

Geologische Beschreibung

der

Lepontinischen Alpen.

Erster Teil.

Die Grünschiefer

in

Jura und Trias des Simplongebietes

von

Dr. H. Preiswerk.

Separatabdruck von Lieferung XXVI, 1. Teil, der «Beiträge zur geol. Karte der Schweiz».

Bern

In Kommission bei A. Francke (vormals Schmid & Francke)

1907.

Buchdruckerei Stämpfli & Cie.

•

Vorwort

zu

Lieferung XXVI der Beiträge zur geologischen Karte der Schweiz

von **C. Schmidt.**

Vor 16 Jahren erhielt ich von der Geologischen Kommission den Auftrag, den unter den geologischen Beiträgen fehlenden Textband, Lieferung XXVI zu Blatt XXIII (Domodossola-Arona), zu redigieren. Es sollte eine übersichtliche Darstellung der geologischen Verhältnisse in der Monte Rosa-Gruppe gegeben werden, begleitet von einer geologischen Übersichtskarte im Massstab 1 : 250,000. Ich habe heute noch die Empfindung, als ob ich mit der Übernahme dieses Auftrages eine Erbschaft angetreten hätte, die würdig zu verwalten keine leichte Aufgabe ist. *Heinrich Gerlach* war im Jahre 1850 aus Westfalen ins Val d'Anniviers gekommen, um den dortigen Bergbau zu leiten. Zwanzig Jahre hat er in den „Penninischen Alpen“ gewaltige Forscherarbeit getan. Auf dem Felde der Arbeit hat ihn ein plötzlicher Tod erreicht. Im Bericht der Schweizerischen geologischen Kommission vom Jahre 1871 heisst es: „Unser lieber Freund Gerlach verreiste Donnerstag den 7. September vom Gletsch-Hôtel aus über Längi nach Oberwald. Gegen Mittag war er in Längi, speiste mit seinem Träger Eli Peter, und teilte von dem Mitgenommenen auch einem Geissbuben und seinen Ziegen mit. Nachher stiegen sie in die Schlucht hinunter, und Gerlach arbeitete am Fusse einer Rutsche. Plötzlich fliegt ein handgrosser Stein (ein scharfkantiges, mehr als ein Pfund schweres Stück Glimmerschiefer) herab und trifft mitten auf den Hinterkopf des gebückten Gerlach, der sogleich zusammenstürzt und besinnungslos blieb bis an sein Ende.“

Im Jahre 1869 hat *Heinrich Gerlach* in den „Neuen Denkschriften“ der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft eine Arbeit veröffentlicht: *Die Penninischen Alpen*, begleitet von einer Karte im Massstab 1 : 200,000 und drei Gesamtprofilen. Kurz vor seinem jähen Tode hatte er noch das Manuskript des Textes zu seiner Aufnahme von Blatt XXII (Martigny-Aosta) vollendet. Dasselbe ist als Lieferung IX der Beiträge erschienen (1871). Die Drucklegung seiner Aufnahmen auf den Blättern XVII, XVIII, XXII und XXIII der geologischen Karte 1 : 100,000 hat H. Gerlach nicht miterlebt, und aus diesem Um-

stande erklärt sich wohl manche Inkongruenz in der Farbengebung. Die geologischen Aufnahmen Gerlachs umfassen ein Gebiet der Hochalpen von über 10,000 Quadratkilometer Grundfläche. Zu Zeiten Gerlachs waren geologische Untersuchungen im Wallis mit viel grössern Schwierigkeiten verbunden als heute. Die erste Karte der Walliser Hochalpen im Massstab 1 : 50,000 ist im Jahre 1868 vom Schweizer Alpenklub herausgegeben worden. Bewunderungswürdig erscheint heute die Arbeit Gerlachs. Auf der von ihm im Jahre 1869 veröffentlichten Karte der Penninischen Alpen, vom Gotthard und Lago maggiore bis zum Mont Blanc, ist hinsichtlich der Gruppierung der Gesteinsarten fast durchweg die richtige Lösung gefunden; nur in wenigen Punkten können wir heute Besseres geben. Gegenüber den Anschauungen mancher Autoren, die nach Gerlach die stratigraphische Natur der Gesteine im Wallis anders zu deuten versucht haben, muss heute wieder die Richtigkeit seiner Auffassung erklärt werden. Mancherorts gewahren wir mit Bewunderung, wie scheinbar untergeordnete Details mit grösster Genauigkeit registriert sind.

Die Arbeit Gerlachs fortzuführen, wurde meine Aufgabe, und zwar kam in erster Linie die östliche Hälfte der Walliser Alpen, das auf Blatt XVIII und XXIII dargestellte Gebiet, in Betracht.

Die ersten Begehungen waren naturgemäss Orientierungstouren.

Für den im Jahre 1894 in der Schweiz stattfindenden internationalen Geologenkongress hatte ich die Alpenexkursion von Zug bis Como zu führen. Der östlichste Teil meines neuen Arbeitsgebietes wurde hier besucht. Ferner musste eine neue geologische Karte der Schweiz herausgegeben werden. Für dieselbe wurde der Massstab 1 : 500,000 (statt 1 : 250,000) gewählt. Ich hatte somit Gelegenheit, die bis 1894 erlangten Resultate zu verwerten. (Vgl. Geolog. Karte der Schweiz 1 : 500,000 von A. Heim und C. Schmidt, 1894. — Livret guide géologique dans le Jura et les Alpes de la Suisse. Lausanne, F. Payot, 1894. Exc. VIII et Exc. X. 13^{me} jour. Pl. 8. — Zur Geologie der Alta Brianza. Compte rendu, Congr. géol. intern. 1894, p. 503.)

Im Jahre 1896, als die Schweizerische Naturforschende Gesellschaft in Zermatt tagte, habe ich über die Geologie der Umgebung von Zermatt und des Simplon vorgetragen. (Vgl. Eclog. geol. Helv., Vol. IV.)

Im Laufe der Jahre nun, je mehr ich Gelegenheit hatte, im einzelnen zu untersuchen, änderte sich der ursprüngliche Arbeitsplan. An Stelle von Übersichtsaufnahmen traten Spezialuntersuchungen, und zwar beschränkte ich mich immer mehr auf die Region des *Simplon*, und die Geologische Kommission billigte in zuvorkommender Weise meinen Plan, eine geologische Karte des Simplon-

gebietes im Massstab 1 : 50,000 bearbeiten zu lassen. Zu dieser neuen Aufgabe erhielt ich doppelterweise willkommene Hülfe.

Herr Dr. *H. Preiswerk* lenkte mit mir seine Schritte nach den Simplonbergen, um dort bald sich heimisch zu fühlen; er wurde mein getreuer Mitarbeiter, und die geologische Kommission betraute ihn mit der Aufgabe, gemeinsam mit mir zu arbeiten. Zwei Arbeiten hat Herr Preiswerk bereits über seine ersten Untersuchungen im Simplongebiet veröffentlicht, nämlich: „Über Dunitserpentin am Geisspfadpass im Oberwallis“, Inaug.-Diss., Basel 1901, und „Die metamorphen Peridotite und Gabbrogesteine in den Bündnerschiefern zwischen Visp und Brig“. (Verh. Nat. Ges. in Basel, Bd. 15, 1903.)

Ein grosser Teil des von H. Gerlach studierten Gebietes gehört zu Italien, ebenso sind auch die Blätter des eidgenössischen Atlases im Massstab 1 : 50,000 ergänzt in der italienischen Grenzregion. Unsere geologische Untersuchung durfte an den Grenzpfählen nicht Halt machen. Im Jahre 1898 wurde Herr *A. Stella* vom Ufficio geologico d'Italia abgesandt, um uns zu begleiten, und seither hatte er Gelegenheit, eingehende geologische Aufnahmen im Simplongebiet zu machen. Jahr für Jahr haben wir uns da und dort auf kurze Zeit in den Bergen getroffen und sowohl in Rom als auch in Basel unsere auf getrennten Wegen erlangten Resultate verglichen. In einer ganzen Anzahl von Veröffentlichungen hat *A. Stella* seit 1903 über seine Untersuchungen berichtet.

Gegen Ende 1905 konnten wir endlich der geologischen Kommission bestimmte Vorschläge machen bezüglich der Veröffentlichung unserer Untersuchungen im Simplongebiet. Die Grundlage derselben musste vor allem die geologische Karte im Massstab 1 : 50,000 bilden. Diese Karte ist begrenzt:

- im *Norden* durch: Rhonetal Visp-Münster, Nufenenpass, Oberes Bedrettetal;
- im *Westen* durch die Linie: Zwischenbergen, Stalden, Visp;
- im *Süden* durch die Linie: Zwischenbergen, Crevola;
- im *Osten* durch die Linie: Crevola, Campo, S. Carlo, Passo Noret.

Die topographische Grundlage ist hergestellt durch Überdruck aus dreizehn Blättern des eidgen. Atlases 1 : 50,000. Die Vollendung dieser Karte wäre bis heute noch nicht möglich gewesen ohne das Entgegenkommen des R. Ufficio geologico d'Italia. *A. Stella* hat uns alle seine Originalaufnahmen mitgeteilt, und dieselben haben auf unserer Karte ihre Verwendung gefunden.

Die Karte erscheint als *Spezialkarte Nr. 48*, veröffentlicht von der Schweiz. geolog. Kommission, und wird begleitet von einem Heft „Erläuterungen“, dem sechs weitere Tafeln beigegeben werden, enthaltend Profilserien, geologische Panoramen und eine Übersichtskarte der Alpen zwischen Gotthard und Mont Blanc im Massstab 1 : 350,000.

Einen Überblick über die Resultate unserer Untersuchungen im ganzen Wallis gebe ich gleichzeitig in einem Aufsatz: „Über die Geologie des Simplongebietes und die Tektonik der Schweizeralpen“, der in Bd. IX der *Eclog. geol. Helv.* erscheint, und weiterhin konnte ich unsere Studien am Simplon verwerten in einem an die Generaldirektion der Schweiz. Bundesbahnen abgegebenen Gutachten: „Untersuchungen über die Standfestigkeit der Gesteine im Simplontunnel“. (Bern, Buchdruckerei Böhler & Cie., 1907.)

Meine Tagebücher zeigen mir, dass ich seit 1894 volle zwölf Monate im Simplongebiet zugebracht habe, H. Preiswerk hat zehn Monate Arbeitstage verzeichnet, wohl noch mehr kommt A. Stella zu. Trotzdem ist das, was wir heute bieten können, noch durchaus nicht eine geologische Monographie des Simplongebietes, ein würdiger Abschluss der Arbeiten Gerlachs im östlichen Wallis. Die Lieferung XXVI der Beiträge zur geologischen Karte der Schweiz soll die geologische Beschreibung der *Lepontinischen Alpen* enthalten. Zur Vollendung dieser Arbeit sind auch nach Veröffentlichung der geologischen Karte noch manche Ergänzungstouren erforderlich, und vor allem ist die *petrographische Untersuchung der Gesteine* notwendig. Herr Dr. Preiswerk hat bis jetzt eine einzige Gesteinsgruppe, nämlich „Die Grünschiefer in Jura und Trias“, untersucht, und auf Wunsch der geologischen Kommission erscheint diese Arbeit als *Erster Teil der Lieferung XXVI* der „Beiträge“. Wie viele Gesteinsgruppen noch zu untersuchen sind, welch hohes Interesse für die allgemeine Geologie dieselben beanspruchen, ist aus den Hinweisen zu ersehen, die in den „Erläuterungen zur Karte des Simplongebietes“ enthalten sind.

Dem vorliegenden ersten Teil der „Geologischen Beschreibung der Lepontinischen Alpen“ stellen wir das „Literaturverzeichnis“ des ganzen Gebietes voraus. Den später erscheinenden Teilen der Lieferung XXVI werden jeweilen nur die notwendigen Nachträge beigegeben werden.

Basel, den 15. Juli 1907.

C. Schmidt.

Literaturverzeichnis
zur
Geologie der Lepontinischen Alpen
bis Juli 1907.

Zusammengestellt
von
C. Schmidt und H. Preiswerk.

1796. 1. *H.-B. De Saussure*. Voyages dans les Alpes. — Neuchâtel, Imprimerie Louis Fauche-Borel. T. VI, p. 294—336; t. VIII, p. 18—30.
1832. 2. *Ch. Lardy*. Essai sur la constitution géognostique du St-Gothard. — Neue Denkschr. d. Schweiz. naturf. Ges., Bd. I, Abt. 2, p. 200—282.
1844. 3. *B. Studer*. Mémoire géologique sur la masse des montagnes entre la route du Simplon et celle du St-Gothard. — Mém. de la Soc. géol. de France, 2^e série, t. I, n^o VII, p. 305—335.
1851. 4. *B. Studer*. Geologie der Schweiz. — Bd. I, p. 221—242.
1859. 5. *H. Gerlach*. Gutachten im Manuskript zu: „Projet de tunnel entre la Suisse et le Piémont par le Simplon“; mit einer Karte in 1 : 100,000 und 3 Profilen. Übersetzt von Venetz, 18. Nov. 1869. — (Zit. von H. Schardt, 1903.)
1865. 6. *H. Gerlach*. Geologische Karte der Schweiz in 1 : 100,000, Blatt XVIII Brig-Airolo, südlich der Rhone.
1866. 7. *Scheerer*. Über die chemische Konstitution der Plutonite. — Festschrift zum 100jähr. Jubil. d. kgl. sächs. Bergakademie z. Freiberg, p. 158—203.
1869. 8. *H. Gerlach*. Die Penninischen Alpen. — Neue Denkschr. der Schweiz. naturf. Ges., Bd. XXIII.
1873. 9. *K. v. Fritsch*. Das Gotthardgebiet. — Beitr. z. geol. Karte der Schweiz, Liefg. XV mit Karte in 1 : 50,000.
1878. 10. *E. Renevier*. Structure géologique du massif du Simplon à propos du tunnel projeté. — Bull. Soc. vaud. sc. nat., t. XV, p. 281—304.
1880. 11. Compte rendu. Soc. helv. sc. nat., 63^e session à Brigue, p. 30—38.
1882. 12. *T. Taramelli*. Osservazioni fatti nei monti circostanti al passo del Sempione. — Boll. Soc. geol. ital., I, p. 183—188.

1883. 13. *H. Gerlach*. Die Penninischen Alpen (Abdruck aus Neue Denkschr. 1869) und Bericht über den Bergbau im Kanton Wallis. — Beitr. z. geol. Karte der Schweiz, Liefg. 27.
- „ 14. *A. Heim, Ch. Lory, T. Taramelli, E. Renevier*. Etude géologique sur le nouveau projet de tunnel coudé traversant le massif du Simplon. — Bull. Soc. vaud. sc. nat., XIX, n° 89.
- „ 15. *E. Stockalper*. Les grands tunnels alpins et la chaleur souterraine. — Lausanne, Imprim. Lucien Vincent.
1885. 16. *T. Taramelli*. Note geologiche sul baccino idrografico del fiume Ticino. — Boll. Soc. geol. ital., IV, p. 239—336.
1887. 17. *G. Spezia*. Sulla origine del gesso micaceo e anfibolico di Val Cherasca nell'Ossola. — Atti d. R. Accad. d. sc. di Torino, vol. XXIII.
1890. 18. *T. G. Bonney*. On the crystalline schists and their relation to the mesozoic rocks in the Lepontine Alps. — Quart. Journ. of geol. soc. London, p. 187 to 240.
1891. 19. *C. Diener*. Der Gebirgsbau der Westalpen. Abschnitt III. — Wien, F. Tempsky.
- „ 20. *A. Heim*. Geologie der Hochalpen zwischen Reuss und Rhein. — Beitr. z. geol. Karte d. Schweiz., Liefg. XXV, p. 287 und p. 313—314.
- „ 21. *H. Schardt*. Série et épaisseur des terrains suivant l'axe du tunnel. Auszug aus einem geologischen Rapport in: J. Dumur, Traversée du Simplon. I. Rapport sur les études 1890—1891, etc. Annexe 2: p. 22—26. — Berne, Imprim. K. Stämpfli.
1892. 22. *S. Traverso*. Cenni preliminari sulla serie di roccie antiche in Val d'Ossola. — Atti d. Soc. Ligustica di sc. nat., vol. III.
- „ 23. *C. Alvazzi-Delfrate*. Guida all'acqua minerale di Veglia. — Torino, Libr. Rosenberg & Sellier.
1893. 24. *T. G. Bonney*. Note on the Nufenenstock (Lepontine Alps). — Quart. Journ. geol. soc. London, vol. 49, p. 89—93.
- „ 25. — On some schistose „Greenstones“ and allied hornblendic schists from the Pennine Alps as illustrative of the effects of Pressure-Metamorphism. — Quart. Journ. geol. soc. London, vol. 49, p. 94—103.
- „ 26. — On a secondary development of Biotite and of Hornblende in crystalline schists from the Binnenthal. — Ibid., p. 104—113.
- „ 27. *E. Fellenberg* und *C. Schmidt*. Beschreibung desjenigen Teiles von Blatt XVIII, welcher zwischen dessen Nordrand, dem Südabsturz der Blümlisalpette und der Rhone liegt. — Beitr. z. geol. Karte d. Schweiz, Liefg. XXI, I. Teil.
- „ 28. *H. Schardt*. Gneiss d'Antigorio. — Arch. d. sc. phys. et nat., t. XXX, n° 12, Vergl. auch: Eclog. geol. Helv., t. IV, p. 115.
1894. 29. *L. Duparc* et *L. Mrazec*. Note sur la serpentine de la vallée de Binnen (Valais). — Bull. Soc. franç. de minéralogie, t. XVI, n° 8.

1894. 30. *H. Gollier*. Passage du Simplon. — Livret-guide géol. de la Suisse, p. 229 à 232. Fig. 87 und 88. Lausanne, F. Payot.
- „ 31. *A. Heim* und *C. Schmidt*. Geologische Karte der Schweiz 1 : 500,000. — Publ. d. Schweiz. geol. Kommission, Bern, Schmid, Francke & Cie.
- „ 32. *H. Schardt*. Du Simplon à Baveno et Lugano. Livret-guide géol. de la Suisse, p. 190—193, pl. X, fig. 5.
- „ 33. *C. Schmidt*. Tessinermasse und Seegebirge. Inneralpine mesozoische Sedimente. — Livret-guide géol. de la Suisse, p. 136—142, pl. VIII, fig. 6.
- „ 34. Tunnel du Simplon, projet de 1893. Annexe 4: Profil géologique. — Berne, Impr. C.-J. Wyss.
1895. 35. *C. Schmidt*. Géologie du massif du Simplon. — Arch. sc. phys. et nat. Genève, t. XXXIV; ferner in Eclog. geol. Helv., vol. IV, Nr. 5, p. 367, 1896.
- „ 36. *S. Traverso*. Geologia dell' Ossola. — Genova, Tipogr. Angelo Ciminago.
- „ 37. *R. Zeller*. Ein geologisches Querprofil durch die Zentralalpen. — Inaug.-Diss., Mitteil. d. Berner naturf. Ges.
1896. 38. *E. Haug*. Etude sur la tectonique des Alpes suisses. — Bull. Soc. géol. de France, 3^e série, t. XXIV, p. 545—550, pl. XXIII.
- „ 39. *C. Schmidt*. Geologie der Simplongruppe und die verschiedenen Tunnelprojekte (Vortrag, gehalten i. d. naturf. Ges. Basel, 18. März 1896). — Schweiz. Bauzeitung, 18. April 1896.
- „ 40. *R. Zeller*. Nachträge zu meinem geologischen Querprofil durch die Zentralalpen. — Mitteil. d. naturf. Ges. Bern.
1898. 41. *A. Heim*. Die Bodenbewegungen von Campo im Maggiathale, Kanton Tessin. — Vierteljahrschr. d. naturf. Ges. Zürich, Jahrg. XLIII.
1899. 42. *E. Renevier*. Etude géologique du tunnel du Simplon. — Eclog. geol. Helv., VI, Nr. 1, p. 31—34.
- „ 43. *G. Spezia*. Sopra uno deposito di Quarzo e di Silice gelatinosa trovato nel traforo del Sempione. — Atti d. R. Accad. d. sc. di Torino, vol. XXXIV.
1900. 44. *E. Weinschenk*. Über einige bemerkenswerte Minerallagerstätten der Westalpen. (Die Mineralien im Dolomit des Binnenthales.) — Zeitschr. f. Kryst. etc. Bd. XXXII, H. 3, p. 260.
1901. 45. *H. Preiswerk*. Über Dunitserpentin am Geisspfadpass im Oberwallis. — Inaug.-Diss., Basel, E. Birkhäuser.
- „ 46. *A. Pelloux*. Scheelite ed altri minerali rinvenuti in una roccia proveniente del traforo del Sempione. — Boll. del Naturalista, Siena, anno XXI, n° 7.
1902. 47. *M. Lugeon*. Sur la coupe géologique du massif du Simplon. — Comptes rendus d. séances de l'Acad. d. sc. Paris, 24 mars.
- „ 48. — Les venues d'eau rencontrées dans le tunnel du Simplon du côté d'Iselle. — Bull. techn. de la Suisse romande, n° 24, p. 317—323.
- „ 49. — Les grandes nappes de recouvrement des Alpes du Chablais et de la Suisse. — Bull. Soc. géol. de France, 4^e série, t. I, p. 813.
- „ 50. *T. Taramelli*. Sulla probabile tectonica del gruppo del Sempione. — Atti d. R. Accad. dei Lincei, ser. 5, XI, 1. sem., p. 462—463.

1902. 51. *T. Turamelli*. Alcune osservazioni stratigrafiche nei dintorni di Varzo. — „Rendiconti“ del R. ist. Lomb. di sc. e lett., serie II, vol. XXXV.
- „ 52. *H. Schardt*. Rapport sur les venues d'eau rencontrées dans le tunnel du Simplon du côté d'Iselle. — Lausanne, Impr. Corbaz & Cie.
- „ 53. — Venues d'eau au tunnel du Simplon. — Bull. Soc. vaud. sc. nat., vol. 38, n° 143—144.
1903. 54. *H. Preiswerk*. Die metamorphen Peridotite und Gabbrogesteine in den Bündnerschiefern zwischen Visp und Brig. — Verh. d. naturf. Ges. Basel, Bd. 15, H. 2, p. 293—316.
- „ 55. *H. Schardt*. Note sur le profil géologique et la tectonique du massif du Simplon suivi d'un rapport supplémentaire sur les venues d'eau rencontrées dans le tunnel du Simplon du côté d'Iselle. — Lausanne, Impr. Corbaz & Cie. Vgl.: Eclog. geol. Helv., vol. VIII, N° 2, 1904.
- „ 56. *G. Spezia*. Sulla anidrite micaceo-dolomitica e sulle rocce decomposte della frana del traforo del Sempione. — Atti d. R. Accad. d. sc. di Torino, vol. XXXVIII.
- „ 57. *A. Stella*. Rilevamento geologico nell'Ossola. — Relaz. uffic. d. Direzione del Servizio geologico per l'anno 1902, Roma.
1904. 58. *H. Schardt*. Die wissenschaftlichen Ergebnisse des Simplondurchstichs. — Verhandl. d. Schweiz. naturf. Ges. in Winterthur, 87. Jahresversammlung, p. 172—210.
- „ 59. — Eaux du tunnel du Simplon. — Bull. Soc. vaud. sc. nat., vol. XL, p. 149.
- „ 60. *A. Stella*. Sulla geologia della regione Ossolana cantigua al Sempione. — Boll. Soc. geol. ital., vol. XXIII, fasc. I, p. 84—88. (Referat d. Verf. Geol. Zentralblatt, Bd. VI, Nr. 2.)
- „ 61. *G. Spezia*. Sulle inclusioni di anidride carbonica liquida nella anidrite associata al quarzo trovata nel traforo del Sempione. — Atti d. R. Accad. d. sc. di Torino, vol. XXXIX.
- „ 62. *A. Heim*. Über die geologische Voraussicht beim Simplontunnel. — Eclog. geol. Helv., vol. VIII, Nr. 4, p. 365—384.
- „ 63. *E. Sulzer-Ziegler*. Der Bau des Simplontunnels. — Mitt. d. Naturw. Ges. Winterthur, H. V, p. 243—277.
- „ 64. *B. Lindemann*. Über einige wichtige Vorkommnisse von körnigen Carbonatgesteinen mit besonderer Berücksichtigung ihrer Entstehung und Struktur. — Neues Jahrb. f. Min. etc., Beil. Bd. XIX, p. 267.
1905. 65. *A. Stella*. Il problema tettonico dell'Ossola e del Sempione. — Boll. Soc. geol. ital., vol. XXIV, fasc. I, p. 101—104.
- „ 66. — Il problema geo-tettonico dell'Ossola e del Sempione. — Boll. d. R. Comit. geol. d'Italia, anno 1905, n° 1.
- „ 67. *M. Lugeon et E. Argand*. Sur les homologues dans les nappes de recouvrement de la zone du Piémont. — Comptes rend. Acad. d. sc. Paris, 29 mai.
- „ 68. *Ch. Sarasin*. La chaîne du Simplon au point de vue géologique. — Arch. sc. phys. et nat. Genève, t. XIX, p. 80—92.

1905. 69. *H. Schardt*. Les résultats scientifiques du percement du tunnel du Simplon. — Bull. technique de la Suisse romande, n° 10, 11, 12 et 14.
- „ 70. — Les eaux souterraines du tunnel du Simplon. — La Géographie, Bull. d. l. Soc. de géographie, Paris, vol. XI, n° 2, p. 81—96.
- „ 71. — Leone (Monte). — In Geogr. Lex. der Schweiz. Bd. III, p. 113—117.
- „ 72. *H. Baumhauer*. Die Mineralien des Binnenthals. — Bull. de „La Murithienne“, Soc. valaisanne d. sc. nat., p. 35—49.
- „ 73. *A. G. Levy*. Water from the Simplon tunnel. — The analyste, Soc. of public analysts London, vol. XXX, N° 356, p. 361—384.
- „ 74. *H. Preiswerk*. Anhydrit-Krystalle aus dem Simplontunnel. — Neues Jahrb. f. Min. etc., Bd. I, p. 33—43.
- „ 75. *A. Heim*. Tunnelbau und Gebirgsdruck. — Vierteljahrschr. d. Naturf. Ges. Zürich, Jahrg. L.
- „ 76. — Geologische Voraussicht bei technischen Arbeiten. — Umschau, Nr. 9, IX. Jahrg.
- „ 77. *E. Sulzer-Ziegler*. Der Bau des Simplontunnels. — Verh. d. Schweiz. Naturf. Ges. in Winterthur, 87. Jahresvers., p. 128—170.
1906. 78. *H. Schardt*. Renseignements géologiques. — In „Rapports trimestriels au Conseil fédéral suisse sur l'état des travaux du percement du Simplon“, Nr. 1, 31. Dez. 1898, Nr. 31, Juni 1906.
- „ 79. *A. Stella*. Cenni geologici sulle nuove linee di acceso al Sempione etc. — In „Relazione sugli studi e lavori eseguiti dal 1897 al 1905“, Publ. d. Soc. ital. per le Strade Ferrate del Mediterraneo. Roma, D. Squarci.
- „ 80. *C. De Stefani*. La Valle Devero nelle Alpi Pennine ed il profilo del Sempione. — Boll. Soc. geol. ital., vol. XXV, fasc. II, p. 411—426.
- „ 81. *K. Pressel*. Bauarbeiten am Simplontunnel. — Schweiz. Bauzeitung, Bd. XLVII, Nr. 21, 22, 23, 25 u. 26.
- „ 82. *J. Königsberger*. Über die Beeinflussung der geothermischen Tiefenstufe durch Berge und Täler, Schichtstellung, durch fliessendes Wasser und durch Wärme erzeugende Einlagerungen. — Eclog. geol. Helv., Bd. IX, Nr. 1, p. 133—144.
- „ 83. *E. Thoma*. Über das Wärmeleitungsproblem bei wellig begrenzter Oberfläche und dessen Anwendung auf Tunnelbauten. — Inaug.-Diss., Freiburg i. B., p. 49.
- „ 84. *K. Brandau*. Die Zweitunnel-Baumethode. — Schweiz. Bauzeitung, Nr. 12. (Abb. 1—3, p. 141.)
1907. 85. *H. Schardt*. Les vues modernes sur la tectonique et l'origine de la chaîne des Alpes. — Arch., sc. phys. et nat., Genève, t. XXIII, p. 366.
- „ 86. *C. De Stefani*. Sulla possibilità geologica die un solido sbarramento per sopra-elevare sensibilmente il pelo d'acqua del lago di Codelago. — Unione Tip. Edit. Torinese.
- „ 87. *C. Schmidt*. Untersuchungen über die Standfertigkeit der Gesteine im Simplontunnel. — Gutachten abgegeben an die Generaldirektion der Schweiz. Bundesbahnen. Bern, Bächler & Cie.

1907. 88. *C. Schmidt*. Über die Geologie des Simplongebietes und die Tektonik der Schweizeralpen. — *Eclog. geol. Helv.*, vol. IX.
- „ 89. — Asphalt, Steinsalz, Erze. — *Handwörterbuch der Schweiz. Volkswirtschaft etc.*, von N. Reichesberg, Bern, III. Bd., p. 125.
- „ 90. *C. Schmidt, H. Preiswerk und A. Stella*. Geologische Karte des Simplongebietes in 1:500,000 (Spezialkarte Nr. 48) mit *Erläuterungen* von C. Schmidt und H. Preiswerk; herausgegeben von der geologischen Kommission der Schweiz. Naturf. Gesellschaft.



Einleitung zum ersten Teil

von

Lieferung XXVI der „Beiträge zur Geologischen Karte der Schweiz“

von **H. Preiswerk.**

Die Untersuchung der Grünschiefer im Simplongebiet wurde von mir auf Veranlassung von Herrn Prof. C. Schmidt im Jahre 1900 begonnen.

Im Sommer jenes Jahres, sowie am Anfang der Sommercampagne 1901 führte ich die detaillierte geologische Aufnahme der wichtigsten Grünschieferlager des Gebietes aus. Die Aufnahmen liessen erkennen, dass den Grünschiefern eine viel allgemeinere Verbreitung in den mesozoischen Schiefern (Bündnerschiefern) des Gebietes zukomme, als die vereinzelt bisher bekannten Vorkommnisse vermuten liessen. Besonders in der Region des Hohsandgletschers, speziell am Banhorn, fand ich im Jahr 1900 neue ausgedehnte Massen dieser Gesteine auf.

Es war damals noch fraglich, ob die mächtige Serpentinmasse am Geisspfade ebenfalls zu den Grünschiefern des Mesozoikums zu zählen sei. Die weiteren Aufnahmen zeigten jedoch, dass sie mit den Bündnerschiefern nichts zu tun hat, sondern ganz im Monte-Leone-Ofenhorn-Gneiss eingelagert ist. Die Untersuchung dieser Serpentinmasse habe ich im Jahre 1901 als Dissertation publiziert (Über Dunitserpentin am Geisspfad im Oberwallis, Basel 1901).

Vom September 1901 an beteiligte ich mich als Assistent von Herrn Prof. C. Schmidt und später als Mitarbeiter an der Aufnahme der geologischen Simplonkarte in 1:50,000 im Auftrage der Schweizerischen geologischen Kommission. Dabei hatte ich Gelegenheit, da und dort vereinzelt ergänzende Beobachtungen über die Verbreitung der Grünschiefer zu machen, namentlich auch in den südlichen Muldenteilen der mesozoischen Schiefer.

Die petrographische Untersuchung des Materials begann ich im mineralogischen Institut der Universität Heidelberg. Ein Teil der Resultate aus dem westlichen Teil des Aufnahmegebietes wurde 1903 publiziert (Die metamorphen Peridotite und Gabbrogesteine in den Bündnerschiefern zwischen Visp und Brig. — Verh. d. Naturf. Ges. Basel, Bd. 15, H. 2, 1903, S. 293—316). Jene Ge-

biete waren damals noch nicht im Aufnahmeplan der Simplonkarte inbegriffen. Die Bearbeitung des übrigen Grünschiefermaterials des gesamten Gebietes mit Verwertung der frühern Resultate ist Gegenstand der vorliegenden Publikation.

Von den zehn mitgeteilten chemischen Gesteins- und Mineralanalysen wurden sechs von Dr. Fr. Hinden im mineralogischen Institut in Basel auf Kosten der schweizerischen geologischen Kommission, drei von mir, teils im chemischen Laboratorium des Herrn Prof. M. Dittrich in Heidelberg, teils im mineralogischen Institut Basel, und endlich eine von Herrn Prof. M. Dittrich in Heidelberg ausgeführt.

Es sei mir an dieser Stelle gestattet, meinen Dank auszusprechen Herrn Prof. C. Schmidt, der meine Arbeiten in mancher Weise unterstützte, ferner Herrn Geheimrat H. Rosenbusch, der meinen Untersuchungen im Anfangsstadium lebhaftes Interesse entgegenbrachte. Manche Belehrung auf gemeinsamen Exkursionen verdanke ich den Herren des Ufficio geologico d'Italia: S. Franchi, V. Novarese und A. Stella.

Basel, den 10. Juli 1907.

H. Preiswerk.

Inhaltsverzeichnis.

	Pag.
Vorwort zu Lieferung XXVI der Beiträge von C. Schmidt	V—VIII
Literaturverzeichnis zur Geologie der Lepontinischen Alpen — bis Juli 1907 — von C. Schmidt und H. Preiswerk	IX—XIV
Einleitung zu: Die Grünschiefer in Jura und Trias des Simplongebietes von H. Preiswerk (L. XXVI, 1. T.)	XV—XVI
Inhaltsverzeichnis zu Lief. XXVI, Teil I	XVII

A. Das geologische Auftreten der Grünschiefer 1—7

I. Allgemeine geologische Charakterisierung	1—3
II. Verbreitung der Grünschiefer in den einzelnen Muldenzügen. Beziehungen zur Tektonik des Gebietes	3—7

B. Spezielle Beschreibung der einzelnen Grünschieferlager 8—38

I. Visp-Gamsertal	8—9
II. Saflischpass	9—17
a) Dünnschiefrig-flasrige und grobkörnig-gabbroartige Amphibolite auf der West- seite des Passes	9—13
b) Pikrit und massiger Amphibolit der Saflischpasshöhe	13—17
III. Binnenthal-Feldbach-Hohsandgletscher	17—20
a) Der Amphibolitzug Breithorn-Hohsandgletscher	17—19
b) Der Topfstein am Gandhorn	19—20
IV. Die Gabbroamphibolite und die sie begleitenden Gesteine am Banhorn	20—27
a) Spezielle geologische Beschreibung	20—21
b) Resultate der petrographischen Untersuchung	21—27
V. Die Gabbrodioritamphibolite und ihre Begleitgesteine bei Tschampigenkeller	27—34
a) Spezielle geologische Beschreibung	27—28
b) Resultate der petrographischen Untersuchung	28—34
VI. Die Grünschiefer am M. Larone und auf Alpe Loccia, und die Pyroxengneise von Agarina und Forcoletta	34—38
a) Geologische Situation	34—35
b) Petrographische Beschreibung der Pyroxengneisse	35—37
c) Beziehungen zu den übrigen Grünschiefern des Gebiets	38

C. Zusammenfassung 39—42



A. Das geologische Auftreten der Grünschiefer.

I. Allgemeine geologische Charakterisierung.

In den Kalkschiefern des Simplongebietes¹⁾, die in ihrem Alter als Hangendes der Triasdolomite, oder, wo diese fehlen, als Hangendes der Carbon-schiefer charakterisiert sind, findet man sehr verbreitet linsen- und lagerförmige Massen von amphibol-, chlorit-, serpentin- oder talkreichen Gesteinen, die in ihrer Gesamtheit etwa als „Grünschiefer“ bezeichnet worden sind. Sie entsprechen den von C. Schmidt²⁾ aus dem westlichen Bünden beschriebenen „Grünen Bündnerschiefern“, ebenso den „pietre verdi“ der italienischen Geologie³⁾. In ihrer Hauptmasse lassen sich diese Gebilde mit Sicherheit als Umwandlungsprodukte verschiedener Typen von basischen Eruptivgesteinen erkennen.

Einige der „Grünschiefer“lager erwecken durch ihre noch erhaltene Tiefengesteinstruktur den Eindruck von Intrusivmassen. Andererseits ist an manchen Stellen (besonders auffällig am Grünschieferzuge von Binn) die Grenze zwischen Grünschiefer und Kalkschiefer verwischt und es scheint eine Mischung der Bestandteile beider vorzuliegen, was den Gedanken an tuffartige Bildungen nahe legt. Auch gewisse schichtartige Gesteine am Banhorn, die den unverkennbaren Eruptivgesteinen eingeschaltet sind, fordern ähnliche Deutung.

¹⁾ Speziell des Gebietes der geologischen Karte in 1:50,000 von C. Schmidt, A. Stella und H. Preiswerk, die von der geol. Kommission der schweiz. naturf. Ges. gleichzeitig herausgegeben wird.

²⁾ Beiträge z. geol. Karte d. Schweiz XXV, 1891, Anhang.

³⁾ S. Franchi: 'Sull'età mesozoica della zona delle pietre verdi nelle Alpi Occidentali. (Boll. R. Com. geol. Bd. XXIX, S. 173—247 und 352—482.)

V. Novarese: Nomenclatura e sistematica delle rocce verdi nelle Alpi Occidentali. Roma 1895.

In ihrer jetzigen Gestalt erscheinen alle diese Grünschiefermassen als den Kalkschiefern konkordant eingelagerte Linsen und Lager. Von primärem Mineralbestand und primärer Struktur hat die Metamorphose nur spärliche Reste übrig gelassen.

Die „Grünschiefer“ sind in unserm Gebiet in ihrer Hauptentwicklung auf eine eng begrenzte stratigraphische Zone beschränkt. Sie treten stets nahe der Grenze zwischen Kalkschiefern und Triasdolomit auf, entweder in den untersten Kalkschieferlagen oder in den obersten Triasbänken. Es ist dies eine Regel, die teilweise auch für die „Grünschiefer“ in Bünden gilt, besonders auffällig aber in manchen Teilen des Piemont zutage tritt, wo in der „Zona delle pietre verdi“ unsere Gesteine sich fortsetzen. Im Valle Maira und Val Grana z. B. finden sich die „Grünschiefer“ als Variolite, Gabbro, Serpentine, Glaukophanschiefer etc. vorwiegend in der Grenzregion zwischen den Kalkschiefern, die bei Castelmagna im Val Grana Liasammoniten führen, und den liegenden, Triasfossilien führenden Kalken eingelagert¹⁾. Diese Erscheinung, sowie die starke Metamorphose, die diese Eruptionsmassen in gleicher Weise wie die einschliessenden Sedimente erlitten haben, spricht für Gleichaltrigkeit beider, oder doch nur geringe Altersdifferenzen, die für die Intrusivgesteine angenommen werden müssten.

Die Grünschiefer des Simplongebietes sind zum Teil der oberen Trias, zum Teil dem unteren Jura einzuordnen. Auf beiden Stufen kommen in benachbarten Alpengebieten Ergüsse von nicht, oder doch weniger metamorphen, typischen basischen Eruptivgesteinen vor. Die triadischen Grünschiefer des Banhorns dürfen wohl als Analoga der obertriasischen Augitporphyr- und Melaphyrergüsse im Südtirol angesehen werden, während wir für die schichtartig ausgebreiteten Binnentaler Grünschiefer, die in den untersten Bündnerschiefern liegen, ein vollkommenes Analogon finden in den Melaphyrergüssen in der Umgebung des Pelvouxmassivs, von denen P. Termier²⁾ sagt: „qui forment comme un niveau géologique à la base du lias“.

Die erste Notiz über die hier zu besprechenden Gesteine findet sich meines Wissens in einer Arbeit *Bernhard Studers* aus dem Jahr 1844³⁾, der „schiste amphibolique“ von der obern Feldebachalp (vgl. unten), ohne davon eine nähere Beschreibung zu geben.

¹⁾ Vgl. S. *Franchi*: Ancora sull' età mesozoica della zona delle pietre verdi (Roma 1904), speziell die Situation der Prasinite auf der Spitze des M. Chialmo in Profil Fig. 5, Tafel III.

²⁾ P. *Termier*: Sur le graduel appauvrissement en chaux des roches éruptives basiques de la région du Pelvoux. (Comptes-rendus Acad. d. sc. Paris, mars 1897.)

³⁾ Mémoire géologique sur la masse des montagnes entre la route du Simplon et celle du Saint-Gothard (Mém. de la Soc. géol. de France, 1844).

Über die Serpentinlager von Visp und am Gebidem (vgl. S. 8) macht *H. Gerlach* in seiner Arbeit über die Penninischen Alpen¹⁾ einige Angaben im Abschnitt über „Jüngere metamorphische Schieferbildung“. In der dazu gehörigen geologischen Karte, Blatt XVIII des Dufouratlases in 1:100,000, ist auch der Serpentin der Nanzlücke eingetragen.

Aus dem Grünschieferzuge des Binnentales wurden sodann im Jahr 1892 von *T. G. Bonney*²⁾ drei Handstücke, die Herr *J. Eccles* in Tschampigenkeller, in Kehlmaten und in Giessen gesammelt hatte, mikroskopisch untersucht und beschrieben.

II. Verbreitung der Grünschiefer in den einzelnen Muldenzügen. Beziehungen zur Tektonik des Gebietes.

(Vergl. umstehende Kartenskizze, Fig. 1.)

Betritt man das Kartengebiet von Westen, so trifft man Grünschiefer in grösserer Ausdehnung zuerst beim Dorfe *Visp* auf dem linken Vispufer, wo bis mehrere 100 Meter mächtige Massen von Serpentin und Prasinit den kalkreichen Lagen der flach südwärts fallenden Bündnerschiefermulde eingeschaltet sind, nahe an deren Grenze gegen die hangenden, südlichen Gneisse.

Auf dem rechten Vispufer teilt sich die Bündnerschiefermulde gegen Osten in drei Arme: die „*Magenhornmulde*“, die „*Gantermulde*“ und die „*Binnermulde*“. Demgemäss auch die Reihe der Grünschieferlager.

In der „*Magenhornmulde*“ ist eine Reihe von Grünschieferlinsen vom *Breiterbach*, der bei „*Neue Brücke*“ in die Visp mündet, aufgeschlossen. Diese Lager, die hier ausschliesslich aus Prasiniten (ohne Serpentine) bestehen, halten sich streng an die untersten Lagen der Kalkschiefer am Nordrand der Schiefermulde. Die östlichste Grünschieferlinse dieser Reihe findet sich in gleicher geologischer Situation im Talgrund des *Gamsertales* unter Galenalp aufgeschlossen, unweit vom östlichen Ende der Magenhornschiefermulde.

Die mittlere der drei Mulden, die „*Gantermulde*“, ist in dieser Gegend am reichsten an Grünschiefern. Abgesehen von der rechtsufrigen Fortsetzung der grossen Serpentinmasse des linken Vispufers finden sich in den Kalkschiefergehängen nördlich *Visperterbinen* zahlreiche Grünschieferlinsen eingestreut. Im weitem Verlauf der Mulde halten sich die Grünschiefer stets

¹⁾ Beiträge zur geol. Karte der Schweiz, Lief. 27, 1883, S. 88 und 89.

²⁾ On some schistose „greenstones“ and allied hornblendic schists from the Pennine Alps, as illustrative of the effects of Pressure-Metamorphism. (Quarterly journal of Geol. Soc. of London 49, 1893, S. 94.)

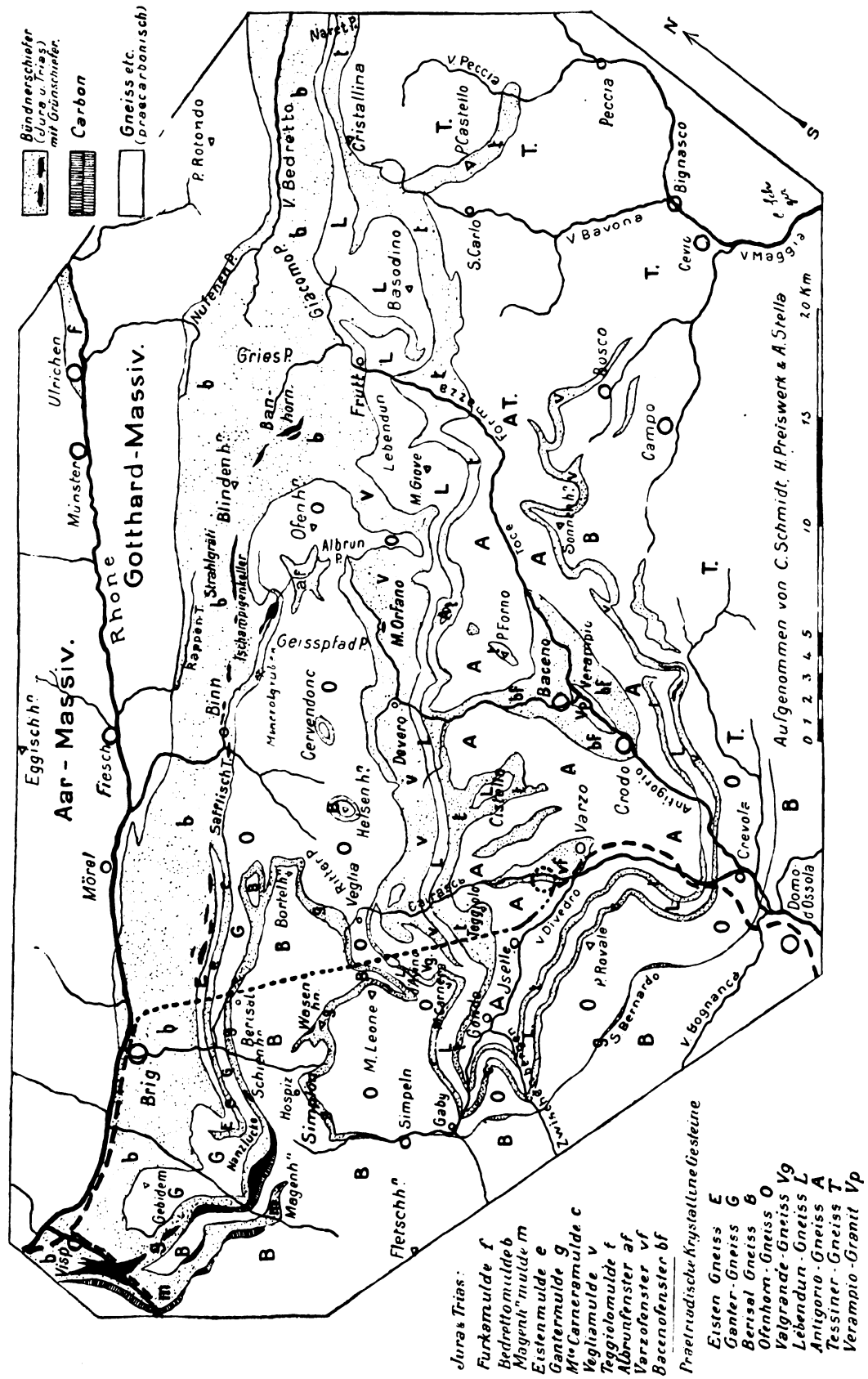


Fig. 1. Geologische Kartenskizze des Simplongebietes.

an den südlichen Rand der Kalkschiefer, vom Gneiss durch graphithaltige Carbonschichten getrennt. An dem kleinen See auf der Passhöhe südlich vom *Gebidem* findet sich Serpentin, der auch weiter ostwärts in den Runsen, die von der Passhöhe nach Niedersten hinabführen, zutage tritt. Die mächtigste Entwicklung gewinnt diese Gesteinsart in Begleitung von Prasinit auf der Ostseite des Gamsertales zwischen *Bistimatten* und der *innern Nanzlücke*. Weiter östlich wird die Mulde stark zusammengepresst, aber auch da finden wir nahe der Spitze des *Schienhorns* und auf dem Sattel zwischen Schien- und Staldhorn ob dem *Simplonhospiz* kleine Linsen von Prasinit und Talkgesteinen (sog. Ofenstein), immer den Südrand der Mulde begleitend. Verfolgen wir von da an die Gantermulde in ihrem äusserst komplizierten Verlauf stundenweit durch die vergletscherten Gebirgsstöcke des Bortelhorns, Monte Leone und Wasenhorns, so finden wir endlich wieder bei der Spitze des *Mäderhorns* und auf der Mäderalp, also da, wo wir wieder in die Nähe des Schienhorns zurückkommen, genau dieselben „Ofensteine“ wie dort, als kleine Linsen in den Kalkschiefern eingeschlossen.

Die Hauptmulde der Bündnerschiefer, die „*Binnermulde*“, weist auf der Strecke, wo die parallel laufenden südlichen Teilmulden Grünschiefer führen, davon keine Spur auf. Diese Gebilde setzen erst zwischen *Rosswald* und dem *Saflischpass* (zwischen Berisal und Binn) in der Hauptmulde ein.

Dies zeigt, dass die ursprüngliche Anordnung der basischen Eruptivmassen von der jetzigen Faltenrichtung unabhängig ist. Somit erscheint eine Intrusion während und infolge der Auffaltung als ausgeschlossen.

In der Gegend des *Saflischpasses* sind die Grünschiefer in einzelnen Linsen entweder den Kalkschiefern, unmittelbar über dem Triasmarmor, oder aber diesem selbst eingelagert.

Häufigere Aufschlüsse im Grünschiefer finden wir dann im Grund des Binnentales. So am Bach beim Hotel Ofenhorn in *Binn*, bei *Giessen*, *Im Feld* etc.

Die Fortsetzung der Zone ist bei *Feldbach* wieder aufgeschlossen, wo ein kontinuierlicher Grünschieferzug beginnt, der über das *Turbhorn* bis auf den höchsten Kamm der *Strahlgräte* emporsteigt.

Die starke Entwicklung der Grünschiefer in dieser Zone macht sich auch in der südlich vorgelagerten Teilmulde bemerkbar, in der bei *Tshampigenkeller* mächtige Prasinitlager zutage treten.

In der Fortsetzung des Grünschieferbandes der Strahlgräte sieht man an den vom Gletscher entblösten Stellen am Südostabhang des *Blindenhorns*

mehrere Grünschieferlager übereinander ausstreichen. Am Westabsturz des *Banhorns* wechsellagern Grünschiefer mit Dolomit und Rauchwacke der Trias und erreichen eine Mächtigkeit von zirka 200 Metern. Im obern Banbachtal tauchen sie unter Schiefer- und Schuttbedeckung und treten weiter ostwärts nicht mehr zutage.

Der ausgedehnte Kalkschieferstreifen von Devero und Veglia, der östlich vom Ofenhorn von den nördlichen Kalkschiefermulden sich abzweigt, ist überaus arm an Grünschiefern. Um so wichtiger ist ein Vorkommen am *Monte Orfano* beim Lago Codelago¹⁾. Die Grünschiefer nehmen hier dieselbe stratigraphische Lage ein, wie in den nördlichen Mulden und liegen, was Beachtung verdient, gerade gegenüber Tschampigenkeller und Feldbach, wo die Grünschiefer der Binnermulde eine besonders starke Entwicklung zeigen. Die vollkommene Analogie in der Lagerung der Grünschiefer am Monte Orfano einerseits und bei Tschampigenkeller andererseits ist eine wichtige Stütze für die Theorie, dass die Masse der Deveroschiefer mit der südlichen Teilmulde der Binnerschiefer unter der Gneisskette Helsenhorn-Ofenhorn hindurch in direkter Verbindung stehe. (Vgl. beistehende Fig. 2.)

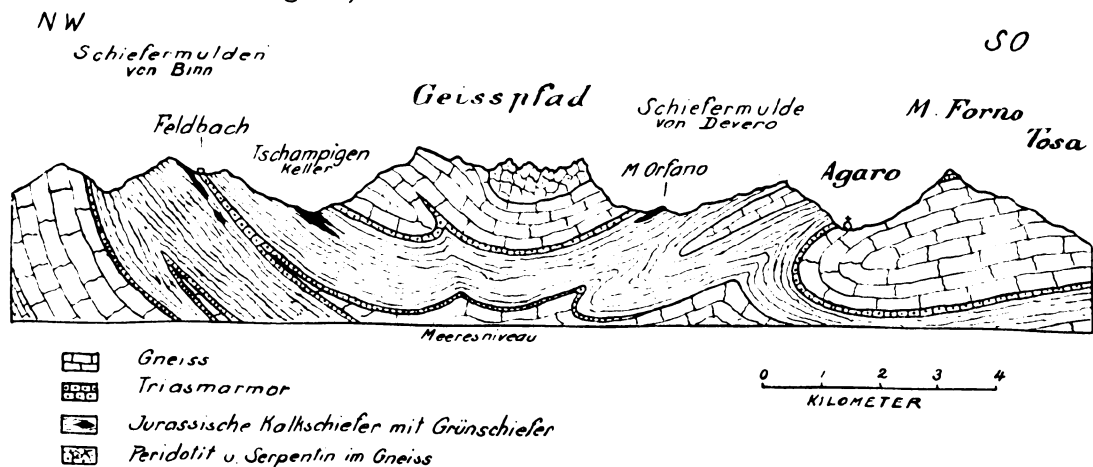


Fig. 2.

Verfolgen wir die schmalen, zwischen Gneissen eingekeilten Kalkschiefermulden weiter nach Süden, wo sie in grossem Bogen die oberen Teile des Cairasca- und Diveriatales umsäumen und ostwärts sich wendend bei Ojra die Tosa überschreiten, so finden wir keine Spur von Grünschiefern. Erst am Monte Larone ob Crodo im Antigoriotal, bei Agarina und nördlich der Alpe Colmine kommen sie noch einmal zum Vorschein als Einlagerungen in den stark zerschlagenen Mulden, die ostwärts bald auskeilen.

¹⁾ Auf der Kartenskizze Fig. 1 ist dieses Vorkommen östlich von Devero direkt südlich des Wortes „Geisspfad“ eingetragen.

Dass die Grünschiefer gerade an dieser Stelle wieder zutage treten, ist überaus auffällig, denn sie liegt genau in der südlichen Fortsetzung einer quer zum allgemeinen Schichtstreichen verlaufenden Geraden, die die Grünschieferlager von Feldbach, Tschampigenkeller und Monte Orfano verbindet. Die Bedeutung dieser Linie für das Auftreten basischer Eruptivgesteine wird noch erhöht durch die Tatsache, dass auch die gewaltige dem Ofenhorn-Leonegneiss eingelagerte Peridotit- und Serpentinmasse am Geisspfad mit ihr zusammenfällt. Ebenso die entsprechenden, gleichfalls im Gneiss auftretenden Peridotite und Serpentine zwischen Onsernone- und Vigezzotal (südöstlich vom Gebiet der Simplonkarte), die neuerdings von A. Stella aufgenommen worden sind.¹⁾

Den geologischen Zusammenhang denke ich mir folgendermassen: Durch diese geradlinige Reihe von basischen Eruptivkörpern wird die Richtung einer alten Spalte angedeutet, von der aus am Ende der Triaszeit und während der Jurazeit Eruptivmaterial zum Teil über die Oberfläche, resp. den Meeresgrund sich ergoss, zum Teil aber in die ältern Gneisse hinein intrudiert wurde. Es wären demnach die Peridotit- und Serpentinmassen vom Geisspfadpass und im Valle Vigizzo als Tiefenfacies der mesozoischen Grünschiefer vom Monte Larone, Monte Orfano, Tschampigenkeller, Feldbach etc. anzusehen.

Die wichtigeren Grünschieferlager sollen im Folgenden einzeln beschrieben werden.

¹⁾ A. *Stella*: Sulla geologia della regione Ossolana contigua al Sempione. (Boll. d. Soc. geol. ital. XXIII, 1904, I, S. 85.)



B. Spezielle Beschreibung der einzelnen Grünschieferlager.

I. Visp—Gamsertal.

Die auf Seite 4 genannten grossen Serpentinmassen bei Visp und im Gamsertal, sowie die sie begleitenden Amphibol- und Chloritgesteine habe ich bereits eingehender beschrieben in einer besondern Publikation: „Die metamorphen Peridotite und Gabbrogesteine in den Bündnerschiefern zwischen Visp und Brig“ (Verhdl. d. naturf. Ges. in Basel, Bd. 15, H. 2, 1903, S. 293—316). Die seitdem neu entdeckten Grünschiefer der „Magenhornmulde“ (S. 4) stimmen petrographisch mit den auf Seite 298 der genannten Arbeit beschriebenen Grünschiefern von Visp überein. Auch das Seite 303—305 beschriebene Albit-Kontaktgestein fand sich wieder. Er ist in der Breiterbachschlucht am Wege von Riedji nach Salenboden aufgeschlossen. Das Gestein ist dort etwas verwittert, so dass die Albitkörner als schwarze, auffallende Knoten aus der grünlichen „Grundmasse“ hervortreten.

Von den auf Seite 302 beschriebenen Kontaktgesteinen wurden bei Katzhaus nördlich der „Hohen Fluh“ neue Stücke gesammelt und eine Probe analysiert. Es sind graue bis graugrünliche, deutlich gebänderte, häufig sehr feinkörnige, harte, splittrig brechende Gesteine mit leichtem Seidenglanz, von zerstreuten Sericitschüppchen. Aufs engste mit diesen verknüpft sind etwas heller graue Varietäten. Sie sind etwas gröber im Korn, mehr flasrig-körnig. Die Körnel zeigen im Durchschnitt glänzende Albitspaltflächen. Die gröbstkörnigen Abarten bilden Übergänge zu den oben erwähnten Albit-Kontaktgesteinen.

Ganz feinkörnige, splittrige Gesteine vom Katzhaus (I) und von Niedersten im Gamsertale (II) — vgl. l. c. p. 308 — zeigen folgenden chemischen Bestand ¹⁾:

¹⁾ Analyse von Dr. F. Hinden.

	I	II		I	II
Si O ₂ ==	78,60 ‰	73,35 ‰	Mg O ==	1,60 ‰	1,01 ‰
Ti O ₂ ==	0,37 "	0,40 "	Ca O ==	6,10 "	7,04 "
Al ₂ O ₃ ==	4,65 "	6,48 "	Na ₂ O ==	1,75 "	2,46 "
Fe ₂ O ₃ ==	0,16 "	0,32 "	K ₂ O ==	0,21 "	0,74 "
Fe O ==	2,17 "	1,67 "	Glühverl. ==	0,80 "	5,90 "
Mn O ==	0,15 "	—	Summa ==	100,56 ‰	99,37 ‰

Die Zusammensetzung weist auf stark silifizierten tonigen Kalkschiefer mit nur wenig erhöhtem Natriumgehalt. Dieser stellt sich in beträchtlicherem Masse offenbar erst in den körneligen Varietäten ein, die dann auch in chemischer Beziehung Übergangsglieder bilden zu den Albitgesteinen, von denen pag. 305 der oben genannten Arbeit eine Analyse gegeben ist.

II. Saflischpass (zwischen Binn und Bérisal).

a) Dünnschiefrig-flasrige und grobkörnig-gabbroartige Amphibolite (Westseite des Passes).

Steigt man von Bérisal zum Saflischpass empor, so überschreitet man direkt über „Im Stafel“ die Ablagerungen der Trias und trifft nun in den darüber liegenden Kalkschiefern der grossen Binnermulde mehrere Grünschieferlager. Die wichtigsten Aufschlüsse über die Lagerungsverhältnisse liefert der Bach, der südlich vom Punkt 2905 des Tunnetschhornes entspringt. Er entblösst das gesamte Schichtprofil vom Gantergneis durch die von Augengneis unterbrochenen Triasmarmore bis in die grosse jurassische Kalkschiefermasse hinein. (Vgl. beistehende Figur 3.)

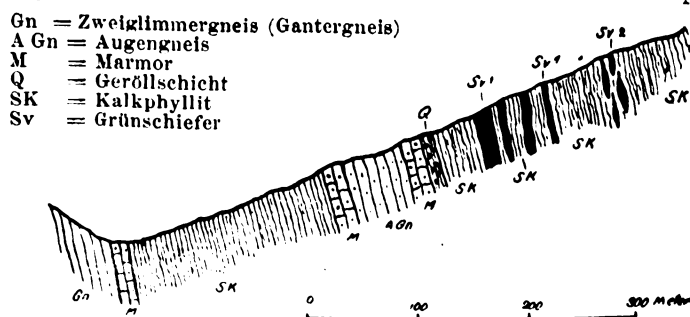


Fig. 3. Profil durch die Triasregion der Binner Bündner-schiefermulde am Südabhang des Tunnetschhorn.

1. Amphibolitschiefer.

Der untere der beiden im Profil dargestellten Grünschieferkomplexe besteht aus vier, den Kalkschiefern konkordant eingeschalteten Lagern eines dunkeln, feinschiefrigen Amphibolits.

Im Hauptbruch erscheint das Gestein gleichmässig grün mit leichtem Seidenglanz, im Querbruch dagegen weiss gesprenkelt.

Als Hauptbestandteile lassen sich unter dem Mikroskop Hornblende und Feldspat erkennen. Die Feldspatindividuen gruppieren sich zu augenartigen Aggregaten, die von Hornblendenadeln flasrig umhüllt sind. Das Gestein besitzt demnach ausgeprägte Microocellarstruktur.

Die *Hornblende* bildet teils gerundete, teils ziemlich gut vom Prisma und den beiden Pinakoiden begrenzte Stengel. Ihr Pleochroismus ist:

a = hellgelbgrün

b = grasgrün

c = blaugrün.

Die *Feldspatkörner* sind wasserhell, durchspickt von zahllosen Einschlüssen: Körner und Nadeln, die grossenteils Hornblende und Epidot sind. Zwillingbildungen fehlen. Die Bestimmung wird dadurch bedeutend erschwert. In Schnitten, in denen scharfe Spaltrisse nach 001 sichtbar sind, beträgt die Auslöschungsschiefe, bezogen auf diese Spaltrisse, 15° — 20° . Der optische Charakter ist positiv¹⁾. Diese Daten weisen auf *Albit*.

Als weitere Bestandteile des Gesteins sind zu nennen: Beträchtliche Mengen gelber *Epidotkörner*; hie und da stark gerundeter *Zoisit*. Ganz spärlich vertreten ist Biotit von braungrauer Farbe. *Rutil* in groben Körnern oder nur selten in feinen Kristallsäulen, und *Eisenerz*, vermutlich Titaneisen, treten stets in engster Verbindung miteinander auf.

Nach Becke²⁾ ist die Struktur als „kristalloblastisch“ zu bezeichnen. Die Anordnung der Gemengteile bedingt Ocellartextur. „Idioblasten“ sind teilweise Rutil, sowie Hornblende. Eine Abweichung gegenüber der von Becke aufgestellten Reihe nach abnehmender Kristallisationskraft³⁾ ist hier insofern zu verzeichnen, dass die Hornblende auch gegen Epidot und Zoisit ihre Kristallbegrenzung beibehält.

2. Flasriger Epidot-Amphibolit.

Der obere Grünschieferkomplex im erwähnten Profil am Tunnetschhorn (Fig. 3) besteht aus mehreren linsenförmigen Lagern. Das Gestein besitzt grobflasrige Ocellarstruktur. Von blossem Auge erkennt man die wirren Hornblendenadeln, welche gelbliche, epidotreiche Augen umhüllen. Die Gemengteile

¹⁾ Bestimmt nach der von Fr. Wright angegebenen Methode: „Two microscopic-petrographical methods“ (American journal of science, vol. XVII, May 1904, pag. 388.)

²⁾ F. Becke: Über Mineralbestand und Struktur der kristallinen Schiefer. (Wiener Akad., 1903, Bd. LXXV.)

³⁾ l. c. Seite 42.

sind dieselben wie im Amphibolitschiefer, nur tritt noch ein chloritischer Glimmer hinzu.

Die Mengenverhältnisse sind etwas verschoben dadurch, dass auffallend viel Epidot vorhanden ist. Auch die Biotitmenge ist grösser. Der Feldspat tritt stark zurück.

Die *Hornblende* zeigt oft im Kern ohne scharfe Trennung von der Hülle hellere Farbe bis Farblosigkeit und beträchtlich höhere Doppelbrechung. Offenbar sind es Übergänge zu *Aktinolit* und *Tremolit*.

Die Auslöschungsschiefe der gewöhnlichen, stark farbigen Hornblende beträgt 14° — 17° auf 010.

Der *Epidot* ist schwach gelblich gefärbt. Sein Pleochroismus ist:

a und b = fast farblos
c = hell gelblichgrün

Häufig sind Zwillinge nach 100.

Der *Biotit* ist meist mit der Hornblende verwachsen, derart, dass die Glimmerplatten parallel den Hornblendeprismen liegen. Pleochroismus ist:

a = hellbraun
c und b = dunkel olivengrün.

Das zweite, oft mit Biotit parallel verwachsene Glimmermineral ist *Klinochlor*. Er zeigt lichtgrüne Farbe mit Pleochroismus:

a und b = grün, c = farblos.

Die Auslöschung auf Schnitten senkrecht zu 001 zeigt eine Schiefe von 9° . Dadurch tritt die häufige Zwillingsbildung scharf hervor. Der Axenwinkel 2E beträgt 30° .

3. Grobkörniger, gabbroider Amphibolit.

Westlich und östlich vom Profil am Tunnetschhorn finden sich Grünschiefer in einzelnen Blöcken auf der Weide. Einige Varietäten sind bedeutend grobkörniger und allem Anschein nach weniger dynamisch verändert. An der groben Anordnung der Gemengteile lassen sich noch Reste der Eruptivgesteinsstruktur erkennen. In einem solchen Gestein vom Südfuss des Faulhorns bildet die Hornblende grössere, einheitlich orientierte Komplexe, die wahrscheinlich die Stelle eines primären Pyroxens inne haben. Die Hornblendekomplexe sind durch eine Art Ruscheln, in denen sich besonders häufig Glimmerminerale bilden, vielfach zerrissen und zertrennt. Am Rande, vorwiegend in der Prismen-

richtung, löst sich häufig die kompakte Hornblendemasse in einzelne schlanke Prismen auf. Es bildet sich Garbenstruktur¹⁾).

Mineralogisch unterscheiden sich diese Gesteine von den sub 1 und 2 beschriebenen schiefrigeren Grünsteintypen durch etwas hellere Farbe der Hornblende und das Auftreten von *Titanit* an Stelle des *Rutil*.

4. Albitschiefer.

Die Grenze zwischen den Grünschieferlagern und den Bündnerschiefern ist vielfach keine ganz scharfe. Besonders auffallend tritt dies im Streichen der Grünschieferlinsen zutage. Beidseits in der Fortsetzung der Linse, wo der eigentliche Grünschiefer ausgekeilt ist, wird häufig sein Niveau zwischen den Kalkschiefern durch grünlich gefärbte Gesteine markiert, die weder typischer Grünschiefer noch Bündnerschiefer sind, sondern aus Mineralien beider Gesteine zusammengesetzt sind. Sie bestehen oft aus feinen Lagen abwechselnd weisser und grüner Schichten und sind gelegentlich recht reich an Carbonaten. Der primäre Charakter dieser Bildungen ist nicht mit Sicherheit festzustellen. Am ehesten könnte man wohl an submarine Tuffe denken.

Zur mikroskopischen Untersuchung wurden Proben solcher Gesteine von folgenden Lokalitäten verwendet: 1) Aus der Bachrunse unmittelbar östlich Fleischboden ob Im Stafel. 2) Aus dem sub 1 beschriebenen Amphibolitschieferkomplex des Profils Fig. 3 am Tunnetschhorn.

Die hellen Lagen dieser Gesteine bestehen aus einem mosaikartigen (granoblastischen) Gemenge von Albit²⁾ und Quarz. Dazu gesellt sich in wechselnden Mengen Calcit, spärlicher: Chlorit, Biotit, Muscovit, Rutil in Aggregaten schlanker Säulchen und Pyrit.

Durch lagenweise Anreicherung der farbigen Gemengteile entsteht die grüne Bänderung des Gesteins.

In einem dieser im Tunnetschhornprofil gesammelten Gesteine, das wesentlich aus Albit (die Auslöschungsschiefe von 21° , in Schnitten senkrecht zu α gemessen, weist auf ganz reinen Albit), Quarz, viel Calcit, Muscovit und Pyrit

¹⁾ Vergleiche *G. Williams*: The greenstone schist areas of the Menominee and Marquette regions of Michigan (Bull. U. S. geol. survey, n° 62, 1890, S. 211), sowie die treffende Abbildung auf Pl. XII, Fig. 2.

²⁾ Die Bestimmung als ein dem Albit sehr nahe stehender Plagioklas ergibt sich aus folgenden Werten: Die durchschnittliche Auslöschungsschiefe in Schnitten senkrecht zu 010 wurde in einem Gestein vom Tunnetschhorn zu 12° , in dem vom Fleischboden zu 15° , die maximale Auslöschungsschiefe zu 14° resp. 17° gefunden. Schnitte senkrecht zu α zeigen im ersten Gestein 14° , im zweiten 16° , in einem dritten, ebenfalls vom Tunnetschhorn, 21° Auslöschung bezogen auf die Trace von 010.

besteht, erreichen die Albitkörner bis gegen 1 cm. Durchmesser. Alle andern Gemengteile, auch der Calcit, treten gelegentlich als Einschlüsse im Albit auf. In angewitterten Stücken machen sich die Albitkörner als vortretende Knoten bemerkbar.

Im Bereich dieser Gesteine, die ich als *Albitschiefer* bezeichnet habe, finden sich häufig Mineralaggregate, in denen einzelne Gemengteile der Albitschiefer oder der Grünschiefer in beträchtlichen Dimensionen auskristallisieren. So findet man Lagen von grobkristallinem Calcit, Quarz und würfelförmigem Pyrit. Andernorts wird der Epidot in langen, weingelben Prismen sichtbar.

b) Pikrit und massiger Amphibolit

(Saflischpasshöhe zwischen Grauhorn, 2701 m., und Bettlihorn, 2991 m.).

In der Nähe der Passhöhe habe ich zwei Grünschieferlinsen aufgefunden. Die eine zirka 60 Meter tief südwestlich unterhalb des Passes, die andere wenige Meter südöstlich von der Passhöhe. Beide liegen zwischen den kristallinen Kalken und Zellendolomiten der Trias, die hier reichlich Gips enthalten. Die Gips- und Marmorlagen sind durch ihre leuchtend weisse Farbe weithin als Marksteine der Passhöhe sichtbar. Die eigentümliche Schichtfolge der Trias zwischen Gneiss und Bündnerschiefer ist in Profil Fig. 5 (S. 16) dargestellt, so, wie sie auf der Passhöhe aufgeschlossen ist.

1. Pikrit.

Die geologische Situation der westlich von der Passhöhe gelegenen Pikritlinse gibt untenstehendes Profil Fig. 4, das durch einen kleinen Wasserlauf angeschnitten ist.

Das dunkel blaugrüne Gestein, das in der Runse in dünnen Lagen ansteht und beiderseits in zahlreichen Blöcken zutage

tritt, stellt einen ganz eigenartigen Typus dar, der in dem ganzen Simplongebiet sonst nirgends vorkommt.

Das Gestein ist feinkörnig, ohne Schieferung, bisweilen an der angewitterten Oberfläche dunkel gefleckt, und erweckt auf den ersten Blick den Eindruck eines Eruptivgesteins.

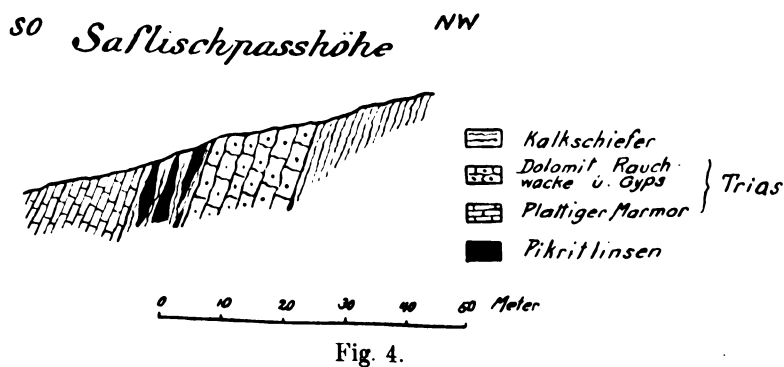


Fig. 4.

Unter dem Mikroskop erkennt man eine gleichförmige, schwach grünliche Grundmasse mit zahlreichen Einsprenglingen.

Der Gestalt nach sind diese *Einsprenglinge* einander alle sehr ähnlich. Es sind Sechsecke von rhombischem Habitus, deren zwei spitzere Winkel häufig die Werte 70° und 90° aufweisen. Ihre mineralische Zusammensetzung ist sehr wechselnd. Oft sind es reine *Serpentinpseudomorphosen*:

Die äussere Begrenzung derselben ist regelmässig durch eine schmale Serpentinfaser gebildet, die der ganzen Peripherie entlang läuft. In der Längsrichtung der Faser, also in der Peripherie der Pseudomorphose liegt stets die Richtung kleinerer optischer Elastizität (c'). An diese äussere Umgrenzung der Pseudomorphose schliesst sich nach innen eine schmale Zone isotroper Serpentinsubstanz an. Das Zentrum wird gebildet von einem Netzwerk langer Serpentinfasern, dessen Zwischenräume ausgefüllt sind von kurzen Fasern, die auf den langen senkrecht stehen. Dieses Gefüge stellt eine Art Maschenstruktur dar. In manchen Fällen ist im Kern der Pseudomorphose das Serpentinnetzwerk teilweise oder ganz von *Talk* ersetzt, während die äusseren Teile: die isotrope Zone und die peripheren Fasern, als Serpentin erhalten bleiben. Oder aber es ist allein die Peripherie in *Talk* umgewandelt, das Zentrum Serpentin geblieben.

Die Serpentinsubstanz der Einsprenglinge wird häufig teilweise oder ganz ersetzt durch *Tremolit*, *Calcit* oder *Magnetit*, so dass vollkommene Verdrängungspseudomorphosen entstehen. Am auffälligsten gibt im gewöhnlichen Licht der Magnetit die ursprüngliche Kristallform der Einsprenglinge wieder, zumal er vorzugsweise die peripheren Teile derselben pseudomorphosiert.

Die Grundmasse zeigt eine schwach grünliche Farbe und erweist sich zum grossen Teil optisch isotrop. Stellenweise bemerkt man darin kleine individualisierte *Antigoritblättchen*, oft in Begleitung und zum Teil enger Verwachsung mit *Chloritschuppen*, die optisch positiv (mit negativem Charakter der Längsrichtung der Durchschnitte) und deutlich pleochroitisch sind: a und b = bläulichgrün, c = bräunlichgelb. Ihre Doppelbrechung ist sehr gering. Wahrscheinlich liegt *Pennin* vor.

Da, wo Antigorit und Pennin mit einander verwachsen sind, erscheint regelmässig auf der Grenze zwischen beiden eine äusserst schwach mit tief violettblauen Farben polarisierende Zone. Vermutlich handelt es sich hier um eine kaum merkbar doppelbrechende Penninvarietät, die ein Übergangsglied vom optisch positiven Pennin zum optisch negativen Antigorit bildet. Die isotrop erscheinenden Teile der Grundmasse mögen aus ähnlicher Substanz bestehen.

Die Antigoritblättchen wachsen stellenweise zu grössern Tafeln aus, an denen sehr schön die Eigenschaften des typischen Antigorit studiert werden können. Die Antigorittafeln sind vielfach mit Tremolit in der mannigfaltigsten Weise verwachsen. Da, wo diese beiden Mineralien grössere Dimensionen annehmen, wird die ursprüngliche Gesteinsstruktur oft gänzlich verwischt.

Über die ursprüngliche Beschaffenheit des Gesteins ist folgendes zu bemerken: Die Einsprenglinge sind nach der Natur ihrer Umwandlungsprodukte und nach ihrer Form als *Olivin*pseudomorphosen aufzufassen. Ihre idiomorphe Ausbildung macht es wahrscheinlich, dass die Olivineinsprenglinge ursprünglich von *Glasbasis* umgeben waren, die jetzt als chloritisierte, noch recht homogene, teilweise isotrope Grundmasse vorhanden ist. Glasbasis in Pikriten und Pikritporphyriten wird ja in der Literatur vielfach erwähnt. Der Pikrit vom Saflischpass scheint ausschliesslich aus Olivinkristallen und Glasbasis bestanden zu haben. Von andern ursprünglichen Bestandteilen, wie sie in den meisten bekannt gewordenen Pikriten vorkommen, sind keine Spuren mehr nachweisbar. Immerhin erscheint mir wahrscheinlich, dass gewisse zusammenhängende Tremolitpartien die Stelle ursprünglichen Pyroxens einnehmen, besonders an den Orten, wo der Tremolit fein verteilte Magnetitausscheidungen aufweist, die in ihrer Anordnung oft auffallend einheitliche Orientierung besitzen.

Die chemische Zusammensetzung des Gesteins ist folgende ¹⁾:

Si O ₂ =	37,00 %	Na ₂ O {	
Al ₂ O ₃ =	8,64 "	K ₂ O }	0,81 %
Fe ₂ O ₃ =	6,30 "	C O ₂ =	1,35 "
Fe O =	4,93 "	H ₂ O =	9,31 "
Mg O =	28,26 "		
Ca O =	2,25 "		98,85 %

Es ist dies die Zusammensetzung eines Peridotits oder Pikrits. Die Berechnung der Osannschen Typenformel gibt folgende Werte:

$$S = 39,30; a = 0,5; e = 1,5; f = 18.$$

Es liegt demnach extremes π -Magma vor. Stofflicher Bestand und Struktur stellen das Gestein demnach zu den *Pikriten*, resp. *Pikritporphyriten*. Von Analysen aus dieser Gruppe sind zum Vergleich namentlich heranzuziehen: 1) Pikrit vom Schwarzenstein bei Trogen (Fichtelgebirge)²⁾, 2) Pikrit von „Schwarze Steine“ Wallenfels (Nassau)²⁾. Doch zeigt der Pikrit vom Saflischpass gegenüber diesen Gesteinen höhern Magnesia- und Tonerde-Gehalt, dagegen

¹⁾ Anal. Dr. F. Hinden.

²⁾ Rosenbusch, Elemente, S. 352.

Zurücktreten des Eisen- und Kalkgehaltes. Noch besser stimmt die Zusammensetzung mit der eines Pikritporphyrites aus oberem Huron überein¹⁾. Der beträchtliche Aluminiumgehalt ist wesentlich in der Grundmasse enthalten, in deren Umwandlungsprodukten ja chloritische Substanzen eine wichtige Rolle spielen.

Von grossem geologischem Interesse ist es, dass ähnliche Gesteine wie am Saflischpass auch in der Nähe von Arosa vorkommen, teilweise ebenfalls als Einlagerungen in triadischen Kalken. A. Bodmer-Beder²⁾ beschreibt vom Weisshorn und vom Oberberg bei Arosa als „vitrophyrische“ und „olivinporphyrische Diabase“ Gesteine, die wesentlich aus idiomorphen Olivineinsprenglingen und Erzen in einer vitrophyrischen oder mikrofelsitischen Basis bestehen. Diese Gesteine sind dort aufs engste mit Diabasen verknüpft und von Diabas-
tuffen begleitet.

2. Massige, einschlussreiche Amphibolite.

Wenige Schritte östlich der Passhöhe treten in den obersten Schichten der Trias, zwischen Dolomit und Gyp, dunkelgrüne blockartige Massen eines richtungslos struierten Amphibolites zu Tage, der im ganzen das Aussehen eines feinkörnigen bis mittelkörnigen Diorites hat. Die geologische Situation zeigt beistehendes Profil der Saflischpasshöhe, Fig. 5.

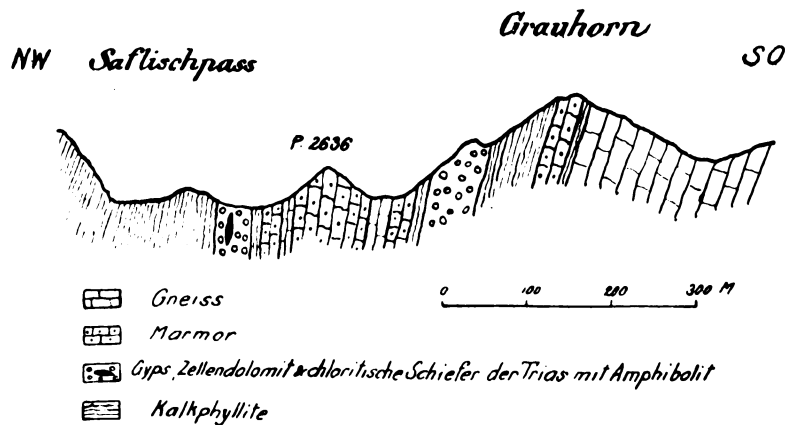


Fig. 5.

Der Amphibolit enthält gelegentlich hellfarbige Einschlüsse und ist da und dort reichlich von grösseren Pyrit- und Magnetitkristallen durchspickt.

Der Hauptbestandteil ist die *Hornblende*, oft in zusammenhängenden Komplexen auftretend, die sich randlich in isolierte Hornblendenadeln und -körner auflösen. Pleochroismus: a = gelblich; b = grün; c = blaugrün. Winkel c: c = 18° bis 19°.

¹⁾ M. Clements: The western part of the Crystall Falls district. (U. S. A. geol. Surv. Monographs 36, 1899, S. 219.)

²⁾ A. Bodmer-Beder: Über Olivindiabase aus dem Plessurgebirge Graubünden. (N. Jahrb. f. Min. B. B. XII, S. 238—267.)

Biotit ist schon makroskopisch bemerkbar. Er stimmt mit dem Seite 11 beschriebenen überein und ist häufig mit Hornblende, seltener mit *Klinochlor* parallel verwachsen.

Weitere Gemengteile sind: *Epidot*, saurer *Plagioklas*, *Rutil*, *Pyrit*.

Die Struktur ist kristalloblastisch. Die Gemengteile zeigen in folgender Reihe abnehmenden Idiomorphismus: *Rutil*, Hornblende, *Biotit*, *Plagioklas*.

Das Gestein stimmt mineralogisch mit den von der Westseite des Safischpasses (namentlich sub 2) beschriebenen Amphiboliten überein, zeichnet sich aber durch die richtungslose körnige Struktur aus, in der der ursprüngliche Eruptivcharakter besonders makroskopisch gut erhalten ist. Um die hellfarbigen, vom Amphibolit scharf abgegrenzten Einschlüsse herum erscheint jener oft feinkörnig bis dicht. U. d. M. erkennt man in diesen dichtern Partien einen feinen Hornblendefilz mit zurücktretendem Feldspat. Diese Erscheinung weist auf eine schon primär feinkörnige basischere Randfacies des Gesteins, also auf endomorphe Kontaktmetamorphose hin.

Die Einschlüsse bestehen aus einem grünlichgelben, feinkörnigen granoblastischen Gemenge von *Epidot* und *Albit*¹⁾. Die *Albite* sind durchspickt von feinen Hornblendenädelchen und wohlausgebildeten kleinen *Epidotkristallen*.

Dieses Gestein ist wohl aus einer eingeschlossenen Sedimentscholle hervorgegangen. Was auch die ursprüngliche Natur derselben gewesen sein mag, jedenfalls ist der hohe Natrongehalt auffallend, den der mehr als die Hälfte des Gesteins bildende *Albit* bringt. Dieser Reichtum an *Albit* ist übrigens, wie wir gesehen haben, vielfach charakteristisch für die mit den Amphiboliten unmittelbar in Kontakt stehenden Gesteine. Es scheint hier wie dort sich um Zufuhr von Natron von dem Eruptivgestein aus in das Nebengestein zu handeln. Ob dieser Vorgang der Kontaktmetamorphose oder späterer Umwandlung zuzuschreiben ist, soll weiter unten besprochen werden.

III. Binnenthal-Feldbach-Hohsandgletscher.

a) Der Amphibolitzug Breithorn bis Hohsandgletscher.

Verfolgt man den Südrand der Binner Bündnerschiefermulde vom Safischpass weiter ostwärts, so findet man Spuren von Grünschieferlainlagerungen erst wieder am Südabhang des Breithorn auf dem Holiboden. Fernerhin treten sie zu Tage: bei Z' Binnen, bei der Binnabrücke in Schmidigenhäusern, an

¹⁾ Die Maximalauslöschungsschiefe in der Zone senkrecht zu 010 beträgt 15° , die Auslöschungsschiefe zur Zwillingsgrenze in Schnitten senkrecht zu $\alpha = 13^{\circ} - 15^{\circ}$.

der Einmündung des Lochgrabens und des Lauigrabens in die Binna bei Giessen und bei Kehlmaten ob Im Feld, wo sie als schroffe grüne Wand den steilen Weidenkamm krönen.

Wahrscheinlich bilden die Grünschiefer auf dieser Strecke ein ziemlich kontinuierliches Lager in den Kalkschiefern im Hangenden der Trias, die bei Hofji in einem Kalkbruch als weisse und bläuliche Dolomitmasse zutage tritt. Der beste Aufschluss in den Grünschiefern in der Sohle des Binnatales ist der im Lauigraben bei Giessen. Dieser Graben schliesst untenstehendes Profil auf (Fig. 6).

Zirka zwei Kilometer nordöstlich von Kehlmaten bei der alten Eisen-
grube von Feldbach setzt wieder ein kontinuierliches Lager von steil süd-
fallenden oder saigern Grünschiefern ein, die bis auf den hohen Kamm der Turbhörner sich
verfolgen lassen. Auf dem Grat zwischen
Turbengletscher und Mittlenberggletscher und
weiterhin auf dem firnumlagerten Felskamm
der Strahlgräte werden sie wieder sichtbar,
stets in zirka 150 m. Distanz begleitet von
dem weissleuchtenden Dolomitbande der Trias.

In der Strichrichtung dieses Zuges liegen die Grünschiefer am Blindenhorn, die höchst wahrscheinlich unter dem Gletscher mit denen der Strahlgräte sich verbinden.

Die Mächtigkeit der Grünschiefer vom Breithorn bis zu den Strahlgräten schwankt zwischen 1—15 Meter. An manchen Stellen trennt sich der sonst einheitliche Zug in mehrere Teillager und Linsen. So z. B. im Lauigraben (Fig. 6).

Der petrographische Charakter der amphibolitischen Grünschiefer des ganzen Zuges ist ein eintönig gleichförmiger. Die Hauptmasse derselben ist äusserst fein geschiefert. In selteneren Fällen, namentlich im Zentrum grösserer Anschwellungen des Lagers ist die Parallelstruktur weniger ausgeprägt. Auf dem Hauptbruch des feinschiefrigen Gesteins bemerkt man einen dunkel bläulich-grünen, seidenglänzenden Filz von Hornblendenadeln. Der Querbruch weist einen Wechsel von äusserst feinen dunkleren, hornblendereichen und hellern feldspatreichen Schichtchen auf, die oft in zierlichster Weise gefältelt sind. Je ein Schichtchen enthält die ausgewalzten Umwandlungsprodukte eines einzelnen ursprünglichen Gemengteiles. Bei primär grobkörnigerem Gestein nehmen die Schichtchen an Dicke zu, so namentlich im Zentrum mächtigerer Lager.

Im Lauigraben bei Giessen



Fig. 6.

Der Mineralbestand entspricht dem der Grünschiefer vom Saflischpass. Hauptbestandteil ist dieselbe bläulich-grüne *Hornblende* entweder in zusammenhängenden Komplexen auftretend oder als isolierte Kryställchen, die dann deutlich von Prisma und beiden Pinakoiden begrenzt sind. Die *Hornblende* ist eingebettet in einer glashellen „Grundmasse“ von saurem *Plagioklas* und etwas *Quarz*. In wechselnden Mengen finden sich daneben *Epidot*, der, wenn reichlich vorhanden, das sonst weisse Albit-Quarzmosaik gelblich färbt, ferner *Biotit*, *Zoisit*, *Pyrit*, *Titaneisen* und mit grosser Regelmässigkeit *Rutil*. Dieser bildet gelbe Körner und begleitet dann häufig das Eisenerz oder er ist in wohlbegrenzten Kristallsäulchen ausgebildet, die oft zierliche Zwillingsbildungen aufweisen. Es wurden beobachtet: knieförmige Zwillinge nach 101 und herzförmige Zwillinge nach 301.

An der Peripherie der kompakten Grünschieferlager stellen sich häufig gebänderte Gesteine ein, die einen vielfachen Wechsel zeigen von hornblende-reichen oder häufiger noch von biotit- und chloritreichen dunkelfarbigem Schichtchen mit hellern Schichtchen die hauptsächlich aus Calcit, Albit, Quarz und Epidot bestehen, nur in geringen Mengen auch *Hornblende*, Chlorit, Biotit und Muscorit sowie etwas *Rutil* und stellenweise auffallend viel *Pyrit* führen. Auf diese Weise wird gewissermassen ein allmählicher Übergang von den Grünschiefern zu den Kalkphylliten vermittelt und man erhält den Eindruck, es habe eine Mischung des Materials beider Gesteine stattgefunden, die man sich wohl in der Form von Tuffbildungen erklären kann.

Am Fuss des Hölzlihorns, wo die Grünschiefer die bedeutendste Mächtigkeit erreichen, finden sich darin rundliche Einschlüsse von grobkristallinem Marmor und Epidotgesteinen.

Die Spuren, die auf den ursprünglichen Charakter der Grünschiefer hinweisen sind recht spärlich. Dazu gehört namentlich das Anwachsen der Korngrösse im Zentrum der mächtigeren Lager, sowie die Einschlüsse. Trotzdem steht es ausser Zweifel, dass wir es mit extremen Umwandlungsprodukten diabasartiger Eruptivgesteine zu tun haben, was sich namentlich aus der Untersuchung der Grünschiefer bei Tschampigenkeller und am Banhorn ergeben hat.

b) Der Topfstein am Gandhorn.

Im stratigraphischen Niveau der Grünschiefer findet sich am Gandhorn, etwa 500 m. südwestlich von Feldbach, und somit vom Anfang des amphibolitischen Grünschieferzuges entfernt eine Linse von sog. Topfstein oder Ofenstein im Kalkschiefer eingeschlossen,

Das Gestein besteht aus einem feinkörnigen Gemenge von *Talk* und *Antigorit*. Der *Talk* füllt häufig die Zwischenräume zwischen den grössern idiomorph ausgebildeten *Antigorit*blättchen aus. Dazu gesellt sich etwas Eisenerz und zahlreiche bis zu 1 cm. Grösse anwachsende Einsprenglinge von *Magnetit*.

Makroskopisch stellt sich diese Mineralkombination als eine bald grünere bald grauere „Grundmasse“ dar (je nach dem Vorwalten von *Antigorit* oder *Talk*), mit gelben spiegelnden Einsprenglingen.

Das Auftreten derartiger kleiner Linsen von Magnesiagesteinen in Begleitung der amphibolitischen Grünschiefer, wie wir es ja auch in der Gantermulde kennen, findet seine Erklärung in dem Pikritvorkommen am Safischpass.

IV. Banhorn.

a) Spezielle geologische Beschreibung.

Die bedeutendste Entwicklung im ganzen Gebiet östlich von der Simplonstrasse erlangen die Grünschiefer am Banhorn. Sie bilden einen grossen Teil seines südwestlichen Abhanges gegen das Ostende des Hohsandgletschers hin.

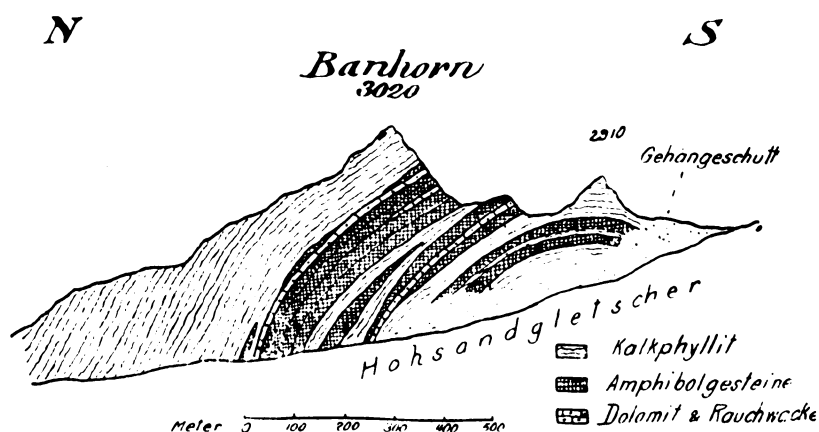


Fig. 7.

Besonders schön sieht man die dunkelgrünen Massen bei guter Beleuchtung vom Gipfel des Hohsandhornes aus. Von dort aus habe ich sie entdeckt. Sie erscheinen als ein Gewölbe, das unter dem Banhorngipfel und Punkt 2910 sich wölbt.

In Fig. 7 sind ihre geologische Situation, die ich auf S. 6 kurz skizziert habe, sowie die Lagerungsverhältnisse zur Darstellung gebracht.

Nirgends im Simplongebiet tritt der Eruptivgesteins-Charakter der Grünschiefer so augenfällig hervor wie am Banhorn. Einige Lager entbehren jeglicher Parallelstruktur und erscheinen als massige richtungsloskörnige Eruptivkörper. Schlierenartige Ausbildung und Gangbildungen vollenden das eruptive Gepräge.

Steigt man in dem Bett des Wildbaches an, der vom Westabhang des Banhorns zum Ende des Gletschers hinunterfließt, so trifft man unter steil nordfallenden Kalkphylliten zunächst auf einen 15—20 m. mächtigen Komplex von feinkörnigen, einheitlich dunkelgrün gefärbten Schieferen. Dann folgen in mehrfachem

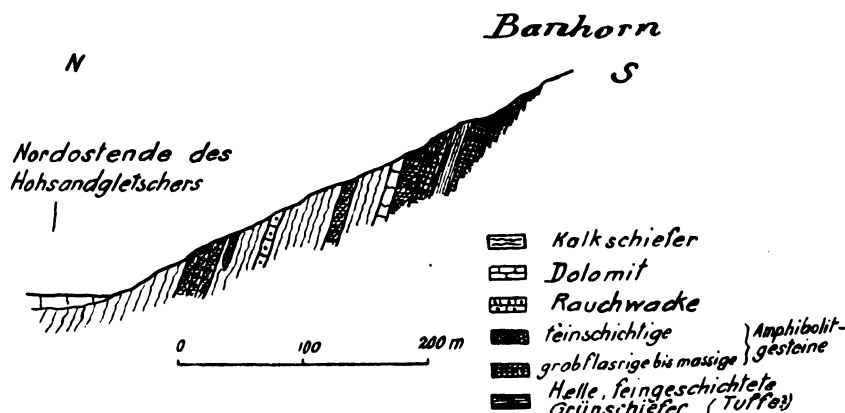


Fig. 8.

Wechsel Kalkschiefer und Grünschiefer, dazwischen Rauchwacke und Marmor in der Reihenfolge, die obenstehende Skizze Fig. 8 angibt.

Unter dem Marmor beginnt ein mächtiger Komplex von Grünschiefern. Sie sind meist recht grobkörnig. An der Grenze gegen das Nebengestein stellen sich jedoch feinkörnigere Varietäten ein, die in ihrem Gesteinscharakter identisch sind mit den kleineren, isoliert in den Kalkschiefern liegenden Grünschieferlagern. Bemerkenswert sind die Beziehungen zwischen grobkörnigem und feinkörnigem Grünschiefer. Die beiden Abarten sind schlierenartig ineinander gemengt. An einigen Stellen, so am Westabhang des Gipfels Punkt 2910, bildet das feinkörnige Gestein Gänge im grobkörnigen. Die recht scharfen Grenzen beider verlaufen diskordant zur Schieferung.

Ich beschreibe im folgenden die wichtigsten Gesteinstypen, die in der Grünschiefermasse des Banhorns sich finden.

b) Resultate der petrographischen Untersuchung.

1. Als grobkörnigen Gabbroamphibolit

kann man das Gestein bezeichnen, das die Hauptmasse der zentralen Teile des Lagers ausmacht.

Der auffallendste Bestandteil ist dunkelgrüne *Hornblende* mit Pleochroismus a = hellgelblich bis farblos, b = grün, c = bläulichgrün und 160° — 170° Auslöschung auf 010. Die Hauptmenge bildet bis über centimetergrosse, einheitlich spaltende Putzen, die keine Kristallbegrenzung, aber hie und da einheitliche Zwillingsbildung zeigen. An der Peripherie, die in der Regel etwas dunkler

gefärbt ist, faserig die Putzen in viele einzelne Hornblendestengel aus — die Hornblende wird „schilfig“ —, so dass typische Garbenstruktur entsteht. Mit der Isolierung der einzelnen Hornblendenadeln geht die Vervollkommenung der Krystallbegrenzung Hand in Hand.

Die Hornblendeputzen liegen in weisser bis gelblicher Zwischenmasse, die wesentlich aus Feldspat und Epidot besteht. Die wasserklaren Feldspatkörner zeigen recht selten Zwillingsbildung. Ihre Bestimmung führt auf *Oligoklasalbit*¹⁾ mit etwas über 90 % Albitmolekül.

Epidot fehlt fast nie. Stellenweise übertrifft er an Menge selbst den Plagioklas. In der Regel sind es rundliche Körner, die oft starke Abnahme der Doppelbrechung gegen die Peripherie hin zeigen. *Biotit* erscheint gelegentlich zwischen die Spaltflächen der Hornblende eingewachsen. *Titanmineralien* kommen in zweierlei Gestalt vor. In dem wenig oder gar nicht geschiefertem, massigen Gabbroamphibolit findet sich *Titanit* in der Form feinkörniger, leukoxenartiger Fetzen. Nur hie und da gestatten etwas grössere, einheitlich orientierte Partien die sichere optische Bestimmung. Dagegen fand ich in einem mehr faserigen Gestein ausschliesslich *Rutil* in länglichen Körnern oder kleinen, schlanken Kristallnadeln, die oft Zwillinge bilden. Da die fein geschiefertem Grünschiefer des Binnentalles durchwegs *Rutil*, nicht *Titanit* enthalten, liegt die Vermutung nahe, dass bei starker dynamischer Umwandlung des Gesteins *Rutil* statt, oder aus *Titanit* sich entwickelt. Ganz gleich verhalten sich die Titanmineralien in den Grünschiefern am Saflischpass (vgl. S. 11, 3).

Die chemische Zusammensetzung eines für die Hauptmasse des Vorkommens charakteristischen, massigen Gesteines mit mässigem Epidotgehalt ist folgende²⁾:

Si O ₂	—	48,30 %	Mg O	—	7,05 %
Ti O ₂	=	1,25 "	Ca O	=	12,01 "
Al ₂ O ₃	=	16,55 "	Na ₂ O	=	2,86 "
Fe ₂ O ₃	=	2,51 "	K ₂ O	—	0,76 "
Fe O	=	6,84 "	H ₂ O	=	1,70 "
Mn O	=	Spur	Summa		99,83 %

¹⁾ Da Zwillinge fehlen ist die Bestimmung wesentlich auf Schnitte senkrecht zu den Rissebenen angewiesen. Die an 12 senkrecht zu c geschnittenen Körnern angestellten Messungen ergaben 6°—7° Auslöschungsschiefe, bezogen auf die Trace der Basis. Dieselben Werte stimmen auch für Andesin, doch scheint dessen Vorkommen hier im Hinblick auf die Feldspatarten der übrigen Grünschiefer unwahrscheinlich.

²⁾ Anal. Dr. Fr. Hinden.

Der chemische Bestand ist typisch der eines *Gabbro*. Die Analyse stimmt gut überein mit der des Olivingabbros vom Stortoppen bei Sulitelma¹⁾, dessen Diallag weitgehend in Hornblende umgewandelt ist. Auch die Typenformel $s = 53,3$; $a = 2$; $c = 4$; $f = 14$ stellt das Gestein zum Typus „Sulitelma“ nach Osann.

Was den primären Mineralbestand des Gesteines anbetrifft, so fragt es sich zunächst, ob die Hornblende schon anfänglich als Hornblende vorhanden war, oder aus Diallag hervorgegangen ist. Dass kompakte einheitlich spaltende Hornblendekomplexe vorhanden sind, spricht nicht unbedingt für ihren primären („protogenen“ nach Becke) Charakter. Geht doch in vielen Fällen die Umwandlung des Diallag zu fasriger Hornblende durch das Stadium einer kompakten, grünen Hornblende.²⁾ Auch scheint mir die völlige Umkristallisation der übrigen Gemengteile für die sekundäre Natur der Hornblende zu sprechen. Bei besonders wohl erhaltener massiger Struktur erscheinen nun freilich die Hornblendekomplexe gelegentlich in deutlicher Stengelform, wie sie Diallag wohl kaum zeigt, so dass man den Eindruck erhält, es sei Hornblende gewesen, die die ursprüngliche Struktur bedingte. Am wahrscheinlichsten erscheint mir demnach, dass die fasrige und die kompakte grüne Hornblende zum grossen Teil aus einer primären braunen Hornblende hervorgegangen seien. Alle Umwandlungsstadien von primärer brauner Hornblende zu kompakter grüner und endlich zu schilfiger, wirrstengeliger Hornblende konnte G. Williams konstatieren an den Grünsteinen des „Gabbro Ridge“ an den untern Quinnesec-Fällen des Menominee-Flusses.³⁾ Auch R. W. Schäfer⁴⁾ beschreibt analoge Umwandlungen aus dynamo-metamorphem Hornblendediorit des basischen Gesteinszuges von Ivrea: Die braungrüne Hornblende verwandelt sich in eine grüne (als Aktinolit bezeichnete) Hornblende von schwächerer Färbung und geringerer Doppelbrechung mit demselben Pleochroismus wie die der Simplon-grünschiefer.

2. Granatamphibolit.

In einigen Lagen der Hauptgrünschiefermasse stellt sich als weiterer Gemengteil *Granat* ein. Er bildet häufig nesterweise zusammengescharte rotbraune Körner, v. d. L. schmilzt er zu schwarzer, stark magnetischer Masse; demnach steht er dem Almandin nahe.

¹⁾ Sjögren: Geol. Fören. Förh. 18. 1896.

²⁾ G. Williams l. c. S. 72.

³⁾ G. Williams l. c. S. 77.

⁴⁾ R. W. Schäfer: Der basische Gesteinszug von Ivrea im Gebiet des Mastallonetales (Tscherma's. min. u. pet. Mitt. Bd. 17. 1898. S. 508).

Die Struktur dieser Granatamphibolite ist entweder ganz massig, richtungslos; dann bildet die Hornblende grössere zusammenhängende, einheitlich orientierte Komplexe, die nur am Rande ausfasern, ganz wie in den oben beschriebenen Gabbroamphiboliten, oder aber es tritt Parallelstruktur ein, dann löst sich die Hornblende in lauter isolierte Säulchen auf (schilfige Hornblende).

Mit dem Auftreten des Granates parallel gehen auch Änderungen im Charakter der übrigen Gemengteile der Grünschiefer. Die Hornblende erscheint dunkler gefärbt und der Feldspat zeigt häufigere Zwillingbildung. Die optische Bestimmung führt auf nahezu reinen Albit.¹⁾ Sowohl die dunkle Farbe der Hornblende als auch der geringe Anorthitgehalt des Plagioklas weisen darauf hin, dass der Kalk hier wesentlich an Epidot und zum Teil wohl auch an Granat gebunden ist, wodurch in der Hornblende der Eisengehalt im Plagioklas der Albitgehalt angereichert wird.

Neben wechselnden Mengen von *Epidot* enthält das Gestein ausser den genannten Gemengteilen hie und da auch *Biotit*. Das Verhalten der titanführenden Mineralien ist sehr merkwürdig. Es kommen vor: entweder titanhaltige Eisenerze (Ilmenit oder Magnetit) allein, oder Erze mit Rändern feinkörniger Leukoxenaggregate, oder endlich grössere einheitliche orientierte Körner von Titanit ohne Erze. Man erhält den Eindruck, dass dies drei Stadien seien einer fortschreitenden Umwandlung der titanhaltigen Erze zu Titanit unter Resorption des Eisengehaltes zu gunsten anderer Gemengteile. Es liesse sich denken, dass diese Umwandlung Hand in Hand gehe mit der dynamischen Umformung des Gesteins. Dass dies aber nicht in allen Fällen zutrifft, zeigen die in vorliegenden Gesteinen beobachteten Erscheinungen. In einer Granatamphibolitvarietät, in der die Hornblendekomplexe gänzlich in fasrige Hornblende umgewandelt sind und ausgeprägte Parallelstruktur sich einstellt, erscheinen die Erze ganz intakt, während sie in andern Varietäten bei wohl erhaltener massiger Struktur starke Leukoxenränder aufweisen oder völlig in Titanit umgewandelt sind. Auch trafen wir ja in den oben beschriebenen Gabbroamphiboliten bei wohl erhaltener massiger Gesteinsstruktur nur Titanit (Leukoxen) ohne Reste von Erzen.

Dagegen lässt sich ein anderer Zusammenhang deutlich nachweisen: Titanit an Stelle der titanhaltigen Erze tritt stets in den Gesteinen auf, die reichlich Epidot enthalten, während Erze ohne, oder mit geringer Leukoxenbildung dort sich finden, wo Epidot im Gestein fehlt.

¹⁾ Schnitte mit senkrechtem Austritt von *a* zeigen 15° Auslöschungsschiefe bezogen auf die Trace von 010, solche mit senkrechtem Austritt von *c* 17½° bezogen auf 001.

Offenbar liegen hier beachtenswerte Erscheinungen der chemischen Gleichgewichtszustände zwischen den einzelnen Gesteinsgemengteilen vor, die aber in ihrer komplizierten Gesamtheit der Beziehungen vorläufig sich nicht vollständig überblicken lassen. Nur so viel scheint mir aus dem Beobachteten deutlich hervorzugehen, dass das Auftreten des Epidots die Resorption eisenoxidischer Verbindungen aus andern Gemengteilen mit sich bringt.

3. Amphibolitschiefer.

In den randlichen Teilen der Hauptgrünsteinmasse sowie in einzelnen kleinen Lagern in den Kalkphylliten zerstreut finden sich (vgl. S. 21, sowie Fig. 8) feinkörnige, streng parallel struierte Grünschiefer. Sie bestehen vorwiegend aus bläulichgrünen Hornblendenadeln, die durch ihre Parallelanordnung dem Gestein eine ausgeprägte Streckung verleihen. Zwischen der Hornblende liegen langgestreckte Linsen des Feldspatmosaiks.

Das einzige Titanmineral ist *Rutil*, wie überall in den feinschiefrigen Arten der Grünschiefer. Der Kieselsäuregehalt des Gesteins ist 46,49⁰/₀, der Eisenoxydulgehalt 9,24⁰/₀.

Die Amphibolitschiefer sind also etwas kieselsäureärmer und eisenreicher als das Hauptgestein und können demnach wohl als dessen *basische Randfacies* betrachtet werden.

4. Hornblendeschiefer und Topfstein.

In den untern Lagen der Hauptgrünsteinmasse, unmittelbar westlich unterhalb des Passes zwischen Banhorn und Punkt 2910 finden sich Gesteine, die auf noch basischere Glieder unter den primären Gesteinstypen hinweisen, als die durch die Amphibolitschiefer repräsentierten:

a) *Hornblendeschiefer*, ein äusserst feinschiefriges, seidenglänzendes, wellig gefaltetes Gestein. Es besteht aus einem Gemenge von hellgrünem, stellenweise etwas chloritisiertem *Amphibol* und *Klinozoisit*. Der *Klinozoisit* zeigt eigenartig blaue Interferenzfarben. In seinem Kern schliesst er häufig *Epidot* ein. Ferner findet sich *Rutil* in skelettartig aneinander gereihten Körnern, die in der Schieferungsrichtung des Gesteins verlängert sind. Ein Mineral mit hohem Brechungsexponent und starker positiver Doppelbrechung, das in einzelnen Körnern oder kurzen Stengeln mit pyramidalen Enden auftritt und gerade Auslöschung aufweist, wurde als *Zircon* gedeutet.

b) *Topfstein*. Die Hornblendeschiefer sind an einer Stelle verknüpft mit eigentlichen Magnesiagesteinen, die die volkstümlichen Namen: Ofenstein, Topfstein, Giltstein, Lavezstein, Pierre ollaire führen.

Es sind graugrüne, schuppige, silberglänzende Gesteine mit Einsprenglingen von bräunlichen *Dolomit*kristallen. Die Hauptmasse besteht aus einem Gemenge von *Talk* und optisch positivem *Chlorit* mit kleinem Axenwinkel. Daneben findet sich *Magnetit* in wohl ausgebildeten Kristallen.

Das Gestein findet seine Analoga in den Topfsteinen vom Gandhorn (S. 19) und bei Visp.¹⁾ Dies spricht mit für die geologische Zusammengehörigkeit des ganzen Grünschieferzuges. Auch der Hornblendeschiefer vom Banhorn hat im „Amphibol-Klinozoisitschiefer“ der inneren Nanzlücke²⁾ ein ganz entsprechendes Äquivalent.

5. Gangbildungen.

Die grobkörnige Hauptmasse der Gabbroamphibolite wird stellenweise von dunklern und hellern Amphibolgesteinen gangartig durchsetzt. Die dunklern Gänge entsprechen vollständig der feinschiefrigen Randfacies und sind wohl gleich dieser als basische Spaltungsprodukte des Magma aufzufassen.

Die hellen Gänge zeigen qualitativ dieselbe mineralische Zusammensetzung, wie das grobkörnige Nebengestein, stellenweise mit etwas Granat, sowie Pyrit und dessen Umwandlungsprodukten. Doch herrscht Epidot bedeutend vor, alle andern Gemengteile treten an Menge zurück.

Die chemische Analyse des Gesteins gibt folgendes Resultat³⁾:

Si O ₂	—	44,90 %	Ca O	—	10,05 %
Ti O ₂	—	0,31 "	Na ₂ O	—	2,35 "
Al ₂ O ₃	—	29,18 "	K ₂ O	—	0,85 "
Fe ₂ O ₃	—	5,91 "	Glühverl.	—	1,66 "
Fe O	—	3,28 "			
Mg O	—	2,41 "	Summa		100,90 %

Auffallend ist der ausserordentlich hohe Tonerdegehalt. Bei normalen Eruptivgesteinen kommt ein solcher nur vor, wenn nahezu das ganze Gestein aus basischem Plagioklas besteht wie bei den Anorthositen. Dies verlangt aber über 50 % Kieselsäure, passt also nicht auf unser „Ganggestein“. Bei analogen Proportionen der übrigen Gemengteile erreichen einen annähernd so hohen Tonerdegehalt einige Basalte.⁴⁾ Trotzdem ist der Tonerdegehalt als

¹⁾ H. Preiswerk: Die metamorphen Peridotite und Gabbrogesteine in den Bündnerschiefern zwischen Visp und Brig. (Verh d. Naturf. Ges. Basel. Bd. 15, H. 2, 1903, S. 298.

²⁾ l. c. S. 311.

³⁾ Anal. Dr. F. Hinden.

⁴⁾ Vgl. Plagioklasbasalt vom Baikalsee in: Osann: Analysen der Eruptivgesteine S. 219, Nr. 2184.

anormal anzusehen. Er muss durch stoffliche Umwandlung des ursprünglichen Eruptivgesteins bedingt sein. Verglichen mit dem umgebenden Gabbroamphibolit fällt die vorgeschrittene Oxydation des Eisens auf, die auf oxydierende Zersetzungserscheinungen hinweist. Derartige Umwandlungen sind vermutlich durch die in den Gesteinsklüften zirkulierenden Dämpfe oder Thermalwässer hervorgebracht worden. Als Stütze für die Annahme kann der im Pyrit gebundene Schwefelgehalt angesehen werden, der dem Nebengestein fehlt.

6. Tuffe?

Zwischen die obere Lager der Gabbroamphibolite eingeschaltet, treten hellgrüne, scharf geschichtete Gesteine auf. Die Schichtchen bestehen aus weissen und grünen Lagen von Millimeter- bis Centimeterdicke. Einige Lagen sind reich an eiförmigen Calcitknauern, die, herausgewittert, wie Mandelräume aussehende Höhlungen hinterlassen.

Das Gestein besteht aus einem Gemenge von saurem Plagioklas, Quarz, grüner Hornblende, Klinozoisit und Epidot, die durch den Wechsel ihrer relativen Menge die verschiedene Farbe der einzelnen Schichtchen bedingen. Zu diesen Hauptgemengteilen tritt noch Titanit, ferner stellenweise Biotit, in sehr grossen einschliessreichen Kristallen sog. „Porphyroblasten“.¹⁾ Die Glimmer tafeln liegen meist geneigt zur Schichtebene.

Die grosse Ähnlichkeit im Mineralbestand mit den umgebenden Gabbroamphiboliten, mit deren Struktur dieses zweifellos ursprünglich geschichtete Gestein gar nichts gemein hat, lässt es wahrscheinlich erscheinen, dass tuffartige Bildungen von demselben Material, aus dem die Grünschiefer bestehen, vorliegen, also etwa Diabastuffe, die teilweise mit den Sedimenten der Trias gemengt sein mögen.

V. Tschampigenkeller.

a) Spezielle geologische Beschreibung.

Die Teilmulde der Bündnerschiefer, die vom untern Saflischtal an ostwärts, am Südrand der Binner Hauptmulde sich hinzieht, führt in gleicher Weise wie diese im südlichen, umgekippten Muldenschenkel mehrere Linsen von Grünschiefern. Bei Tschampigenkeller, am Weg über den Albrunpass, der vom Binnental über die Schweizergrenze nach der Alp Devero führt, durchschneidet die Binna ein grösseres Lager solcher Gesteine, das auf zirka 1 $\frac{1}{2}$ km. aufgeschlossen ist.

¹⁾ F. Becke l. c. S. 47.

Auch hier liegen die Grünschiefer stratigraphisch über dem Grenz-
marmor der Trias, von ihr durch wenig mächtige Schichten von granatführenden
Bündnerschiefern getrennt. Tektonisch liegen die Grünschieferlinsen von
Tschampigenkeller unter der Trias und der darauf ruhenden überschobenen
Gneissantiklinale des Ofenhorns, wie dies durch beistehendes Profil dargestellt

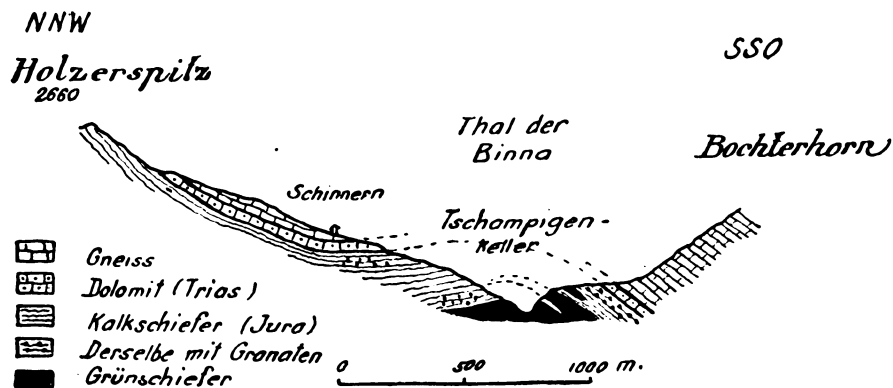


Fig. 9.

ist. Es sind mehrere Grünschieferlinsen vorhanden, die im westlichen Teil mehr
isoliert liegen, gegen Osten sich zusammenscharen zu einem einheitlichen Komplex.
Hier ist auch die Struktur zum Teil völlig richtungsloskörnig und die Gesteine
treten als massige Klippen zu Tage. Während im östlichen Teil die „Grün-
schiefer“ den Kern einer flachen, sekundären Antiklinale bilden, treten sie im
Westen in mehreren gleichsinnig südwärts einfallenden Linsen auf, übereinstim-
mend mit den hier wieder isoklinal aufgerichteten Kalkschiefern. Der Übergang
von der einen zur andern Lagerungsart ist sehr abrupt und wird offenbar bedingt
durch die nordwärts Tschampigenkeller einsetzenden überschobenen Gneissmassen.

b) Resultate der petrographischen Untersuchung.

Der Haupttypus der Gesteine von Tschampigenkeller ist dem der Ban-
horngesteine mineralogisch und strukturel analog. Er kann als

1. Gabbro-Diorit-Amphibolit

bezeichnet werden. In ganz massigen Varietäten hat die *Hornblende* auch
hier schöne Garbenstruktur. Ihre Auslöschungsschiefe auf 010 wurde zu
durchschnittlich 18° bestimmt. Der mittlere Brechungsexponent ist $1,6325$.
Das spezifische Gewicht beträgt $2,975$. Zur chemischen Untersuchung isolierte
ich die Hornblende durch kombinierte Trennung mit schweren Flüssigkeiten
und dem Elektromagneten. Ihre chemische Zusammensetzung ist folgende¹⁾:

¹⁾ Analyse von Dr. F. Hinden.

Si O ₂	=	47,80 %	Mg O	=	13,65 %
Al ₂ O ₃	=	10,28 "	Na ₂ O	=	1,28 "
Fe ₂ O ₃	=	2,42 "	K ₂ O	=	0,64 "
Fe O	=	11,02 "	Glühverl.	=	2,28 "
Ca O	=	12,20 "	Summa	=	101,57 %

Das Mineral ist zur gemeinen Hornblende zu stellen. Jedoch zeigt die Berechnung, dass der Kalkgehalt gegenüber Mg O und Fe O grösser ist, als dem Verhältnis im Aktinolitmolekül entspricht. Es muss daher eine Beimischung von zirka 15 % an Richteritmolekül angenommen werden.

Der *Plagioklas* wurde in Schnitten senkrecht zur positiven Bissectrix (c) bestimmt. Acht Messungen der Auslöschungsschiefe bezogen auf die Spaltrisse von 001 gaben im Mittel 7°. Dieser Wert bestimmt den Feldspat als *Oligoklas-Albit* mit etwas über 90 % Albitmolekül, übereinstimmend mit den an den Plagioklasen der Gesteine vom Banhorn gemachten Beobachtungen.

Eine chemische Analyse des Plagioklas wurde ausgeführt an Material, das durch Touletsche Lösung getrennt worden war und noch ganz kleine Mengen von Hornblende beigemengt enthielt.

Das Resultat ist folgendes (sub I)¹⁾:

	I	II		I	II
Si O ₂	= 62,49 %	62,96 %	Mg O	= 0,35 %	---
Al ₂ O ₃	= 22,70 "	23,08 "	K ₂ O	= 1,00 "	1,01 %
Fe ₂ O ₃	= 0,50 "	0,12 "	Na ₂ O	= 8,52 "	8,72 "
Ca O	= 4,31 "	4,11 "	Summa	99,87 %	100,00 %

Aus der Magnesia wurde die Menge der beigemischten Hornblende berechnet und abgezogen. Daraus ergibt sich die chemische Zusammensetzung des Plagioklas, wie sie sub II auf 100 % umgerechnet angegeben ist. Es ist die des *Oligoklas* mit 80,5 % Albitgehalt. Gegenüber der optischen Bestimmung weist also die chemische Analyse auf einen etwas basischeren, um zirka 10 % an Anortitmolekül reicheren Plagioklas hin.

Der Grund hierfür scheint mir folgender zu sein: Unter den sekundär entstandenen Grünschiefer-Plagioklasen, die in ihrer Zusammensetzung etwa zwischen Albit und basischem Oligoklas schwanken dürften, sind es nur die sauren, die zu grössern Individuen auswachsen. Nur sie sind daher der optischen Bestimmung leicht zugänglich. Die Tendenz der Plagioklase dynamometamorpher

¹⁾ Analyse von H. Preiswerk.

Gesteine in saure Typen, vor allem Albit umzukristallisieren, lässt sich nach Becke¹⁾ theoretisch aus dem Volumgesetz begründen. Damit stimmen auch meine Beobachtungen an Grünschiefern der Alpen, dass da, wo grosse sekundäre Plagioklasindividuen sich entwickeln, dieselben dem reinen Albit nahestehen.

Von den Gabbroamphiboliten am Banhorn unterscheiden sich die Amphibolite von Tschampigenkeller etwas durch höhern Gehalt an *Biotit*. Dieser ist häufig in Chlorit umgewandelt unter Ausscheidung von Titanitkörnern.

Ferner lässt sich auch *Quarz* als Gemengteil in dem glashellen Feldspatmosaik nachweisen.

Das Titanmineral ist auch hier *Titanit* bei richtungsloser Gesteinsstruktur, dagegen *Rutil* bei ausgeprägter Parellelstruktur.

Die chemische Zusammensetzung desjenigen Gesteins, aus dem die Hornblende und der Feldspat analysiert wurden, ist folgende²⁾:

Si O ₂	=	51,29 %	Ca O	=	9,79 %
Ti O ₂	=	2,16 "	Na ₂ O	=	4,72 "
Al ₂ O ₃	=	15,21 "	K ₂ O	=	1,45 "
Fe ₂ O ₃	=	0,91 "	H ₂ O	=	0,72 "
Fe O	=	6,55 "			
Mg O	=	7,79 "	Summa	=	100,59 %

Das Gestein ist noch zum Gabbro zu zählen. Seine Werte in der Osannschen Gesteinsformel sind: $s = 55,51$; $a = 3,5$; $c = 2$; $f = 14,5$. Danach kann es etwa zum Typus „Côte St. Pierre“³⁾ gestellt werden. Verglichen mit dem Gabbroamphibolit vom Banhorn (S. 22) ist der von Tschampigenkeller etwas saurer und neigt in jeder Beziehung mehr zu den Dioriten hin.

2. Randfacies und Kontaktgesteine.

a) Oft finden sich auf der Grenze der Gabbrolinsen und der Kalkschiefer, namentlich im Bach, der bei Punkt 1884 in die Binna mündet, hellgrüne, feinkörnige, massige aplitähnliche Gesteine. Gelegentlich sind sie begleitet von hellgrünen Amphiboliten, die durch Hervortreten heller, hornblende- armer Flecken porphyrtartige Struktur erhalten.

Das mikroskopische Bild der aplitartigen Gesteine ist folgendes: Isolierte Hornblendestengel und Glimmerblättchen in relativ wechselnden Mengen liegen

¹⁾ l. c. S. 26 und 27.

²⁾ Analyse von H. Preiswerk.

³⁾ A. Osann, l. c. Schluss S. 419.

zerstreut in einem glashellen Mosaik von Plagioklas und Quarz. Dazu gesellt sich *Zoisit* in kleinen Körnern, *Granat*, *Titanit*, *Zirkon* und nesterweise *Calcit*, sowie etwas *Eisenerze*. Der Feldspat zeigt reichlich Zwillingsbildung. Er wurde als *Albit*¹⁾ bestimmt.

Die chemische Analyse des Gesteins ergab folgendes Resultat²⁾:

Si O ₂	=	59,50 %	Ca O	=	6,71 %
Ti O ₂	=	0,41 "	Na ₂ O	=	7,48 "
Al ₂ O ₃	=	16,93 "	K ₂ O	=	0,89 "
Fe ₂ O ₃	=	1,04 "	C O ₂	=	3,61 "
Fe O	=	1,53 "	H ₂ O	=	0,62 "
Mg O	=	1,10 "	Summe	=	99,82 %

Berechnet man die Kohlensäure auf *Calcit*, die Alkalien auf *Albit*, ferner aus der *Magnesia* die *Hornblende* und aus dem Rest des Kalkes das *Anortit*-molekül, so erhält man folgende Zahlen des mineralischen Bestandes:

75,82 %	Oligoklasalbit mit 92,2 % Albitmolekül,
4,95 "	Hornblende von der S. 29 angegebenen Zusammensetzung,
7,67 "	Quarz, sowie im Glimmer gebundene Si O ₂ ,
8,28 "	Calcit,
2,48 "	Rest an Al ₂ O ₃ , Fe ₂ O ₃ , Fe O als Bestandteile des Glimmers und Magnetits,
0,62 "	H ₂ O.
99,82 %	

Die Gesteinszusammensetzung lässt sich schwer mit der bekannter Eruptivgesteine identifizieren. Im ganzen ist sie eine dioritähnliche. Doch unterscheidet sich das Gestein vom normalen Diorit wesentlich durch den Natron- und den Eisengehalt. Andererseits sind gewisse Anklänge an die Anorthosite und ganz besonders an basischere aplitische Ganggesteine vorhanden.

Immerhin muss auch mit der Möglichkeit einer Stoffwanderung bei der Metamorphose gerechnet werden. Der als Carbonat ausgeschiedene Kalk spricht

¹⁾ 1. Die Maximalauslöschungsschiefe in Schnitten senkrecht zu 010 wurde zu 15½° gefunden bei gleichzeitigem Austritt der negativen Bissektrix.

2. Schnitte senkrecht zugleich zu 010 und zu 001 haben 12°—14° Auslöschungsschiefe im stumpfen Winkel 001 : 010.

3. Schnitte senkrecht zur positiven Bissektrix zeigen im Durchschnitt 20° Auslöschungsschiefe bezogen auf die Trace von 001.

²⁾ Analyse von H. Preiswerk.

für intensive chemische Umwandlung, die indessen nicht den Charakter der Verwitterung trägt, sondern der Metamorphose in den obersten Tiefenstufen. Die physikalischen Bedingungen der Umwandlung scheinen namentlich der Albitbildung besonders günstig gewesen zu sein, wodurch besonders das Natron im Gestein mag festgehalten worden sein.

Da auffallend hoher Natrongehalt wiederholt an der Peripherie der Grünschiefermassen beobachtet wurde, auch in ursprünglich sicher nicht eruptiven Gesteinen, erscheint es mir in diesem Falle nicht berechtigt, ohne Vorbehalt den jetzigen chemischen Bestand als Grundlage für die Klassifikation des ursprünglichen Gesteins zu nehmen.

b) Mit den beschriebenen aplitartigen Gesteinen zusammen findet man am östlichen Ende der Grünschiefermasse von Tschampigenkeller auf der Nordseite der Binna einen höchst eigenartigen, auffälligen Gesteinstypus, den man etwa als feldspatreichen porphyroblastischen Amphibolit bezeichnen kann.

In einem weissen bis schwach grünlichen Grundgewebe von sehr feinem Korn liegen bis über 1 cm. grosse, flache Hornblendetafeln und einige Biotitblättchen. Die Tafeln liegen in verschiedenen Richtungen, so dass das Gestein in eckige Stücke bricht, die von den Flächen der Hornblendetafeln begrenzt sind.

Die Hornblende zeigt dieselben Eigenschaften, wie die der übrigen Grünschiefer, dagegen, wenigstens in der Prismenzone, stets gute kristallographische Ausbildung. Die Tafelfläche ist das Orthopinakoid (100).

Auch der Bestand des Grundgewebes ist derselbe, wie in den benachbarten Amphiboliten: Saurer Plagioklas, Quarz, Epidot, Titanit, Calcit. Eisenerze fehlen.

Die Gesteinsanalyse gibt folgendes Resultat¹⁾:

Si O ₂	—	57,95 %	Ca O	—	10,45 %
Ti O ₂	—	0,62 "	Na ₂ O	=	5,31 "
Al ₂ O ₃	—	14,96 "	K ₂ O	=	0,91 "
Fe ₂ O ₃	=	0,87 "	C O ₂	=	2,10 "
Fe O	—	2,90 "	H ₂ O	=	1,03 "
Mg O	—	2,74 "	Summe	—	99,84 %

Dem chemischen Charakter nach stimmt das Gestein mit dem sub a) beschriebenen aplitartigen Gestein überein. Die Zusammensetzung ist wiederum eine dioritähnliche mit abnorm starkem Vorwalten der Plagioklas bildenden Elemente.

¹⁾ Analyse von Dr. F. Hinden.

Das Material ist, wenn auch wohl nicht ganz unverändert in seinem Bestand, höchst wahrscheinlich ursprünglich eruptiv. Ob es aber als wirkliches Eruptivgestein oder als Tuffbildung vorhanden war bleibt unsicher, da offenbar weder die jetzige Struktur noch der Mineralbestand mit denen des Muttergesteins irgend etwas gemein haben.

c) Ebenfalls der Grenzzone gehört ein *turmalinführendes Gestein* an, das am Weg nach Halsen eine vereinzelte ganz kleine Einlagerung in den Kalkschiefern bildet. Es ist hellgrün gefärbt und besteht aus einem feinkörnigen, gleichförmigen Gemenge von Albit, Quarz, grünen Diopsidkörnern und etwas Epidot. Das Gemenge ist stellenweise durchsetzt, von schwarzen Turmalinnadeln, die mehrere Centimeter Länge erreichen. In unmittelbarer Nähe der Turmalinkristalle verschwinden Diopsid und Epidot aus dem Grundgewebe, so dass die Turmalinnadeln von weissen Höfen umgeben sind, die bloss aus Albit-Quarzmosaik bestehen.

Durch seinen Diopsidgehalt steht das Gestein ganz einzig da unter den Gesteinstypen der Grünschiefer.

d) An dem Bach, der vom Holzerspitz in die Binna fliesst und in der Nähe des Punktes 1884 mündet, treten am Kontakt Gesteine auf, die fast ausschliesslich aus Albit und Calcit bestehen, völlig entsprechend den „*Albitschiefern*“ vom Saflischpass (vgl. S. 11).

3. Umwandlungserscheinungen längs Klüften.

Produkte bemerkenswerter Gesteinsumwandlungen lassen sich an dem steilen Südufer der Binna beobachten. An verschiedenen Stellen treten dort als vorspringende Rippen gangartige Bildungen aus dem Gabbroamphibolit hervor. Die Untersuchung zeigt, dass es längs einer Spalte umgewandelter Amphibolit ist.

Der normale, ziemlich biotitreiche Amphibolit geht gegen die Mitte der Rippe, wo in der Regel die Spalte aufsetzt, zuerst in ein braungraues biotithaltiges, dann in ein hellfarbiges, weiss- und grüngeflecktes, biotitfreies Gestein über. Dieses letztere namentlich bildet die hervorragende Rippe an der Oberfläche.

Den verschiedenfarbigen Gesteinen entsprechen folgende Umwandlungsvorgänge, die unter dem Mikroskop erkennbar sind: Zuerst stellt sich in der Hornblende Chloritbildung ein. Dann geht alle Hornblende in eine Pseudomorphose von Chlorit und Calcit über. Dieser Vorgang ist mit dem Verlust der grünen Gesteinsfarbe verbunden. Hierauf werden die Hornblendeumrisse zerstört, und es scharen sich Calcit einerseits und Chlorit anderseits in rund-

lichen Putzen zusammen. Der Biotit ist noch unverändert. Erst mit dem Übergang in das hellfarbige Gestein verwandelt sich der Biotit Blatt für Blatt in Chlorit, der die Form des Biotits beibehält. Zugleich schliessen sich die Calcitkörner zu einheitlich auslöschenden Partien zusammen, der aus der Hornblende hervorgegangene Chlorit kristallisiert zu rosettenförmigen Gebilden um. Der Plagioklas scheint sich anzureichern und wächst zu grösseren Individuen aus. Die Umwandlung des Biotits in Chlorit ist mit reichlicher Ausscheidung von feinen Rutilnadeln verbunden. Ebenso bilden sich aus dem Titanit des Amphibolits feinverfilzte, dicht aussehende Polster von Rutilnadelchen, die dann im weiteren Verlauf der Umwandlung wieder zu deutlichen Rutilkriställchen umkristallisieren.

Das Endprodukt der Umwandlung besteht dann aus Albit, Calcit, Chloritpseudomorphosen des Glimmers, rosettenförmigem Chlorit aus der Zersetzung der Hornblende, Quarz in idiomorphen Kristallen da, wo er an Calcit grenzt, Rutil, sowie nicht selten wohlausgebildete Pyritwürfel.

Ohne Zweifel ist die Umwandlung durch in den Spalten des Gesteins zirkulierende Wässer oder Dämpfe bedingt, die dem Gestein Kohlensäure und zum Teil auch Schwefel (Pyrit) zuführten. Ausserdem muss die Umwandlung mit relativer Anreicherung des Natrongehaltes und wahrscheinlich Verlust an Eisen verbunden sein. Der Kalk wurde wohl der ursprünglichen Hornblende entzogen, aber als Calcit zum grossen Teil festgehalten.

Für die Beurteilung der oben beschriebenen (S. 11 und 30 ff.) natronreichen und eisenarmen Randgesteine der Grünschiefermassen scheinen mir diese Umwandlungsvorgänge an den Klüften von Wichtigkeit zu sein, da sie Endprodukte liefern, die grosse Ähnlichkeit mit jenen Gesteinen besitzen, besonders in der reichlichen Albitbildung. Ich halte es daher für wahrscheinlich, dass bei der Bildung jener natronreichen Randzone ähnliche Umwandlungsprozesse mitgewirkt haben.

VI. Grünschiefer von M. Larone, Agarina, Alpe Loccia und Forcoletta.

a) Geologische Situation.

In den schmal ausgezogenen Muldenenden der Bündnerschiefer, die die Berggipfel der Gebirgskette auf der Ostseite des Antigoriotales durchschneiden (vgl. Fig. 1 zwischen Crevola und Sonnenhorn) treten von neuem wieder „Grünschiefer“ auf. Ihr Vorhandensein spricht mit für die Zusammen-

gehörigkeit der sie umschliessenden Kalkschiefer mit denen von Devero und Binn, von welchen sie einerseits durch die emportauchende Antigoriogneisskuppel, anderseits durch den überschobenen Ofenhorngneiss im Profil getrennt erscheinen.

Am Monte Larone südöstlich von Crodo (vgl. Fig. 1) liegen die Grünschiefer in verschiedenen Teilmulden übereinander. Sie werden von dem Wege, der von der Alp Ucelli nach der Alp Colmine führt, angeschnitten. Es sind Serpentin- und Talkgesteine sowie glimmerreiche Amphibolite.

Nördlich des Antigoriogneissfensters der Alp Colmine sind die Grünschiefer nur noch in einem einzigen Lager vorhanden, das von Agarina im Val Isorno nordwestwärts auf den Gebirgskamm ansteigt.

Bei Agarina unten treten massige, hellgrüne, grobkörnige Grünsteine auf, oben auf Alpe Loccia sind es dunklere glimmerreiche und intensiv geschieferte Gesteine. Bei der Passhöhe der Forcoletta, über die der Weg von Crodo im Antigoriotal nach Cimalmotto und Campo im Kanton Tessin führt, findet man nochmals eine kleine Linse im Kalkschiefer, deren Gestein ganz dem von Agarina entspricht.

b) Petrographische Beschreibung.

Grünschiefer vom Typus Pyroxengneiss.

Die massigen oder nur ganz grob parallel struierten Gesteine von *Agarina* und *Forcoletta* schienen mir besonders beachtenswert und interessant zu einem Vergleich mit den Grünsteinen der nördlichen Schieferzonen. Sie wurden daher eingehender untersucht.

Die dunkeln Gemengteile bestehen vorwiegend aus zeisiggrünem, *monoklinem Pyroxen*. Er zeigt nur nach ∞P deutliche Spaltbarkeit. Der Pleochroismus ist sehr schwach $c > b > a$. Die Auslöschungsschiefe auf 010 ($c : c$) geht gegen 45° . Mit Berücksichtigung seiner chemischen Zusammensetzung (vgl. S. 37) ist der Pyroxen zum *Salit* zu stellen. Sehr schön ist an diesen Pyroxenindividuen die von Becke „diablastisch“ genannte Struktur zu beobachten. Der Salit ist häufig in lose zusammenhängende, im Dünnschliff oft ganz abgetrennt erscheinende Körner aufgelöst, die jedoch alle in gewissem Umkreis einheitliche Orientierung besitzen und somit zu einem grossen Individuum gehören. Ganz gleich verhalten sich stellenweise die dazwischen gelagerten Individuen des farblosen Grundgewebes. Gelegentlich ist der Pyroxen begleitet von *Hornblende* sowie von *Biotit* in untergeordneten Mengen. Ferner heben

sich von dem farblosen Grundgewebe rautenförmige Durchschnitte von *Titanit* ab. Erze fehlen.

Eine gleichförmig körnige, weisse Zwischenmasse füllt den Raum zwischen den Pyroxenpartien. Sie ist aus folgenden Mineralien zusammengesetzt: *Mikroclin*¹⁾ mit schöner Gitterstruktur, besonders ausgeprägt in dem Gestein von Agarina. Ferner in etwas kleinern Individuen: *Plagioklas* von der Zusammensetzung des *Oligoklasalbit*²⁾, Zwillingsbildung ist selten, so dass er oft nicht leicht vom *Quarz* zu unterscheiden ist, der in runden kleinen Körnern auftritt.

Ganz ähnlich wie Pyroxen und die Feldspate so bringen auch Mikroclin und Plagioklas diablastische Struktur hervor, indem sie sich gegenseitig durchdringen. So kommt eine Art *Mikroclinperthit* zu stande. Die Tendenz zu gegenseitiger Durchdringung der Bestandteile macht sich auch in dem Auftreten *granophyrischer Verwachsung* von Quarz und Oligoklasalbit bemerkbar.

Als weitere farblose Gemengteile sind noch zu erwähnen *Calcit* und *Zoisit*körner.

Die chemische Zusammensetzung des Gesteins ist folgende³⁾:

Si O ₂	=	57,19 %	Ca O	=	12,35 %
Ti O ₂	=	0,93 "	Na ₂ O	=	2,67 "
Al ₂ O ₃	=	10,02 "	K ₂ O	=	3,30 "
Fe ₂ O ₃	=	1,76 "	H ₂ O	=	0,65 "
Fe O	=	3,23 "	CO ₂	=	1,71 "
Mn O	=	Spur	Summe	=	100,19 %
Mg O	=	6,38 "			

Berechnet man die Analyse unter Vernachlässigung von Glimmer und Hornblende auf Kalifeldspat, Oligoklasalbit, Calcit und Titanit, so erhält man als Rest die Bestandteile, die wesentlich in Pyroxen und Quarz enthalten sind. 8—9 % Si O₂ können nicht im Pyroxen gebunden, fallen also auf Quarz.

¹⁾ Ausser der Struktur bestimmt das Mineral als Mikroclin seinen Brechungsexponent, der durchwegs niedriger ist als der der andern farblosen Gemengteile, ferner der mikrochemische Nachweis von Kalium.

²⁾ Die maximale Auslöschungsschiefe in Schnitten senkrecht zu 010 beträgt 9°. Ebenso 9° die Auslöschungsschiefe in Schnitten senkrecht zu a. Schnitte senkrecht zu 001 und 010 zeigen 10°—13° im stumpfen Winkel 001:010, was auf noch etwas höhern Albitgehalt hindeutet. Der Brechungsexponent wurde nach der Methode von Schröder van der Kolk (Tab. zur mikroskopischen Bestimmung der Mineralien nach ihrem Brechungsindex) mit demjenigen von Aetylenbromid = 1,5378 verglichen. Dieser Wert liegt zwischen dem maximalen und dem minimalen des Feldspats, der demnach zum Oligoklasalbit (ca. Abs An₁) gehört.

³⁾ Analyse von Prof. M. Dittrich, Heidelberg.

Aus dem Rest ergibt sich die Zusammensetzung des Pyroxen, verunreinigt mit etwas Hornblende und Biotit zu rund:

Si O ₂ =	52 %	Mg O =	16 %
Al ₂ O ₃ =	1 „	Ca O =	19 „
Fe ₂ O ₃ =	4 „		100 %
Fe O =	8 „		

Nach Abzug von Glimmer und Hornblende müsste namentlich Al₂ O₃, Fe₂ O₃ und Mg O noch etwas mehr zurücktreten.

Es liegt daher ein aluminiumarmer bis freier Pyroxen vor, der zur *Salit-Malakolithgruppe* zu zählen ist.

Die Deutung des ursprünglichen Gesteins bietet beträchtliche Schwierigkeiten. Aus der makroskopischen Struktur würde man auf ein grobkörniges Eruptivgestein schliessen. Allein Struktur und Mineralbestand sind sicher als sekundär zu betrachten und als primär höchstens die grobe Anordnung des Stoffes, die allerdings mineralisch etwas abweichende Lagen erkennen lässt. Namentlich wechseln hornblende- und glimmerführende Schichten mit solchen, die davon frei sind. Dass eruptives Material vorliege, macht die geologische Situation in hohem Grade wahrscheinlich.

Die chemische Zusammensetzung jedoch lässt sich kaum mit irgend einem Eruptivgestein identifizieren. Ein so beträchtlicher Gehalt an Alkalien, namentlich Kalium bei gleichfalls sehr hohem Kalk- und Magnesiagehalt und ganz niedriger Tonerde kommt nur etwa bei basischen Ergussgesteinen der Alkalireihe vor. Dafür ist aber der Kieselsäuregehalt zu hoch, der Eisengehalt niedrig. Bei saureren, dem vorliegenden Kieselsäuregehalt entsprechenden Gesteinen von ähnlichem Gehalt an Alkalien und Eisen ist die Tonerde stets in beträchtlich grösserer Menge vorhanden, Kalk dagegen in geringerer als im vorliegenden Falle.

Danach bliebe nur der Ausweg als ursprünglichen Bestand des Gesteins basisches, eruptives Material anzunehmen, das mit Quarz und Dolomit verunreinigt ist. Eine derartige Mischung könnte in Tuffen stattgefunden haben.

In ihrem Mineralbestand stimmen die Gesteine von Forcoletta und Agarina sehr wohl überein mit *Augitgneissen* des niederösterreichischen Waldviertels.¹⁾ Auch gibt Rosenbusch²⁾ Analysen von „Augitgneissen“ an, die manche gemeinsame Züge mit der oben mitgeteilten Analyse aufweisen.

¹⁾ F. Becke: Die Gneissformation des niederösterreichischen Waldviertels (Tschermak. min. u. petr. M. 4, 1882, S. 365—387.

²⁾ Elemente 1901, S. 503.

c) Beziehungen zu den übrigen Grünschiefern des Simplongebietes.

Mit den Grünschiefern der nördlichen Bündnerschiefermulden vom Banhorn und Tschampigenkeller hängen die Gesteine von Forcoletta und Agarina ohne Zweifel genetisch zusammen. Doch unterscheiden sie sich von ihnen mineralogisch wesentlich durch den Gehalt an Salit und Mikroklin. In keinem Grünschiefervorkommen der nördlichen Zone habe ich diese Kombination der Gemengteile aufgefunden. Ihr Auftreten deutet auf veränderte Bedingungen der Gesteinsumwandlung. Pyroxen und Mikroklin sind typische Mineralien für die in grösserer Tiefe umgewandelten Gesteine.¹⁾

Diese Tatsache hat eine grosse Bedeutung im Zusammenhang mit der Tektonik der Gegend. Agarina und Forcoletta liegen in der Wurzelregion der mächtigen liegenden Falten, wo naturgemäss bei der Gebirgsbildung die Überlastung ein Maximum erreichte. Damit stimmt auch die petrographische Beschaffenheit der weit nach Süden ausgewalzten Mulden mesozoischer Schiefer überein. Denn gerade in den südlichen Muldentteilen, also gleichfalls in der Wurzelregion der Falten, zeigen diese Schiefer den höchsten Grad von Kristallinität.

¹⁾ Vgl. *F. Becke*: Über Mineralbestand und Struktur der kristallinen Schiefer, Wien 1903, und *U. Grubenmann*: Die kristallinen Schiefer I, Berlin 1904, S. 60.



C. Zusammenfassung.

Die Grünschiefer des Simplongebietes treten in einem ziemlich eng begrenzten stratigraphischen Niveau auf, nämlich nahe der Basis der jurassischen Kalkschiefer. Ihre Anordnung im grossen zeigt eine gewisse Unabhängigkeit von der jetzigen tektonischen Gliederung.

Dem Material nach sind es Eruptivgesteine von basischem Charakter. Gewisse Begleitgesteine sind als vulkanische Tuffe gedeutet worden.

Die Rekonstruktion der ursprünglichen Gesteine führt auf folgende Gesteinsarten:

Gabbro-Diorit, Gabbro, Diabas, Dunit, Wehrilit, Pikrit.

Primäre Gesteinskomponenten sind selten. Es wurden als solche nachgewiesen: Diallagartiger Pyroxen in den Serpentinegesteinen von Visp, violettbräunlicher Pyroxen in Amphibolklinozoisitschiefern der inneren Nanzlücke. Vielleicht gehören hierher auch manche Eisenerze.

Häufiger sind Reste primären, eruptiven Charakters in Aufbau und Struktur der Gesteinsmassen erhalten. Davon sind zu nennen: das Auftreten in mehr oder weniger kurzen Linsen, das Führen von Einschlüssen, die Homogenität grosser Massen in jeder Richtung, die richtungsloskörnige Struktur, typische Diabasstruktur in den Amphibolklinozoisitschiefern der inneren Nanzlücke, die Abnahme der Korngrösse gegen Einschlüsse, Schlierenbildung und Gänge etc.

Die chemische Analyse ist meist ausschlaggebend für die Erkennung des primären Gesteinscharakters, namentlich da, wo es sich um homogene Gesteinsmassen von einer gewissen Ausdehnung handelt.

Die Umwandlung der genannten primären Eruptivgesteine hat zu folgenden sekundären Gesteinstypen geführt: Ungeschieferter, massiger Amphibolit, Amphibolitschiefer, Granatamphibolit, Amphibolschiefer, Chloritamphibolit, Ovardit, Serpentinegesteine, besonders Antigoritserpentin, sowie mannigfaltige Talkgesteine, SerpentinTalkgesteine, Topfsteine etc.

Der aus den Gabbro- und Diabasgesteinen hervorgegangene sekundäre Mineralbestand ist recht gleichförmig. Es sind wesentlich folgende Mineralien:

Allgemein verbreitet ist ein zur *gemeinen Hornblende* zu zählender, bläulich-grüner Amphibol (S. 29), der in den wenig schiefrigen, massigen Amphiboliten, Pseudomorphosen nach primären Gemengteilen, wahrscheinlich Diallag und brauner Hornblende, bildet (vgl. S. 23). Die Pseudomorphosen verwandeln sich durch eine Zwischenstufe mit Garbenstruktur in fasrige Hornblende, die charakteristisch ist für die Amphibolitschiefer.

Stellvertretend für die Hornblende tritt *Chlorit*, oft *Klinochlor* ein. In den Ovarditen wird sie völlig durch ihn ersetzt unter Ausscheidung von *Calcit*. *Biotit* ist besonders häufig in den Grünschiefern von Tschampigenkeller.

Fast nie fehlt den Gesteinen der *Epidot*. Oft zeigt er ausgeprägte Schalenbildung, wobei die eisenreichere, stärker licht- und doppelbrechende Substanz den Rand bildet. Der Kern ist nicht selten *Klinozoisit*. Dieses Mineral findet sich besonders häufig und gut ausgebildet in den Grünschiefern von Visp und der inneren Nanzlücke. Ein häufiger, aber an Menge nie bedeutender Begleiter, ist *Zoisit*.

Rotbrauner, dem Almandin nahestehender *Granat* ist auf einzelne Vorkommnisse am Banhorn beschränkt.

Von titanführenden Mineralien sind vorhanden: *titanhaltige Eisenerze*, die zum Teil primär sein mögen, *Titanit* als Leukoxenrand um Erze oder in selbstständigen Körnern, *Rutil* in Körnern oder ausgebildeten Kristallen, die oft zierliche Zwillingsbildungen zeigen. Die Ausbildung der Titanmineralien steht mit der Gesteinsstruktur in Zusammenhang derart, dass bei Erhaltung der körnigen Struktur Titanit auftritt, in intensiv geschiefertem Gestein aber ausschliesslich Rutil.

Die bisher aufgezählten Mineralien heben sich durch ihre Farbe oder durch ihre Lichtbrechung scharf ab von einem farblosen, glashellen, relativ schwach licht- und doppelbrechenden mosaikartigen Grundgewebe, das hauptsächlich aus *Plagioklas* und etwas *Quarz* besteht. Es sind saure Plagioklase, Mischungsglieder von Albit bis Oligoklas. Je grösser die Individuen ausgebildet sind, desto saureren Mischungen entsprechen sie in der Regel. Die in den Knauern der Ovardite enthaltenen, bis zu über Millimeter Grösse anwachsenden sekundären Feldspate stehen dem reinen Albit sehr nahe.

Eine von der gewöhnlichen ganz abweichende mineralogische Zusammensetzung haben die Grünschiefer von Agarina und Forcoletta (S. 34 und 35), deren Hauptbestandteile *Salit* und *Mikroclin* sind. Diese für die Metamorphose

in den tiefern Stufen charakteristischen Mineralien deuten darauf hin, dass an dieser Stelle die Gesteine einer maximalen Belastung ausgesetzt waren, eine Annahme, die in der Tektonik ihre volle Bestätigung findet.

Die Grünschieferlinsen sind an manchen Stellen ihrer Peripherie begleitet von eigenartigen Gesteinen, die im vorhergehenden als „Albitschiefer“, „Albit-Epidotfels“, „porphyroblastischer Amphibolit“ etc. beschrieben sind. Sie alle haben gemeinsam einen auffallend hohen Gehalt an Albit und damit an Natron. Offenbar liegen hier ganz ähnliche Bildungen vor, wie sie aus Diabaskontakten im Harz unter den Namen Spilosit, Desmosit und Adinol bekannt sind, mit denen unsere Gesteine mineralogisch im wesentlichen übereinstimmen.¹⁾

Die Bildung dieser Begleitgesteine der Grünschiefer halte ich nicht für eine Wirkung der primären Kontaktmetamorphose, sondern der später bei der Gebirgsbildung eintretenden allgemeinen Metamorphose (Regional- resp. Dynamometamorphose). Zu dieser Ansicht führt mich die Beobachtung von Umwandlungserscheinungen längs Klüften, die mitten durch die massigen Hauptlager der Grünschiefer ziehen. Auch diese Umwandlung, die sicher nichts mit der Kontaktmetamorphose zu tun hat, führt zu einer relativen Anreicherung von Albit im umgewandelten Grünschiefer. Die Adinolbildungen etc. an den Harzer Diabasen werden ja ebenfalls von manchen Forschern (Zirkel, Brögger) nicht primärer Kontaktmetamorphose, sondern einer spätern Umwandlung zugeschrieben.

Derartige Umwandlungsvorgänge, die zur Bildung sekundärer „Albitgesteine“ führen, sind indessen in den Alpen nicht nur auf die Grünschiefer beschränkt. Von grossem Interesse ist in dieser Beziehung ein sekundäres Albitchloritgestein, das C. Schmidt in Schichtfugen und Klüften der Eisenoolithschichten an der Windgällen im Kanton Uri beobachtet und seinerzeit beschrieben hat.²⁾ Hier handelt es sich um Neubildungen in lediglich regional-metamorphem Gebiet.

Die Albitbildung in derartigen sekundären Albitgesteinen ist vermutlich durch dieselben Faktoren bedingt, die die Ausscheidung des Albites in den Minerallagerstätten der Protogine bedingt haben, deren Bildungsweise von Joh. Königsberger³⁾ studiert worden ist. Dieser Forscher bringt jene Umwandlungsvorgänge mit der Faltung und Dynamometamorphose des Gesteins

¹⁾ Vgl. F. Zirkel, Lehrb. der Petrographie, 1894, S. 718.

²⁾ C. Schmidt: Über die Mineralien des Eisenoolithes an der Windgällen im Kanton Uri (Zeitschr. f. Kristallographie etc., XI, 5/6, 1886, S. 602).

³⁾ Joh. Königsberger: Die Minerallagerstätten im Biotitprotogin des Aarmassivs. — Neues Jahrb. f. Min. B.B. XIV, 1901, p. 43—119.

in Zusammenhang. Auf Grund seiner Angaben (S. 98 und 99) lässt es sich sehr wohl erklären, dass in einem Gestein wie die Grünschiefer, das verschiedene Plagioklase enthält, durch eben diese Vorgänge eine Anreicherung des Albites eintritt: Der eventuell schon vorhandene Albit wird wenig angegriffen, während aus den Lösungen der zersetzten basischeren Plagioklase neuer Albit sich ausscheidet. Nehmen wir nun eine Wanderung der Lösungen nicht nur von Mineral zu Mineral, sondern auch von Gestein zu Gestein an, so ist damit lokal auch die Möglichkeit einer absoluten Anreicherung der Albitesubstanz und damit des Natrongehaltes im Gestein gegeben.

