

Die überkippte Tauchfalte am Campolungopass und ihre früheren Deutungen.

Von

H. PREISWERK, Basel.

(Als Manuskript eingegangen am 5. Mai 1918.)

Einleitung.

Ein für Mineralogen und Geologen wohlberühmter Ort ist der Passübergang von Faido oder Rodi-Fiesso im oberen Tessintal nach Fusio im obersten Maggiatal über den Campolungo.

Vor mehr als hundert Jahren wurde diese merkwürdige Lokalität ans Licht gezogen durch Fleuriau de Bellevue, der im Sommer 1791 an den schneeweissen, zuckerkörnigen Dolomitmassen des Passes jene eigenartige, rosafarbene Phosphoreszenz entdeckte, die beim Schlagen und beim Erwärmen eintritt, sowie die hohe Gesteinselastizität des Dolomites, über die er 1792 eine Abhandlung veröffentlicht hat (1).

Diese Arbeit enthält m. W. auch die ersten geologischen Angaben (p. 89) über den Fundort.

Die interessantesten Entdeckungen von Fleuriau de Bellevue sind dann weiterhin durch Saussure (2, p. 174 u. 176), Ebel (3, p. 239), Amoretti (4, p. 93 u. 96), Lardy (5, p. 243) und Lavizzari (8, p. 7 u. 25) bekanntgemacht worden.

Weit mehr noch verbreiteten den Ruhm des Campolungo die in dem Dolomit eingewachsenen seltenen Mineralien: Korund, Diaspor, grüne Turmaline etc., die den Weg in alle Museen der Welt fanden.

Die Hauptfundstelle wurde ums Jahr 1813 von den Brüdern Camossi in Airolo entdeckt (9, p. 644). Nach J. Königsberger, dem wir eine kurze Beschreibung der Lagerstätte mit Literaturangabe verdanken (20), liegt der Fundort etwas nördlich von der Höhe des Passes, zwischen den Alpen Campolungo und Cadonighino (Quote 2141), den die Geologen gerne als Cadonighinopass bezeichnen. Seit etwa 40 Jahren dürfte die Lagerstätte nicht mehr ausgebeutet worden sein.

Währenddem das mineralogische Interesse an der Campolungo-gegend frühzeitig einen gewissen Höhepunkt überschritten zu haben scheint, entwickelte sich das geologische Verständnis langsamer.

Ich will im Folgenden, nach einem kurzen Rückblick über die Auffassungen und Darstellungen des Gebirgsbaues der Campolungo-region bei verschiedenen Geologen seit dem Ende des 18. Jahrhunderts, eine neue Deutung der Aufschlüsse geben, die sich auf meine jüngsten Beobachtungen im Felde stützt, nämlich eine Deutung unter Annahme von überkippten Tauchfalten.

Eine allgemeinere Bedeutung scheinen mir derartige Falten im Campolungogebiet dadurch zu gewinnen, dass hier in guten Aufschlüssen, in relativ kleinem Bezirk und an Hand von weithin sichtbaren Gesteinsfarben ein Vorgang studiert werden kann, der in der modernen Alpentektonik bereits eine wichtige Rolle spielt. Es sind die von den modernen Alpentektonikern als „enroulements“ oder auch „Einwickelungen“ bezeichneten Effekte der Gebirgsbewegungen.

Die Aufschlüsse am Campolungo. (Fig. 1).

Die Alp Campolungo ist seit kurzer Zeit durch die Anlage schöner Wege von Rodi zum Lago Tremorgio sehr leicht zugänglich geworden. In drei guten Stunden kann der Wanderer vom Tal aus den flachen Boden der Alp erreichen, bei dessen Betreten er sich mit einem Schlag mitten in die Marmorwelt des Campolungo versetzt sieht. Zur Linken und zur Rechten öffnen sich geologische Szenerien von faszinierender Schönheit.

Aus dem dunkeln Gestein des Gebirges sieht man die blendend weissen dolomitischen Marmor Massen hervorleuchten, links die weissen Schichtköpfe zu wilden Erosionsformen sich türmend, rechts dieselben Marmore zu mächtigen Falten von absonderlicher Gestalt geknäuel.

Wenden wir uns zuerst nach links, zu der tief in die Dolomitschichten eingerissenen Scharte zwischen dem Filo im Norden und dem Gebirgsstock des Pizzo Campolungo im Süden, dem „Cado-nighinopass“ (siehe Profil I, Fig. 1). Das ganze Profil schneidet eine scheinbar einheitliche, isoclinale Schichtenserie. Die Dolomitschichten trennen die umgebenden dunkeln krystallinen Schiefer in einen hangenden und einen liegenden Teil, deren verschiedenartiger Charakter sich schon von weitem zu erkennen gibt. Die liegenden Schiefer, die im Filo gipfeln, sind bräunlich gefärbt, reichlich mit Gras bewachsen und bilden sanft geschweifte Gratformen. Es sind die zu den Bündnerschiefern gehörenden Kalkschiefer. Die hangenden

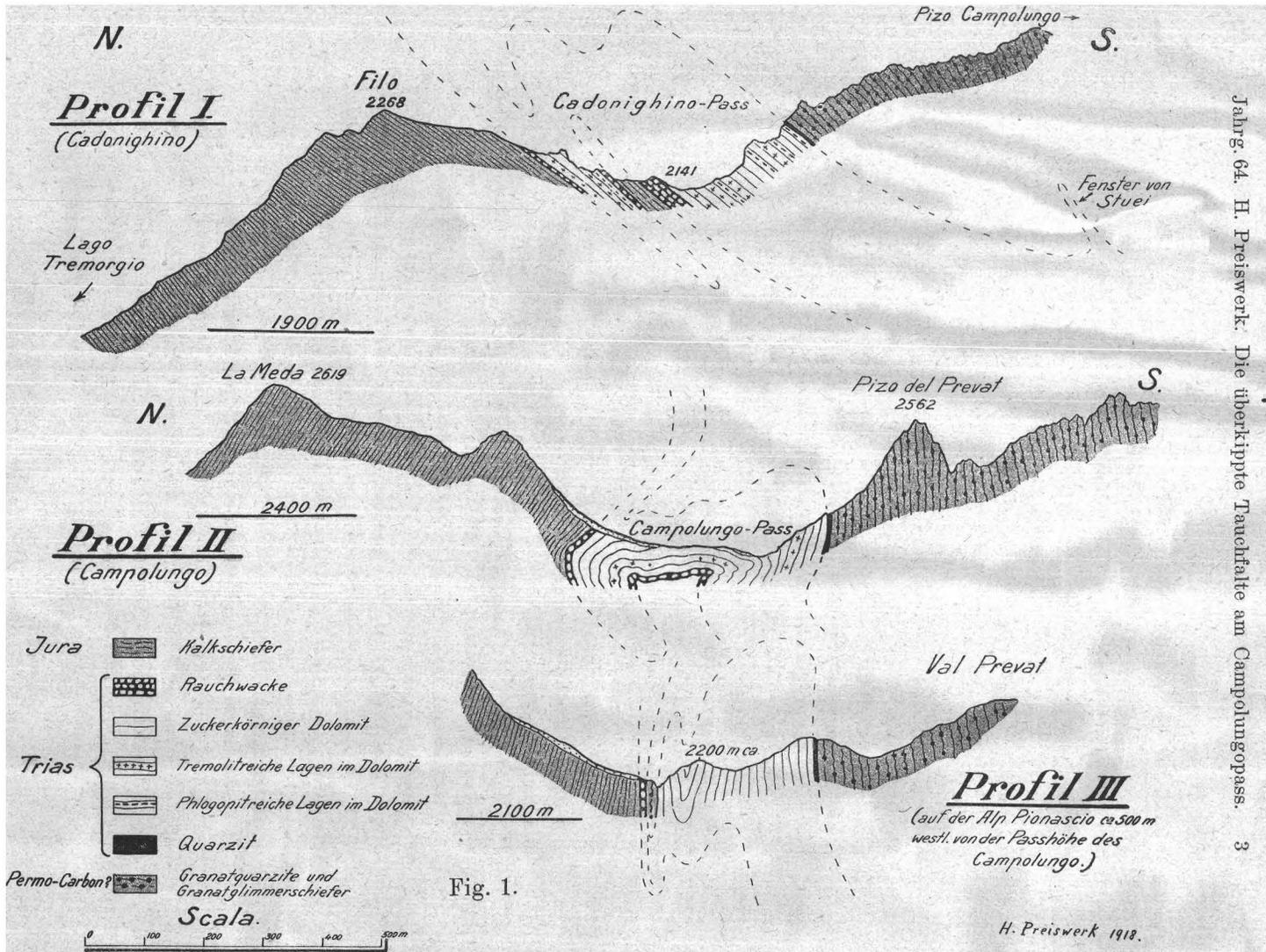


Fig. 1.

H. Preiswerk 1918.

Schiefer, die den zerrissenen Grat zum Pizzo Campolungo hinauf bilden, sind mehr grüngrau gefärbt und vegetationsärmer. Es sind granatreiche, zum Teil quarzitisches Glimmerschiefer und Granatquarzite prätriadischen Alters. Die Serie liegt also dem Alter nach verkehrt. In der Scharte selbst, wo die Triasdolomite anstehen, bemerkt man zwei getrennte Massen des weissen Dolomit, eine kleinere nördlich vom Pass, die grössere am Pass selbst und südlich davon. Beide bestehen aus demselben zuckerkörnigen Dolomit von weisser oder bläulichgrauer Farbe. Phlogopitreiche Schichten bilden dunklere und festere Bänke, die besonders an dem hochragenden weissen Zahn über der Passhöhe als balustradenartige Erosionsrelikte weithin sichtbar hervorragen. Die tremolitreichen Schichten treten im Terrain nicht hervor. Sie bilden eher Depressionen als Rippen, da sie vorwiegend aus mürbem, zerreiblichem Dolomit bestehen.

Mitten in der Scharte, beiderseits flankiert von den weissen Dolomiten fallen, direkt nördlich vom Sattel 2141, dunklere, teilweise grasbedeckte Gesteine auf. Es sind Rauhwacken und Kalkschiefer, deren Bedeutung wir später besprechen wollen.

Von den nackten Dolomitifelsen waschen die Tagwässer weissen Dolomitsand ab, der in den Alluvionen der Campolungoebene sich ausbreitet und Schneefelder vortäuscht. Südlich vom Bach ragen aus dieser Ebene mehrere flache Rundhöcker, die auffallenderweise aus Kalkschiefern bestehen (27).

Am Südrand der Campolungoebene tritt die scharfe Grenze zwischen dem Dolomit und den ältern krystallinen Schiefen mehrfach zu Tage. Die Schichten fallen nach Süden ein.

Wendet man den Blick von der Campolungoalp nach Westen gegen den Campolungopass zu den schönen Dolomitfalten empor, so findet man dieselben Gebirgsglieder wie am Cadonighinopass, aber in völlig veränderter Lagerung. (Profil II der Fig. 1)¹⁾. Die am Cadonighinopass das Hangende bildenden, flach südfallenden Granatquarzitschiefer gelangen in dem Felszahn des Pizzo del Prevat in völlig vertikale Lagerung. Die Kalkschiefer des Filo drehen in der Gebirgsmasse der Meda aus Südfallen in Nordfallen um. Daraus resultiert, dass die Kalkschiefer der Meda und die ältern Granatquarzite des Prevat die Schenkel einer Pseudoantiklinale bilden, die sich über den flachen Dolomitsattel zu wölben scheint.

Steigen wir vom Campolungopass im Streichen der Schichten ins

¹⁾ Leider musste Profil II zum Vergleich mit Profil I und III umgekehrt gezeichnet werden verglichen mit der Lage der klassischen Ansicht der liegenden Dolomitfalte von der Alp Campolungo aus.

Maggiatal hinunter, so treffen wir schon etwa 500 Meter von der Passhöhe entfernt, ausschliesslich sehr steile Schichten. Das flache Dolomitgewölbe ist verschwunden. An seiner Stelle sind nur Reste steilgepresster Falten im Dolomit sichtbar. (Profil III.)

Historisches.

Schon zahlreiche Geologen haben ihre Beobachtungen über den Campolungo veröffentlicht, ohne dass es bisher gelungen wäre, eine befriedigende Erklärung zu finden, speziell für die dem Beobachter auf der Alp Campolungo in die Augen springenden Komplikationen.

Fleuriau de Bellevue (1) macht p. 89 einige wohlzutreffende Angaben über die Lagerungsverhältnisse des Campolungodolomites. Zu jener Zeit, d. h. bevor Charpentier und Lardy die Belemniten am Nufenen entdeckt hatten, war es noch unmöglich, den Gebirgsbau dieser Gegend aus den herrschenden Anschauungen heraus zu verstehen. Dies geht aus den folgenden klaren Sätzen von Fleuriau de Bellevue (p. 90) hervor:

„La pierre calcaire en couches est donc ici recouverte par un genre de pierre de première formation; elle repose également sur un schiste quartzeux micacé; cette roche est donc évidemment primitive.“

Im Jahre 1815 veröffentlicht Lardy in Leonhards Taschenbuch (5) die Beschreibung eines Ausfluges auf den Campolungo. Wir finden dort eine ziemlich eingehende Beschreibung der Aufschlüsse. Besonders auch treffende Angaben über das Auftreten der Tremolite.

Weitere mineralogische und geologische Mitteilungen machte Lardy in seiner Arbeit über den St. Gotthard (6). Den schönen Anblick der Dolomitfalten von der Alp Campolungo aus, beschreibt er p. 248 mit folgenden Worten: „A l'ouest les rochers de dolomie sont composés de couches de différentes nuances de blanc et de gris qui présentent les replis les plus composés.“

Besonders interessant für unsern Gegenstand sind die der Arbeit beigegebenen Profile durch das Gotthardmassiv und das obere Tessintal: Lardy hat die Nufenenschiefer bis ins Bedrettetal hinein und zum Scopi verfolgt. Die Kalkschiefer des Campolungogebietes lässt er aber bei den zur Primärformation gezählten Glimmerschiefern. Somit bleibt der Fossilfund am Nufenen (1814) noch ohne Konsequenz für die Altersbestimmung der Campolungodolomite, deren geologisches Niveau Lardy zwischen die primitiven Gneise und Glimmerschiefer legt (p. 248).

Sein Spezialprofil des Cadonighinopasses mit dem charakte-

„Flysch“ vereinigt sind und samt den Dolomiten als jüngere Bildungen den Gneisen und Glimmerschiefern gegenübergestellt werden. Die Kalkschiefer (Flysch) vergleicht Studer dem „terrain jurassique modifié“ der Franzosen (7, p. 306). Das Alter der Dolomite bleibt unbestimmt.

Auch Studer hat ein Profil (vgl. Textfigur 2) durch den Campolungo gezeichnet (7, Taf. XI, Fig. 1). Da er aber die südwärts an den Dolomit anstossenden Granatglimmerschiefer teilweise mit seinem „Flysch“ vermengt hat, wie auch aus der Karte ersichtlich ist, so bildet sein Profil für das Verständnis des Gebirgsbaues des Campolungo durchaus keinen Fortschritt gegenüber den Profilen von Lardy.

Weitere Klärung brachte die bewundernswerte Karte der Penninischen Alpen von Gerlach in 1 : 200 000 (10). Der zuckerkörnige Dolomit des Binnentales, der Bruder des Campolungodolomits, wurde als Liegendes der Glanzschiefer (schiste lustré) und Hangendes der Gneise als Trias festgestellt durch Vergleich mit den Westalpen. Damit war de facto auch die stratigraphische Stellung des Campolungodolomites festgelegt. Leider liegt der Campolungo ausserhalb der Gerlachschen Karte.

Die Zugehörigkeit der Campolungodolomite zu den Dolomiten und Gypsen des Bedrettotales, die nach Gerlach Trias sind, hat dann Studer 1872 im Index der Petrographie ausgesprochen (11, pag. 67) und so die Kette der Schlussfolgerungen vollendet, ohne direkt noch den Namen Trias auf den Campolungodolomit anzuwenden.

Die Aufnahmen von F. Rolle (13) klärten den tektonischen Zusammenhang der Dolomitvorkommen unter sich und ihre Beziehung zu den Bündnerschiefern besser auf. Das Campolungoprofil (13, Tafel I, Fig. 2) siehe Fig. 2, gibt die Verhältnisse im Ganzen richtig wieder und bestätigt die schon von Lardy erkannte umgekehrte Lagerung. Über das Alter des Dolomites äussert sich Rolle (p. 19) dahin, dass der Dolomit vom Campolungo als Bedeckung von Glimmerschiefer und seinerseits überlagert von grauem Bündnerschiefer möglicherweise ein Äquivalent der Triasmassen im Osten (von Blatt Bellinzona-Chiavenna) sei.

Die Profile von A. Heim zur „Geologie der Hochalpen zwischen Reuss und Rhein“ (15) enthalten ebenfalls einen Durchschnitt durch den Campolungo (Tafel I, Nr. 2). Der Campolungodolomit ist hier als Rötidolomit eingetragen und damit definitiv zur Trias gestellt, vgl. Fig. 2. Seine Zugehörigkeit zu den Triasbildungen am Skopi, die die Basis von fossilführendem Jura bilden und zu den Triasablagerungen weiter ostwärts, die typischen Verrucano überlagern, ist durch

den tektonischen Zusammenhang überzeugend dargetan. Die Aufnahme der Profile durch Heim reicht bis 1871 zurück. Es ist demnach zweifellos, dass wir Heim die definitive Klarlegung der Stratigraphie des Campolungogebietes zu verdanken haben.

Es erübrigt noch auf einige Arbeiten einzugehen, die sich mit den speziellen Komplikationen der Campolungopasshöhe befasst haben.

K. von Fritsch (12) hat die Campolungoregion in 1 : 50 000 geologisch kartiert, ein Profil in 1 : 50 000 durch den Grat zwischen Cadonigo und Campolungo gezeichnet (Profil Nr. 10), sowie eine geologische Skizze der Campolungopasshöhe (Tafel IV, Fig. 20). Er weist darauf hin (p. 139), dass die Dolomitmasse am Pass die Form eines umgekehrten (sollte heissen liegenden) lateinischen C hat, stösst aber bei genauerer Betrachtung auf Rätsel, die er nur „andeuten“ nicht „lösen“ kann. Der Hauptgrund der für Fritsch die Lösung der Rätsel unmöglich macht, ist die zweideutige Rolle, welche die „Disthen und Staurolith führenden Schiefer (Sdi)“ in seiner Legende spielen. Er bezeichnet damit einerseits die gelegentlich Disthen führenden Granatglimmerschiefer und Granatquarzite, die das Hangende des Dolomits auf der Alp Campolungo bilden und die nach meinen Aufnahmen das jüngste prätriadische Glied des überschobenen Campo Tencia-Lappens bilden, anderseits aber auch die Staurolithschiefer von Piora, die zweifellos zu den mesozoischen Bündnerschiefern gehören. Die Kalkschiefer (SK) und die Staurolithschiefer (Sdi) sind in der Pioramulde altersgleich. Daher liegt es für Fritsch nahe, auch die beiderseits dem Dolomitgewölbe am Campolungo pseudoantiklinal auf- und anlagernden Schiefer zu parallelisieren, wie dies im Profil 10 angedeutet ist (vgl. Fig. 2), obschon er den petrographischen Unterschied der beiden Schiefergruppen deutlich hervorhebt.

Auch noch bei F. M. Stapf (14) spielt die Pseudoantiklinale des Campolungo eine für das Verständnis unglückliche Rolle, indem Stapf sie einfach als Antiklinale bucht (Tafel 25, Fig. 1), ohne ihre geologische Muldenatur zu beachten.

Im Jahre 1894 beschreibt T. G. Bonney (16) die beiden Profile vom Campolungo- und vom Cadonighinopass und vergleicht sie miteinander. Die C-förmige Dolomitfalte am Campolungo nennt er (p. 299) „a fold, extraordinary even for the Alps“.

Die Verschiedenheit von Campolungo- und Cadonighinoprofil (Textfigur 1, Profil II u. I) erklärt er mit Recht dadurch, dass der Sattel der Dolomitfalte weiter gegen Osten zu sich mehr und mehr zuspitzt, gleichzeitig mit Überschiebung nach Norden.

Wie Fritsch macht Bonney keinen Altersunterschied zwischen

den die Dolomite beiderseits begleitenden Schiefeln, offenbar weil auch er den Dolomit für den Kern der Antiklinale hielt und die Schiefer beiderseits für die sich entsprechenden Schenkel. Damit ignoriert er aber die früheren Errungenschaften von Lardy, Heim und Rolle und gelangt zu keiner den Tatsachen gerechten Deutung des Campolungoproblems.

Die Schichtenfolge am Cadonighinopass hat Bonney sorgfältig aufgenommen, hielt sie aber nicht der Wiedergabe wert (p. 300), offenbar weil er darin einen nur durch die Zufälligkeiten der Sedimentation bedingten petrographischen Wechsel vermutete. Und doch liegt gerade in der Schichtfolge am Cadonighinopass, wie wir sehen werden, ein wichtiger Schlüssel der Campolungotektonik.

Einen bemerkenswerten Versuch, die so viel besprochene Campolungofalte zu erklären, hat endlich C. Schmidt im gleichen Jahre gemacht in seinem Querprofil durch die Alpen vom Rigi bis Saltrio (17, Tafel VIII, Fig. 1). Danach umhüllt das Campolungodolomitgewölbe den krystallinen Kern einer kleinen Antiklinale, die bedingt ist durch eine südlich davon ins Krystalline eingesenkte sekundäre Mulde mit Bündnerschiefer im Muldenkern.

Meine ersten Aufnahmen in jener Gegend schienen diese Schmidtsche Auffassung zunächst zu stützen. Ich komme daher im nächsten Abschnitt noch darauf zurück und habe hier nur noch zwei Forscher: Klemm und Königsberger zu erwähnen, die sich seither mit dem Campolungo beschäftigt haben.

Die Ansicht von G. Klemm (19, p. 4), dass die Glimmerschiefer im Hangenden und Liegenden des Dolomitlagers am Cadonighinopass sich nicht unterscheiden lassen, kann ich unmöglich teilen. Schon die Farbe unterscheidet sie von weitem. Auf Alpe la Piotta, die Klemm (p. 4) zum Vergleich heranzieht, trifft es allerdings zu, dass die Glimmerschiefer im Hangenden und Liegenden des Dolomit übereinstimmen. Dort bildet der Triasdolomit den Kern einer schmalen iskolinalen Mulde im prätriadischen Schiefer. Am Cadonighinopass aber liegt der Dolomit im Mittelschenkel einer überschobenen Falte, deren Muldenkern aus Bündnerschiefer besteht.

Die merkwürdige Behauptung, dass am Pizo Lambro und am Cadonighinopass die Schichten „einfache Aufrichtung bis zu 40° erlitten“ hätten, wird sich wohl aus dem Folgenden von selbst widerlegen.

J. Königsberger hat in seiner eingangs zitierten Arbeit (20, p. 527) ein Profil durch die Alp Cadonigo gegeben. Dasselbe stimmt in seinen Beobachtungsdaten recht wenig mit meinen Aufnahmen

überein (vgl. 27, Tafel 81 a, Profil No. 40 und 41). Bemerkenswert ist die theoretische Konstruktion seines Profils vom historischen Standpunkt aus. Die Stauroolith (und Granat) führenden Schiefer mit der Signatur Sedi, die bei Cadonigo das Hangende des Dolomitlagers bilden, deutet Königsberger in Übereinstimmung mit den Profilzeichnungen von Heim und Schmidt als prätriadisch und stellt sie zwischen Tessinergneis und Dolomit. Das Dolomitgewölbe des Campolungo, das auf der Alp Cadonigo noch als kleine Schichtenbiegung erscheint, fasst Königsberger mit Schmidt als normales Antiklinalgewölbe auf, insofern, als es seiner Zeichnung nach ältere Schichten überwölbt (vgl. Textfigur 2).

Damit gelangt er aber in die peinliche Situation, dass die prätriadischen „Sedi“ an seiner Dolomitantiklinale den Gegenschengel der mesozoischen „SK“ bilden und sieht sich zur Lösung dieser Schwierigkeit zur Annahme bedeutender Discordanzen veranlasst, sowie einer recht gezwungenen Hineinsteckung des südlichen Teils des Dolomitgewölbes zwischen den „Tessinergneis“ und die Stauroolithschiefer (Sedi) hinein.

Die Tauchfalte des Campolungo.

Im Verlauf meiner Aufnahmen der geologischen Karte des Obern Tessin- und Maggiagebietes bin ich nun zu der auf Fig. 1, Profil I bis III dargestellten Auffassung gelangt. Dazu führte mich namentlich die genauere Untersuchung der Dolomitgrenzen gegen die Granatquarzite einerseits und die Kalkschiefer andererseits, sowie die detaillierte Aufnahme des Cadonighinoprofils. Dabei stellte sich zunächst heraus, dass auf der Dolomitgrenze gegen die mesozoischen Kalkschiefer in der Regel eine Rauhwackeschicht entwickelt ist, auf der Grenze gegen die prätriadischen Schichten aber eine dünne Quarzitbank, Rauhwacke dagegen fehlt. Es resultiert daraus als Normalprofil die in der Legende (Fig. 1) wiedergegebene Schichtenfolge. Nach dieser Feststellung ist nun von entscheidender Bedeutung für die Eruiierung der Falten-gestalt die Tatsache, dass der etwas dunklere Kern des Dolomitgewölbes am Campolungopass selbst (Profil II) aus Rauhwacke besteht.

Wir haben also den Kern des Gewölbes mit den nördlichen, stratigraphisch höhern Grenzschichten unterirdisch in Verbindung zu bringen. Der nördliche von den beiden absteigenden Ästen des Gewölbes muss unten blind enden, von jüngern Schichten umhüllt. Das Dolomitgewölbe entspricht nicht einer Antiklinale, sondern einer nach

oben gekehrten Muldenumbiegung. Ihr Kern ist ein als Fenster wieder auftauchender Muldenkern. Die Art der Faltung entspricht völlig der klassischen Mulde am Axenmättli. Wir haben „eine zum Gewölbe gekehrte Mulde“. (Heim, 15, p. 67).

Da diese Auffassung der Darstellung von C. Schmidt widerspricht, habe ich noch kurz auf letztere einzugehen. Schmidt zeichnet (17, Tafel VIII, Fig. 1) einen von Dolomit umgebenen Muldenkern aus Bündnerschiefer auf der Südseite der Campolungopasshöhe (Fig. 2). Bei meiner ersten Orientierungstour im Jahre 1906 habe ich in der tiefsten Einsattelung des Passes, unmittelbar nördlich vom Pizzo del Prevat schlecht aufgeschlossene, unter dem Rasen hervorstechende Kalkschiefer gefunden und dieselben als eine Bestätigung der Schmidtschen Auffassung bewertet. Meine veränderte Ansicht über die Campolungofalte veranlasste mich später, die Sache nachzuprüfen. Ostwärts vom Sattel, wo etwas tiefer am Hang die Aufschlüsse besser werden, sah ich in der Tat keine Kalkschiefer im Schichtenprofil anstehen. Ich halte daher auch die im Sattel nicht mehr für anstehend, sondern für Schuttmassen, die vom Südgipfel der Meda abgerutscht sind.

Fällt somit dieser Einwand gegen die hier vorgebrachte Theorie dahin, so brachte anderseits das Studium benachbarter Querschnitte überraschende Bestätigung.

Wenn man von der Passhöhe aus nach Westen der kleinen Bachrinne folgt, die dem Nordrand der Dolomitzone entlang gegen die Alphütten von Pianascio sich senkt, so trifft man am rechten Ufer in ca. 2150 m Höhe auf quarzitisches Granatglimmerschiefer, die mit denen des Pizzo del Prevat völlig übereinstimmen. Sie bilden eine vertikale Schichtplatte von ca. 15 m Dicke, eingelagert zwischen zuckerkörnigem Dolomit im Süden und Rauhacke im Norden. Offenbar liegt hier der schmalgepresste kristalline Kern der Tauchfalte vor, wie sich aus dem Vergleich von Profil II mit Profil III ergibt. Nach unten müssen diese kristallinen Schiefer im Dolomit enden. In den tiefer gelegenen Aufschlüssen gegen Westen sind sie in der Tat nicht mehr zu finden. Auf der Passhöhe verhindert Kalkschieferschutt ihren Nachweis.

Profil II geht in Profil III über durch rasches Einsinken der Tauchfaltenachse gegen Westen und Zusammenpressen der verschiedenen Faltenteile zu annähernd vertikaler Schichtstellung.

Eine schöne Bestätigung für die Annahme einer Tauchfalte gibt auch das Cadonighinoprofil (Profil I, Fig. 1). Die nördliche, am Hang des Filo lehrende Masse weissen Dolomits gehört der Tauchfalte an. Deutlich sieht man von der Alp aus das Konvergieren ihrer Grenz-

schichten nach unten. Die etwas grasbedeckten Schiefer und Rauh-
wacken, die den weissen Dolomit nördlich von der Passhöhe unter-
brechen, sind nichts anderes als der verkehrte Muldenkern der
Falte, der als Fenster emposticht. In dessen Zentrum erscheinen
hier sogar noch die Bündnerschiefer, die sehr wahrscheinlich im Zu-
sammenhang mit den die Rundhöcker in der Campolungoebene auf-
bauenden Kalkschiefern stehen (vgl. p. 4). In der Scharte oben, am
Cadonighinopass, sind die Schiefer beiderseits von Rauh-
wacke flankiert. Es ist evident, dass diese zwei etwas nach oben konvergieren-
den Rauh-
wackeschenkel dem noch geschlossenen Rauh-
wackegewölbe im Kern des grossen Dolomitgewölbes am Campolungopass (Profil II)
entsprechen. Wir finden im Cadonighinoprofil (I) alle tektonischen
Glieder vom Campolungoprofil (II) wieder, vermehrt um die Jura-
schiefer im Muldenkern.

Leichtes Ansteigen der Muldenachse von West nach Ost und Zu-
sammenpressung der verschiedenen Faltenteile zu einem isoklinalen
Schichtpaket unter der gewaltigen, nach Norden überschobenen kry-
stallinen Masse des Campo-Tencia-Lappens, bringen die Ummodellung
der Formen hervor, die dieselben Gebirgsglieder in beiden so ver-
schieden struierten Profilen I und II zur Schau tragen.

Wenn man die Profile I—III der Reihe nach von Ost nach West
durchgeht, so erhält man den Eindruck, dass die rasche Änderung
bedingt ist durch einen zwischen Profil I und II einsetzenden hoch-
gelegenen Widerstand gegen die vom Süden her kommende Über-
schiebungsbewegung. Dieser plötzlich auftretende Gegendruck wendet
die Schichten von flachem Südfallen im Filo zum Nordfallen in der
Meda und verursacht die absonderlichen Knetungen in der Campo-
lungotrias (Profil II).

Ein Blick auf die Karte (27) belehrt uns sofort, dass die kri-
stalline Masse der Massarikette, der „Sambuco-Lappen“ diese Wirk-
kung ausüben muss, da er sich westwärts der Meda als eine den
Bündnerschiefern aufgelagerte hochliegende Masse dem vorbranden-
den Campo-Tencia-Lappen entgegenstellt. Die zwischen beiden Lappen
eingeklemmten mesozoischen Schichten werden auf der Alp Pianascio
zu einem schmalen vertikalen Bande zusammengepresst.

Überkippte Tauchfalten und tektonisch äquivalente Erschei- nungen im Tessin, Wallis und den übrigen Schweizeralpen.

Die überkippten Tauchfalten, die ich im Vorhergehenden vom
Campolungo beschrieben habe, scheinen im nördlichen Tessin nicht
die einzigen zu sein.

Auf den Höhen zwischen Maggia und Tessingebiet in den Kalkschieferbergen gegenüber von Airolo findet man mehrere langgedehnte schmale Gneislagen, die dem Nordrand des kristallinen Maggialappens folgend den Bündnerschiefern eingelagert sind. Vielfach tauchen sie unter den überschobenen Maggialappen. Auf den Profilen zu meiner Karte in 1 : 50 000 (27, 81 b) habe ich sie hypothetisch als vom Maggialappen herunter tauchende Faltenstirnen dargestellt. Für diese etwas kühn aussehende Auffassung finde ich in den Campolungoprofilen eine gute Stütze.

Die Entstehung der überkippten Tauchfalten kann man sich folgendermassen vorstellen. Eine sich vorschiebende Deckfalte stösst mit der antiklinalen Stirne an ein Hindernis und bleibt stehen. Die Vorwärtsbewegung — gewissermassen der Vegetationspunkt — geht an andere Teile der ganzen Deckfalte über. Diese wälzen sich über die antiquierte, stecken gebliebene Antiklinal-Stirne hinweg, pressen sie in die Tiefe, kippen sie um und walzen sie zu dünnen Lamellen aus, die der Bewegungsfläche, d. h. der Basisfläche der Deckfalte angeschmiegt sind. Man könnte solche Lamellen etwa auch als „eingewalzte Antiklinalen“ oder „eingewickelte Faltenstirnen“ bezeichnen.

Verfolgen wir das Alpenstreichen vom nördlichen Tessin nach Südwest, so treffen wir auf analoge Erscheinungen im Wallis. Aus dem Simplongebiet möchte ich nur die imposante Rückfaltung im Monte Leone erwähnen, die ich bei der Konstruktion der Profile für die Simplonkarte als solche erkannt habe (21).

In noch grösserem Masstab als im Tessin scheint die Bildung von ganz analogen Tauchfalten im Unterwallis vor sich gegangen zu sein.

Dem gewaltigen Bogen der St. Bernharddecke sind nach E. Argand (23) eine ganze Reihe, von der Hauptmasse losgelöster Lamellen vorgelagert. Argands Zeichnung lässt zwar in den meisten Fällen die Art ihrer Abtrennung theoretisch offen. Im Schnitt durchs Val d'Anniviers (Profil 23) jedoch ist der Pontiskalk unverkennbar als Fenster, die kristallinen Schiefer von Niouc als überkippte Tauchfalte gezeichnet. Argand charakterisiert den Vorgang dieser Lamellenbildung trefflich durch das Wort „enroulement“ (p. 12).

Rabowski hat auch im Val Ferret diese Rückfaltungen beobachtet (26) und als „faux sinclinaux, souvent très étirés“ beschrieben. Ich selbst hatte im Herbst 1917 Gelegenheit, dieses Phänomen auf weite Strecken im Tal von Isérables und bei Châble zu verfolgen.

Die geologische Situation im südwestlichen Wallis einerseits und im Nordtessin anderseits ist insofern identisch, als beiderorts die

Stirnen liegender Deckfalten von Süden her gegen die zentralmassivische Region anbränden. Da wie dort schwimmen die zurückgebliebenen eingewalzten Lamellen im Bündnerschiefer unter der Basisfläche des „flanc renversé“ der kristallinen Schubmassen.

Es erscheint mir unabweislich, für die Entstehung dieser Lamellen da wie dort die gleichen Vorgänge als Ursache anzunehmen.

Die hier besprochenen Rückfaltungen sind nahe verwandt mit den Einwickelungen, die in den nördlicheren Alpen beobachtet sind. Lugeon hat schon 1901 die „écaille de Néocomien à cephalopode“ als Einwicklung unter die Diableretsdecke dargestellt und damit die Bedeutung dieser Vorgänge für die Alpenfaltung in helles Licht gesetzt (18, p. 729 u. 731, sowie 22). Neuerdings hat Arn. Heim die Einwicklung zur Lösung von Deckenproblemen in den nordöstlichen Schweizeralpen herangezogen (24). Auch bei R. Staub (25) spielen Einwickelungen eine Rolle in seinen neuesten Darstellungen der Faltungsphasen in Graubünden.

Das Studium der Tauchfaltungen im Tessin und Wallis bietet gewisse Vorteile vor dem der soeben genannten Alpenregionen. Die inneralpinen stratigraphischen Verhältnisse sind einfacher und die verschiedenen Phasen des Vorganges sind besser erhalten geblieben, wie mir scheint, infolge grösserer Plastizität dieser tieferen Deckensysteme im Moment der Faltung.

Darum lässt sich in dieser Alpenregion ganz besonders schönes Material gewinnen für das Studium überkippter Tauchfalten in ihren verschiedenen Entwicklungsstadien.

Zitierte Literatur.

1. Fleuriau de Bellevue: Sur un marbre élastique du Saint-Gothard. Observations sur la physique etc. (Journal de Physique) Paris 1792 Tom. 41 p. 86—91.
2. H. B. de Saussure: Voyages dans les Alpes 1796. Bd. VII.
3. J. G. Ebel: Anleitung... die Schweiz zu bereisen. Zürich 1804. 2. Teil.
4. Carlo Amoretti: Viaggio di tre laghi. Milano 1806.
5. Ch. Lardy: Bericht über einen Ausflug nach dem Campolungo (übersetzt). Taschenbuch f. d. g. Mineralogie. C. Leonhard. I 1815, p. 69—81.
6. — Essai sur la constitution géognostique du St. Gothard. Schweiz. Denkschr. I 2. Abt. 1833.
7. B. Studer: Mémoire géol. sur la masse des montagnes entre la route du Simplon et celle du St. Gotthard. Mém. soc. géol. France. 2. série T. I. 1844.
8. L. Lavizzari: Sui minerali della Svizzera Italiana 1845.

9. B. Studer: Geschichte der Physischen Geographie der Schweiz... Bern 1863.
 10. H. Gerlach: Die Penninischen Alpen (mit Karte 1:200 000). Neue Denkschr. Schweiz. Nat. Ges. XXII 1869.
 11. B. Studer: Index der Petrographie und Stratigraphie... Bern 1872.
 12. K. von Fritsch: Das Gotthardgebiet. Mit Karte 1:50 000. Beiträge z. geol. Karte d. Schweiz. XV 1873.
 13. F. Rolle: Das südwestliche Graubünden und nordöstliche Tessin. Beiträge z. geol. Karte d. Schweiz. XXIII 1881.
 14. F. M. Stapf: Geologische Beobachtungen im Tessental. Zeitschr. d. Deutschen geol. Ges. Bd. 33, 1881.
 15. A. Heim: Geologie der Hochalpen zwischen Reuss und Rhein. Beiträge zur geol. Karte d. Schweiz. XXV 1891.
 16. T. G. Bonney: Mesozoic rocks and crystalline schists in the Lepontine Alps. Quart. Journal geol. soc. London 1894.
 17. C. Schmidt: Geologische Excursionen durch die centralen Schweizeralpen. Livret-Guide géol., Congrès géol. international 1894.
 18. M. Lugeon: Les grandes nappes de recouvrement etc. Bull. soc. géol. de France. (4) T. I 1901.
 19. G. Klemm: Bericht über Untersuchungen an den sogenannten Gneissen und den metamorphen Schiefergesteinen der Tessiner Alpen. Sitzungsber. K. P. Akad. d. Wissensch. Berlin, 7. März 1907, XII p. 245—58.
 20. J. Königsberger: Geologische Beobachtungen am Pizzo Forno und Beschreibung der Minerallagerstätten des Tessinermassivs. Neues Jahrb. f. Mineralogie etc. Beil.-Bd. XXVI 1908, p. 488—564.
 21. C. Schmidt u. H. Preiswerk: Geol. Karte der Simplongruppe. Beiträge z. geol. Karte der Schweiz. Lfg. XXVI. Erläuterungen Tafel III Profil 13 u. 14. 1908.
 22. M. Lugeon: Sur les relations tectoniques des Préalpes internes avec les nappes helvétiques de Morcles et des Diablerets. Comptes rendus Acad. des sciences. Paris, juillet 1909.
 23. E. Argand: Les nappes de recouvrement des Alpes Pennines. Beiträge z. geol. Karte d. Schweiz. Lief. 31. 1911.
 24. Arn. Heim: Zur Tektonik des Flysches in den östlichen Schweizeralpen. Beiträge z. geol. Karte der Schweiz. N. F. Lief. 31. 1911, Tafel IV.
 25. R. Staub: Über Faciesverteilung und Orogenese in den südöstlichen Schweizeralpen. Beiträge z. geol. Karte d. Schweiz. N. F. Lief. 46 III. Abt. 1917.
 26. M. F. Rabowski: Les lames cristallines du Val Ferret etc. Procès-verbaux. Soc. vaud. des sc. nat. 5 Déc. 1917, p. 4.
 27. H. Preiswerk: Oberes Tessin- und Maggiagebiet. Beiträge z. geol. Karte der Schweiz, 26. Lief. II. Teil. Spezialkarte No. 81. Profiltafeln 81a u. b (im Druck).
-