

Neuere Fortschritte in der geologischen Erforschung Graubündens.

Von **Otto Wilckens** (Jena).

Literatur-Verzeichnis.

Nur die mit * versehenen Arbeiten sind in diesem Referat eingehender besprochen worden.

1. G. STEINMANN: Geologische Beobachtungen in den Alpen. I. Das Alter der Bündner Schiefer. — Berichte d. Naturf. Ges. Freiburg i. B. 9. S. 245 bis 263 und 10. S. 215—292.
2. — Geol. Beobacht. in den Alpen II. Die SCHARDT'sche Überfaltungstheorie und die geologische Bedeutung der Tiefseeabsätze und der ophiolithischen Massengesteine. — Ber. d. Naturf. Ges. Freiburg i. B. 16. S. 18—67. 1905.
- *3. O. SCHLAGINTWEIT, Geologische Untersuchungen in den Bergen zwischen Livigno, Bormio und St. Maria im Münstertal. — Zeitsch. d. deutsch. geol. Gesellsch. 60. S. 198—272. Taf. XIV. 1908. Im Auszug auch als Inaug.-Diss. 1907.
4. K. ZOEPFRITZ, Geologische Untersuchungen im Oberengadin zwischen Albulapass und Livigno. Ber. d. Naturf. Ges. Freiburg i. B. 16. S. 164 bis 231. Taf. VI—VI. 1906.

5. P. TERMIER, Les Alpes entre le Brenner et la Valteline. — Bull. Soc. Géol. de France 4. Sér. 5. S. 208—289. 2 Taf. 1905.
- *6. W. HAMMER, Literaturnotiz über SCHLAGINTWEIT in Verhandl. der k. k. geolog. Reichsanstalt 1907. S. 233—234 und 1908. S. 332—333
7. A. SPITZ und G. DYHRENFURTH, Vorbericht über die Tektonik der zentralen Unterengadiner Dolomiten. K. Akad. d. Wiss. Wien. Math. Nat. Kl. Akad. Anz. 1907. 4 S. Dieselben, zweiter Vorbericht über die Tektonik der zentralen Unterengadiner Dolomiten. Ebenda 1909. 3 S.
8. W. SCHILLER, Geologische Untersuchungen im östlichen Unterengadin. I. Lischannagruppe. Ber. d. Naturf. Gesellsch. Freiburg i. B. 14 S. 107—180. Taf. V—IX. 1903. II. Piz Lad-Gruppe. Ebenda 16. S. 108—163. Taf. III—IV. 1906.
9. E. SUESS, Über das Inntal bei Nauders. — Sitzungsber. d. K. Akad. d. Wiss. Wien. Math.-nat. Kl. 114. S. 699—737.
- *10. W. PAULCKE, Beitrag zur Geologie des „Unterengadiner Fensters“. — Verhandl. Nat. Ver. Karlsruhe. 23. S. 33—48. Taf. I—V. 1910.
- *11. W. PAULCKE, Tertiär im Antirhätikon und die Beziehungen der Bündner Decke zur Niesenflyschdecke und der helvetischen Region. — Centralbl. f. Min., Geol. u. Paläontol. 1910. S. 540—548.
12. W. v. SEIDLITZ, Geologische Untersuchungen im östlichen Rätikon. — Ber. d. Naturf. Gesellsch. Freiburg i. B. 16. S. 232—367. Taf. VII—XI. 1906.
- *13. O. WELTER, Über anstehenden Nephrit in den Alpen. — Verhandl. Nat. Ver. Karlsruhe. 23. S. 3—5. 1910.
- *14. W. PAULCKE, Alpiner Nephrit und die „Nephritfrage“. — Verhandl. Nat. Ver. Karlsruhe. 23. S. 77—86. 1910.
15. W. v. SEIDLITZ, Der Aufbau des Gebirges in der Umgebung der Strassburger Hütte an der Seesaplana. — Festschrift zum 25jährigen Bestehen der Sektion Strassburg i. E. des Deutsch. u. Österr. Alpenvereins S. 45 bis 68. 10 Taf. 1910.
- *16. HERM. MEYER, Geologische Untersuchungen am Nordostrande des Surettamassives im südlichen Graubündens. — Ber. d. Naturf. Ges. Freiburg i. B. 17. S. 130—177. Taf. IV—VI. 1909.
- *17. O. WELTER, Stratigraphie und Bau der Alpen zwischen Hinterrhein und Safental. — Eclogae geol. Helvetiae. 11. S. 804—852. Taf. 21, 22. 1909.
18. H. HOEK, Geologische Untersuchungen im Plessurgebirge um Arosa. — Ber. Naturf. Gesellsch. Freiburg i. B. 13. S. 215—270. Taf. IX—XIV. 1903 u. Das zentrale Plessurgebirge. Geologische Untersuchungen. Ebenda 16. S. 367—448. Taf. XII, XIII. 1906.
19. W. v. SEIDLITZ, Über Granit-Mylonite und ihre tektonische Bedeutung. — Geol. Rundschau 1. S. 188—197. 1910.
- *20. W. v. SEIDLITZ, Sur les granites écrasés (mylonites) des Grisons, du Vorarlberg et de l'Algäu. — C. R. Acad. des Sc. Paris. 11. avril 1910.
- *21. H. MEYER und O. WELTER, Zur Geologie des südlichen Graubündens. — Zeitschr. d. Deutsch. Geol. Gesellsch. 62. Monatsber. S. 65—71. 1910.
- *22. O. WELTER, Über die tektonische Stellung der Walliser Gneisdeckfalten — Centralbl. f. Min., Geol. u. Pal. 1910. S. 163—165.
- *23. A. SPITZ, Besprechung der Arbeiten von MEYER und WELTER in: Mitteilungen der Geol. Gesellsch. in Wien 3. S. 492—497. 1910.
24. G. STEINMANN, Über die Stellung und das Alter des Hochstegenkalkes. — Mitt. d. Geol. Ges. in Wien. 3. S. 285—299. 1910.
- *25. O. WILCKENS, Über den Bau des nordöstlichen Adulagebirges. — Centralbl. f. Min., Geol. und Pal. 1907. S. 341—348.
26. ALB. HEIM, Über die nordöstlichen Lappen des Tessinermassives. — Vierteljahrsschrift der Naturf. Gesellsch. Zürich. 51. S. 397—431. 1906.

- *27. O. WILCKENS, Über die Existenz einer höheren Überschiebungsdecke in der sogenannten Sedimenthülle des Adula-Deckmassivs (Graubünden). — Zeitschr. d. Deutsch. geol. Ges. 61. Monatsber. S. 455—464. 1909.
- *28. O. WILCKENS, Über Faltung im Adulagebirge (Graubünden). — N. Jahrb. f. Min. Geol. und Paläontol. 1910. I. S. 79—90, Taf. VIII—XIII.
- *29. W. FREUDENBERG, Das mesozoische Alter des Adula-Gneisses. — Ber. üb. d. Vers. des Oberrhein. geol. Ver. 41. Vers. Ulm. 1908. 8 S. 1909.
30. P. ARBENZ und W. STAUB, Die Wurzelregion der helvetischen Decken im Hinterrheintal und die Überschiebung der Bündnerschiefer südlich von Bonaduz. — Vierteljahrsschrift d. Naturf. Gesellsch. Zürich 55. S. 23—62. 1910.
31. P. ARBENZ, Die Wurzelregion der helvetischen Decken im Hinterrheintal bei Bonaduz und Rhäzüns. Ecl. geol. Helv. 10 S. 729—731. 1909.
32. Ch. TARNUZZER und U. GRUBENMANN. Beiträge zur Geologie des Unterengadins. I. Das Gebiet der Sedimente (von Ch. T.), II. Die kristallinen Gesteine. — Beitr. z. geol. Karte der Schweiz. N. F. 23. Lief. 1909.

Die erste Ära der geologischen Erforschung Graubündens ist die Zeit, in der THEOBALD seine unermüdlichen Untersuchungen in diesem herrlichen Gebirgslande anstellte, die zweite datiert von der Abhandlung STEINMANN's über das Alter der Bündner Schiefer (1). In dieser zweiten Periode können wir wiederum zwei Abschnitte unterscheiden, deren erster mit STEINMANN's Schrift „Die SCHARDT'sche Überfaltungstheorie und die geologische Bedeutung der Tiefseeabsätze und der ophiolithischen Massengesteine“ schliesst. Diese Arbeit (2) fasste u. a. die Untersuchungen LORENZ' im Falknisgebiet und Rhätikon, HOEKS im Plessurgebirge, SCHILLER's in der Lischanna-Gruppe, PAULCKE's im Unterengadin zusammen und gibt ein Schema der in Graubünden auftretenden Überschiebungsdecken, das für die in dem zweiten Abschnitt der STEINMANN'schen Ära — in dem wir heute noch stehen — ausgeführten Arbeiten, soweit sie Gebiete betreffen, in denen diese Decken vorkommen, als Grundlage gedient hat. „STEINMANN und seine Schüler“ — unter dieser Firma pflegen die meisten Resultate der geologischen Untersuchung der Graubündner Alpen des letzten Dezenniums zu gehen, über deren neuere wir im folgenden berichten wollen.

Wir beginnen im Osten. Hier hat O. SCHLAGINTWEIT (3) in einem Gebiet gearbeitet, das zwischen den Orten Livigno, Bormio und St. Maria im Münstertal liegt. Geologisch gehört es in die Wurzelregion der ostalpinen Decke, ja es wird ganz und gar aus dieser aufgebaut. Kein Wunder daher, dass ZOEPFPRITZ (4), der früher das westlich anstossende Gebiet bearbeitet hatte, die Anwesenheit mehrerer Überschiebungsmassen nicht konstatieren konnte. Er schloss daraus zu Unrecht, dass hier überhaupt kein Deckenbau vorhanden sei. Stratigraphisch ist SCHLAGINTWEIT's Gebiet schwierig und einförmig. Die Gesteinsfolge besteht nur aus kristallinem Gestein, etwas Verrucano, unter- und obertriadischem Dolomit, Rhät und Lias. Immerhin sind die meisten dieser Stufen gut charakterisiert, teils durch Fossilien,

teils durch petrographische Merkmale; nur die so gut wie fossilere Dolomite machen grosse Schwierigkeiten. Allerdings ist SCHLAGINTWEIT sehr zurückhaltend und unterscheidet, wie gesagt, nur unter- und obertriadischen Dolomit, dazu innerhalb des ersteren „gelben“ und „grauen“ Dolomit. So können seine Ergebnisse bezüglich des Gebirgsbaues trotzdem als gesichert betrachtet werden. Etwa in derselben Richtung wie der oberste Lauf der Adda streicht aus der Gegend von Livigno (am Spöl, einem rechten Nebenfluss des Inn) gegen OSO bis in die Gegend vom Bormio eine aus obertriadischem Dolomit, Rhät und Lias aufgebaute tektonische Einheit, die SCHLAGINTWEIT als „Addascholle“ bezeichnet, und die er wohl berechtigt gewesen wäre, ein „Fenster“ zu nennen. Denn die südliche und die nördliche Grenze dieser tektonischen Einheit, die den Bau einer nach Süden übergelegten, im Osten durch einen mittleren Sattel gedoppelten Mulde besitzt, sind Überschiebungslinien. Die Überschiebungsfäche im Norden steht teils ziemlich steil, teils liegt sie flach. Sie trägt, manchmal mit Zwischenlagerung von untertriadischen Dolomiten des verdrückten Mittelschenkels, die Braulioscholle, eine ausgedehnte Schubmasse, die aus kristallinen Gesteinen an der Basis und darüber gelagertem untertriadischem Dolomit besteht. Die kristalline Basis ist teilweise ganz erhalten, teilweise auch bis auf geringe Reste ausgequetscht. Wo die untertriadischen Dolomite der Braulioscholle direkt auf den obertriadischen der Addascholle liegen, ist die Überschiebungslinie natürlich schwer zu ziehen. Auf den Dolomiten der Braulioscholle liegen nochmals kristalline Gesteine, die Basis einer im übrigen nicht erhaltenen Überschiebungsmasse, deren Dislokationsausmass SCHLAGINTWEIT aber für unbedeutend hält. Südlich der Überschiebungslinie am Südrand der Addascholle (deren Schichten durchgängig nördlich fallen), liegen untertriadische Dolomite, darüber Verrucano und darüber kristalline Gesteine, die wiederum Dolomit tragen, wovon allerdings nur ein kleines Fetzen erhalten ist. Diese ganze Masse ist der südliche, vom nördlichen durch Erosion getrennte Teil der Braulioscholle, unten verkehrter Mittelschenkel, darüber der kristalline Kern und noch etwas Hangendschenkel darauf. Die südliche Überschiebungsfäche steht steil, nach Süden, aber auch wohl nach Norden fallend.

Ich, der ich allerdings „bedingungslos der mechanischen Frei-beuterlust der Überfaltungslehre verfallen“ bin — dies schöne Wort hat AMPFERER einmal in einer Kritik über ein Buch von REYER geschrieben — stimme SCHLAGINTWEIT in seiner Auffassung ganz bei. Nur für seine Bezeichnungen möchte ich ein paar Änderungen vorschlagen. Statt „Addascholle“ würde ich einen anderen Ausdruck wählen, da „Scholle“ doch immer eine von Dislokationen oder einem Erosionsrande begrenzte Einheit ist, während die Addamasse doch nur in Fenstern sichtbar wird und sich noch unter der Braulioscholle fortsetzt. Ferner würde ich bei der grossen kristallinen Masse im

Süden nicht vom „kristallinen Vorlande im Süden“ sprechen; denn dieses Gebiet hat sowohl zum Addafenster wie zur Braulioscholle eine rückwärtige Lage; denn der Schub kommt aus Süden. Endlich könnte man das, was SCHLAGINTWEIT die „Überschiebungsreste“ im Süden nannte, vielleicht als Wurzel der Braulioscholle oder als südlichen Teil derselben bezeichnen.

Was TERMIER (5) im grossen Umriss richtig ahnte, erfährt durch SCHLAGINTWEIT eine Bestätigung, Vertiefung und vielfache Korrektur auf Grund der geologischen Detailaufnahme. Interessant ist es zu hören, wie sich HAMMER (6), derjenige österreichische Landesgeologe, der in den letzten Jahren im benachbarten Ortlergebiet gearbeitet hat, zu SCHLAGINTWEIT's Auffassungen äussert. Er erkennt die deckenförmige Lagerung der Braulioscholle im Norden an, hält aber dafür, dass die Überschiebung von Norden nach Süden gerichtet war, und dass die südliche Dislokationslinie ein Bruch ist. Gewiss kann SCHLAGINTWEIT den Schub aus Süden nicht aus seinem Arbeitsgebiet heraus einwandfrei beweisen; wohl aber folgt diese Dislokationsrichtung aus dem ganzen Bau der Alpen, und es ist sehr viel kühner, in diesem Gebiet eine lokale Nord-Süd-Überschiebung anzunehmen als das Umgekehrte. Eine steil gestellte Überschiebungsfläche in der Nähe der Wurzelregion hat zudem nichts Besonderes. Dass sie die überschobenen Falten schräg abschneidet, ist ebenfalls möglich. Die gegen SW übergelegte Mulde der Addamasse ist allerdings eine Schwierigkeit, aber auch dafür gibt schliesslich SCHLAGINTWEIT mit einer Unterschiebung des Südschenkels unter den Nordschenkel eine ganz plausible Erklärung.

Über das Gebirge des Münstertales und des Ofen-Passes liegen noch keine genauen Angaben, sondern nur vorläufige Mitteilungen von A. SPITZ und G. DYHRENFURTH vor (7). Weiter nördlich folgen die von SCHILLER (8) untersuchten „Unterengadiner Dolomiten“ und dann das „Unterengadiner Fenster“ am Inn, ein grosses, elliptisch gestaltetes Erosionsloch in der ostalpinen Decke, das seiner Natur nach zuerst von TERMIER richtig erkannt ist. ED. SUESS hat ihm sein besonderes Interesse zugewandt (9) und neuerdings hat W. PAULCKE, der seit einer Reihe von Jahren in diesem Gebiet arbeitet, eine Übersicht über die wichtigsten Resultate seiner Untersuchungen gegeben (10).

Das grosse Gebiet zwischen Silvretta, Ferwall, Ötztaler Alpen und Unterengadiner Dolomiten wird vorzugsweise von Schiefen aufgebaut. Diese gehören aber nicht nur nicht zu einer geologischen Formation, sondern sogar auch zu verschiedenen Überschiebungsdecken. Der tiefste Komplex wird von PAULCKE als „Bündnerdecken“ bezeichnet. Dieser Name ist von PAULCKE unlängst (11) für diejenige oder diejenigen, durch die Ausbildung namentlich der Kreide als „Bündner Schiefer“ gekennzeichneten Decken eingeführt worden, die zwischen den helvetischen Decken und der Klippendecke liegen und

zu denen in den Freiburger Alpen die Niesenflyschdecke und in Graubünden die Prättigauschiefer sowie ein schieferiger Komplex im Unterengadiner Fenster gehören, in dem PAULCKE u. a. Unterkreide mit *Orbitulina* und *Diplopora Mühlbergii* sowie durch die Auffindung eines *Orbitoides* Tertiär nachweisen konnte (11). Die Klippendecke, die im Rhätikon, wie v. SEIDLITZ' (12) Untersuchungen gezeigt haben, eine so wichtige Rolle spielt, ist im „Antirhätikon“, wie PAULCKE sein Gebiet mit einem KOCH'schen Ausdruck gern bezeichnet, nur mangelhaft vertreten; um so reicher entwickelt zeigt sich dagegen die Brecciendecke, in der der Lias sehr fossilreich ist. Der rhätischen Decke sind die basischen Eruptivgesteine, die Serpentine, Spillite, Variolite zuzuweisen, mit denen sich auch (im Fimbetal) Nephrit vergesellschaftet, den O. WELTER (13) genau an der Stelle, wo er ihn vermutete, nämlich am Kontakt von Serpentin und Gabbro, auf fand. WELTER hat auch im Oberhalbstein, im Val Fallér bei Mühlen, Nephrit gefunden, was gleich an dieser Stelle mitvermerkt sein möge. Die Bedeutung dieser Entdeckung anstehenden Nephrits in den Alpen für die prähistorische Forschung hat PAULCKE (14) erörtert. Die in den Pfahlbauten gefundenen Nephritwerkzeuge sind aus einheimischem Material gefertigt, nicht aus anderen Weltteilen importiert.

Die ostalpine Decke besteht aus mannigfaltigen Gneisen und darüber oder auch verkehrt darunter lagernden Triasdolomite. Sie hat einst das ganze Fenster überdeckt; das beweist ihr Vorkommen in Form einer Deckscholle mitten im Fenster am Stammerspitz. Dass die kristalline Silvretta-Gruppe, das „Silvrettamassiv“, wie man früher sagte, nicht in der Tiefe wurzelt, sondern schwimmt, wird durch die Fenster bewiesen, die in die 27 km breite Masse auf beiden Seiten 4—4 $\frac{1}{2}$ km tief eindringen, es folgt aber auch aus der Übereinstimmung in der Zusammensetzung der Decken, die am Ost- und am Westrande unter die Silvretta untertauchen. Die Unterfläche der Decken ist nicht eben, sondern unregelmässig und liegen auch am Fensterrahmen in verschiedener Höhe. Die Decken liegen periklinal, d. h. mit Abfall nach allen Seiten vom zentralen Teil des Fensters weg; dabei ist die Senkung nach Norden stärker als die nach Süden und die nach Osten stärker als die nach Westen.

Über die Entstehung des heutigen Gebirgsbaus macht PAULCKE sehr bemerkenswerte Angaben. Er unterscheidet nach dem Vorgang von STEINMANN zwei Phasen der Gebirgsbildung, deren erste zur Übereinanderschlebung der Decken führte. Die zweite ist nach PAULCKE erst eingetreten, als die Erosion bereits das grosse Fenster erzeugt hatte und hat eine spezifische Lokaltektonik hervorgebracht. Ähnliches hat s. Z. SUSS (9) konstatiert.

Es ist ein seltener Fall, dass innerhalb weniger Jahre Spezialkarten desselben Gebietes von verschiedenen Verfassern erscheinen. Das Werk „Beiträge zur Geologie des Unterengadins“ von TARNUZZER und GRUBENMANN (32) behandelt u. a. die von W. SCHILLER untersuchten

unterengadiner Dolomiten, die Lischanna- und die Piz-Lad-Gruppe. TARNUZZER's Karte reicht etwas weiter nach Westen, aber nicht so weit nach Süden und nach Norden wie diejenigen SCHILLER's. Die Unterschiede in TARNUZZER's und SCHILLER's Karten erklären sich z. T. als solche, wie sie sich bei der Kartierung durch zwei verschiedene Geologen von selbst ergeben. Persönliche Auffassung, die Kompromisse, die jeder kartierende Geologe machen muss, wenn er seine Karte vollenden und vollständig kolorieren will, die Schwierigkeiten, die in den Alpen aus schlechtem Wetter usw. entstehen, müssen die Kartenbilder notwendigerweise etwas ungleich gestalten. So hat SCHILLER die Fortführung der Überschiebungslinie zwischen Trias und Lias vom Piz Triazza zum Piz Rims, die wir bei TARNUZZER finden, schon angedeutet. Ein grösserer Unterschied ist schon, dass TARNUZZER die untere Überschiebungslinie am Piz S-chalambert nicht hat, im unteren Curtinatsch unteren Triasdolomit verzeichnet, wo SCHILLER Gneis hat; östlich von Uina dadora erscheint in SCHILLER's Gneiskomplex bei TARNUZZER eine Schichtserie bis zum Lias; grosse Verschiedenheit ist in der Kartierung des Piz S-chalambert usw. Eine der grössten Verschiedenheiten ist, dass die untere Gneiszone SCHILLER's am Inn nach GRUBENMANN aus metamorphen Bündner Schiefen besteht und westlich der Val Chazet auch in der Basis der ostalpinen Serie kein Gneis auftritt, so dass hier deren Verrucano direkt auf den Bündner Schiefen aufrucht. Ob nicht trotzdem die serpentinare Serie unter der ostalpinen eine besondere Decke ist?

TARNUZZER hat in den basalen Bündner Schiefen, die er als Engadinschiefer bezeichnet, keine Fossilien gefunden, muss also ihr Alter unbestimmt lassen. Andere Schiefer gehören dem Jura und der Kreide an. TARNUZZER bezeichnet sie als die „obermesozoischen“. Bezüglich der Schichtfolge in der ostalpinen Serie ist an SCHILLER's Mitteilungen nicht viel zu ändern.

TARNUZZER steht, was die Regionaltektonik betrifft, durchaus auf dem Boden der SCHARDT'schen Überfaltungstheorie und betrachtet das unterengadiner Schiefergebiet als ein Fenster, in dem innerhalb eines Rahmens aus ostalpinen Gesteinen die lepontinische Serie zutage tritt. Nach dem, was TERMIER und SUSS über diesen Gegenstand geschrieben haben, lässt sich viel Neues darüber nicht beibringen. Die Lokaltekonik bietet in TARNUZZER's Profilen natürlich allerlei Unterschiede von SCHILLER's Auffassungen; aber im Prinzip stimmen beide Autoren überein.

Die Karte von GRUBENMANN und TARNUZZER ragt weit in das Gebirge links des Inn hinein. Hier wird, namentlich in bezug auf die kristallinen Gesteine, viel Neues geboten. Aus GRUBENMANN's Forschungsergebnissen über diesen Teil der geologischen Aufnahme sei Folgendes hervorgehoben:

Vom petrographischen Standpunkt aus lassen sich im altkristal-

linen Grundgebirge des Silvrettamassivs sowie des Gebirges auf der rechten Innseite unterscheiden:

1. sedimentogene Gneise und Glimmerschiefer, zum Teil aplitisch injiziert,
2. eruptive Gneise,
3. Aplite und Pegmatite,
4. Dioritporphyrite (Labradorporphyrite und Proterobase), Vogesite und Quarzporphyre,
5. Amphibolite,
6. Granite.

1. Die sedimentogenen Gneise haben nach Mineralbestand, Struktur und Textur z. T. den Charakter eines umkristallisierten tonigen bis psammitischen Sediments innerhalb der mittleren Zone, z. T. die von Meso-Gneis-Quarziten.

2. Die Eruptivgneise sind teils Zweiglimmergneise mit dem im wesentlichen unveränderten Mineralbestande des ursprünglichen Granits, der durch beinahe reine Kataklyse in der obersten Zone zu Gneis geworden ist, teils saure Aplite und Pegmatitgneise (Muscovitgneise), die ebenfalls in den oberen Teilen der Erdkruste wesentlich durch mechanische Einwirkungen umgewandelt worden sind, und aus Quarzdioritaplit durch chemische Umwandlung hervorgegangener Granulit, teils basische Dioritgneise. Ein feinkörniges dunkelgrünes Gestein dürfte ein umgewandelter Kersanit sein.

3. Die Aplite treten z. T. schwarmartig in den Schiefergneisen auf, unter den Pegmatiten ist der Turmalinpegmatit vom Piz Cotschen erwähnenswert.

4. Am Rassassergrat treten neben Apliten mannigfache Labradorporphyrite auf, die sämtlich zu den Dioritporphyriten zu stellen sind. Ein Proterobas ähnelt mikroskopisch vollkommen dem von Göda in der Lausitz. In der Nähe des Griankopfes wurde holokristallinporphyrischer, glimmerführender Hornblendevogesit und porphyrischer, glimmerführender Augitvogesit angetroffen. Die Quarzporphyre des Rassassergrats sind sehr schlecht erhalten.

5. Unter den Amphiboliten sind gewöhnliche, grünschwarze bis weiss gesprenkelte, feinkörnige, mehr oder weniger geschieferte, neben dioritähnlich aussehenden, mittelkörnigen (von Gabbro oder Diorit abzuleitende), ferner porphyrtartig entwickelte Chlorit- und Biotit-amphibolite, gebänderte Abarten (injizierte Amphibolite), sowie endlich Biotit- und Epidotamphibolite zu unterscheiden. Sie sind in zahlreichen Zügen in die sedimentogenen Gneise eingelagert.

6. Der Granit von der Platta mala unterhalb Remüs steht den Alkaligraniten nahe. Es treten damit sowohl aplitische als auch melanokrate Varietäten auf. Der Granit zwischen Sent und Crusch ist stark kataklastisch, von ähnlichem Charakter wie der aplitische Granit der Platta mala-Masse und von einer dunkelgrünen, lamprophyrischen und geschieferten Randfazies umgeben, die THEOBALD

s. Z. als „Grüne Algäuschiefer“ kartiert hat. Ein drittes Granitvorkommen ist das von Chamosch, westlich von Tarasp-Fontana. Der Granit vom Sass Majür und von Ardez, der sogen. Tasna-Granit, hat in seinem Haupttypus viel Ähnlichkeit mit dem Albulagranit und gewissen Varietäten des Juliergranits. Daneben finden sich porphyrische Varietäten, sowie einerseits leukokrate (aplitische und quarzporphyrische), andererseits melanokrate (minette- und vogesitartige) Spaltungsprodukte.

Unter den sonst von GRUBENMANN untersuchten, nicht zum Altkristallin gehörenden Gesteinen sind zunächst die Engadinphyllite hervorzuheben. Die makroskopisch unterscheidbaren Haupttypen sind:

1. blaugraue, tonige oder kieselige Kalksteine von mittlerem Korn, oft geklüftet bis annähernd geschiefert, manchmal mit Calcitadern;
2. weissgraue, ziemlich grobkörnige Kalksandsteine, mit farblosen Sericitschuppen auf den Klüftflächen, von blättriger bis schwacher Schieferung, mit starkem Tongeruch;
3. braungraue, etwas phyllitische Tonschiefer, die durch Metamorphose in dünnplattige Sericitphyllite übergehen;
4. grobe bis feinkörnige polymikte Konglomerate oder Breccien mit sehr reichlichem tonigen Bindemittel.

Auf der rechten Innseite findet sich, wie oben erwähnt, eine Zone von Engadinphylliten mit eingeschalteten grünen Eruptivgesteinen. Hiervon sind zu nennen der Biotithornblendegabbro von Vulpera, ferner Hornblendegabbro, Biotitgabbro, Pegmatitgabbro, Gabbroaplit, Diallaggabbro, Gabbrodiorit, Diabase mit verschiedenen Varietäten, Spilit, Spilitmandelstein, Variolit und endlich Serpentine, welche letztere aus Olivin-, Diallag- oder Olivin-Enstatitperidotiten hervorgegangen sind. Bemerkenswert ist, dass gewisse Gabbros Spuren einer pneumatolytischen Injektion aufweisen, die auch das phyllitische Nebengestein betroffen haben dürfte.

Auf das reiche petrographische Detail der GRUBENMANN'schen Abhandlung einzugehen, müssen wir uns leider versagen.

Einen schönen Überblick auf das jenseits der Silvretta gelegene Rhätikon bietet im wahrsten Sinne des Wortes das geologische Panorama von der Scesaplana, das einem Aufsätze W. v. SEIDLITZ' über den geologischen Bau der Umgebung der Strassburger Hütte des deutschen und österreichischen Alpenvereins beigegeben ist (15). Da die in dieser Schrift geschilderte Gegend im übrigen aber schon auf österreichischem Boden liegt, so wenden wir uns südwärts, wo im Schams zu beiden Seiten des Hinterrheins MEYER (16) und WELTER (17) die Ausbildung der von STEINMANN unterschiedenen Decken studiert haben. Es sind Arbeiten, die sich an diejenigen v. SEIDLITZ' (12) im Rhätikon und HOEK's (18) im Plessurgebirge anschliessen. Welche Überschiebungsdecken und welche Formationen in diesem Gebiete angetroffen werden, mögen folgende Übersichtstabellen zeigen:

	West-Schams (nach WELTER)	Ost-Schams (nach MEYER)
Ostalpine Decke	Mannigfaltige Dolomite der Splügener Kalkberge, z. T. mit Diploporen (Trias). Rofnaporphyr.	Nicht näher untersucht.
Rhätische Decke	Nicht entwickelt.	Schwarze, kalkfreie Schiefer, dunkle, schiefrige Kalke, fein brecciöse Schiefer. Darin unten Ophiolithe. Quarzit, Kalk und Dolomit (Trias). Rofnaporphyr in einer Mächtigkeit von 15 m an der Basis.
Breccien-Decke	Kalkschiefer mit Belemniten (Lias). Rauhwanke, Gips, Dolomit, (Trias). Rofnaporphyr.	„Obere Breccie“ (obere Kreide). Weisser Marmor (Tithon?). Schiefer aller Art. Kalke, z. T. mit Kieselbändern, mit Liasfossilien. Blauschwarze Kalke und milde, tonige Schiefer mit Rhätfossilien. Marmor, Breccie-Schiefer, Dolomit, Rauhwanke (Trias).
Ob. Klippen-Decke	Falknisbreccie (Tithon). Kalkschiefer mit Belemniten (Lias). Rauhwanke, Dolomit (Trias).	Plattige, fein brecciöse Kalke (unt. Kreide?). Falknisbreccie („untere Breccie“, Tithon). Rofnaporphyr.
Unt. Klippen-Decke	Korallenkalk (Tithon). Kalkschiefer mit Belemniten (Lias). Rauhwanke (Trias). Rofnaporphyr.	Weisse Marmore und grobe Breccien (Tithon) Schiefer, Kalke, Quarzit, Rauhwanke (Trias).
Bündner Schiefer	Bündner Schiefer. Dolomit. Rofnaporphyr.	Via mala-Schiefer. Dolomit. Rofnaporphyr.

Wie man aus dieser Zusammenstellung sieht, sind die Decken nicht auf beiden Seiten des Hinterrheins in gleicher Vollständigkeit entwickelt; ihre charakteristischere Ausbildung findet sich im Ost-Schams. Sehr interessant ist das Auftreten von Rofnaporphyr an der Basis aller Decken, wenn auch nur in der Form von eine geringe Meterzahl mächtigen, z. T. stark verquetschten Bändern. Die rhätische Decke und die obere Klippendecke weisen die kristalline Basis im Ost-, die ostalpine, die Breccien- und die untere Klippendecke im West-Schams auf. Ihr Vorkommen ist einer der wichtigsten Beweise für den Deckenbau dieser Region. Es sind sogen. „Mylonite“, auf deren tektonische Bedeutung im allgemeinen (19) wie auch speziell für Graubünden (20) kürzlich v. SEIDLITZ aufmerksam gemacht hat. Leider sind die Sedimentgesteine des Schams meist fossilieer, doch erlaubt manchmal auch die petrographische Beschaffenheit der Gesteine eine Altersbestimmung. So ist die Falknisbreccie als solche durch das Auftreten von Geröllen eines juliergranitartigen Gesteines erkennbar, das stellenweise ganz vorherrscht. (Diese Ausbildungsform der Falknisbreccie ist von HEIM SEN. früher Taspinit genannt worden.) Die Zugehörigkeit der Rauhacken und Dolomite zur Trias kann nicht bezweifelt werden.

Die Decken liegen im grossen und ganzen flach, mit langsamem Absinken nach Osten. Die Decken sind auch als Ganzes noch gefaltet. Die tieferen Decken zeigen im Ost-Schams eine intensivere Faltung als die höheren.

Wie das übersichtliche Gesamtprofil (21), das MEYER und WELTER als Ergebnis ihrer Untersuchungen gemeinsam publiziert haben, zeigt, liegen die Klippendecken, Breccien-, rhätische und ostalpine Decken über einer liegenden Falte von Rofnaporphyr und Bündnerschiefern. Die Klippendecken sind unter diese kristalline Deckfalte etwas heruntergezogen und endigen im Ost-Schams an einer scharfen Grenzlinie, die durch den Reischenbach markiert wird (16, Fig. 1). Die Brecciendecke macht zwar eine plötzliche Abbiegung mit, geht aber frei nach Norden weiter. Mich erinnert das „schematische Profil durch das südliche Graubünden“ von MEYER und WELTER (21, Fig. 2) sehr an das Profil der Freiburger Alpen. Hier wie dort haben wir im Untergrunde liegende Falten, hier die helvetischen, dort die der Bündner Schiefer. Darüber greifen (so sieht es wenigstens in den Profilen aus) die höheren Decken frei nordwärts, wobei die tieferen derselben von den höheren verquetscht werden (Rest der „Freiburger“ Decke am N.W.-Rand der Voralpen!) Dass die Dislokationen im Schams sehr intensiv sind, beweisen u. a. die von WELTER beobachteten Quetschzonen am Muotaulta und in den rechtsrheinischen Tobeln zwischen Splügen und Sufers. Ganz ungewöhnlich kompliziert ist der Bau der Splügener Kalkberge, jener merkwürdigen Deckscholle aus ostalpiner Trias, die teils auf oberer Klippendecke, teils direkt auf den basalen Bündner Schiefen aufruht. Die Fossilarmut der

Dolomite und die enormen Schutthalden machen die Entwirrung des Faltenbaus unmöglich, den diese touristisch so schwierige und wohl oft monatelang von keinem Menschen betretene Berggruppe aufweist.

WELTER besonders ist der Frage nach der tektonischen Stellung der Bündner Schiefer, die die Unterlagen der höheren Decken bilden, nachgegangen. Diese Bündner Schiefer sind das normale Hangende der Rofnaporphyrantiklinale des Suretta-Stella-Massivs (mit Zwischenlagerung von Triasdolomit). Sie liegen unter der tiefsten der lepontinischen Decken (der Klippendecke). Andererseits macht sich in den höchsten helvetischen Decken eine fazielle Änderung derart geltend, dass die Gesteine immer schiefriger werden. Das gilt namentlich von Jura und Kreide. Diese Schiefer legen sich auf das Gotthard-, Molare-, Adula- und Tambomassiv und bilden die Basis der lepontinischen Decken im Schams. Glättet man die Decken aus und bringt sie in ihre ursprüngliche Lage von N. nach S. hintereinander, so kommt die Fazies der Bündner Schiefer direkt hinter das helvetische Gebiet zu liegen und dann folgen nacheinander die Klippen-, Breccien-, rhätische und ostalpine Fazieszone. WELTER betont, dass in diesen Bündner Schiefeln Grünschiefer, also basische Eruptiva, vorkommen, die somit nicht auf die rhätische Zone beschränkt sind. Rofnaporphyr erscheint im Schams als Unterlage in allen lepontinischen und der ostalpinen Decke, dazu auch unter den Bündner Schiefeln.

Die Gneisdeckfalten des Tessin betrachtet WELTER als tektonisch unter die lepontinischen Decken gehörig (22), eine Auffassung, die der ursprünglichen, von LUGEON geäußerten, entspricht. Es folgt daraus dann aber, dass die lepontinischen Decken nicht, wie C. SCHMIDT gewollt hat, im Vorderrheintal wurzeln können. Das ergibt sich ja übrigens auch ohne weiteres aus dem Vorhandensein der lepontinischen Decken im Schams. Wenn man annimmt, dass die SCHARDT'sche Parallelisierung der tessiner und der walliser Gneisdecken richtig ist, — was allerdings noch nicht sicher —, so müssen auch die letzteren ihre tektonische Stellung unter den lepontinischen Decken haben.

Die Arbeiten von WELTER und MEYER sind einer lehrreichen Kritik durch A. SPITZ (23) unterzogen worden, lehrreich, weil sie von, man kann wohl sagen, gegnerischer Seite kommt, lehrreich, weil sie von österreichischer Seite kommt, auf der man vielfach immer noch der SCHARDT—LUGEON'schen Theorie ablehnend gegenübersteht. Freilich sollte man über ein besseres Rüstzeug verfügen, wenn man sich daran begibt, auf langdauernden Spezialuntersuchungen beruhende Arbeiten wie die MEYERS und WELTERS zu widerlegen. Dass innerhalb der einzelnen Schamser Decken z. T. komplizierte Lagerungsverhältnisse vorhanden sind, schliesst nicht aus, dass die Decken übereinanderfolgen, ebensowenig die Verfaltung der Decken an den Überschiebungsf lächen. Wenn auch noch so viele Gesteine fossilfrei sind, die Tatsache bleibt doch bestehen, dass mehrfach die

Gesteinsfolge Rofnaporphyr, Trias, Jura, (die Belemnitenschiefer hätte SPITZ in seiner Tabelle p. 493 gesperrt drucken müssen) übereinander liegt. Da ist, das kann man getrost sagen, die Frage nach dem Alter der Marmore in der sogen. unteren Klippendecke sowie das der sogen. Falknisbreccie, des Taspinit eingeschlossen, nebensächlich. Ich gebe zu, dass ihr tithonisches Alter nicht strikte bewiesen ist, da man aber in der Trias sonst in Graubünden nicht diese Marmore hat, wohl aber im Jura, und da der petrographische Charakter der „unteren Breccie“ MEYER's mit dem der Falknisbreccie übereinstimmt, so liegt der Vergleich mit diesen jurassischen Marmoren und mit dieser jurassischen Breccie sehr nahe. Was soll an dem Deckencharakter von WELTERS Serien im West-Schams dadurch geändert werden, dass die Trias und der Lias in ihnen sehr ähnlich sind? Die Decken stammen ja aus benachbarten Faziesgebieten! Dass im Deckenland starke Ausquetschungen vorkommen, ist eine bekannte Tatsache. Dafür gibt es schon in den für die Deckentheorie klassischen Voralpen sowohl nördlich wie südlich des Genfer Sees Beispiele genug. Wenn im West-Schams also mal eine ganze Decke oder die eine oder die andere Formation in einer Decke fehlt, so beweist das gar nichts gegen den Deckenbau. Dass die Decken sich nicht überall übereinander befinden, beruht auf den Ausquetschungen und auf der Erosion. Zudem fehlt auch die rhätische Decke im West-Schams nicht ganz. Ich habe mitten in den Splügener Kalkbergen im Jahre 1905 typischen Serpentin gefunden, und auch HEIM hat diesen Serpentin gekannt. WELTER konnte ihn nicht finden; wahrscheinlich ist er jetzt verschüttet. Die Splügener Kalkberge mit der unteren Klippendecke parallelisieren kann nur jemand, der diese merkwürdigen, wie grosse Zuckerhüte auf der schwarzen Schüssel der Bündner Schiefer stehenden Berge nie gesehen hat. Die Frage, ob diese Diplorendolomite ostalpin oder lepontinisch sind, ist jüngst von STEINMANN (24) eingehend erörtert worden, worauf hier verwiesen sein möge. ALBERT HEIM als Anhänger dieser Vorstellung (dass die Splügener Kalkberge in die „Zone der Marmore“ MEYERs gehörten) anzuführen, halte ich für sehr bedenklich. Man weiss, wie kurz HEIM dort gearbeitet und wie wenig ihn selbst seine Aufnahme befriedigt hat. Die Trennung von oberer und unterer Klippendecke ergibt sich übrigens schon aus der Existenz von Rofnaporphyr an der Basis einer jeden.

SPITZ weiss weder, dass SCHARDT sich sehr energisch gegen die Annahme einer Wurzel der Voralpendecken im Val Ferret ausgesprochen, noch dass ARGAND im Süden der Walliser Gneise eine Wurzelzone für die rhätische Decke aufgezeigt hat. Damit fallen auch seine aus dem Gegenteil abgeleiteten Gründe für eine Wurzel der lepontinischen Decken im Vorderrheintal. Dass die Voralpen nicht unter, sondern über den Bündner Schiefeln liegen, ist neuerdings von PAULCKE dargetan, der den Niesenflysch mit gewissen

Bündner Schiefen parallelisierte; dieselbe Auffassung hatte schon LUGNON, der die Voralpendecken zu den Decken mit innerer Wurzel rechnete.

So stehen die Argumente SPRITZ' gegen das Vorhandensein von leptinischen Decken im Schams auf sehr schwachen Füßen. Grosse Schwierigkeiten liegen dagegen im Süden des von MEYER untersuchten Gebietes, wo sich die basalen Bündner Schiefer mit den Schiefen der rhätischen Decke vereinigen sollen. Hier existiert ein noch ungelöstes Problem.

Das „schematische Profil durch das südliche Graubünden“ von MEYER und WELTER zeigt im SO. die vier Deckmassive des Molare, der Adula, des Tambo und der Suretta-Stella. Infolge des allgemeinen Absinkens dieser Deckfalten gegen SO. tritt nach Westen zu eins dieser Massive nach dem andern an die Erdoberfläche, so eine tektonische Treppe bildend, wie E. SUSS sich ausgedrückt hat. Im Bereich der drei tieferen dieser Massive, deren Sedimenthülle aus Trias und Bündner Schiefen besteht, liegt das Arbeitsgebiet von WILCKENS, in der Adulagruppe in der Gegend von Vals-Platz und Hinterrhein. Nachdem SCHARDT schon früher die Deckfaltennatur des Adula-„massivs“ behauptet hatte, brachte WILCKENS' (25) nähere Angaben über die äusserst starke Faltung in diesem Gebirge und wies seine Dolomite, die man bis dahin als archaisch angesehen hatte, wegen ihrer Vergesellschaftung mit Rauhewacken der Trias zu. So ist das Aduladeckmassiv viel tiefer zerfaltet, als HEIM's Profile (26) es darstellen. Im Zapport, dem obersten Hinterrheintal, traf WILCKENS unter Adulagneis Schiefer, Marmor und Dolomit, die der liegenden Mulde zwischen Adula- und Molarefalte angehören dürften. Der Gneis der Splügener Burgruine, der immer wieder die Aufmerksamkeit der Geologen erregt hat, ist von WILCKENS westwärts bis zur Tambo-Alp verfolgt worden. Er wäre wohl am ersten als Basis einer besonderen Decke in den „basalen Bündner Schiefen“ WELTERS aufzufassen, nicht als Deckscholle, wie er auf WELTERS Profil (17, Taf. 22, IX) erscheint. In einer zweiten Mitteilung (27) bringt WILCKENS den Nachweis, dass wahrscheinlich die Tambo(?)decke ihre kristallinen Gesteine viel weiter nach Norden vortreibt, als man nach dem erwähnten Profil von HEIM vom Jahre 1906 annehmen sollte, sodass vielmehr auch diese Deckfalte der allgemeinen Regel folgt, dass jede Überschiebung um so weiter vordringt, je weiter südlich sie entspringt. Allerdings lässt es sich noch nicht mit voller Sicherheit sagen, dass der schöne Augengneis, den WILCKENS bei Vals-Platz über der Sedimenthülle des Aduladeckmassivs angetroffen hat, der Tambodecke angehört; es könnte auch eine Teildecke dieser letzteren sein. Dieser Gneis liegt über Bündner Schiefen, die über Triasdolomit lagern, wobei sich noch Dolomit und Marmor zwischen ihn und den Schiefer einschalten, worin man wohl Reste des verquetschten Mittelschenkels zu sehen hat. Über dem Gneis folgt eine mächtige Sedimentserie, die mit kalkig-sandigen Schiefen

beginnt, in denen Rauhwackenblöcke auftreten, während höher hinauf Bündner Schiefer folgen. Was man also früher als wurzelndes Adulamassiv und als Sedimenthülle desselben aufgefasst hat, ist in Wahrheit ein System von drei übereinandergfalteten Decken. Die vermeintliche Massivwölbung ist eine Wölbung der Decken, die aus dem Hinterrheintal emporsteigen, sich über die Fanellamasse wölben und in die Piz-Aul Kette hineintauchen. Dass das ganze Deckensystem sich in östlicher Richtung senkt, wurde schon erwähnt. Die Erscheinung ist ein Spiegelbild des westlichen Absinkens der Simplondecken.

Basische Eruptivgesteine finden sich sowohl in den Bündner Schiefen der Adula- wie in denen der Tambodecke. Diese Grünschiefer werden sehr mächtig; die Angabe von MEYER und WELTER, dass sie „wenig mächtige Einlagerungen“ bilden, ist unrichtig. WILCKENS' Beobachtungen über das Vorkommen von Grünschiefern in den Schiefen unter den lepontinischen Decken stimmen aber im Prinzip mit denjenigen WELTER's überein, und auch PAULCKE spricht von basischen Eruptivis in seinen Bündner Decken des unterengadiner Fensters.

Eine dritte Publikation von WILCKENS (28) legt besonderen Wert auf die bildliche Darstellung der intensiven Faltungserscheinungen im Adulagebirge. Die liegenden Falten zeigen gern noch eine äusserst starke sekundäre Zerteilung. Auf diese Weise kommt nach WILCKENS auch die innige Verquickung von Adulagneis und Dolomit zustande, die im Gebiet des Rheinwaldtals und des Valserbergs beobachtet wird, und aus der W. FREUDENBERG (29) auf ein triadisches Alter des Adulagneises geschlossen hat, wogegen WILCKENS entschieden Widerspruch erhebt.

Wir haben zum Schluss noch der Untersuchungen von G. ARBENZ und W. STAUB (30, 31) im Vorderrheintal bei Bonaduz zu gedenken, die sich mit den dortigen isolierten Resten helvetischer Schichtgesteine beschäftigen. Aus ihrer Beschaffenheit ist zu schliessen, dass die Überschiebung der Bündner Schiefer bei Rhäzüns-Bonaduz über die Wurzeln der helvetischen Decken z. T. jedenfalls diskordant hinweggreift und die Bündner Schiefer dadurch bis ans autochthone Helvetikum herantreten¹⁾.

Unsere Übersicht zeigt, dass in den verschiedensten Teilen Graubündens in den letzten Jahren die geologische Erforschung rüstige Fortschritte gemacht hat. Hoffentlich wird sie im nächsten Lustrum in demselben flotten Tempo weiterschreiten.

¹⁾ Vergl. meine Besprechung dieser Arbeiten Geol. Rundsch. Bd. 2. S. 326.