Zeitschrift: Eclogae Geologicae Helvetiae
Herausgeber: Schweizerische Geologische Gesellschaft
Band: 15 (1918-1920)
Heft: 2

Artikel: Geologische und Morphologische Untersuchungen in der Gegend des St. Bernhardinpasses (Südwestliches Graubünden)

Autor: Heydweiller, Erna

Kapitel: 1: Geologie der Gegend des St. Bernhardinerpasses

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-247570

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 02.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

aussprechen für das Interesse, das er meiner Arbeit durch zweimalige mehrtägige Exkursionen ins Gebiet entgegenbrachte. Auch Herrn Dr. AMSLER, Assistent am geologischen Institut in Zürich, bin ich für seine freundliche Hilfe, besonders bei der Reinzeichnung von Profilen und Karte, zu grösstem Danke verpflichtet.

Herzlichen Dank schulde ich auch meiner lieben Schwester, LILLI HEYDWEILLER, die mich während zweier Monate auf allen Exkursionen begleitete und beim Photographieren wertvolle Hilfe leistete.

ERSTER TEIL

Geologie der Gegend des St. Bernhardinpasses.

A. *Bisher erschienene geologische Literatur.*

Das Gebiet zwischen dem oberen *Hinterrhein*, der *Moesa* und der *Calancasca* war in seinen grossen Zügen schon ESCHER und STUDER, G. VOM RATH und RÜTIMEYER bekannt. Eingehender wurde es zuerst von ROLLE und von HEIM untersucht und zwar von ROLLE der südliche, von HEIM der nördliche Teil und in Blatt XIX der geologischen Karte der Schweiz dargestellt. Die Beschreibung findet sich in den «Beiträgen» zu Blatt XIX von ROLLE (1881) und Blatt XIV von HEIM (1891). ROLLE rechnet das Adulamassiv zum Tessiner Massiv, das er von dem es umgebenden Seegebirge, Gotthard- und Liromassiv (Tambomassiv) scheidet. Es war ihm schon bekannt, dass das Liromassiv das Tessiner Massiv überschiebt. Dieses ergäbe nach ihm im Gesamtdurchschnitt einen breiten, vielfach zusammengesetzten Sattel mit schiefer, nach Norden fallender Mediane.

Auch HEIM hielt 1891 (S. 350) die Adula für ein «breites SN streichendes Gewölbe, das gegen Norden in Form einer Kuppel erst aus sich selbst heraus sanft abfällt und endlich durch äusseren Widerstand gezwungen normal ENE streichend abgestaut, steil unterbiegt. Längs der Westseite im Bleniotale ist der Massivrand überliegend, so dass der Bündnerschiefer unter den Massivrand einfällt — oder wie ROLLE sich ausdrücken würde: das Adulamassiv ist den westlichen Tessinermassivteilen überschoben. Am Ostrande hingegen haben wir regelmässiges Ostfallen der Gneisse und Glimmerschiefer des Adulamassives, und darüber liegt die Mulde der Dolo-

mite und Bündnerschiefer des Misoxertales, welche ihrerseits hingegen östlich unter den überhängenden Rand des Pizzo Tambo-Massives einfällt.

Von der Erkenntnis dieser Verhältnisse durch Rolle und Heim bis zu ihrer Deutung auf Grund der Deckentheorie war dann nur noch ein kurzer, durch die Zeit bedingter Schritt, umsomehr, als die Erklärung der zweifachen Faltungsrichtung und des zum Alpenkörper abnormalen Streichens Heim zweifelhaft erschien.

1898 erklärte SCHARDT in « Les régions exotiques du versant nord des Alpes Suisses » (S. 213) die Aduladecke für eine Deckfalte von ähnlichem Typus wie die liegende Falte des Antigoriogneisses.

LUGEON führt 1901 den Gedanken in « Les grandes nappes de recouvrement des Alpes du Chablais et de la Suisse » (S. 813 ff.) näher aus. Er hält das Tessiner-Massiv für den Rücken der sich nach Osten fortsetzenden Antigoriodeckfalte. Klar setzt er schon auseinander, dass die in der Gegend des *Bernhardin* den sogenannten Tessiner Dom vertretende, liegende Aduladeckfalte nach Norden und nicht nach Westen vorgeschoben ist, da das auffällige Ostfallen nur von einer « ondulation transversale des nappes » herrühre. Weiter zeigt er, dass die Aduladeckfalte von der Tambo- und diese von der Surettadeckfalte überlagert wird.

Nachdem auch HEIM sich von der Richtigkeit der Deckentheorie überzeugt hatte, revidierte er 1906 seine 1891 gezeichneten Profile und gab in der « Geologischen Nachlese » (N° 17) eine bildliche Darstellung der vier nördlichen Tessiner Massivlappen: der Molare-, Adula-, Tambo- und Surettadecke mit den sie trennenden sedimentären Mulden.

Seither blieb die Existenz der vier nach NNW vorgestossenen, von W nach E treppenförmig übereinanderliegenden kristallinen Decken ziemlich unbestritten.

Einen weiteren Fortschritt in der Kenntnis der NE Tessiner Decken bedeuteten die Versuche SCHARDTS (1906 S. 319 ff., 1907 S. 13 ff.), LUGEONS (1905/06) und ARGANDS (1911 S. 10), sie mit den westlichen penninischen Decken zu parallelisieren.

Einen neuen Bearbeiter fand die Aduladecke in WILCKENS, der 1907 seine Ansicht « Ueber den Bau des nordöstlichen Adulagebirges » darlegte: dass die Aduladecke nicht so einfach und grosszügig gebaut sei, wie aus Heims Profilen hervorzugehen scheine, sondern ein Gebiet ausserordentlich intensiver Faltung darstelle. Die in der Fanellamasse aufge-

schlossene Stirn zeigt sich nach Wilckens als ein Komplex liegender Falten, in deren Mulden triadischer Dolomit liegt und die (nach NW) in die Tiefe tauchen, ähnlich wie am Simplon.

1909 erschien eine Arbeit von WILCKENS «Ueber die Existenz einer höheren Ueberschiebungsdecke in der sogenannten Sedimenthülle des Aduladeckmassives». Hier bestreitet er den einfachen Verlauf der sedimentären Stirnhüllen der südwestlichen Bündnerdecken nach der Heim'schen Auffassung. Ausser einer durch Faltung erklärbaren, vielfachen Wiederholung der gleichen Schichtenglieder innerhalb der einzelnen Umhüllungssysteme glaubt Wilckens auch noch Reste einer ausgewalzten Decke in den Bündnerschiefermassen gefunden zu haben, die bisher als zum Sedimentmantel der Aduladecke gehörig betrachtet wurden. Wilckens vermutet in diesen seiner Meinung nach stark ausgequetschten Resten eine Teilfalte der Tambodecke oder diese selbst gefunden zu haben und bezweifelt das auffallend weit südliche Zurückbleiben der Tambodecke.

1910 führt WILCKENS seine «Ideen über die Intensität der Faltung im Adulamassiv» näher aus. Er beschreibt, wie die Falten in vielen einzelnen Detailfalten treppenförmig vordrängen und hierdurch eine häufige Wiederholung desselben Gebirgsgliedes in der Vertikalen eintritt. Auf diese Weise erklärt Wilckens den erstaunlichen, vielfachen Wechsel von Gneiss, Glimmerschiefer und Dolomit. Er glaubt, das Liegende der Adulafalte gefunden zu haben und zwar in einer dünnen, linsenförmig ausgequetschten Dolomit- und Marmorzone, die sich auf beiden Talseiten des *Zapport* verfolgen lässt. Er frägt sich, ob dieser Marmorzug mit dem der *Val Soja* zusammenhängt, also durch das Adulagebirge durchstreicht. Diese Marmore des Zapport sollen die Gneisse des Rheinwald-Güfer-Lentahornes usw. von einer tieferen Gneissmasse scheiden, über deren Stellung sich noch nichts aussagen lasse. Dagegen wäre die obere Falte, die sich in ihrer Stirn wieder in sekundäre Deckfalten teilt, die gegen den *Piz Aul* in die Tiefe stossen, die eigentliche Aduladecke.

Mit einigen petrographischen Problemen des Adulagneisses, speziell dem Alter ihrer Entstehung, befasst sich FREUDENBERG (1908 und 1913). Jedoch sind seine Ausführungen so unklar, dass es in einer Arbeit, die die petrographischen Probleme des Gebietes nur flüchtig berühren kann, zu weit führen würde, auf sie einzugehen.

In einer 1916 erschienenen Arbeit über die «Tektonik der

südöstlichen Schweizeralpen» löst R. STAUB die Frage nach den Wurzeln der nordöstlichen Tessiner Massivlappen und behandelt die geologischen Verhältnisse des unteren Misox.

Auf die morphologische Literatur wird im zweiten Teil eingegangen werden. Verhältnisse halber kam ich erst nach Fertigstellung meiner Arbeit zum Durchlesen des grössten Teils der im Literaturverzeichnis aufgeführten Arbeiten. Jedoch scheint es mir nach ihrem Studium, dass es einer monographischen Detailarbeit beim gegenwärtigen Stande der morphologischen Wissenschaft nichts schadet, wenn der aufnehmende Geologe sich möglichst wenig mit Theorien belastet hat.

Die Arbeiten von HEIM und ROLLE bilden die Basis, auf der ich meine Untersuchungen weiter bauen konnte. Die kurze Zeit, die Rolle für die Aufnahme des grossen, mühsam zu begehenden Gebietes, welches Blatt XIX umfasst, zur Verfügung stand, hatte zur Folge, dass die Karte in vielen Einzelheiten ungenau und vor allem unvollständig ist, und der Text nur sehr summarisch und lückenhaft ausfiel. Viel mehr Anhaltspunkte bietet Heims Beschreibung des nördlich an unser Gebiet anstossenden Blattes XIV, da er hier auch auf den von ihm begangenen nördlichen Teil von Rolles Gebiet zu sprechen kommt.

Bevor wir auf die genannten Arbeiten näher eingehen, soll eine tektonische Uebersicht über das Gebiet Gelegenheit geben, die Ergebnisse der neuen Untersuchung mit den Darstellungen und Ansichten der Vorgänger zu vergleichen.

B. *Ueberblick über die tektonischen Verhältnisse des Gebietes.*

a) **Gebiet der Aduladecke.**

Würden wir aus der Vogelschau auf die oberen Talgebiete der *Calancasca*, des *Hinterrheins* und der westlichen *Mesolcina* herabschauen, so erstaunten wir über die Einfachheit, Grosszügigkeit und Klarheit der geologischen Verhältnisse, die wir hier überblicken. Wir sehen weithin alle Kämme aus den gleichen, wohlgeschichteten Gneissen und Glimmerschiefern aufgebaut. Alle diese Gneissbänke fallen und streichen auf weiten Strecken in fast der gleichen Richtung (E, bezw. NS).

Nur ganz allmählich, fast unmerklich, wendet sich das Streichen: *Südlich* von *Soazza* (Siehe Tafel 9 *c* und *d*) und *Rossa* (T. 4*h*) sind die beiden Furchen der *Val Mesolcina* und der

Val Calanca quer zum Streichen der Gneissbänke eingeschnitten. Mässig steil fallen diese gegen NNE unter die Talsohlen ein. Langsam dreht sich die NNE-Richtung des Fallens in der *Val della Forcola*, *Alpe di Boggio* und *Alpe di Calvarese* in eine NE bei *Mesocco* (T. 9 *b*) und *Rossa*, dann ENE bis E, die den ganzen Grat von der *Cima di Gangella* bis zum *Pizzo di Muccia* beherrscht (T. 4 *a*, *c*, *d*, 6, 7, 8 *a* bis *g*). Zwischen *San Bernardino* Dorf und Pass ist das Fallen ESE.

Noch stärker als das Streichen des Gneisses wendet sich im N das des ihn bedeckenden, nach N stark anschwellenden Bündnerschiefers. So finden wir im Gebiet von *Vignone* ESE, SE und endlich am Vignone-Pass SSE-Fallen. Zwischen der Forcola und dem Vignone-Pass dreht sich also das Streichen allmählich um etwa 140° bis 150°, während die Richtung des Fallens stets gegen das Zentrum dieses durch die Richtung des Streichens bestimmten Kreisbogens gerichtet bleibt (T. 5 *b*, *c*, 9 *c*). Die Aduladecke zeigt hier auf ihrem Rücken eine muldenförmige Einsattelung, die, wie wir gleich sehen werden, durch den Erosionsrest anderer tektonischer Elemente ausgefüllt wird. Die infolge dieser Depression zwischen dem *Areutal* und dem *Bernhardinpass* ESE bis SE-Fallrichtung macht sich nur in der obersten Deckenregion bemerkbar. Im Gebiete der *Marscholalp* und *Tälialp* ist das Streichen recht wechselnd und schwankt auf kurzen Strecken um ein Beträchtliches.

Verhältnismässig flach liegen die Gneissbänke in der oberen Val Calanca. Auf beiden Talseiten stehen die Schichtköpfe an. Sie fallen am *Pizzo Termine* (T. 4 *h*) noch schwach gegen Norden. Am *Pizzo di Giumella*, *Pizzo delle Streghe* und *Fil de Remia* (T. 4 *g*) liegen sie fast horizontal. Am *Pizzo di Pianasso* (T. 4 *f*), *Fil di Revio* (T. 11 *d*), *Cima dei Cogni*, *Fil Rosso* (T. 4 *e*) und *Poncione della Parete* finden wir wieder ein schwaches Nordfallen der Schichtleisten. Im Hintergrunde des Talschlusses der Val Calanca über *Alpe di Stabbio* sehen wir, dass sie sich an dem nach NE gerichteten *Poncione della Freccione-Zapportgrate* in dieser Richtung sanft senken. Wir finden also in der oberen Val Calanca erst ein N, dann NE bis E und endlich wieder NE-Fallen. Ueberall können wir die Schichtbänder auf grössere Strecken in ihrem geraden Verlaufe verfolgen, ohne irgend welche plötzliche Verbiegungen oder Störungen zu erkennen.

Gehen wir zum *Hinterrheintal* über: Im *Zapport* herrscht NE-Fallen vor, im oberen Teile sogar N. Den Südhang bilden, wo dessen Böschung schwächer wird, wie an den *Paradies-*

köpfen (T. 3 *a*) die Schichtflächen. Am Nordhang steigen westlich von *Hinterrhein* (T. 3 *b*) ganz langsam die von den Schichtköpfen gebildeten Bänder aus der Talsohle auf und gegen Westen empor. Wie in der Val Calanca liegt auch hier bis auf die Gipfel hinauf gleichförmig und regelmässig Gneissbank auf Gneissbank.

b) Gebiet der Tambodecke.

Nicht ganz so einfach wie in der Val Calanca und dem Zapport liegen die Verhältnisse im obern *Misox* auf der Ostseite. Hier tritt zu unserem wohlgebankten Gneiss ein weiteres Element und über diesem noch ein drittes hinzu. Schauen wir vom Bernhardinpass das Tal gegen Süden hinunter (T. 5 *c*), so sehen wir seine linken Gehänge steil zu den Gipfeln des *Pizzo Mutun*, *Pizzo di Curciusa*, *Cima di Barna*, *Verconca*, *Pian Guarnei*, *Corbet* und *Pombi* aufsteigen. Auf den ersten Blick hin will uns scheinen, dass sich nichts aussagen lässt über die Lagerungsverhältnisse dieser ungeheuren, stellenweise das Tal um mehr als 2400 m überragenden Felsmassen. Das durch die auffällig deutliche Bankung des Adulagneisses verwöhnte Auge findet sich an diesen unregelmässig höckrigen Wänden nicht mehr zurecht. Hinter dem *Pizzo Tombi* ändert sich das Bild, hier steigen jenseits der *Forcola*furche (T. 9 *c*) wieder die bekannten, grauen, nackten Felsplatten empor zu den Gräten des *Pizzo Campello* und *Pizzo Stabiucco*. Auf eine Entfernung von vielen Kilometern lässt sich ihr regelmässiges NNE-Fallen erkennen und weiter nach Süden zeigt Kamm um Kamm das gleiche Fallen und Streichen der sie aufbauenden Gneissplatten: *Pizzo di Padion*, *Pizzo di Settaggio*, *Pizzo Gandajole*, *Pizzo Settaggiolo* und *Pizzo dei Laghetti*. Erst noch weiter südlich beim *Pizzo di Cresem* und *Sasso di Castello* weist das immer noch gleich deutliche Fallen und Streichen eine andere Richtung auf (T. 9 *d*). Der Unterschied in der Formation der die Forcolafurche links und rechts begleitenden Gipfel und Kämme ist auffallend genug, um auf einen völligen Gesteinswechsel jenseits des Forcolatales schliessen zu lassen: NE des Tales finden sich die Gneisse und Glimmerschiefer der Tambodecke, SW die der Aduladecke, wie wir sie schon in der Val Calanca und im oberen Hinterrheintale antrafen.

c) Der Bündnerschieferzug des Misox.

Von den unteren Wänden des *Pizzo Pombi* zieht ein weicher, waldbedeckter Rücken (T. 9 *c*) gegen den Ausgang des

*Forcola*tales, und von diesem Rücken senkt sich ein breites Wiesenband, das oben die *Alpe Gumegna* trägt, hinunter nach *Mesocco*. Die Zone der Dolomite, Kalk- und Grünschiefer streicht hier aus dem Forcolatale, wo sie stark ausgequetscht ist, ins Misox hinüber, quert das Tal beim Orte Mesocco (T. 9 *b*) zwischen dem *Castello* und *Anzone* und zieht sich am westlichen rechten Hange wieder talaufwärts. Deutlich heben sich die weichen Gehängeformen der unteren, durch diese Zone gebildeten Partieen von den über den *Alpen Caverzina*, *Ceta* und *Viganaia* (Siehe Blatt Mesocco) durch die harten, ebenen Adulagneissplatten gebildeten oberen ab.

Die Ostseite der Bergkette zwischen dem Misox und Calancatale zeigt noch deutlicher als die Westseite die oben schon hervorgehobene überraschend gleichmässige Bankung dieses Gneisses. Ueberall an den Gräten der *Cima di Gangella*, des *Tresculmine*, *Arbeolo*, *Rotondo*, *Muccia* sehen wir die gleichen ebenen Schichtflächen, und wir verfolgen diese geraden Linien der Plattenränder im Profil von den Spitzen der Berge bis auf die Karböden oder in die Schluchten hinunter. Ueber diesen regelmässigen, hier zentripetal einfallenden Gneissbänken des Aduladeckfaltenrückens liegt der Gesteinskomplex der Bündnerschieferzone und trennt sie von den Gneissen und Glimmerschiefern des höheren, die oben erwähnte Mulde ausfüllenden Tambodeckenkernes.

Von *Ceta* und *Viganaia* zieht sich die Bündnerschieferzone herauf zum *Giumella*grate, baut aber das Gehänge nun nicht mehr bis zur Talsohle herab auf. Der Fuss des den Tresculmine-Giumellakamm quer abschneidenden Hanges ist durch eine Platte von Tamboschiefern bedeckt. Die *Moesa* beschreibt zwischen *Andrana* NW *San Giacomo* und *Cebbia* einen schwachen gegen Osten gerichteten Bogen und das Tal ist an dieser einzigen Stelle in die untersten Gesteinskomplexe der über die Bündnerschiefersynklinale des Misox hinübergeschobenen Tambodecke eingegraben (Siehe Profile Tresculmine-Giumella T. 2 und T. 5 *e*).

Nördlich der *Alpe d'Arbea* quert der Bündnerschieferzug das Tal zum zweiten Male und bildet den grössten Teil des Stufenbodens von *San Giacomo*.

Weiter besteht östlich der *Monti di Monzotenti* (T. 5 *c*, *d*, 10) der hüglige Grund der Misoxerfurche aus den Bündnerschiefern. In der Gegend von *San Bernardino-Acqua-Buona* ist die Mächtigkeit dieser Zone stark reduziert, verbreitert sich dann wieder erheblich und baut die zwischen *Bernhardinpass*, *Vignonetal* und *Hinterrheintal* gelegene Berggruppe

des *Einshorns*, *Mittaghorns* und *Pizzo Uccello* auf (T. 5 *a*, *b*, 9). Im *Hinterrheintal* geht unsere Synklinalzone in die mächtige Bündnerschiefermasse über, in die dieses Tal zwischen den Dörfern *Hinterrhein* und *Splügen* eingeschnitten ist, und die sich über den *Valserberg* und *Safienberg* zum *Vorderrhein* zieht.

d) Unterschied in der Lagerung bei Adula- und Tambodecke.

Wir sahen schon, dass zwischen Forcola- und Vignonetal die Gneisse und Glimmerschiefer der Tambodecke über der Bündnerschiefersynklinale folgen, dass aber diese undeutlich gebankten Felsmassen ihren Bau nur schwer erraten lassen. Jedenfalls ist er ziemlich kompliziert. Das zeigen schon die stark verzweigten Stirnfalten im *Vignonegebiet* und die intensive Fältelung aller Gesteine. Prächtigere Beispiele helizitischer Texturen als im Gebiete von *Curciusa* und *Balniscio* lassen sich kaum finden.

Der auffallende Unterschied der im Grossen wie im Kleinen gleich einfachen Gesteinslagerung der Aduladecke gegen die verwickelten Verhältnisse der höheren Decke ist leicht erklärlich, sind wir hier doch noch weit entfernt von der Adulastirn, während die Tambodecke hier brandet. Weit blieb ihre Frontalumbiegung hinter der der Aduladecke zurück und ragt in den hohen Gipfeln des *Pizzo della Lumbreda* und *Pizzo Tambo* über das *Vignone-* und *Areutal* empor (T. 5 *b*, 10 *e*).

e) Vergleich der neuen Darstellung mit Rolle's Karte.

Ein Vergleich der oben gegebenen Darstellung mit der auf Blatt XIX der geol. Karte d. Schweiz gegebenen zeigt wesentliche Unterschiede im Gebiete der unteren Misoxermulde. Rolle zeichnet sie viel zu schmal. Er lässt die von dieser Zone gebildeten Hänge unter *Caverzina*, *Ceta* und *Viganaia*, sowie den Kamm zwischen der *Giumella* und *Pradirone* aus Adulagneiss bestehen, und die Bündnerschiefer viel zu schmal und tief durchstreichen. Infolgedessen sind auch die Tamboschiefer auf der rechten Talseite nicht genau eingezeichnet. Ungenau ist Rolle's Karte auch auf dem Gebiete von *Monzotenti-Prato dei Fiori*, wo die Rötidolomitzone in der Natur weiter nach Westen greift, und im *Vignone-Areu*-Gebiet, wo das ganze, innig mit den Dolomiten und Marmoren verfaltete System der Tambostirnlappen nicht be-

achtet wurde. Die Abgrenzung der grauen und grünen Bündnerschiefer, der Kalkschiefer und Dolomite gegeneinander ist auf Rolle's Karte sehr willkürlich und ungenau und stimmt mit meiner Kartierung nicht überein.

C. *Die Aduladecke und ihre Marmoreinlagerungen.*

1. Erstreckung, Bau, Stirn und Wurzel.

Die Aduladecke ist weitaus die grösste, mächtigste und die am weitesten nördlich vorgeschobene der vier östlichen penninischen Decken, erstreckt sie sich doch zwischen der *Val Blenio* einerseits, dem *Misox* und *Meratale*, ja sogar der *Val Codera* andererseits, von der untersten *Val Calanca* und *Val Mesolcina* bis nach *Olivone*, dem *Frunthorn* und *Vals*.

In mein Gebiet fällt weder die Wurzel, noch die Stirnregion der Aduladecke, sondern nur die Osthälfte des dazwischen gelegenen Mittelstückes. Seine einfachen Lagerungsverhältnisse wurden in der tektonischen Uebersicht schon charakterisiert. Eine Darstellung dieses Deckenabschnittes bleibt Stückwerk, solange die südliche und die nördliche Region noch nicht besser bekannt sind.

Nach R. Staub (1916, S. 36/37 und Karte) ist die Wurzel der Aduladecke in der Gneisszone von *Claro* zu suchen; die Marmorzone von *Castaneda* entspräche der Bündnerschiefermulde des Misox. Die Aduladecke stünde demnach noch in Verbindung mit ihrer Wurzel.

Das regelmässige Nordfallen in der Gegend von *Soazza* hört am *Fil di Nomnone* und *Pizzo di Settaggiolo* auf und südlich dieser Linie wechselt das Streichen und Fallen plötzlich seine Richtung am *Pizzo Mottone*, *Groveno*, *Molera* und *Sasso di Castello* (Blatt Grono, T. 9 *d*). R. Staub (1916, S. 24 und Profil 6) glaubt am Sasso di Castello eine südwärts überkippte Aufwölbung der Decke zu sehen, deren knieförmige Umbiegung die Verbindung der steilstehenden Gneisse der Wurzelregion mit den nordwärts einfallenden nördlich des *Settaggiolo* herstellt. Diese Annahme ist sehr wahrscheinlich, jedoch scheint der Bau des Knies ziemlich kompliziert zu sein, und es würde sich eine eingehende Untersuchung der Groveno-Sasso di Castello-Gegend sicher verlohnen [1].

[1] Das westliche Einfallen des Gneisses in der Gegend des *Pizzo Gordasco* und bei *Cresem* weist jedenfalls auf ein starkes Abbiegen des Knies. Unklar ist vor allem heute noch, wie man sich die Fortsetzung dieser Auf-

Auf die Komplikationen der Stirnregion weisen die zahlreichen schon HEIM bekannten Marmoreinfaltungen des *Fanella-Hornes*, des *Passo della Sorreda* und der *Val Soja* hin (T. 11 *a*, *b*). Wie wir schon sahen, deutet WILCKENS sie als zwischen die verzweigten Stirnlappen eingeklemmte Mulden.

2. Marmoreinfaltungen.

Wie weit sich diese Marmorvorkommnisse südlich des Bernhardinpasses weiter verfolgen lassen, ist meines Wissens bisher noch nicht untersucht worden.

Bei einer Mächtigkeit des mittleren Stückes der Aduladecke von mehreren Kilometern erscheint es von vornherein unwahrscheinlich, dass ein so ungeheurer Komplex nicht weiter gegliedert sein sollte. In einem kristallinen, völlig fossilfreien Gebiet ist es schwierig, etwas über die Lagerungsverhältnisse der einzelnen Schichtglieder gegeneinander auszusagen. Die einfache tektonische Lagerung lässt auch keinerlei Schlüsse zu. Das einzige, was uns hier auf die Spur helfen und zu einer Gliederung der mächtigen Decke führen kann, sind die Marmoreinlagerungen im Gneiss und Glimmerschiefer.

FREUDENBERG (1913) hält sie zwar für vom Orthogneiss bei seiner Eruption mitgerissene Schollen. Diese Anschauung zu widerlegen ist nicht schwer, da man beobachten kann, dass die Marmorlagen zum weitaus grössten Teil nicht in den Orthogneissen auftreten, sondern in den Glimmerschiefern offenbar sedimentären Ursprunges. Ausserdem treten sie nicht willkürlich hier und dort im Gneisse auf, sondern in weithin zu verfolgenden, kilometerlangen Zonen. Auch die eigentümliche, linsenförmig ausgequetschte Form ihrer Vorkommnisse spricht gegen die Freudenbergsche Behauptung und für ihr Auftreten als ausgedehnte, stark verquetschte Einfaltung. Die grosse Aehnlichkeit der eingeklemmten Dolomite, Marmore, Kalkschiefer und Quarzite mit denen im Liegenden des Bündnerschiefers lässt auf das triadische Alter dieser sedimentären Einschlüsse schliessen.

wölbung westlich der Moesa vorzustellen hat. Die Lagerungsverhältnisse des hier oft schlecht gebankten Gneisses sind am *Groveno* und *Mottone* nicht immer leicht zu deuten und jedenfalls ziemlich verwickelt. Es scheint mir jedoch, dass sich die knieförmige Umbiegung über den *Torrente alto* (östlich Biasca, zwischen Val Blenio und Val Calanca) in der Richtung auf die transversale Kulminationszone des *Sobrio*kammes fortsetzen lässt. (Vgl. Panorama von LISIBACH, J. S. A. C. 1904/05.) Diese scheinbare NW-Richtung der Achse des Deckenscheitels ist die Folge ihres Ansteigens gegen W und der südlichen Ueberkippung des Knies.

Von den Marmorvorkommnissen innerhalb des Adulagneisses unseres Gebietes sind auf ROLLE's Karte diejenigen eingezeichnet, die zwischen den oberen Windungen der Poststrasse, südlich des *Bernhardinpasses*, aufgeschlossen sind und im Süden unseres Gebietes der Zug *Rossa-Calverese* (Westseite der Val Calanca).

Ausserdem zeigt die Karte einen dritten Marmorstreifen südlich des Dorfes *San Bernardino* bei den Maiensässen von *Monzotenti*. Dieses ist jedoch kein isolierter Marmor, sondern der Dolomit der hier durchstreichenden, die Aduladecke umhüllenden Triaszone, die von ihrem Hangenden, dem Bündnerschiefer, durch die diesem Horizont eigentümlichen Gneisse und Glimmerschiefer getrennt ist.

Weitere Fundstellen von Kalkeinschaltungen im Adulagneiss entdeckte WILCKENS (1910) im Hinterrheintal zwischen *Talstafel* und dem Zapport.

Seine Angaben kann ich bestätigen und durch weitere ergänzen [1].

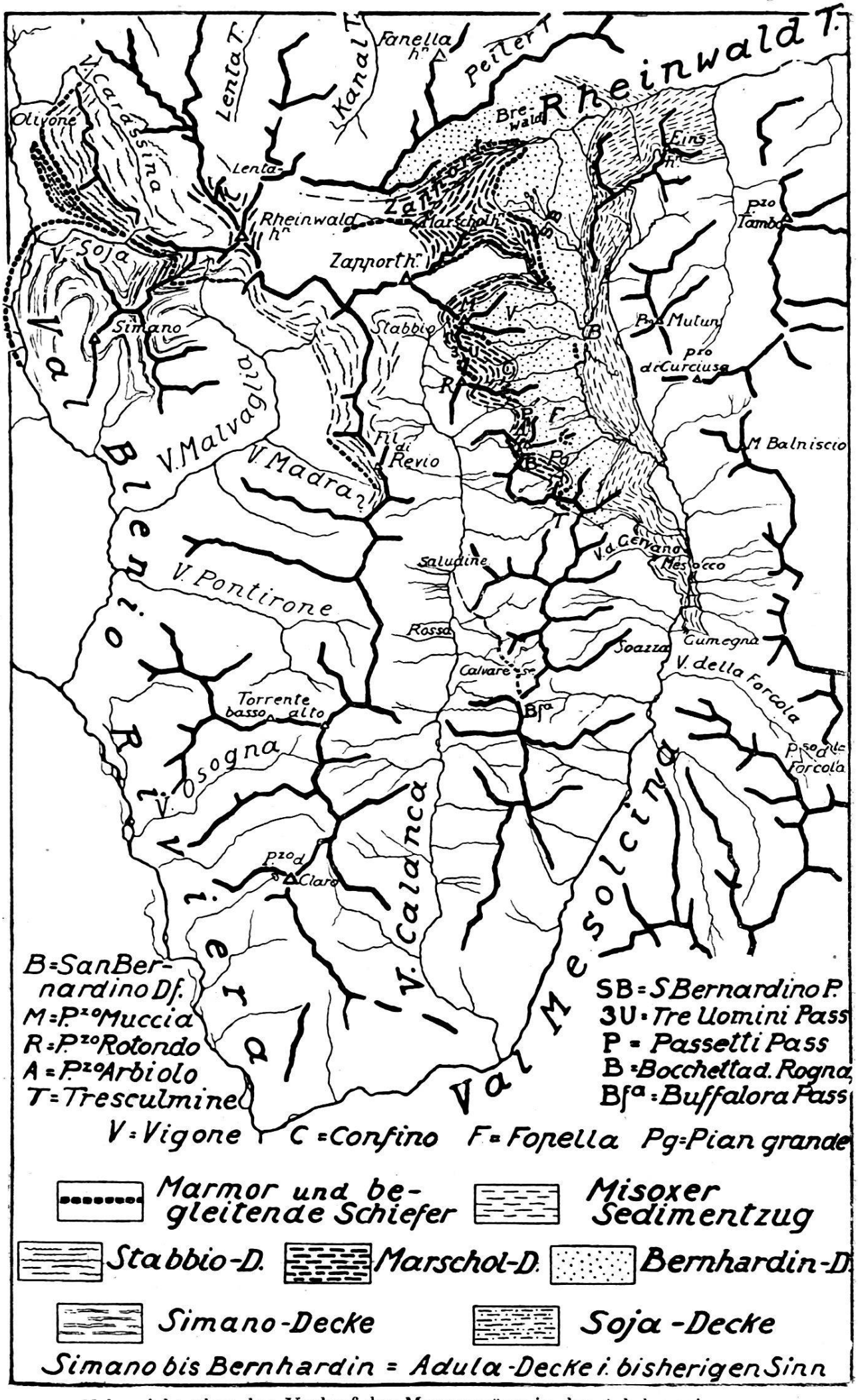
a) *Zapport.*

Etwa beim *Brewald* schneidet die Sohle des Hinterrheintales diese Kalkzone. Auf der rechten Talseite sind einzelne Linsen hier am Pfade, der ins Zapport führt, aufgeschlossen. Andere Linsen sieht man höher oben in den Felsen stecken. Dieser Zug von Kalklinsen muss sich, seinem Streichen und Fallen gemäss, gegen das Plateau unterhalb der Moräne des heutigen Marschol-Gletschers ziehen. Man findet Marmorgerölle in den Bachrunsen bis zu der erwarteten Höhe. Den Kalk selbst kann man nicht überall auf dem steilen, mit dichtem Erlengebüsch bestandenen Gehänge bis zu den moränenbedeckten Halden der *Marschol-Alp* verfolgen.

Auf der linken Talseite fand ich den Kalk anstehend über dem bei Punkt 1649 herunterstürzenden Wasserfall, etwa bei dem «B» von Brunst *B* der Siegfriedkarte. Von hier müsste er sich weiter über den *Unterheuberg* in die Wände oberhalb der Schafalpen des *Hochberges* und Zapportes fortsetzen. Auf den Heubergen konnte ich leider keine Spur mehr von ihm finden, da hier auch alles von Gehängeschutt und Moränen bedeckt ist. Dass er sich in die Wände des Hochberges jedoch fortsetzt, beweisen die Marmorgerölle der in zahlreichen Wasserfällen von hier ins Tal stürzenden Bäche.

Oberhalb des Engpasses der *Hölle* zwischen P. 1956 und der Klubhütte findet man am Weg zu dieser wieder grosse

[1] Vergleiche beistehende Uebersichtsskizze.



Uebersicht über den Verlauf der Marmorzüge in der Adulagneissmasse westlich vom Bernhardinogebiet (die Sojadecke nach Argand).

Blöcke schneeweissen, zuckerkörnigen Marmors, aber keinen anstehenden, während ein dunkler, viel Karbonat führender Glimmerschiefer, auf dem sich auch Kalkpflanzen, wie das Edelweiss, angesiedelt haben, bei der Quelle auf dem Wege, kurz vor der *Paradieshütte*, geschlagen werden kann. Dieser Kalkglimmerschiefer muss jedoch einem tieferen Horizonte als die Marmore vom *Brewald* angehören. Vermutlich schneidet er unterhalb der *Zapport*schäferhütte die Talsohle, da das Fallen ein NNE ist. In der «Hölle» fand ich auch einzelne disthenführende Quarzitgerölle, wie sie in der Val Calanca die Kalkzone zu begleiten pflegen. Weiter westlich entdeckte ich keine Kalkspuren mehr, weder in der Gegend des *Paradiesgletschers* noch an der *Lentalücke*, wo man die Fortsetzung des Brewaldzuges erwarten könnte. Hier tritt zwar der grosse Granaten führende Glimmerschiefer auf, der den Kalk so häufig begleitet. Ebenso wenig fanden sich Kalke in den Wänden des *Lentatales*, unterhalb der Lentalücke, ausser einzelnen nuss- bis faustgrossen Kalkeinschlüssen im Gneiss, die auch anderer Entstehung sein können. Auf der linken Seite des obersten Zapportes kann ich keine Fundstellen angeben, da dies Gebiet schwer zugänglich und zum grossen Teil von Gletschern, die seit Spätsommer 1916 stark im Vorrücken begriffen sind, bedeckt ist. Nach STOFFEL jun., Führer von Berghaus St. Bernhardin, sollen Kalke an den *Paradiesköpfen* zu finden sein, wo man auch die Fortsetzung der Zone aus der Hölle erwarten kann. Seine Fortsetzung nach E fällt unter den *Zapportgletscher*.

b) *Bernhardinpass.*

Den ersten Marmorzug, der vom Brewald hinüberstrich, finden wir auf der *Alpe di Moesola* (= südlicher Teil der Marscholalp der Dufourkarte) wieder, und zwar in einer Höhe von 2250 m, und verfolgen ihn von hier über das *Berghaus*, wo er in mehreren parallel verlaufenden, linsenförmigen Vorkommnissen aufgeschlossen ist, westlich des *Moesolasees*, und zwischen den Kurven der Passstrasse durch bis unterhalb der *Cantoniera*, wo er südlich der zerstörten *Victor-Emanuels-Brücke*[1] durch die Schlucht weiter streichen müsste. Hier verlor ich seine Spur.

c) *Confinoalp und Muccia.*

Im Bereiche der *Confinoalp* taucht er wieder auf, und zwar sowohl an den das Confinokar südlich wie nördlich ab-

[1] Angegeben auf der Dufourkarte circa 1 cm WSW vom «M» in *M*onti di San Bernardino.

schliessenden Gräten. Besonders mächtig ist er auf dem Südkamm entwickelt, wo sich auch *Rauhwacke* findet (einziges mir hier bekanntes Vorkommnis innerhalb des Adulagneisses). Am Boden der Confinoalp ist auf der Verbindungslinie der beiden auf den Gräten oder in den Wänden entdeckten Vorkommnisse nichts von Kalkgesteinen zu sehen. Sie sind ausgelaugt oder mit Moränen verdeckt.

Im Gebiete der Confinoalp findet sich in tektonisch tieferem Niveau eine weitere Zone zahlreicher, isolierter Marmorlinsen von wechselndem Umfang. Sie sind am Grate zwischen dem *Tre Uominipass* und dem *Pizzo Rotondo* aufgeschlossen. Dieser unteren Zone, die wir im Unterschied zum *Brewaldmarmorzug* den *Tre Uominizug* nennen wollen, entspricht wohl die auf der Karterrasse der *Alpe di Muccia* aufgefundene Schar von Marmorlinsen. Diese ziehen sich gegen Westen nach dem Grat zwischen *Marscholhorn* und *Breitstock*, wo ebenfalls Stoffel jun. noch kleine Linsen in den Wänden beobachtet hat. Es ist möglich, dass diese Vorkommnisse mit den unter dem Zapportgletscher durchstreichenden der Hölle zu verbinden sind. Der Zug lässt sich besser nach SE verfolgen, hinunter in den unteren *Muccia*boden, wo der Kalk, lokal recht mächtig, in einem kleinen Steinbruch für die Beschotterung der Passstrasse ausgebeutet wird. Weiter südlich finden sich noch weitere Linsen dieser Kalkzone bei der alten Strasse unter der *Cantoniera*, um dann ebenso wie die obere Zone auf eine Weile zu verschwinden.

Auffallend ist, dass sich hier die beiden Kalkzüge, die des Brewaldes und die des Tre Uominipasses, sehr nähern, der sie trennende Gneiss-Glimmerschieferkomplex also sehr ausgedünnt wird. Es entspricht dies ungefähr der Stelle, wo auch unter der hier überschobenen Tambodecke die Bündnerschieferzone enorm an Mächtigkeit verliert. Es scheint, dass nicht nur der Bündnerschieferkomplex, sondern auch die oberen Lappen der Aduladecke erst nach dem Zurückbleiben der Tambodecke ihre ganze Mächtigkeit erlangen.

Es ist sehr schwierig, den Zusammenhang all dieser Kalk-Dolomitvorkommnisse ununterbrochen festzustellen, da sie meist linsenförmig ausgequetscht sind. Diese Linsen sind häufig ausgewaschen, und nur im Hintergrunde der dadurch entstandenen kleinen Höhlen befindet sich noch Kalk. So kann man ihn, besonders an steilen Wänden, leicht übersehen, wenn er sich nicht durch abgebröckelte Stücke in den Schutthalden verrät. Es ist daher möglich, dass sich später an manchen Stellen der Zusammenhang noch durch zufälliges Auffinden weiterer Linsen feststellen lassen wird.

d) *Bocchetta di Rogna.*

Südlich des Confinokares müssen die beiden Kalkzüge durch das obere *Passettital* durchstreichen, sich am Osthang der Val Calanca unter dem *Pizzo d'Arbeolo* (= Cima d'A. der Dufourkarte) durchziehen, wo ich den untern dann auf der *Bocchetta di Rogna* wieder auffand. Von hier streicht er südlich, gegen P. 2547 des top. Blattes.

Weiter nach Süden konnte ich diese Kalkzüge nicht verfolgen. In der *Valle di Larsé* entdeckte ich keinen Kalk. Am Ausgange des kleinen Seitenkares des *Pian Grande* NW unter der *Alta Burrasca* liegen noch abgestürzte Marmorblöcke, die darauf schliessen lassen, dass die Fortsetzung wenigstens einer Kalkzone am *Tresculmine*grat zu suchen ist (s. Karte).

Auch an der *Bocchetta di Rogna* trafen wir zwei Kalkzonen, eine unmittelbar in der Passlücke und eine höher oben an den Wänden des Pizzo Arbeolo. *Wir fanden also vom Zapport bis zum Pizzo Arbeolo stets zwei Zonen von sedimentären linsenförmigen Kalkeinschlüssen übereinander.* Jede dieser Zonen besteht wieder aus zwei bis vier und mehr übereinander liegenden Horizonten von Kalken, Dolomiten und Quarziten, die in sehr veränderlicher Mächtigkeit auftreten. Sie sind stets von Glimmerschiefern und häufig von Amphibolschiefern begleitet. Ganz vereinzelte Kalkeinschlüsse stecken auch in dem Gneiss-Glimmerschieferkomplex, der von den beiden Kalkzügen eingeschlossen wird, und zwar nicht nur im Glimmerschiefer, sondern auch im Gneiss.

e) *Fraco und Arbeolo.*

Ausserhalb dieser Zonen sind Kalkeinlagerungen sehr selten. So findet sich z. B. ein kleines Dolomit- und Kalk-Marmorvorkommnis im Adulagneiss des *Fracowaldes* auf dem Hügel mit der Kurve 1680 des top. Blattes, südlich des Dorfes San Bernardino und am Grat zwischen *Arbeolo* und *Fopella*. Diese beiden Stellen sind in den höheren Gneisslagen der Aduladecke gelegen und stellen wohl lokale Einknetungen von Fetzen der Rötidolomitzone dar.

f) *Calvarese.*

Rolles Karte verzeichnet einen breiten Marmorstreifen zwischen *Rossa* und *Calvarese* (Ostseite des Calancascatales). Im Gebiete sucht man vergeblich nach einem so ausgeprägten Marmorbande. Unter der Alpe Calvarese an der Stelle, wo die beiden Bäche zusammenfliessen, befinden sich

zwei ganz schmale Marmorbänder im Biotitglimmerschiefer. Der Marmor ist stark gefältelt. Hier ist ein längst verlassener Kalkofen. Weiter oben in der Richtung auf den *Buffalorapass* zu finden sich im Walde weitere Fundstellen, aber stets hat der Marmor eine sehr geringe Mächtigkeit. Alte Kalköfen verraten auch hier, dass einst mehr Kalk anstehend sein musste. Nach Rolles Karte sollte der breite Marmorstreifen sich über *Monti Asinella* gegen *Monti Rì* (SE und E ob Rossa) fortsetzen. Trotz eifrigsten Suchens konnte ich hier aber nirgends mehr eine Spur von ihm entdecken. Da sich jedoch in den Bachrunsen unterhalb *Saludine* (= Monti Sabione der Dufourkarte) nördlich Rossa Marmortrümmer finden, später aber nirgends mehr, so ist anzunehmen, dass die Kalkzone hier in der Tat unter die Talsohle untertaucht, was mit der Richtung des Fallens und Streichens übereinstimmen würde.

Rolle erwähnt dies Marmorvorkommnis im *Text* nicht. Vielleicht hat er es nach Studers Karte kopiert, der hier gleichfalls einen längeren Streifen einzeichnet, in seiner *Geologie der Schweiz* aber (I, S. 244) nur von isolierten, ganz von Gneiss umschlossenen Marmornestern, über *Rossa* und *Landarenco* spricht.

Unsere Kalkzonen von der Bocchetta di Rogna müssten aber, falls sie weiter streichen, hier mindestens 1300 m höher liegen. Wir haben es also mit einem weit tieferen Horizonte, einem *dritten* Kalkzuge zu tun. Es frägt sich, ob er von eng begrenzter Ausdehnung ist oder sich ebenso weit verfolgen lässt wie die oberen. Ueber Saludine fanden wir keinen Kalk mehr, er muss unter die Talsohle untergesunken sein. Vielleicht geben uns die Schuttkegel der Bachrunsen unter *Rossa* einige Winke. Wir finden hier stets prächtigen, schneeweissen, grobkörnigen Marmor in Vergesellschaftung mit schönen typisch sedimentären Schiefern: Disthen-, Granat- und Staurolith-Schiefern, Glimmerquarziten usw., so im Bache, der von der *Alpe Ganano* (ENE Rossa) kommt (die mineralreichen Schiefer sind oberhalb *Rì* anstehend, Marmor fand ich keinen), im *Buffalorabache*, im Bache, der von *Piove di Dentro* (top. Blatt 513) kommt und weiterhin, wenn auch spärlicher, in den Runsen von *Selma* bis zum *Riale d'Arvigo*. Anstehend fand ich die Granat-, Disthen-, Staurolithschiefer in der Gegend des Buffalorapasses und von da herunter bis *Boggio* und ganz spärlichen disthenhaltigen Quarzit auf der rechten Seite der Val Calanca am *Giumellapass*. Hier scheint die Zone sich, wie die Marmorgeröllfunde

zeigen, unter dem *Pizzo Termine* fortzusetzen oder sie werden hier durch neue tiefere Einfaltungen abgelöst. Nach Angaben von STUDER soll wie oben erwähnt Marmor über *Landarenco* anstehen und nach SCHMIDT am *Pizzo di Claro*. Auch in verschiedenen Bächen des *mittleren Misox* finden sich Marmorgerölle. Hier kann nicht weiter auf diese Marmorvorkommnisse (Siehe Blatt Grono) der unteren Val Calanca und Mesolcina eingegangen werden. Es soll nur darauf hingewiesen werden, zum Beweise, **dass die sogenannte Aduladecke kein einheitlicher Deckenkern ist,** sondern tief zerspalten und aufgebaut aus mehreren Teilfalten, deren freilich stark reduzierte Mulden bis weit gegen die Wurzelregion zu verfolgen sind. Auch hier sind die Muldenumbiegungen noch nicht zu finden. Die Fortsetzung der Mulde würde in der Luft liegen, und die Umbiegung müsste in dem von STAUB angenommenen, südwärts überliegenden Knie der Aduladecke zu suchen sein, falls wir die Gneisszone von Claro als einheitliche Wurzel aller Teildecken annehmen. Jedoch bedarf, wie gesagt, diese südliche Region der Aduladecke noch der genaueren Untersuchung.

h) *Val Soja.* (Siehe Blatt Olivone.)

Prächtig lässt sich die Abspaltung von Teildecken in der *Val Blenio* beobachten[1]. Ueber der Molareteilfalte folgt, durch die Dolomite von *Ponte-San Valentino-Dangio* getrennt, der die Gebirgsgruppe des *Simano* aufbauende, nach Norden einsinkende Gneisslappen. Seine Stirn wird umhüllt von dem ziemlich mächtigen, von *Dangio* aus die *Val Soja* heraufstreichenden Dolomit-Marmor-Quarzitzug. Dieser lässt sich über die *Alp Soja* hinaus (T. 9 *a*) noch ein gutes Stück schluchtaufwärts verfolgen und zieht sich dann über den *Fil di Forcla* (Dufourkarte: Grat Simano-Rheinwaldhorn zwischen P. 2692 und 2675 (T. 11 *a*) zur *Alpe Guarnajo*, wo er immer noch beträchtliche Mächtigkeit aufweist.

Rolles Karte lässt den Zug in der obern Val Soja enden. Auf einem seiner Profile durch den Simano (loc. cit. T. 5 Fig. 7) ist jedoch die Fortsetzung des Soja-Guarnajo-Zuges bei *Urbello* in der obern *Val Malvaglia* richtig angegeben. Wahrscheinlich streicht er von hier an den linksseitigen Wänden der Val Malvaglia allmählich hangaufwärts.

Die von WILCKENS vermutete Verbindung der Sojazone mit dem Marmor des Zapports ist ausgeschlossen, da erstere

[1] Blatt XIX von ROLLE, Uebersichtskarte von STAUB, top. Blatt 504 und 508.

einen weitaus tiefern Horizont innerhalb der Aduladecke einnimmt, als letztere.

Wahrscheinlicher ist die von ARGAND vermutete Kombination der Sojazone mit den Marmoren von *Calvarese*, wie sie R. STAUB auf seiner tektonischen Karte der südöstlichen Schweizeralpen durch punktierte Linien andeutet, wenn ich auch glaube, dass diese wiederum tiefer als die Soja-Dolomite liegen.

Möglicherweise ist die Fortsetzung der letztern noch in der *Val Madra* zu suchen (T. 11 *d*). Auf dem Bande, welches sich in der Höhe der *Alpe Rotondo* (oberhalb der *Alpe Ciavasco*) W unter dem *Fil di Revio* hinzieht, finden sich kalkreiche Schiefer (ähnlich jenen oberhalb der *Alpe Guarnajo* am Pfade zum *Passo del Cadabbi*, Blatt Olivone) und kleine Marmorknauer im Gneiss, aber die mächtigen Dolomite des Fil di Forcla sind verschwunden.

In der obern *Val Calanca* und dem *Stabbiokessel* sowie der *Val Pontirone* (linkes Seitental der Val Blenio oberhalb Biasca) sind mir keine Marmorvorkommnisse bekannt.

In der *Val Carassina* (bei Olivone mündendes, linkes Seitental der Val Blenio) schliesst der Gneiss bei der *Alpe Bresciana* Knauer oder Schlieren hochkristallinen Marmors ein.

3. Die Teildecken.

Erst ein genaueres Verfolgen der an zahlreichen Stellen zwischen *Grono* (oberhalb Roveredo) und *Vals*, *Biasca* und *Olivone* anzutreffenden Marmorvorkommnisse und der teils allein, teils in Verbindung mit ihnen auftretenden andern stark metamorphen Sedimente wird einen genauern Einblick in die Tektonik der Adulagruppe bringen, und diese ungeheuer mächtige Decke definitiv in ein System von Teilfalten zweiter und dritter Ordnung auflösen. Folgende Ausführungen können also nur als vorläufige betrachtet werden. (Siehe die Skizze S. 163.)

a) *Die obern Teildecken.*

WILCKENS Darstellung der Aduladecke als einer in der Fanella-Masse tief zerschlitzten Decke, die im Zapport von Marmorzügen unterlagert wird, kann dahin ausgebaut werden, dass man seine eigentliche Aduladecke noch über den Bernhardinpass fortsetzt bis mindestens zum *Pian Grande*, S des Pizzo d'Arbeolo. Es scheint mir jedoch richtiger, diese «eigentliche» Aduladecke nicht so scharf von den tiefern Gneiss-

lappen loszulösen und den Namen Aduladecke im alten weiteren Sinne fortzuführen, solange die einzelnen Teildecken nicht bis in die Wurzelregion herein zu unterscheiden sind. Es ist also vorzuziehen, diesen Teildecken Lokalnamen beizulegen.

Die *oberste* dieser Teilfalten, also Wilckens eigentliche Aduladecke, umfasst die Gebiete des *Lenta-Kanal-* und *Peilertales* zum grossen Teil, ferner den *Hochberghorn-Kirchalphorn*-Grat (N des Hinterrheintales), die Gegend *Hinterrhein-Talstafel*, den *Bernhardinpass*, die rechte Seite des obern Misox mit dem *Vignone*kare, dem untern *Confino*kare, dem *Fopella*kare, sowie dem untern Teil des *Pian Grande*kares. Wir wollen sie als *Bernhardinlappen* bezeichnen. Diese Teildecke wird unterlagert vom *Brewald-Marmorzug*, und darunter folgt der von diesem und dem *Tre Uomini-Marmorzug* eingeschlossene Gneiss-Glimmerschieferkomplex des *Unter-Heuberges*, *Heitenbühles*, *Marscholhornes*, des bezeichnendsten Gipfels des Zuges, und der obern *Confino-Alpe*: der *Marschollappen*, welcher wahrscheinlich auch den Gipfel des *Rheinwaldhornes* aufbaut. Diese beiden obern Teildecken sind nur in der Stirnregion mächtig und dünnen sich gegen Süden stark aus.

In der Gegend der unterhalb Soazza von links sich öffnenden *Val della Forcola* und der bei Mesocco von rechts mündenden *Val di Gervano* ist der biotitreiche Gneiss vorherrschend, wie er für die untern Teildecken typisch ist. Vielleicht lässt auch dies darauf schliessen, dass hier die Stiele der beiden obern Teilfalten ganz ausgezogen und abgequetscht sind.

b) *Die mittleren und unteren Teildecken.*

Zwischen dem Kalkzug der *Tre Uomini* (s. oben sub *c*) und dem von *Calvarese* (s. oben sub *f*) folgt der mittlere und bedeutend mächtigere Gneiss-Glimmerschiefer- oder Glimmergneisskomplex, wie Heim ihn nennt, die *Stabbioteildecke*, in die die oberste *Val Calanca* oberhalb *Saludine* (nördlich Rossa) eingeschnitten ist. Vielleicht umfasst der südliche Teil dieses Komplexes nicht nur die Südhälfte der Stabbioteildecke, sondern auch den Südteil der *Simano*teildecke, welche hier vereinigt wären. Unter einem Fenster des Marschollappens hat der Rhein bei der *Zapportalp* infolge des hier nördlicheu Einfallens der Gneisse diese mittlere Decke angeschnitten. Erst unter den Marmoren von *Calvarese* würde die unterste und gewaltigste Gneissmasse hervortreten, diejenige, in die die untere *Val Calanca* und *Mesolcina*, die

untere *Val Blenio*, die *Val Malvaglia* und die *Val Pontirone* eingeschnitten sind.

Die Teilfalte des *Simano* ist kürzer als die darüberliegende Rheinwaldhornfalte und die darunterliegende Lucomagnodecke, so dass zwischen *Dangio* und *Olivone* die dritte unmittelbar auf der ersten liegt, getrennt durch Bündnerschiefer und Dolomite[1].

Wird nun der Stiel der Simanofalte auch dünner gegen Süden und gehören die Calvaresemarmore zur Zone, die die Gneisse des Simano von denen des Molare-Lucomagno trennt? Ich lasse die Frage offen, da ich die westliche Hälfte der Aduladecke nur auf wenigen Exkursionen kennen gelernt habe.

c) *Ueberblick über die Gesteine der Teildecken.*

Die Mulden bestehen aus Marmoren, Dolomiten, Glimmerquarziten und hochkristallinen Schiefern sedimentären Ursprunges, die Deckenkerne aus Orthogneissen und Glimmerschiefern mit Amphibolit- und Amphibolschiefereinlagerungen. Während es möglich ist, bei fast jedem Handstück auf den ersten Blick zu sagen, ob es der Aduladecke oder der Tambodecke entstammt, die Gesteine der beiden Decken also wenig Verwandtschaft zeigen, ist es nicht ganz so leicht, die Gesteine der fünf oder sechs Teildecken auseinander zu halten. Die Gesteine der beiden oberen Teildecken sind fast die gleichen, hauptsächlich: Bernardinoaugengneisse, Fracogneisse, Granatmuskovitschiefer, Amphibolschiefer, Granatamphibolschiefer und Amphibolite. Die Gesteine des mittleren Komplexes unterscheiden sich von den höheren hauptsächlich durch den dunklen Glimmer, der sehr reichlich neben dem Muskovit auftritt, und den grösseren Reichtum an Quarz.

[1] ARGAND (Vortrag an der Jahresvers. der Schw. Geol. Ges., 11. September 1917) beschrieb in dem Rötidolomit-Bündnerschieferzug, der den Simanolappen vom Stabbiolappen trennt, einen weitern Gneisslappen, der südöstlich *Olivone* seine grösste Mächtigkeit erreicht, gegen Süden in der Gegend der *Alp Soja* aber auskeilt (berei s in der Uebersichtskarte von R. STAUB 1916 angegeben). Er parallelisiert ihn mit der Lebendundecke, nachdem er früher schon die Simanodecke der Antigoriodecke gleichgestellt hatte.

Damit hätten wir hier folgende sechs Teilfalten übereinander:

6. *Bernhardinteildecke* .)	
5. *Marscholhornteildecke.*)	Gr. St. Bernharddecke.
4. *Stabbioteildecke*	Monte Leonedecke.
3. *Sojateildecke*	Lebendundecke.
2. *Simanoteildecke*	Antigorioteildecke.
1. *Molareteildecke* (resp. Lucomagno oder Sole).	Verampiodecke.

Während der charakteristische Glimmer der Bernardinogneisse intensiv hellgrüner Phengit ist, herrscht im mittleren und unteren Gesteinskomplex ein schwarzer, unter dem Mikroskop hellbräunlicher bis dunkelgrünlich brauner, stark pleochroitischer Biotit als Hauptgemengteil.

Die Gesteine des untersten Komplexes, die nach S in den sogenannten Tessinergneiss übergehen, stimmen mit diesem und dem Antigoriogneiss überein. Es sind prachtvolle, dickbankige Zweiglimmeraugen- und Lagengneisse, z. T. Injektionsgneisse und treten bald in einer ganz sauren, bald mehr basischen Modifikation auf.

Intrusionen und Einlagerungen von Amphiboliten und Amphibolfelsen treten auch im unteren, besonders aber dem mittleren Komplex auf.

Pegmatitgänge sind nur in der untersten Teildecke zu finden und sehr spärlich und verquetscht in der mittleren (*Allogna* oben in der Val Calanca, wo das Passettitälchen einmündet, *Passo della Crocetta* nordwestlich Bocchetta di Rogna).

D. ***Der Bündnerschieferzug des Misox.***

(Siehe Tafel 2.)

Den Muldencharakter dieser Bündnerschieferzone zeigt am deutlichsten ein zwischen *Wälschberg* und *Vignonetal* durch sie gelegtes Profil (Siehe Profil 4): Ueber den Glimmerschiefern der Aduladecke folgt ein vielfacher Wechsel von Dolomiten, Marmoren, Quarziten, Phylliten und dieser Zone eigentümlichen Augen- und Lagengneissen. Darüber befindet sich ein mächtiger Kalkschieferkomplex mit wesentlich auf zwei Horizonte verteilten Grünschiefereinlagerungen, darauf eine Zone von schwarzen kalkarmen Phylliten, eine nicht allzu mächtige Lage von Kalkbänken, eine neue starke Phyllitzone, dann Kalke mit in dieser Gegend allerdings höchst spärlichen Grünschiefereinlagerungen und endlich unter den übergeschobenen Schiefern der Tambodecke eine neue Zone von Rauhwacken und Marmoren, ohne die Gneisseinlagerungen der untersten ihr sonst entsprechenden Zone.

Die Mächtigkeit aller dieser Glieder nimmt gegen das *Rheintal* auffallend zu. Der Muldenschenkel gewinnt nach dem Zurückbleiben der ihn auswalzenden, hangenden Decke (T. 5*b*) rasch an Dicke. Seine Lagerung bleibt weiterhin der ihr Liegendes bildenden Aduladecke angepasst, und mit dieser streicht sie über den *Valserberg* ins *St. Petertal*. Bald übersteigt die Mächtigkeit jedes einzelnen Gliedes die des Gesamtsystems bei *San Bernardino*.

Auch der Muldenkern, die schwarzen Phyllite, nimmt im Gebiete der *Gadriolalp* und *Horneralp* mächtig zu und öffnet sich weit gegen den Hinterrhein (T. 10 *e*).

Der Mittelschenkel der Misoxermulde (T. 5 *b*) weist dort einen komplizierten Bau auf: wo er in den Gewölbeschenkel der oberen Decke übergeht, schmiegt er sich doch den Stirnfalten der Tambodecke mit all ihren frontalen Abzweigungen eng an. Weithin sichtbar ist die Umbiegung des Kalkbandes am *Einshorn* (T. 10 *e*, *f* und 2 Profil 5), die dessen stolz isolierten Bau bedingt. Der Kern dieser Antiklinale enthält einen der weit vorgeschobenen Stirnlappen der Tambodecke, zwischen die die triasischen Dolomitbreccien und die dickbankigen kristallinen Kalke kompliziert eingefaltet sind. Es ist wohl möglich, dass die auftauchende Stirn der Hauptfalte bedeutend höher war. Dass sie weiter nach Norden reicht, wie Wilckens glaubt, ist unbegründet. Wir sehen die geschlossenen Frontalumbiegungen sämtlicher sekundärer Teilfalten, und dass diese sich in einem tektonisch höheren Niveau der Bündnerschieferzone befinden, als demjenigen, der über den Valserberg im St. Petertal streichenden Schiefer, die nach Wilckens Ansicht Reste der ausgequetschten Tambodecke enthalten sollen.

Im Gegensatz zu Wilckens bin ich der Ansicht, dass das Heim'sche Profil (Heim, Geologische Nachlese Nr. 17, 1906) wenn auch im Detail komplizierter, im Prinzip hier richtig ist, wofür später noch weitere Beweise folgen werden.

Wir wollen nun das soeben der Uebersicht halber, gewissermassen aus der Ferne betrachtete Profil zwischen *Wälschberg* und *Vignonetal* aufmerksam begehen und die verschiedenartigen es zusammensetzenden Glieder einzeln kennen lernen, sie in nach typischen Lokalitäten benannte Zonen einteilen und diese darauf in ihrem Streichen nach Norden und Süden verfolgen.

a) Wälschberg-Vignonetal.

(Siehe Tafel 2 und 10 *f*.)

I.	1. Bleigraue, dunkelgraue, körnige Glimmerschiefer mit oder ohne Granaten.	*Oberste Aduladecke.*
	2. Dichte, feinschuppige, schwarze Biotitschiefer.	
	3. Weisse Muscovitgneisse fallen 35° E.	

II. 1. Konkordant aufgelagerte grobe Rauhwacke 6 m mächtig, beginnt auf Höhe 2130.
2. Feiner Augengneiss 2 m mächtig.
3. Dolomit ½ m mächtig.
4. Weisser Glimmerquarzit.
5. Brauner Dolomit.
6. Weisser Dolomit.
7. Grünliche und graue Glimmerschiefer.
8. Augengneiss.
9. Dolomit.
10. Dolomitsande.
11. Schwarze Phyllite.
12. Augengneiss.

Untere Rötidolomit- oder *Adulatriaszone.* Der ganze Komplex etwa 300 m mächtig.

Es folgt ein schuttbedecktes Plateau und ein schuttbedeckter Hang, der die obersten Schiefer dieser Zone bedeckt.

Bei Höhe 2270 auf Weg zur *Schattwanglücke* [1] schauen kleine Felsköpfe aus dem Wiesenhang hervor. Der untere Teil besteht aus:

III. Den Kalkschiefern der *Geissbergzone* und
IV. der obere Teil aus den Grünschiefern der *Gadriolzone.* — 150 Meter.

V. Bei dem kleinen Wändchen auf Höhe 2340 stehen wieder Kalkschiefer an, die sammt den ihnen eingeschalteten kalkhaltigen Phylliten bis auf Höhe 2440 anhalten: *Wandfluhzone.* — 160 Meter.

VI. Darüber die Grünschiefer mit Einlagen von Kalken und Phylliten: *Nufenenzone.* — 60 Meter.

VII. Darauf die dickbankigen Kalke der *Mittaghornzone.* — 90—100 Meter.

VIII. Durch die Schattwanglücke streicht ein schmaler Phyllitzug: Die *Schattwangzone.* — 40—50 Meter.

IX. Darüber finden wir einen hier sehr bröckligen Kalk: Die *Uccellozone.* — 20—60 Meter.

[1] Die auf der Siegfriedkarte nicht benannte Lücke zwischen dem Mittaghorn und P. 2795 im Hintergrunde der Gadriolalp.

X. Eine mächtige Phyllit- und Sericitquarzitzone: Die *Vignonezone*. bis 500 Meter

XI. und XII. Endlich Kalke, Marmore und Dolomite mit eingefalteten Tamboschiefern in sehr wechselnder Mächtigkeit: Die nicht immer deutlich von einander zu unterscheidenden *Einshorn-* (XI) und *Obere Rötidolomitzone* (XII). 20—200 Meter.

XIII. *Tamboschiefer*.

b) Die Gegend der Gadriolalp, Horneralp, des Aelpliwaldes und Geissberges.

Der untere Rötidolomit, oder wie wir die Zone bei ihrer petrographischen Reichhaltigkeit besser nennen, die *Adulatrias*, setzt sich vom *Wälschberg* in fast der gleichen petrographischen Zusammensetzung über *Neuwahli*, den *Geissberg* und *Hinterrhein* zum *Valserberg* fort. Ueberall finden wir die gleichen Augengneisse, Glimmerschiefer, Glimmerquarzite, granathaltigen Phyllite und Grünschiefer zwischen die Dolomite, Rauhwacken und Kalkschiefer eingelagert.

Selten ist diese Zone in ihrer ganzen Mächtigkeit aufgeschlossen, sondern meist unter Schutthalden und Wiesen versteckt. Schöne Aufschlüsse finden sich bei *Neuwahli*, in dem Steinbruch neben der obersten Kehre der Poststrasse, in dem Tälchen darüber sowie in der östlich folgenden Bachrunse. Am auffallendsten wird die Mannigfaltigkeit dieser Zone, in der Gegend des *Valserberges*, da sie nördlich des Hinterrheines ihre grösste Mächtigkeit erreicht.

Der *Räpierbach* legt die triadischen Schiefer an vielen Stellen bloss, und in seinem mächtigen, bei Hinterrhein aufgeschütteten Schuttkegel lässt sich bequem die Reichhaltigkeit der in dieser Zone vertretenen Gesteinsarten studieren.

Ueber den, stellenweise in schneeweissen, grobkörnigen Marmor übergegangenen, selten gut aufgeschlossenen Kalken der Geissbergzone folgt die Gadriol-Grünschieferzone, die sich im oberen Teil der eben genannten und den ihnen benachbarten Runsen südlichen Hinterrhein beobachten lässt.

Steigen wir zum Beispiel östlich der *alten Rheinbrücke* in die Höhe, so treffen wir über der Schutthalde Grünschiefer, Kalkschiefer, kalkhaltige Phyllite und dunkle Schiefer. In den Kalken finden sich stellenweise noch Grünschieferlinsen. Es sind dies alles Gesteine der triadischen Zone. Gehen wir nach Westen über die Schutthalde hinauf, so treffen wir als erstes

Anstehendes Kalke auf Höhe 1820. Ueber einer etwa 4 m dicken, weissen, harten Marmorbank folgen wieder Kalkschiefer und bei 1850 m Grünschiefer, dann wieder Kalke und nochmals Grünschiefer. Dieser obere Grünschieferzug ist mächtiger als der untere.

Der ganze Hang ist mit fast undurchdringlichem Erlengestrüpp bestanden, so dass einzig die Bachrunsen die Aufnahme kleiner Profile erlauben.

Im nächsten westlich folgenden Bachbett stehen die Grünschiefer auf Höhe 2040 an. Auch hier sind sie nicht sehr mächtig, darüber folgen Kalke, und dann wieder der zweite, mächtigere Grünschieferzug.

Unter dem unteren Grünschieferzug ist die kleine Schlucht in die Kalkschiefer, Triasgneisse und Glimmerschiefer, die mit Dolomiten abwechseln, eingeschnitten. Die Dolomite sind oft stark verbogen und stehen lokal ausnahmsweise steil.

Am mächtigsten wird die untere Grünschieferzone bei der Mündung des *Gadriolbaches* in den Hinterrhein, weswegen ich sie *Gadriolzone* nenne. An den Nordhängen des Rheinwaldtales ist sie schlecht aufgeschlossen, lässt sich jedoch über den Valserberg ins St. Petertal verfolgen.

Die darüber liegende Zone von Kalken und kalkreichen Schiefern bildet den unteren Teil der Wände des *Mittaghornes*.

Interessante Verhältnisse zeigt sie beim Aelpliwald und auf den Steilhängen unter der Gadriolalp. Hier ist sie intensiv von Grünschiefern durchdrungen, die sich nicht nur in wiederholten kleinen Lagergängen, sondern auch in zahlreichen isolierten Nestern finden. Die Kalke sind zum Teil in prachtvollen, dickbankigen, durchsichtig weissen Marmor von sehr grobkörniger Ausbildung umgewandelt.

Zwischen den Kalken und den Grünschiefern finden sich zuweilen Fetzen von Gneissen und Glimmerschiefern der Aduladecke.

Jenseits des Hinterrheines setzt diese Zone sich in der *Wandfluh* fort, wo wir die gleichen schönen Marmoreinlagerungen finden; ich habe sie nach dieser Wand benannt.

Die zweite Grünschieferzone, die uns am Weg zur Schattwanglücke begegnete, zieht sich hoch an den Wänden des *Mittaghornes* entlang und herunter zu den genannten Stellen in den beiden Bachrunsen über Hinterrhein. Sie ist im allgemeinen von viel bedeutenderer Mächtigkeit als die untere, verliert sich aber in der Verlängerung dieses Horizontes gegen

den Aelpliwald so ziemlich. Dafür tritt Grünschiefer hier reichlicher in den höheren, sonst grünschieferfreien Komplexen auf. Am mächtigsten und petrographisch reichhaltigsten ist er dann wieder in der Gegend von *Nufenen* (nach welchem Dorf ich ihn benenne) entwickelt. Jenseits des Hinterrheines setzt er sich sehr mächtig über den *Brennhof* fort.

Die dickbankigen, ziemlich rein ausgebildeten Kalke, die wir unter der Schattwanglücke antrafen, ziehen sich über das *Mittaghorn* (Mittaghornzone) fort. Sie bilden nicht nur den obersten Teil seiner Westwände, sondern auch die aus den Schichtflächen bestehenden Hänge bis hinunter zum *Gadriolbach*.

Die von Hinterrhein aus sichtbare Kuppe nördlich des Mittaghorns, die von der Bevölkerung *Mittagsturm* genannt wird, auf der Karte aber nicht bezeichnet ist, besteht nur noch an den Westwänden aus diesen Kalken, während auf der Kammhöhe die Phyllite der *Schattwangzone* folgen. Oestlich des Gadriolbaches sind die Kalke nur noch in einem schwachen Streifen, im Gebiete des *Aelpliwaldes* durch einige dickbankige schneeweisse Marmorbänder angedeutet.

Das Phyllitband, das durch die Schattwanglücke streicht, setzt sich auf der rechten Seite der von der Schattwanglücke zur Gadriolalp herab ziehenden Schlucht fort.

Oestlich des Mittagsturmes bedecken diese Phyllite auf der linken Seite des Tales die Kalke der Schattwangzone und bilden die glatten, im Abrutschen begriffenen Hänge über der wilden Schlucht der unteren *Gadriolalp*.

Gleich über der Schattwanglücke hatten wir ein schmales Band angetroffen, das aus lockerem, fast in Kalksand zerfallendem Gestein bestand. Dieses lässt sich bis in die Nähe der Gadriolalphütte verfolgen und verschwindet dann. Möglich ist jedoch, dass die weissen Marmorbänke im Grünschiefer bei Nufenen noch hierhin gehören. Nördlich der Gadriolalp lassen sich die beiden Phyllitzonen unter und über dieser *Uccello-Zone* nicht mehr trennen. Die mächtige obere Phyllitzone baut fast ganz die gewaltig steilen Wände der *oberen Gadriolalp* auf. Die vereinigten Phyllitzonen streichen in stattlicher Mächtigkeit über den *Wannenberg* (E Hang N vom Einshorn) und die *Horneralp* ins untere *Areutal* und bilden die Basis der Nordwände des *Guggernüll*. In dieser Phyllitzone finden sich auch einige kalkreichere Lagen, sogar kleine Kalkbänke, aber diese treten im allgemeinen stark gegen die kalkarmen bis kalkfreien Phyllite und Sandsteine zurück. Die deutlichsten dieser Kalkbänke treffen wir beim

nntersten Seitenbache des Areuflusses ESE des *Stockerwaldes* an, von hier ziehen sie sich zum Rücken des Wannenberges und sind weithin noch an den Wänden unter dem Einshorn zu verfolgen (s. Karte). Der tiefeingeschnittene imposante Kessel der *Gadriolalp* (T. 10 *e, f*) verdankt seine Existenz offensichtlich diesen weichen, hier enorm an Mächtigkeit gewinnenden Phylliten.

In der Gegend von *Nufenen* gehen die Grünschiefer sogar bis in die Phyllite hinauf. Es ist dies die einzige Stelle meines Gebietes, wo das der Fall ist. Diese innige Vermengung der Grünschiefer mit den Phylliten finden wir nur auf den Hängen südlich des *Brennhofes*. Auf den Hängen zwischen *Wannenberg* und *Aelpliwald* ist nichts mehr von ihr zu entdecken.

Lehrreich für die Tektonik dieses Gebietes ist der Blick vom Mittaghorn auf die ungeheuer steilen Wände des *Einshornes* und des *Pizzo Cavriolo* (T. 10 *e, f*).

Von dem kühnen Spitzchen des Pizzo Cavriolo senkt sich ein aus massigen Gesteinsbänken bestehendes Band langsam nach NE. Es streicht unter P. 2820 und P. 2862 durch und steigt unter dem Einshorn mit prächtiger, deutlich sichtbarer Umbiegung wieder in die Höhe, um nach einer Biegung von etwa 170° von der Erosion abgeschnitten zu werden.

Ein zweites, jedoch nicht so massiges Kalkband dieser *Einshornzone* bildet den Gipfel des Einshorns und macht die gleiche Umbiegung mit. Gegen SW streicht es zwischen der *Bocchetta del Diavolo* und dem *Pizzo Cavriolo* in die Luft aus. Die äusserste Umbiegung dieses Bandes ist fort erodiert, und die aufgeschnittene Antiklinalumbiegung bildet die steilen Wände, in denen das Einshorn gegen N zur « *Alp unter dem Horn* » abfällt. Ungemein scharf heben sich hier die steilen, aus den Kalkbänken bestehenden Wände von den sanften, mit Buschwald und Matten bedeckten Phyllithängen der *Horneralp* ab.

Wo der *Areubach* diese Kalke quert, hat er eine tiefe, enge Klamm in sie eingeschnitten. Von hier ziehen sie sich zu den Nordwänden des *Guggernüll* hinüber und von da sanft nach Osten hinunter (T. 10 *e*).

Die Grateinsattelung südlich des Einshornes wird, wie uns die Untersuchungen im *Einshorntäli* (SE der Einshornspitze) zeigen, aus Glimmerschiefern der Tambodecke gebildet. Eine bis hierhin vorgestossene Stirnzunge der Tambodecke füllt also den Kern der Einshorn-Antiklinale aus.

Eine weitere Komplikation bemerken wir unter dem Gipfel

P. 2862. Ein gleichfalls massiges Marmorband bildet hier zwei kurze, liegende Antiklinalen zwischen den Tamboschiefern. Eine ebensolche befindet sich unter der kleinen Spitze P. 2820.

c) **Vignonegebiet.**

Ein sehr vollständiges Profil durch die Misoxermulde zeigt das Vignonetal. Der *Rio Gulmagno* durchschneidet kurz vor seiner Mündung in die Moesa die *untere Triaszone*.

Profil durch diese Zone:

1. (unten) grau-grüner Glimmerschiefer;
2. eine dünne Lage Dolomit, 1 m;
3. weisse Quarzite und Glimmerquarzite, $^1/_2$ m;
4. Dolomit, 30 cm;
5. graue Glimmerschiefer gespickt mit Pyrit, 15 cm;
6. Dolomit, 50 cm;
7. grauer Schiefer von sehr wechselnder Beschaffenheit mit kleinen, von Muskovit umschmiegten Albitaugen, dazwischen Quarzlagen, bankweise reich an Granaten, 12 m;
8. dicke, knollige Dolomite, 6 m;
9. Lagengneiss und silbergraue Glimmerschiefer, 3 bis 4 m;
10. Dolomit, 3 m;
11. Augengneiss, 6 m;
12. Dolomit;
13. dunkle, weiche Glimmerschiefer und Grünschiefer, 20 m;
14. (oben) dunkle Kalkglimmerschiefer.

Wir haben hier also eine ähnliche Ausbildung der triadischen Zone wie am Wälschberg. Mit dieser steht sie auch in kontinuierlicher Verbindung. Sie bildet im allgemeinen den Fuss der Wände des *Pizzo Uccellograte*s (T. 5 *a*, *b*). Stellenweise liegt auch das Bett des von N herkommenden Baches noch in den untersten triadischen Schiefern. In der Gegend von *Gareda* greifen die Marmore sogar auf dessen rechtes Ufer über. Unter dem Pizzo Uccello schauen die Gesteine dieser Zone nur an einzelnen Stellen aus den riesigen an den Wänden aufgehäuften Schuttkegeln hervor.

Oberhalb der Rötidolomitzone bildet der *Rio Gulmagno* prächtige Wasserfälle (T. 12 *a*). Er schneidet hier die Wandfluh- und Mittaghorn-Kalkzonen samt den ihnen eingelagerten Grünschiefern. In der Schlucht des Rio Gulmagno sind diese nur sehr spärlich vorhanden; meist treteu sie in mehr oder weniger isolierten Nestern auf. Gegen Norden sind sie besser ausgebildet, besonders wieder die obere Zone. Die untere

Zone streicht unter dem *Pian Lumbrivo* durch, setzt aber stellenweise aus.

Die Nufenenzone lässt sich hingegen ohne Unterbrechungen in mehreren parallelen, durch Kalkbänke getrennten Lagen über den Pian Lumbrivo und an den Wänden des Pizzo Uccello bis zu dem Punkte verfolgen, an welchem wir sie auf dem Weg zur Schattwanglücke antrafen.

Die schönen, kräftigen Kalkbänke der Mittaghornzone bilden die rechte Talseite und meist auch den Grund des Bachbettes zwischen der Brücke (Weg Acquabuona-Pian Lumbrivo) bis zu dem Wasserfall über Pian Lumbrivo. Von hier streichen sie längs des Gratrandes gegen N und unter der Spitze des Pizzo Uccello durch zum *Mittaghorn* (T. 10*f*).

Zwischen dem Wasserfall von Pian Lumbrivo bis etwas oberhalb des Zusammenflusses der beiden Vignonebäche fliesst der Rio Gulmagno durch die Phyllite der Schattwangzone, die den Hang bis hinauf zu der kleinen Südwand des Pizzo Uccello aufbauen, und von hier ziehen auch sie unterhalb der Spitze des Pizzo Uccello durch zur Schattwanglücke. Dann folgen die Kalkschiefer, die den *Pizzo Uccello* (T. 10 *a*) und die unmittelbar nördlich davon gelegene kleine Spitze aufbauen (*Uccellozone*), und die unterhalb der *Casa Vignone* durch die westliche der beiden Talfurchen streichen. Darüber liegt die mächtige Phyllitzone (*Vignonezone*), die sich auf der rechten Seite des Vignonetales hinaufzieht zu dem Kamm zwischen dem Nordgipfel des Pizzo Uccello und dem Pizzo Cavriolo (T. 10 *b*) und von hier unter den Wänden des Einshornes zur Horneralp streicht.

Wir sahen vom Mittaghorn aus das Kalkband, das zwischen Pizzo Cavriolo und Einshorn die Schiefer der vorgestossenen Tambozunge trägt. Dies Kalkband quert den *Piattone di Vignone* und sinkt westlich der *Motta di Caslaccio* unter den grossen Bachschuttkegel, der hier die Sohle des Tales verhüllt, ein. Im Talgrunde ist diese Kalkzone ziemlich ausgequetscht, wir finden Kalkschiefer und Rauhwacken von wechselnder Mächtigkeit. Erst oberhalb des Piattone di Vignone schwillt sie an, hier finden sich mächtig dicke Bänke eines grobkörnigen Marmors von rein weisser Farbe. Daneben sind auch hier die Kalkschiefer und Rauhwacken vertreten.

In der Mitte des breiten Tales erhebt sich ein ansehnlicher, runder Felshügel, der, wie die hohen Gipfel, die das Vignonetal gegen Süden begrenzen, ganz aus den kristallinen Schiefern der Tambodecke aufgebaut ist.

Die Schiefer streichen an der *Motta di Caslaccio* gegen

NE und setzen sich an den Nordhängen des Tales fort bis zu der Stelle, wo die kleine Wand von den Spitzen P. *2862*, *2803* und *2747* abfällt. Leider ist ein grosser Teil des Hanges von Moränen bedeckt, aber die schwarzen runden Köpfe, die sich dazwischen über die Gehänge erheben, zeigen schon von weitem, dass wir es hier nicht mehr mit den Bündnerschiefern zu tun haben. Die Untersuchung an Ort und Stelle bestätigt, dass ein Stirnlappen der Tambodecke bis zum Grat zwischen P. *2820* und *2862* vorstösst. An einigen Stellen sind scharfe Einfaltungen von Marmor auch hier zu finden, wie über der kleinen Einsattlung nördlich der Motta di Caslaccio und auf dem Piattone di Vignone. Die tektonisch bedingte Wechsellagerung der Tamboschiefer und Triasdolomite in der Gegend der oben genannten Gipfel zeigen am besten die auf dem Piattone di Vignone und im oberen Vignonetal aufgenommenen Photographien (T. 10 *c*, *d*).

Dass jenseits des *Areu*tales die Intensität der Verfaltung zwischen den Gesteinen der Tambodecke und der Rötidolomitzone nicht abnimmt, zeigt ein Blick vom Vignonepass auf die Wände des *Guggernüll* und die Hänge unter dem *Areupass*.

d) Gegend von San Bernardino, Monzotenti und Acquabuona.

In der Gegend von *San Bernardino* ist die Bündnerschieferzone stark ausgequetscht, und daher sind nicht alle Glieder gleich deutlich entwickelt.

Südlich San Bernardino gewinnt die Zone wieder bedeutend an Mächtigkeit.

Die triadischen Schiefer streichen von der unteren Rio Gulmagnoschlucht hinter dem Hotel Victoria durch zum *Prato dei Fiori* und von dort die ganze Terrasse von *Monzotenti* hinunter bis zum Stufenabfall über *San Giacomo*. Bei San Bernardino bedecken die Aufschüttungen des alten Rundhöckersees einen Teil der Zone. Aber weiter im Süden ist das Profil durch die Rötidolomitzone gut aufgeschlossen. Rauhwacke fehlt hier wie auch schon in der Gulmagnoschlucht, dagegen treten knollige Dolomite, granatführende Kalkglimmerschiefer, Quarzite, Grünschiefer und Gneisse aller Art auch hier wieder auf, wie uns ein von *Monzotenti* zur *Bellavista* gelegtes Profil zeigt (T. 2 Profil 2). Südlich San Bernardino sind die Gadriol-, Wandfluh-, Nufenen- und Mittaghornzonen nicht mehr immer deutlich auseinander zu halten, da sie stark ausgequetscht wurden. Besonders der

Grünschiefer setzt in der Gegend von San Bernardino stellenweise aus und ist unter *Acquabuona* nur in Form isolierter, in den Kalkschiefern steckender kleiner Linsen zu finden. Erst unter der *Bellavistaspitze* wird wenigstens die untere Zone (Gadriol-Zone) wieder mächtiger, und nun ist sie bis zum Stufenabfall von San Giacomo zu verfolgen. Der ganze, die genannten vier Zonen umfassende Kalk-Grünschieferkomplex, den wir am Rio Gulmagno zwischen dem untersten Wasserfall und der Brücke unter Pian Lumbrivo verlassen hatten, streicht stark reduziert unter Acquabuona durch und westlich der Poststrasse zum Rücken mit P. *1785*, *1788*,*9* und *1716* des top. Blattes (T. 6). Fast die ganze Ostseite wird aus den Schichtflächen der Kalkbänke gebildet, in die nahe der *Monti Fies* Grünschiefer eingelagert sind, die wohl der *Nufenenzone* entsprechen. Sie sind circa 500 m NWhangaufwärts (bis südlich *Sovassa* des top. Blattes) zu verfolgen.

Auffallend ist die in diesem Komplex auftretende *Einfaltung* von *Dolomiten* und *Gneissen*. Besonders letztere sind auf weite Strecken hin zu verfolgen und bilden die Kammhöhe östlich der *Monti di Monzotenti*. Wir konnten diese Gneisse weiter S, wo sie mächtiger sind, wieder treffen (siehe unten Profil *f*).

Die *Schattwangphyllite* begleiten den *Rio Gulmagno* gegen S linksseitig bis zu der schon erwähnten Brücke von Pian Lumbrivo und ziehen sich von hier zu den Hütten von Acquabuona und links der Poststrasse zu der *Forcola di San Bernardino* (nicht zu verwechseln mit Forcolatal- und -Pass E Soazza). Südlich dieser kleinen Passfurche schwillt die Zone an und streicht über *Fies* und *Viganaia* zum Pian San Giacomo. Im Bereiche dieser Phyllite sinkt der Steilabfall treppenförmig zum Stufenboden hinunter (T. 5 *d*, 12 *b*).

Die Kalke der *Uccellozone* werden oberhalb P. 2060 vom Vignonebach geschnitten und streichen unterhalb der *Fontana alba* und östlich Acquabuona durch zur Westseite des *Lago d'Osso*. Von hier verfolgen wir sie zu den Hütten östlich P. 1626 und durch die kleine Schlucht zu den Windungen der Poststrasse über *Pescedalo* (SW Mea), wo die Schichtflächen dieser Kalke nochmals hoch hinauf den Hang bedecken.

Die nördlich des Vignonetales so mächtigen *Vignonephyllite* sind schon bei der Casa Vignon auf ein schmales Band reduziert. Bei der Fontana alba stehen ihre Schichtköpfe in einem kleinen Wändchen an. Von hier ziehen sie sich durch

die Schlucht südlich Acquabuona zum *Lago d'Osso* (bei P. 1646), der fast ganz in dieser Zone eingegraben ist.

Während südlich des Lago d'Osso und der Forcola die Schattwangzone bedeutend an Mächtigkeit gewinnt, wird umgekehrt die Vignonezone (die bisher stets mächtigere der beiden Phyllitzonen) bis auf einen schmalen Streifen zusammengepresst, der unter *Monte Frigera* den Grund des kleinen Tales bis zur Strasse hinunter, P. 1337, bildet.

Im Süden des Pizzo Uccello zeigt das Vignonetal eine doppelte Furche, die getrennt wird durch einen kleinen Rücken. Er besteht vorwiegend aus den vom Pizzo Cavriolo herabstreichenden Marmoren und Kalkschiefern, zwischen welche die Glimmerschiefer der Tambodecke eingefaltet sind. Auch weiter im Süden sind in dieser Zone, wenn auch nicht mehr so mächtig, fast überall Tamboschiefer eingeknetet. So bei Fontana alba und in dem kleinen Tale südöstlich Acquabuona. Häufig sind die Schiefer der Tambodecke und die dieser Zone in einer Reibungsbreccie innig miteinander vermengt.

Nördlich Acquabuona sind Grünschiefer nur sehr spärlich vorhanden. Oestlich davon beginnt jedoch ein kontinuierlicher Streifen, der sich über die *Alpe del Pian d'Osso* und östlich des Lago d'Osso verfolgen lässt bis südlich Monte Frigera. Zwischen Frigera und dem Lago d'Osso erreicht er seine grösste Mächtigkeit. Die triadische Zone ist südlich und nördlich der Alpe del Pian d'Osso zum grössten Teil von den mächtigen, von der *Curcinsa* und dem *Mutun* herabkommenden Schuttkegeln bedeckt.

e) Profil quer durch die Val Mesolcina oberhalb des Pian San Giacomo.

Oberhalb *Monte Corina* (Alla Spina gegenüber) stürzt die Moesa in zwei gewaltigen, das Tal weithin mit ihrem Tosen erfüllenden Wasserfällen über die Gneissbänke der Aduladecke in den Stufenboden des Pian San Giacomo hinunter.

Oestlich der Mündung des Pian Grande-Baches in die Moesa beginnen

(unten) die triadischen Schiefer und Dolomite; darüber liegen

graue dicke Kalkbänke, calcitreiche Phyllite, braune Kalkglimmerschiefer, zuckerkörniger, weisser Marmor, wieder Kalke, Kalkschiefer und Phyllite,

dunkle Grünschiefer mit grossen Albitkörnern, helle, muscovithaltige Grünschiefer,

20 bis 30 m mächtige graue Kalkschiefer und Phyllite, schneeweisser grobkörniger Marmor und Dolomit (einige Meter mächtig), dann

1/2 bis 1 m mächtige graue Kalke,

Grünschiefer in verschiedenen, z. T. sehr fein geschieferten Variationen, darüber

kalkreiche Bündnerschiefer, die in ihrer Basis faustgrosse Dolomitlinsen enthalten, und darauf

die kalkarmen, quarzreichen Phyllite der *Schattwangzone*, mit einigen Kalkbänken. Kurz vor der Strasse treffen wir

im Bachbett die Kalke der *Uccellozone* und

jenseits der Strasse die *Vignonephyllite*, darüber

Kalke und Grünschiefer, und

bei *Monte Moca* (Mea des Top. Blattes) tauchen zum Schluss einige Rauhwackenbänke aus der Wiese auf. Die darüber folgenden

Tamboschiefer sind unter den Schutthalden versteckt.

f) Pian San Giacomo, Pradirone [1], Arbea [1], Giumella.

Durch den Stufenabsturz über *San Giacomo* wird die Bündnerschieferzone abgeschnitten, und ihre Fortsetzung liegt eine Strecke weit unter dem Alluvium der Ebene von San Giacomo begraben (T. 12 *b*). Auf der rechten Talseite taucht sie wieder auf und bildet den Abhang zwischen *Monte Scotto* und *Andrana* bis hinauf zum *Giumella*kamm (T. 5 *e*). Der Fuss der Gehänge ist durch einen von der gegenüberliegenden Seite stammenden Bergsturz und das durch die zahlreichen hier niedergehenden Lawinen und die periodischen Bäche angehäufte Schuttmaterial bedeckt. Darüber befinden sich dichte Wälder und Gestrüpp, sodass nur die wenigen und nicht sehr tief eingeschnittenen Runsen Anhaltspunkte geben für die Fortsetzung des Bündnerschieferzuges.

Viel schöner zeigt sich dieser auf einer Kammwanderung von den *Ortigherei* (W Giumella) nach *Pradirone*.

g) Profil durch den Giumellakamm.

(Vergl. Profil 1.)

Schon von Mesocco fallen die zwischen dem *Tresculmine* und der Giumella gelegenen kleinen Gneisszacken auf, die sich scharf gegen den Horizont abheben. Die Bevölkerung nennt sie « Ortigherei » : Brennesseln, wegen ihrer Aehnlichkeit mit den Zacken eines Blattes dieser Pflanze. Ueber den

[1] Pratirone, Arbiöa der Dufourkarte.

dickbankigen, weissen, kleine Granaten enthaltenden Gneissen der *Aduladecke* folgen hier die der Zerstörung in verschiedenem Grade Widerstand leistenden Gesteine der *Rötidolomit-* und *Bündnerschieferzone*. Sie beginnen mit

$FeCO_3$haltigen, dünnplattigen braunen Kalken und granatreichen schwarzen Phylliten. Darüber folgen quarzreiche dunkle Schiefer und teils granathaltige, teils granatfreie Kalkschiefer.

In der kleinen Lücke über der Giumella finden wir vorwiegend quarzreiche dunkle Schiefer und dann Gneisse und Glimmerschiefer, die wohl nichts anderes als eingeknetete Fetzen der *Aduladecke* sind.

Schneeweisse Marmore trennen sie von einem

zweiten Gneisskomplex, in welchem ein Zweiglimmergneiss mit ausgesprochener Lagentextur vorherrscht. Derselbe Gneiss streicht südlich von hier bei den Maiensässen von *Pianezzo* durch, wir werden ihn *Pianezzogneiss* nennen. Wir fanden ihn schon z. T. als Lagengneiss, z. T. als Augengneiss entwickelt am Bellavistakamm.

Von dem zwischen San Bernardino und dem St. Petertal beständig zwischen den Dolomiten auftretenden Augengneiss unterscheidet er sich vorwiegend durch seinen Reichtum an kleinen schwarzen Biotitblättchen.

Wie an der Bellavista, so folgen auch hier über diesen Gneissen die *Grünschiefer* als ziemlich mächtiger und petrographisch mannigfacher Komplex. Ueber den Grünschiefern finden wir nochmals

Gneisse und Glimmerschiefer verschiedener Art, darauf

Kalkschiefer,

schwarze Gneisse mit kleinen Albitaugen, kalkfreie und darauf

kalkreiche Phyllite und endlich

in mächtigem Komplex die schwarzen kalkarmen Phyllite der *Schattwangzone*, die zwischen P. 2035 und Kurve 1860 den Rücken aufbauen.

Unter Kurve 1860 ist er von den Kalken der *Uccellozone* bedeckt.

Auch hier ist die *Vignonephyllitzone* nur als schmales Band vorhanden.

Ueber ihr folgen Kalke und knollige weisse Dolomite der *Tambotrias*, und endlich auf der Wiese, die sich nach Pradirone zieht, eine feine Rauhwacke. Der zwischen diesen Rauhwacken bei *Pradirone* und im Walde zwischen Andrana und Pradirone auftretende, bis 40 m mächtige *Gips* ist hier

nicht mehr anstehend, aber ein Trichter in der Wiese lässt auf sein Vorhandensein schliessen.

Auf Höhe 1550 über *Valinuovo* (Top. Blatt) beginnen die dem Casannaschiefer ähnlichen Gesteine der übergeschobenen Tambodecke.

Hier lassen sich wie in der Gegend der Bellavista die Gadriol-, Wandfluh-, Nufenen- und Mittaghornzonen nicht mehr scharf unterscheiden, und hier wie dort treten komplizierte Gneisseinfaltungen in diesem Komplex auf. Die übrigen Zonen lassen sich jedoch auch hier wieder erkennen.

Die *Dolomite* der Adulatrias sind nicht immer gleich deutlich ausgebildet. Verhältnismässig mächtig sind sie in dem Tälchen westlich der Hütten von *Arbea*, während sie höher oben fehlen. Auf dem Hange unter Arbea ist die Zone meist verdeckt. Nur hie und da steht der weisse Marmor an.

Auch die Aufschlüsse der Kalke, Phyllite, Grünschiefer und Pianezzogneisse sind auf diesen waldbedeckten Hängen spärlich. Auf dem unteren Wege von Pradirone nach Arbea treffen wir, nachdem wir den Gips, die Rauhwacke und die grauen Kalkbänke passiert haben, erst die Phyllite, dann den Pianezzogneiss zwischen schönen Marmorbänken und endlich unter der Alpe Arbea den Grünschiefer an. Die Hügel P. 2045 bestehen aus den gleichen wechsellagernden Glimmerschiefern und Kalkschiefern, die wir an der Giumella fanden.

h) Gegend von Mesocco.

Südlich der Linie Giumella-Pradirone-San Giacomo habe ich die Bündnerschieferzone nicht im einzelnen verfolgt, will mich daher auf einige Bemerkungen beschränken, die ich auf gelegentlichen Exkursionen machte.

Die *Adulatrias* ist in der *Val Gervano* gut aufgeschlossen. Auch hier finden wir die dieser Zone eigentümliche Reichhaltigkeit der Gesteinsarten. Klettern wir längs des Baches talaufwärts, so finden wir eingangs der Schlucht den dunklen Gneiss mit kleinen Albitaugen, dazwischen Marmorlinsen und etwas höher oben Kalke, Marmore, Quarzite, schwarze Phyllite und Dolomite, in kleinen Linsen auch Grünschiefer. Bei *Ceta* (Dufourkarte : Cetta) streicht eine Rippe von *Pianezzogneiss* durch und zieht sich in Begleitung des schwarzen, kleinäugigen Schiefers auf der linken Seite der Val Gervano abwärts und quert den Bach oberhalb *Cremeo*.

Die schönen Rundhöcker bei der Parocchia von *Mesocco* bestehen ebenfalls aus diesen Gneissen. Weiter steht er in einem kleinen Anschnitt der Bahnlinie südlich von Mesocco an.

Die Ruine des *Castello* steht auf *Adulagneiss*, gleich bei der Kirche an ihrem Fusse beginnen die grobkörnigen gelben und grauen Kalke. Darüber folgen Kalkschiefer und Phyllite.

Dunkle Kalkglimmerschiefer finden wir auch im Dorfe Mesocco, am Fusse des Hügels, der die Parocchia di Mesocco trägt.

Den oberen Teil des Zugs studieren wir am besten in der *Valle di Tresculmine* (N Val Gervano). Oberhalb der Poststrasse folgen über dem mächtigen, neu eingeschnittenen Bachschuttkegel dünnschichtige Kalkschiefer, Phyllite und Sericitquarzite, in die der Tresculminebach frisch eingeschnitten ist (T. 9 *a*). Alle diese Schichten sind stark gefältelt und gebogen und von kleinen Verwerfungen durchzogen. Dies ist um so auffallender, als die Bündnerschiefer nördlich San Giacomo im Allgemeinen eine ziemlich ruhige Lagerung einnehmen. Nur die Phyllite sind hie und da leicht gefältelt.

Etwas unterhalb des kleinen Wasserfalles etwa auf Höhe 1050 beginnen die dickbankigen Kalke, die das Wändchen bilden, über welches der Wasserfall herunterstürzt. Die Kalke haben ihre einfache, ungestörte Lagerung beibehalten. Auf ihren glatten Schichtflächen rutschen die Phyllite ab. Dadurch entstehen trichterförmige Gruben auf dem oberen Hang, die von halbkreisförmigen Trümmerwällen umgeben werden.

In dieselben Phyllite ist auch das Tälchen von *Monte Nanno* eingeschnitten. An seinem Nordhange unter *Cros* und *Valinuovo* (Top. Blatt) stehen wieder Kalke und Reibungsbreccien an, darüber folgen die Schiefer der Tambodecke. Zwischen den triadischen Schiefern stecken über der Poststrasse südlich der Kiesgrube Grünschieferlinsen. Sonst sind die Hänge nordwestlich Mesocco sehr arm an Grünschiefern.

Bei *Caverzina* (Top. Blatt, Maiensässe westlich von Cremeo) trifft man steilstehende dicke, gelbe, graue und schwarze Kalke und die Phyllite und Glimmerschiefer, die auch in der Val Gervano die *Adula-Triasschiefer* begleiten.

Bei der Brücke auf dem Weg nach *Doira* (S Mesocco) tritt der Bach in die harten grauen Kalke über. Links am oberen Rande der Klamm stehen Phyllite an, die aber zum grössten Teil von Schuttkegeln verdeckt sind

Die Klamm (T. 9 *b*) ist in die Kalke eingesägt, die sie abwechselnd quer und parallel zum Streichen schneidet. Rechts begleiten die Schichtflächen, links die Schichtköpfe den Fluss.

Das *Doira* und *Gumegna* (Comeigna der Dufourkarte) tragende Wiesenband ist wahrscheinlich durch die weichen Phyllite und die Tambotrias bedingt, während die steile Wand darunter, über welche sich zahlreiche Wasserfälle in die Tiefe stürzen, aus den Kalken und den hier wieder sehr mächtigen Grünschiefern bestehen.

Wie mächtig die *Grünschiefer* hier im Süden der Misoxer Mulde noch einmal werden, zeigt am besten ein Abstecher zu dem prächtigen Wasserfall, der östlich des Castello di Mesocco von den aus dicken Grünschieferbänken und diesen zwischengelagerten Kalkbändern bestehenden Wänden herabfällt. Diesen Wasserfall erreicht man über den kleinen Pfad, der von Doira auf der gleichen Höhe nach Süden führt und mehrfach die Grünschieferbänke schneidet.

Das Band Gumegna-Doira ist zum grossen Teil von Gehänge- und Bachschutt verdeckt. Die *Tambotrias* steht erst wieder östlich P. 1084 am Wege zwischen Doira und Gumegna, ungefähr in der Mitte zwischen beiden, an. Hier ist der Phyllit fast völlig ausgequetscht. Die triadische Zone (Tambotrias) besteht aus weichen, leicht zerfallenden dolomitischen Kalken, grobkörnigem weissem Marmor und gelben Dolomiten. Darunter folgen im Bachbett feste, graue, dickbankige Kalke. Dazwischen sind Grünschieferlinsen eingeschlossen. Darunter liegt ein etwa 8 m mächtiges Kalkband und dann wieder Grünschiefer. Dieser ist hier zäh und massig, kaum geschiefert. Der Kalk ist im Kontakt dünnschiefrig und etwas verbogen. Wahrscheinlich gab der Grünschiefer dem Drucke weniger nach, und der Kalk wurde daher gegen ihn gequetscht.

Nachdem der Bach nochmals ein Kalkband passiert hat, fällt er über eine mächtige Grünschieferbank den erwähnten Wasserfall hinunter.

Ein kleines Grünschieferband streicht auch zur Alpe Gumegna herauf, und wird vom Weg verschiedentlich geschnitten.

Südlich hinter *Gumegna* treffen wir in der Fortsetzung des wilden Tobels (T. 9 *c*), das bei *Soazza* mündet, eine frisch eingeschnittene Schlucht. Ihre obere Hälfte ist in die Schiefer der *Tambodecke* eingeschnitten, die untere in weiche, gelbe Dolomite, schwarze Phyllite und Kalkschiefer. Geht man von Gumegna über den Triangulationspunkt 1240, 1 (Top. Blatt, 200 m W des Weges durch die Alp) hinunter, so trifft man am Rande des Tobels unter den triadischen Dolomiten und Kalkschiefern ein Band schwarzer Phyllite, Grünschiefer und

darauf Phyllite in dünnen Lagen und endlich reine Kalkbänke. Im unteren (W) Teile der Alp stehen wieder *Adulagneisse* an.

Dort wo der Pfad auf den waldigen Rücken anlangt, der sich zur *Alpe di Feppe* hinaufzieht und das genannte wilde Tobel von dem *Forcolatal* scheidet, treffen wir wieder mehr oder weniger grobe Kalke, Kalkschiefer und schwache Phyllitlagen an. An den Wänden des Forcolatales verliert die Zone immer mehr an Mächtigkeit. Einige frisch abgerutschte gelbe Stellen zeigen, dass der Dolomit hier noch vertreten ist.

Von *Castera* glaubt man dieses Dolomitband eine Strecke weit am Nordhang verfolgen zu können : von dem genannten Rücken unter Feppe senkt es sich langsam ins Tal bis zu der Stelle, wo der Bach vom *Pizzo Forato* über der Klamm mündet. Dort, wo die Klamm beginnt, muss er etwa die verschüttete Talsohle erreichen und auf der Talsohle bleiben bis unterhalb *Corneja* (höher oben im Forcolatal), dessen steiler Abhang gegen die Flussebene von Glimmerschiefern gebildet wird, in denen wahrscheinlich Marmorlinsen stecken. Im Schutte der Bachrunsen befinden sich Blöcke weissen Marmors und schwarzer schuppiger Glimmerschiefer [1].

Jedenfalls ist die ganze sedimentäre Zone hier stark reduziert.

E. *Gesteinsbeschreibung und Mineralquellen.*

Vor allem verweise ich hier auf die Literatur :

Rolle, Das südwestliche Graubünden und nordöstliche Tessin, 1881 ;

Heim, Geologie der Hochalpen zwischen Reuss und Rhein, 1891 ;

Schmidt, Anhang von petrographischen Beiträgen hiezu, 1891.

In der Adula- und Tambodecke sind noch viele petrographische Probleme zu lösen. Sie bleiben einer späteren Bearbeitung vorbehalten. Dies Kapitel will nichts als einen Ueberblick über die wichtigsten Gesteinsarten des Gebietes geben. Auf ihre Genesis und auf viele der weniger häufig vorkommenden Typen kann hier nicht eingegangen werden.

[1] Ueber die Fortsetzung dieser Mulde über die Forcola nach Albaredla, Chiavenna, Bando siehe R. Staub : « Zur Tektonik der südöstlichen Schweizer Alpen », Seite 24.

1. Adulagesteine.

a) *Orthogneisse der Aduladecke.*

Unter den Orthogneissen der Aduladecke lassen sich verschiedene Typen unterscheiden, die jedoch durch Uebergänge miteinander verbunden sind. Jeder dieser Hauptgneisstypen zeigt wieder durch wechselndes Mengenverhältnis der Komponenten und Variationen der Textur und Struktur eine Anzahl von Untertypen.

α) *Zweiglimmergneiss.* — Das auffallendste Merkmal der unteren Adulagneisse im Gegensatz zu den oberen, den Decken-Rücken aufbauenden kristallinen Schiefern ist das deutliche Hervortreten eines bräunlich-schwarzen Biotites, der mehr oder weniger mit Muscovit vermischt, bisweilen auch allein vorkommt. Die Zweiglimmergneisse nehmen den Süden und Westen der Massivdecke ein, finden sich also in der *Val Mesolcina* südlich der *Val Gervano* und des *Forcolatales*, in der *Val Calanca*, *Val Blenio* und *Val Malvaglia*. Im Allgemeinen ist das Gestein feinkörnig und feinschuppig und ziemlich homöoblastisch. Nur zuweilen treten grosse Feldspäte als Porphyroblasten auf. Die Schieferung ist stets durch die Lage des Glimmers angedeutet. Entweder ist dieser unregelmässig im Gestein verstreut oder in einer Ebene fleckenweise angereichert oder er bildet mehr oder weniger zusammenhängende Häute zwischen glimmerfreien Lagen. Diese Lagen sind dann entweder parallel und eben oder sie schwellen lokal zu Augen an, die von Glimmerhäuten umschmiegt werden und eine beträchtliche Grösse erreichen können. Die Augen bestehen zuweilen aus den erwähnten grossen Feldspatindividuen, aber meist aus einem weissen, zuckerkörnigen Quarz-Feldspatgemenge.

In der unteren *Val Calanca*, westlich der *Lenta*lücke, in der *Val Carasina* und am *Passo Guarnajo*[1] fand ich in diesen Gneissen nuss- bis faustgrosse Einschlüsse eines grobkristallinen rötlichen Marmors, der mehr den Eindruck einer Einschmelzung als Einfaltung erweckt.

Auffallend ist, dass, während auf kurzen Strecken ein ständiges Variieren von sauren, hellen und basischen dunklen Gneissen, von Augengneissen, Lagengneissen usw. stattfindet, diese gleichen Variationen doch an räumlich weit-

[1] Siehe Siegfriedkarte Blatt Olivone : nicht bezeichneter Passübergang von der *Val Carasina* in die *Val Malvaglia*, südlich des *Bresciana*gletschers.

entfernten Lokalitäten immer wieder in genau der gleichen Ausbildung auftreten. So findet sich derselbe gebänderte Biotitgneiss in den tiefsten aufgeschlossenen Stellen der Aduladecke, so in der *Val Pontirone* (siehe Siegfriedkarte Blatt Biasca) über *Ponte Leggiuno* und auf dem Rücken des Deckenmassives in der *Val Forcola*, und genau der gleiche Gneiss kommt auch an den von den genannten Orten weitentfernten *Paradiesgletscher* vor.

Viele Handstücke des Zweiglimmergneisses aus der *Val Gervano* (westlich Mesocco), der *Val Calanca* und *Val Pontirone* sind nicht von einander zu unterscheiden, könnten aber auch mit Gesteinsproben aus der Antigorio- oder den höheren Simplondecken verwechselt werden.

Diese in den unteren Teilen der Aduladecke so weit verbreiteten Gneisse treten nur am Süd- und Westrande des von mir kartierten Gebietes auf.

Aus den glimmerreichen Zweiglimmergneissen entwickeln sich bei weiterer Zunahme des Glimmers eigentliche Biotit- und Muscovitschiefer, wie sie besonders häufig in der mittleren Zone der Aduladecke sind.

β) Bernhardingneiss. — Unter den die obersten Teilfalten der Aduladecke zum grössten Teil aufbauenden Orthogneissen lassen sich wieder zwei Haupttypen unterscheiden : erstens die biotitfreien, muscovitarmen, hellen Fracogneisse und zweitens der glimmerreiche, graue Bernhardingneiss. Letzterer ist meist als prächtiger Augengneiss entwickelt, wie er typisch in dem kleinen Steinbruch an der Passtrasse über dem Dorf *St. Bernhardin* ansteht. Er ist deutlich geschiefert und löst sich in 5 bis 10 cm dicken Platten ab. Die Schieferungsflächen sind mit silbernen Glimmerflecken überzogen, die jedoch keine zusammenhängenden Häute bilden. Ausser dem grünlich-silbernen Glimmer sind winzige Schüppchen eines dunklen Biotites zu erkennen. Die mittelfeinkörnigen, ebenen Feldspatlagen schwellen stellenweise durch 2 bis 3 cm lange und 1 bis $1^1/_2$ cm hohe, lebhaft spiegelnde Orthoklaszwillinge an. Epidot ist weit verbreitet, schon makroskopisch deutlich sichtbar. Ausser dem spärlichen Vorkommen der stets nur winzigen Biotitschüppchen unterscheiden sich die Bernhardingneisse von den tieferen Zweiglimmeradulagneissen durch ihre Quarzarmut. Quarz kommt wenig und in kleinen buchtigen Körnern vor. Mikroklin und die Plagioklase wiegen über den Orthoklas vor. Alle Feldspäte sind poikilitisch durchwachsen, sie sind stets sehr frisch erhalten, stellenweise zeigen sie kataklastische Spuren.

Die kleinen Biotitplättchen sind stark pleochroitisch und zeigen braune bis grüne Farben.

Die Bernhardingneisse sind in meinem Gebiet weit verbreitet. So finden sie sich zwischen *Cif* (= Civ der Dufourkarte) und *Pignella*, bei *Nocola* an den Gehängen unter der *Confinoalp*, am *Pan di Zucchero*, *Pizzo di Muccia* und *Marscholhorn*, an der Poststrasse zwischen Dorf und Pass *St. Bernhardin*, bei der *Tälialp*, unter den *Heubergen* und an vielen anderen Orten mehr.

γ) *Fracogneiss.* — Durch das fast völlige Verschwinden des Biotites und Spärlichwerden des hellgrünen Glimmers geht der graue Bernhardingneiss in die weissen Fracogneisse über, die in den oberen Deckfalten der Aduladecke ziemlich häufig sind. Typisch findet sich der helle, eigentümlich rötliche Gneiss in dem Sumpfgebiet von *Fraco*, westlich des Dorfes St. Bernardino. Er ist feinkörnig und schwach geschiefert. Die parallel angeordneten kleinen, graugrünen Glimmerschüppchen deuten die Schieferung an. Dieser makroskopisch lichthellgrüne Glimmer, ein Phengit, ist charakteristisch für den Fracogneiss. Unter dem Mikroskop zeigt er kräftigen Pleochroismus, dunkel- bis hellgrün. Der gleiche Glimmer tritt auch im Bernhardingneiss und zwar viel reichlicher auf, ist aber hier meist mehr oder weniger gebleicht und gibt durch seine grössere Menge, untermengt mit den kleinen schwarzen Biotitschüppchen dem Gestein seine silbergraue, prächtig schimmernde Farbe. Hauptgemengteile sind auch hier die Feldspäte : Orthoklas, Plagioklase und Mikroklin. Quarz ist spärlich. Das rote Pigment wird z. T. durch Hämatit und Eisenhydroxyd, z. T. durch kleine Granatkörnchen und rote Epidotkriställchen geliefert.

Als häufig makroskopisch sichtbare Uebergemengteile sind Pyrit und Turmalin zu nennen.

Die Struktur ist bei den Fracogneissen granoblastisch homöoblastisch, während sie bei den Bernhardingneissen grano- bis lepidoblastisch und zuweilen porphyroblastisch ist.

Die hellen sauren Gneisse, die stellenweise in den unteren Gneisskomplexen der Aduladecke auftreten, gleichen den Fracogneissen nur oberflächlich, unterscheiden sich aber durch den grössern Quarzgehalt und das Fehlen des grünen Glimmers.

Der Fracogneiss steht an zwischen *Arbea* und *Cebbi*, an der *Fopella*, unter dem *Vigonekar*, am *Pizzo di Muccia* und *Marscholhorn*, in *Fraco*, am östlichen *Bernhardinpass* und an vielen anderen Stellen.

b) *Paragesteine : Granatglimmerschiefer.*

Die granatführenden Glimmerschiefer sind äusserlich stets durch Eisenhydroxyd braun gefärbt, während sie auf der frischen Bruchfläche durch den reichlich auftretenden Chlorit einen Stich ins Grüne erhalten. Biotit ist selten vorhanden, meist ist er mehr oder weniger vollständig chloritisiert. Wo er erhalten blieb (*Passo dei Tre Uomini*), ist er braun oder schwarz, unter dem Mikroskop stark pleochroitisch, hellgelb bis dunkelgrünbraun. Muscovit und Quarz sind die Hauptgemengteile. Charakteristisch für das Gestein ist der Granat. Dieser kommt in allen Dimensionen, von der nur mikroskopisch fassbaren Grösse bis zu einem Durchmesser von 7 und mehr Centimetern vor. Bei so grossem Umfang ist er aber stets in ein unregelmässig umgrenztes Aggregat von mit Quarzkörnchen und Chloritschüppchen untermengten Granatkörnern zerfallen. Die kleinen Granatindividuen hingegen erhalten ihre Rhombendodekaederform sehr schön. Sie sind meist hellrot, erscheinen aber durch den Keliphitrand grün.

Häufige Uebergemengteile sind Karbonate, Epidote, Pyrit und andere Erze und Turmalin, dessen feine Nadeln und Stengel den Schiefer büschel- und schwarmweise durchziehen. Solche makroskopisch deutlich wahrnehmbaren Turmalinanreicherungen sind z. B. südlich der *Bernhardinpass*höhe und besonders häufig auf der Südhälfte des *Confino*karbodens zu finden.

Das Mengenverhältnis zwischen Quarz, Muscovit, Chlorit und Granat ist verschieden, so dass in Färbung und Struktur verschiedenartige Modifikationen auftreten.

Im Allgemeinen sind alle Komponenten in mittelgrossen Körnern und Blättchen vertreten; wie jedoch die Granaten stellenweise Riesendimensionen annehmen, so auch an einzelnen Stellen der Muscovit, der einen Durchmesser von 3 bis 4 cm erreicht.

Zuweilen reichert sich der Feldspat so an, dass das Gestein besser als Granatmuscovitgneiss bezeichnet wird. Prächtige, chloritarme mit Granat gespickte Gneisse finden sich in der südlich an mein Gebiet anstossenden Gegend von *Soazza-Monte Gorgino-Baggia.*

Während Heim und Schmidt in der Beschreibung der Gesteine von Blatt XIV die granatführenden Muscovitschiefer als stark gefältelt beschreiben, ist für mein Gebiet zu bemerken, dass entsprechend der im Allgemeinen ruhigen Gesteinslagerung auch die Schieferungsflächen dieser Glimmerschiefer vollständig eben sind.

c) *Lagerungsverhältnisse des Glimmerschiefers.*

Wie schon HEIM und SCHMIDT es schildern, sind alle diese Granatglimmerschiefer in zahlreichen, parallelen Zwischenlagen dem Orthogneiss eingeschaltet. Ihr ganzer Habitus, der häufige Reichtum an Karbonaten, ihr Auftreten im Liegenden der triadischen Schiefer und in Begleitung der Marmoreinschaltungen weisen darauf hin, dass wir es mit triadischen oder prätriadischen, **metamorphen Sedimenten** zu tun haben. Die Dolomite und Rauhwacken sind ihnen konkordant aufgelagert.

Es gibt zahlreiche Zonen innerhalb des Adulaorthogneisses in welchen der Granatglimmerschiefer ohne Marmorbegleitung auftritt, während der Marmor nur selten von Gneiss eingeschlossen wird (hierhin gehört die von FREUDENBERG erwähnte Stelle zwischen *Muccia* und *Bernhardinpass*). Es besteht also jedenfalls ein Zusammenhang zwischen dem Vorkommen der Granatglimmerschiefer und Marmore. Wo letzterer in den zahlreichen Einfaltungen des Granatglimmerschiefers fehlt, ist er möglicherweise ausgequetscht worden. Seine Neigung hierzu zeigt der Marmor durch sein stets linsenförmiges Auftreten.

Es gehören viel eingehendere petrographische Untersuchungen, als ich bisher anstellen konnte, dazu, um festzustellen, inwieweit diese Wechsellagerung der Glimmerschiefer und Gneisse auf das von WILCKENS geschilderte treppenförmige Vordringen der Falten oder auf gewaltige, zwischen die wahrscheinlich prätriadischen Sedimente eingedrungenen Lagergänge zurückzuführen ist. Die denkbar einfache Gesteinslagerung lässt nirgends auf das WILCKENS'sche Faltungsschema schliessen. Dieses mag im Gebiet der Stirnregion der Aduladecke seine Geltung haben, aber 15 bis 20 km von der Frontalumbiegung entfernt scheint die Annahme einer so intensiven detaillierten Faltung gewagt, wenn sie sich durch keine weiteren Anzeichen, als häufige Wechsellagerung der Gneisse und Glimmerschiefer bemerkbar macht. Umbiegungen der Gneissbänke sind zwischen *Hinterrhein* und *Lostallo-Cauco* nirgends, stärkere Verbiegungen höchst selten zu finden. Auch Fältelung des Gesteines im Kleinen ist, wie schon früher erwähnt, sehr selten und meist darauf zurückzuführen, dass leicht zu faltende Glimmerschiefer sich bei den gebirgsbildenden Vorgängen an spröden Quarzkluftausfüllungen stauten.

Selbst die Lagerung des Bündnerschiefers, das empfindlichste Anzeichen für einen Detailfaltung hervorrufenden

Druck, zeigt auf weite Strecken keinerlei Störung. Eine so intensive Fältelung, wie wir sie etwa von den Bündnerschiefern der *Val Santa Maria* oder *Val Camadra* (oberhalb Olivone) kennen, ist in unserem Gebiet nirgends zu treffen. Selbst in der Brandungsregion der Tambodecke, also im Gebiet von Vignone und Areu lässt sich die Fältelung der Gesteine der Rötidolomit- und Bündnerschieferzone hiermit nicht vergleichen. Innerhalb der Misoxermulde selbst findet sich nur in der Gegend der *Tresculmine*schlucht lokal eine stärkere Zerknitterung der schwarzen Phyllite. Alles weist darauf hin, dass wir in unserem Gebiet nur die einfachen, langgestreckten, dünn zusammengepressten Stiele riesiger Falten haben können.

Mir scheint daher wahrscheinlicher, dass wir es in der Aduladecke mit Wechsellagerung sowohl infolge von Faltung als von Intrusionen zu tun haben. Die endgültige Entscheidung über alle Einzelfälle muss noch der Zukunft vorbehalten bleiben.

Granatgneisse mit auffallend grossen Granaten finden wir nördlich des *Marscholhornes* in der Gegend des *Nonopalo*, im obersten *Zapport* über der *Hölle*, bei den *Paradieskköpfen*, auf der *Lentalücke*, dem *Passo Guarnaio* (Blatt Olivone), in der *Confinoalpe* usw. Granaten von bescheideneren Dimensionen zeigen die Schiefer am westlichen *Bernhardinpass* und im Bereich der *Marschol-* und *Bernhardinalp*, an den *Heubergen*, unter dem *Pan di Zucchero* und am *Passettipass* sowie vielerorts im Liegenden der Trias zwischen *Hinterrhein* und *Mesocco*.

d) *Die übrigen Gesteine der Aduladecke.*

Ausser diesen drei die rechte Talseite des oberen Misox hauptsächlich aufbauenden Gesteinstypen (Bernhardingneiss, Fracogneiss und Granatglimmerschiefer) finden wir in der oberen Aduladecke noch verschiedene andere weniger auffallende und weniger verbreitete Gesteinsarten, so einen braunen, schuppigen Muscovitgneiss und mehrere karbonatreiche Glimmerschiefer in verschiedenartiger Ausbildung, auf die hier nicht weiter eingegangen werden kann. Sie kommen vorwiegend im Liegenden der Trias und in Begleitung der Marmoreinlagerungen im Adulagneiss vor.

In den tieferen Teilen der Aduladecke treten prächtige, mineralreiche, kristalline Schiefer sedimentärer Herkunft auf. Hier kann jedoch nur hingewiesen werden auf die abwechslungsreichen Gesteinsserien, wie wir sie auf der *Alpe Guarnaio*

ober- und unterhalb des Dolomites finden und auf die wiederholt erwähnten Disthen-, Andalusit-, Paragonitschiefer in der *Val Buffalora*, *Val Piove di Dentro* usw., auf die Staurolithschiefer von der *Alpe di Boggio* und auf die an den verschiedensten Mineralien so reichen Schiefern von *Ri*, usw.

2. Die Rötidolomitzone.

Hier wie fast überall im Gebiete der penninischen Decken wird der Bündnerschiefer durch die Rötidolomitzone von den liegenden Gneissen und Glimmerschiefern getrennt. Wie die Bündnerschiefer, so ist auch die Rötidolomitzone ein Komplex höchst verschiedenartiger Gesteine, die zum grössten Teil sedimentärer, zum kleinern eruptiver Herkunft sind und die alle durch den Druck der über sie hinweggeschobenen Decken metamorphosiert wurden. Unter den so entstandenen kristallinen Schiefern finden wir : Dolomite, dolomitische Kalkschiefer, Marmore, Rauhwacken und Breccien, Gips, Kalkglimmerschiefer, Glimmerquarzite, Phyllite, Glimmerschiefer, Gneisse und Grünschiefer [1]. Nach Analogieschlüssen mit gleichen oder ähnlichen Zonen in anderen Gebieten darf man diesen ganzen Komplex als triadisch betrachten, wenn auch in meinem Gebiet bisher noch keine bestimmbaren Fossilien gefunden wurden. Doch beruht daher die Abgrenzung und Einteilung dises ganzen Komplexes auf einer gewissen, nicht zu vermeidenden Willkür. Die schneeweissen, grobkörnigen Marmore der Rötidolomitzone finden sich stellenweise auch in den höheren Horizonten des Bündnerschiefers, und selbst die dichten, gelben Dolomite sind nicht einzig auf die Basisschichten unserer mesozoischen Zone beschränkt. Jedoch finden sie sich nur hier vorherrschend und regelmässig, während ihr Vorkommen in anderen Zonen stets auf Schuppung zurückgeführt werden kann, sodass wir sie als leitenden Horizont wählen können und denjenigen Gesteins-

[1] Schmidt (Erläuterungen zur geologischen Karte der Schweiz, Simplongruppe) erwähnt auch aus der Simplongegend ausser den Rauhwacken, Dolomiten, Marmoren, dem Gips und Anhydrit eine ganze Reihe verschiedenartiger kristalliner Schiefer, die den Gesteinen der Misoxer Rötidolomitzone entsprechen dürften : granathaltige Glimmerphyllite, Quarzite, sericitische Quarzite, Quarzglimmerschiefer und chloritische Schiefer. Wie in unserm Gebiet verdrängen sie auch hier zuweilen die Karbonatgesteine.

Auch Heim beschreibt Quarzite in den Sockelschichten und Tonschiefer im Dach als typisch für den Rötidolomit. In seinen Profilen durch diese Zone (Valsergegend) nennt er weisse und grünliche Glimmer Bündnerschiefer, die wohl mit unsern Valser-Augengneissen und deren Derivaten übereinstimmen werden.

komplex als Rötidolomitzone bezeichnen, dem der wiederholt eingelagerte Dolomit oder die ihn vertretenden Gipse, Rauhwacken und Breccien ihr Gepräge geben.

a) *Dolomit.*

Dieses der Zone ihren Namen verleihende, typische Gestein tritt entweder in knolliger oder plattiger Form auf. Meist ist es hell, weiss bis gelblich oder hellgrau, äusserlich gelb angewittert. Seltener sind aschgraue bis dunkelgraue Dolomite (*Vignonepass*, *Rapiertal*, usw.). Häufig erscheint das Gestein durch abwechselnd weisse und graue, feine Lagen gebändert.

Die Struktur ist fast dicht oder feinkörnig. Die feinkörnigen Varietäten fühlen sich sandig an. Glimmer ist spärlich vorhanden. Meist zeigen die Schichtflächen der feinkörnigen Dolomite kleine weisse Muscovit- oder rötlichbraune Phlogopitblättchen

Der Dolomit findet sich fast im ganzen Gebiet zwischen Mesocco und Hinterrhein in der die Adulagneisse bedeckenden unteren Rötidolomitzone. Nur in der südlichsten Region der Zone *Scotto-Arbea* (NW und W von San Giacomo) -*Mesocco* ist der Dolomit häufig ausgequetscht. Er wird stellenweise recht mächtig und tritt in zwei bis sechs verschiedenen durch Gneisse, Glimmerschiefer und Phyllite getrennten Horizonten auf.

In der oberen von der Tambodecke überschobenen Rötidolomitzone fehlt der Dolomit meist und wird durch Rauhwacken, Gips, Breccien und Marmore vertreten.

Häufiger als jedes andere Gestein zeigt der Dolomit kataklastische Spuren. Der oft unregelmässig splittrige Bruch ist auf ein durch Quetschung hervorgerufenes Sprungsystem zurückzuführen. Schön zu beobachten ist die Ausbildung der Dislokationsbreccien an den weiss und grau gebänderten Dolomiten (*Rapiertal* nördlich Hinterrhein). Während einzelne dieser Bänder ganz von Sprüngen durchsetzt sind, der Zusammenhang aber noch bewahrt bleibt, sind andere Lagen schon vollständig mylonitisiert.

b) *Rauhwacke.*

Diese zerquetschten Dolomite können jedoch nicht mit den eigentlichen Rauhwacken verwechselt werden, wie sie in schönster Ausbildung am *Wälschberg* und bei *Nuwahli* vorkommen. Diese sind intensiv gelb angewittert und grobgelöchert, z. T. brecciös. Runde und eckige Stücke von Quarz, Marmor, Dolomit und dunklen Schiefern sind hie und

da eingebacken. Die zwischen den ausgelaugten Löchern stehengebliebenen Rippen sind papierdünn. Sie stehen z. T. senkrecht, z. T. schief aufeinander. Mit verdünnter HCl betupft braust die Rauhwacke heftig auf und grössere Partien lösen sich schnell vollständig.

c) *Breccien.*

In der zur Tambodecke gehörigen triadischen Zone haben wir es eher mit einer löcherig ausgebildeten Breccie als einer eigentlichen Rauhwacke zu tun. Die Quarz-, Phyllit- und Gneiss- oder Marmor- und Dolomitstückchen sind hier durch ein eisenhaltiges kalkiges Bindemittel verkittet. Die Löcher sind viel kleiner und unregelmässiger geformt als bei der eigentlichen Rauhwacke der Adulatrias.

Diese Breccie findet sich im *Vignonetal*, bei der *Fontana alba*, über dem *Pian Cales*[1], bei *Acquabuona*, bei der *Alpe Pian d'Osso*, bei *Monte Mea* (= Monte Moca der Dufourkarte), *Pradirone* (= Pratirone der Dufourkarte) und *Valinuovo* (T. 10 *d*). Am auffallendsten ist die Breccienbildung bei der Alpe Pian d'Osso, wo die Trümmer über Faustgrösse erreichen und häufig aus einem rötlichen oder grünen in dieser Gegend nirgends anstehenden Tonschiefer bestehen.

d) *Gips.*

Zwischen die Rauhwacke ist auf dem Westhang des Moesatales beim *Pian San Giacomo* Gips in ziemlicher Mächtigkeit eingelagert. Anstehend ist dieser zwischen *Pradirone* (Weg S Giacomo-Arbea) und *Andrana*, südlich davon ist er nur durch Trichter in der Wiese angedeutet. Möglich ist, dass die trichterförmige Grube bei *Andergia* (circa 1 km N Mesocco), welche von der Bevölkerung als Etruskergrab gedeutet wird, auch auf einen unterhalb des Bachschuttkegels ausgelaugten Gipstrichter zurückzuführen ist. Dass Gips auch noch an anderen Orten vorkommt, ist wahrscheinlich, aber nicht mit Sicherheit zu sagen. Die Zone ist bis auf die genannte Strecke zwischen Andrana und Andergia auf ihrem ganzen Verlauf bis hinauf zum Vignonepass von Bachschuttkegeln, Gehängeschutt, usw. verdeckt. Die brecciöse Rauhwacke schaut nur inselförmig aus diesen Aluvialbildungen hervor und ist auf den grössten Strecken vergraben, sodass ein ähnliches Schicksal des Gipses nicht ausgeschlossen ist. Wie mir Herr Sekundarlehrer Ciocco nach meiner Abreise aus San Bernardino noch

[1] Name auch nicht auf dem top. Blatt, sumpfige Fläche W *Acquabuona*.

freundlich mitteilte, tritt im Sumpf des *Pian Cales* eine kleine H_2S haltige Quelle aus. Der Pian Cales liegt über der genannten Zone, die hier von den riesigen Schuttkegeln eines von den Gehängen des Pizzo Mutun kommenden Baches verdeckt wird.

e) *Die Mineralquelle von San Bernardino.*

Die Mineralquellen von San Bernardino entstammen der Adulatrias. Die Heilquellen scheinen schon in alter Zeit bekannt gewesen zu sein, denn als man[1] 1865 zwecks Neufassung der Hauptquelle auf dem Platz bei der Trinkhalle in die Tiefe grub, traf man unter einer Geröllschicht von $^1/_2$ m und einem Torflager von $^2/_3$ m Mächtigkeit eine weitere Geröllschicht, in welcher sechs alte hölzerne Badekästen, das Mauerwerk für den Kessel, verkohlte Holzreste, die Zuleitungsrohre und das hölzerne Reservoir der Quelle steckten.

1717 wird die Quelle von J. J. SCHEUCHZER erwähnt. Im Jahre 1800 wurde sie von der Familie Brocco gefasst und mit einem einfachen Dach gedeckt. 1829 liess Paulo Battaglia aus Mailand in seiner Freude über die heilende Wirkung des Wassers eine kapellenartige Trinkhalle erbauen. 1865 wurde sie erweitert und die Quelle neugefasst. Man grub damals 6 m tief bis auf den Glimmerschiefer herab, aus welchem sie entspringt. Rings um die Trinkhalle ist das Anstehende von der Aufschüttung des alten Bernhardiner Rundhöckersees verhüllt. Erst im Bachbette des Rio Gulmagno findet es sich wieder und es lässt sich aus den hier angetroffenen Verhältnissen schliessen, dass die Mineralquelle auf der Grenze zwischen den Glimmerschiefern der Aduladecke und der Rötidolomitzone entspringen muss. Die Geröllschichten der alten, in dem ehemaligen Bernhardinsee abgelagerten Bachschuttkegel sind stellenweise durch den, damals im Seeboden entspringenden, Eisensäuerling schwarzbraun gefärbt.

Das Wasser ist klar und von angenehmem säuerlichem Geschmack, ein wenig prickelnd und ganz schwach nach H_2S riechend. Stossweisse quellen aus CO_2 und N bestehende Gasblasen auf.

Die durchschnittliche Wassermenge bestimmte v. PLANTA zu 13'848 cm^3 pro Minute, die Temperatur zu 8,7° Celsius.

Analysen des Bernhardiner Mineralwassers machte zuerst

[1] « Die Heilquelle von St. Bernhardin » von Dr. A. v. PLANTA, Reichenau, und Dr. GERONIMI, Chur 1871.

1824 CAPELLER und 1825 BROGLIA und GROSSI, dann 1871 v. PLANTA.

Die letzten und exaktesten Analysen wurden 1895 von Prof. TREADWELL ausgeführt. Dieser war so freundlich mir dieselben mitzuteilen, wofür ich ihm hier herzlich danken möchte.

Analyse des St. Bernhardiner Mineralwassers.

Ausgeführt von F. P. TREADWELL, 1895.

Spez. Gewicht bei 15° C, bezogen auf Wasser von +4° C = 1,00228.

Temperatur 8,25° C bei —3,5° Lufttemperatur.

In 1 Kilogramm des Mineralwassers sind enthalten:

Kationen.	Gramm.	Millig-Mol.	Millig-Aeq.
Kalium - Jon (K) . . .	0,0073	0,1867	0,1867
Natrium - Jon (Na) . .	0,0159	0,6913	0,6913
Lithium - Jon (Li) . .	0,000017	0,0024	0,0024
Calcium - Jon (Ca) . .	0,7088	17,6890	35,3780
Strontium - Jon (Sr) . .	0,0066	0,0753	0,1506
Magnesium - Jon (Mg) .	0,0756	3,1086	6,2172
Ferrum - Jon (Fe) . . .	0,0105	0,1880	0,3760
Aluminium - Jon (Al) .	0,0013	0,0480	0,1440
			43,1462
Anionen.			
Chlor - Jon (Cl) . . .	0,0045	0,1269	0,1269
Jod - Jon	0,000007	0,000055	0,000055
Sulfat - Jon (SO_4) . . .	1,1966	12,4600	24,9200
Hydrophosphat - Jon (HPO_4)	0,00028	0,0029	0,0058
Hydroarseniat - Jon ($HAsO_4$)	0,000012	0,00009	0,00018
Hydrokarbonat - Jon (HCO_3)	1,1038	18,0933	18,0933
			43,1462
Kieselsäure (H_2SiO_3) . .	0,0344		
Borsäure (HBO_2) . . .	0,00006		
Freies Kohlendioxyd (CO_2)	1,5540		
Freier Schwefelwasserstoff (H_2S) .	0,0003		
Summe aller Bestandteile	4,720		

Das Mineralwasser entspricht in seiner Zusammensetzung ungefähr einer Lösung, welche in 1 Kilogramm enthält:

Kaliumchlorid (KCl)	0,0095
Kaliumjodid (KJ)	0,000009
Kaliumsulphat (K_2SO_4)	0,0051
Lithiumsulphat (Li_2SO_4)	0,000135
Natriumsulphat (Na_2SO_4)	0,0491
Aluminiumsulphat ($Al_2(SO_4)_3$)	0,0082
Calciumsulphat ($CaSO_4$)	1,6348
Calciumhydrophosphat ($CaHPO_4$)	0,0004
Calciumhydroarseniat ($CaHAsO_4$)	0,0000015
Calciumhydrokarbonat ($Ca(HCO_3)_2$)	0,9201
Strontiumhydrokarbonat ($Sr(HCO_3)_2$)	0,0158
Magnesiumhydrokarbonat ($Mg(HCO_3)_2$)	0,4548
Ferrohydrokarbonat ($Fe(HCO_3)_2$)	0,0333
Kieselsäure (H_2SiO_3)	0,0344
Borsäure (HBO_2)	0,00006
Freies Kohlendioxyd (CO_2)	1,5540 - 809,8 cm bei 8°25 und
Freier Schwefelwasserstoff (H_2S)	0,0003 760 mm Druck.
Summe aller Bestandteile	4,720

Absorbierte Gase:

CO_2	809,8	cm %
N_2	17,87	»
H_2S	0,196	»
	827,866	cm %

Spez. elektrische Leitfähigkeit (in reziproken Ohm pro cm-Würfel) = $0{,}00291^1/_{52}$.

f) *Gesteine der sedimentären Einfaltungen zwischen den Teildecken der Adula.*

Von den Dolomiten der unteren triadischen Zone absolut nicht zu unterscheiden sind die feinkörnigen, hellen, ebenfalls fein schwarz gestreiften Dolomite, wie sie in Begleitung von Marmor und Quarzit als linsenförmige Einschlüsse im Adulagneiss vorkommen. Häufig jedoch sind hier die Dolomitkörner gröber auskristallisiert, und auch die braunroten Phlogopitblättchen sind hier besser entwickelt als in der die Aduladecke umhüllenden Zone. Auch der sandig anzufühlende, weissgraue Dolomit fehlt den Einschlüssen nicht (*Muccia*).

Die Marmore der Rötidolomitzone sind ebenfalls im Handstück nicht von denen, die im Adulagneiss eingefaltet sind, zu unterscheiden. Sehr grobkörnigen, reinen, durchscheinend

weissen, dickbankigen Marmor mit spärlichen Glimmerschüppchen finden wir sowohl in der Adulatrias (*Val Gervano, Gareda*) als in der Tambotrias (*Piattone di Vignone, Fontana alba*, usw.) und auch in den Einschlüssen im Adulagneiss (*Zapport, Bernhardinpass, Calvarese, Piove di Dentro*, usw.). Auch der zuckerkörnige Marmor mit kleinen Glimmerschüppchen kommt in der gleichen Ausbildung in der Adula-Rötidolomitzone (*Gareda*) und in den linsenförmigen Einschlüssen (*Muccia*) vor. Dort wo der Glimmer reichlicher und besser ausgebildet ist, kann man von eigentlichem Cipollinomarmor sprechen, wie am Grat zwischen *Pizzo Rotondo* und *Passo dei tre Uomini* und auf der Südseite des *Bernhardinpasses* über der Cantoniera. Auch der aschgraue oder grau und weiss gestreifte Marmor lässt sich in den triadischen Einschlüssen (*Muccia, Bocchetta di Rogna*) und der eigentlichen triadischen Zone (*Val Gervano, Ortigherei, Rio Gulmagno, Gareda, Vignone*) nicht unterscheiden.

Sowohl in den Triaslinsen, als in der Adula- und Tambotriaszone finden sich zuweilen stark Fe-haltige Karbonate (*Ortigherei*, die von FREUDENBERG erwähnte Stelle bei *Muccia*, usw.).

Rechnet man, wie es dem heutigen Stande der Wissenschaft entspricht, die Rötidolomitzone zur Trias, so kann nach dem Gesagten auch kein Zweifel daran bestehen, dass die Marmore, Dolomite und Quarzite innerhalb des Adulagneisses ebenfalls triadisch sind. Dies bestätigt auch die Aehnlichkeit der hier wie dort mit den Dolomiten und Marmoren vergesellschafteten Glimmerquarzite. Es sind dies leuchtend weisse Gesteine. Der Muscovit liegt entweder in schönen, oft sechsseitig umgrenzten Exemplaren im Gestein verstreut, parallel oder schief zur Schieferung (zwischen *Bocchetta di Rogna* und *Passettisee, Muccia*, usw.) oder er umschmiegt in dünnen Häuten die flasrigen Quarzlagen (*Passo dei tre Uomini*, usw.). Häufig sind diese Quarzite reich an Pyrit (*Monzotenti, Rio Gulmagno, Tre Uomini*, usw.).

Ein prächtiger Glimmerquarzit findet sich ausserhalb meines eigentlichen Gebietes in der *Gananos*chlucht über *Ri* (bei *Rossa* in der Val Calanca). Dies Gestein besteht aus wasserklaren, grobkörnigen Quarzflasern und Muscovittäfelchen, die einen Durchmesser von mehr als 3 cm erreichen. Auch sie sind oft schief zur Schieferung gestellt.

g) *Granatführende Schiefer der Adulatrias.*

Stets finden sich zwischen den Dolomiten und Marmoren der Adulatrias dunkle Phyllite, Glimmerschiefer und Kalkglimmer-

schiefer mit oder ohne Granaten eingelagert. Bald tritt der Quarz, bald das Calciumkarbonat, bald der Glimmer, bald der Granat reichlicher auf, bald verschwindet der eine oder andere Bestandteil ganz, und damit wechselt Zusammensetzung und Farbe dieses Gesteins auch beständig. Bald erinnern sie an die Kalkglimmerschiefer, bald an die Phyllite der Bündnerschiefer, bald haben wir es mit echtem Glimmerschiefer zu tun, ohne dass diese Schiefer mit den Gesteinen der Bündnerschieferzone oder der Aduladecke zu identifizieren wären. Sie können also nicht als Einfaltungen oder Schuppen erklärt werden, sondern als aus einem tonig-sandigen abwechselnd mit Kalken und Dolomiten abgesetzten triadischen Sediment von oft schwankender Beschaffenheit hervorgegangen.

Auf die der Rötidolomitzone eingelagerten Augengneisse und Grünschiefer werden wir später noch zu sprechen kommen.

8. Bündnerschiefer.

Hier unterscheiden wir zwei Typen : die kalkreichen und die kalkarmen Bündnerschiefer. Zu den ersteren gehören die grauen Marmore und Kalkglimmerschiefer, zu den letztern die schwarzen Phyllite und dunklen Sericitquarzite. Die erstern sind in den schon genannten *Wandfluh-*, *Mittaghorn-*, *Uccello-* und *Einshornzonen* zu finden, die letzteren in den *Schattwang-* und *Vignonezonen*.

a) *Kalkreiche Bündnerschiefer.*

Die Marmore der Bündnerschiefer unterscheiden sich von denen der triadischen Zone durch feineres Korn, stärkere organische Pigmentierung und grösseren Glimmergehalt. Bei weiterer Zunahme des Glimmer und Quarzes gehen die Marmore in die Kalkglimmerschiefer über.

Eine auffallende Varietät der Bündnerschieferkalke sind die Knotenkalke. Besonders scharf treten die dunklen, aus strahlen- oder traubenförmigen Aggregaten kleiner, schwarzgrauer Körnchen bestehenden Knoten auf den angewitterten Flächen hervor. Unter dem Mikroskop erweisen sich die dunklen Körnchen als durch organische Substanz gefärbte Calcitkristalle. Diese Knotenkalke scheinen vorwiegend in der Uccellozone aufzutreten.

Im Mittelschenkel der Misoxermulde sind die Kalkglimmerschiefer und Marmore meist ausgequetscht, erst unter der Frontalumbiegung der Tambodecke treten sie wieder

mächtig und in prächtiger Entwicklung hervor. Dickbankig und stark marmorisiert ziehen sie, die *Einshorn*wände über der *Horneralp* bildend, ins *Areutal* herunter. Durch Wechsellagerung von hellen Mamorlagen mit dunklen, an Pyrit und kohligen Substanzen reichen Bändern erscheinen sie gestreift. Auch sie zeigen, wenn auch weniger ausgesprochen, die erwähnte Knotenbildung. Die *Einshorn*spitze selbst besteht aus intensiv geschieferten Kalken, die sich in dünnen Platten ablösen.

b) *Kalkarme Bündnerschiefer.*

Das Innere der Misoxermulde bilden die schwarzen, metamorphen Tonschiefer, die dann in der Uccellozone nochmals einen kalkreichen Kern besitzen. Diese Tonschiefer, die häufig in Mergel und Sandsteine übergehen, wurden durch Druckmetamorphose in Phyllite, Sericitquarzite und sericitische Kalkschiefer umgewandelt. Sie sind durch organische Substanzen dunkelgrau bis tiefschwarz gefärbt und intensiv geschiefert.

4. Die Grünschiefer.

Rolle, Heim, Schmidt, Preiswerk, Franchi, Novarese und andere haben den auffallenden grünen Bündnerschiefern ihre Aufmerksamkeit geschenkt, aber die Meinungen über die Art und Zeit ihrer Entstehung weichen immer noch stark von einander ab.

Die Art ihres Auftretens als Linsen, Stöcke und kilometerweit sich erstreckende Einlagerungen in den Kalkschiefern ist längst sowohl aus den Piemonteser Alpen als aus der Gegend des Simplon und dem westlichen Graubünden bekannt. Hier wie dort sind sie dem Sediment konkordant eingeschaltet und mit ihm verfaltet, und hier wie dort treten sie am häufigsten in den unteren Lagen der Kalkschiefer auf, kommen jedoch auch vielfach zwischen den Gesteinen der Rötidolomitzone vor.

Der Mineralbestand der Grünschiefer ist : Plagioklase, Epidot, Amphibol, Strahlstein, Chlorit, Quarz, Sericit und manchmal Biotit, Kalzit, Magnetit und Pyrit. Jedoch treten diese Bestandteile nie gleichzeitig auf.

Es gibt grobkörnige Varietäten mit verhältnismässig grossen, durchsichtig weissen Albitkörnern, grossen Chloritschuppen und makroskopisch schon sichtbaren Epidot- oder Strahlsteinkristallen. Andere Varietäten sind ganz dicht und lassen ausser kleinen Sericit- und Chloritschüppchen mit dem blossen Auge nichts erkennen. Hier tritt der Epidot, Chlorit

und Kalzit meist auf Kosten des Feldspates und der Hornblende hervor. Z. T. sind die Grünschiefer kalzithaltig, z. T. kalzitfrei, oft enthalten sie viel Magnetit und auch schöne grosse Pyritwürfel. Quarz tritt nur stellenweise reichlicher auf, ist aber meist spärlich.

Die Struktur schwankt zwischen granoblastisch, lepidoblastisch und nematoblastisch, je nach dem Vorwiegen der einzelnen Bestandteile.

Die Textur variiert zwischen den Extremen einer rein massigen und ausgesprochen schiefrigen Ausbildung. Fluidale Texturen sind stellenweise schon dem blossen Auge deutlich sichtbar.

Die Farbe ist meist dunkelgrün, seltener bräunlich. Einzelne stark schiefrige Varietäten sind hell- bis grasgrün.

Die Grünschiefer werden jetzt allgemein für ein metamorphes Glied der Diabasreihe angesehen.

Heim sieht sie für alte, submarine, vulkanische Tuffe an, die als periodische Aschenfälle in das Liasmeer des Bündnerschiefers sanken. Jedoch hält er die Frage für noch weiterer Prüfung bedürftig. Der ganze Habitus des Grünschiefers, sein häufiges Vorkommen in der Rötidolomitzone, die deutlich festzustellende Kontaktmetamorphose der zu schneeweissen, grobkörnigen Marmoren umgewandelten Kalkbänke zwischen den Grünschiefern widerspricht dieser Ansicht. Ich schliesse mich Schmidts Auffassung an, der die Grünschiefer für intrusiv erklärt, nach Art der Diabase, die häufig schichtenförmig in dünnen Lagergängen auftreten. Intrusion erscheint mir wahrscheinlicher, als die von Preiswerk angenommenen Deckenergüsse während der Trias- und Jurazeit, denn Liegendes und Hangendes zeigen die gleichen Anzeichen einer durch Regionalmetamorphose verwischten Kontaktmetamorphose. Auch ist unwahrscheinlich, dass die Deckenergüsse sich durch die Trias- und Jurazeit hindurch fortgesetzt hätten.

Die nach Preiswerks Ansicht gleichzeitige Entstehung der Grünschiefer mit den basischen Intrusionen im Gneisse der Simplondecken halte ich auch für das Adulagebiet für höchst wahrscheinlich. Jedoch müsste ihre Verwandschaft noch durch Analysen bewiesen werden.

Auffallend ist der Reichtum der Adula- und Tambodecke an Amphibolschiefern und Amphiboliten gerade in den die Bündnerschieferzone mit ihren Grünschiefereinlagerungen einschliessenden Gneiss- und Glimmerschieferlagen. Gänge, die die verschiedenen Horizonte miteinander verbunden hätten,

konnte ich nicht finden, doch ist augenfällig, dass die basischen Einlagerungen der Rötidolomitzone einen Uebergang zwischen denjenigen der Deckenkerne und denen des Bündnerschiefers bilden. Handstücke dieser Einlagerungen vom *Valserberg* und *Wälschberg* erinnern stark an solche des Bernhardinpasses und besonders der *Kirchalp-Wengelispitz*-gegend.

Metamorphose und Lagerung des Grünschiefers lässt keinen Zweifel daran zu, dass die Intrusion vor der Alpenfaltung erfolgte, aber zu welcher Zeit zwischen Lias und Miozän, ist bis jetzt nicht nachzuweisen.

5. Die Amphibolite und Amphibolschiefer der Aduladecke.

Die Amphibolite und Amphibolschiefer der Aduladecke treten meist in Form von Lagergängen, aber auch gang- bis stockförmig auf und schicken kleine und kleinste Gangtrümmer in die umgebenden Glimmerschiefer und Gneisse, deren Platten sie buckelförmig auftreiben (Ostseite des *Pizzo di Muccia*, nördlich des Dorfes *San Bernardino*, südlich *Tälialp*, usw.).

In den tieferen Deckenregionen (*Val Calanca*) ist das basische Magma so schlierenhaft, gezackt und gewunden in dem Gneiss verteilt, dass es den Eindruck macht, es seien zwei Flüssigkeiten ineinander geflossen und erstarrt, bevor sie sich hätten mischen können (T. 12 *c*).

Wie bei den Grünschiefern, so finden wir auch hier alle texturellen Varietäten vom massigen Amphibolfels bis zum ausgesprochen schiefrigen Amphibolit und Amphibolschiefer. Bald treten sie feinkörnig auf, bald kommt es zur Ausbildung fingerdicker Amphibole. Besonders schöne Gesteine sind die grobkörnigen, tiefdunkelgrünen Amphibolfelse, wie sie z. B. auf der *Confinoalp*, der *Alpe di Tresculmine*, über *Ri* und in der Moräne des Brescianergletschers gefunden werden. Auch Strahlsteinschiefer tritt in der Aduladecke auf, hauptsächlich in den mittleren und tieferen Teilen derselben, so in der obersten *Cofino*alp unter dem Pizzo Rotondo und in der *Val Calanca* im untersten Teil des *Stabbio*kessels, ferner in prächtiger Ausbildung im Tobel von *Piove di Dentro* und in der *Val Buffalora*.

Die eigentlichen Amphibolschiefer und Amphibolite sind meist reich an Granaten. Sie sind in der ganzen Aduladecke, besonders aber deren oberen und mittleren Teilen in Form von Lagergängen weit verbreitet. Im Glimmerschiefer ist am Kontakt Granat reichlich ausgebildet.

Hier können nur einige der zahllosen Vorkommnisse erwähnt werden : die Hänge westlich *Soazza*, *Boggio*, der Eingang des *Forcola*tales, die Gegend nördlich des Dorfes *San Bernardino*, oberste *Confino*alp, Ostfuss des *Pizzo di Muccia* im *Vigone*kar, beim *Nonopalo*, Rundhöcker südlich der *Täli*alp, Weg zwischen *Zapporthütte* und der Klubhütte zum *Ursprung*, usw.

6. Kluftausfüllungen.

Sowohl im Bündnerschiefer als im Gneiss finden sich oft grosse Dimensionen annehmende Kluftausfüllungen von leuchtend weissem Quarz, die schon von ferne auffallen, so z. B. zwischen *Nocola* und *Passetti*, unter dem *Vigone*kar, am *Bernhardinpass*, bei *Monzotenti*, an den *Uccello*wänden, usw. Die Klüfte verlaufen selten parallel der Schichtung oder Bankung, sondern meist schief dazu. Es kann kein Zweifel daran bestehen, dass diese Quarzkluftausfüllungen schon vor der Dislokation entstanden sind. In ihrer Umgebung ist das Gestein stark verdrückt, sodass es oft einen ganz veränderten Habitus annimmt. Der Quarz zeigt stets stark undulöse Auslöschungen.

Oft ist der Quarz prächtig gelb oder weinrot opalisierend gefärbt (wie unter dem *Vigonegrat*, über *Gareda* und über dem *Rione d'Arvigo*), was auf Eisenreichtum zurückzuführen ist. Häufig sind die Quarzklüfte reich an Limonit, Pyrit und anderen Erzen, wie besonders in der Umgebung des Dorfes *San Bernardino*.

Im Bündnerschiefer enthalten die Quarzkluftausfüllungen meist grosse Ankeritkristalle.

7. Gesteine der Tambodecke.

Während es sich nicht immer ohne weiteres sagen lässt, welchem der fünf bis sechs Teildecken der Adula-Molaredecke ein Handstück entstammt, besteht wohl selten ein Zweifel, ob es zur Adula- oder zur Tambodecke gehört. So verschiedenartig auch die Gesteine in den beiden Komplexen wieder ausgebildet sind, so zeigen sie doch hier wie dort ihre charakteristischen und stark von einander abweichenden Merkmale.

Auch die Tambodecke enthält Ortho- und Paragneisse. Am Aufbau der das obere Misox zur linken abschliessenden Wände sind jedoch vorwiegend die Paragesteine der Tambodecke beteiligt, von denen viele casannaschieferähnlichen Habitus zeigen.

Typisch für diese Gegend ist ein grauer Glimmerschiefer mit grossen Muscovitporphyroblasten. Makroskopisch lässt sich ausser dem Muscovit kein weiterer Bestandteil erkennen. Die Grundmasse besteht aus grösseren und kleineren Quarzkörnchen, Sericit und Chlorit. In diese graue Grundmasse sind die grossen, oft sechsseitigen Muscovitblättchen und Täfelchen eingebettet. Als Uebergemengteile finden sich Turmalin und Magnetit. Die Struktur ist porphyroblastisch, grano- bis lepidoblastisch, die Textur helicitisch. Streifen von Sericit, Chlorit und kleinen Quarzkörnchen umziehen die grösseren Quarze. Der Biotit ist völlig chloritisiert, die Muscovitblättchen beginnen sich in Sericit umzuwandeln, und oft stecken nur noch lange Muscovitfasern in einer Sericithülle. Dieser Glimmerschiefer ist im *Balniscio-* und *Curciusa*gebiet weitverbreitet.

Häufig ist ferner ein grauer, harter, abwechselnd aus feinen Quarz- und Glimmerlagen bestehender Glimmerschiefer. Auch dieses Gestein ist sehr feinkörnig. Plagioklas ist spärlich, er zeigt feine Zwillingsstreifen. Ausser Muscovit findet sich Biotit und Chlorit. Der Biotit zeigt unter dem Mikroskop kastanienbraune bis olivgrüne Farben.

An den Hängen unter *Barna* (in der Gegend von *Gratella* und *Stabbio*) findet sich ein viel grobkörnigerer, ebenfalls schön helicitischer Glimmerschiefer von dunkelsilbergauer Farbe. Plagioklas ist spärlich, Muscovit, Biotit und Quarz sind Hauptbestandteile. Der Biotit hat kräftigen Pleochroismus, hellgelb bis kastanienbraun. Die Struktur ist homöoblastisch, grano- bis lepidoblastisch.

Auffallend ist das Fehlen von Granatschiefern in der Tambodecke. Granat ist in allen Tambogesteinen ein nur seltener und kleiner Uebergemengteil.

Zuweilen wird der Biotit so häufig, dass er den Hauptbestandteil ausmacht, so bei einem schwarzen feinschuppigen Glimmerschiefer unter dem *Pian San Giacomo*. Ausser dem unter dem Mikroskop kastanienbraunen Biotit ist hier viel Magnetit, Hämatit und Quarz vorhanden, daneben Apatit, Epidot, etwas Hornblende (von sehr starkem Pleochroismus, hell strohgelb bis dunkelgrünbraun) und ganz wenig Feldspat. Die Struktur ist vorwiegend lepidoblastisch. Die Schieferung ist deutlich, die Biotite liegen parallel und die Quarze sind in der Schieferungsebene abgeplattet.

Ihm ähnlich ist der bei *Pradirone* das Liegende (resp. tektonisch Hangende) der Rauhwacke und des Gipses bildende Glimmerschiefer. Er ist, da der Quarz hier reichlicher vor-

kommt, grano- bis lepidoblastisch. Ausser Biotit ist Muscovit vorhanden.

Am *Curciusapass* und gegen den *Pizzo Curciusa* finden sich schwarze bündnerschieferähnliche, aber nicht so leicht zerbrechliche Phyllite.

Mit ihnen zusammen kommt ein dichter fettigglänzender Quarzit vor, der abwechselnd durch helle und dunkle Lagen gebändert wird. Ausser Quarz ist noch Sericit und Plagioklas in ganz geringen Mengen vorhanden.

Auch kleine Marmorstücke fand ich in der Moräne unter dem Curciusagletscher.

Ein eigentümliches Gestein befindet sich noch am Curciusapass. Auf den ersten Blick würde man es für Kalkstein halten. Es ist ein Sericitquarzit mit Ankerit- und Pyriteinsprenglingen, ein hellrötlichgelb bis hellgraues Gestein; durch die Ankeritkörner erscheint es gelbbraun gesprenkelt. Makroskopisch lassen sich nur einzelne grössere Muscovitblättchen und Pyritkörner erkennen. An einzelnen Stellen wird der Ankerit grösser und auch der Limonit reichlicher. Der Ankerit tritt in einem Grundgewebe von kleinen Quarzkörnchen und Sericitschüppchen auf. Er ist in ein Haufwerk kleiner Spaltungsstücke zerfallen. In den Spaltrissen und an der Umrandung sitzt Limonit. Die Schieferung ist unter dem Mikroskop an der parallelen Lage des Sericites zu erkennen. Stellenweise, am Kontakt mit dem Pegmatit, zeigt das Gestein riesige Ankeritkristalle.

Bei der Brücke unter *Pian San Giacomo* steht ein graugrüner, stark helicitischer Glimmerschiefer an. Seine Bestandteile sind Quarz, Muscovit und Sericit, etwas Biotit, Chlorit und Kalzit.

Alle die verschiedenen Arten von Sericitschiefer, die zum Teil durch Graphit schwarz gefärbt sind, können hier nicht beschrieben werden.

Durch Zunahme des Plagioklases gehen die Glimmerschiefer allmählich in braungraue, feinkörnige Gneisse über. Im Gegensatz zu den Adulagneissen ist hier der Feldspat aber selten frisch, sondern meist mehr oder weniger sericitisiert. Es tritt Muscovit und Biotit auf.

Auch Augengneisse sind in der Tambodecke zu finden, aber sie sind von denen der Aduladecke völlig verschieden. Die Schieferungsflächen sind bedeckt mit winzigen, schwarzen Biotit- und kleinen silbernen Muscovitschüppchen. Der Biotit ist viel reichlicher als in den Adula-Augengneissen auch der unteren Zonen vertreten, weshalb das Gestein einen viel

dunkleren Eindruck macht. Als Gemengteile treten auf : Biotit und Muscovit, Mikroklin, Plagioklas, Quarz, Epidot, Kalzit und Hämatit. Die Grundmasse ist feinkörnig. Die Augen bestehen entweder aus mehr oder weniger einheitlichen Feldspatindividuen, oder diese sind von einem Mörtelkranz umgeben, oder total zertrümmert und mit Quarz und Kalzit untermengt. Diese Augen sind unregelmässig, bald gross bald klein, bald rund bald elliptisch, bald gehen sie in die angeschwollenen, gefältelten und gewundenen Lagen über, weshalb das Gestein einen viel unruhigeren Eindruck macht, als die Adula-Augengneisse mit ihren spärlichen und gleichförmigen Augen. Dieser Augengneiss findet sich in schönster Ausbildung im *Forcola*tal. Unter den kleinen Seitenkaren von *Mottlaccio* und *Lughezasca* ist er in riesigen Blöcken angehäuft. Weiter findet er sich in der *Val Curciusa*.

Der Biotitaugengneiss vom *Monte Brione* (südöstlich San Giacomo) zeigt stark sericitisierte Feldspäte. Der Biotit besitzt ein schönes Saginitgewebe ; dies bleibt auch dort erhalten, wo der Biotit vollständig in Chlorit übergegangen ist.

Fast nirgends in der Aduladecke finden wir Pegmatite, ausser etwa in der tiefsten und südlichsten Zone zwischen *Grono* und *Busen*. In der Tambodecke sind sie hingegen häufig, besonders an den Hängen des *Mutun*, in der *Curciusa*- und *Balnisciog*egend.

Die weissen Pegmatitgänge am Pizzo Curciusa, dicht unter der Spitze, lassen sich nicht nur vom Curciusapass aus, sondern auch von der Talsohle unter San Bernardino gut verfolgen.

Die Entstehung der Gänge ist zweifellos der Deckenbildung vorangegangen. Stellenweise ist der Pegmatit so gepresst, dass Komponenten und Struktur stark verändert wurden. Das Grundgewebe besteht aus Sericitblättchen und verdrückten Feldspatkörnern. Auch die grossen Feldspatindividuen sind stark zertrümmert und sericitisiert. Die grossen Muscovitblättchen sind verbogen. Die Pegmatite der Curciusa sind reich an Turmalin.

Basische Einlagerungen finden sich, wie in der Aduladecke, so auch in der Tambodecke, am häufigsten aber in der stratigraphisch höchsten (tektonisch in unserem Gebiet tiefsten) Zone der Tambogneisse, die unmittelbar unter die Trias zu liegen käme.

Es sind meist chlorit- und ilmenitreiche Hornblendeschiefer, die oft an die Grünschiefer der triadischen Zone erinnern.

F. *Die « Valserschuppe » und die Gneisseinlagerungen im Bündnerschiefer.*

In den vorhergehenden Kapiteln haben wir nachgewiesen, dass die Aduladecke nicht nur, wie WILCKENS vermutet, in zwei Teildecken, sondern in fünf zu zerlegen ist. Auch die von Wilckens beobachtete komplexe Natur der Bündnerschiefermassen im Hangenden der Aduladecke hat sich bestätigt. Dagegen können wir Wilckens' Anschauungen über den Bau dieser Bündnerschiefermassen nicht folgen, wenn er die Valser-Augengneissschuppen mit einer tiefen Verzweigung der Tambodecke oder gar deren Hauptstirn selbst verbindet und das südliche Zurückbleiben des Tambo-Antiklinalscharnieres bezweifelt; denn klar und deutlich lässt sich die der Stirn der Tambodecke folgende Umbiegung des Mittelschenkels verfolgen und ebenso deutlich der Verlauf des den Rücken der weiter vorgestossenen Aduladecke einhüllenden Muldenschenkels. Die Abspaltungen der Stirnlappen finden wir alle erst dort, wo die darunter liegende Mulde sich weit gegen Norden öffnet. Alle Teilfalten bleiben normal von dem hier stark mitgefalteten oberen Rötidolomit oder dem dazu gehörigen Bündnerschiefer umhüllt, aber nirgends lässt sich beobachten, dass einer der Frontallappen sich in die liegende Mulde einbohrt und sie durchstösst. Im Kern der hier mächtig angeschwollenen Bündnerschiefersynklinale sind keinerlei Fetzen von Tambogesteinen zu entdecken, und ebenso wenig im südlichen, eng zusammengepressten Teil der Misoxermulde, abgesehen von der erwähnten Breccie unmittelbar im Liegenden der überschobenen Tamboschiefer.

Ganz im unteren Teil des Muldenschenkels, dicht über dem Rücken der Aduladecke will WILCKENS in einem grünen Augengneiss Reste einer höheren Ueberschiebungsdecke gefunden haben und zwar die Tambodecke oder eine ihrer Verzweigungen. Derselbe Augengneiss, den Wilckens aus den Valserprofilen beschreibt [1], lässt sich durch die ganze Rötidolomitzone, von Vals durch das *Peilertal* über den *Valserberg*, *Hinterrhein* und dem *Wälschberg* bis südlich *San Bernardino* verfolgen. Stets ist er als eine ein- oder mehrfach übereinanderliegende, weithin zu verfolgende Platte der Rötidolomitzone konkordant eingeschaltet. Mit Recht erklärt Wilckens es nach der Beschaffenheit des Gneisses für ausgeschlossen, ihn als sedimentäres Glied der Zone anzu-

[1] Zuerst hat STEINMANN (Das Alter des Bündnerschiefers) auf den Augengneiss des Valserbergprofiles aufmerksam gemacht.

sprechen; ein Gedanke, den die Art des Auftretens sonst nahelegen würde. Ausser der schon besprochenen Lagerungsweise spricht aber auch die Gesteinsausbildung dagegen, die Valserschuppe von der Tambo- oder gar Surettadecke abzuleiten. Alle mir bekannten Gneisse der beiden genannten Decken sind grundverschieden von diesen quarzarmen Phengitgneissen. Im Mineralbestand zeigt dieser hingegen entschiedene Verwandtschaft zu den Gesteinen der obersten Aduladecke, während allerdings die porphyrische Ausbildung an den Rofnagneiss erinnert, von dem er sich jedoch durch seine Quarzarmut unterscheidet.

Es ist wahr, der *Valser-Augengneiss* gleicht keinem der Adulagneisstypen vollkommen, jedoch zeigt er soviel Uebergänge zu den Bernhardin- und Fracogneissen, dass manche Handstücke mit diesen verwechselt werden können. Er besitzt denselben für den oberen Adulagneiss typischen hellgrünen Glimmer, den WÜLFING [1] als Phengit bestimmte, nur dass sein Glimmer noch intensiver grün ist. Die kleinen Biotitschüppchen fehlen, sonst würde die Aehnlichkeit des Valsergneisses und Bernhardingneisses noch grösser sein.

Südlich *Monzotenti* ist in der Rötidolomitzone nichts mehr von dem Valser-Augengneiss zu bemerken. Die ganze Zone wird von hier ab aber auch stark reduziert.

Dafür tritt höher oben an der *Bellavista* ein ähnliches Gestein auf, das wieder von Dolomit begleitet wird und sich über den ganzen Rücken östlich Monzotenti fortsetzt. Bei *Arbea* und am *Giumella*kamm findet es sich wieder und zieht von dort, wie schon in einem der vorhergehenden Kapitel beschrieben, nach *Mesocco* hinunter. Dieser *Pianezzagneiss* unterscheidet sich vom Valsergneiss ausser durch grösseren Glimmerreichtum durch das Vorkommen kleiner Biotitschüppchen neben dem Muscovit.

Bei *Monte Ceta* (W ob Mesocco) und anderen Orten findet sich ein dem Pianezzagneiss oberflächlich ähnlicher, nur noch biotithaltiger Augengneiss zwischen den Triaskalken. Er ist von einem am *Tresculminepass* anstehenden Augengneiss nicht zu unterscheiden. Die Struktur ist ausgesprochen porphyroblastisch. Die Augen heben sich scharf hervor und bestehen aus grossen, verdrückten Feldspatindividuen.

Der eigentliche Pianezzagneiss tritt aber nicht als Augengneiss, sondern als feiner Lagengneiss auf. Dünne weisse

[1] Untersuchung zweier Glimmer aus den Gneissen des Rheinwaldhornmassives. *Bericht der Deutschen chem. Ges.*, Jahrg. XIX, Heft 13.

Quarzlagen wechseln mit parallelen Glimmerhäuten, sodass der Gneiss auf dem Längs- und Querbruch wie liniert erscheint. Muscovit und Quarz sind Hauptgemengteile. Der Feldspat ist zuweilen selten. Der Quarz tritt in ganz unregelmässigen kleinen und grossen länglichen Körnern auf. Biotit ist spärlich und zeigt hellgelben bis schwarzbraunen Pleochroismus. Die Lücken sind durch Kalzit ausgefüllt. Der Pianezzagneiss macht den Eindruck eines Paragesteines und scheint daher nicht gleichen Ursprunges mit den Valsergesteinen zu sein. Nur der Gneiss von Ceta ist ein mit dem Tresculmineorthogneiss identisches Gestein.

Auch an anderen Orten finden sich unzweifelhafte Adulagesteine in der Rötidolomit- und der Bündnerschieferzone eingeknetet. So am *Giumella*kamm und bei *Arbea*, über *Monzotenti* und in kleinen Fetzen bei *Pian Lumbrivo* und zwischen *Aelpliwald* und *Gadriolalp*. In ihrer Gesellschaft finden sich auch zuweilen Dolomitbrocken von meist geringem Umfang. Westlich der *Bellavista* ist der Dolomit jedoch in grösserer Mächtigkeit eingefaltet, als er je hier in der normalen Rötidolomitzone vorkommt. Es scheint, als sei ein Teil der südlich von Monzotenti meist ausgequetschten Dolomite hier angehäuft worden. Merkwürdigerweise treten diese fetzenartigen Einfaltungen stets in der Nachbarschaft der Grünschiefer auf, und zwar in dem Niveau der Wandfluhzone [1].

Während die **Valsergneisseinlagerungen** vorwiegend **nördlich San Bernardino entwickelt sind,** treten die **südlich dieses Ortes** oft recht **mächtigen Wandfluheinfaltungen** hier nur noch in **kleinen Fetzen** auf.

Es fragt sich nun: ist der Valsergneiss eine ähnliche Einfaltung von Adulagneiss in der Rötidolomitzone, wie jene in der Wandfluhzone? Die Verwandtschaft des Valsergneisses mit den Bernhardin- und Fracogneissen ist nicht zu bestreiten, aber weiter bin ich zu keinem endgültigen Resultat gekommen. Die porphyrische Struktur, das regelmässige, mehrfache Alternieren dünner, aber ausgedehnter Gneissplatten mit dem Dolomit, ihre weite, ununterbrochene Verbreitung, muss dazu führen, diesen Augengneiss mit dem in der Lagerung mit ihm übereinstimmenden und häufig zwischengeschalteten Grünschiefer zu vergleichen. Immer wieder drängt sich dann der Gedanke auf, dass die Valserporphyrgneisse in die Rötidolomitzone eingedrungene Lagergänge sind, die mit den Bernhardinaugengneissen in gleichem Zusammenhange stehen,

[1] Ueber dem Aelpliwald sind in dieser Zone auch kleine Fetzen von Valsergneiss eingeknetet.

wie die Grünschiefer mit den Amphiboliten und Amphibolschiefern des Deckenkerns. Mancherlei Verschiedenheiten im Grade der Metamorphose würden sich vielleicht durch diese Annahme erklären lassen.

Wir kämen so, wenn auch auf anderem Wege, zu dem gleichen Resultat wie FREUDENBERG. In diesem Falle müsste ein triadisches Alter der Intrusion wenigstens eines Teiles der Adulagneisse angenommen werden.

Jedoch bleibt petrographischen Untersuchungen hier noch ein grosses Feld der Tätigkeit offen, und es können einstweilen nur Vermutungen ausgesprochen werden.

Wir wollen nur noch einen Blick auf die Verbreitung der schneeweissen, grobkörnigen Marmore werfen und bemerken, dass wir diese erstens in den linsenförmigen Einschlüssen im Adulagneiss, zweitens in der Adulatrias, drittens, aber seltener, in der Tambotrias und viertens in Begleitung der Grünschiefer finden. Die übrigen Kalke der Bündnerschieferzone sind stets viel feinkörniger und durch organische Substanz grau gefärbt. Sowohl die Bleichung als die grossen Dimensionen der einzelnen Körner sprechen für stärkere Metamorphose. Es frägt sich : ist dies eine Folge des Druckes oder des Kontaktes? Dass die Marmore zwischen den Teilfalten der Aduladecke bei der Ueberschiebung stärker mitgenommen worden sind als die in der Misoxermulde, steht ausser Frage. Möglich ist auch, dass dort, wo leicht plastisch werdende Gesteine an solche angrenzen, die dem Druck grösseren Widerstand entgegensetzen, die ersteren stärker metamorphosiert werden. Diese grössere Plastizität erklärt ja auch die fast völlige Ausquetschung der Rötidolomit-Bünderschieferzone zwischen diesen Teilfalten und das schwarmweise Vorkommen der in die Schichtfugen verschiedener übereinander liegender, in ihrem Zusammenhang ungestörter Gneissbänke eingedrungenen, linsenförmig abgeschnürten Marmornester. In den meisten anderen Fällen, so bei den Vorkommnissen in Begleitung der Grünschiefer liegt die Annahme der Kontaktmetamorphose jedoch näher, die auch durch die Ausbildung der übrigen Schiefer bestätigt wird. Jedoch kann an dieser Stelle nicht weiter hierauf eingegangen werden. Bei den Marmorvorkommnissen im Liegenden der Tambodecke ist in Betracht zu ziehen, dass die Abwesenheit des Grünschiefers hier wohl auf Ausquetschung zurückzuführen ist.

Das Erkennen einer Kontaktmetamorphose wird hier durch die darauffolgende Druckmetamorphose erschwert, die jedenfalls ihre Anzeichen zum grössten Teil verwischte.