

Das Fenster von Gargellen (Vorarlberg).

Von MORITZ M. BLUMENTHAL (Basel-Chur).

Mit 8 Textfiguren.

Inhalt.

Einleitung; historischer Überblick	40
Zur Stratigraphie	45
1. Die randlichen Formationen	45
a. Der Aptychenkalk	45
b. Der Sulzfluhkalk und Begleitgesteine	50
2. Die Formationen des Fensterinnern (Wildflyschgesteine)	53
Zur Tektonik	55
1. Bemerkungen zur Fensterentstehung und Fensterumgrenzung	56
2. Das Hauptfenster	58
3. Die Fenster am St. Antönier Joch	67
4. Beziehungen zu den unterostalpinen Decken im südöstlichen Rätikon	70
5. Beziehungen zum kristallinen Deckgebirge	75

Einleitung; historischer Überblick.

Während eines Sommeraufenthaltes im Grenzgebiet von Rätikon und Silvretta unterzog ich das „Fenster von Gargellen“ einer geologischen Kartierung. Als Unterlage hiezu diente mir eine Vergrösserung der auf österreichisches Territorium hinüberreichenden Siegfriedblätter. Obwohl weder in tektonischer noch in stratigraphischer Hinsicht kaum wesentlich neue Resultate zu erwarten waren, schien es mir nicht überflüssig, dieses interessante Gebiet, von dem bis anhin eine geologische Spezialkarte nicht bestand, eingehend zu untersuchen und so den bedeutenden in den letzten Jahren erschienenen Arbeiten über die West-Ostalpengrenze eine besscheidene Ergänzung beizufügen¹⁾.

In einem Abstand von nur 3 km vom Erosionsrand der oberostalpinen Überschiebung (Silvrettadecke) bringt das Gargellenfenster innerhalb des hochragenden kristallinen Gebirges die liegenden tektonischen Gebilde, d. h. die unterostalpine Deckengruppe, zum Vorschein. Trotz dieser hervorragenden

¹⁾ Eine kleine Serie von Belegstücken zu meinen Aufnahmen habe ich dem Naturhistorischen Museum in Basel übergeben.

theoretischen Bedeutung hat das Gargellenfenster erst in verhältnismässig später Zeit die ihm gebührende Beachtung gefunden.

Markscheider A. R. SCHMIDT hat als erster das Vorhandensein der weissen Kalksteinwände innerhalb der kristallinen Gesteine des Gargellengebietes signalisiert. Als „Kommissär des geognostisch-montanistischen Vereins für Tirol und Vorarlberg zur Aufsuchung nützlicher Mineralprodukte“ hat er das Land Vorarlberg in den Jahren 1839—1841 topographisch und geognostisch aufgenommen und im Jahr 1843 seine Resultate in einer für die damalige Zeit guten Karte und einem inhaltreichen Textband publiziert (Lit. 16). Eine Deutung der Lagerungsverhältnisse war damals noch nicht möglich.

In dem tektonischen Bilde, das MOJSISOVICS im Jahr 1873 vom Rätikon entworfen hat (Lit. 12), wurden die Gargeller Kalke dargestellt als eingesenkte Kreidescholle. Mojsisovics glaubte, dass die Kreide, ostwärts fortschreitend, hier über das Kristallin transgrediere.

Dieser Auffassung scheint sich KOCH (Lit. 10), der im Auftrag der österreichischen geologischen Reichsanstalt in den Jahren 1875—1876 geologische Aufnahmen in der Ferwall- und der Silvrettagruppe ausführte, angeschlossen zu haben. Zum mindesten bezeichnete er das Vorkommen des Gargeller Kalkes als Scholle von Caprotinenkalk, obwohl er, gleich MOJSISOVICS, den Zusammenhang mit der Sulzfluh betont. Einen geologischen Querschnitt des Gargellengebietes sucht man bei Koch wie bei Mojsisovics vergeblich.

DIENER (Lit. 4) vertritt noch im Jahr 1891 die heute sonderbar anmutende Ansicht, dass in Gargellen auf den abratierten Falten des Silvrettamassivs Kreide von helvetischer Facies transgrediere.

Das Verdienst, als erster die geologische Bedeutung des Gargellenfensters erfasst zu haben, kommt ROTHPLETZ (Lit. 14, 15) zu. Er sah in den Gargeller Formationen einen wie er glaubte stichhaltigen Beweis für die EW-Bewegung seiner rhätischen Schubmasse. Er deutete sie erstmals als Fenster einer tektonisch tiefen Einheit inner- resp. unterhalb seiner rhätischen Decke und legte besonderen Nachdruck auf das tithonische Alter der bis anhin bald für kretazisch, bald für jurassisch gehaltenen Kalkbildungen. Nach seiner Auffassung würden die im Fenster zum Vorschein kommenden Formationen einer zusammengepressten, nach W überkippten Mulde entsprechen, die mitsamt ihrer normalen Unterlage, den Silvrettagneissen, über den Prätigauflysch geschoben ist. In der Tat



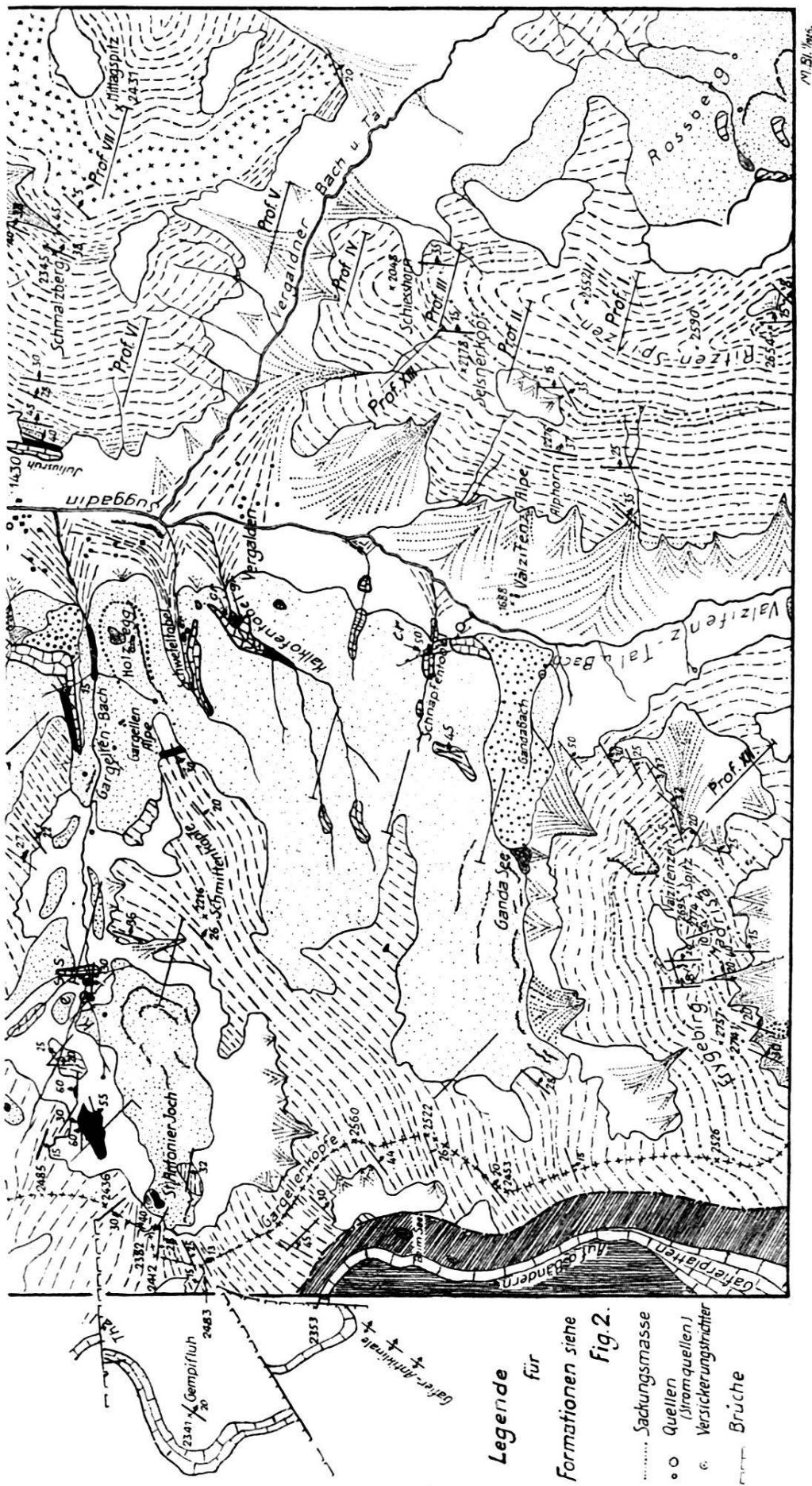


Fig. 1. Geologische Karte des Gargellenfensters und Umgebung.

schien die lokale Tektonik mit ihrem ausgeprägten E-Gefälle auf einen EW-Schub zu deuten. Dass dieses Gefälle aber dem axialen Einsinken der Überschiebungsfäche entspricht, wurde erst später erkannt.

Eine eingehende Untersuchung widmete von SEIDLITZ (Lit. 17) im Jahre 1906 dem Gargellenfenster. Er ordnete die zutage tretenden Sedimentkomplexe in das Steinmannsche Deckenschema ein; der tithonische Sulzfluhkalk wurde der Klippendecke gleichgestellt; sein Hangendes wurde als Quetschzone der rhätischen Decke zugeteilt. Im Fensterinnersten glaubte Seidlitz den Prättigauerflysch gefunden zu haben.

Sieben Jahre später spannte MYLIUS (Lit. 13) das Gargellenfenster in einen andern Rahmen; nämlich in den Rahmen seiner „dreiseitigen Schübe“, welche für den Bau des Rätikon Geltung haben sollten, und zwar im Rücken eines ostwestlich bewegten Schuppenkomplexes. Das Fenster blieb also hinsichtlich seiner tektonischen Position ähnlich gedeutet wie im ROTHPLETZ'schen Schema. Trotz einiger richtiger neuen Beobachtungen gelangt Mylius am Schluss seiner Ausführungen über Gargellen dazu, die Fensternatur in Frage zu ziehen. Er spricht von einem Scheinfenster, dessen zutagetretenden Formationen durch mehrfache Schübe in ihre gegenwärtige Lage geraten seien.

Die Folgezeit brachte nun klärende Detailuntersuchungen in Gebietsteilen, die an dem östlichen Rätikon und somit auch an das Gargeller Gebiet angrenzen: TRÜMPY's Gliederung der Falknisgruppe (Lit. 21, 1915) und deren Wiedererkennung, Durchführung und weitere Sichtung für die Weissfluhgruppe durch CADISCH (Lit. 3, 1921). Die Aufteilung der aus S stammenden Schubelemente und die Gliederung der sie zusammensetzenden Sedimente in die Falknisdecke, die Sulzfluhdecke und die Aroser Schuppenzone musste auch für die zwischenliegenden Gebiete Geltung haben. Schon die beiden genannten Forscher haben durch zwischenliegende Beobachtungen den Zusammenhang hergestellt. Vollends wurde die allgemeine Gültigkeit des Systems bestätigt durch die sorgfältige Bearbeitung des südöstlichen Rätikon zwischen Klosters und St. Antönien durch HÄFNER (Lit. 6, 1924).

An den südöstlichen Rätikon schliesst nun das Gargellenfenster an. Dieselbe Beschaffenheit der unterostalpinen Decken, die ihr Ausstrich im Rätikon zeigt, war a priori auf der Gargeller Seite zu erwarten. Das haben denn auch die von CADISCH und HÄFNER gemeinsam gemachten Beobachtungen angedeutet

(Lit. 3, 6). Die weitere Bestätigung liefert unsere Detailaufnahme.

Zur Stratigraphie.

Stratigraphische Untersuchungen sind im Gargellengebiet schwierig und wenig lohnend, da Moränenbedeckung und Überschüttung durch Bachalluvionen die Beobachtungsmöglichkeit auf ein recht bescheidenes Mass herabsetzen. Insbesondere in der eigentlichen Fensterregion: von der ganzen Fensteroberfläche, Haupt- und Nebenfenster inbegriffen, nimmt zutage tretendes Gestein auf der Karte blos ca. 4½% ein. Der Betrag ist in natura noch geringer, denn auf der Karte konnten manche Aufschlüsse nur in stark übertriebener Ausdehnung dargestellt werden.

1. Die randlichen Formationen.

a. Der Aptychenkalk.

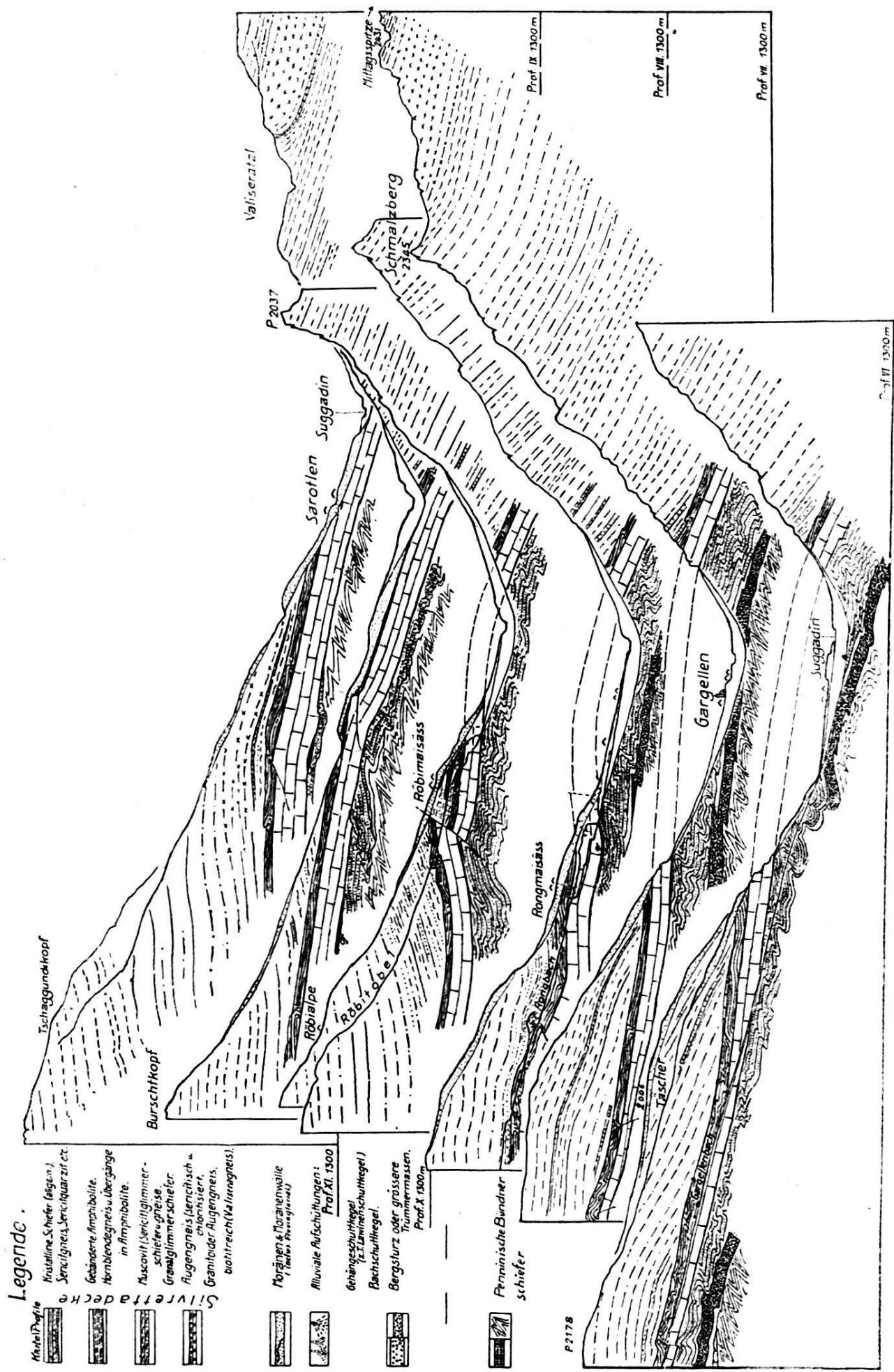
Unter den (überschobenen) kristallinen Schiefern kommt überall als tektonisch Liegendes Aptychenkalk zum Vorschein, d. h. eines der typischsten Glieder der Aroser Schuppenzone. Die besten Aufschlüsse dieser den *Malm* repräsentierenden Schichtgruppe geben einige Anrisse im linksseitigen Gehänge des Gargellenalpbaches, sowie die kleine Schlucht, die der Kalkofenbach durch diese Schichten geschnitten hat; in stärkerer Mächtigkeit als gewöhnlich findet er sich östlich des St. Antönier-Joches.

Die Schichtserie, die punkto Mächtigkeit und Ausbildung als normal gelten kann, ist nach den *Aufschlüssen des Gargellenbachtales* in Fig. 5 und dem dazu gehörenden Schichtprofil 3 (5 und 6) zusammengestellt. Die sonst wenig auftretende radiolaritische Ausbildung dieser Stufe findet sich hier, wie dies auch für die Schweizerseite durch HÄFNER erwähnt wird, an der Basis; sie zeigt stark sandige, fast grobklastische Übergänge.

Die Tendenz, grobklastische Beimengungen aufzunehmen, ist noch mehr entwickelt im Profil des *Kalkofentobel* (11—9); es ist als Schichtprofil Nr. 1 für alle Formationen hier wiedergegeben.

Schichtprofil 1.

11. Die höchsten Aufschlüsse unter der dicken Moränenbedeckung stellen sich ein in ca. 1760 m; es sind schwarze, dünnsschichtige Kalkschiefer, bestehend aus einer Wechsellagerung von dünnen, blauschwarzen



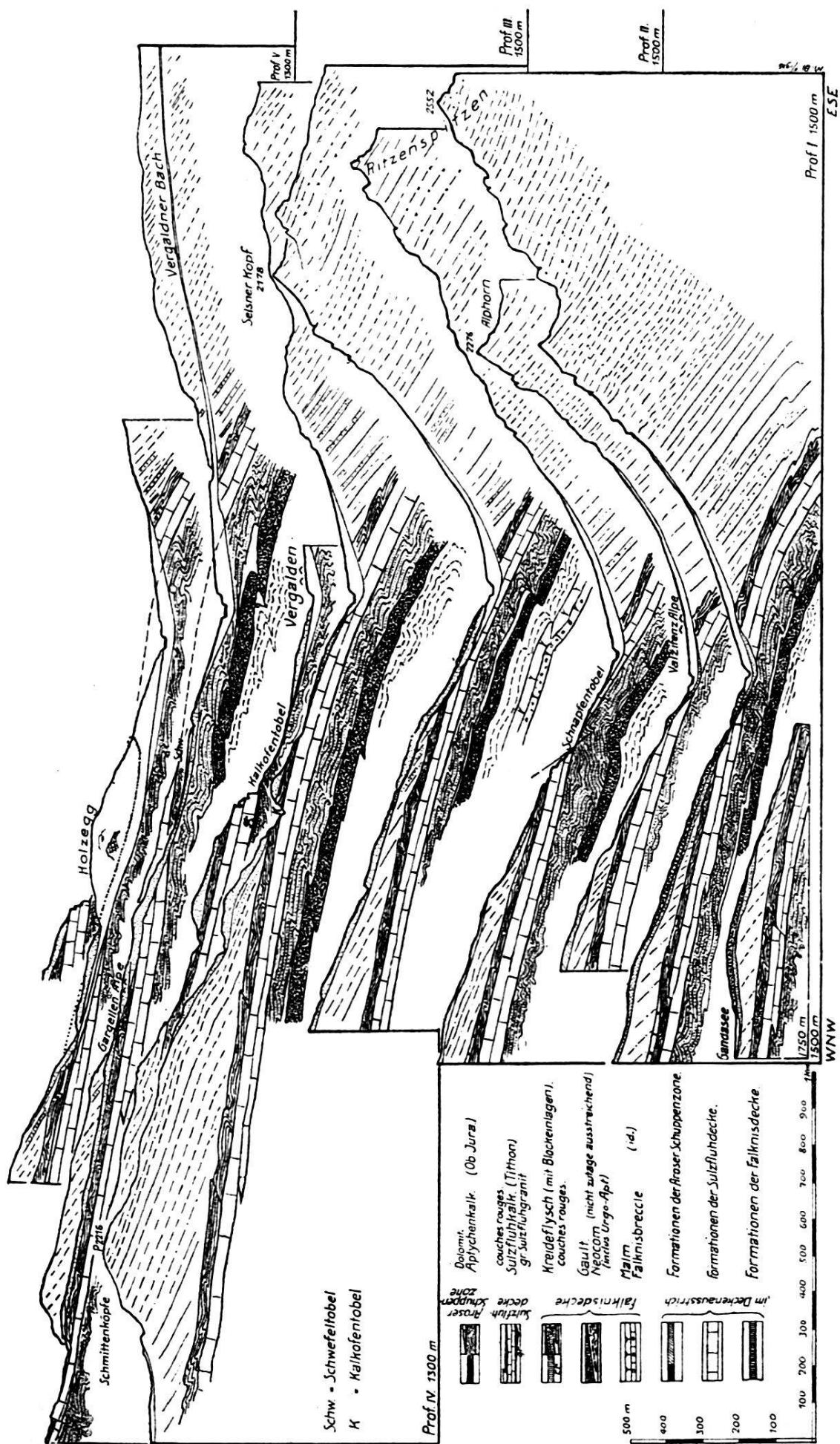


Fig. 2. Profilserie durch das Gargellenfenster.

Kalklagen und schwarzen bis zu 1 mm, selten dickeren, schwach sericitisierten Tonhäuten: Aptychenkalkschiefer. In diesen Kalkschiefern finden sich unregelmässig verlaufende, etwas sandige und braun anwitternde Kalkbänke und einzelne Blockeinschlüsse eines weisslichen, verrucanoähnlichen, sericitischen Quarzsandsteins; die ganze Schichtfolge ist stark zerknittert und hat flieschartigen Habitus.

10. 3—4 m etwas massiger, kristalliner Kalk, durchsetzt von schwarzen Häuten; nach den Kalkschiefern zu herrscht Übergang.

9. 1—2 m wellige, schwarze Kalkschiefer, darin einzelne fladenartige Linsen gelbanwitternden Kalkes und grünlichen sericitischen Quarzsandsteins (?). Mächtigkeit der Aptychenkalkstufe (11—9): + 30 m

8. Hellgrau-weisse Wand von Sulzfluhkalk. Oberer Rand ca. 1725 m, Basis ca. 1665 m.

7. Unterbruch durch Sturzschutt; darunter einzelne Blöcke von grünlichem Sulzfluhgranit, dessen Anstehendes nicht aufgeschlossen ist.

6. Schiefer wie 3 und 4, darin linsenförmig angehäuft Blöcke von schwarzem, dichtem Mergelkalk nebst schwarzem, bräunlich anwitterndem, hartem Kalksandstein.

5. Hellgrauer, etwas schiefriger Kalk formt eine unzusammenhängende Bank innerhalb der Schiefer.

4. Schwarze, mergelige Schiefer mit harten Kieselkalkbänken, diese teils in Breccie übergehend.

3. Linsiges ineinandergreifen von schwarzen Schiefern und helleren Mergelschiefen; einzelne sandige Einlagerungen.

2. Schwarze, ruschelig-wellige, tonig-mergelige Schiefer mit unzusammenhängend sie durchsetzenden Linsen von braun anwitterndem Kieselkalk, daneben enthaltend einen runden konkretionär aussehenden Block von blaugrauem, dichtem und muschelig brechendem Kalk mit gelblicher Anwitterungsfläche, welche durch ihre feine Tüpfelung den Foraminiferengehalt verrät.

1. Graue, licht gelblich anwitternde Mergelschiefer darin plattige, hellgraue, braun anwitternde Sandkalke und graue, seifig anfühlende Kalkmergel; in losen Blöcken: Breccie mit Quarz und Sandsteinkomponenten.

Beginn des Profils in ca. 1640 m. Innerhalb des Schieferkomplexes 1—6 ist keine Schichtgrenze ziehbar; Schichtmächtigkeit 20—30 m.

Mehr als die übrigen Aptychenkalkausbisse zeigt Schicht 9—11 dieses Profils die extrem schiefrige Ausbildung des oberen Jura. Während für gewöhnlich ein hellgelblich anwitternder Kalk vorliegt, der durch schwarze Häutchen oder Schichtchen gestreift erscheint, ist hier in den obersten Lagen ein aussergewöhnlich dünnsschichtiges Gestein, das wellig-blättrig gefaltet und gefältelt ist, entwickelt. Dieses, wie auch die normale Ausbildung lassen aber auf frischem Bruch stets einen zarten, blaugrauen Farbenton bei sehr feinem Kalkkorn erkennen. Um so mehr ist die Einlagerung von sandig-kalkigen Linsen und von blockförmigen Einschlüssen anderer Gesteine auffällig. Zur Orientierung, ob wirklich ein sedimentäres Gestein eingeschlossen ist, ist der helle Quarzsandstein (in 1 des Schichtprofils) im Schliffe geprüft worden: die Quarze sind vollständig

zerborsten und liegen in einer feinen Grundmasse von vorwiegend Quarz und Sericitschüppchen; dunkle Gemengteile fehlen, reichlich ist Eisenspat. Das Gestein ist sicher sedimentären Ursprungs, wobei zwar bei den Quarzen die noch recht gute Kristallumgrenzung auffällt; am ehesten liegt ein Verrucanogestein vor. Andererseits dagegen erinnern die innerhalb der Schiefer eingeschlossenen, grünen Quarz-Sericitlinsen und -lagen (in 9) mehr an einen gestreckten, mylonitisierten Sulzfluhgranit.

Gleiche, wildflyschverwandte Ausbildung der Aptychenkalkstufe tritt in den übrigen, zwar stets kleinen Aufschlüssen nicht mehr so sehr hervor. Ein Vorkommen mit ebenfalls recht stark sandigem Einschlag findet sich im sog. *Kessi* (S. 33), wo der Kalkschiefer durchwoben ist von knauerig-flaserigen Sandsteinschichtchen, welche nach oben in tonigen roten Radiolaritschiefer übergehen.

Die im allgemeinen leicht als Aptychenkalk kenntlichen Schiefer des *St. Antönier Joches* sind lokal vergesellschaftet mit einem roten, dichten Kalk; dieser ist foraminiferenfrei, also eher dem oberen Jura zuzuzählen als den *Couches rouges*, denen er gleicht.

Im grossen Ganzen ist somit die Aptychenkalkstufe des Gargellentales zusammengesetzt von stark schiefrig ausgebildetem kalkig-tonigem Gestein, das Tendenz hat, in eine gröber klastische Ausbildung überzugehen. Die Frage, ob wir hier etwa eine Analogie zu der klastischen Saluverfacies der Kreide des Oberengadins, wie sie zuerst CORNELIUS beschrieb, vor uns haben, wage ich anhand der isolierten Vorkommnisse nicht zu beantworten. Nicht unmöglich ist es auch, dass in unserem Aptychenkalk schon tiefere Partien des Jura, also die Streifenschiefer im Sinne CADISCH's (nicht SEIDLITZ') enthalten sind; die lithologische Ausbildung des eigentlichen Streifenschiefer, wie sie am Madrisjoch oder am P. Casanna vorkommen, deckt sich freilich nicht mit der schiefrigen Ausbildung unserer Gesteine.

Der Aptychenkalk, der über dem Sulzfluhkalk nirgends fehlt, ist in Gargellen sehr oft verschieden gedeutet worden. Bei ROTHPLETZ erscheint derselbe als „unteres schiefriges Tithon“ und zwar in stratigraphischem Verbande mit Tithon des Sulzfluhkalkes, was den tatsächlichen Verhältnissen eben nicht entspricht; diese Schiefer sollten die jurassische Transgression einleiten. Dem Verdienst der sonst generell zutreffenden stratigraphischen Einordnung wird aber wieder dadurch Abbruch getan, dass ROTHPLETZ diese Gesteine,

anscheinend der tektonischen Verbindung zuliebe, in ganz unrichtige Correlationen brachte. So vereinigt er z. B. sein „unteres Tithon“ mit foraminiferenführenden Kreide- und Flysch-Sedimenten, weshalb er wohl dazu, kommt die Aptychenkalke des St. Antönier Joches als Foraminiferenkalkschiefer anzusprechen. Ich konnte in diesen weder makroskopisch noch mikroskopisch Foraminiferen finden.

Vor und nach ROTHPLETZ sind die tithonischen Schiefer wiederholt für Flysch gehalten worden, was, lithologisch besehen, leicht begreiflich ist. Schon 1872 verglich sie MOJSISOVICS mit „eocänen“ Schiefern der Drusenfluh-Nordseite (Lit. 11) und 1913 erscheinen sie wieder in MYLIUS' Profilen als Flysch (Lit. 13). Die wechselnde Schieferung und daher verschiedene Anwitterung mögen der Grund gewesen sein, dass SEIDLITZ (Lit. 17) in ihnen verschiedene Stufen seiner „Breccientecke“ erkennen wollte (Grauschiefer, Streifenschiefer). Eine Auflösung in verschiedene Gesteinsstufen scheint mir nicht durchführbar, wie auch eine stratigraphische Ausscheidung des Radiolarits, der mit dem Aptychenkalk durch Übergänge verbunden ist, als unstatthaft erscheint.

Ausser eines Blockes von *Dolomit* am Südabhang des Täscher (Fig. 2, Prof. VI) sind mir keine anderen Gesteine der Aroser Zone bekannt geworden; Ophicalcit, den SEIDLITZ erwähnt, traf ich nicht mehr; andere Glieder der Aroser Zone mögen sehr wohl noch vorhanden sein, blieben aber wegen der starken Schuttüberdeckung oder der Kleinheit des Vorkommens unbeachtet.

b. *Der Sulzfluhkalk und Begleitgesteine.*

Der Sulzfluhkalk des Gargellenfensters stimmt in lithologischer Hinsicht mit dem Sulzfluhkalk des Rätikongebirges, der durch SEIDLITZ (Lit. 17, S. 26) eingehend beschrieben ist, völlig überein. Es ist heller, weissgrau anwitternder, auf der Bruchfläche einen Stich ins Gelbbraune aufweisender Kalkstein von meist feinstkörniger Kristallinität; seltener sind Übergänge in einen schwarzen oder rosafarbenen mehr dichten Kalkstein. Oolithische Partien sind selten; dolomitische Ausbildung wurde nicht beobachtet.

Die *Mächtigkeit* des Kalkes ist, soweit dieselbe überhaupt genauer bestimmbar ist, nur geringen Schwankungen unterworfen; sie beträgt durchschnittlich 50—60 m, im zentralen Teil des Fensters maximal 65—70 m. Schichtung ist höchst selten zu erkennen; Klüftung hingegen wirkt für die in hohen Felsköpfen ausstreichenden Kalke formbestimmend.

In der langen Reihe von Irrungen, welche der endgültigen Erkennung des Tithonalters dieser neritisch-koralligenen Bildung vorausging, spielte das Gargeller Vorkommen eine besondere Rolle. Im Jahr 1871 waren von dem Fabrikanten DOUGLAS der Wiener Reichsanstalt schlecht bestimmbare Fossilien eingesandt worden, die wahrscheinlich von der rechtsseitigen Juliusruh stammten. Sie sind von FR. v. HAUER und G. STACHE mit „ziemlicher Sicherheit“ als Rudisten erkannt worden (Lit. 5). Von dieser Zeit ab erscheint dann der Sulzfluhkalk von Gargellen und des Rätikon bis in die neuere Zeit (Geolog. Übersichtskarte der Schweiz, 1894) als Kreide (Caprotinen)-Kalk in Schrattenkalkfacies. Die Erkenntnis, dass es sich um Tithon handelt, gewann nur allmählich (seit 1876, KOCH) und zwar nur in Bezug auf einzelne Fossilfundstellen, an Boden. Für die Erkennung und Begründung des Tithonalters (SEIDLITZ, Lit. 17, S. 30) lieferte im übrigen Gargellen keine weiteren Stützpunkte. Den Gastropodenreichtum der Sulzfluh konnte auch SEIDLITZ in Gargellen nicht wiederfinden. Die durchgangenen Bachprofile lieferten auch mir keine ausschlaggebenden Fossilien. Unkenntliche Gastropoden, Zweischalerreste, hie und da etwelche umkristallisierte Korallenstücke und Echinodermensplitter bilden oft eine wesentliche Gesteinsbeigabe. Einen grobkörnigen Kalk reich an Echinodermensplitter zeigen die Kalkwände des Äusseren Robitobel.

Seit SEIDLITZ (Lit. 17, 1906) ist aus dem Gargellenfenster das Vorkommen von *Sulzfluhgranit* an der Basis des Sulzfluhkalkes bekannt. Es ist jener blassgrüne, meist noch etwas porphyrische Struktur aufweisende, gewöhnlich aber stark mylonitisierte Granit, der eines der frühest erkannten Bindeglieder abgab zur Einordnung der Sulzfluhdecke in ihr wurzelnäheres Kerngebiet (Julier- resp. untere Digitation der Berninadecke). Den zwei schon bekannten Vorkommnissen vermag ich kein neues hinzuzufügen; jenes am Ausgang der *Rongbachschlucht* schafft mit dem ihm auflagernden Sulzfluhkalk und den gequälten liegenden Wildflyschgesteinen das schönste Überschiebungsbild des ganzen Gebietes. Der innerste Teil dieser Gesteinsnische an und unter dieser Überschiebung ist in der Skizze der Fig. 3 wiedergegeben; dazu sei das Schichtprofil 2 gefügt.

Schichtprofil 2.

1. Sulzfluhkalk, blaugrauer, licht grauweiss anwitternder Kalk, stark von Klüften durchsetzt, unregelmässig verteilt kristallinisch.
2. Dünne Basislage von Sulzfluhkalk (ca. 20 cm), gekennzeichnet durch schwarze Farbe und mehr schiefrige Textur.

3. Grüner, dicht aussehender Mylonit, liegt, wo vorhanden, über dem Granit und geht in denselben über.

4. Sulzfluhgranit, erscheint erst in Linsen von ungleicher Dicke, um sich dann als zusammenhängende Bank, bis zu 1 m Mächtigkeit anschwellend, unter die Kalkbank einzuschalten.

5. Schwarze, ruschelige Schiefer und Mergelschiefer, mehr oder weniger pyritreich, durchzogen von unregelmässigen sandigen Schnüren.

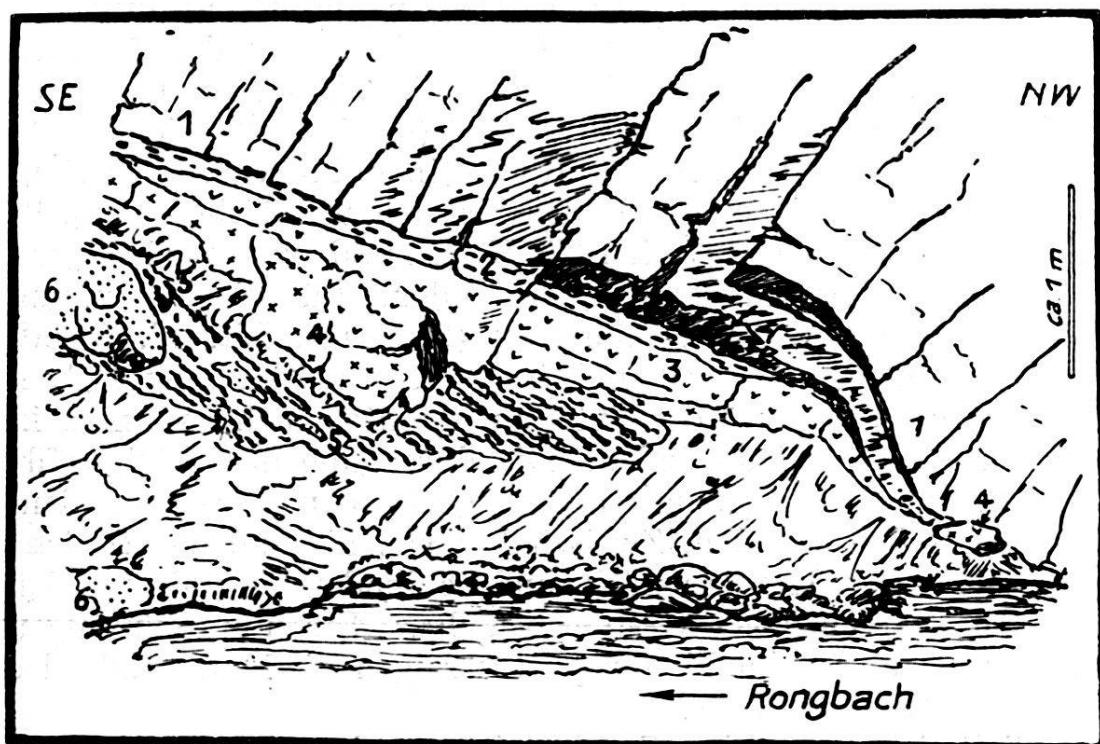


Fig. 3. Die Sulzfluhkalküberschiebung am Ausgang der Rongbachschlucht.

6. In den Schiefern eingeschlossen in Blöcken und Linsen:

- a) schwarzer pyritreicher, kieseliger Kalk;
- b) kalkspatdurchzogener, grauschwarzer, glimmeriger Kalk;
- c) hellgraublauer, rostig anwitternder Quarzitsandstein.

Über Gestein 4 vom Typus des Juliergranits, zieht sich als unscharf begrenztes Band *grüner Mylonit* 3 hin; er erscheint dem blossen Auge völlig dicht und kieselig; pulverisiert braust er mit Salzsäure heftig auf. U. d. M. erweist er sich als weit-fortgeschrittenes Zersetzungprodukt, so dass aus dem Gewirre von Neumineralien kein Schluss auf seine ursprüngliche Zusammensetzung mehr gezogen werden kann. In einer wahrscheinlich feldspatreichen Grundmasse halten sich grössere Orthoklas- und Plagioklascomponenten neben Quarz so ziemlich die Wage; undulöse Auslöschung der Quarze und Sericitierung der Feldspate ist allgemein zu beobachten. Reichliche Calcitbildung hat besonders um die Feldspate platzgegriffen. In der Grundmasse findet sich häufig ein schuppiges Mineral

mit blauen Interferenzfarben, Pennin; es bedingt die Farbe des Gesteins. Daneben ist Leukoxen und Pyrit reichlich anwesend.

Als Ganzes darf der grüne Mylonit vielleicht als eine basische Abart des Sulzfluhgranits angesehen werden; Mitverarbeitung anderer Eruptivgesteine in diesen Mylonit ist nicht erkennbar. Der Kontakt zwischen diesem Mylonit und der basalen Partie des Sulzfluhkalkes ist scharf; beide sind innig aneinander gepresst.

Granite über dem Sulzfluhkalk, wie solche von der Schweizerseite (Schollberg und Plassegga nach SEIDLITZ, Madrisjoch nach CADISCH) bekannt wurden, habe ich nirgends angetroffen, auch keine Kreidegesteine. Das schliesst natürlich nicht aus, dass die wenig mächtigen Couches rouges des südöstlichen Rätikon da und dort den Sulzfluhkalk begleiten; wo aufgeschlossen, findet sich stets der Aptychenkalkschiefer über dem Kalke, welch letzterer gelegentlich in den obersten Decimetern gegen die Schiefer zu einer sandig graue Beschaffenheit und Farbe annimmt.

2. Die Formation des Fensterinnern (*Wildflyschgesteine*).

Die im Innern des Hauptfensters von Gargellen blossgelegten Formationen stehen zu jenen des Fensterrahmens in einem prägnanten morphologischen Gegensatz. Allerdings sind trotz der bedeutenden Tiefe des Fensters in seinem zentralen Teile wegen der mächtigen Schuttbedeckung die tieferen Formationen der Beobachtung wenig zugänglich. Im wesentlichen sind es zwei bis drei lückenhafte Bachprofile, die Aufklärung liefern, sie sind in Schichtprofil 1, S. 9, Nr. 6—1, Schichtprofil 2, S. 14, Nr. 5—6 und Schichtprofil 3, S. 24, Nr. 1—3) wiedergegeben. Sie sind gekennzeichnet durch ein wirres Durcheinander von Linsen und Blöcken von mergelig-kalkiger, sandig-kalkiger oder quarzitischer Zusammensetzung innerhalb einer zerrütteten Schiefermasse; es ist der Charakter des *Wildflysch*.

Wildflysch von Oberkreidealter hat W. HÄFNER erstmals im südöstlichen Rätikon erkannt (Lit. 6, S. 12). Als wesentlich schildert HÄFNER eine lenticular texturierte Grundmasse von handgrossen kieseligen Kalklinsen durchwirkt von schwarzen Tonhäuten. Diese Grundmassenausbildung kann man zwar in unseren Schichtprofilen nicht deutlich erkennen; aber Anhäufung von Mergel und Kalksandstein zu grössern linsenartigen Massen ist in der Natur deutlich zu beobachten.

Wenn schon der äussere Habitus dieses Wildflysch kreideverdächtig ist, so wird dessen Kreidezugehörigkeit durch die mikroskopische Prüfung vollkommen bestätigt. Der aus dem Profil des Kalkofentobels erwähnte *konkretionäre, blaugraue Kalk* (Schichtprof. 1, Nr. 2) erweist sich als ein dichter Kalkstein mit dunkelbrauner, kryptokristalliner Grundmasse, in der in grosser Zahl die für Oberkreidesedimente charakteristischen Foraminiferen erkannt werden können. Vorwiegend sind *Globigerinen*, die fast ausschliesslich mit heller Calcitkörnchen ausgefüllt sind und meist noch die Schale enthalten, auf der die Porenhöckerchen als feine Spitzchen deutlich abstehen. Häufig sind *Globigerina cretacea d'Orb.* und *Glob. bulloides d'Orb.* die allerdings schwer auseinander zu halten sind; seltener ist *Glob. aequilateralis Brady*. Neben diesen vielkammerigen Formen finden sich zahlreiche runde, einkammerige, die als *Orbulinaria sphaerica Kaufm.* anzusprechen sind; merkwürdigerweise vermisst man *Orb. ovalis* (= LORENZ' *Pithonella ovalis*). Zahlreich sind zweikammerige Gehäuse, vermutlich *Oligostegina laevigata Kaufm.* Typisch sind zahlreiche Vertikalschnitte von *Discorbina canaliculata Reuss* mit ihren eckigen und gekielten Kammern; ihre Medianschnitte zeigen die gleiche Gestalt der Kammern wie die seinerzeit von QUEREAU aus den Couches rouges als *Pulvinulina tricarinata* (= *Disc. canaliculata Reuss*) beschriebene leicht erkennbare Form; *Disc. canaliculata* kann als Leitform der Oberkreide gelten (Amdenerschichten, ARN. HEIM; Couches rouges des Falknis, TRÜMPY; Couches rouges des Retterschwangtales, CORNELIUS, usw.). Zahlreich kommen kleine, spitzkonisch zulaufende Textularien, die der *Textularia conulus Reuss* nahe stehen, vor.

Gleichfalls ein foraminiferenreiches Gestein ist der *hellgraue, schiefrige Kalk* des Kalkofenprofiles (Schichtprof. 1 Nr. 5). Blockförmige Einschlüsse des gleichen Profiles gaben, obwohl ihrem Habitus nach recht kreideähnlich, kein positives Ergebnis (Mergelkalk Nr. 6 und Mergelschiefer Nr. 1). Wegen seiner äusserlichen *Gaultähnlichkeit* bemerkenswert ist der schwarze, rostbraun anwitternde Kalksandstein (Nr. 6); sein Grundgewebe enthält äusserst spärlich grünen Glauconit; die Grundmasse besteht teils aus reinem, teils bräunlich pigmentiertem körnigem Calcit; nicht unwahrscheinlich ist es, dass es sich bei letzterem um zersetzte feine Glauconit-beimengung (Glaucocalcit) handelt; bei rhomboëdrischer Verzwillung zeigt das eine Zwillingssystem oft die typische glauconitische grüne Farbe.

Auf Kreidealter lassen auch einige Einschaltungen der Schiefer des *Rongbachprofiles* (Schichtprof. 2 S. 14) schliessen. Foraminiferengehalt, der makroskopisch nicht erkennbar, wurde in dem schwarzen kieseligen Kalke (Nr. 6—1) gefunden; hier sind es hauptsächlich winzig kleine textularide Foraminiferen nebst feinen Nadelchen (Spongien?), die den organischen Inhalt ausmachen. Die Proben aus der Hauptmasse des Mergelschiefers waren steril. Recht bedeutend ist gelegentlich der Pyritgehalt der Wildflyschschiefer, so dass er Veranlassung zur Bildung kleiner Schwefelwasserstoffquellen (Schwefeltobel!) geben kann. Der Glauconitgehalt einzelner Gesteine ist in den Rongbachblöcken deutlicher; der Glauconit ist hier als xenomorphes Pigment beigemengt. Weniger von Kreidehabitus sind die kalkig-kieseligen Einschlüsse. Als Ganzes zeigt aber der Rongbachaufschluss Wildflyschcharakter und es ist kaum daran zu zweifeln, dass es sich hier wirklich um Kreidesedimente handelt. HÄFNERs Befunde bei gleichartigen Gesteinsserien in analoger Lage (Lit. 6, S. 13) veranlassten ihn und CADISCH, den bei einem Besuche des Gargellenfensters angetroffenen Gesteinskomplex (Gargellenbach, Lit. 6, S. 31) dem obercretacischen Wildflysch der Falknisdecke der Schweizerseite gleichzustellen. Damit kann die Zuweisung dieser Schichten zum tertiären Prätigauflysch (*Globigerinenschiefer*), wie dies bei vorangehender Untersuchung geschehen war (SEIDLITZ, 1906) als erledigt betrachtet werden.

Über die Entstehungsart der Wildflyschsedimente gibt natürlich Gargellen keine besseren Anhaltspunkte als Gebiete stärkerer Entwicklung derselben. Viel spricht dafür, dass das Auftreten der kreideartigen Gesteine und der Übergang in solche einer Rekurrenz von Kreidefacies im Flyschsediment entspricht; die als Linsen und Bänke in mergelig-tonigem Absatze eingeschlossenen Einschaltungen wurden dann bei der starken mechanischen Beanspruchung regellos in die Schieferschichten einlogiert und in denselben verwalzt. Da diese Einschlüsse in Schieferlagen eingehüllt waren, sind sie nur wenig dynamometamorph beeinflusst und stehen in auffälligem Gegensatz zu den über ihnen liegenden mylonitisierten granitischen Gesteinen.

Zur Tektonik.

Unter den Bauelementen des Fensters lassen sich auseinanderhalten diejenigen, welche den innerhalb des Fensters liegenden Rand bilden, und diejenigen, welche die tieferen und

inneren Teile des Fensters erfüllen. Im ersten Falle möchte ich von der *Fensterumrandung* oder kurzweg vom *Fensterrand* sprechen, im zweiten Falle vom *Fensterinnern*. Beides sind natürlich nur durch die Erosion bedingte Begriffe und haben mit der Tektonik keinen ursächlichen Zusammenhang. Je nach der Grösse des Erosionseingriffs, der durch das Fenster repräsentiert ist, sind Fensterrand und Fensterinneres voneinander trennbar oder nicht; bei einem kleinen und untiefen Fenster werden sich Umrandung und Innerstes zu einem Gebilde zusammenschliessen.

Im Folgenden wird der Fensterrand auf das durch die Tiefenerosion deutlich hervorgehobene randliche Gesteinsband innerhalb der Fenstergesteine (Sulzfluhkalk plus Aptychenkalk) bezogen. Als *Fensterrahmen* seien die benachbarten Teile des kristallinen Deckgebirges verstanden; Fensterrahmen und Fensterrand sind geschieden durch die Fuge des *Fenstersaumes*.

Nach der Grösse umfasst das Gargellenfenster mit seinen kleinen Annexen beide obgenannten Typen: kleine Exclaven, die eben innerhalb der höheren Überschiebungsmasse eine fensterbildende Formation umfassen, daneben aber im Hauptfenster ein bis auf tiefere Einheiten hinabgreifendes Erosionsloch.

1. Bemerkungen zur Fensterentstehung und Fensterumgrenzung.

Die Erosionsfurche, längs welcher die kristalline Überschiebungsmasse, die Silvrettadecke, in der Gegend von Gargellen bis unter ihre Basis abgetragen wurde, darf in ihrer Frühanlage — ich vermeide den Ausdruck Uranlage — als isoklinaltal betrachtet werden. Dieses entwickelte sich in hauptsächlich gegen SE und E geneigten kristallinen Schiefern, in dieser Richtung der Schichtneigung fort zur Tiefe drängend und vordringend. Die ihm zustrebenden Seitenäste wurden, dieser Anlage entsprechend, kurze, konsequent oder subsequent angelegte Erosionsfurchen, deren Ausmass hinter der des Haupttales nicht so sehr wesentlich zurückblieb, da dieses ja auch nur dem obersten Abschnitt eines kleinen Sammelsystems entsprach. Übersieht man das heutige Längsprofil der Seitenäste in ihrem Verhalten zur Haupttalrinne, so gewahrt man, dass die Stufung an der Einmündung — obwohl natürlich vorhanden — nicht sehr bedeutend ist und zum guten Teil reine Schichtstufung ist, bedingt durch das Ausstreichen des härteren Gesteins (Sulzfluhkalk); wo derselbe noch nicht blossgelegt ist, mündet das Seitental gleichsohlig in das Haupt-

tal (Sarotlen Platina). Das Gefälle von Haupttal zu Nebental verhält sich ungefähr wie 1 : 2; in umgekehrtem Verhältnis wird wohl die relative Erosionsleistung zur Blosslegung der Fenster gewesen sein.

Sowie sich die Durchsägung der kristallinen Deckmasse vollzogen hatte, wobei das flächenweise Abgleiten ganzer Schichtpakete von nicht unwesentlichem Einfluss auf den Fortgang gewesen sein mag, war das Fenster gebildet und es kamen die Kräfte der Erosion unter neue Bedingungen und machten nach Überwältigung der harten Gesteine des heutigen Fensterrahmens in den weniger resistenten Formationen des Fensterinnern rasche Fortschritte. Wann die Tiefenerosion die heutigen Fensterglieder blosslegte, kann man, sich nur an Gargellen haltend, nicht entscheiden. Erwägend, dass die geltenden Auffassungen über die Phasen der postpliocänen Talbildung auch für das vorliegende Flusssystem zutreffen müssen, kann man folgern, dass die erste Hälfte des Diluviums in Gargellen noch kein Fenster vorfand.

Das entstandene Erosionsloch war und ist nunmehr in seiner Umgrenzung durch die Art der Anlage der genannten Täler und die Neigung der Überschiebungsfläche der überlagernden Silvrettadecke bestimmt; in seiner tektonischen Position ist seine Form vorbestimmt. Das Dach des Fensters entsprach in seiner ältesten Phase einer nach NE und E geneigten Platte, die ihre Hauptdimension in der Nord-Süd-Richtung, der Richtung der stärksten Erosion annahm; in die von Westen her sich einsägenden Täler drang sie mit kleineren Seitenbuchten vor. Der E-Rand blieb infolge der Schichtlage im Kristallinen und der sich daraus ergebenden Abwesenheit gleichgearteter Seitentäler nahezu „ungezahnt“; er wurde und wird flankiert von den steilabbrechenden Schichtköpfen der überlagernden Masse (vgl. Fig. 4).

In diesen einfachen Bauplan greifen Störungen ein. Sie reichen aber nicht so weit in die Tiefe, dass sie denselben tektonisch zu variieren vermöchten. Neben einem dem Aufbruch in der Richtung der Haupterosionsfurche entsprechenden *Hauptfenster* waren also weitere Annexe in den westlichen Seitentälern zu erwarten; für deren Einverleibung in das Hauptfenster oder deren Individualisierung waren neben der erosiven Leistung des Seitenbaches auch die örtlichen tektonischen Verhältnisse mitbestimmend. Solche Nebenfenster finden sich allein im Tale des Gargellenbaches. Sie werden als die *Fenster des St. Antönier Joches* zusammengefasst.

2. Das Hauptfenster.

Die *Umrandung des Hauptfensters* oder kurzweg des *Gargellenfensters* ist insbesonders durch die *Sulzfluhkalkausbisse* der linken Talseite bestimmt, wo sie auch schon ihrem Ent-

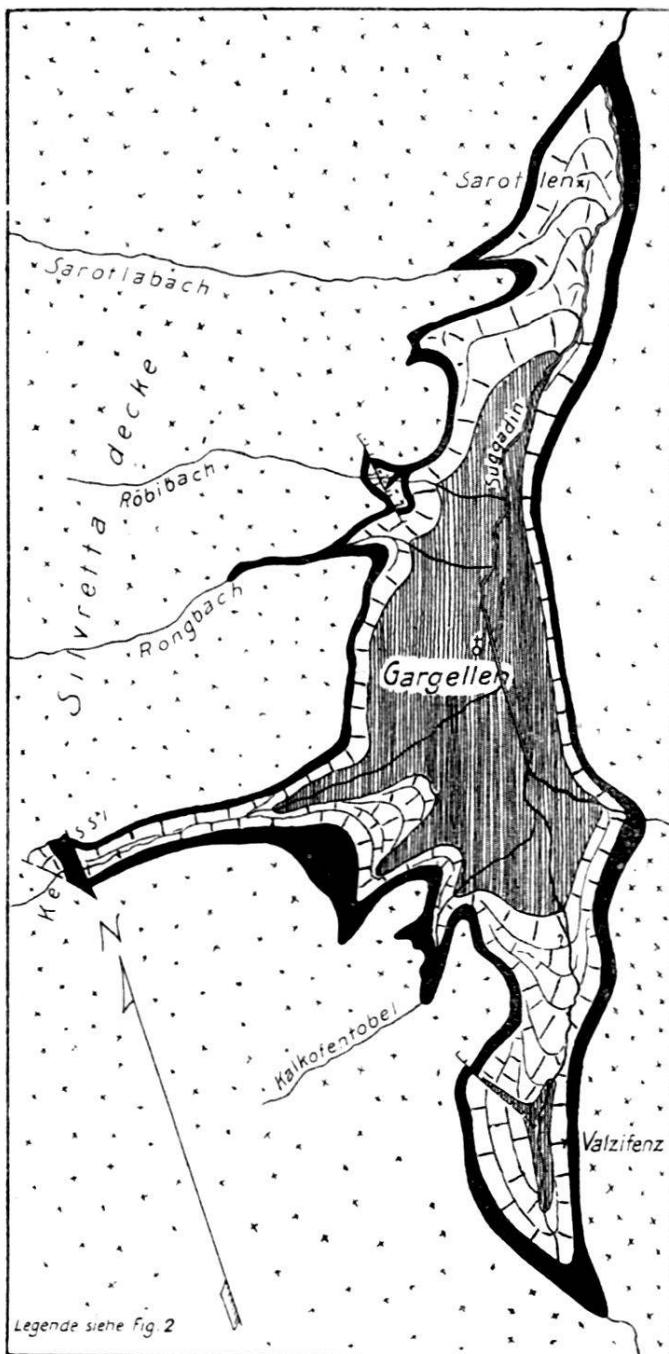


Fig. 4. Grundriss des Hauptfensters von Gargellen. 1 : 50 000.

decker SCHMIDT (Lit. 16) auffielen. Der den Sulzfluhkalk im Hangenden stets begleitende Ptychenkalk kann bei der Hauptlinienführung vernachlässigt werden, da er nur in einigen

Bachschluchten und wenigen Anrisen sich anzeigt und ohnehin durch seine wellige, unregelmässige Faltung auf so kleiner Beobachtungsoberfläche keinen brauchbaren Überblick über Art und Verlauf der Fensterumrandung vermittelt; bei seiner geringen Mächtigkeit, meistens nur 20—30 m, darf er vorerst füglich übergegangen und die Fensterumrandung anhand des Sulzfluhkalkes erörtert werden.

Der Bau der Fensterumrandung offenbart sich natürlich am besten da, wo das Erosionsloch die grösste Tiefe erreicht hat resp. der Fensterrahmen die grösste Weite besitzt. Dies ist im Talabschnitt des kleinen Weilers von Gargellen selbst (Kirchlein, einige Sommerhäuser und Hotel) der Fall. Als hoher Felserker springt ob Reute (Fig. 5) die in ein Trümmerwerk sich auflösende Kalkwand zwischen dem Haupttal und dem Gargellenalptal vor und zieht von dort mit einer Neigung (ca. 10°), die dem wahren Gefälle der ganzen Kalkplatte nahezu gleich ist, dem Gehänge nach nordwärts hinunter. Nach kurzer Überdeckung treten die gleichen Felszüge dem aus dem Rongtal ausströmenden Bach vor seine Ausmündung; dieser durchsägt sie in romantischer Schlucht. Die hintereinander hochauftreibenden Kalkpfeiler durchmessen hier von ihrer Basis, der Sulzfluhkalküberschiebung, bis unter die Rongmaisäse eine Höhendifferenz von 95—100 m, dem Kalke selbst kommt ungefähr eine Mächtigkeit von 65—70 m zu.

Mit dem aufgeschlossenen Fensterrand der linken Talseite korrespondiert der Ausbiss des gleichen Sulzfluhkalkes, welcher in der Felswand der sog. Juliusruh am Fusse des Steilgehänges des kristallinen Schmalzberges ansteht. Entsprechend der Neigung der Kalkbank findet sich die obere Begrenzung des Kalke in ca. 200 m tieferer Lage als in dem voran erwähnten, schräg gegenüberliegenden Felserker ob Reute; die Neigungsverhältnisse in der Fensterumrandung dagegen kommen in dem Verlauf der Felswand wegen der Begrenztheit und Unvollständigkeit des Aufschlusses nicht zur Geltung. Mit der Felswand der Juliusruh sind die Fensterindikationen der rechten Talseite schon erschöpft; mit Ausnahme des eben erwähnten Schmalzbergabsturzes kommt die nördliche und südliche Verlängerung des Fensterrandes gerade in den Verlauf der Talrinne zu liegen und ist deshalb tief unter breitausladenden Bachschuttkegeln (Vergalden) oder dem Schuttmantel des Bergfusses begraben.

Nach der gegenseitigen Lage und der relativen Vollständigkeit der Fensterrandgesteine zu schliessen, wird der Bau des Fensters im Abschnitt von Gargellen von keinen

erkennbaren Störungen oder Unregelmässigkeiten betroffen. Es ist deshalb gerade dieser Abschnitt am besten geeignet, die *räumliche Orientierung des Fenstersaumes* resp. die Streich- und Fallrichtung der Basis der Überschiebungsmasse zu ermitteln. Am zweckmässigsten dient dafür die obere Begrenzung des Sulzfluhkalkes, da derselbe am weitgehendsten zusammenhängend aufgeschlossen ist. Die Fehlerquelle, die freilich dadurch entsteht, dass man nicht den — eben unter Moränen verborgenen — Fenstersaum zur Orientierungsbestimmung verwendet, ist sicherlich ganz unbedeutend, handelt es sich ja ohnehin nur um Annäherungswerte. Des weiteren ist die Möglichkeit von Mächtigkeitsschwankungen des Sulzfluhkalkes gewiss vorhanden, sie zählt aber innerhalb des so kleinen Areals kaum wesentlich mit, und auch das Verhalten des Aptychenkalkes als eine ziemlich gleichbleibende Zone dürfte der vorauszusetzenden Parallelität zwischen Sulzfluhkalk und Fenstersaum keinen Abbruch tun. Je nach der Wahl der für die räumliche Bestimmung zu wählenden 3 Punkte variiert dieselbe um plus minus 2° ; sie zeigt im Gargeller Abschnitt im Mittel ein Streichen von N 43° W und ein Fallen von 12° NE. Ein Weiterspannen der Dreiecke zur Bestimmung des Fensterdaches auf grössere Distanz ist nicht tunlich, da man alsbald, nach S wie nach N, in Zonen kommt, wo es von kleinen Störungen oder Unregelmässigkeiten betroffen wird und zudem Lage und Zahl der Ausbreitpunkte des Kalkes im Stiche lassen. Allein aus dem zentralen Teil des Hauptfensters können wir somit folgern, dass *die auflagernde Silvrettadecke mit einer Überschiebungsfläche von 12° Neigung den unterostalpinen Deckengliedern aufruht, wobei die Schubfläche NW—SE streicht.*

Wenden wir uns nun erst der nächst südlich gelegenen Zone des Hauptfensters zu. Südlich des Weilers empfängt der Talbach Suggadin den vom St. Antönier Joch herkommenden Gargellenbach (Fig. 5). Sein Taleinschnitt bewirkt ein westliches Einschwenken der Fensterrandgesteine; alsdann dünnnt aber der Sulzfluhkalk aus und verschwindet gleich wie der hier recht gut aufgeschlossene Altychenkalkschiefer und Radiolarit unter Moränenschutt, noch bevor er den Talbach erreicht hat. Der scharfe Einschnitt des letzteren bringt im unteren Teil wirr gefaltete Ton- und Kalkschiefer zum Vorschein (1—3 der Fig. 5 und Schichtprofil 3). Auf der rechten Talseite

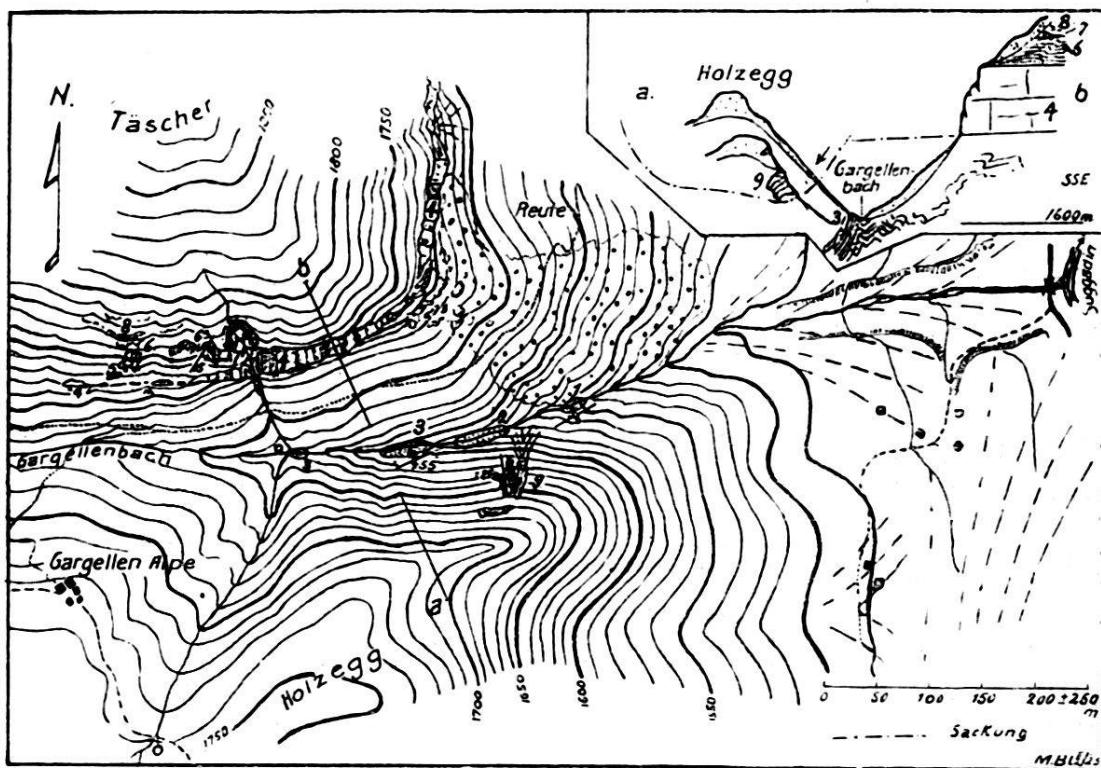
Schichtprofil 3.

1., 2. und 3. schwarze, flaserige Kalktonschiefer, teils pyritreich, durchsetzt von unzusammenhängenden Lagen und Linsen eines grauen kieseligen Kalkes; vereinzelte Einschlüsse eines hellen, dichten Kalkes von couches rouges-Typus; enge, unregelmässige Faltung.

4. Tithon-(Sulzfluh)kalkwand, maximal 70 m hoch; hellgrau anwitternde massige Kalke.

5. Radiolarit, setzt nach einem Unterbruch von ca. 6 m über dem Sulzfluhkalk ein, teils grobsandig, teils feine, rote Tonschiefer, 6–7 m mächtig, übergehend nach oben in

6. Aptychenkalk, ca. 11 m dünnsschichtiger, feinkörniger Kalkschiefer, gelblich anwitternd wellig verbogen; der Kontakt mit grünlichen Sericitquarziten der Silvrettadecke ist aufgeschlossen in 6a. Gesamtmächtigkeit der Aptychenkalke 20–25 m.



Die Höhen der Skizzen sind approximativ nach Aneroidablesung

Fig. 5. Skizze des Gargellenbaches zwischen Gargellen Alpe und Mündung; mit Profil.

7. In einer Lage, die über den Aptychenkalk weist, finden sich, aus Moräne hervorschauend, einige kleine Dolomitblöcke, die, wenn anstehend, das einzige aufgefundene Dolomitvorkommen des Gargellen-Fensters ausmachen.

8. Über 6 und 6a folgen die kristallinen Schiefer der Silvrettadecke alsbald in zusammenhängenden Aufschlüssen, erst ausgebildet als sericitisch-chloritische Quarzitgesteine, denen höher oben Amphibolite und Amphibolitgneise folgen.

9. Aus Moränenschutt am Steilgehänge schauen rechtsseitig Felsköpfe von gebändertem, grünlichem Sericitquarzit und -gneis mit unregelmässiger Orientierung der Schichtlage.

sucht man jedoch vergeblich nach dem Spiegelbild der nördlichen Täschenseite; der ganze Bergvorsprung des *Holzegg* ist von einer dicken Lage von Moräne überkleidet und die Vermutung liegt nahe, der sonst doch überall durch einen kleinen Ausbiss sich anzeigenende Tithonkalk sei völlig ver-

schüttet. Nun aber stechen, wie schon SCHMIDT (Lit. 16, Geognostisch-montanistische Karte von Vorarlberg) bekannt war, aus dem Steilgehänge über den vorgenannten Schiefern grünliche Sericitquarzite und -gneise hervor (9 der Fig. 5) und täuschen ein Vorgreifen der Silvrettagesteine weit ost- resp. talwärts vor. Abgesehen von der abweichenden Schichtorientierung dieser kristallinen Gesteine weist aber auch ein Profil quer durch das Tal des Gargellenbaches darauf hin, dass es sich hier um eine Störung handelt: die kristallinen Gesteine unterbrechen die normale streichende Fortsetzung des Tithonkalkes (Profilskizze in Fig 2). Ob es sich nun um eine tektonische Störung mit Bruch oder um Verschuppung handelt, kann bei der Kärglichkeit der möglichen Beobachtungen nicht gesagt werden. Wahrscheinlich existieren solche Komplikationen hier nicht, denn die weiter südlich einsetzende Kalkwand, die das sog. Schwefeltobel südlich flankiert, sowie der Aptychenkalk über der Gargellenalp lassen sich mit einem regelmässigen Verlaufe der Fensterumrandung vereinigen. Es muss das Kristallin des Holzegg vielmehr als eine grössere, in Moräne eingebettete Sturzmasse oder eine grösserer Teil des Berges als eine abgeglittene Sackungsmasse des Kristallins betrachtet werden, für welch letztere Bildung die tektonischen Verhältnisse ja förderlich waren.

Die weitere südliche Fortsetzung des Fensterrandes in den Sulzfluhsschichten ist bald durch zusammenhängende, in der Richtung der Schichtneigung sich hinziehende Kalkwände (Schwefeltobel), bald durch vereinzelte grosse Felsenriffe (Kalkofentobel und oberes Schnapfentobel) oder durch kleinere Felszacken angezeigt. Schichtung ist allerdings nirgends zu erkennen. Aus der Höhenlage der Schwefeltobel- und Kalkofentobelkalke scheint sich ein sich allmählich änderndes Streichen der Kalkplatte zu ergeben. Dieses dreht sich von dem wahrscheinlich über Holzegg hinweg noch geltenden NW-Streichen in ein solches gegen NNW; zwischen Schwefel- und Kalkofentobel schwenkt es sodann in N11E-Richtung mit ca. 11° E-Fall ab. Eine solche mehr meridionale Streichrichtung dürfte bis an das S-Ende des Fensters von Geltung bleiben. Obwohl die Streichrichtung nicht zu bestimmen ist, scheint mir solches durch das Ausstreichen angedeutet zu sein.

In der Deutung der Aufschlüsse des *Schnapfentobel* (gegenüber der Valzifenzeralp) kommt diese Auffassung insofern zum Ausdruck, als der tiefer gelegene Kalkkomplex als in „dip slope“-Lage befindlich gedacht wird (Prof. II). Über den tiefer gelegenen, nur in der Runse anstehenden Sulzfluh-

kalk schaut nach kurzem Unterbruch eine höhergelegene Kalkmauer hinweg, welche, obwohl ein und derselbe Kalk vorliegt, mit der unteren nicht mehr in ungestörtem Zusammenhange sein dürfte. Ein durchgehendes Tithonprofil, wie dies ROTHPLETZ in seiner Skizze andeutet (Unter-Stafel der Valzifenzeralp Lit. 14, Fig. 36), ist nicht vorhanden; es ergäbe dies auch eine viel zu grosse Kalkmächtigkeit gerade in einer Zone, wo eher eine Reduktion wahrscheinlich ist; befinden wir uns ja hier nur ca. 1400 m östlich des Sulzfluhkalkes der „Bänder“ im Gafientale, wo der 300 m mächtige Sulzfluhkalk der Rätschenfluh sich auf 15 m ausgedünnt hat. Die höheren Kalkköpfe sind vielmehr durch einen Bruch von dem tieferen Kalk geschieden. Eine die obere Kalkwand nordöstlich begleitende Runse entspricht dessen Verlauf. Schiefergrus und kleine Ausbisse eines schwarzen mergeligen Kalkschiefers mit einzelnen kieseligen Kalkblöcken, mit welchen das Tithon lokal auch „verknetet“ zu sein scheint, kennzeichnen die Störungslinie, deren Vorhandensein übrigens auch durch eine glatte Harnischfläche am Kalk bekräftigt wird. Zur Entscheidung, ob diese Störungen des Schnapfentobels einer lokalen Bruchbildung entsprechen oder die Anzeichen einer grössere Ausdehnung annehmenden Schuppung sind, dafür fehlt der Einblick in die Struktur der tieferen Bergesmasse.

Der angeführten Abdachung des Sulzfluhkalkes entspricht die Anordnung der letzten Ausbisse der Fenstergesteine (Prof. I und II). Der südlichste Punkt, an dem diese der Beobachtung zugänglich sind, ist gekennzeichnet durch einen Versickerungstrichter (Sulzfluhkalk!), der sich innerhalb des Blockwerkes, das vom Gandabach durchflossen wird, gebildet hat. In diesem Trichter verschwindet der Bach, um dann ca. 150 m weiter nördlich zutage zu kommen.

Wenden wir von hier den Blick südwestwärts, so trifft er den Felskoloss der *Madrisa*. Eine auffallende Felsnische kerbt diese NE-Front des Berges und greift nach oben bis über 2500 m unter den vorausgeschobenen Valzifenzeralp Gipfel des Berges. Diese Felsnische ist das Abbruchgebiet des *Bergsturzes*, der die vorhin erwähnten Blockmassen geliefert hat. Diese ziehen sich als mehrere hundert Meter langer Strom ins Valzifental hinab und verdecken dort das S-Ende des Fensters. In ihrem oberen Teile haben sie den zwischen blockreichen Lawinenmoränen des Gandatälchens liegenden Gandasee abgedämmt und sind noch ein kleines Stück das nördliche Moränengehänge hinaufgebrandet. Das Alter des Sturzes ist postdiluvial; seine Oberfläche gleicht einer Blockhalde

wie aus rezentem groben Sturzschutt. Rechtsseitig des Gandabaches zeigen kleine Rutschungen, dass typisches Moränenmaterial an den Bergsturz anstösst und denselben auch unterlagert. Die Oberfläche des Gandabergsturzes beschlägt um die 20 ha; sein Inhalt mag auf ca. 600000 m³ veranschlagt werden.

Nach diesem Exkurs auf die morphologischen Verhältnisse zunächst der Fensterumrandung nehmen wir nunmehr die Verfolgung des Fensters in der Richtung nach N auf und schreiten von seinem mittleren Teile aus vor.

Die erwähnte regelmässige Abdachung der Sulzfluhkalkplatte erleidet schon nächst dem zentralen Fensterabschnitt eine leichte Veränderung. Im Austritt der *Rongbachschlucht*, dem einzigen Punkte, wo die Sulzfluh-Überschiebung gut aufgeschlossen ist (Fig. 1), fällt die Basis des Kalkes und mit ihr wohl auch die klüftige und ungeschichtete Masse der weissen Kalkwände mit 20—25° bergeinwärts (NW) ein. Diese Basis liegt in ca. 1483 m Meereshöhe; der obere Saum des Sulzfluhkalkes unter den Häusern des Rongmaisäss findet sich in ca. 1570 m Meereshöhe in einem Horizontalabstand von ungefähr 320 m; die Höhendifferenz kann nicht der Mächtigkeit des Kalkes entsprechen; der grosse Betrag dieser scheinbaren Mächtigkeit hat ihre Ursache in einer flachwelligen Verbiegung des Kalkes (Prof. VIII).

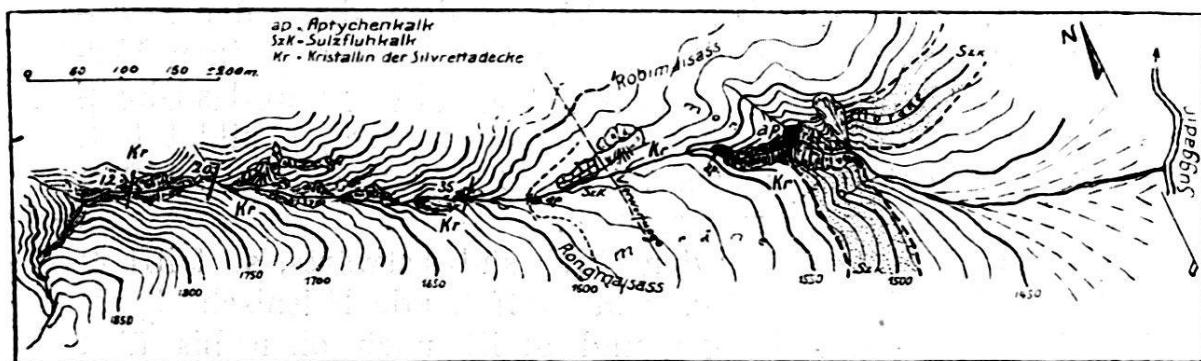


Fig. 6. Skizze des Rötibaches.

Noch erheblichere Störungen der sonst so regelmässig liegenden Kalkplatte zeigt die nördlich folgende *Rötbachschlucht*. Das Profil, das man in dieser nur teilweise gangbaren Schlucht beim Aufstieg zum Kristallinen durchgeht, ist in der Kartenskizze von Fig. 6 zusammengestellt. Das Auffälligste daran ist, dass kristalline Schiefer, die über stark geschiefertem, wenig mächtigem Aptychenkalk liegen, ihrerseits

wieder von Aptychenkalk überlagert werden und dann, nach Moränenunterbruch, unvermittelt an einem höheren Sulzfluh-kalkkomplex abstossen. Dieser muss, wie aus seiner höheren Lage und seinem Verhalten zum Kristallinen hervorgeht, von der tieferen Hauptmasse durch einen Bruch geschieden sein. Die kristallinen Schiefer der unteren Röbischlucht zeigen eine gewisse Ähnlichkeit mit kristallinen Schiefern, die als Casannaschiefer zusammengefasst werden: verruschelte grünliche Sericitgneise und Quarzitschiefer. Man könnte vermuten, dieses Kristallin mache einen Teil der unterostalpinen Deckenserie aus und repräsentieren zusammen mit den Aptychenkalken die Aroser Schuppenzone. Da aber das ganze Fenstergebiet in den obersten Deckengliedern nirgends eine kristalline Beigabe aufweist und zudem das benachbarte Silvrettakristallin des oberen Röbibaches eine gleiche Ausbildung aufweist, wird man kaum fehlgehen, diese Lagerungsverhältnisse als eine Verschuppung der Silvrettabasis mit liegenden Formationen zu deuten, welcher dann der steife Sulzfluhkalk durch Bruchbildung sich anpasste (Prof. IX).

Die weiter nördlich gelegenen Seitentäler geben nicht mehr viel Aufschluss über Bauweise und Ausdehnung des Hauptfensters. Das hohe Vorkommen des Sulzfluhkalkes im *Äusseren Röbitobel* (von ca. 1485—1525 m) und die steilere Schichtlage deuten vielleicht bruchartige Störungen oder Verbiegungen an.

Bezeichnend für die starke diluviale Überschüttung des Fensters ist es, dass eines der grössten und tiefst eingeschnittenen Seitentäler, das *Sarotlatal*, nicht den kleinsten Rest des Sulzfluhkalkes mehr zur Oberfläche kommen lässt. Auf die Anwesenheit von Fenstergesteinen bei Sarotlen kann aber indirekt geschlossen werden. Die grossen Stromquellen, welche in Sarotlen und bei der St. Fideliskapelle zum Vorschein kommen, sind offenbar Kluftquellen des Sulzfluhkalkes, dem sie hier entströmen, die dicke Moränenlage durchbrechend. Wie weit über diese letzte Kalkindikation die nördliche Fenster-„spitze“ noch reicht, ist nicht genau festzustellen; das Vorkommen steilgestellter Sericitschiefer und -gneise in der Tiefe des Tales (beim sog. Platinastutz) liegt noch ca. 700 m nördlich Sarotlen.

Über das Verhalten der übrigen Formationen wäre etwa das Folgende zu sagen: Der hangende *Aptychenkalk* gibt kein anschauliches Bild der allgemeinen Tektonik. Er ist leicht wellig gefaltet und die in einem kleinen Aufschluss beobachtete Orientierung hat keine Geltung für die weitere Umgebung.

Die Formationen des *Fensterinnern* sind der Beobachtung und daher der Klarlegung ihrer Bauweise nicht mehr zugänglich, obwohl ihr abgedeckt gedachter Ausstrich bedeutend mehr als $\frac{1}{3}$ der gesamten Oberfläche des Hauptfensters ausmacht. Der Wildflyschaufschlüsse sowie der Granitschollen an der Basis des Sulzfluhkalkes (Rongbach und Kalkofentobel) wurde schon im stratigraphischen Teile gedacht. Der ganze Komplex der Wildflyschgesteine ist wirr gefaltet.

Ob die tieferen Schichtglieder der Falknisdecke, welche infolge ihres abweichenden Gesteinscharakters gegenüber dem Wildflysch sich offenbar auch tektonisch abweichend verhalten haben, in der Tiefe des Gargellenfensters noch zum Vorschein kommen, ist unsicher. Doch erscheint das wohl möglich, da das Fenster in seinem zentralen Teil 150—160 m unter den Sulzfluhkalk hinabgreift und die Mächtigkeit des Wildflysch auf der Ausstrichseite der Decken bei St. Antönien, von 6—100 m schwankt (nach HÄFNER). Dieser Möglichkeit tragen die Profile der Figur 2 Rechnung. Auch ist in den Profilen berücksichtigt worden, dass ein kleiner Ausstrich penninischer Schichtglieder möglich ist, da zufolge HÄFNER nördlich der Gempifluh die Falknisdecke aussetzt und die nach ihm in Kreidefacies entwickelten Bündnerschiefer als sog. Gempiserie direkt an die Sulzfluhkalke herantreten.

Wir haben nunmehr das Hauptfenster von seinem S- bis zu seinem N-Ende durchgangen und haben erkannt, dass auf eine *Länge von 5,8 km und eine maximale Breite* — wir berücksichtigen allein seine Hauptgestalt ohne die Anhängsel — *von ca. 1 km unter der kristallinen Silvrettamasse die tieferen tektonischen Einheiten zum Vorschein kommen; ihre einzelnen Glieder verraten einen Bauplan, der ihrer Deckennatur entspricht*, wobei jeweilen ein der lithologischen Beschaffenheit der einzelnen Stufen angepasstes tektonisches Verhalten unverkennbar ist. Die Längsdimension bleibt hinter den von MYLIUS, KOBER, ALB. HEIM angegebenen Beträgen etwas zurück.

Während der nördliche Teil des Hauptfensters N30E orientiert ist, schwenkt die südliche Hälfte mit S10W in die meridionale Richtung um. Das oberflächliche Areal des von seiner diluvialen Bedeckung entblößt gedachten Fensters (s. Fig. 4) stellt sich in der Kartenprojektion auf 4,52 km², wobei die weit westwärts vorspringende Bucht des Gargellenalptales, deren Zusammenhang an der Oberfläche nicht aufgeschlossen ist, mit einbezogen ist.

3. Die Fenster des St. Antönier Joches.

Vom zentralen Teile des Hauptfensters ziehen Sulzfluh- und Aptychenkalk westwärts, das Gargellenalptal einwärts, um aber nördlich der Hütten dieser Alp unter Moräne und Moränenschutt zu verschwinden. So kann man in Zweifel bleiben, ob das weiter talaufwärts in ca. 1930 m, das Tal querende helle Felsband von Sulzfluhkalk mit dem Hauptfenster in ununterbrochenem Zusammenhange sich befindet oder aber einer neuerlichen Öffnung in der kristallinen Decke mit ev. Auffaltung des Liegenden entspricht. Die Profilzeichnung (Prof. V) gibt den Fall eines kontinuierlichen Zusammenhangs. Diese Auffassung ist begründet in dem Verhältnis der gegenseitigen Höhenlagen und der allgemeinen Neigung der Sulzfluhkalkplatte, sowie in dem Vorkommen von Aptychenkalk 80—90 m über der Gargellenalp, was diesen mit den erwähnten, weiter talaufwärts gelegenen Fenstergesteinen ungezwungen in Verbindung bringen lässt.

Neben dem Hauptstreifen von Sulzfluhkalk treffen wir in dem von Moränen erfüllten sog. Kessi noch zwei weitere kleinere Fenstergesteinsausbisse: einen solchen von Aptychenkalk und Radiolarit und einen solchen von Sulzfluhkalk. Nächst den Ausbissen dürften kleine Brüche verlaufen, worauf der scharfe Saum, mit welchem die Gesteine absetzen, hinweist.

Der untere Kalkzug der Fensterbucht des „Kessi“ war schon SCHMIDT aufgefallen; von ROTHPLETZ und MYLIUS wurde er als sekundäres Fenster interpretiert, also nicht, wie von uns, als eine westwärts vorgreifende Bucht des Hauptfensters; das Aptychenkalkvorkommen scheint aber den beiden ebengenannten Forschern entgangen zu sein, es sei denn, dass ROTHPLETZ in ihm sein verkehrt gelagertes unteres Tithon sah. SEIDLITZ, der dem „Fenster des Kessi“ (Gargellen-Rinderalp, Lit. 17, S. 94) ebenfalls Beachtung schenkte, vernachlässigte das unten zu erwähnende, höher gelegene, viel bedeutendere und tektonisch interessantere Fenster. MYLIUS seinerseits übersah im „Kessi“ die sedimentären Hangendschichten über dem Tithon, führt dagegen hier eine Quetschzone an (Streifenschiefer, roten Radiolarit, grünliche Mergelschiefer, grauen Juraschiefer).

Interessanter und bedeutender ist das St. Antönierjochfenster, dessen sichtbare Begrenzung von Moräne und Hornblendegneisen gebildet wird. Es ist in Fig. 7 schematisch dargestellt. Ungefähr 200 m östlich der Gratspitze von Punkt 2436 m tritt ein kleiner Kamm, mehr nur eine Stufung, aus

dem Berggehänge hervor, hinter sich eine blockerfüllte Mulde erzeugend. Auf der südlichen Steilseite dieses Grätschens erkennt man alsbald die wellig gefalteten Aptychenkalke („graubrauner Kalkschiefer“, SCHMIDT, Lit. 16, 1843).

Über die diesen Fensterschichten zugrundeliegenden tektonischen Hauptzüge gibt das E-Ende einen klaren Einblick. Hier steht der Beobachter, von E her auf das Steilgehänge blickend, wie vor einer aufgeschlagenen Profiltafel; ein in seinen Hauptzügen schön übersichtliches Kalkschiefergewölbe

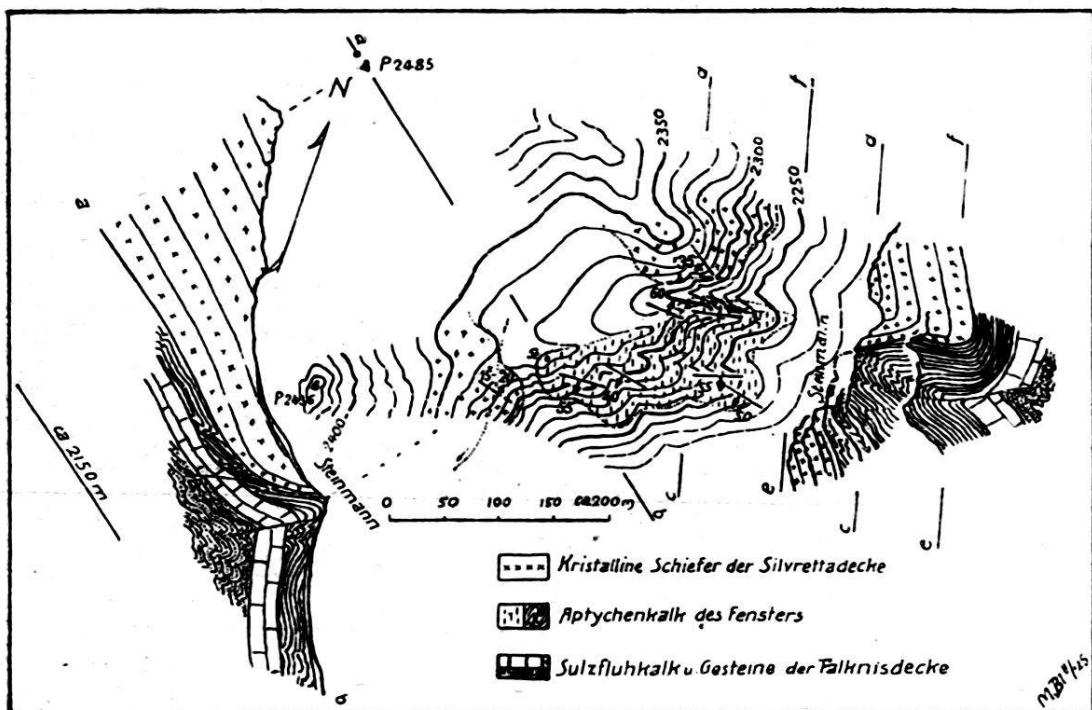


Fig. 7. Lageplanskizze und Profile des Fensters am St. Antönierjoch.

steht vor ihm (Prof. c—d und e—f, Fig. 7); die Schenkel sind steil, teils senkrecht, der nördliche sogar etwas überliegend; in der Bergnische zwischen den beiden Steilschenkeln hinaufsteigend, durchklettert man die gefalteten Scheitelschichten. Der westliche Teil des Fensters zeigt an das Gewölbe sich anschliessende unregelmässige Faltung; am NE-Rand dagegen ist festzustellen, dass das Kristallin an der Gewölbebildung sich ebenfalls beteiligt (Prof. c—d); bis zur Unkenntlichkeit geschieferete und gepresste, eisenhydroxydische Schiefer (Hornblendegneis und Sericitschiefer) bilden den Rahmen der nördlichen Steilschenkel; jenseits einer kleinen Rinne nur ca. 60 m vom Steilschenkel entfernt, zeigen die Silvrettagesteine wieder das normale SW-Fallen, welches der im ganzen Grenzkamm vorherrschenden Schichtlage in der kristallinen Masse entspricht. Das so unvermittelt aufgestaute, fensterförmig durch-

brechende Jurakalkgewölbchen hat also nur die untersten Silvrettagesteine mit in seine Bewegung einbezogen.

An der eben beschriebenen Aptychenkalkfalte beteiligen sich, soweit aufgeschlossen, keine anderen Sedimente; die Mächtigkeit der Kalkschiefer selbst dürfte vielleicht auf das Doppelte seiner gewöhnlichen Mächtigkeit zusammengestaut sein; der Sulzfluhkalk kommt nicht mehr zur Entblössung; der starken Auffaltung wird er wohl mit Bruchbildung nachgegeben haben.

Auf einen kleinen Appendix zum „Gewölbefenster“ stösst man ca. 250 m südwestlich von demselben; wahrscheinlich sind beide, obwohl die Streichrichtung nicht direkt aufeinander weist, miteinander zusammenhängend und bilden als Ganzes eine Zone starker Verfaltung und Verknetung zwischen kristalliner Basis und darunterliegenden Sedimenten. Kleinere Ausbisse bei dem kleinen Moränensee östlich unter dem St. Antönier Joch zeigen einen rötlichen dichten Kalk und normalen Aptychenkalk in innigem mechanischem Kontakt mit einem hellgrünen, sericitisch-quarzitischen Gestein; dieses letztere erweist sich u. d. M. als ein mylonitisches Silvrettagestein; eine ursprünglich feldspatreiche Grundmasse ist komplett umgewandelt in ein getüpfeltes Gewebe von Umwandlungsmineralien; Calcit ist reichlich beigemengt.

Wie es sich mit der nächsten streichenden Fortsetzung des St. Antönier Joch-Fensters verhält, ist nicht direkt feststellbar, da Moräne und die wieder zu grosser Dicke anwachsenden und unbeeinflussten Silvrettagesteine sich als verhüllende Decke darüber legen. Die Streichrichtung des „Gewölbefensters“, insbesondere seine Steilschenkelschichten, weisen nicht direkt nach der Fensterbucht des „Kessi“. Ein unmittelbarer Zusammenhang scheint nicht zu bestehen. So rasch und heftig das kleine Aptychenkalkgewölbe hervorsticht, ebenso rasch scheint es auch wieder in seiner Axe einzusinken, worauf übrigens auch die Einschaltung kristalliner Gesteine zwischen dem „Gewölbefenster“ und dem „Kessi“ hinweist; die zwar undeutlich erkennbare Schichtung dieser Gesteine scheint von dem Gewölbebau der Fensterschichten noch etwas beeinflusst zu sein.

In welchen tektonischen Beziehungen die Fensterformationen zur kristallinen Decke sowie zur Zone des Deckenausstriches stehen, soll im folgenden noch erörtert werden.

Andere blossgelegte Fenster hat die Begehung der Gehänge nicht mehr feststellen können. Nicht unwahrscheinlich ist es, dass ein solches im benachbarten Rongtale unter der ansehnlichen Moränenbedeckung dieses Tälchens verborgen

liegt. Der Aptychenkalk greift in diesem Seitentale, begleitet von quarzitischem Kristallin bis ca. 1715 m talaufwärts; untergeordnete Verzahnung oder Verfaltung mit dem Kristallin ist hier sehr wohl möglich; die wechselnde Orientierung im Kristallin sowie die Nähe der Schuppung der Röbibachschlucht können in diesem Sinne sprechen.

4. Beziehungen zu den unterostalpinen Decken im südöstlichen Rätikon.

Der N-S verlaufende Grenzkamm zwischen Graubünden und Vorarlberg bringt auf der Schweizer Seite die aus den letzten Jahren her bekannten tektonischen Einheiten als eine Stufenfolge von übereinandergelagerten Decken (Deckentreppen) zum Ausstrich. Durch die eingehende Bearbeitung dieser Bergkette zwischen St. Antönien und Klosters durch HÄFNER sind uns deren Details in neuem Lichte bekannt geworden (Lit. 6). Von einem in seiner Haupterstreckung vom westlichen Überschiebungsrande der Silvrettamasse nur 3 km entfernten Fenster wird folgerichtig eine tektonische Gliederung zu erwarten und durchführbar sein, wie sie im Deckenausstrich zutage kommt. Hier die Korrelation der Gebiete beiderseits der Landesgrenze:

	Südöstlich Rätikon. (nach Häfner)	Gargellen-Fenster
	<i>1. Falknisdecke.</i>	
stratigr. vertreten durch:	Sedimente vom Jura (Malm) bis Ob. Kreide (Wildflysch)	obercretac. Wildflysch mit couches rouges u. Kieselkalkblöcken.
tektonisch charakterisiert durch:	Schuppen und Detailfalten z. T. von grosser Komplikation	wirre Faltung.
Deckenmächtigkeit:	ca. 200 m	unbestimmt; bis auf Fenstergrund maximal mit ca. 150 m vertreten.
	<i>2. Sulzfluhdecke.</i>	
stratigr. vertreten durch:	spärliche Verrucanoschollen, Sulzfluhkalk (Tithon) und couches rouges; Granitschollen an der Basis des Sulzfluhkalkes	Sulzfluhkalk mit Granitschollen an der Basis; andere Schichtglieder fraglich.

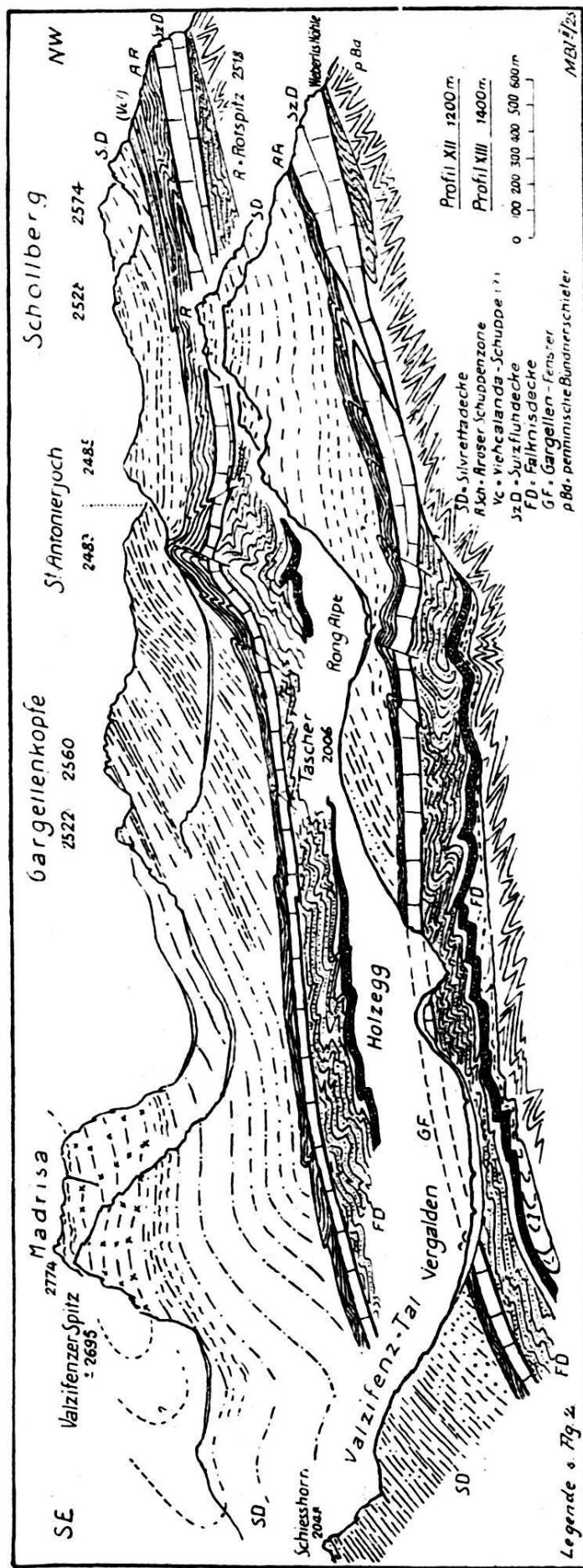


Fig. 8. Sammelprofil zwischen Deckenfenster und Deckenausstrich : Vergalden-Schollberg.

tektonisch charakterisiert durch: an- und abschwellende Kalkplatte, gelegentlich von Brüchen durchsetzt und durch couches rouges geschuppt (n. SEIDLITZ am Schollberg).

Deckenmächtigkeit: max. bis über 300 m (Rätschenhorn) sich reduzierend bis auf 20 m durchschnittlich 50–60 m, geringe Schwankungen erkennbar.

3. Aroser Schuppenzone.

stratigr. vertreten durch: Carbon, Perm, Trias, Lias, Streifenschiefer, Aptychenkalk u. Radiolarit, Mandelschiefer, basische Eruptiva und verschiedene mesozoische Sandsteine, Schiefer und Kalke verschieden Alters durchwegs nur Aptychenkalk mit lokal Radiolarit; stark schiefrig ausgebildet und lokal mit Beimengung grobklastischen Materials; Anzeichen von Dolomit; Verrucano, Ophicalcit und Streifenschiefer fraglich

tektonisch charakterisiert durch: starke Schuppung und Zerknitterung, Ausbildung lokaler verkehrter Schichtfolgen wellige Faltung; gelegentlich in Schuppen oder regelmässiger gebaute Falten gelegt

Deckenmächtigkeit: max. 150 m maximal auf ca. 50 m an- schwellend, durchschnittlich 20–30 m

4. Zwischenschuppe zwischen dem Hauptteil der Aroser Schuppenzone und Sulzfluhdecke, HÄFNER: Viehcalandaschuppe.

Dolomit der Trias, Schiefer und Kieselkalk des Neocom, Granit und andere fragl. Schichtglieder.

Zwischenschuppen nicht bekannt; SEIDLITZ' Schichtglieder der „Mittags spitzenmulde“ am Schollberg könnten eventuell als solche aufgefasst werden und so sich eine Strecke auf Gargeller Gebiet fortsetzen

5. Tschirpenschuppe längs dem südl. Deckenausstrich zwischen Klosters und Monbiel (vergl. 1)

stratigr. vertreten durch: mächtige Casannaschiefer mit Pegmatit- u. Aplitgängen, Aptychenkalk, Radiolarit und Hauptdolomit keine Anzeichen für das Vorhandensein höherer Schuppen vorhanden.

tektonisch charak- Schuppe mit verkehrter
terisiert durch: Schichtfolge

Deckenmächtig- schwankend, wenige Me-
keit: ter und bis zu 300 m
anwachsend

Aus dieser Gegenüberstellung mögen zwei Tatsachen noch hervorgehoben sein: 1. das *Verhalten der Aroser Schuppenzone* und 2. die *Analogie der Bruchbildung im Sulzfluhkalk* und die *Beziehungen dieser Brüche zueinander*.

Gegenüber den umliegenden Gebieten fällt im Gargellenfenster die schmächtige Entwicklung der Aroser Schuppenzone auf, die hier ohne Rücksicht auf ihre tektonische Aufteilung in penninische und unterostalpine Elemente (durch R. STAUB) als Einheit gehandhabt wird. Wohl mögen, wie im stratigraphischen Teil schon betont ist, kleinste Aufschlüsse nicht gefunden oder auch nicht erkannt worden oder einzelne ansehnliche Schichtglieder dieser Zone unter der ausgedehnten Moränenbedeckung verborgen geblieben sein; da aber die Verhältnisse im ganzen Fenstergebiet die gleichen sind, so darf vorausgesetzt werden, dass dieser einfache Bau und die grosse Spärlichkeit der vertretenen Schichtglieder in Tat und Wahrheit einer einfach gebauten und reduzierten Aroser Schuppenzone entspricht.

Damit steht auch der recht einfache Bau, den HÄFNER für die Aroser Zone zwischen dem Hintergrund des Gafiertales und der Gempifluh beschreibt, in Einklang. Von N nach S fortschreitend lassen sich auf der so viel besser aufgeschlossenen Schweizer Seite drei Zonen verschiedenen tektonischen Verhaltens auseinanderhalten (Lit. 6, S. 26): auf ein in seiner Mächtigkeit schwankendes Ptychenkalkband folgt vom Gafier Seelein südwärts eine zweite Zone mit verkehrter Schichtlage und zunehmender Beteiligung von Schichtgliedern, worauf sich eine dritte Zone mit intensiver Verschuppung und steigender Regellosigkeit anschliesst. In Analogie zu regionalen Zusammenhängen in Mittelbünden darf wohl gefolgert werden, dass im östlichen Rätikon die unterostalpinen Bauelemente ein E-W oder ENE-WSW (penninisches) Streichen einhalten, dass also tektonisch gleichartig ausgebildete Zonen sich auch an dieses Streichen halten. Wendet man dies auf obige Beobachtungen im Deckenausstrich an, so zeigt sich, dass das Gargellenfenster in die östliche Fortsetzung einer Strecke zwischen Gafiersee und Gempifluh zu liegen kommt, also in jene Zone mit einfacherem Bau und starker Mächtigkeitsreduktion. Die Zone

starker Verschuppung läge südlich unter der Madrisa und wäre zugleich die östliche Fortsetzung der E-W streichenden Deckenantiklinale.

Eine weitere tektonische Erscheinung, welche zwischen Fenster und Deckenausstrich Beziehungen schafft, die freilich zufolge der verhüllenden kristallinen Decke nicht restlos aufzuklären sind, bilden die *Brüche*, die sich in der steifen Sulzfluhplatte ausgelöst haben, in den entfernteren Hangend- und Liegendschichten aber auszugehen scheinen.

Die weithin sichtbaren Gempifluhbrüche sind allgemein bekannt und wurden schon vor Jahren durch TARNUZZER (1891 und 1899) und ROTHPLETZ (1900) mehr oder weniger zutreffend beschrieben; sie haben letzthin durch HÄFNER eine klare und endgültige Schilderung erhalten (Lit. 6, S. 25); sie sind zur Wahrung des Zusammenhangs auf der begleitenden Karte des Gargellenfensters in halbschematischer Weise angegeben. Als Ganzes besehen umgrenzen die Gempifluhbrüche eine abgesunkene Scholle. Dass in dieser Scholle widersinniges Fallen vorkommt, darf nicht verwundern; ihm allein kommt zur Stütze einer antikinalen Auffaltung wenig Beweiskraft zu. Die Streichrichtung der Brüche konvergiert in auffälliger Weise nach dem Aptychenkalkfenster des St. Antönier Joches; ein tektonischer Zusammenhang zwischen beiden ist unverkennbar. HÄFNER, der auch schon die Lagebeziehung zwischen der St. Antönierseite und dem Jochfenster eingehender erörtert und dabei die zu hohe Lage des Fensterchens gegenüber dem feststellbaren, ostwärts gerichteten Deckengefälle betont (Lit. 6, S. 31), glaubt, dass Bruch- und Fensterbildung einer das ganze unterostalpine Deckensystem einbeziehenden Auffaltung angehört; die Kalkplatte brach in Stücke, die übrigen Formationen wölbten sich zu Falten oder erlitten leichtere Verbiegungen (Basis der Falknisdecke im Hintergrund des Gafiertales). Für eine solche Falte eruiert HÄFNER ein Faltenstreichen von N 36° E; er nennt sie *Gafier-Anticlinale*.

Prüft man diese Auffassung mit den Befunden am St. Antönier Joch, so ist ihr entgegenzuhalten, dass die Streichrichtung des Aptychenkalkgewölbes, also der wesentlichste Teil des Jochfensters in die Streichrichtung der Gafier-Anticlinale nicht gut sich einfügt. Wohl aber tut dies die Lage der Fenstergesteine als Ganzes. Das Aptychenkalkgewölbe weist für sich stark gegen W (W 15° S); seine westliche Verlängerung trifft ohne starke Verbiegung dieser Richtung auf den nördlichsten der Gempifluhbrüche, welch letzterer bei solchem Zusammenhange als die nur noch im Kalk vorhandene bruch-

förmige Auslösung der weiter ostwärts im Kalkschiefer aufgestauten Falte zu beurteilen wäre.

Fasst man hingegen die Fenstergesteine des St. Antönier Joches als eine ganze *Zone* zusammen, also sich weniger an die Streichrichtung der ohnehin stark gequälten und unregelmässig gestauten Kalkschiefer haltend, dann ist eine WSW orientierte Erstreckung der Fensterbildungen nicht zu übersehen. Dieser Richtung fügt sich auch die Anordnung der Bruchbildungen: im SSW die Gempifluhbrüche und innerhalb der Silvrettadecke die kleinen Störungen im „Kessi“ und auffälligerweise am Rande des Hauptfensters auch jene des Röbibaches. Eine WSW (*ca. W25—30°S*) gerichtete *Zone sekundärer Störungen, teils Auffaltungen, teils Bruchbildungen, scheint somit die gegenseitigen Beziehungen der übereinanderliegenden Decken zu kennzeichnen*. Diese Richtung deckt sich mit der eher auffälligen Streichrichtung, welche HÄFNER für die Gafier-Anticlinale ermittelte, nicht vollkommen; fügt man nämlich beide aneinander, so resultiert daraus ein starkes Abbiegen ausserhalb der heutigen Silvrettaüberlagerung. Manches spricht dafür, dass die ganze Erscheinung der Gafier-Anticlinale nicht als eine scharf bestimmte anticlinale Auffaltung mit genau zu bestimmender Scheitellinie aufzufassen ist, sondern vielmehr als eine *breitere Zone, innerhalb welcher Raum bleibt für kurze enge Faltungen von variabler Streichrichtung*, so dass die ganze Zone sich doch mehr oder weniger an ein *penninisches Streichen* hält.

Ob die Bruchschar der Gempifluh sich ununterbrochen bis zum Hauptfenster fortsetzt, kann nicht kontrolliert werden. Zu beachten bleibt, dass, wie oben schon erwähnt, die Störungen im Röbitobel in einer ENE-Verlängerung jenes Bruchkomplexes fällt, obwohl die Orientierung des kleinen Bruches nicht in die Richtung nach dem St. Antönier Joch weist. Zahlreiche andere Störungen mögen noch unter der kristallinen Decke, insbesonders die Kalkplatte betreffend, liegen. Die Einzelbeobachtungen von SEIDLITZ und HÄFNER in den blossgelegten Decken geben einen guten Einblick in diesen tektonischen Charakter.

5. Beziehungen zum kristallinen Deckgebirge.

Als ein mächtiges Deckgebirge überlagert die Silvretta-decke das in der Taltiefe hervorguckende Sediment. Die deckenförmige Überlagerung ist hier so sinnfällig ausgeprägt, dass

kein neuerer Forscher, der das Gelände aus eigener Anschauung kannte, das Vorhandensein von Deckenbau in Abrede stellen konnte. Anschliessend an die Aufnahmen im Gargellenfenster suchte ich mir durch ausgedehnte Begehungen ein Bild vom Bau dieses kristallinen Gebirges zu verschaffen, dabei diese auf die ganze Gebirgsgruppe zwischen oberem Montafun und oberstem Prätigau ausdehnend. Gegebenenfalls soll darüber an anderer Stelle (Lit. 2) Mitteilung gemacht werden.

Die heutige Überlagerung über dem Gargellenfenster ist infolge der von der kristallinen Schichtlage abhängigen Talbildung und insbesonders des Verlaufes der Überschiebungsfäche auf E- und W-Seite verschieden gross. Im Steilabsturz der Ritzenspitzen überlagern nicht weniger als 1400 m Silvrettagestein die Fenstersedimente; im W, in der Schmalzberg-Valiserakette stellt sich die Auflagerung der Silvrettagesteine bis zu den höchsten in dieser Gebirgsgruppe überhaupt vorhandenen Granatglimmerschiefern auf gut 2000 m; im E geht die Überlagerungsmächtigkeit von 200 m in den Vорbergen auf 5—600 m im Grenzkamm. Die Schichtlage der kristallinen Gesteine (vorwiegend Amphibolite und Hornblendegneise) steht zu jener der unterliegenden Sedimente in ausgesprochener Diskordanz. Der Saum der Überschiebung, also der Fenstersaum, ist, im Gegensatz zu der schön verfolgbaren Linienführung im Deckenausstrich auf der Schweizer Seite, nicht verfolgbar; er bleibt meist unter Schutt und Vegetation verborgen. Einige wenige Ausnahmen (Juliusruh, S-Seite Täscher, Aptychenkalkgewölbe) zeigen, dass Sericitgneise und quarzitische Gesteine unmittelbar dem Aptychenkalk aufliegen, an diesen wenigen Punkten also keine aus den darunterliegenden Sedimenten herzuleitende Mylonitzone, tektonische Rauhwacke oder dergleichen sich zwischenschaltet. Die mechanische Einwirkung auf das liegende Sediment ist nicht auf eine dynamometamorphe Umgestaltung desselben zurückzuführen, wie man dies erwarten könnte. Lochseitisierung, Verknetung mit Nachbargesteinen ist für den Aptychenkalk in beschränktem Masse wohl angetroffen worden; eine mässige Kristallinität des Kalkes ist natürlich unverkennbar, die ganze Umwandlung ist aber nicht so sehr bestimmend, wie man es bei der Überfahrung durch den mächtigen „trainéau écraseur“ voraussetzen sollte. Ursache dieses Verhaltens mag sein, dass im Aptychenkalk ein ausgesprochen schiefriges Gestein vorliegt, das längs tonigen Zwischenlagen der Bewegung nachgab, jene dabei sericitisch umwandelnd und den Kalk feinkörnig umkristallisierend; auch mag es durch überlagernde, schiefrige

und nunmehr weggeschürfte Sedimente vor starker Beeinflussung geschützt gewesen sein.

Über die Art und Weise, wie sich der Überschiebungssaum gegenüber dem liegenden Deckenkomplex verhält, geben einige wenige Beobachtungspunkte Aufschluss. Es scheint, wie dies auch im Deckenausstrich der Fall ist, gelegentlich zu Verschuppung gekommen zu sein; nicht überall liegt also ebenflächiger Überschiebungskontakt vor. Die Verschuppung am Röbibach, wie sie im Vorangehenden gedeutet wurde, ist ein Beispiel dafür. Welches die räumliche Lage solcher Schuppungen ist, ob ihnen longitudinale oder transversale Erstreckung zukommt, ist bei der Spärlichkeit der Beobachtung schwierig zu entscheiden.

Eine andere Art des Verbandes zwischen Kristallin und Deckensediment zeigt das Gewölbe des St. Antönier Joches. Hier stehen, wie schon oben beschrieben, Ptychenkalk und Kristallin unvermittelt zu einer aufrechten Falte auf; da das Kristallin mitbeteiligt ist, die *Überschiebungsfläche* also *lokal stark verbogen ist*, muss diese Aufstauung *nach* der Überlagerung durch das Silvrettakristallin stattgefunden haben. Aus dem Umstand, dass eine solche kristalline Faltung resp. Verbiegung in die Zone zu liegen kommt, die HÄFNER als Gafier-Anticlinale bezeichnet hat, ergibt sich, dass *die gesamte Aufwölbung dieser Zone und ihre Bruchbildungen eine Späterscheinung in der Überschiebungstelektone* bedeutet; sie entspricht einer Phase der Entwicklung der mittelostalpinen Decken in die Silvrettabedecke im Plessur- und Albulagebiet, wie sie durch die Bearbeiter des südlichen Mittelbünden (ARBENZ, EUGSTER, LEUPOLD, ZYNDEL u. a.) beschrieben ist. Es ist am St. Antönier Joch gewissermassen eine Entwicklung in embryonaler Anlage vorhanden. Die „Selbstverständlichkeit“, mit welcher HÄFNER glaubt die Auffaltung der Gafier-Anticlinale als eine Folge des Silvrettaschubes hinzustellen, scheint mir deshalb fraglich. Diese Bewegung ist viel eher als eine äusserste nördliche und letzte Nachzuckung „grisonider Stösse“ im Sinne R. STAUBS aufzufassen. Hierfür sprechen auch die Brüche, die das Unterostalpine wie auch das Kristalline durchsetzen, und dann wahrscheinlich in den mächtigeren höheren Teilen der kristallinen Überschiebungsmasse ausklingen.

Zitierte Literatur.

1. BLUMENTHAL, M. M., Der Bergsturz von Monbiel aus dem Jahre 1770 und die geologische Beschaffenheit seines Gehänges. Bündner Monatsblatt, Nr. 4, 1925.

2. BLUMENTHAL, M. M., Zur Tektonik des Westrandes der Silvretta zwischen oberstem Prättigau und oberem Montafun. Jahresber. d. naturf. Ges. Graubündens, Bd. LXIV, 1926.
3. CADISCH, J., Geologie der Weissfluhgruppe zwischen Klosters und Langwies. Beitr. z. geol. Karte d. Schweiz, Lfg. 49, 1921.
4. DIENER, C., Der Gebirgsbau der Westalpen, Wien 1891.
5. DOUGLAS, S., Petrefaktenführender Kalkstein aus dem Gargellental. Verhdl. d. geol. Reichsanst., Nr. 3, 1871.
6. HÄFNER, W., Geologie des südöstlichen Rätikon (zwischen Klosters und St. Antönien). Beitr. z. geol. Karte d. Schweiz, Lfg. 54, 1924.
7. HEIM, ALB., Geologie der Schweiz (Bd. II/2: Das Gargellenfenster, S. 785), 1922.
8. KOCH, G. A., Vorläufige geologische Mitteilungen aus der Ferwallgruppe. Verhandl. d. geol. Reichsanst., Nr. 8, 1876.
9. KOCH, G. A., Petrefakten vom Plateau der Sulzfluh. Verhandl. d. geol. Reichsanst., Nr. 16, 1876.
10. KOCH, G. A., Ein Beitrag zu den geologischen Aufnahmen im Rhätikon und der Silvrettagruppe. Verhandl. d. geol. Reichsanst., Nr. 12, 1877.
11. MOJSISOVICS, E. v., Aus den Vorarlbergischen Kalkalpen. Verhandl. d. geol. Reichsanst., Nr. 12, 1872.
12. MOJSISOVICS, E. v., Beiträge zur topischen Geologie der Alpen.
3. Der Rhätikon. Jahrb. d. k. k. geol. Reichsanst., Bd. XXIII, 1873.
13. MYLIUS, H., Geologische Forschungen an der Grenze von Ost- und Westalpen, II. Teil. München 1913.
14. ROTHPLETZ, A., Das Grenzgebiet zwischen Ost- und Westalpen und die rhätische Überschiebung. (Geol. Alpenforschungen I. Teil), München 1900.
15. ROTHPLETZ, A., Das Gebiet der zwei grossen rhätischen Überschiebungen zwischen Bodensee und Engadin. Sammlung geol. Führer durch d. Alpen. Berlin, 1902.
16. SCHMIDT, A. R., Vorarlberg, geognostisch beschrieben. Innsbruck, 1843.
17. SEIDLITZ, W. v., Geologische Untersuchungen im östlichen Rätikon. Bericht d. naturf. Ges. z. Freiburg i. Br. Bd. XVI, 1906.
18. SEIDLITZ, W. v., Rätikon. S.-A. aus dem Führer zu d. geol. Exkursionen in Graubünden und den Tauern. Leipzig 1913.
19. STAUB, R., Der Bau der Alpen. (Bau der Austriden in Bünden. S. 91). Beitr. z. geol. Karte d. Schweiz, Lfg. 52, 1924.
20. TARNUZZER, Chr., Der geologische Bau des Rhätikongebirges. Jahresber. d. naturf. Ges. Graubündens, Bd. XXXV, 1891.
21. TRÜMPY, D., Geologische Untersuchungen im westlichen Rätikon. Beitr. z. geol. Karte d. Schweiz, Liefg. 41, 1912.

Manuskript eingegangen am 17. März 1926.