

Beitrag zur Geologie des „Unterengadiner Fensters“

Von

W. Paulcke.

Sonderabdruck aus dem 23. Band der Verhandlungen des
Naturwissenschaftlichen Vereins.

KARLSRUHE

Druck der G. Braunschen Hofbuchdruckerei

1910.

Die Form meines Vortrags im Naturwissenschaftlichen Verein am 15. Juli 1910 über die geologischen Forschungen im Antirhätikon war derartig an eine große Lichtbilderreihe angepaßt, daß der Vortrag nicht so im Druck erscheinen kann, wie er mündlich gegeben wurde, weil naturgemäß eine so reiche, sich mit dem Wort deckende Bildbeigabe, nicht möglich ist. Ich will mich daher darauf beschränken, die wichtigsten Ergebnisse meiner Arbeiten im Gebiete des sog. »Unterengadiner Fensters« in Kürze zusammenfassend, etwa dem gehaltenen Vortrage entsprechend, darzustellen.

Auf eine eingehende Angabe über Literatur muß ich an dieser Stelle auch verzichten, zumal ich eine umfassende Darstellung der paläontologischen, stratigraphischen und tektonischen Ergebnisse meiner Forschungen im Antirhätikon in Arbeit habe.

Das Gebiet (vergl. Tafel IV), von dem die Rede sein soll, besteht vorwiegend aus mannigfach ausgebildeten Schiefern und wird von folgenden Gebirgsgruppen umgrenzt:

Im Westen von der Silvrettagruppe, im Norden vom Ferwall, im Osten von den Oetztales Alpen, drei fast ganz aus Gneissen bestehenden Gebirgsgruppen umgeben, während im S.-Osten und Süden die Unterengadiner Dolomiten (Sesvenna-Lischannagruppe) angrenzen und im S.-S.-Westen die Gruppen des Piz Nuna-Piz Vadret wieder an die Silvretta anschließen.

Bis Remüs, N.-Ost von Tarasp-Schuls, bildet der Innlauf ungefähr die Grenze meines Arbeitsgebietes gegen die Unterengadiner Dolomiten; von Remüs an durchbricht der Inn das Schiefergebirge und verläßt dasselbe erst kurz nördlich Prutz,

um dort wieder in das kristalline Gebirge einzutreten. — Das ganze Gebiet ist also vollkommen von alten kristallinen Gesteinen umrahmt, denn auch an der Basis der Dolomitberge des Unterengadins liegen kristalline Gesteine; und zwar überragen die alten kristalline Massen in den genannten großen Gebirgsgruppen das von ihnen eingefasste Schiefergebiet.

Wenn wir auf einem der hohen Berge der Umrandung, z. B. auf dem Fluchthorn, stehen, befinden wir uns auf dem ältesten weit und breit vorhandenen Gesteinskomplex und blicken in die Tiefe auf eine aus lauter jüngeren Gesteinen bestehende Gebirgsgruppe, die Schieferberge des Antirhätikon, jenseits welcher sich wieder hochragende kristalline Massen, die Oetztales Alpen, aufürmen. — Die älteren Gesteine liegen also höher wie die



W. P.

Abb. 1. Das Antirhätikon als **Synclinale** mit randlichen Überfaltungen.

jüngeren. Der Geologe des vorigen Jahrhunderts, welcher alle Eigentümlichkeiten des Gebirgsbaues in das Faltenschema zwängte, verband Silvretta und Oetztales als Mulde und ließ das Antirhätikon mit seinen jüngeren Schiefen normal auf dem kristallinen ruhen. Abb. 1. Da nun aber am Rande des Schiefergebirges die jungen Gesteine unter die alten Gneisse einfallen, was z. B. schon früh beobachtet wurde (Studer, Theobald), mußte eine randliche lokale Überfaltung zur Erklärung zu Hilfe genommen werden. Abb. 1.

Ich selbst dachte noch 1904 in meiner Arbeit über: Geologische Beobachtungen im Antirhätikon an eine Art Kesselbruch mit peripheren Überschiebungen der umgebenden Gneissmassen konzentrisch über das von ihnen umrandete Schiefer-

gebiet. Abb. 2. Immerhin kam ich dabei notgedrungen schon auf ein Überschiebungsausmaß bis zu 12 Kilometer und die Überschiebungen reichten an einer Stelle bis in die Mitte des Gebietes, sodaß es fraglich war, von welcher Seite dieser am weitesten verlagerte Überschiebungsrest stammte.

Bald nach Veröffentlichung der erwähnten Arbeit lernte ich das klassische Gebiet der Freiburger Alpen kennen, und wurde zur Bertrand-Schardtschen Überschiebungs-, bzw. Überfaltungs- und Deckentheorie bekehrt.

Mit einem Schlage kam durch diese kühne, von Termier, Lugeon, Steinmann u. a. erweiterte und vertiefte Hypothese Klarheit in den fast unentwirrbar scheinenden Alpenbau.



W. P.

Abb. 2. Das Antirhätikon als **Kesselbruch** mit randlichen Überschiebungen und wurzelnden kristallinen Massen.

Wir nehmen mit Schardt-Lugeon an, daß die in gewissen Meeresabschnitten hintereinander, verschieden (in besonderen »Facies«) ausgebildeten Gesteinsserien durch Überfaltungs- und Überschiebungsvorgänge, deren Schubrichtung vorwiegend Süd-Nord gerichtet war, als »Decken« übereinander geschoben wurden.

Bei diesem tektonischen Vorgang kam die Gesteinsserie des nächstsüdlichen Faciesgebietes jeweils auf die Gesteinsserie des nächstnördlichen Faciesgebietes als »Decke« zu liegen.

Wir unterscheiden in Graubünden folgende Decken: 1. hintereinander gelegen, nach den ursprünglichen Faciesgebieten von Süd

nach Nord geordnet: Facies der **Ostalpine Decke** — **Rhaetische Decke** — **Brecciendecke** — **2 Klippendecken** — **Bündnerdecken**,

2. nach dem Überschiebungsvorgang übereinanderliegend:

<p>oben Ostalpine Decken</p> <p>(darunter Rhaetische Decke</p> <p>» Brecciendecke</p> <p>» 2 Klippendecken</p> <p>» Bündnerdecken</p>	<p>Besonders gekennzeichnet durch: Ostalpine Triasablagerungen und Dolomite etc.</p> <p>Einlagerung basischer Eruptiva (Gabbro, Spilit, Serpentin, Nephrit)</p> <p>starke (Lias etc.) Breccienentwicklung.</p> <p>helle Tithonkalke, bezw. sog. Falknissbreccie und Oberkreide als »Couches rouges«.</p> <p>Ausbildung fast aller Sedimente des Mesozoikums als Schiefer, oben typische Bündnerkreide und Tertiärbreccie.</p>
--	---

Bei den Überschiebungsvorgängen kann es natürlich vorkommen, daß die eine oder die andere Decke mehr oder weniger ausgewalzt wird, sodaß sie bisweilen örtlich sogar ganz fehlt; in solchen Fällen bleibt aber natürlich die Reihenfolge der übrigen Decken gewahrt.

Es handelte sich nun darum, erstens überhaupt festzustellen, was für Schichtgesteine die Berge des Antirhätikon zusammensetzen, und zweitens, aus der gewonnenen Schichtenfolge den Bau dieses Gebietes zu rekonstruieren.

Über das in Rede stehende Schiefergebiet existierte nur eine größere Arbeit aus dem Jahre 1864 von G. Theobald¹ und kurze Bemerkungen über dasselbe finden sich bei Studer² 1851, bei Stache 1872 und bei Koch 1884.

Alle diese Arbeiten gaben keine befriedigende Gliederung der Schichtenfolge, was auch nicht gut möglich war, da sie offenbar nur auf kurzen, cursorischen Begehungen des Schiefergebietes beruhten. Die Schiefer, die der eine (Theobald) alle als Lias er-

¹ G. Theobald, Beitr. zur geologischen Karte der Schweiz, 2. Lieferung. Geologische Beschreibung der nördlichen Gebirge von Graubünden 1864.

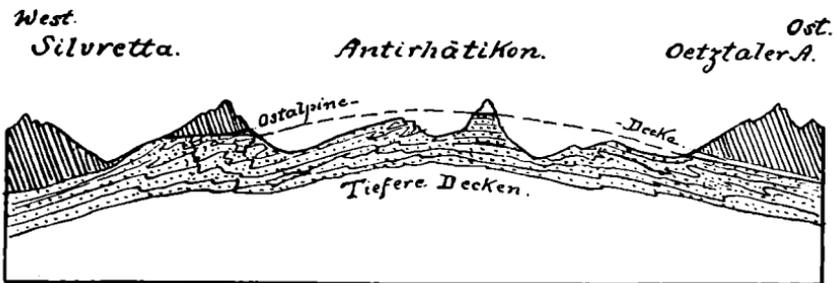
² B. Studer, Geologie der Schweiz 1851.

klärte, deutete der andere (Stache) alle als Palaeozoikum mit geringfügigen Liasresten.

Aus solchen stratigraphischen Auffassungen war natürlich kein richtiges tektonisches Bild der Gegend zu gewinnen, und eine genaue Untersuchung dieses wichtigen Gebietes versprach wertvolle Ergebnisse.

Steinmann¹ hatte schon bei Ardetz lokale Schollenüberschiebungen erkannt und bald nach Beginn meiner Arbeit gelang es mir², den Gipfelbau des Stammerspitz als isolierte Überschiebungsreste triadischer Dolomite auf junge Gesteine mitten im Schiefergebiet nachzuweisen.

Der erste, der die Überfaltungshypothese auch auf diesen Teil der Alpen anwandte, war Pierre Termier³, welcher zum



W. P.

Abb. 3. Das Antirhätikon als **Fenster**

mit wurzellos schwimmenden kristallinen Massen und Deckenbau.

ersten Male das Unterengadiner Schiefergebiet als »Fenster« darstellte; d. h. als ein Gebiet jüngerer Gesteine, über welche anders geartete und ältere Massen als Decke überschoben waren, von denen Abtragungsvorgänge in einem abgeschlossenen Gebiet soviel wieder fortgeschafft haben, daß man durch die Umrahmung der alten Gesteinsmassen wie durch ein Fenster auf die jüngeren Gesteine der Unterlage blickt. Abb. 3.

¹ G. Steinmann, Geolog. Beobacht. i. d. Alpen I. Naturf.-Gesellsch. Freiburg i. Br. Bd. 10.

² W. Paulcke, Geolog. Beobacht. im Antirhätikon ebenda 1904. Bd. 14.

³ Pierre Termier, Les Nappes des Alpes Orientales et la Synthèse des Alpes. — Bull. Soc. geol. France 4 sér. Tome II. 1903.

Die folgenden Ausführungen sollen nun zeigen, in welchem Maße die Steinmannsche Deckengliederung vom übrigen westlichen Graubünden auch auf das Antirhätikon anwendbar sind, ob die Überfaltungshypothese auch hier, wie sonst im Alpengebiet, auf andere Weise unüberwindliche Schwierigkeiten in der Erklärung des Gebirgsbaues beseitigt, und ob das Unterengadiner Schiefergebiet tatsächlich ein geologisches »Fenster« darstellt.

Die Untersuchung der Schichtenfolge

ergab die Zugehörigkeit der Gesteinskomplexe sicher zu 4 Deckensystemen; stellenweise scheint noch eine weitere Decke in Resten erhalten zu sein.¹

Vorausschicken muß ich, daß fast alle Sedimente, mit Ausnahme der Ostalpinen Trias und des Lias der Brecciendecke z. T. als sehr einförmige Schiefer ausgebildet sind, und daß starke lokale Verfaltungen und Schuppungen eine Entwirrung des Gebirgsbaues außerordentlich erschweren. — Östliches Fehlen der einen oder anderen Decke durch lokale Ausquetschung ist eine häufige Erscheinung.

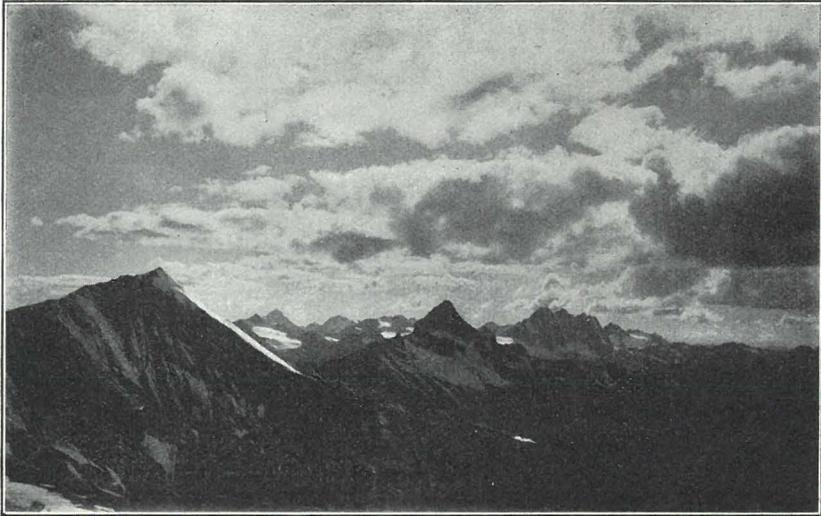
I. Der tiefste Komplex ist der der »**Bündnerdecken**«; er ist in ausgesprochener Schieferfacies entwickelt. (Vergl. Taf. I 1 Muttlar und Taf. I 2 Basis des Stammerspitz.)

Diese Bündnerschiefer bestehen aus Tonschiefern, kalkigen, sandigen und quarzitäen Schieferen, aus kalkigen Crinoidenbreccien und brecciösen Schieferen, in denen ich Orbitulina, sowie andere Foraminiferen und Diplopora Mühlbergii fand, sowie aus Breccien mit Quarz- und Dolomitkomponenten, in welchen ich Orbitoides (Orthophragmina) nach langem Suchen entdeckte. -- Damit konnte ich Tertiär und untere Kreide mit Sicherheit in diesen den Praetigauschiefern entsprechenden Komplex nachweisen. — Wahrscheinlich ist, daß die tiefern Schiefer, in denen bisher in Antirhätikon keine Fossilien gefunden wurden, dem Jura und

¹ Die tiefsten Gesteinsmassen schied ich als neuen weitgreifenden Deckenkomplex ab (Zentralblatt f. Mineralogie 1910 S. 540 ff.) und stellte denselben der sog. Niesenflyschzone der Freiburger Alpen gleich, als eine Decke, welche unter der Klippendecke und über den helvetischen Decken liegt. Merkwürdigerweise hatte man bisher alle Faciesgebiete der Alpen als nach Norden überschoben und dort erhalten angenommen, nur die Bündnerschieferzone nicht. Stratigraphische wie tektonische Überlegungen begründen l. c. meine Aufstellung des Bündnerdeckenkomplexes.

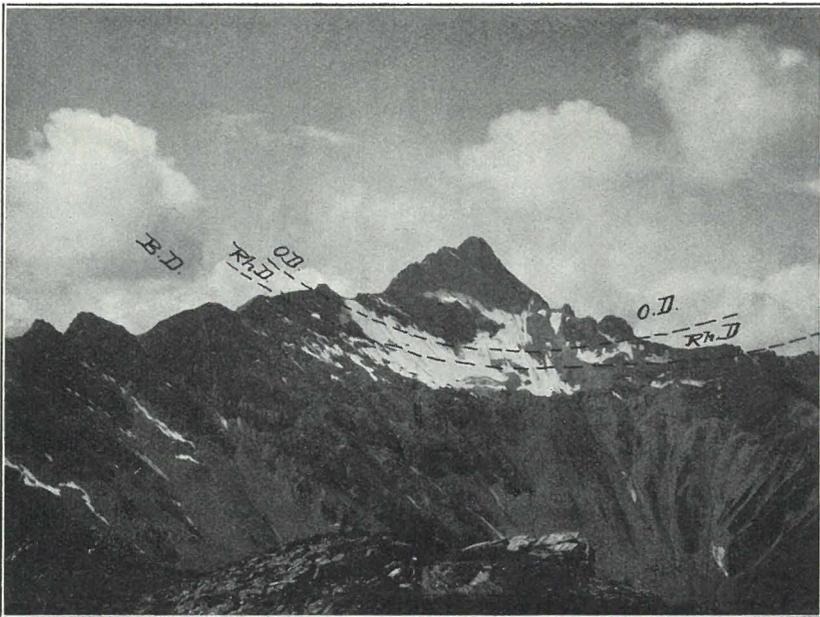
Muttler
B.D.

Stammerspitz Fluchthorn
Triasklippe O.D. O.D. Kristallin.



W. Paulcke, phot.

1. Blick vom Piz Mondin auf die Berge des Unterengadiner Fensters
und ihre östliche Deckenumrandung.



W. Paulcke, phot.

2. Überschiebung des Stammerspitz von NO gesehen.

O.D. = Ostalpine Decken. Rh. D. = Rhätische Decke. B.D. = Bündner Decke.

der Trias zugehören. Z. T. sind diesen Schiefeln Grünschiefer (gepreßte Diabase) eingelagert z. B. bei Rauth-Finstermünz etc. Hier könnte eventl. noch eine tiefere Bündnerdecke vorliegen.

Offenbar findet in diesen Schiefeln ein Facieswechsel von SW nach NO derart statt, daß sie im NO immer monotoner breccienarmer werden. So ist es mir nicht gelungen, in dem Kamm Spissermühle — Muterköpfl — In der Keil — Blauwand die bezeichnende Breccie des Piz Roz, oder die Kreide von Davo Diou im Fimbertal wiederzufinden, trotzdem die Breccienschiefer dieser Gegend in den genannten Bergkamm hinüberstreichen.

Während man bisher diesen Massen durchweg liasisches oder noch höheres Alter zuschrieb, ist der einwandfreie Nachweis von Kreide und Tertiär für die Gliederung der Antirhätikon-schiefer, wie der Bündnerschiefer überhaupt von Wichtigkeit. Für die Tektonik des »Fensters« spielt er z. T. eine ausschlaggebende Rolle.

Ich möchte einstweilen noch dahingestellt lassen, wie harte reine Quarzite, gelblich verwitternde Dolomite, bunte quartenschieferartige Schiefer, Gips und Rauhbacken zu diesem Komplex zu stellen sind, und behalte mir die Darstellung dieser Frage für die ausführliche Monographie dieses Gebietes vor.

Die Mächtigkeit der Bündnerschiefer wird von manchen Autoren (z. B. von A. Heim¹) auf 2400—3000 m angegeben. Eine genaue Betrachtung von Schiefergebieten lehrt uns, daß solche enorme Mächtigkeiten nicht primär, sondern vielmehr sekundär durch tektonische Vorgänge (Deckenbildung, Faltungswiederholungen, Schuppungen) entstanden sind, und es dürfte in solchen Gebieten stets sehr schwer sein, die Norm zu ermitteln; jedenfalls beträgt sie nur einen Bruchteil der tektonisch erzeugten Mächtigkeit.

II. Über dem relativ monotonen Schieferkomplex liegen außerordentlich wechselvolle Gesteinsmassen, und zwar zunächst eine Serie mit Verrucano, sowie Quarziten, Gips, Rauhbacken mit bunten Tonschieferstückchen, gelb verwitternden Dolomiten, bunten, den Quartenschiefern ähnlichen Schiefeln, sehr quarzreiche Breccien, polygene Breccien mit Dolomitkomponenten, welche man z. T. als eine modifizierte »Falknissbreccie« auffassen könnte,

¹ Alb. Heim, Geologie der Hochalpen zwischen Reuß und Rhein. Beitr. z. geol. Karte der Schweiz. Lief. 25. 1891. Seite 342.

dazwischen Sandsteine und Sandschiefer, sowie kalkige Schiefer und Tonschiefer von gelber, brauner bis schwarzer Farbe.

Der Lage nach und beim Vergleich mit ähnlichen Bildungen im Hinterrheingebiet¹ kann man zur Auffassung gelangen, daß es sich hier um ein Äquivalent der Kippendecke handelt, welches hier im Osten gewisse facielle Veränderungen² erlitten hat. Am ähnlichsten der Westbündner Facies sind die Gesteine im westlichsten Teil des Antirhätikon ins Futschöltal, das vom Futschölpaß gegen das Jamtal führt, wo eine polygene grobe Breccie mit Juliergranitkomponenten auftritt. An dieser Stelle liegt wohl sicher ein Rest der Klippendecke vor, was hier umso wahrscheinlicher, als hier auch helle weiß-rosagrünliche marmorisierte geschieferte Kalke auftreten, die man als Tithonäquivalente deuten könnte.

III. Sehr bezeichnend ist über diesem Komplex die Breccien-
decke entwickelt (vergl. Tafel II 1 und 2). Quarzite, Triasdolomite, bunte Schiefer und vor allem überaus fossilreicher Lias lassen diese Decke überall leicht erkennen, und leisten vorzügliche Dienste für die Erkenntnis der tektonischen Verhältnisse.

Der Lias erscheint vorwiegend in Gestalt grobspätiger Crinoidenbreccien, und zwar sowohl von dunkelgrauer, wie hellgrauer, gelblicher und rötlicher Farbe. Der Reichtum an Versteinerungen ist stellenweise ganz enorm. Ganze Bänke sind von Gryphaeen oder Terebrateln und Rhynchonellen erfüllt, die für alpine Verhältnisse zum Teil sehr guten Erhaltungszustand aufweisen.

Belemniten sind gleichfalls mancherorts überaus häufig, desgl. Ammomen, u. a. Arieten von Durchmesser bis $\frac{1}{2}$ Meter. Pentacrinus Stielglieder bedecken stellenweise ganze Plattenoberflächen. Außer diesen grobspätigen Kalken gehören noch Kieselkalke und lauchgrüne, sowie graue glimmerig-sandige Tonschiefer zur Liasserie; ferner feine und gröbere Breccien mit gelblich verwitternden Triaskomponenten. An einer Stelle ist ein Stück des Grundgebirges der Breccien-
decke in Gestalt einer kleinen Gneisscholle mitgerissen.

¹ Vgl. O. Welter, Stratigraphie und Bau der Alpen zwischen Hinterrhein und Safiental. *Eclogae Geol. Helveticae*. Vol. X 1909, pag. 814 ff.

² Wenn diese Annahme zu Recht besteht, wäre jedenfalls der Facieswechsel vom Falkniss-Sulzfluhgebiet bis ins Antirhätikon ein sehr intensiver.

Untere Kreide (Urgoaptien), sowie Flyschsandsteine und Tonschiefer mit Fucoiden dürften wohl auch zu dieser Decke zu gehören, sofern man nicht eine sehr starke Verfaltung der Brecciendecke mit einer tieferen Decke annehmen will, was wahrscheinlich ist, da am Kontakt mit dem Lias fast überall verschiedene Gesteine anstehen.

IV. Die Rhätische Decke folgt (vergl. Tafel II. 1), wie dies das Schema verlangt, über der Brecciendecke. Basische Eruptiva in Gestalt von Spiliten, Varioliten und Gabbro, Serpentin, sowie Nephrit, charakterisieren dieses, besonders für Bünden so bezeichnende, tektonische Element. Radiolarite habe ich jedoch im Antirhätikon nirgends entdecken können. Spilite mit rot verfärbten Kalkeinschlüssen finden sich an verschiedenen Stellen, ebenso bezeichnende grün-rote Schiefer, die nichts anderes sind als gepreßte Spilitschiefer, und die von älteren Autoren vielfach für Verrucano gehalten wurden; gewisse rötlich-grünliche, z. T. kalkige Schiefer, die bezeichnend für Spilitkontakt sind, lassen Reste der rhätischen Decke an Stellen erkennen, an welchen die basischen Eruptiva selbst nicht erhalten geblieben sind; — überlagert werden die grünen Gesteine von dunkelgrauen ruppigen Tonschiefern mit Sandsteineinlagerungen.

V. Die Ostalpine Decke (vergl. Tafel I—III), das höchste tektonische Glied erscheint in Gestalt von Überschiebungsklippen und lokalen Einfaltungen innerhalb des Fensters, und bildet, mit verkehrt gelagerter Trias und darüber lagernden Gneissmassen, die Umrandung desselben, besonders die Gebirgsmassen der umgebenden Silvretta, des Ferwall, der Oetztales Alpen etc. — hellgraue z. T. splittrige z. T. brecciöse dunklere Dolomite, herbstlaubfarbige Tonschiefer und Rhätkalke, welche außer Lithodendron eine ganz ordentlich erhaltene Rhätfäuna am Stammerspitze geliefert haben, kennzeichnen diese Trias als ostalpine. Eine Breccie vom Stammer, welche vorwiegend aus dunklen Kalken (wohl Rhät) und Tonschiefer besteht, dürfte der Lagerung nach gleichfalls in diese Decke gehören und Lias darstellen. Am Stammer scheint die Ostalpine Decke zweigeteilt.

Die Silvrettagneisse sind sehr mannigfaltig gestaltet; echte Augengneisse wechseln mit granatführenden Glimmer- und Hornblendegneissen; sie werden stellenweise von auffallend frisch erscheinenden porphyrischen Gängen durchsetzt.

Der Bau des Unterengadiner Fensters

stimmt, wie dies schon aus der Reihenfolge der Decken ersichtlich ist, im Prinzip durchaus mit dem des übrigen Graubünden, und die Überfaltungs- bzw. Überschiebungshypothese gibt auch hier die beste Lösung für die Erklärung der stratigraphischen Verhältnisse, wie für die Lagerung.

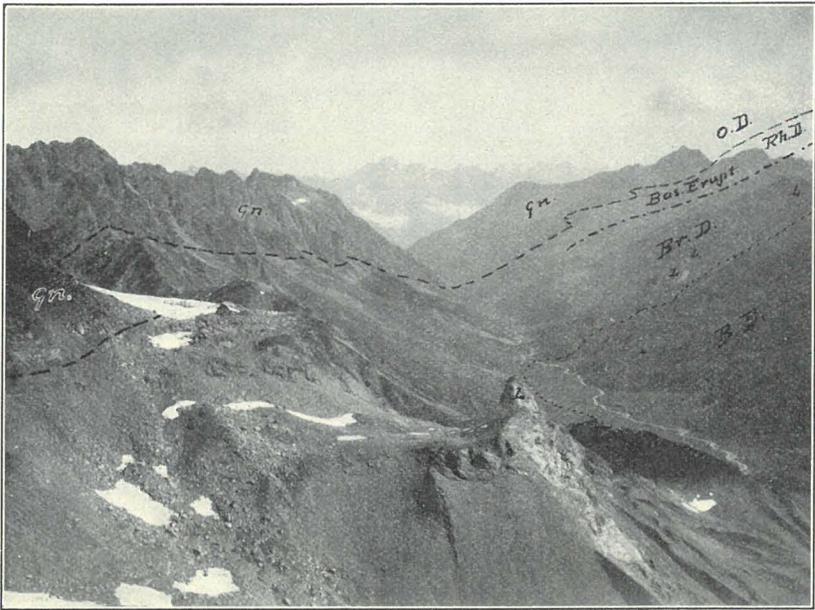
Wir können auch hier die großen Züge der Tektonik am besten durch Annahme regional weitgreifender Überschiebungen erklären, die im wesentlichen Süd-Nord gerichtet waren.

Ich erwähnte bereits, daß auch im Antirhätikon — wie anderwärts — vielfach bei diesem Überschiebungsvorgang stellenweise Ausquetschungen ganzer Decken oder von Teilen derselben stattgefunden haben.

So finden wir vielfach den Gneiss der Ostalpinen Decke ohne Zwischenlage von ostalpiner Trias, ohne die darunter zu erwartenden basischen Eruptiva direkt auf dem Flysch tieferer Decken aufruhend. (Tafel III.) Es kommt häufig vor, daß unter demselben Berg — u. a. z. B. am Fluchthorn — auf der einen Seite (N.-O) die liegende Trias erhalten ist, während auf der anderen Seite Flysch die Unterlage der Gneissmassen bildet.

Zwei ausgeprägte Phasen gebirgsbildender Tätigkeit müssen wir auch für dieses Alpengebiet annehmen. Eine erste Überschiebungsphase, welche den Deckenbau im ganzen Alpengebiet schuf, und eine zweite Phase, welche den inzwischen zum Teil schon stark durch erosive Vorgänge abgetragenen Gebieten, je nach ihrer Form und Beschaffenheit, eine spezifisch lokale Tektonik aufprägte, welche aber ihrerseits natürlich auch in gewissem Zusammenhang mit dem Gesamtalpenbau steht.

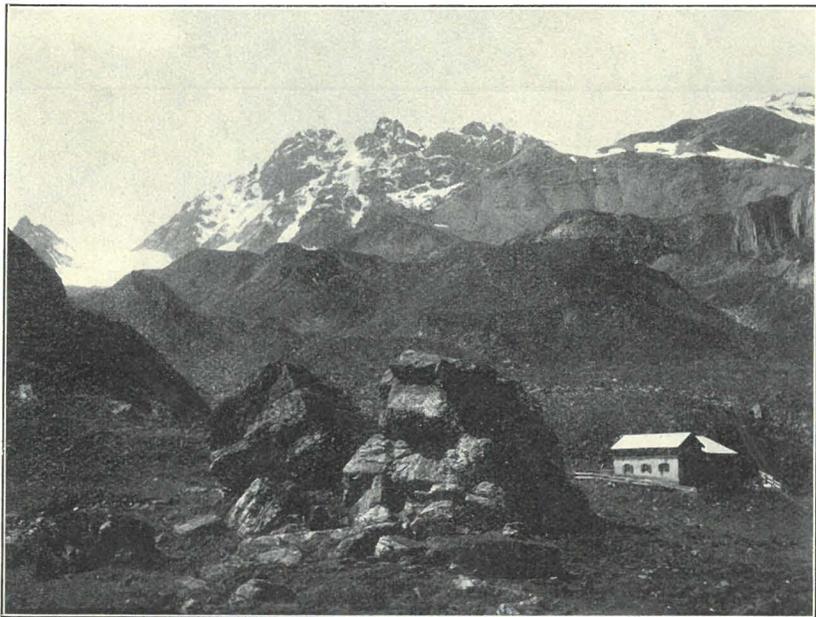
Wir müssen wohl annehmen, daß die Schubflächen zur Zeit der I. Phase (Überschiebungsphase) ziemlich unregelmäßig gestaltet waren, so daß die Basis der Decken in recht verschiedenes Niveau zu liegen kam. Depressionen wechselten mit Kulminationsgebieten. -- In der großen Depression der Ostalpen, in der sich die Achse der Alpen nach Osten stark gesenkt hat, erblicken wir wegen ihrer Tiefenlage — mit Ausnahme weniger Gebiete -- nur die obersten, die Ostalpine Decken. Ebenso stellt die Silvretta ein solches Depressionsgebiet (vergl. Tafel V) dar, während die Gegend des Fensters einst einer Erhöhung entsprochen



W. Paulcke, phot.

1. Blick vom Hang des Larainfernerspitz
auf die nördliche Umrandung des Unterengadiner Fensters.

Gn. = Gneiss. O.D. = ostalp. Decke. Rh. D. = Rhätische Decke. Br D Brecciendecke. L. = Lias.



W. Paulcke, phot.

2. Blick auf die Liasklippen (Brecciendecke) bei der Heidelberger Hütte
im Hintergrund der Gneissbau des Fluchthorn (Ostalpine Decke).

haben muß, sodaß in dieser Gegend Ostalpine, sowie die anderen Decken, welche kontinuierlich darüber lagen, zuerst und am stärksten durch erosive Vorgänge abgetragen wurden, wodurch eben im Antirhätikongebiet ein »Fenster« entstand, in dem man jetzt durch den Rahmen der höheren Decken bis auf die Bündnerdecke hinabsehen kann. (Abb. 3 und Tafel V Profil I.)

Am Rande des Fenstergebietes sehen wir sehr verschiedene Höhenlagen der Deckengrenzen; so liegt die Basis der Ostalpinen Decke am Westrand des Fensters beim Fluchthorn etwa 2980 m. Der Kulminationspunkt dürfte etwa bei 3000 m liegen. Daß sich die Decken nach Norden senken, erkennen wir daran, daß die Überschiebungsgrenze der Ostalpinen Decke beim Parditscher Grat schon bei ca. 2600 steht und nördlich Prutz bis auf ca. 900 gesunken ist. Im Süden unterhalb Guarda liegt die Basis der Ostalpinen Decke etwa bei 1400 m. (s. Tafel IV und V.)

Ebenso wie nach Nord und Süd sehen wir eine Senkung der Decken nach Ost und West. Im Westen liegt die höchste Stelle der Ostalpinen Decke etwa bei 2360 m, im Osten liegt die Grenze in der Gegend von Remüs etwa am Innlauf bei 1100 m.

Das ganze Gebiet erscheint also periklinal mit stärkerer Senkung nach Osten in der Richtung der Senkung der ostalpinen Achse, und ebenfalls mit stärkerer Senkung nach Norden, wo der kristalline Kern der Ostalpinen Decke unter der normal aufgelagerten Trias der nördlichen Kalkzone am Arlberg verschwindet.

Wichtig für die Prüfung der Richtigkeit der Überfaltungshypothese ist die Tatsache, daß Reihenfolge und die relative Entfernung der verschiedenen Decken voneinander im Fensterahmen stets annähernd gleich bleibt.

Die Frage, ob wirklich einst die Ostalpine und die anderen Decken das ganze Fenster überwölbt haben, findet ihre Antwort in dem Nachweis, daß der mitten im Fenster hoch emporragende Stammerspitz (3258 m) aus ostalpiner Trias besteht und mit untergelagertem Rest der rhätischen Decke [vgl. Profil I Tafel V] — die übrigen Decken sind ausgequetscht — auf dem Tertiärflysch der Bündnerdecke aufruht. (Tafel I und 2.)

Für die Frage, ob die Silvretta wirklich schwimmt, und nicht doch als autochthon aufgefaßt werden kann, ist das Studium

der Randzone des Fensters im Fimbertal und Jamtal von größter Wichtigkeit.

Im allgemeinen besteht der östliche Grenzkamm der Silvretta -- Linie Augstenberg (3233 m) — Krone (3195 m) -- Fluchthorn 3103 m) -- Larainfernerspitz — Gemsbleisspitz (3017 m) aus Silvrettagneissen. — Unter alle die genannten Berge sehen wir aber die jungen, z. T. tertiären, bzw. cretacischen Schiefer tieferer Decken in der Hauptsache nach Westen unter den Silvrettagneissbergen einfallen (Tafel V Profil II). Die Gegner der Überfaltungshypothese sprechen in solchen Fällen von kleinen lokalen randlichen Überschiebungen. Nun haben erfreulicherweise die Gletscher, welche vom genannten Grenzkamm gegen das Jamtal im Futschöltal herabflossen, dieses Tal kräftig ausgeschürft, und der Futschölbach hat in z. T. enger Schlucht einen tiefen Einschnitt geschaffen, sodaß die Flyschschiefer der Unterlage der Ostalpinen Decke sichtbar wurden. Hier ist ein Nebenfenster vorhanden, dessen östliche kristalline Rahmenumgrenzung allerdings zwischen Augstenberg und Krone am Futschölpaß durchbrochen ist. Wenn wir das Fluchthorn von Ost nach West überqueren, steigen wir aus dem Flysch der Unterlage (vergl. Profil I Tafel V) empor in den Gneiss der Ostalpinen Decke, und gelangen jenseits im Futschöltal westl. P. 2904 aus dem Gneiss wieder in den Flysch, in dem wir bis nahe an die Jamhütte wandern, wo er dann endgültig unter den Gneissen der Silvretta verschwindet, und erst jenseits, weit im Osten bei Klosters im Prätigau wieder hervortaucht. Das Fluchthorn schwimmt also deutlich erkennbar auf Flysch, und der Flysch ist vom kristallinen Rand in diesem Nebenfenster mehr wie 3—4 Kilometer weit unter der Silvretta zu verfolgen. — Weitere derartige kleine halboffene Nebenfenster finden sich zwischen Piz Cotschen und Piz della Clavigliadas, ferner zwischen Fluchthorn und Larainfernerspitz, zwischen dieser und dem Heidelbergerspitz, zwischen diesem und dem Gemsbleisspitz, sowie im Norden des Gebiets zwischen Parditscher Grat und Vesulspitz (Profil II Tafel V).

Wir wissen aus v. Seidlitz Rhätikonarbeit und durch Rotpletz, daß, wie der Flysch im Antirhätikon westlich sinkend, unter die Silvretta verschwindet, er ebenso, aber entgegengesetzt in west-östlicher Richtung, vom Prätigau her unter dieses Gneissgebirge taucht, und sehen auch dort, bei Gargellen, ca. $4\frac{1}{2}$ Kilometer vom westlichen Überschiebungsrand im kleinen Fenster

von Gargellen den Flysch unter dem Gneiss erscheinen (Profil I Tafel V).

Die Gesamtbreite der kristallinen Silvretta mißt ca. 27 km, und da wir jeweils von Osten und Westen her $4-4\frac{1}{2}$ km weit den Flysch unter dies Gebirge einfallen sehen, ist der Schluß kaum mehr gewagt, daß diese jungen Gesteine auch unter den übrig bleibenden $18\frac{1}{2}$ km durchgehen. Ein etwa im Groß-Fermunt im Gneiss angesetztes Bohrloch müßte ungefähr bloß 600 m tief heruntergebracht werden, bis es die nächst tiefere Decke träfe.

Ein weiteres Kriterium für die Zusammengehörigkeit der jungen Gesteine des Antirhätikon mit denen des Rhätikon ist ihre facielle Identität, welche u. a. besonders in der vollkommenen Gleichartigkeit der tertiären und cretacischen Flyschablagerungen beider Gebiete (Rozbreccie und Bündnerkreide) zum Ausdruck kommt; wie sie sich in der Tatsache dokumentiert, daß wir auch die übrigen Decken in beiden Gebiete in gleicher Folge übereinander nachweisen können.

Damit wird für das Gebiet der Ostalpen, für welche der Deckenbau noch nicht allgemeine Anerkennung gefunden hat, eigentlich unwiderleglich nachgewiesen, daß auch hier die Überfaltungshypothese zu Recht besteht, und es ist als außerordentlich glücklicher Umstand zu betrachten, daß wir im Antirhätikon einen Blick in dieses Fenster tun können, und damit durch die Hülle zu sehen vermögen, welche dann weiter östlich im größten Teil der zentralen Ostalpen alle tieferliegenden tektonischen Glieder verdeckt.

Nach kurzer Darlegung der weitgreifenden Regionaltektonik soll noch mit wenigen Worten auf die **Lokaltektonik** eingegangen werden, welche für das in Rede stehende Gebiet gleichfalls sehr bezeichnend ist.

Vor allem zeigen die Schiefer, und von Schiefer ist ja der weitaus größte Teil des »Fensters« erfüllt, außerordentlich starke Pressung, Fältelung, Stauchungserscheinungen im kleinen, wie intensive Faltung und Schuppung im großen. — Wir erwähnten schon, daß die scheinbar große Mächtigkeit der Schiefermassen auf mehrfache Wiederholungen durch Schuppung und Faltung zurückzuführen ist.

Als Schuppung fasse ich z. B. den, von Osten gesehen, 3fach terrassierten Bau von Piz Chamins—Piz Vadret—Piz Roz auf.

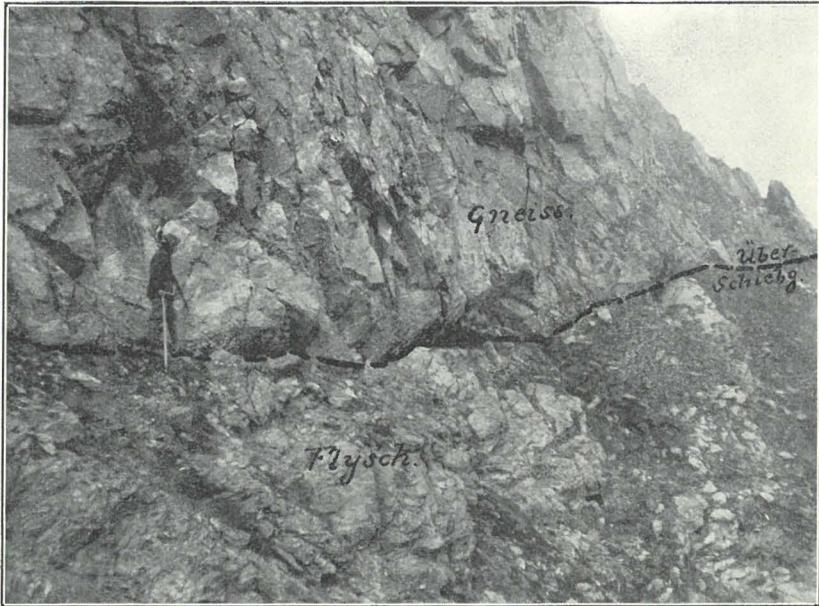
Berge wie Breite Krone, Muttler u. a. zeigen deutliche Wiederholungen der Schichten durch Faltung.

Die mehr oder weniger plastischen Schiefer der Bündnerdecke sind dabei, wie es scheint, im Streichen so ziemlich in Zusammenhang geblieben. Dagegen weist die über den Schiefiern liegende Brecciendecke mit ihren harten Liaskalken sehr starke Zerreißen auf, so daß diese Kalkmassen oft als vereinzelt Riesenblöcke aneinander vorbeigeschoben worden sind. An diesen Kalken erkennt man besonders gut den Einfluß der Lokaltektunik, welche nach meiner Auffassung dem Gebiet aufgeprägt wurde, als schon beträchtliche Abtragungen höherer Decken, besonders der ostalpinen, stattgefunden hatten, sodaß die tieferen Deckenglieder nicht mehr unter dem Druck sämtlicher Decken disloziert wurden. Es erfolgten unter dem geringeren Druck deshalb leichter Zerreißen spröder Gesteine, und die Lokaltektunik paßte sich in ausgesprochenem Maße der Gestalt der durch Abtragung entstehenden Fensteröffnung an.

Es scheint, als ob nach der Öffnung des Fensters durch erosive Vorgänge bei der zweiten Dislokationsphase, welche die Alpen betraf, ein konzentrischer Schub von den Randgebieten gegen die entlastete Fenstermitte stattgefunden hat, sodaß der periklinale Bau noch schärfer akzentuiert wurde, sodaß Durchstechungen der Gesteinsmassen, eventl. sogar verschiedener Decken, sowie Aufschuppungen lokal erfolgten.

So sehen wir z. B. die Schiefer des Piz Roz—Vadret—Chamins z. T. normal unter die Trias des Stammerspitz hinunterbiegen, z. T. würde die Verlängerung ihrer Schichtköpfe über den Stammgipfel weggehen; die Einfaltungen der ostalpinen Trias in die Bündnerdecke ziehen sich dann weit ins Samnaun bis gegen Compatsch hinab, sofern hier nicht die Trennung zweier Bündnerdecken durch ein Triasband vorliegt, was nach Beschaffenheit der Trias aber unwahrscheinlich ist.

Wir sehen weiter an der Grenze gegen die Silvretta den erwähnten Liaszug der Brecciendecke vollkommen zerrissen, und es hat den Anschein, als ob ein Druck von der Silvretta her diesen Vorgang verursacht hätte; stellenweise sieht es aus, als ob die Liasklötze regellos in den Flysch von Riesenhänden eingespitzt oder darüber hingewürfelt worden wären (s. Tafel II).



W. Paulcke, phot.

Überschiebung von Gneiss der ostalpinen Decke auf Flysch
am Rande des Fensters im Fimbartal (Ostbasis des Bidnerspitz)

Auffallend ist ferner, daß an den Stellen, wo die erwähnten kleinen Nebenfenster nach Westen offen sind, vielfach, wie das Einfallen und Auskeilen zeigt, ein lokaler Schub gegen die Entlastungsstellen stattgefunden zu haben scheint.

Stellen besonders bezeichnender Dislokationen sind diejenigen, wo die kristalline Umrandung des großen Unteregadiner Fensters scharfe Umbiegungen zeigt. Eine solche Stelle maximal entwickelter lokaler Störungen scheint die S.W.-Ecke bei Ardetz zu sein, eine ebensolche Stelle ist die N.W.-Ecke am Flimspitz, wo eine kräftige Störung zwischen Bürkelkopf und Flimspitz durchsetzt. Ich hatte schon vor Jahren diese gesetzmäßig lokalisierten Störungen im Antirhätikon erkannt, und ähnliche Dislokationen auch für die zu der Flimspitzgegend spiegelbildlich gelegene Ecke am Grubenpaß im Rhätikon, wo v. Seidlitz sie inzwischen¹ gefunden hat, vorausgesetzt.

Zu erwähnen ist noch, daß sich außer dem Stammerspitz (Tafel I u. Profil I Tafel V) noch andere »klippen«artige Überschiebungsreste verschiedener Decken finden.

So sehen wir Reste der Rhätischen Decke in Gestalt basischer Eruptiva vielfach zerstreut, z. B. an den Osthängen des Fimbertales; westlich des Piz Munschuns am Matschiberlesattel etc.

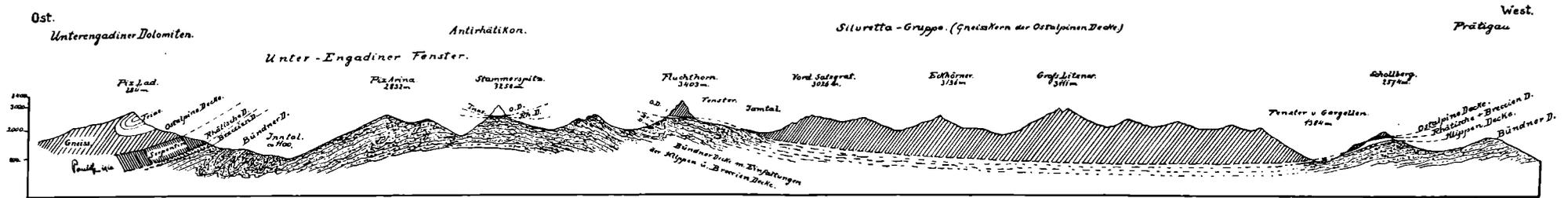
Liasklippen der Brecciaendecke finden sich z. B. weit im Innern des Fensters, am Inner Viderjoch und an der Fuorcla Lavèr.

Zusammenfassend kann gesagt werden, daß meine Arbeiten ergeben haben, daß das Antirhätikon fraglos ein »Fenster« ist, für welches die stratigraphischen Befunde ergeben haben, daß das Deckenschema, welches G. Steinmann für das übrige Graubünden aufstellte, zu Recht besteht. — Ich fügte als weitere Decke die Bündnerdecke hinzu, welche ich der Niesenflyschdecke gleichsetzte. Tiefere Bündnerdecken sind wahrscheinlich vorhanden, und im westlichen Bünden zu verfolgen. — Weiter ist eine ausgesprochene, von der Gestalt des Fensters und der petrographischen Beschaffenheit der dasselbe erfüllenden Sedimente abhängige Lokaltektonek nachweisbar.

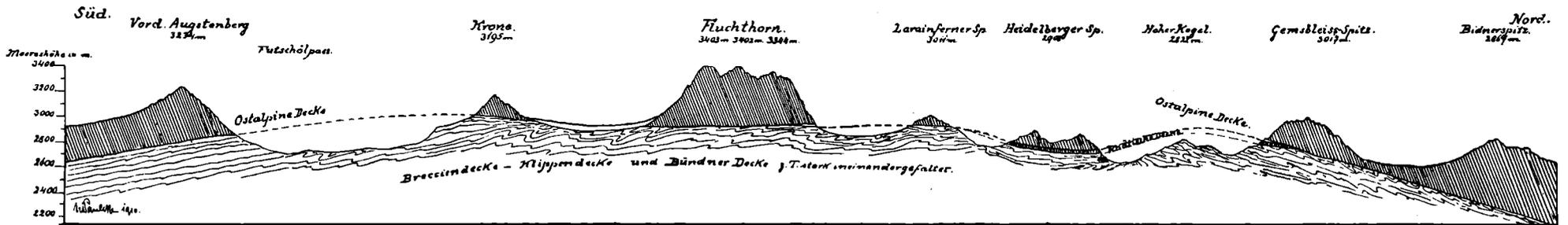
¹ Vergl. v. Seidlitz, Geolog. Untersuchungen im östlichen Rhätikon. Berichte der Naturf.-Gesellschaft Freiburg i. B. Bd. XVI, 1906.

Eine Beigabe von Kartenmaterial und reichlichen Profilzeichnungen muß leider notgedrungen in dieser Publikation eines allgemein gehaltenen Vortrags unterbleiben; sie wird in der ausführlichen Veröffentlichung der hier in Kürze geschilderten Forschungsergebnisse erfolgen.

Als das Hauptergebnis der Untersuchungen im »Unterengadiner Fenster« möchte ich die Tatsache bezeichnen, daß die gewonnenen Befunde auch für diese wichtige, weit im ostalpinen Gebiet gelegene Region, die stärksten Beweise für die Hypothese des Deckenbaues der Alpen gebracht haben; ich selbst habe mich, durch die Tatsachen gezwungen, von einem Gegner dieser Auffassung des Alpenbaues zu einem überzeugten Verteidiger desselben bekehrt, und versuchte, auch einen kleinen Beitrag zur Erkenntnis der Entstehung dieses herrlichen Gebirges zu geben.



I. Allgemeines Profil durch das Gebiet des Unterengadiner Fensters und der Silvretta von Ost nach West.
 (Piz Lad nach Schiller, Schollberg nach von Seidlitz, Antirhätikon nach eigenen Aufnahmen.)
 Gezeichnet von W. Paulcke



II. Nord-Süd-Profil durch den Ostrand der Silvretta (Grenze Silvretta-Antirhätikon).
 Gezeichnet von W. Paulcke