen Westen verschwindet die Antiklinale rasch im hangenden Kalkphyllit (Fig. 4). Weiter bergwärts folgen in umgekehrter Lagerung: jurassische Kalkphyllite, Triasdolomit, Quarzit und endlich die prätriadischen Granatglimmerschiefer der über die *Bedrettomulde* überschobenen *Campo-Tencia-Masse*. Die *Bedrettomulde* ist also hier durch eine *mediane*, isoklinal gelagerte *Antiklinale in zwei Teile geteilt* (Fig. 5).

Die Skapolithfundstelle im Riale Fog findet sich nun im Gewölbeschenkel dieser medianen Antiklinale an der Basis der obern Kalkphyllitserie unmittelbar über den verquetschten Triasresten (Fig. 5, Profil 2).

Die Stelle liegt an dem Fussweg der von Cheser nach Sontra führt (Blatt 503, Faido 1 : 50 000). Dieser Weg überschreitet den Riale Fog bei Punkt 1272 und steigt dann auf der Westseite empor. In 1400 m Höhe etwa kehrt er wieder auf die Ostseite (rechtes Ufer) des Riale Fog zurück. Kurz vor diesem zweiten Bachübergang schneidet der Weg einen kleinen linken Zufluss des Riale Fog und quert sodann am rechten Ufer dieses Zuflusses einen steilen Felskopf. An diesem findet sich der Skapolith, in Brushöhe über dem Weg.

#### Form der Lagerstätte und Nebengestein.

Das Mineral bedeckte eine blossliegende, etwas herausgewitterte *Kluftfläche*. Es bildet weissliche, grob quergeklüftete Stengel, von denen einzelne über 10 cm Länge erreichen. Sie sind dem Gestein teilweise eingebettet und lassen nur prismatische Kristallformen erkennen.

Das *Nebengestein* der Mineralklüfte gehört den tiefern Teilen der Kalkphyllitserie an, die der Trias unmittelbar auflagern. Triasgesteine sind wenige Schritte von der Skapolithfundstelle am Fussweg in dem Bette des kleinen linken Zuflusses zum Riale Fog aufgeschlossen. Es sind chloritische Schiefer und dolomitischer Mulm. Die der Trias unmittelbar auflagernden Schichten der Kalkphyllite sind in dieser Region häufig quarzitisch. Auch die Gesteine der Skapolithfundstelle verdienen kaum mehr den Namen von Phylliten. Es sind eher gneisartig aussehende Kalk- und Kalksilikatgesteine, oft von Hornfelscharakter. Ihre Farbe ist bald heller, bald dunkler bräunlich grau.

Mikroskopisch erkennt man als Hauptgemengteile: Calcit, Biotit, basischen Plagioklas, Quarz. Daneben finden sich unterge-

ordnet: Skapolith, Zoisit, Muscovit, Pyrit, Rutil, Turmalin und Zirkon.

Die Struktur ist granoblastisch. Sie nähert sich stark der Hornfelsstruktur mit schwach ausgeprägter Paralleltexur. Besonders charakteristisch ist die Zahnstruktur der unregelmässigen Biotitlappen, sowie die Siebstruktur der Plagioklase und der Skapolithe. Die optische Bestimmung des Plagioklas weist auf die basischen Glieder: Andesin bis Labrador. Der Plagioklas ist oft mikropegmatitartig verwachsen mit einem andern Feldspat von schwächerer Licht- und Doppelbrechung, den ich für Orthoklas halte.

Frappant ist die Ähnlichkeit, ja Gleichheit dieser Gesteine mit Triasgesteinen der Teggiolomulde im Simplontunnel, die ich als „Kalkschiefer mit Plagioklas und Skapolith“ und als „Skapolithgneise“ [21, pag. 19] beschrieben habe, und die der Serie der anhydritführenden Schiefer angehören. Diese Übereinstimmung legt nahe, auch das Skapolith führende Gestein vom Riale Fog zur Trias zu rechnen, zumal für die genauere Altersbestimmung des Gesteins ausser der oben geschilderten geologischen Situation keine weiteren Daten vorliegen.

Die Untersuchung des Nebengesteins zeigt somit, dass der Skapolith sowohl als Klufftmineral in dessen Klüften, als auch, nur mikroskopisch erkennbar, als Gesteinsgemengteil im Gestein selbst auftritt. Die Klüfte haben nicht den Charakter von richtigen Klüften mit deutlichen Kluffwänden und scharf abgetrennter Füllmasse, sondern es scheint eine Art flächenförmige Umkristallisation des Gesteins vorzuliegen, die stellenweise auch den Charakter von Gesteinsschlieren annimmt. Das Zentrum dieser Kristallisationen nehmen die Skapolithe ein, meist flächenförmig angeordnet. Die Kristalle sind ganz im Gestein eingewachsen. Zu beiden Seiten der Skapolithlage trifft man die Gesteinsgemengteile in etwas grobkörniger Ausbildung und in Lagen gesondert, sodass helle, calcitreiche Schichten mit schwarzen Glimmerlagen wechseln. Es hat demnach längs diesen Skapolithklüften ein Umkristallisieren und Neuaneinanderordnen der Gesteinsgemengteile stattgefunden.

### Der Skapolith.

*Kristallographische und chemische Eigenschaften.* Die *Skapolithkristalle*, besonders kleinere, sind teilweise völlig frisch glasig. Es lassen sich die Formen 110 und 100 bestimmen. Meist ist ein Teil, oft eine äussere Schale von ca.  $\frac{1}{2}$  mm Dicke, in eine matt gelblich weisse, weichere Substanz umgewandelt, auch bilden sich bei vorgerückterer Umwandlung silberweisse Schüppchen, die teilweise als Muscovit bestimmt wurden. Es liess sich indes durch sorgfältige

Auslese glasheller Körner genügend frisches und reines Material für eine chemische Analyse und andere Bestimmungen gewinnen. In physikalischer und chemischer Beziehung verhält sich das Mineral wie folgt:

Am Mineralpulver lässt sich mikroskopisch sehr leicht und rasch die Einachsigkeit und die negative kräftige Doppelbrechung nachweisen.

Die *Lichtbrechung* wurde an einem parallel der Vertikalachse geschliffenen Prisma bestimmt und für Natriumlicht gefunden.

$$\varepsilon = 1,548; \omega = 1,577.$$

Die Doppelbrechung beträgt also:  $\omega - \varepsilon = 0,029$ . Diese Zahlen sprechen für einen *Mejonit-reichen Skapolith* und stimmen am besten mit den am Skapolith von Laurinkari gefundenen Werten überein (Hintze, Handb. d. Min., pag. 1561, sowie 23, pag. 240).

Das *spezifische Gewicht* wurde an zwei völlig frischen, glasigen Prismen zu 2,741 und 2,742 gefunden. Diese Bestimmung ist weit zuverlässiger als die am „Dipyr“ von Valdo ausgeführte. Die Werte stimmen wiederum mit denen des Skapolith von Laurinkari nahe überein, von welchem Bestimmungen zwischen 2,698 und 2,734 sp. Gew. vorliegen.

Bei einigen Voruntersuchungen zur chemischen Analyse zeigte der Skapolith vom Riale Fog folgendes Verhalten:

*Vor dem Lötrohr* schmilzt er in kleinen Splittern zu einem schaumig aufgeblähten weissen Glase unter Gelbfärben der Flamme.

*Chlor* konnte in der salpetersauren Lösung mit  $\text{AgNO}_3$  nur in geringsten Spuren erkannt werden. Die pag. 174 beschriebene Behandlung mit  $\text{NHO}_3$ ,  $\text{AgNO}_3$ ,  $\text{FlH}$  und Metol-Hydrochinon ergab keine Reaktion.

Dagegen wurde durch Heparreaktion ein Gehalt an *Schwefel* nachgewiesen. Ebenso durch Chlorbarium in der salzsauren Lösung der Sodaschmelze.

Sehr bemerkenswert ist das Verhalten der *Kohlensäure* in der Skapolithsubstanz. Behandelt man das feine Pulver mit Salzsäure (50%), so ist keinerlei Gasentwicklung zu beobachten, sogar beim Erwärmen nicht. Erst bei Zusatz von Flussäure tritt lebhaftes Brausen ein, also erst im Moment, in dem das Silikat aufgeschlossen wird. *Borgström* [22, pag. 24] hat ein ähnliches Verhalten am Skapolith von Laurinkari beobachtet. Er bringt es damit in Zusammenhang, dass die Kohlensäure ein integrierender Bestandteil des Skapolithmoleküls bildet, der, wie aus seinen Untersuchungen hervorgeht, auch für die physikalischen Eigenschaften der einzelnen Skapolithglieder von grösster Bedeutung ist.

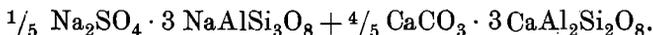
*Chemische Zusammensetzung und Formel.* Eine chemische Analyse des Skapolithes vom Riale Fog wurde von Dr. F. *Hinden* in Basel ausgeführt mit dem unter I stehenden Resultat.

	I	II
SiO <sub>2</sub> =	45,08 . . . .	46,25
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> =	26,92 . . . .	27,57
CaO =	17,65 . . . .	17,94
MgO =	0,69 . . . .	—
K <sub>2</sub> O =	0,21 . . . .	—
Na <sub>2</sub> O =	3,72 . . . .	3,11
CO <sub>2</sub> =	3,92*) . . . .	3,53
H <sub>2</sub> O =	0,46 . . . .	—
SO <sub>3</sub> =	2,14 . . . .	1,60
Cl =	0,08 . . . .	—
	100,87	100,00

\*) Glühverlust vermindert um das in besonderer Probe bestimmte H<sub>2</sub>O.

Der Skapolith gehört ohne Zweifel zu den *Mejonit-reicheren Gliedern*. Er zeigt eine recht gute Übereinstimmung mit dem von *Borgström* analysierten *Skapolith von Laurinkari* [22, pag. 24], auf den schon die physikalischen Eigenschaften hinwiesen. Ein charakteristischer Unterschied ist, dass das Verhältnis von Cl zu SO<sub>3</sub> noch mehr zugunsten der Schwefelsäure verschoben ist bis zur fast völligen Ersetzung des Chlor durch Schwefelsäure.

Zur *Berechnung* habe ich mich der von *Borgström* aufgestellten neuen Formeln bedient. Die Zusammensetzung des Skapolith vom Riale Fog kann durch folgende Formel ausgedrückt werden:



Die prozentuale Zusammensetzung, aus dieser Formel berechnet, ist unter II (Seite 183) angegeben zum Vergleich mit dem Analysenresultat unter I.

Wenn auch die Übereinstimmung keine ganz genaue ist, so lässt sich doch die Zusammensetzung des Skapolith vom Riale Fog sehr wohl mit den Annahmen *Borgströms* in Einklang bringen. Schon die bedeutenden Mengen von fest im Skapolithmolekül gebundener Kohlensäure sprechen für seine Überzeugung, dass bei der Berechnung der Formel der „*Oxydmejonit*“ durch „*Carbonatmejonit*“ zu ersetzen sei.

Die Besonderheit des Skapolith vom Riale Fog ist die, dass das Chloridmarialitmolekül fast völlig durch Sulfatmarialit ersetzt ist,

sodass nur die beiden Verbindungen Sulfatmarialit und Carbonatmejonit eine wesentliche Rolle im Moleküle spielen.

Nach *Tschermaks* Nomenklatur ist das Mineral zum *Mejonit* zu stellen.

## 2. Monte Piottino.

Die Strasse von Prato nach Cornone schneidet mehrfach die *Quarzschicht*, die den *Tessinergneis* des Monte Piottino überdeckt.

An der in Fig. 4 angemarkten Stelle findet sich der Skapolith in *Quarzitklüften*, die schief die Parallelstruktur des Gesteins schneiden. Die Klüfte sind ausgekleidet von hellgrünlichem Muscovit, sowie Biotit mit kleinem Achsenwinkel. Der *Skapolith* ist strahlen- bis büschelförmig angeordnet auf der Kluffläche. Zwischen den einzelnen Stengeln ist häufig glasheller Quarz eingebettet. Auch der Skapolith ist glasig farblos an frischen Teilen, an einigen Stellen dagegen blass rosa gefärbt.

Optisch verhält sich der Skapolith dem vom Riale Fog gleich. Im Mineralpulver erhält man infolge von Querklüftung auffallend oft Blättchen nach der Basis mit dem schönen negativen Achsenbild. Die Prüfung der Lichtbrechung mit der Einbettungsmethode ergab das gleiche Resultat  $\varepsilon = 1,5486$ ;  $\omega = 1,5770$  ca. Die Doppelbrechung (nach Gemengteilen des Quarzit bestimmt) wurde zu 0,03 gefunden.

Für eine chemische Analyse ist das vorgefundene Material nicht ausreichend. Das Hauptinteresse der Lagerstätte knüpft sich an die Genese des Minerals.

Das *Nebengestein*, der *Quarzit*, ist ebenfalls *skapolithhaltig*. Der Skapolith findet sich dort in unregelmässigen Massen, den übrigen Gemengteilen Quarz und Muscovit beigemischt.

Der Mineralbestand des Quarzit ist recht mannigfaltig. Zwischen den Lagen von reinem Quarz, die schon dem blossen Auge sichtbar sind, finden sich solche, in denen Quarz mit reichlich Muscovit gemengt ist, ferner mit Biotit, Skapolith, Epidot, Klinozoisit, Calcit Orthoklas mit Mikroklinstruktur und saurem Plagioklas in granophyrischer Verwachsung mit Quarz (Myrmekit), Titanit, Zirkon und Pyrit.

Der Quarzit dürfte als ein metamorpher Sandstein anzusehen sein, in dem die Skapolithsubstanz von den Klüften her ins Gestein eingedrungen ist zur Zeit der Umwandlung des Sandstein in Quarzit.

## 3. Dazio Grande.

Ein weiterer Fundpunkt von Skapolith findet sich an der Gottthardstrasse unterhalb der Dazio-Grande-Schlucht, etwa in der Mitte zwischen den beiden Kehrtunneln der Gotthardbahn (Fig. 4).

Der Ort liegt geologisch mitten in der Masse des *Tessinergneises*. Dieser hat aber hier nicht seinen normalen Granitgneis-Charakter, sondern es herrscht eine biotitreiche, schiefrige Varietät vor, die mit muscovitreichen, hellen aplitartigen Lagen wechselt, offenbar basische und saure Schlieren, denen Linsen von Quarz sowie auch grobkörnige Calcitaggregate und kalksilikatreiche Gesteine eingelagert sind. Letztere dürften als Einschlüsse von Sedimentresten in der eruptiven Masse aufzufassen sein.

Der *Skapolith* findet sich in steilen, ausgeprägten *Klüften*, die die flachliegenden Schieferungsflächen durchbrechen. Die Ausfüllung der Klüfte besteht aus Quarz und Muscovit, seltener Calcit. Diese *Kluftminerale* werden stellenweise von groben Skapolithbüscheln verdrängt, die dann nur von feinsten Muscovithäutchen begleitet sind. Die Büschel bestehen aus Stengeln von ca.  $\frac{1}{2}$  cm Dicke und mehreren Zentimetern Länge.

Gutes Material zu gewinnen ist sehr schwer. Doch gelang an frischen Splintern die sichere Bestimmung als Skapolith.

Die Lichtbrechung stimmt mit derjenigen der Skapolithe von Riale Fog und Monte Piottino überein. Das spezifische Gewicht ist 2,729.

#### 4. Valle.

Das Sommerdörflein Valle liegt auf 1700 m, etwa  $\frac{1}{4}$  Stunde südlich vom Ritomsee im Val Piora. Die Skapolithe, die *G. Klemm* hier entdeckt hat, finden sich in Blöcken östlich von den obersten Häusern des Ortes. Anstehend sind sie meines Wissens noch nicht beobachtet worden.

Bei keinem der bisher genannten Vorkommen ist der Kluftcharakter so deutlich ausgeprägt wie hier.

Das Nebengestein ist ein ziemlich dunkler, dünnstiefrieger Biotitgneis, der dem kristallinen Kern des Molaremassivs angehört.

Die Schieferungsflächen werden scharf durchschnitten von kleinen *Gängen* von vorwiegend brauner Farbe. Die Gangart ist hauptsächlich eisenschüssiger Calcit. Die Saalbänder sind mit grobblättrigem Chlorit bekleidet, der zu Rosetten und Kugeln gruppiert in die Gangmasse hineinragt.

Die braune Calcitmasse ist nun stellenweise von weissen quadratischen Prismen von einigen Zentimetern Länge, dem Skapolith, kreuz und quer durchspickt. Auch Nadeln von Rutil, sowie Muscovit finden sich da und dort in der Gangmasse. Den *Skapolith* habe ich nicht genauer untersucht. Vielleicht ist *G. Klemm* in der Lage, denselben an reichlicherem Material zu bearbeiten. Ich habe nur folgende zur Erkennung als Skapolith nötige Beobachtungen ge-

macht: Das Mineral ist einachsig, optisch negativ. Licht und Doppelbrechung verhalten sich wie bei den oben beschriebenen Skapolithen der Leventina. Das spezifische Gewicht beträgt 2,704.

Beachtenswert ist auch hier die *Veränderung*, die das *Nebengestein am Kontakt* mit der *skapolithführenden Kluft* erleidet:

Der dunkelgraue Biotitgneis ist in einer schmalen Zone (ca. 5 cm) parallel der Kluft grün gefärbt. Die Verfärbung entspricht einer Umwandlung des Biotit. Der gesteinsbildende Biotit von dunkel braungrüner Farbe und normaler Doppelbrechung verwandelt sich in der

NW

SE.

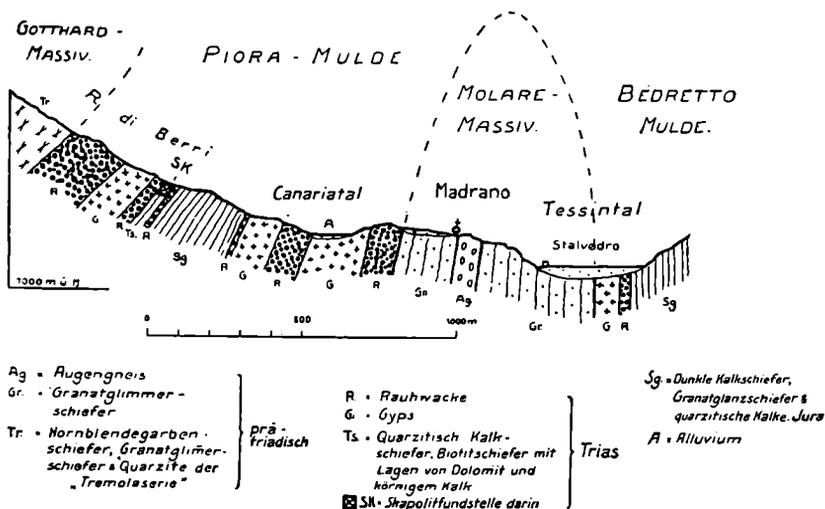


Fig. 6.

Kontaktzone zunächst in optisch negativen Chlorit mit deutlicher Achsenapertur. Allmählich nimmt auch ein durch Muscovitausscheidung bedingter Seidenglanz überhand. Am Rande der Kluft findet man deutliche Muscovitblättchen und optisch positiven, einachsigen Chlorit, der mit dem kugelförmigen Chlorit der Gangmasse identisch ist. Unter Einwirkung der in der Kluft zirkulierenden Agentien hat also eine Umwandlung des Biotit in Chlorit und Muscovit stattgefunden.

### 5. Riale (Ronco) di Berri.

Die topographische und geologische Situation dieser nahe bei Airolo gelegenen Fundstelle ist in Fig. 6 skizziert.<sup>2)</sup> Der Fundort

<sup>2)</sup> Unter Mitverwertung geol. Aufnahmen im Riale di Berri von W. Steuer.

liegt mitten in mesozoischen Sedimenten im nördlichen, überkippten Schenkel der Pioramulde. Das Nebengestein sind quarzige biotit- und muscovitführende, braungelbe Glimmerkalk- resp. Dolomitschiefer im stratigraphisch höchsten Teil des Triaskomplexes. Diese Schiefer können etwa zu der Gruppe gerechnet werden, die von *Niggli* und *Staub*<sup>3)</sup> im Gotthardgebiet als Quartenschiefer aufgefasst werden.

Das Auftreten des Skapolith ist dem von Valle durchaus ähnlich. Es sind quer zur Schieferung laufende Klüfte, die mit eisen-schüssigem Calcit, Muscovit und kreuz und quer liegenden Prismen von Skapolith erfüllt sind. Auch Rutilnadeln finden sich in der Füllmasse. Das gewonnene Material ist dürftig. Es genügt eben zum Nachweis von Skapolith, nicht aber zu weiterer Bearbeitung.

### Schlussfolgerungen.

#### a) Mineralogische.

Die Resultate der chemischen Untersuchung des Skapolith vom Riale Fog sprechen für die Richtigkeit der neuen *Borgström*'schen Skapolithformeln.

#### b) Geologische.

Der Skapolith hat in den Alpen der Tessin- und Simplonregion drei verschiedene Typen des Vorkommens, er findet sich:

1. Als mikroskopischer Gemengteil von körnigen Kalken und Kalksilikatgesteinen in Körnern oder grössern Gesteinskomponenten mit Siebstruktur, ohne Kristallbegrenzung.
2. Als idiomorphe Porphyroblasten in Dolomit der Trias.
3. Als Kluftmineral in ganz verschiedenen geologischen Körpern.

Die zwei letztern Vorkommen sind oben beschrieben worden: Der Mizzonit von Valdo im Triasdolomit und die Kluftskapolithe der Leventina.

Die skapolithführenden Marmore von *Valdo* erinnern stark an manche pyrenäische Skapolithkalke, die als Produkte der Kontaktmetamorphose naher Eruptivkörper, besonders Ophit und Lherzolit aufgefasst werden. Es liegt daher nahe, auch für den Skapolith von Valdo eine Entstehung durch Kontaktmetamorphose anzunehmen. Die geologische Situation (Fig. 1) scheint dafür besonders verlockend, da das Skapolithgestein direkt an die mächtige Granitmasse des Antigoriogneis grenzt. Es ist ja gewiss anzunehmen, dass die Skapolithgesteine in den Pyrenäen und in den Alpen gleichartigen

<sup>3)</sup> Beiträge zur geol. Karte der Schweiz XLV pag. 68 und 69.

Entstehungsbedingungen unterworfen waren. Dort wie hier mögen die Skapolithe pneumatogener oder hydato-pneumatogener Natur sein. Dagegen geht aus den geologischen Aufnahmen von *C. Schmidt*, *A. Stella* und mir deutlich hervor — und es steht dies im Einklang mit der Auffassung fast aller Geologen, die das Simplongebiet näher kennen gelernt haben: *Gerlach*, *Lugeon*, *Heim*, *Schardt* etc. —, dass der Antigoriogneis keine post-triadische oder post-mesozoische Intrusion sein kann, sondern passiv mit den Ablagerungen der Trias disloziert worden ist (vergl. Fig. 2). Die Skapolithbildung kann also nicht mit der Intrusion des Antigoriogranits in Zusammenhang gebracht werden. Sie muss in die Zeit der grossen tertiären Alpenfaltung fallen. Die tiefgreifende Gesteinsumwandlung dieser Epoche hat vielfach grosse Ähnlichkeit mit Kontaktmetamorphose [15]. Das Vorkommen von Skapolith illustriert ihren teilweise pneumatogenen Charakter. Die dabei wirksamen Agentien sind von wenig tiefen Magmenresten herzuleiten, die zur Zeit der Alpenfaltung erstarrten, im Gebiet unserer Skapolithfunde aber die Oberfläche nicht erreichten. Ihre oberflächlichen Äquivalente sehen wir in den periadriatischen tertiären Graniten und Tonaliten [24]. *Cornelius* und *Staub* zählen dazu auch das Disgraziamassiv. *R. Staub* [25] glaubt die tertiären Eruptiva dieses Massivs bis ins Val Morobbia bei Bellinzona verfolgen zu können<sup>4)</sup> und bringt die Injektionen in den umliegenden Tessinergneisen damit in Zusammenhang.

Das Vorkommen der Skapolithe in der *Leventina* hat einen durchaus andern Charakter als das von Valdo. In der *Leventina* haben wir es mit Kluftausfüllungen zu tun, verbunden freilich mit einer beschränkten Skapolithisierung auch des Nebengesteins. Die Skapolithklüfte treten sowohl in Sedimenten als in Eruptivmassen, in vor- und nachtriadischen Bildungen auf (Fig. 4). Sie dokumentieren dadurch ihre Unabhängigkeit von den aufgeschlossenen Bildungen und deuten auf einen gemeinsamen, tiefern Ursprungsort. Es ist wohl berechtigt, sie von denselben abyssischen tertiären Eruptivmassen herzuleiten, wie die Skapolithe von Valdo. Während aber dort die Agentien aus der Tiefe ganze Gesteinskörper imprägnierten, vermochten sie in der *Leventina* mehr nur auf Spalten und Klüften vorzudringen.

Ich möchte daraus schliessen, dass die Entfernung der Eruptivmassen, die die skapolithbildenden Agentien absonderten, hier in der *Leventina* eine etwas grössere war und dadurch vielleicht eine mehr hydato-pneumatogene Mineralbildung bedingt war gegenüber der pneumatogenen, ganze Gesteinskörper mineralisierenden.

<sup>4)</sup> Vgl. auch *Ed. Suess* Antlitz der Erde III/2 pag. 143.

Über das Vorkommen des Skapolith als Kulftmaterial sind die Angaben in der Literatur spärlich, verglichen mit denen über den Skapolith als metamorphen Gesteinsgemengteil. Von hohem Interesse für unsern Fall ist eine neuere Beschreibung der berühmten Skapolithlagerstätte von Laurinkari (bei Abo in Finnland) durch *L. H. Borgström* [22]. Auch hier füllt der Skapolith zusammen mit Quarz eine Kluft<sup>5)</sup> aus, begleitet von folgenden Mineralien in untergeordneter Menge: Calcit, Fluorit, Apatit, Magnetkies, Pyrit, Magnetit, Hornblende, Epidot, Phlogopit, Titanit, Orthit. *Borgström* vergleicht diese Paragenese mit den mineralreichen Apatitgängen von Norwegen und Canada, die ebenfalls Skapolith führen.

Entsprechend den geologischen Unterschieden im Vorkommen der Skapolithe von Valdo und derer in der Leventina, ist auch ihre chemische Zusammensetzung verschieden: Die Skapolithe im Dolomit von Valdo sind Mizzonit, die Kluftskapolithe der Leventina Mejonit. Die erstern sind mehr Chlor-, die zweiten Sulfatskapolithe.

Die überraschende Ähnlichkeit in der Zusammensetzung der Skapolithe vom Riale Fog und derer von Laurinkari, insonderheit der aussergewöhnlich hohe Schwefelgehalt beider lässt eine engere chemische Verwandtschaft der Kluftskapolithe unter sich vermuten.

### Benützte Literatur.

1. *J. de Charpentier*. Essai sur la constitution géognostique des Pyrénées 1823, pag. 226.
2. *Des Cloizeaux*. Manuel de Minéralogie 1862, pag. 234.
3. *B. Studer*. Geschichte der physischen Geographie der Schweiz 1863, p. 627.
4. — Index der Petrographie (Nufenenschichten). Bern 1872, p. 172.
5. *E. Favre*. Revue géol. Suisse pour l'année 1872. (Arch. des sciences 1873), pag. 13.
6. *K. v. Fritsch*. Das Gotthardgebiet. (Beitr. z. geol. Karte d. Schweiz XV 1873), pag. 127.
7. *G. Tschermak*. Die Skapolithreihe. (Sitzungsber. Akad. Wien Bd. 88 I 1883, pag. 1142).

---

<sup>5)</sup> Die Kluft schneidet nach Bergströms Zeichnung quer durch Pegmatitgranit und verschiedenartige Gneise und zeigt evident ihre geologische Unabhängigkeit von diesen Gesteinskörpern. Die Tatsache, dass an den Klufrändern Skapolithe mit den Mineralien des Pegmatitgranits sich mengen, möchte ich lieber auf Skapolitisation des Pegmatitgranits von der Kluft aus zurückführen, statt eine genetische Beziehung zwischen dem Pegmatitgranit und dem Skapolith an Ort und Stelle anzunehmen, wenschon ich natürlich die Beziehungen des Skapolithganges als Ganzes zu den Pegmatitgranitintrusionen durchaus nicht bezweifeln will. Die Abspaltung der Gangmasse aus dem Pegmatitgranit dürfte tiefer liegen.

8. *M. Lacroix*. Contribution à l'étude des gneiss a pyroxène et des roches à wernérite. (Bull. Soc. Franç. de Min. XII 1889, pag. 83—360).
9. — Sur les phénomènes de contact de la syénite ééolotique de Pouzac etc. (Comptes rend. hebd. Acad. Sc. Paris X 1890, T. 110, pag. 1011.)
10. *C. Schmidt*. (Beitr. z. geol. Karte d. Schweiz XV, 1891, p. 127).
11. *A. Lacroix*. Minéralogie de la France, T. II 1896, p. 203 ff.
12. *W. Salomon*. Über die Contactmineralien der Adamellogruppe. (Tschermak. Min. u. Petr. Mitth. Bd. 15. 1896, pag. 159—183.
13. *G. Spezia*. Sulla Anidrite micaceo-dolomitica etc. del Traforo del Sempione. (Atti R. Acc. Sc. Torino Vol. 38 1903.)
14. *R. van Hise*. Treatise on metamorphism. (Monographs N. S. geol. survey XLVII, pag. 312). 1904.
15. *A. Stella*. Il problema geo-tettonico dell'Ossola e del Sempione. (Boll. R. Comitato geol. d'Italia 1905 No. 1 pag. 33, 36, 37.)
16. *G. Linck*. Orthoklas aus dem Dolomit vom Campolungo. (Neues Jahrb. f. Min. Bd. I 1907, pag. 29.)
17. *C. Schmidt* und *H. Preiswerk*. (Geol. Karte der Schweiz. Erläuterungen Nr. 6 1908, pag. 18.)
18. *L. Desbuissons*. La Vallée de Binn. (Lausanne, Georges Bridel 1909, pag. 66.)
19. *E. Gutzwiller*. Injektionsgneise aus dem Kanton Tessin. (Inaug.-Diss. Zürich 1912, pag. 48.)
20. — Zwei gemischte Hornfelse aus dem Tessin. (Centralblatt f. Min. Nr. 12 1912, pag. 354—361.)
21. *H. Preiswerk*. Die metamorphen Triasgesteine im Simplontunnel. (Verh. Nat. Ges. Basel, Bd. 24 1913, p. 19 u. 20.)
22. *L. M. Borgström*. Die Skapolithlagerstätte von Laurinkari. (Bull. Commission Géol. de Finlande, No. 41 1913.)
23. — Die chemische Zusammensetzung der Skapolithe. (Zeitschr. f. Kryst. u. Min. Bd. 54 H. 3 1914, pag. 238—260.)
24. *A. Spitz*. Zur Altersbestimmung der Adamellointrusion. (Mitt. d. Geol. Ges. Wien, III. IV 1915, pag. 239.)
25. *R. Staub*. Zur Tektonik der östlichen Schweizeralpen. (Beitr. geol. Karte d. Schweiz N. F. XLVI 1916.)

Mineralogisches und Geologisches Institut der Universität Basel,  
17. Dezember 1916.