

5. Geologische Beobachtungen im Tessinthal.

Von Herrn F. M. STAFFE in Airolo.

Hierzu Tafel XXV.

Im Folgenden beabsichtige ich einige Süsswasserbildungen in ehemaligen Gletscherseen des Tessinthals zu beschreiben, und glaube am verständlichsten zu sein, wenn ich kurze Skizzen über den Bau des Thales, Strandbilder und Gletschererscheinungen in demselben vorausschicke. Den Schluss bilden einige Beobachtungen über Spuren der ältesten Bewohner.

1. Bau des oberen Tessinthals.

Von Cruina im hintersten Winkel des Bedrettothales bis Giornico folgt das Tessinthal 41 Kilom. weit einem nach N. convexen Bogen von etwa $20\frac{1}{3}$ Kilom. Radius. Dieser Bogen zerfällt in 4 natürlich begrenzte Abschnitte, auf welchen auch die uralte bürgerliche Eintheilung des Thales in Bedretto, obere, mittlere, untere Leventina beruht.

Bedretto ist ein N. 60 O., dann N. 75 O., gerichtetes, von Cruina bis Stalvedro 15 Kilom. langes Antiklinalthal, von welchem die Schichten bergwärts $60 - 70^\circ$ NW. und SO. einfallen. Bei Cruina spaltet sich die Antiklinale in einen fast OW. verlaufenden nördlichen Zweig (Nuffenen) und einen SW. gerichteten südlichen (Corno, Gries); zwischen beiden liegt die Synklinale des Nuffenestockes.

Eine scharfe Drehung des nordöstlichen Streichens in nordnordöstliches und andere Gründe lassen zwar vermuthen, dass bei Roneo (oberhalb Villa) die Antiklinale des Bedrettothales in zwei zerfällt, welche zwischen genannten Orten nahe nebeneinander verlaufen, dann ausspitzen, doch ist für das folgende die Erörterung dieses Details nicht wesentlich.

Unter dem Boden von Airolo verlässt die Bedretto-Antiklinale den Thalweg, schwenkt gegen NO. in flachem Süd-Bogen dem Canariathal zu und verliert sich daselbst. Der Thalweg selbst lässt sich mit unveränderter ONO - Richtung über die Mündung des Canariathales hinaus verfolgen. Zwi-

schen den Pian alto und Fongio steigt er als schmale Einmuldung zum Fongiopass hinauf, und jenseits bildet das gleichgerichtete Val Piora (Lago Ritom) seine 700 m höher belegene Stufe.

Einer Antiklinalen folgt aber diese Fortsetzung des Bedrettothales nicht mehr; sondern nur dem nordöstlichen Streichen der nun auf beiden Thalseiten $40-60^\circ$ NW. einfallenden Rauhwacke- und Dolomitschichten, welche auch die Medianlinie der Bedretto-Antiklinale markiren.

Das Bedrettothal, von Cruina bis Canariamündung, ist eine lange, schmale, abgeschlossene Mulde.

Etwa $\frac{3}{4}$ Kilom. südlich von derselben beginnt bei Nante eine zweite Antiklinale, deren Schlangenlinie in O 15 S-Richtung 12—13 Kilom. weit verfolgt werden kann, bis sie sich dem flachen Scheitel eines kuppelförmigen Schichten gewölbes unterhalb Dazio anschmiegt. Dies ist die Antiklinale der oberen Leventina, welcher das Tessinthal aber nicht stricte folgt. Dasselbe verläuft ganz flach gebogen O 24 S, von Salvedro bis Prato, 11—12 Kilom. weit, und durchschneidet die Antiklinale zwischen Quinto und Dazio. Westlich vom Schnittpunkt fallen auf beiden Thalseiten die WNW. und ONO. streichenden Schichten $85-50^\circ$ NNO.; östlich von demselben die NW. streichenden Schichten $67-36^\circ$ SW.

Von Prato südostwärts folgen der gleichen Thallinie auf kürzere Strecken die Piumogna und ein Zweig der Gribbiaccia; doch ist die directe Verbindung zwischen diesen Thalfragmenten durch Buckel unterbrochen.¹⁾ Das südwestliche Einfallen der Schichten verflacht sich allmählich, und der Dolomitzug, welcher dieser Thallinie von Fiesso aus südostwärts folgt, erreicht zwischen Piumogna und Gribbiaccia seine Endschaft: er lappt sich aus und verschwindet an einer ONO. gerichteten, 10° SSO. und 21° NO. einfallenden Falte des liegenden quarzitischen Glimmerschiefers.²⁾

Zwischen den Schwänzen der Bedretto- und Leventina-Antiklinalen liegen zu beiden Seiten von Salvedro zwei kurze Synklinalen, nach einander und wenig seitwärts von einander.

In dem Winkel, wo die Canaria in den Tessin mündet, sind also die Schichten vielfach gebrochen; in der Schlucht von Salvedro selbst fallen sie, flach gewellt, im Ganzen 85° N.; gleichsinnig ist ihr Einfallen nahe nördlich und südlich von

¹⁾ Nur eine breite, scharf geschnittene Thalmündung, durch welche die Gribbiaccia 500 m über dem Tessin dessen Thalrand erreicht, liesse vermuthen, dass hier ein alter Tessin einst debouchirte.

²⁾ Bei Fiesso verlässt der Dolomitzug das Thal und streicht WNW. dem Mezzodie zu.

der Schlucht, und auf ganz localer Umkipfung beruht das tonnlägige südliche Einfallen am Nordportal des Stalvedro-tunnels.

In der Ecke von Stalvedro beginnt auch die über 12 Kilometer lange Verwerfungsspalte, deren O. 20° S.-Richtung das Tessinthal bis Quinto hin folgt, seitlich von den besprochenen Leventina-Antiklinalen. Fiesso gegenüber schlagen sich die Verwerfungsklüfte in den Mte. Piottino, machen sich aber noch unterhalb desselben bemerklich genug, in der Auskesselung von Freggio und der Frana di Osco.¹⁾

Die obere Leventina beginnt nach Vorgehendem seitlich einer Antiklinale als Spalthal; folgt dann ein Stück dieser Antiklinale; endet jenseits derselben als dem Schichtenstreichen paralleles Längenthal. Dies ganze System ist allseitig abgeschlossen; am südöstlichen Ende durch den Mte. Piottino bei Dazio grande.

Diesen überstiegen, trifft man $\frac{1}{2}$ — $\frac{3}{4}$ Kilom. nordöstlich vom Thalzipfel bei Prato einen tief eingeschnittenen Cañon, welcher anfangs eben erwähntem Längenthal fast parallel, O. 34° S. verläuft, dann aber in O. 58° S. dreht. Dieser etwa 9,5 Kilom. lange Cañon ist das Tessinthal der mittleren Leventina.

Dasselbe folgt im Ganzen dem südöstlichen Streichen der Schichten, welche auf beiden Thalseiten $0-20^\circ$ SW. einfallen, aber viele flache Wellen schlagen mit trogähnlichen Einsenkungen zwischen kuppelartigen Scheiteln. Am bemerkenswerthesten sind die zwei auf der Kartenskizze angedeuteten flachen Kuppeln unterhalb Dazio (Polmengotunnel und OSO. von demselben) und unterhalb Lavorgo. Erstere scheint

¹⁾ Diese Verwerfung ist mehr als Hypothese; sie lässt sich beobachten. In der Enge von Stalvedro steht Glimmerschiefer an mit dünnen Einlagerungen von Quarzitschiefer und Hornblendegestein. Dem folgt nordwärts und südwärts Kalkglimmerschiefer mit je seinem Dolomitzug. Südlich von der Verwerfungsspalte besteht das rechte Tessinthalgehänge ununterbrochen aus Kalkglimmerschiefer; nördlich von der Verwerfungsspalte erscheint aber unter dem Glimmerschiefer Glimmergneiss und sogar Gneiss und bildet das linke Tessinufer (mit kleiner Unterbrechung bei Quinto, wo ein Glimmerschieferkeil mit quarzitischen Schichten eingeschoben ist). Die Grenze zwischen Glimmergneiss und Glimmerschiefer trifft $\frac{3}{4}$ Kilom. unterhalb Stalvedro die Strasse und zieht sich dann schief den Fongio hinauf über Brugnasco nach Lago Ritom: sie ist hier schon 750 m gehoben; etwas weiter südöstlich erreicht der Sprung sein Maximum von etwa 1000 m. Das linke Tessinthalgehänge ist schief emporgeschoben, wie um einen Angelpunkt nahe Stalvedro. Diese Massenhebung ist aber nicht ohne Querrisse erfolgt; solche, an denen verschiedenartige Gesteinsschichten discordant absetzen, können u. a. im Vallone rosso, bei Quinto, Catto und am Lago Ritom wahrgenommen werden.

der Scheitel einer sehr weit ausgedehnten, flachen elliptischen, Schichtenwölbung; letztere begrenzt geologisch den Cañon der mittleren Leventina, welcher wegen der angegebenen Schichtenlage und wegen der Thalrichtung folgender, SW. einfallender, „Piotten“-Klüfte eine fast saigere SW.-Wand, und ein viel sanfteres NO.-Gehänge besitzt.

Der Cañon ist thalwärts offen; unterhalb der flachen Schichtenwölbung von Lavorgo ändert er aber plötzlich seinen Charakter. Die Schichten streichen zunächst ONO. quer über das Thal und fallen 20° SSO; dann drehen sie sich in SO. und fallen bergwärts, auf der linken Thalseite $0-27^{\circ}$ NO., auf der rechten höchstens 32° SW.: das Thal der unteren Leventina folgt wiederum einer Antiklinale. Seine beiderseitigen Wände sind gleich schroff.

Der unteren Leventina schliesst sich bei der Mündung des Brenno in den Tessin die Riviera (Abiasco) an, welche schon zum Thalgebiet des Lago Maggiore gehört, obwohl sich derselbe mehr als 30 Kilom. von der Brennomündung zurückgezogen hat und gegenwärtig 93 m tiefer liegt.

Aus vorstehender geotektonischer Skizze dürfte zur Genüge hervorgehen, dass Lage, Richtung, Länge, selbst relative Tiefe der einzelnen Glieder des Tessinthales durch den Schichtenbau der modellirenden Erosion vorgezeichnet waren. Am selbstständigsten scheint letztere im Cañon der mittleren Leventina gearbeitet zu haben. Es muss in der That auffallen, dass hier die Vertiefung des Thales nicht $\frac{1}{2}-1$ Kilometer südwestlicher erfolgte, entlang den Längenthalbruchstücken von Prato, Piumogna, Gribbiaccia. Bestimmend in diesem Fall waren aber wohl Schichtenfalten und Klüfte, welche beim Auftreiben der flachen Kuppelgewölbe gerissen wurden.

Wir wollen nun untersuchen, wie die einzelnen selbstständigen Thalglieder unter sich zu einer zusammenhängenden Thalkette verknüpft sind.

Der Durchbruch des Tessins bei Stalvedro aus dem antiklinalen Bedrettothal in das Spaltenthal der oberen Leventina, erfolgte an einem Punkt, wo die Schichten durch vierfachen Bruch und Einsetzen einer Verwerfungsspalte zerstückelt waren; dies mag auch der Grund sein, weshalb gerade hier die Canaria ihren Austritt in den Tessin fand. An gleicher Stelle setzen in Dolomit und Rauhwacke aber auch Anhydrit- (Gyps-) Stöcke auf, welche mit den Schichtenbrüchen sicherlich in Causalzusammenhang stehen; wahrscheinlich so, dass entlang den letzteren Gase oder Mineralwässer ausströmten, welche die Carbonate sulfatisirten. Durch Weglösen des Anhydrits entstehen in der Nähe noch heutigen

Tages Schlotten und Erdfälle (Riale di fore, Airolo gegenüber); so mag auch früher das tiefe Thalloch nächst oberhalb Stalvedro ausgekesselt worden sein.

Eine sehr deutliche Thalfurche lässt sich in 1400 bis 1430 m Meereshöhe von Nante, über Giof hinaus, entlang der Antiklinale der oberen Leventina verfolgen, seitlich vom jetzigen Thal und 337 bis 400 m über demselben: dies war eine alte Wasserverbindung zwischen beiden Thalgliedern; muthmaasslich kein Flussbett, sondern ein Fjordarm. Deutliche Erosionsspuren rinnenden Wassers zwischen Bedretto und Leventina finden wir erst in 1150 bis 1160 m Meereshöhe; südlich von Madrano, aber noch nördlich von der jetzigen Stalvedroschlucht. Diese ist successive 60 bis 80 m tiefer eingeschlitzt worden und bildet nun die Pforte, durch welche der Tessin aus dem obersten Thalglied in das zweite tritt.

Die Stretta di Stalvedro ist 350 m lang mit einem Gefälle von 37 pro mille.¹⁾

Nächst oberhalb (von der Tremolamündung gerechnet) und nächst unterhalb (bis Ponte sordo) fällt der Thalweg 24 bis 25 pro mille: das Einschlitzen der Stalvedroschlucht ist also so ziemlich zum Abschluss gekommen: was der Fluss nächst oberhalb noch abträgt, wird nächst unterhalb wieder aufgetragen.

Die Stalvedroschlucht ist O. 23 S. (N. 67 W.) gerichtet; die Schichten in ihr verlaufen überhaupt N. 57 O. — 85 NW. Ich habe die Richtung vieler Klüfte in der Schlucht und ihrer Umgebung gemessen, kann aber nicht sagen, dass eine überwiegende Anzahl derselben der Schlucht parallel verlief. 18 oder 19 pCt. der gemessenen gehen (im Mittel) N. 55 W. — 48 NO.; gleichviele N. 65¹/₂ W. — 66 SW. Die Richtung sämtlicher beobachteten Klüfte schwankt zwischen N. 85 O., NS., N. 80 W.; ihr Einfallen zwischen 20 N., 90, 45 S.; eine Resultante derselben würde N. 83,5 W. — 84,5 NO. verlaufen. Dagegen springt sofort in's Auge, dass Schlucht (O. 23 S.) und die oben erwähnte Verwerfungsspalte (O. 20 S.) fast gleich gerichtet sind. Als greifbare Wirkung der letzteren könnte man die Zerrüttung und Umkipfung der Schichten am nördlichen Eingang des Stalvedrotunnels betrachten.

Die Verbindung zwischen dem complicirten Thal der oberen und dem Cañon der mittleren Leventina vermittelt die vom Tessin durch den Mte. Piottino (Platifer) gesägte Schlucht von Dazio grande. Dieselbe ist 650 m lang

¹⁾ Hier und im Folgenden bezieht sich das Gefälle auf die geradlinige Entfernung von Punkt zu Punkt.

(Bachmündung bei Dazio bis Ponte Vicinanza) und besitzt ein mittleres Gefälle von fast 108 pro mille, während oberhalb der Thalweg von Pte. Sordo bis Quinto-Varenzo fast 13, von da bis Dazio über 10 pro mille fällt. Bis Quinto-Varenzo trägt der Fluss auf; von da bis Dazio schneidet er in den Thalboden ein, um so tiefer je mehr er die Felschwelle der Dazioschlucht durchnagt. Unterhalb derselben beträgt das Gefälle bis Ponte Vecchio noch gegen 95 pro mille, verflacht sich dann aber bis Chiggiogna auf 29 bis 30".

Ehe der Tessin seinen jetzigen Weg durch den Mte. Piottino gebrochen hatte, folgte er dem Längenthalzipfel bis über Prato hinaus und hatte von da successive zwei seitliche Abflüsse durch höher belegene Lücken des Mte. Piottino. Dass er noch früher dem Gletscherweg über den Rücken von Cornone nach dem Piumognathal gefolgt sei, ist möglich, setzt aber eine Aufdämmung bis zu ca. 1215 m voraus; Wasserscheuerspuren sind auf diesem Rücken nicht wahrnehmbar.

Die Dazioschlucht im Ganzen ist N. 68 O. gerichtet, fast parallel dem Absturz der Piumogna nach dem Tessin und den erwähnten höheren Lücken durch den Mte. Piottino. Die Schichtung (nicht Parallelstructur) des Piottinogneisses verläuft 73 W. |— 40 SW.; einzelne fussweit klaffende Schichtfugen haben der Erosion als Einbruchschlitze gedient; auffälligere Spalten sind 44½ W. — 90, 77½ W. |— 72½ W., 50 W. |— 64 SW. gerichtet, d. h. gleichsinnig mit der grossen Verwerfungsspalte der oberen Leventina (67 W.). Denselben schliessen sich Nordwestklüfte an (58 pCt. der beobachteten), welche N. 10 — 80 W. — 41 N. — 50 S., im Mittel 52 W. |— 88 N. verlaufen; und Nordostklüfte (24 pCt.), welche N. 24 — 88 O. |— 44 N. — 57 S., im Mittel 67 O. |— 71 N. geben. — Letzteren entspricht die Richtung der Schlucht (68 O.), obwohl man erwarten sollte, dass dieselbe Resultante der verschiedenen Kluft- und Schichtungsrichtungen wäre, in welchen das erodirende Wasser arbeitet.

Der Uebergang aus dem Cañon der mittleren Leventina in das Antiklinalthal der unteren erfolgt in der Biaschina. Die schwebenden Gneisschichten unterhalb Lavorgo bilden gleichsam die Schwelle (Sch. 75 O. |— 20 S.) zwischen diesen Thalgliedern; sehr undeutliche Parallelstructur des hier granitischen Gesteins dürfte dazu beigetragen haben, dass die Antiklinale der unteren Leventina gerade in den schwebenden Schichten am Kopf der Biaschina endet. Die antiklinale Spalte der unteren Leventina ist tiefer gerissen oder erodirt als der den Schichtenfurchen folgende Cañon der oberen; deshalb besitzt der Uebergang starkes Gefälle und der Tessin stürzt hier aus Fall in Fall.

Rechnen wir das Verbindungsstück beider Thalglieder von der oberen Brücke (Weg nach Chironico) bis zur Mündung des Ticinetto di Chironico in den Tessin, so besitzt es auf 1400 m Länge ein Gefälle von 118 m oder 84 pro mille. Doch ist das grösste Gefälle auf der nur 570 m langen Strecke zwischen der unteren Brücke und der Ticinettomündung concentrirt; es beträgt 84 m oder ca. 140 pro mille. Oberhalb der Biaschina fällt der Thalweg zwischen Chiggiogna und Chironicobrücke 19—20 pro mille; unterhalb, von der Mündung des Chironicobaches zu jener der Baroglio (unmittelbar unterhalb Giornico) 29; von da zur Brennomündung nur noch 9—10 pro mille.

Eine absehrwerthe Thalsperre aus anstehendem Gestein, entsprechend jenen von Stalvedro und Dazio grande, besitzt die Biaschina nicht, nur Schuttmassen verlegten hier das Tobelthal; der aufgedämmte Tessin durchfrass sie allmählich, entlang dem linksseitigen Thalgehänge. Die Biaschinagurgel ist O. 60 S. (N. 30 W.) gerichtet; die undeutliche Schichtung entlang derselben, auf der linken Thalseite im Mittel 25 W. † 27 NO., auf der rechten 30½ W. † 31 SW. — also fallen Richtung des Thales und der antiklinalen Bruchlinie fast zusammen. Die Uebereinstimmung würde vielleicht noch besser sein, wenn nicht zahlreiche, weitausgreifende, ebenflächige Piotten, die Erosion mit gleitet hätten. Sie gehen hier 35—50 W † 40—60 SW., im Mittel 43 W. † 50 SW., und lenkten das Thal ein wenig östlicher als die Bruchlinie. Andere häufigere Klüfte verlaufen 68—80 W. † 68 N.—80 S., im Mittel 73 W. † 83 N.; sie zerschneiden das Gestein in transportable Blöcke und befördern dadurch die Arbeit des reissenden Wassers.

Nach Vorgehendem ist die Pforte zwischen dem Antiklinalthal des Bedretto und dem Spaltenthal der oberen Leventina entlang einer Verwerfungslinie durch die Scheidewand beider gebrochen; zwischen oberer Leventina und dem Cañon der mittleren bestimmen klaffende Schichtungen, Trümmer der erwähnten Verwerfungsspalte und NO.-Klüfte Ort und Richtung des Durchbruches; die Verbindung zwischen mittlerer Leventina und unterer war tektonisch offen. Hier bildet eine Schwelle schwebender Gneisssschichten die Grenze beider Thalstufen; oberhalb ist das Einfallen auf beiden Thalseiten gleichsinnig, unterhalb gegensinnig. Der Antiklinalbruch greift tief unter die Schwelle, daher die Thalstufe mit ihren Wasserfällen in der Bruchlinie.

Ganz ähnliche, aber meist viel einfachere Beziehungen zwischen Thalrichtung einerseits, Schichtung, Verklüftung, Verwerfungen und Gesteinsfestigkeit andererseits, ergeben die

Beobachtungen in den Seitenthälern des Tessin. Die scheuernde Arbeit des vom Wasser bewegten Schuttes schleift nur langsam unbedeutende Rinnen in festes compactes Gestein¹⁾, während dieselbe Wasserkraft enorme Tobel auskolkt, wenn sie Kluft- und Schichtfugen ausspülen, Gesteinsscherben wegführen und Gesteinsblöcke umschlitzen kann, welche endlich dem Hochwasser folgen.

Einen zuverlässigen Ausgangspunkt für Beurtheilung des relativen Effectes beider Arbeitsweisen des erodirenden Wassers bilden gletschergeschliffene Klippen, von denen derselbe Bach durch Scheuerung oft kaum die Gletscherriefen verwischt hat, welcher dicht daneben in rissigem, zerrüttetem oder losem Gestein eine Schlucht auswühlte.

In der mittleren Leventina (von Chiggiogna abwärts), und mehr noch in der unteren, sieht man an den schroffen Wänden breite, kahle, weisse Streifen, ohne scharfe seitliche Begrenzung vom obersten sichtbaren Klippenrand bis zum Thal hinabziehen. Obwohl fast trocken, führen sie den Namen „Riale“ — in der Eisenbahnsprache „Wildbach ohne Bett“. Bei anhaltendem Regen und Wolkenbrüchen schwellen sie in kurzer Zeit an und führen von den höher belegenen, flachgeneigten, unbewaldeten Böden unglaubliche Wassermassen in's Thal, beladen mit Schutt, Steinen und Bäumen; denn sie brechen gelegentlich auch über ihre ideellen Ufer, bahnen sich neuen Weg, scalpiren die beholzten, selbst cultivirten Rasenbänder zwischen den Klippenabsätzen und garniren den Thalboden mit hohen Schuttkegeln. Am 26. August wurde der nordwestliche Theil von Bodio überschüttet, weniger vom „Dragone“ des Vallone grande, als von dem zwischen ihm und dem Dorf herabkommenden Riale delle Gaggie, welcher schon 1868 Abrutschungen der dünnen Bodendecke veranlasst hatte. Dies ist ein „Wildbach ohne Bett“. Bedingung für einen solchen ist compacte Felsunterlage mit thalwärts geneigten Kluftflächen, schwebenden oder doch so gestellten Schichten, dass ihre Ausstrichlinien in Horizontalcurven am Abhang hin verlaufen. Das Wasser folgt der steilsten Böschung, und flache Schichtenwellen, Fallrichtung der Piottenklüfte, alte Gletscherwege, allerlei Contourformen und zufällige Hindernisse, bestimmen seinen Lauf im Detail. Es erodirt unter den angedeuteten Verhältnissen durch Scheuern, welches oft kaum

¹⁾ Als Beispiel für das Gegentheil, d. h. auffällig rasche Scheuerung in Gneissgranit, mögen grosse lose Sturzblöcke erwähnt sein, welche das Bett des Voralpbaches nahe seiner Mündung in die Göscheneralp-reuss versperren. Sie können hier nur kurze Zeit (geologisch gesprochen) stille gelegen haben, und zeigen dennoch decimetertiefe Scheuerrinnen in der Richtung der jetzigen Wasserströmung.

die Gletscherschliffe verwischen konnte, über die der Bach gleichwohl eine Schuttberg zu Thal wälzte; während es in anderen Fällen glatte Rinnen und Schalen schliff; in noch anderen unpassirbare Schläuche auskehlte. Als Beispiel ist in Fig. 2 Taf. XXV. das Querprofil des vom Pizzo Forno herabkommenden Zweiges der Gribbiaccia skizzirt, wie es sich am Pfad von Gribbio nach Mte. Chesso zeigt. Der Bach folgt der Kluft, kehlt sich in ihr Liegendes, setzt gleichzeitig das Einschlitzen an der Kluft fort und gewinnt so Einbruch für das Ausscheuern einer tieferen Einkehlung. Das Hangende der Kluft bröckelt nach und wird nur hie und da durch Hochwasser wenig abgescheuert.

Dies Beispiel zeigt deutlich den Einfluss einer Kluft, selbst auf die scheuernd arbeitende Erosion. Bei den meisten grösseren Bächen erleichtern und dirigiren Klüfte die Scheuerarbeit, zu welcher sich dann das Ablösen grösserer Massen gesellt. Im winkeligen Bachbett wechseln gescheuerte Gurgeln und Auskesselungen mit schroffen, zackigen Schründen, welche streckenweise der Schieferung oder Klüftung folgen.

Grossartige hierher gehörige Beispiele bieten die Abstürze des Chironicobaches, der Gribbiaccia und Piumogna in das Tessinthal: dunkle unzugängliche Schluchten, voller Strudel-löcher. Dies sind keine Wildbäche in des Wortes gewöhnlicher Bedeutung; denn sie führen aus grossem Sammlungsgebiet ständig Wasser genug, um ihr Bett klar halten zu können.

Anders verhält es sich mit einem dritten Typus von Wasserrinnen, welche, wie die „Wildbäche ohne Bett“, in kurzem Lauf die Bergwände hinabsetzen, aber in wüsten, tiefen Reusen der von Schichtung, Klüftung und Zerrüttung vorgeschriebenen Richtung folgend. Die Aushöhlung ihres Bettes erfolgt durch Losbrechen und Wegführen grösserer Massen und zwar so rasch, dass zur Ausbildung von Scheuerspuren keine Zeit bleibt. Auch diese „Dragoni“ (Drachen) sind eine Landplage und müssen bekämpft werden. Ihre Betten heissen Valloni. In denselben sammeln sich Massen von Sturzsutt, welchen der dünne Bachfaden nicht wegzuführen vermag, bis er einmal zum reissenden Strom anschwillt; dann wälzt er Alles in's Thal, trägt eine neue Schicht auf den Schuttkegel unten, bricht aber wohl auch aus seiner gewöhnlichen Rinne über diesen Schuttkegel und überschüttet längst vernarbte, bewachsene und bebaute Flächen desselben.

Folgende paar Beispiele dürften genügend, die nahe Beziehung zwischen Lagerungsverhältnissen und Auskesselung der Valloni erkennen lassen. Nahe der Mündung des Vallone grande biegen die Schichten nach ihm ein und verlaufen

50 O. † 4—15 SO. an seinem rechten Rand, 2 O. † 25 NW. am linken, während sie sonst auf dieser Seite des Tessinthales NW. † NO. gehen. Sie bilden also eine kielförmige Einmündung, deren Mittellinie (N. 16 O.) der längste Zufluss des Vallone (N. 21 O.) folgt. Sein Westarm (N. 45 O.) ist durch N. 57 O. † 79 SO.-Klüfte gesteuert, der Stamm (N. 5 W. bis 12 O.) durch N. 5 W. † 70 N.-Klüfte. Ausserdem wurden im Vallone noch 59 W. † 83 SW. und 85 W. † 75 S. gerichtete Klüfte beobachtet, welche die Ablösung des Gesteins erleichtern.

Der Vallone des Formigaro (NO. von Faido) ist N. 54 O. gerichtet, sein Bett im übrigen $17\frac{1}{2}$ O. Die bestimmenden Klüfte verlaufen hier N. 45 O. † 80 SO.; die Schichtung rechtwinkelig zum Vallone, 35 W. † 46 SW.; Einbruchklüfte 67 W. † 34, 75 SW.

Die von Mairengo herabkommenden Ceresa und Rielle gehen N. 15—21 O.; die Richtung gebenden Klüfte 29 O. † 84 N.; die Schichtung (kuppelartig) 89 O. † 20 S. und 30 W. † 20 NO.; Ablösungsklüfte 60 W. † 60 SW.

Die Frana di Osco ist ein $1\frac{1}{4}$ Kilom. langes, über $\frac{1}{2}$ Kilom. breites Rufengebiet am linken Tessinufer unterhalb der Schlucht von Dazio, in welchem die ausstreichenden Gneisschichten umgekippt (OW. — 5 W. † 57 SW. — 3 NO.) und zerrüttet, mit ihren Trümmern vermischt nach dem Tessin hin absitzen, wie selbst Spalten auf einzelnen Weideplätzen in der Frana verrathen. Hier ist die Verwerfungslinie von Stalvedro (N. 70 W.) materiell angedeutet durch N. 50, 66, 70, 76 W. † 30, 90 S.- und 85 O. † 75 N.-Klüfte. Die Verwerfung dürfte die erste Veranlassung der Schichterzenrüttung sein, welche besonders den im Thalweg unter dem Gneiss ausstreichenden Glimmergneiss ergriff. Der in ihm tobende Tessin führt alles lose Material weg und bereitet Flucht für neue Abrutschungen. Durch die Frana fliessen 3 Wildbäche, von Osco, Vigera und die Canariscie. Ihre Richtung: N. 10 bis 41 O. (Mittel 21 O.) wird durch Klüfte bestimmt, welche N. 4 W. — 53 O. † 71 S., 90, 30 N. (Mittel 25 O. † 80 NW.) verlaufen. Noch andere Klüfte gehen 60—75 O † 77—80 NW.

In der grossen Rufe des Vallone rosso, Fiesso gegenüber, tritt die Stalvedro-Verwerfung in den Mte Piottino. Sie ist angedeutet durch N. 29, 38, 41, 70 W.-Klüfte, welche 62, 80 NO. und 40, 74 SW. einfallen. In der Rufe stossen Glimmerschiefergneiss, N. $19\frac{1}{2}$ W. † 71 SW., und Gneiss, N. 60 W. † 48 SW., discordant zusammen; in einer fast NS. gehenden Bruchlinie, welche den Ostrand des Rufenkessels markirt. Der durch die Rufe ziehende Wildbach ($51\frac{1}{2}$ O.)

folgt bei seinem Eintritt den gefälteten Parallelstructurflächen des Gneisses (64 O. | 84 NW.) u. s. f.

Die grösseren Seitenthäler sind nach demselben Princip erodirt, wie die thalebryonenartigen Wildbachrünsen. Nur bietet ihr längerer Lauf zusammengesetztere Erscheinungen, deren Einzelheiten sich oft decken. Auffällig bei den meisten echten Querthälern erscheint, dass sie nicht mit engen Schluchten beginnen, sondern in grossen Halbkesseln, welche von Schichtenköpfen und Schichtenstössen, aber am wenigsten von Schichtflächen begrenzt sind. Solche sehen wir im oberen Val Chironico, besonders auch am Laghetto; an der Auskesselung des Pizzo Forno, wo sich die südwestlichen Zuflüsse der Gribbiaccia sammeln; am Lago Tremorgio, der allerdings erst vom höher belegenen Campolungo-Längenthal gespeist wird; auf Piano Bornengo, dem Anfang des Canariathales. Selbst Val Tremola beginnt unterhalb der Banchi mit einem Halbkessel, in welchen, von NO. kommend, der Ticinetto di Sella stürzt. Der letztere folgt im Einzelnen dem Gesteinsstreichen, springt aber hin und wieder, Klüften folgend, aus der einen Schichtenfurche in die andere, und durchschneidet deshalb den Schichtencomplex im Ganzen spitzwinklig. Im Schichtenstreichen floss er früher, unmittelbar am Scara Orell hin durch Val Antonio, direct bis in die Tremolaschlucht, und es ist schwer abzusehen, weshalb er, erst nach der Gletscherzeit, diesen geraden Weg verlassen und die Schichten 200—300 m weit überquert hat (Ponte di Sella an der Gottardstrasse), um auf Umwegen in die oberste Auskesselung der Tremola zu gelangen. Der Untere Lauf der Tremola und aller vom Scipsius in das Tessinthal fliessenden Bäche ist durch vorherrschende NNW.- und NNO.-Klüfte mit sehr steilem, meist westlichem Einfallen vorgezeichnet; die Gesteinsablösung wird durch noch auffälligere NO.-, OW.-, NW.-Klüfte beschleunigt, welche gleich den Piotten der Leventina thalwärts fallen.

Die Canaria verhält sich gleich dem Ticinetto di Sella (vom Val Torta bis zur Tremola): sie durchschneidet die Schichten im Ganzen spitzwinklig zu ihrem Streichen, d. h. sie folgt demselben ein Stück, überquert es dann, folgt ihm wieder. Nun dreht sich das Schichtenstreichen zwischen der Canariamündung und dem Canariasammelbecken (Piano di Bornengo) allmählich aus NO. in OW. — und eine gleichsinnige Drehung zeigt das Thal, indem es mit dem Schichtenstreichen einen fast constanten Winkel von 28 bis 36°, im Mittel 31½° macht.

Die Abflussrichtung des Lago Ritom in den Tessin durch die Cascadenschlucht der Fossa wird von saigeren NNO.- und

NNW.-Klüften bestimmt, wie wir sie bei der unteren Tremola kennen lernten. Schichtung und Querklüfte erleichtern auch hier den Ausbruch.

Die im Vorgehenden mitgetheilten Beobachtungen über Thalbildung lassen sich dahin resumiren, dass das den Berg herabfließende Wasser den Weg mit den wenigsten Hindernissen findet.

Um diese geotektonische Skizze abzuschliessen, seien noch die Synklinale n der Gebirgszüge erwähnt, welche das obere Tessinthal umrahmen. Es ist ein Irrthum, anzunehmen, dass eine einzige, dem Gebirgskamm folgende, senkrecht einfallende Fläche die Mitte der fächerartig gestellten Schichten einnehme. Das am Tag und im Tunnel aufgenommene Gotthardprofil zeigt im Innern des Massivs auf einer Strecke von 2—3 Kilom. (Greno di Prosa bis Kastelhorn) einen ständigen Wechsel von Synklinalen und Antiklinalen, welche aneinander verschobenen und verdrehten Gebirgsstreifen angehören; man redet also richtiger von einem vielfach gebrochenen Mittelfeld des Fächers als von einer Fächeraxe. Dabei ist von localem Wechsel der Einfallrichtung, zu Seiten des Mittelfeldes z. B. 6300 bis 6500 m vom Nordportal, noch ganz abgesehen. Ich habe auf Fig. 1. Taf. XXV. die Südgrenze des mittleren Bruchfeldes im Gotthardfächer als „Synklinale des Gotthard“ eingetragen. Dieselbe fällt nur auf Greno di Prosa (Zweig von Mte Prosa nach Tritthorn) mit dem wasserscheidenden Kamm des Gotthard zusammen. Ihre nordöstliche Fortsetzung fällt in's Unteralpthal, 5 Kilom. nördlich vom wasserscheidenden Unteralppass; die südöstliche in's Wyttengewasserthal, zwischen Cavannapass und Oberstaffel, ca. 1 1/2 Kilom. nördlich von der Wasserscheide. Auch hier wechselt südliches und nördliches Einfallen nordwärts noch mehrere Male.

Die Synklinale zwischen Tessin- und Maggiathal folgt auch nicht stricte der Wasserscheide, sondern liegt meist südlicher. Zu beiden Seiten des Sassellopasses ist der Schichtenbau auf einer Strecke von fast 2 Kilom. ganz verworren: Streichrichtung und Fallrichtung wechseln sieben- oder achtmal; und ausserdem begegnet man zwischen den Antiklinalen der oberen Leventina und den (ideellen) Synklinalen des Sassello noch lokalen Synklinalen und Antiklinalen. Die scharfe Umbiegung der Tessin-Maggia-Synklinalen, nahe ihrem Ostende, ist nicht hypothetisch, aber insoweit schematisch, als hier, zwischen Pizzo Sambucco und Massari, wenigstens 2 Synklinalen mit zwischenliegenden Antiklinalen von der Kammlinie schief durchschnitten werden. Um eine allgemeine Grenze des gegenseitigen Einfallens überhaupt ziehen zu können, war es nothwendig, diese lokalen Brüche durch einen Zug zu verbinden.

Die kurze Antiklinale der Alpe Pianascio legt sich tangential an den südöstlichsten Schwanz der Tessin-Maggia-Synklinalen und ist auf der Südwestseite des Campolungopasses noch deutlich wahrnehmbar. Jenseits verschwindet sie aber, und der Dolomitzug von Campolungo-Cadonighino wird beiderseitig von südwärts einfallenden Schichten umschlossen. Wir haben hier ein kleines Spiegelbild der Antiklinalen von Bedretto und des aus ihr fortsetzenden Dolomitzuges von Piora, welcher zwischen nordwärts einfallenden Schichten eingekapselt liegt.

-