Alpenwanderungen.

Geologische Notizen aus den Schweizer Alpen.

Von **M. Lucius.**

Fortsetzung.

Doch wir steigen an der südöstlichen Flanke von Gewölbe III hinab und gelangen zu dem merkwürdigsten Teile des Bruches. In Mulde 3 liegt der Sämbtisersee; er ist ohne oberirdischen Abfluss; Versuche mit Fluorescein haben ergeben, dass sein Wasser unter Gewölbe VI durchfliesst und im Rhein wieder hervorbricht. Ein solcher Weg unter einem Gebirgsmassiv hindurch ist im klüftigen Kalkgestein nichts aussergewöhnliches. Das Sämbtisertal ist ein flaches, wohlausgebildetes Tal mit schwellenden Weiden; aber dort, wo der Sax-Schwendibruch hindurchsetzt, ändert es seinen Charakter; es wird ein unfertiges, steil ansteigendes Hochtal und die geologische Untersuchung zeigt, dass es ein Antiklinaltal ist; also aus dem Synklinaltal wird jenseits des Bruches ein Antiklinaltal. Hier hatte das verschobene Gewölbe III das Sämbtisertale einst abgeschlossen, aber durch Regression hat der Sämbtiserbach ein Tal in das Gewölbe gegraben, das heutige unfertige Antiklinaltal. (Vgl. Fig. 16; S. S. = Sämbtisersee; F. S. = Fählensee).

Doch, wo liegt denn die Fortsetzung des Sämbtisertal? Die Mulde welche den Fählensee beherbergt, stellt diese Fortsetzung dar.

Der Bruch hat wieder eine Bresche in Gewölbe V gelegt; wir steigen durch die enge Bresche „den Stiefel“ hinauf; der Pfad windet sich durch Trümmerwerk hindurch; die rechte d. i. nördliche Wand zeigt prachtvolle Rutschflächen und Hohlkehlen; wir kommen dann an den Fählensee (1450 m). Eine ergreifende Einsamkeit: rechts und links steil aufragende Felsmauern, und der See am Nordende durch eine glatt abgescheerte Wand begrenzt. Das verschobene Gewölbe V hat sich also vor das Talstück gesetzt und so das Wasser eines Baches zum See aufgestaut: ein prachtvolles Beispiel eines tektonischen Sees; die Verhältnisse liegen so klar, als sei hier ein Demonstrationsobjekt geschaffen. Und die das Tal abschliessende Wand, wie mit einem Messer scheint sie abgeschnitten und zeigt dazu einen Harnisch, wie wenn sie poliert sei. Die Frische der Rutschflächen ist entzückend. Hier am Fählensee kommt der Bewunderer der Gebirgswelt und der Geologe auf seine Rechnung; es ist ein Platz, der einen gefangen hält. Auch der Fählensee fliesst unterirdisch zum Rheine ab.

Aber weiter durch die Lücke zur Bollenwies; nördlich ein Tal, das Furgelental, das ein Torso geblieben; es stellt die Mulde 5 dar. Der zurückgebliebene Flügel von Gewölbe V schliesst es gegen Süden ab; (der vorgeschobene Teil von Gewölbe V schliesst ja den Fählensee und Mulde 3 ab).

Die Verschiebung hat dann den nördlichen Flügel von Gewölbe VI mit dem südlichen Flügel von Gewölbe V zusammengebracht, und da, wo sie zusammenstossen, ist die Fortsetzung der Bresche, „die Saxerlucke". Dem einen Flügel von Mulde 5 sind wir schon begegnet, jetzt, nachdem wir die Saxerlucke durchschritten, sehen wir zwischen Gewölbe V und VI den zurückgebliebenen Teil, ein ödes Hochtal, das Mutschental. Sein synklinaler Bau verrät sich aber aus der Schichtenlagerung, es ist auch nur ein Torso, der nach Norden durch Gewölbe VI abgeschnitten wird (Fig. 16, M. T.). Phantastische Zinnen begrenzen das Mutschental, es sind die wohl kaum zu ersteigenden Kreuzberge, welche den nördlichen Schenkel des VI. Gewölbes bilden. Der übrige Teil dieses Gewölbes ist bedeutend zurückgewittert. Man zählt 8 Kreuzberge; der Schenkel wird von ebensovielen Querbrüchen durchsetzt, und das durch die Brüche in einzelne Teile zerlegte Gewölbe ist zu diesen wild zerrissenen Formen herausgewittert. Von den Kreuzbergen gelangt man dann in ca. 2stündigem Abstieg ins Rheintal.

Auffallend sind auch die Formveränderungen im Gebirge nördlich des Sax-Schwendibruches. In dem grösseren südlichen Flügel haben wir den echten Gebirgscharakter der Kalkalpen: kühn anstrebende, elegante Formen; im nördlichen Flügel flaut alles ab. Zwar zeigt besonders Gewölbe VI noch einige schöne Falten, wie z. B. das Hochhäusergewölbe, aber alles ist doch steifer, massiger, ungegliederter; doch klar und durchsichtig bleibt der Bau des Gebirges überall, und wer sich in die Tektonik einweihen will, dem kann kein besserer Rat erteilt werden als der, welchen Prof. Heim mir gab, hinzugehen, das Säntisrelief und dann das Säntisgebirge zu studieren.

*In der Taminaschlucht.**)

Was dem Wanderer in den Alpen neben den Bergformen auffällt, sei es dass er die Ruhe und Einfachheit der

*) Vgl. J. Brunhes, Le travail des eaux courantes: La tactique des tourbillons. Soc. frib. sc. nat., 1902; II, 4.

M. Lugeon: Sur la fréquence dans les Alpes de gorges épigénétiques et sur l'existence de barres calcaires de quelques vallées suisses. Bul. soc. vaud. sc. nat., 1901; N° 14.

Linien der Zentralmassive oder die bewegten und phantastischen Formen der Kalkalpen bewundert, das sind die schnellströmenden Flüsse, welche in grünlichem Schimmer über ihr steinigtes Bett nach der Ebene stürzen. Wenn im Hochgebirge alle andern Stimmen schweigen und die Einsamkeit uns umpfängt, dann hört man doch stets noch das gedämpfte Tosen der Wasserfälle, welche von Fels zu Fels durch die Schluchten rauschen. Und wer mit sich selbst und seinen Gedanken allein tagelang die Reuss und Aare hinaufgestiegen ist bis zu den Gletschern, die sie nähren, diesen ewigen Hochgesang der schnell dahinjagenden Wellen als stetigen Begleiter, der hat noch lange nachher in gesammelter Stunde die Illusion, als höre er das Brausen dieser Gebirgswasser.

Ruhig, ja träge gehen bei uns die Flüsse ihren Weg; ihre Hauptarbeit ist geleistet; aber in den Alpen kann der Geologe die Flüsse am Werke sehen, wie sie ihr Bett graben, ihr Tal erweitern; hier lassen sich alle Stadien der Talentwicklung verfolgen.

Relativ weit in der Entwicklung fortgeschritten sind die Längstäler, und das erklärt sich aus der Natur der Sache selbst; es sind Muldentäler, und ihre Form war im Aufbau der Landschaft gegeben. Anders ist es bei den Quertälern, welche die Schichten quer zu ihrem Streichen durchsetzen; es sind unfertige, enge Schluchten, denn das Wasser gräbt zuerst ein, und dann kommt es zum Ausweiten des Tales. Weiter haben Haupt- und Nebentäler oft recht eigentümliche Beziehungen zu einander; das Nebental mündet nicht in einer allmählich absteigenden Linie ins Haupttal, sondern durch einen Gefällsbruch; eine oder mehrere Stufen verbinden Haupt- und Nebental und über diese Stufen stürzt dann der Nebenfluss in Kaskaden in den Hauptfluss. Gleichsohligkeit von Haupt- und Nebental, trifft man in der Ebene an; in den Alpen aber liegt das Haupttal tiefer als das Nebental, und diese Uebertiefung des Haupttales wird als ein Werk der glazialen Erosion angesehen.

Als zu Beginn der Vereisung die Gletscher aus dem Hochgebirge nach der Ebene vordrangen, benutzten sie natürlich die Flußtäler, um ihre Eismassen vorwärts zu schieben; bald war das ganze Tal mit Eis erfüllt, und sogar das ganze Vorland vereiste, so daß fliessendes Wasser nicht mehr im Hochgebirge anzutreffen war. Aber der Gletscher erodiert wie ein Fluss; was ihm bei dieser Arbeit an Geschwindigkeit abgeht, ersetzt er durch seine Massen. So vertiefte er die Haupttäler, während die Nebentäler, welche weniger

Eis führten, zurückblieben. Das Tal wurde auch ausgeweitet, und es entstand die für Gletschererosion charakteristische Trogform. Als dann nach Rückzug der Gletscher durch die gewaltigen Schmelzwasser eine Neubelebung der fluvialen Erosion eintrat, schnitt wieder der Fluss eine tiefe Schlucht in den Taltrog ein, und es entstand die für viele alpinen Täler so charakteristische Form, wo die U-form des Steiltales in die Halbkreisform des Troges eingesenkt ist (Fig. 25, III). Auch in dieser Neubelebung fluvialer Erosion, die im Haupttal bedeutender war als im Nebental, liegt eine Ursache zur Herausbildung der Hängetäler, wie die mit einem Gefällsbruch mündenden Nebentäler bezeichnet werden. Hängetäler sind eben ein Beweis für die Jugendlichkeit eines Flusssystems wie Gleichsohligkeit von Haupt- und Nebental ein Charakteristikum der Reife ist. Hängetäler findet man deshalb überall in jungen Gebirgen. Das Haupttal wird bei schneller Erosion auch eher seinen Reifezustand erlangen, wo dann Alluvionen zur Ablagerung gelangen, während der Nebenfluss noch einschneidet bis beide Täler gleichsohlig sind, worauf dann auch der Nebenfluss sedimentiert.

Nicht immer hat der Fluss auf der ganzen Strecke sein beim Rückzuge des Gletschers natürlich mit Moränenschutt erfülltes Tal wiedergefunden. So werden wir auf unsern Wanderungen des öftern Täler treffen, wo in das weite, lichterfüllte Tal sich plötzlich eine Strecke weit eine Schlucht einschiebt; u. während talauf- und talabwärts von dieser Schlucht das Tal die weite V-form und Alluvium zeigt, durchbricht der Fluss die in den Fels eingegrabene Schlucht, ohne daß man eine Spur von Alluvionen findet. Es ist dieses fremde Stück im Talverlauf ein epigenetisches Stück, d. h. hier hat der Fluss sein altes Bett, das ja eine Zeitlang ein Gletscherbett war, nicht mehr wiedergefunden und nachträglich ein neues Stück gegraben. Bei näherem Untersuchen wird man auch das verlassene alte Bett, das mit Gerölle ausgefüllt ist, wiederfinden (Vgl. Fig. 25).

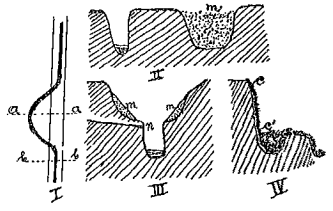


Fig. 25. — I stellt ein altes Flußbett dar, welches mit Gletscherschutt angefüllt ist. Der Fluß, (fette Linie) hat dieses Bett nur zum Teil wiederbenutzt.

II ist das Querprofil längs der Linie a–a; links das U-förmige Flußbett, rechts der mit Gletscherschutt angefüllte Trog (m).

III ist das Querprofil längs der Linie b–b; Der Fluß hat ein U-förmiges Steiltal in das Gletscherbett, den Trog, gegraben. m m ist Moränenschutt an den Gehängen des weiten Taltroges. Bei n stürzt ein Nebenfluß mit einem Gefällsbruch in den Hauptfluß. Ungleichsohligkeit von Haupt- und Nebental ist charakteristisch für die Alpenflußsysteme.

IV Der Fluß stürzt über eine Felskante und wirbelt Höhlungen aus, welche zuletzt eine enge Schlucht (Klamm) bilden.

Wie verfährt nun der Fluss, wenn er sein Bett einschneidet? Ueber diese Taktik liefern uns die Schluchten der Alpen treffliche Anhaltspunkte. Eine Hauptarbeit wird durch die Wirbelbewegung des Wassers geleistet. Wirbelbewegung aber erzeugt Strudellöcher oder sog. Riesentöpfe, die wir bereits lange aus verlassenen Gletscherbetten kennen. Sande und Kiese werden durch das wirbelnde Wasser in Tätigkeit gesetzt, und so wird das Strudelloch ausgekolkt. Die Strudellöcher setzen gewöhnlich auf einer Gesteinsspalte an; wenn also an solcher Stelle günstige Verhältnisse sind, kolkt das Wasser dort aus, und so entsteht das erste Strudelloch; das Wasser ändert aber seine Angriffspunkte oft; es entsteht so eine ganze Reihe von Strudellöchern, deren trennende Wände durchbrochen werden, und die Schlucht ist fertig. Ueberall sieht man als Zeugen dieser Vorgänge an den Wänden der Schluchten die Rundungen der Riesentöpfe; wie eine weitbauchige Wasserflasche mit allmählich sich verengendem Halse nehmen sie sich aus; die trennenden Seitenwände sind natürlich nicht mehr erhalten. Die Anordnung der Riesentöpfe ist sehr unregelmäßig; übereinander, nebeneinander, zum Teil sich schneidend, folgen sie sich; ihre Längsachse fällt nicht immer mit einer Vertikalen zusammen, so dass, wenn man auf dem Grunde der Schlucht steht, die Aussicht nach oben verschlossen ist. Das ist ein Bildungsweg der Schluchten; häufiger aber geschieht es, dass diese Riesentöpfe nie in ihrem ganzen Umfange geschlossen waren, wenigstens was die schluchtenbildenden betrifft. Der Werdegang einer solchen Schlucht, wie man ihn in den Alpen leicht beobachten kann (die konkreten Fälle werden später zusammengestellt) ist folgender:

1. Das Wasser stürzt über eine Felskante als Kaskade in ein Haupttal ab; beim Niederstürzen gerät es in wirbelnde Bewegung und höhlt vermittels des mitgeführten Gerölles aus (Fig. 25 IV.).

2. Die abstürzende Wassermasse schneidet auch rückwärts ein; hier aber wirkt keine Wirbelbewegung, sondern der abstürzende Strahl schneidet gleich einer Säge die einen Stein durchschneidet, in die Rückwand ein (Teil c—c' von Fig. 25, IV). Unten aber setzt die wirbelnde Tätigkeit fort, wodurch dann eine Reihe von Formen entstehen, welche an die „ballons" oder Kolben der Chemiker erinnern. In seinem ganzen Umfang geschlossen wird das Strudelloch in diesem Falle nie sein.

3. Das Wasser wird stets an den günstigsten Stellen auskolken; je nach der Wassermenge und dem Gerölle, wel-

ches gleich dem Gesteinsstaub wirkt, mit dem der Diamant geschliffen wird, werden grössere oder kleinere Strudellöcher entstehen; die Schlucht engt oder weitet sich deshalb in unregelmäßiger Folge; sie ist weder gradachsig, noch öffnet sie sie sich längs einer Vertikalen nach oben (Fig. 26).

4. Stürzt der Wasserfall in mehreren Stufen ab, so entstehen Reihen von übereinander liegenden Riesentöpfen; stürzt er im Bogen gegen eine gegenüberliegende Wand, so schafft er dort eine sehr geneigte Aushöhlung. Aber stets ist das Bett unten weiter als oben; unten bauchig, weil hier das Wasser wirbelt, oben eng, weil dasselbe hier wie eine Säge wirkt.

So wird nach und nach die Niveaudifferenz zwischen zwei Tälern ausgeglichen; aus dem Wasserfall entwickelt sich eine Schlucht, die noch lange an den glatt polierten Wänden voller bauchiger Nischen in unregelmäßiger Anordnung die alte Strudelarbeit verrät. Aber dann weitet der Fluss aus, und je nach der Härte oder Absonderungsform des Gesteines verwischen sich diese Spuren mehr oder weniger schnell. (Vgl. auch Fig. 26).

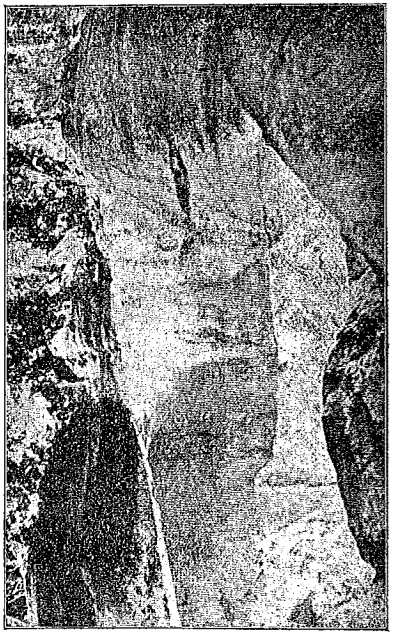


Fig. 26. — Eine Ansicht aus der Aareschlucht, welche Schlucht aus vielen über- u. nebeneinander gelegenen Ueberresten von Riesentöpfen und Strudellöchern besteht.

Die Taminaschlucht und Bad Pfävers sind weltbekannt. Oberhalb Ragaz, bei welchem Städtchen die Tamina in den Rhein mündet, betritt man die Schlucht; bis 200 m steil abfallende eocäne Schieferwände treten stellenweise so nahe zusammen, dass sie kaum Platz lassen für den tosenden Bach. Etwa 2 km oberhalb Ragaz weitet sich das Tal auf eine kurze Strecke plötzlich; hier schneiden die heutige Schlucht und der glaziale Taltrog sich; der

schluchtartige Teil ist also ein epigenetisches Tal. Der alte Taltrog streicht von SW. nach NO; die Schlucht indes von S. nach N., quer zur Richtung der Schichten. Ungefähr 4 km oberhalb Ragaz betritt man beim Badehaus, welches in die Schlucht selbst eingebaut ist, den grossartigsten und auch geologisch interessantesten Teil des Tales. Dieser Teil heisst die Quellenschlucht, denn in der Schlucht entspringt die Therme (Wärme 37°), welche man seit d. J. 1036 kennt. Die Quellenschlucht ist 500 m lang, und setzt sich aus einer Reihe von Riesentöpfen zusammen, deren Spuren man überall verfolgen kann. Nach oben ist die Schlucht ganz eng, ja an einer Stelle sogar durch ein herabgestürztes Felsstück ganz geschlossen (die „Naturbrücke"), unten, wo das Wasser in gewaltigem Brausen hindurchgurgelt, sehr bauchig geweitet. Rotundenartig reihen sich die Riesentöpfe aneinander; einer hat bis 10 mm Durchmesser, und nach oben ist der Hals des Riesen„ballons" so geneigt, dass kein Ausblick möglich ist. Ein Weg ist teils über das Wasser teils in den Felsen gebaut und endigt an der Stelle, wo ein Stollen den Zugang zu der Therme ermöglicht. In der Quellenschlucht sind also an glatten Wände die riesigen Strudelkessel noch schön erhalten, sonst kann man nur einige schwache Spuren entdecken; die Entwicklung ist anderwärts schon weiter fortgeschritten. Man steigt aus der Schlucht hinauf und auf die Höhe des Dorfes Valens gekommen, übersieht man deutlich den alten Taltrog, den die Tamina talaufwärts inne hat, und den man bis Vättis hinauf leicht verfolgen kann (10 km). Links steigt die zackige Monteluna, rechts die Calanda auf; die Strasse bleibt im Taltrog mit seinen abgerundeten Formen, und in einem engeren, U-förmigen Taleinschnitte, in der Achse des Taltroges selbst gelegen, fliesst die Tamina. Moränenzüge begleiten das Tal bald auf beiden Seiten, bald nur auf einer Seite und im letzteren Falle zeigt die andere Seite Steilabfall und splitterige Erosionsflächen, im Gegensatz zu den sanftgerundeten Uferformen des Taltroges. An einer Stelle fand ich den Moränenschutt auf ca 100 m abgerutscht und dort zeigte der anstehende Fels prachtvolle Rundhöcker und schön erhaltene Gletscherschrammen. Rundhöcker sowie Moränenzug mögen 30—40 m haben, und darüber steigen dann zackig und steil die Wände des Gebirges auf, überall splitterige Verwitterung zeigend. An einer Stelle, wo der Fluss in kurzem Bogen ein epigenetisches Tal angelegt hat, zeigen sich Spuren von Riesentöpfen.

(Fortsetzung folgt.)

Luxemburg. — Buchdruckerei P. Worré-Mertens.