

Die
Tribulaungruppe am Brenner
in ihrer Bedeutung für den Gebirgsbau.

(Mit 8 Abbildungen und zwei Kärtchen.)

Von
Dr. Fritz Frech.

Halle a. S.

Inhalt.

- I. Einleitung.
 - II. Die Schichtenreihe des Brennergebietes.
 - A. Archaische Gesteine.
 - 1. Gneifs.
 - 2. Glimmerschiefer.
 - B. Altpaläozoische Gesteine.
 - 3. Brennerphyllit.
 - C. Jungpaläozoische Formationen.
 - 4. Carbon und Grödener Konglomerat.
 - D. Mesozoische Formationen.
 - 5. Trias
 - a. Tribulaundolomit.
 - b. Glimmerkalk der Schwarzen Wand.
 - 6. Lias.
 - III. Kurze Übersicht des Gebirgsbaus der Tribulaungruppe.
 - IV. Untersuchungen über den Bau der Ostalpen.
 - 1. Der Zusammenhang der Faltung in der Ötztaler und Tribulaungruppe mit der Umbiegung des Judicarienbruches.
 - 2. Der Zusammenhang der Judicarienlinie mit den Gail- und Draubrüchen.
 - 3. Karnische Hauptkette, Sugana-Save-Linie, Cima d'Asta.
 - 4. Der asymmetrische Aufbau der nördlichen und südlichen Ostalpen.
 - 5. Welche tektonische Anlage liegt dem Aufbau der südlichen Ostalpen zu Grunde?
 - V. Heteromorphe und homöomorphe Faltengebirge.
 - VI. Allgemeine Ergebnisse.
-

Weiswandspitz Hoher Zahn
(Trias)

Goldkappel
(Trias)

Großer Tribulaun
Gschnitzer Tribulaun

Schwarze Wand
Lendenfeldspitz

Rofslaut

Portjoch

Rothspitz

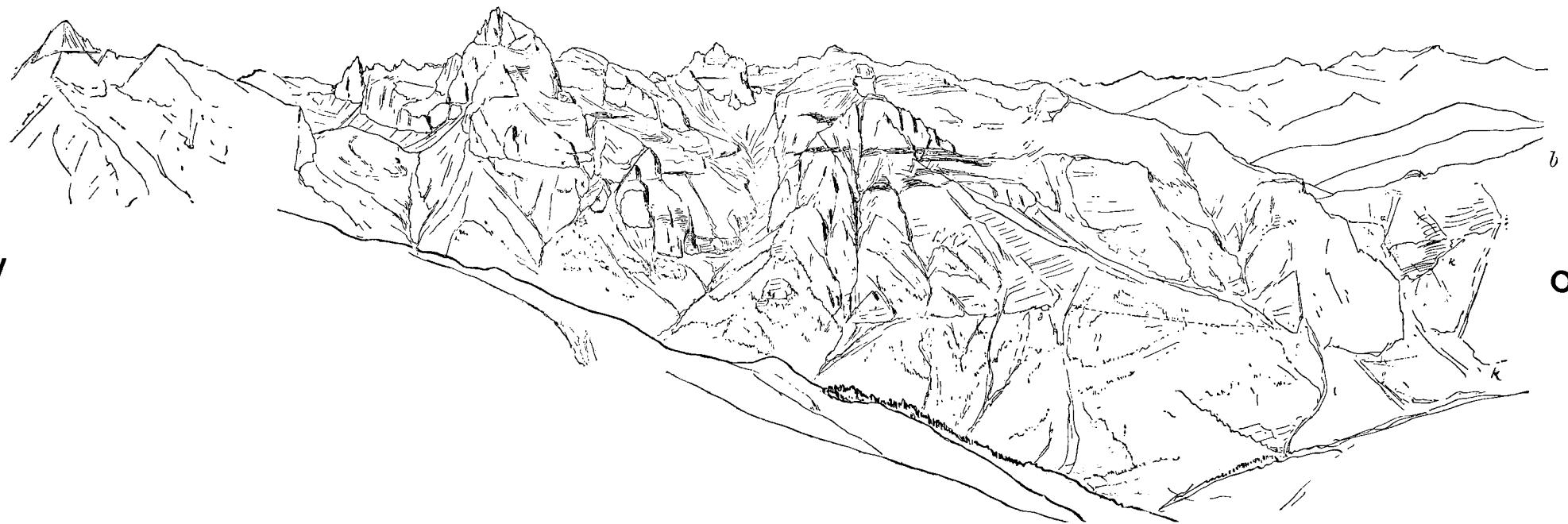


Abb. 1.

Die Tribulaungruppe vom Seberspitz.

(Absinken des aufgelagerten Triasdolomits von W nach O. Die Unterlage des letzteren besteht aus Glimmerschiefer. Zwischen Portjoch und Rothspitz wird der eingefaltete Dolomit und Kalk (K) von Brennerphyllit (b) überlagert. Die obere und untere Grenze der am Portjoch stark reduzierten Trias ist punktiert.)

I.

Einleitung.

Die Ansichten über den Bau der Faltengebirge haben mit dem Erscheinen der die Entstehung der Alpen behandelnden Schrift von E. Süss manigfache Änderungen erfahren. Das rasche Anwachsen des Beobachtungsmaterials sowie die vielseitige Diskussion hatten nicht nur bei Anhängern und Gegnern des Wiener Geologen, sondern auch bei diesem selbst verschiedene Abweichungen von den ursprünglichen Ansichten bedingt. In einem so wenig angebauten und gepflegten Wissenschaftsgebiet, wie die Tektonik es bis vor Kurzem war, regt jede neue Beobachtungsreihe auch neue Gedanken an: Es soll daher in Folgendem versucht werden, ausgehend von meinen geologischen Aufnahmen der Karnischen Alpen und der Tribulaungruppe vergleichende Untersuchungen über den Bau des Alpengebirges anzustellen.

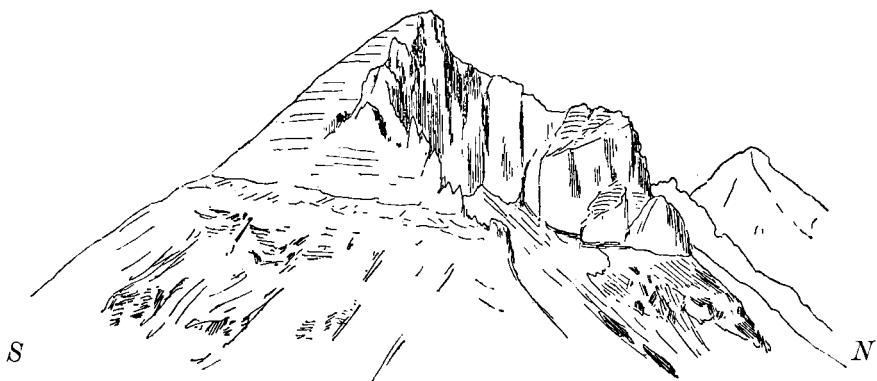


Abb. 2. Der Weißwandspitz von Osten.

Denudationsrest von triadischem Tribulaundolomit auf Glimmerschiefer.

Die Ergebnisse der geologischen Kartirung der Karnischen Alpen sind fertig ausgearbeitet und zum groſſen Teile schon gedruckt.¹⁾ Die Untersuchung des Brennergebietes²⁾ ist zwar schon erheblich gefördert, aber noch nicht

¹⁾ Die Karnischen Alpen. Ein Beitrag zur vergleichenden Gebirgstecktonik. I. Lieferung. Halle, Niemeyer.

²⁾ Eine eingehendere Besprechung der Arbeiten früherer Beobachter (Stotter, Pichler, Stache, Teller, Gümbel; ferner Stur, Blaas, Kathrein) würde in dieser vorläufigen Mitteilung um so weniger am Platze sein, als die Litteratur außerordentlich zerstreut ist. Es sei daher nur

zum Abschluß gelangt. Die Tribulaungruppe im engeren Sinne, sowie die südwestlich anstossende Hochgebirgsregion bis zum Schneeberg (Passeyer) sind, abgesehen von unerheblichen Einzelheiten, im Maßstabe $1/25000$ aufgenommen; die nördlichen Berge zwischen Gschnitzthal und Innsbruck sind durch eine große Anzahl von Begehungen bekannt geworden.

Die erste Anregung zur Untersuchung der eigentümlichen, inmitten des Stubauer Urgebirges auftretenden Triasmassen verdanke ich dem Manne, welchem

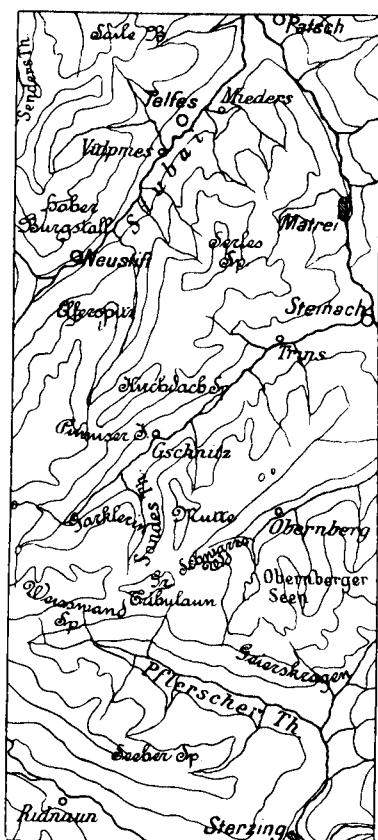


Abb. 3. Topographische Skizze der Tribulaungruppe. L : 200 000.

Abfall des Goldkappel-Toffring-Graben-Ridnaunthal-Brennerlinie bis Innsbruck

hervorgehoben, dass die Altersdeutung, welche Pichler für die Kalkmassen gab, sich im Grossen und Ganzen — nicht im Einzelnen — bestätigt hat. Eine richtige Vorstellung von dem schwierigen Faltenbau unseres Gebietes finden wir — wenn auch nur für das kleine Gebiet des nördlichen Pferschgebirges — in einer jüngst erschienenen Arbeit von Gümbel.

1) Die Herren Dr. K. Futterer und Dr. Franz E. Suefs haben als meine Mitarbeiter das östlich vom Brenner gelegene Gebiet in Angriff genommen, das hier jedoch nur so weit in Betracht gezogen wird, als ältere Beobachtungen vorliegen. Bei den meisten ohne Führer unternommenen Hochtouren erfreute ich mich der Begleitung und touristischen Führung des Herrn Hans R. Schmitt aus Wien, der in ganz ungewöhnlicher Weise die Eigenschaften eines Landschaftsmalers und Bergsteigers vereinigt.

Eine Anzahl wenig ausgedehnter, zum Teil winziger Denudationsreste der Trias findet sich außerdem in den benachbarten Gebirgen, ohne den Charakter derselben in maßgebender Weise zu beeinflussen (Weifspitz bei Gossensaß, Elferspitz im Pinnis, Garklerin, Weifswandspitz und die beiden «Weisen» am Schneeberg).

Die Abgrenzung der allerdings räumlich wenig ausgedehnten Tribulaungruppe ist bisher niemals versucht worden, auch nicht in der, meist in glücklicher Weise durchgeführten Einteilung der Ostalpen von A. Böhm.¹⁾ Derselbe hebt allerdings hervor, dass «die Physiognomie des Gebirges, welche in dessen oroplastischem und geologischem Bau begründet ist, bei einer natürlichen Einteilung in erster Linie zu berücksichtigen ist, und dass die Begrenzung der Gruppen durch Tiefenlinien, aber nicht gerade immer durch die tiefsten Flussläufe erfolgen muss». Trotzdem gliedert er seine «Ötzthaler Alpen» (a. a. O. S. 372 zwischen Reschenscheideck, Innthal, Brenner, Sterzing, Jaufen, Passeyer, Vintschgau) nur in die Venter Gruppe und die Stubaier Gruppe. Dass bei beiden Gruppen sowohl die geologische Zusammensetzung wie die eigentümliche Oroplastik übereinstimme, hebt der Verfasser selbst hervor. Die gleichmäßige Höhe der massigen Kämme, das Fehlen hervorragender Gipfel und tiefeingeschnittener Jöcher kennzeichnen die Venter Gruppen und den angrenzenden Teil der Stubaier Gruppe in gleicher Weise. Ohne hier auf die Gliederung des eigentlichen Ötzthaler Hochgebirges²⁾ eingehen zu wollen, kann doch hervorgehoben werden, dass die im Obigen abgetrennte Tribulaungruppe den von A. Böhm namhaft gemachten Einteilungsprinzipien in vollem Masse entspricht. Vom geologischen Gesichtspunkte ist eine eingehendere Verteidigung unnötig; dass die Physiognomik des Gebirges durch das Auftreten von mächtigen Dolomitmassen in entscheidender Weise beeinflusst wird, versteht sich ebenfalls von selbst; nur die Tiefenlinie ist im Westen nicht überall deutlich ausgeprägt.

II.

Die Schichtenreihe des Brennergebiets.

Eine summarische Aufzählung der Formationen ist als Einführung in die Probleme der Tektonik nicht zu umgehen. Die aus mannigfachen Profilen kombinierte Schichtenreihe umfasst folgende Glieder:

A. Archaische Gesteine.

1. Gneifs.

Der massive weiße Centralgneiss der Tauern, welcher sich nach Westen in den Zillerthaler und Tuxer Kamm spaltet,³⁾ ist das älteste Gestein. Die petro-

¹⁾ Penck's Geographische Abhandlungen I, 3.

²⁾ Venter + Stubaier — Tribulaungruppe.

³⁾ Teller, Verhandlungen der k. k. geolog. Reichsanstalt, 1882, S. 241.

graphisch übereinstimmenden Gneifszüge des Westens, welche im Glimmerschiefer (2) auftreten (z. B. Acherkogel bei Ötz, Rother Grat und Wilder Freiger im Stubai), sind entweder aufgefaltete Massen des Urgneifses oder Einlagerungen im Glimmerschiefer (2). Augengneiffe, wie sie u. a. zwischen Ranalt und der Dresdener Hütte auftreten, dürften als metamorphe granitische Gesteine¹⁾ aufzufassen sein.

2. Glimmerschiefer.

Der feste, quarzreiche, oft quarzitisch entwickelte Glimmerschiefer ist das verbreitetste Gestein in den Ötzthaler und Stubaier Bergen (einschl. Tribulaungruppe). Eine zweiglimmerige Varietät (Muscowitz und Biotit) ist im Ridnaungebiet verbreitet. Noch grössere Ausdehnung besitzt hier auf dem südlichen Thalgehänge der Granatenglimmerschiefer. Einlagerungen von Hornblende-gesteinen (Pinnis, Schneeberg) sind weit verbreitet, aber wenig mächtig. Kalkeinlagerungen sind im Glimmerschiefer sehr selten (Bremsberg des Schneeberger Bergwerkes).²⁾

Die Lagerung des Glimmerschiefers ist meist steil aufgerichtet, aber fast durchweg regelmässig; nur in der Nähe der Teplitzer und Magdeburger Hütte ist das Gestein stark gefältelt und zerquetscht.

B. Altpaläozoische Gesteine unbestimmter Altersstellung.

3. Brennerphyllit (Quarz- und Kalkphyllite der Brennerlinie).

Bei den wenig geklärten Altersbeziehungen dieser Gesteine erscheint die Anwendung von Lokalbezeichnungen mehr angebracht als die Beibehaltung der von Stache nur provisorisch aufgestellten «Quarzphyllit-, Kalkphyllit- und Kalk-thonphyllitgruppen».

Ungestörte Profile, welche die Lagerung der drei ältesten Formationen (1–3) zur Anschauung bringen, sind im Brennergebiet bisher nicht nachgewiesen. Doch darf man aus anderweitigen Erfahrungen den Schluss ziehen, dass die Phyllite diskordant die archaischen Gesteine bedecken.

Im Hangenden des am Wolfendorn endenden Tuxer Gneifs-Kammes beobachtet man³⁾: a) Strahlsteinschiefer, b) körnigen Kalk und Kalkphyllit, der zum Brennerpasse abdacht und zwischen Brennerbad und Postalp das östliche Gehänge zusammensetzt, c) schwarzen bzw. dunkelen Thonglimmerschiefer (Quarzphyllit) mit häufigen Einlagerungen von Kalkphyllit und körnigem Kalk; diese Beimengung bildet den Hauptunterschied vom Glimmerschiefer, dem der Thonglimmerschiefer zuweilen ähnlich wird.

¹⁾ Auch W. Salomon beschreibt neuerdings aus dem Adamellogebiet eine gneifartige, durch Dynamo-Metamorphose entstandene Modifikation des Tonalits. Tschermaks mineralog.-petrograph. Mitteilungen, 1891, S. 410 ff.

²⁾ Eine eingehende petrographische Schilderung der hierher gehörigen Gesteine siehe bei A. v. Elterlein, Jahrb. d. k. k. geolog. Reichsanstalt, 1891, S. 289 (Beiträge zur Kenntnis der Erzlagerstätte des Schneebergs bei Mayern in Südtirol).

³⁾ Vergl. Teller, a. a. O.

Wie Gümbel durch zahlreiche Analysen nachgewiesen hat, besteht der Hauptunterschied der älteren und der triadischen (s. u.) krystallinen Marmorgesteine in dem fehlenden Magnesiagehalt der ersteren. Doch ist hervorzuheben, daß bei einer genauen Kartirung nur selten Zweifel über die geologische Altersbestimmung möglich sind. Im Handstück sind die Gesteine allerdings leicht zu verwechseln.

C. Jungpaläozoische Formationen.

4. Carbon.

Das Obercarbon überdeckt bei Steinach flachgelagerten Thonschiefer und Quarzit, bei Gries Grünschiefer, welche wohl sämtlich dem Brennerphyllit zuzurechnen sind. Doch ist die Grenze in dem dicht bewaldeten Gehänge mangelhaft aufgeschlossen, so daß über die diskordante oder konkordante Form der Lagerung nichts gesagt werden kann. Die Pflanzenreste, welche im Thonschiefer vorkommen, entsprechen nach Stur der höchsten Zone des Obercarbon, den oberen Ottweiler Schichten. Die häufigsten Gesteine sind Thonschiefer, der zum Teil phyllitische Beschaffenheit besitzt, und Grauwackenschiefer, der in stark gefalteten Gebirgsteilen (Schöne Grube) ein quarzitisches Aussehen erhält. Eingelagert finden sich Quarzkonglomerat und Eisendolomit, d. h. ein Dolomit mit Spateisenstein, welcher letztere das verwitternde Gestein mit einer braunen Rinde (Eisenoxydhydrat) überzieht. Eine kohlige Bildung ist die Nöfslacher Erde. Am Westabhang des Nöfslacher Joches finden sich wenig mächtige Gänge von alten Eruptivgesteinen (Glimmerdiabas), wie sie bekanntlich in den Ostalpen weit verbreitet sind. (Cornet, Jahrb. G. R. A., 1888, S. 591.)

Sichere Vertreter der Dyas scheinen zu fehlen. Vielleicht sind jedoch die magnetithaltenden Quarzkonglomerate vom Südabhang des Hohen Burgstalls (Stubai) als Vertreter der Grödener Konglomerate (sogenannter Verrucano der österreichischen Geologen) aufzufassen; möglicherweise entsprechen dieselben jedoch dem Carbon. Sie liegen zwischen Glimmerschiefer und Dolomit.

D. Mesozoische Formationen.

5. Trias.

Vertreter älterer Triastufen (bis zu den Raibler Schichten einschließlich) konnten nirgends mit Sicherheit nachgewiesen werden. Zweifellos vorhanden sind nur zwei Schichtgruppen von etwas eigenartiger centralalpiner Entwicklung, welche der neu aufgestellten Juvavischen (früher Oberkarnischen) und der Rhaetischen Stufe von Mojsisovics entsprechen dürften.

1. Tribulaundolomit (etwa = Hauptdolomit bzw. Juvavische Stufe Mojs.). Reiner Dolomit und dolomitischer Kalk, meist halbkristallin oder als echter körniger Marmor (Großer Tribulaun, Telfer Weisse) entwickelt. Seltener, aber im ganzen Gebiet verbreitet (Vall Ming, Portjochweg, Zeisspitz bei Gschätz, Blaser und Weisse Wand bei Matrei) ist ein klüftiger, in scharfe eckige Stücke

zerspringender Dolomit, der mit dem Hauptdolomit der Nordalpen vollkommen übereinstimmt.

Ein weisses Glimmermineral findet sich häufig auf den Schichtflächen (Tribulaun, Weißwandspitz, Weisspitz); Einlagerungen (1—3 m mächtig) von grünlichem oder dunklem Thonglimmerschiefer erscheinen am Großen Tribulaun und an der Telfer Weißen. Die bedeutendste Mächtigkeit des Dolomits beträgt 1100 m (zwischen Tribulaungipfel und dem Widum von Pfersch).

Versteinerungen sind vereinzelt an weit auseinander liegenden Punkten gefunden worden: *Megalodon* sp. am Serlesspitz, ? Daktyloporenreste in dem krystallinen Dolomit des Weißwandspitz und deutliche, unzweifelhafte Cri-noidenstielglieder auf dem Schwarzseespitz (3062) und der Moarer Weißen am Schneeberg.

Eine Übereinstimmung des Tribulaundolomites mit gleichalten, weiter westlich vorkommenden Triasbildungen der Mittelzone ist unverkennbar. In erster Linie ist der dolomitische Ortlerkalk (Gümbel) und der Calcaire du Briançonnais der Westalpen zu nennen, deren triadisches Alter neuerdings von französischen Forschern nachgewiesen worden ist. Eine weitere Ähnlichkeit aller centralalpinen Triaskalke besteht darin, daß im Liegenden dieser Bildungen die untere Trias nur ganz unbedeutend vertreten ist.

2. Glimmerkalk der Schwarzen Wand. Heller und dunkler Glimmerkalk, hie und da (Goldkappel, Saile) mit Pyrit¹⁾), kalkiger Thonglimmerschiefer (schwarz, grün oder grau). Darin einzelne mächtige Dolomitbänke, welche den Übergang zum oberen Teile des Tribulaundolomits bilden. Vereinzelt finden sich quarzitische Lagen (Obernberger Tribulaun)²⁾, rote Eisenkalke und Manganknollen (Obernberger Tribulaun). Ein besonderes schönes Gestein, ein gelber, rötlich gefärbter Dolomitmarmor mit grünlichen Glimmerlagen findet sich in einem Wandbruch am Ausgang des Schneebigen Kars (Obernberger Tribulaun).

Die zwischen Muttenjoch und der Schönen Grube in unmittelbarem Zusammenhang mit Carbon auftretenden Kalkphyllite sind wahrscheinlich eingefaltete und metamorphosirte Glimmerkalke. Der Glimmerkalk erreicht an der Schwarzen Wand seine größte Mächtigkeit von ca. 300—350 m. Derselbe ist einerseits als heteropes Äquivalent der obersten Teile des Tribulaundolomits (Juvavische Stufe) aufzufassen und andererseits mit den Kössener Schichten (Rhaet) zu vergleichen. Diese Vergleichung kann trotz der Seltenheit von organischen Resten als unbedingt

¹⁾ Derselbe stimmt dann vollkommen mit den Pyritschiefern der Radstädter Tauern überein, ist aber weniger verbreitet als dieser.

²⁾ Auch auf dem Gipfel des Serlesspitz treten Gesteine auf, in denen weißer Quarz und große dunkle Glimmertafeln (Biotit) die vorherrschenden Gemengteile bilden. Das früher von hier citirte, auf J. Roth's Autorität gestützte Vorkommen von «Gneifs» beruht auf einem Irrtum, der durch die eigentümlichen Verwitterungsformen des Gesteins veranlaßt ist. Der eigentümliche, an Urgestein gemahnende Charakter des krystallinen, durch Dynamometamorphose entstandenen Gesteins bleibt jedoch unangetastet.

sicher angesehen werden, da der Glimmerkalk am Hutzl von Adneter Schichten konkordant überlagert wird.

Versteinerungsreste sind an verschiedenen Punkten gefunden worden, erscheinen aber durchweg zur näheren Bestimmung ungeeignet. Crinoiden und Brachiopodenreste kommen am Südabhang der Saile in den dunkelen, dem Dolomit¹⁾ eingelagerten Kalkschiefern vor. Pichler citirt einen in der Innsbrucker Sammlung befindlichen Saurierzahn von dem Serlesspitz («*Belodon Kapffii*»), F. Teller hat am Penser Joch in einem wahrscheinlich dem Glimmerkalk der Schwarzen Wand gleichzustellenden Gestein Daktyloporen, Cidaritenstacheln und Gastropodenreste gefunden.

6. Der Lias.

Das vor Jahren auf der Spitze des Hutzl (Kesselspitz) entdeckte Liasvorkommen²⁾ ist bisher das einzige seiner Art geblieben und wird es aller Voraussicht nach auch bleiben, da sämtliche einigermaßen bedeutsame Triasgipfel von mir betreten worden sind. Das Vorkommen von *Phylloceras*, *Lytoceras*, *Arietites*, *Belemnites*, *Atractites* und einem *Nautilus* von liassischer Form erhebt die Altersbestimmung über jeden Zweifel; die konkordante Auflagerung der Adneter Schichten auf dem Glimmerkalk ist auch für die Altersbestimmung des letzteren von wesentlichster Bedeutung.

Die übrigen, zum Teil höheren Triasgipfel (Kirchdachspitz) zwischen Stubai und Gschnitz entbehren des aufgelagerten Lias, was durch die Lagerungsverhältnisse erklärlich wird: Die Triasschichten des erwähnten Bergzuges streichen NO—SO und bilden eine außerordentlich flache Synklinale, deren Kern der Kesselspitz bildet. Die Schichten zeigen hier und besonders weiter im NO (an dem Serlesspitz) deutliche Anzeichen mechanischer Pressung.

Eine Besprechung der diluvialen Glacialschotter und Moränen, welche im Brennergebiet eine sehr bedeutsame Rolle spielen, bleibt einer späteren ausführlichen Beschreibung vorbehalten.

Obwohl eine ausführlichere Darstellung der älteren Litteratur außerhalb des Bereichs einer vorläufigen Mitteilung liegt, glaube ich doch die überaus zutreffende geologische Schilderung anführen zu müssen, welche Goethe auf den ersten Seiten der Italienischen Reise von unserer Gegend entwirft. (Auf dem Brenner, den 8. September 1786 abends.) «Die Kalkalpen, welche ich bisher durchschritten, haben eine graue Farbe und schöne sonderbare, unregelmäßige Formen, ob sich gleich der Fels in Lager und Bänke teilt. Aber weil

¹⁾ Man vergleiche eine früher von mir veröffentlichte Profilskizze der Saile. Jahrb. d. k. k. geol. R. A., 1886, S. 357. Das Gestein der Saile wurde früher als Kalk bezeichnet, wofür besser Dolomit zu schreiben ist.

²⁾ Frech, über ein neues Liasvorkommen in den Stubaiern Alpen, Jahrb. d. k. k. geol. R. A., 1886, S. 355.

auch geschwungene Lager vorkommen, und der Fels überhaupt ungleich verwittert, so sehen die Wände und Gipfel seltsam aus. Diese Gebirgsart steigt den Brenner weit hinauf.» (Der Triaskalk und Dolomit erscheint überall im Hintergrunde der nach der Brennerstrasse zu geöffneten Thäler, Stubai, Gschnitz, Obernberg.) «In der Gegend des oberen Sees fand ich eine Veränderung derselben. An dunkelgrünen und dunkelgrauen Glimmerschiefer (Thonglimmerschiefer in der vorliegenden Beschreibung), stark mit Quarz durchzogen, lehnte sich ein weisser, dichter Kalkstein, der an der Ablösung glimmerig war (Kalkphyllit) und in grossen, obgleich unendlich zerklüfteten Massen anstand. Über demselben fand ich wieder Glimmerschiefer, der mir aber zäher als der vorige zu sein schien. Weiter hinauf zeigt sich eine besondere Art Gneiss oder vielmehr eine Granitart, die sich dem Gneiss zubildet, wie in der Gegend von Ellbogen.» (Da Goethe auf dem Brenner noch nicht den am Wolfendorn, also weiter südlich auslaufenden Tuxer Gneiszug gesehen haben kann, handelt es sich wohl um die als erratische Geschiebe sehr verbreiteten Augengneisse des Zillerthaler Gebirges, welche nach K. Futterer als dynamometamorphe Granite anzusehen sind.) «Hier oben, dem Hause gegenüber, ist der Fels Glimmerschiefer. Die Wasser, die aus den Bergen kommen, bringen nur diesen Stein und grauen Kalk mit. Nicht ferne muss der Granitstock sein, an den sich alles anlehnt».

III.

Kurze Übersicht des Gebirgsbaus der Tribulaungruppe.¹⁾

Eine Zusammenstellung des gesamten vorliegenden Beobachtungsmaterials (d. h. des Ergebnisses von 16 Wochen geologischer Arbeit) würde über den Rahmen dieser Mitteilung hinausgehen und zudem ohne zahlreiche Abbildungen und ausführliche Karten unthunlich sein. Die beiden im Folgenden beschriebenen Durchschnitte dürften jedoch die wichtigsten Thatsachen des geologischen Baues zur Anschauung bringen.

1. Südwestlich von Innsbruck erhebt sich die aus flachliegendem Tribulaundolomit (mit eingelagerten versteinerungsführenden Kieselkalken und Pyritschiefern) bestehende Saile. Nach Norden zu stürzt der Berg in steilen, wildzerklüfteten Wänden ab; das Südgehänge zieht sich in geringerer Neigung zu dem weiten, fruchtbaren, von alten Glacialbildungen erfüllten Stubaithal hinunter. Der tiefingeschnittene Erosionsriss des Pinnisbaches führt uns in das Herz des Dolomitgebirges. Das westliche Thalgehänge besteht aus steil aufgerichteten dunklen Glimmerschiefern und eingelagerten Hornblendegesteinen, welche in 2200—2300 m Höhe von einem Denudationsreste des flachgelagerten Tribulaundolomits gekrönt werden (Elferspitz 2494 m). Dies letztere Gestein setzt in gleicher Lagerung den ganzen Ostabhang bis 1300 m abwärts zusammen. Das Pinniser Thal entspricht

¹⁾ Über die Begrenzung dieser Gruppe vergl. oben.

also einer bedeutenden Verwerfung, der die Erosion folgte. Wenn auch die Trias auf den abradirten Schichtköpfen des Urgebirges, also auf unebener Unterlage abgesetzt wurde, so erscheint es doch angesichts der gleichartigen Beschaffenheit des Gesteins undenkbar, daß ursprünglich Höhenunterschiede von fast 1 km auf $1\frac{1}{2}$ km Horizontalabstand vorhanden waren.

Die gewaltige, von Norden unersteigliche Dolomitmasse des Kirchdachspitz (2840 m) in westlicher Richtung umgehend, führt der Weg zum Pinnisjoch hoch hinauf. Nun steil hinab zum Dorfe Gschnitz und auf der anderen Seite empor durchs Sandesthal. Wir bleiben andauernd in dem harten, quarzreichen Glimmerschiefer, der NW—SO streicht und steil, beinahe senkrecht nach NO einfällt. Im Sandesthale ist (wie am Pinnisjoch) die auf dem linken Gehänge aufgeschlossene Transgressionsgrenze mannigfach gestört, und ebenso erscheint der westliche Kamm von einem Triasrelikt, der Garklerin (2465 m) gekrönt, während im Osten der Dolomit viel tiefer hinabreicht. Der Höhenunterschied beträgt hier nur 400 m; doch bildet diese Verwerfung die Fortsetzung der im Pinnisthal beobachteten Störungszone.

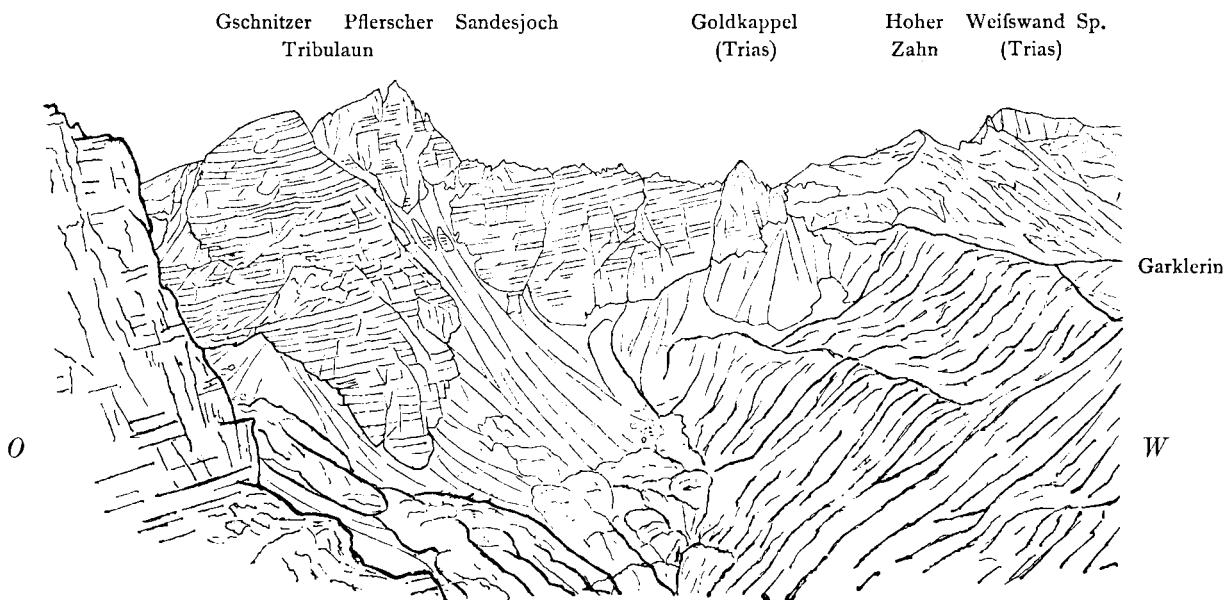


Abb. 4. Tribulaungruppe und Sandesthal vom Hohen Thor (N).

Die wohlgeschichtete Trias bricht am Goldkappel ab. Weiter westlich besteht noch der Gipfel des Weißwandspitz und der Garklerin aus Triasdolomit. Die Unterlage desselben bildet überall Glimmerschiefer.

Den Hintergrund des von Schuttkegeln, alten Moränen und Bergsturztrümmern erfüllten Sandesthales bildet die zweigezackte, sagenumwobene Dolomitypyramide des großen Tribulaun (3102 m), dem im Osten zwei nur um ein

Weniges niedrigere Berge vorgelagert sind: die kompakte, weisse Masse des Gschnitzer Hochgipfels (2957 m) und die scharfe Felsnadel der Schwarzen Wand (2911 m). Marmorisirter Tribulaundolomit und der nur in den höheren Teilen der Schwarzen Wand auftretende Glimmerkalk setzen die stolzen Gipfel zusammen. Die prächtigen Aufschlüsse in den steilen Wänden gestatten die Beobachtung des Gebirgsbaus bis in seine feinsten Einzelheiten. Die Abstürze des Großen Tribulaun werden von einer Anzahl untergeordneter Verwerfungen durchsetzt, welche die starke Zerklüftung und die furchtbare Steilheit der an zwei Stellen überhängenden Wände bedingen. Der Gschnitzer Gipfel ist überaus regelmäßig aufgebaut und dementsprechend wenig zerklüftet. Doch biegen sich auf

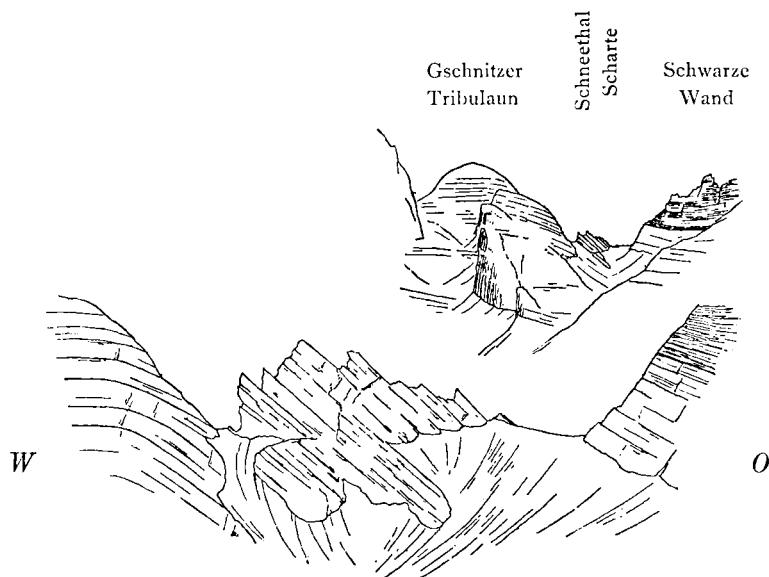


Abb. 5. Die Schneethalscharte von Süden.

Flexur (Schichtenbiegung) im Tribulaundolomit. Im O. wird derselbe vom Glimmerkalk der Schwarzen Wand (dunkel) überlagert. Die untere Ansicht stellt die Schneethalscharte aus größerer Nähe dar.

seinem Ostabhang die Dolomitschichten in einen normalen, ca. 300 m betragenden Flexur nach abwärts, um in der Schwarzen Wand wieder ihre flache Lagerung anzunehmen. Dieser nach Ost gerichtete Schichtenfall gab den Anlaß für die Einfurchung der Schneethalscharte.

Die Dolomitschichten und die untere Grenze derselben gegen das Urgebirge erscheinen von West nach Ost gesenkt. Im Hintergrunde des Pflerschthales liegt, jedem Besucher von Gossensaß wohl bekannt, der Weisswandspitz, eine, wie der Name besagt, schneeweisse, gegen den dunklen Glimmerschiefer durch einen horizontalen Schnitt scharf abgesetzte Dolomityramide. Hier liegt die Triasgrenze in 2800 m Höhe. Am Goldkappel, neben dem gewöhnlichen Übergang von Gschnitz nach Pflersch, finden wir den Dolomit

schon bei 2500 m. Auf dem Pflerscher Abhang sinkt die Grenze dann innerhalb einer Entfernung von nur 4 km bis auf 1600 m. Auch hier enthüllen die schroffen Wände dem forschenden Auge die feinere Anatomie des Felsgerüstes: Die Absenkung erfolgt nicht auf einer gleichmäßig geneigten Fläche, sondern in einer Reihe kleinerer, staffelförmig angeordneter Brüche, welche überall an der unteren Dolomitgrenze auftreten (vergl. oben Abb. 1 und 2).

Auf den das obere Pflerschthal im Süden begrenzenden Bergen, welche gegenüber vom Tribulaun bis zu mehr als 2800 m, weiter westlich sogar bis zu mehr als 3200 m emporragen, fehlt jede Spur von jüngeren Gesteinen; der quarzreiche Glimmerschiefer, welchem wir schon im Stubai begegnet sind, setzt hier in ermüdender Einförmigkeit das ganze Gebirge zusammen.

Jedoch hat Teller aus dem südlich liegenden Berglande, vom Penser Joch, versteinerungsführende Triasbildungen beschrieben, welche mit den mannigfältigen Gesteinen der Schwarzen Wand vollkommen übereinstimmen und somit eine allgemeine Triasbedeckung des Urgebirges beweisen.

Es muss hervorgehoben werden, dass die Trias des Penser Jochs und des Sailspitz einen nordalpinen Typus zeigt, der in den Südalpen nirgends wiederkehrt.

Die Lagerungsverhältnisse, in denen die Penser Gesteine auftreten, sind schon deshalb von grossem Interesse, weil dieselben vollkommen mit den im unteren Pflerschthal beobachteten übereinstimmen. Hier wie dort finden wir flach nördlich einfallende, verhältnismässig wenig mächtige Kalk- oder Dolomittlager, welche mit gleichsinnigem Streichen und Fallen von dem Urgebirge (im Pflersch vom Glimmerschiefer) über- und unterlagert werden.

Man würde nach oberflächlicher Untersuchung des einzelnen Vorkommens die fraglichen Dolomite und Kalke, welche fast immer zu halb oder ganz krystallinen Gesteinen umgewandelt sind, für einfache Einlagerungen im Urgebirge halten, wenn nicht das an verschiedenen Punkten (Anstieg zur Saile, Kesselspitz, Serlesspitz, Penser Joch, Schneeberg und Weißwandspitz) beobachtete Vorkommen unzweifelhafter Versteinerungen¹⁾ diese einfache Deutung ausschlösse. Da zudem die sämtlichen Dolomite und Glimmerkalke des östlichen Ötzthaler (Stubauer) Gebirges unter sich zusammenhängen oder nur durch Erosionsrisse getrennt sind, da außerdem an einigen, nicht metamorphosirten Aufschlüssen (Saile, Blaser, Vall Ming) die petrographische Übereinstimmung mit dem Hauptdolomit der Nordalpen ins Auge springt, so kann an dem obertriadischen Alter nicht gezwifelt werden.

Die konkordante Lagerung von Urgebirge und Trias ist dann auf die mechanische Ursache des gleichartig auf beide Gesteine wirkenden Gebirgsdruckes zurückzuführen.

¹⁾ Vergl. oben.

2. Die Gebirgszone, auf welcher die Triaskalke des Brenners eingefaltet sind, liegt etwas östlich von den horizontal gelagerten Massiven und zwar parallel zu diesen.

Die Schilderung eines Durchschnitts, der in entsprechender Weise parallel zu dem soeben beschriebenen zu legen ist (vergl. Profil S. 93), wird das Verständnis der verwickelten tektonischen Erscheinungen erleichtern. Wir beginnen im Süden. Der Kamm zwischen dem unteren Pfersch und Ridnaunthal wird von dem ONO streichenden Dolomitzuge, Gschleyerberg¹⁾ (2211 m) — Gschleyerwand, Telfer Weissen (2529 m) gekrönt.

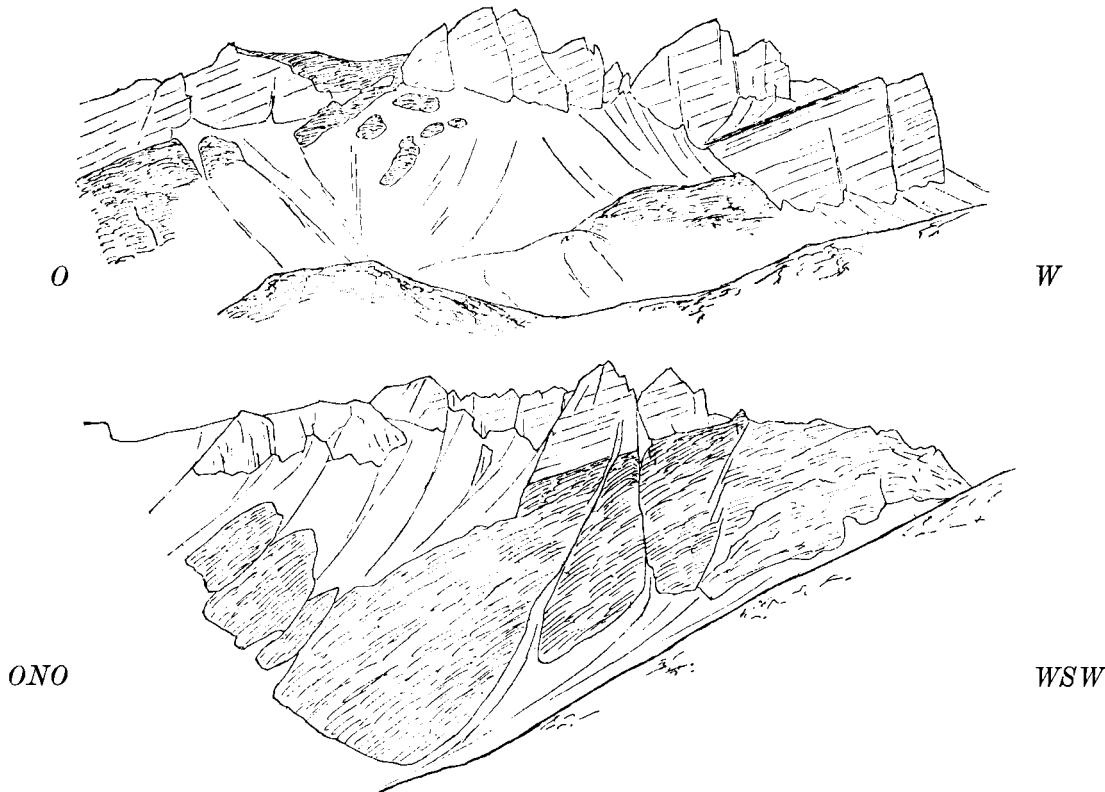


Abb. 6. Die Telfer Weisse von Norden. Eingefalteter Triasdolomit (wohlgeschichtet, weiß) im Glimmerschiefer (dunkel schraffiert).

Unten: Der westliche Hochgipfel vom Sandesköpfel. Oben: Der östlich anschließende Theil des Kammes vom Portjochweg. Durch die Erosion ist der Zusammenhang des SSO fallenden Dolomites an einer Stelle unterbrochen.

¹⁾ Nicht Schleyerberg wie die Generalstabskarte schreibt.

Die auf dem Nordabhang nach Nord, auf dem Südabhang nach Süd geneigten Bänke scheinen einen einfachen Aufsatz zu bilden; jedoch finden wir auf der Kammhöhe eine Reihe von fünf kleinen, durch Erosion isolirten, unregelmässig aufgelagerten Glimmerschiefermassen, welche mit dem das Fußgestell des Berges bildenden Gestein vollkommen übereinstimmen.

Die deutlichsten Beweise einer energischen Faltung bewundern wir in den prachtvollen Quetsch- und Kneterscheinungen zwischen Dolomit und Granatglimmerschiefer, welche beim Anstieg von der Vall-Ming-Alp unterhalb der Telfer Weissen die tektonische Grenze kennzeichnen.

Die prächtige Aussicht vom höchsten Gipfel der Telfer Weissen fesselt die Aufmerksamkeit ebensowohl durch die landschaftlich wirkungsvollen Gegensätze der bleichen Dolomitwände und der dunkelen Schieferberge, wie durch den interessanten Einblick in das tektonische Gefüge der Tribulaunmasse. Der Übergang des scheinbar völlig ungestörten, über 1000 m mächtigen Dolomits in die eingefalteten Keile lässt sich greifbar deutlich wahrnehmen: Westlich vom Portjoch, dem Übergang von Pflersch nach Obernberg, dringt ein wenig ausgedehnter Keil von Quarzphyllit in die nach Ost absinkenden dunklen Glimmerkalke vor; weiter abwärts aber erstreckt sich der weiße Dolomit des Tribulaun als eine verhältnismässig schmale, in ihren Höhenverhältnissen ungemein wechselnde Zunge am Gehänge des Pflerschthales entlang bis Gossensaas. Oberhalb und unterhalb besteht der Kamm aus dunklen Schiefergesteinen. Die nähere Untersuchung zeigt, dass das Fußgestell aus Glimmerschiefer, die Höhe des Kammes hingegen aus dem vom Brennersattel her durchstreichenden Quarzphyllit besteht. Ein weiterer Ausflug lehrt ferner, dass der Dolomitkeil in immer abnehmender Breite durch die drei vom Geierskragen und Lorenzenberg zum Brenner abfließenden Gräben bis etwa zur Höhe des Brennerbades durchstreicht. Vollkommen isolirte, abgerissene Fetzen des Dolomits finden sich noch weiter nördlich, an den Obernberger Seen und im Frader Thal inmitten des Quarzphyllites. (Aus anderen, durch starken Seitendruck gefalteten Gebieten, so aus dem Berner Oberland und den Karnischen Alpen, sind ähnliche Erscheinungen mehrfach beschrieben worden.)

Wir finden endlich auf dem Kamme zwischen Portjoch, Rothspitz und Geierskragen eine ganze Anzahl von kleineren Vorkommen des deutlichen triadischen Glimmerkalkes, welcher den oberen Teil der Schwarzen Wand kennzeichnet und hier überall die Anzeichen einer höchst energischen Pressung und Knetung trägt. Die Schichtenfolge auf dem nördlichen Pflerschthalgehänge ist also von unten nach oben: 1. Glimmerschiefer (archaisch), 2. Weisser, meist marmorirter Tribulaundolomit, oben und unten von Verschiebungsfächeln begrenzt (Trias), 3. Quarzphyllit (paläozoisch), 4. Triadischer dunkler Glimmerkalk in einzelnen Resten, mit allen Zeichen heftigster mechanischer Pressung. Das Fallen der ganzen, durch Gebirgsdruck annähernd gleichsinnig

geschichteten Masse ist unter mehr oder weniger flachem Winkel nach NNO gerichtet. (Man vergl. das nebenstehende Profil).

Der Grund, warum in unmittelbar benachbarten Gebirgsteilen dieselbe Triasformation in annähernd normaler Stellung verblieb und andererseits in der komplizirtesten Weise gefaltet und überschoben wurde, dürfte in einfacherster Art durch die verschiedene Mächtigkeit zu erklären sein. In der eigentlichen Tribulaungruppe besitzt der Tribulaundolomit und Glimmerkalk zusammen eine Mächtigkeit¹⁾ von 1200—1400 m; die Dicke des Dolomitkeiles beträgt 400—500 m, sinkt aber gegenüber der Mündung des Vall Ming bis auf 200 m herab. Wenn auch dieser geringe Durchmesser teilweis durch Auswalzung zu erklären ist, so legen doch die Zahlen selbst den Gedanken nahe, dass nach der Ablagerung der Trias und vor dem Beginn der jüngeren Faltung die Mächtigkeit der ersten durch Denudation und Erosion in unregelmässiger Weise vermindert wurde; infolgedessen verhielten sich die mächtigeren Massen und die durch Denudation reduzierten Lager des Dolomits der Faltung gegenüber verschieden. Der Glimmerkalk der obersten Trias, ein überaus plastisches Gestein, scheint dagegen die Konsistenz krystallinen Schiefers besessen zu haben und wurde daher bei der horizontal von Nord nach Süd wirkenden Faltung von seiner Dolomitunterlage vollkommen getrennt.

Ein Versuch, die durch genaue kartographische Aufnahme des Pflerschthals gesammelten Beobachtungen profilmässig zu versinnbildlichen, ergiebt das beifolgende, etwas verwickelte Bild: Dreimal sind die Triasgesteine von kristallinen Schiefern in südlicher Richtung überschoben; an zwei Stellen ist außerdem der liegende Faltenflügel durch Auswalzung entfernt, bezw. von dem hangenden Flügel überschoben worden. Läge eine einfache Folge liegender Falten vor, so müfste das Schema lauten *aba babab*; diese einfache Reihenfolge zeigt nur der Kamm der Telfer Weissen. Zudem müssten, falls diese Voraussetzung richtig wäre, die Triasdolomite irgendwo eine bogenförmige Umbiegung der Bänke zeigen, die thatsächlich nirgends vorliegt. Am besten lässt sich das Vorhandensein einer Auswalzung am nördlichen Pflerschabhang nachweisen. Bezeichnen wir die drei in Frage kommenden Gebirgsglieder, Glimmerschiefer, Quarzphyllit und Trias nach ihrer natürlichen Reihenfolge mit 1, 2, 3, so würde, wenn die verquetschte oberste Trias vorläufig außer Betracht bleibt, die Reihenfolge einer normalen, liegenden Falte die folgende sein: 1 2 3 3 2 1. In Wirklichkeit beobachten wir aber nur: 2 3 1.

Durch den Druck und die Bewegung des oberen Schichtenpakets, das zur Zeit der Faltung eine erheblich grössere Mächtigkeit besessen haben muss, wurde der liegende Flügel, insbesondere der plastische Quarzphyllit überschoben und allmählich ausgewalzt.

¹⁾ Nach den oben gemachten Angaben würde die gesamte Mächtigkeit in maximo 1500 m betragen; jedoch vertreten Dolomit und Glimmerkalk sich teilweise.

Seealpenkogel Rothspitz Pflersch Gschleyer Berg Vall Ming Alp Rosskopf
 2071 m 2217 m (Station 1146 m) 2211 m 1813 m 2191 m

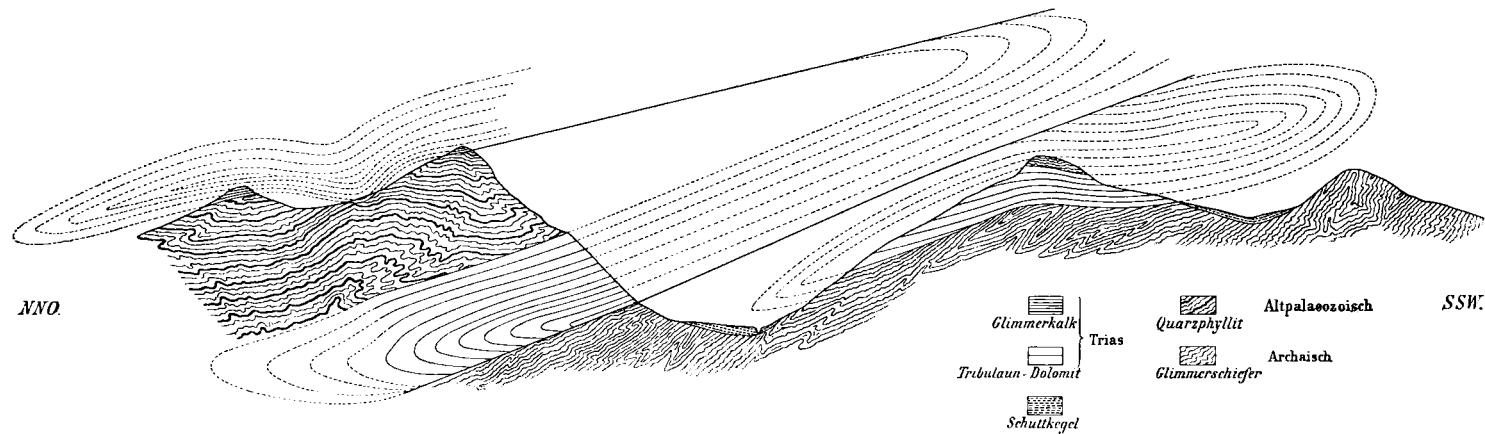


Abb. 7. Schematisches Profil durch die eingefalteten Triaszüge des Pflerschtals.

Die Gipfel des Geierskragens, des Rothspitz und des Grubjoches bestehen aus Trias und zwar aus dunkelen Glimmerkalken und ähnlichen Gesteinen, die wahrscheinlich als dynamometamorphe Mergel und Mergelkalke der Kössener Schichten anzusehen sind.¹⁾ Wie die Aufschlüsse in den südlichen Wänden des Roslaufs und der Wildgrubenalp (im S. der Schwarzen Wand) beweisen, sind diese Glimmerkalke durch horizontale Wechsellagerung auf das Innigste mit den obersten Schichten des Dolomites verknüpft. Es lässt sich somit nicht mehr feststellen, ob die Glimmerkalke des Rothspitz u. s. w. als einfache Wiederkehr der Dolomite des unteren Pflerschgehänges angesehen werden müssen oder ob sie durch eine Wechselverschiebung von denselben getrennt sind. Von Interesse ist der Umstand, dass bereits auf der Höhe der Schwarzen Wand die eigentümlichen, ein liegendes S darstellenden Falten zu beobachten sind.

Die nebenstehende Skizze zeigt in etwas schematischer Form das Profil, welches man vom Gipfel des Gschnitzer Tribulaun beobachtet. Den im Grossen

beobachteten Verschiebungen entspricht die Menge der eine wahrhaft abenteuerliche Zerquetschung zeigenden Handstücke, die beim Anstieg zum Gipfel der Schwarzen Wand in Menge zu finden sind.

Bei der weiteren Verfolgung unseres Durchschnitts treffen wir nördlich von Obernberg das ziemlich ausgedehnte, aus Schiefern, Grauwacken, Quarzkonglomeraten und Eisen-dolomiten zusammengesetzte Gebiet des Steinacher Joches,

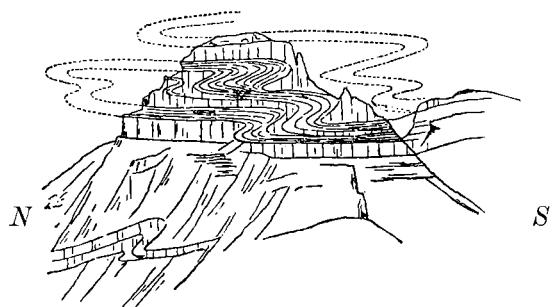


Abb. 8. Schwarze Wand vom Gschnitzer Tribulaun. (Horizontal zusammengeschobene Schichten des Glimmerkalk und des eingelagerten Dolomites; der letztere ist senkrecht gestrichelt.)

dessen obercarbonisches Alter durch häufige Funde fossiler Pflanzen sicher gestellt erscheint. Der stratigraphische Zusammenhang zwischen diesen dem höchsten Obercarbon gleichzustellenden Schichten und den das Südgehänge des Obernberger Thals zusammensetzenden Quarzphylliten ist wegen des üppigen Pflanzenwuchses und der dichten Bedeckung mit alten Grundmoränen nirgends zu beobachten. Doch ist eine diskordante Auflagerung der Steinkohlenformation auf den als altpaläozoisch anzusprechenden Phylliten nicht unwahrscheinlich.

Auf dem Nordabhang des Steinacher Joches bildet ein meist kry stallinisch umgewandelter Kalk und Dolomit das Liegende des Carbon; derselbe hängt einerseits mit den Triasmassen des Tribulaun unmittelbar zusammen

¹⁾ Wenigstens werden vollkommen übereinstimmende metamorphe Gesteine am Kesselspitze durch Adneter Liasschichten konform überlagert.

und bildet anderseits petrographisch und stratigraphisch die Fortsetzung der Kalke, welche auf dem jenseitigen Gehänge des Gschnitzthals triadische Versteinerungen enthalten und vom Lias des Kesselspitz unmittelbar überlagert werden. Die ohnehin naheliegende Vermutung, daß das Carbon von Süd nach Nord auf die Trias aufgeschoben sei, wird durch die Untersuchung der Kontaktgrenze von Kalk und Schiefer zur Gewissheit erhoben. Schon bei Steinach und Trins ist die allerdings nur an wenigen Punkten aufgeschlossene Grenze durch außerordentlich verworrene Lagerung besonders der Thonschiefer ausgezeichnet. Im Martarthal (Martheier der Karte) oberhalb von Gschnitz beobachtet man aber in der den Muttenkopf (2630 m) im NW. abschneidenden Wand, dass die massigen Bänke des Triasdolomites zu einem doppelten S zusammengefaltet sind und dass der Mittelschenkel des untenliegenden S gebrochen und verschoben ist. Weitere, wenn auch weniger hervorspringende

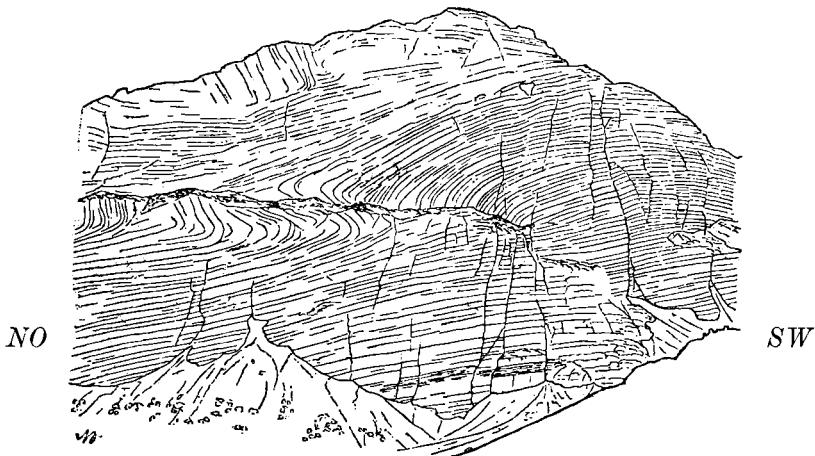


Abb. 9. Die Muttenwand im Martarthal (Gschnitz) von NW.

Der Tribulaundolomit ist von SO her durch Carbon überschoben und infolge dessen in doppelte s förmige, teilweise gebrochene Falten zusammengebogen.

Unregelmäßigkeiten treten in den das Martarthal im Westen begrenzenden Wänden zu Tage.

Für die Sicherstellung der Überschiebung des Carbon ist ferner eine Beobachtung von Wichtigkeit, welche ich beim direkten Abstieg vom Kalbenjoch nach Trins, etwa halbwegs zwischen Dorf und Gipfel gemacht habe. Inmitten der das ganze Gehänge zusammensetzenden Triaskalke findet sich hier ein beschränktes Vorkommen von carbonischem Quarzkonglomerat, d. h. von einem Gestein, das zu den bezeichnendsten der Steinacher Steinkohlen-

formation gehört. Die Dolomite im Hangenden dieses Vorkommens sind wenig oder gar nicht metamorphosirt, während die weiter abwärts anstehenden Triasgesteine alle Anzeichen starker mechanischer Pressung tragen. Man darf das Konglomerat des Kalbenjoches demnach als die Spitze der über und in die Trias keilartig vorgeschobenen Masse ansehen.

IV.

Untersuchungen über den Bau der Ostalpen.

1. Der Zusammenhang der Faltung in der Ötzthaler und Tribulaungruppe mit der Umbiegung des Judicarienbruches.

Die im Abschnitt III zusammengestellten Beobachtungen berechtigen zu den nachfolgenden Annahmen:

Die Ötzthaler und Stubauer sowie die westlichen Zillerthaler Centralalpen (Weisspitz) waren von zusammenhängenden Triasmassen bedeckt, welche sämtlich eine mehr oder weniger vollständige Umwandlung zu krystallinen Gesteinen durchgemacht haben.

Diese mächtigen Triasgesteine haben als starre Gesteinsmassen dem Gebirgsdruck Widerstand geleistet und sind umgewandelt, aber nur von unbedeutenden Brüchen und Faltungen betroffen worden (N. und S. vom Stubaital, westliche Tribulaungruppe); die weniger mächtigen Triasdecken wurden von der faltenden Kraft überwältigt und gewähren dann die Möglichkeit, den verwickelten Gebirgsbau der Centralalpen zu entwirren (östliche Tribulaungruppe, Telfer Weisse, Penser Joch, Schneeberg). Quer über die Einsattelung des Brenner streicht eine regelmässige Antiklinale des Tuxer Gneisskammes, deren Achse nach Westen gesenkt ist. Der Kern wird von den massigen weißen Gneissen, die Flanken von krystallinem Kalk und Kalkphyllit in den liegenden und Quarzphyllit in den hangenden Teilen gebildet. (Von einer der Brennerlinie in der Fortsetzung des Judicarienbruches folgenden Verwerfung ist keine Spur wahrzunehmen.) Auf der Südseite dieser Antiklinale ist südwärts gerichtete Überschiebung die Regel. Die eingefalteten oder von Wechselflächen durchschnittenen Triasgesteine fallen somit flach nördlich. Diese Lagerungsform kennzeichnet die von Teller beschriebenen Diploporenkalke des Penser Joches ebenso wie die drei Triaszüge des unteren Pferschthals und die in der westlichen Fortsetzung liegenden Crinoidenmarmore des Schneeberges. Die Zone der südwärts gerichteten Überschiebungen wird begrenzt von der Brixener Granitmasse, welche gleichsam einen stauenden Wall gebildet zu haben scheint.

Im Norden der Brenner-Antiklinale werden die Ausläufer der Tribulaun-Trias durch das Steinacher Carbon überschoben, und zwar dürfte diese

Überschiebung von Süd nach Nord erfolgt sein. Weiter nördlich liegt die Trias fast ungestört auf dem gefalteten Urgebirge. Nach Süden zu erstreckt sich die Überschiebung auf eine dreifach grössere Entfernung von der Hauptachse als nach Norden.

Diese asymmetrische Aufwölbung der Centralzone ist von Teller¹⁾ auch weiter östlich im centralen Zillerthaler Gebirge nachgewiesen worden: Die Gneissgewölbe des Tuxer und Zillerthaler Kammes bilden zwei asymmetrisch gebaute, lokal nach Süden überschobene Antikinalen, zwischen denen die jüngeren Kalkphyllite ein System eng geprefster, an Längsbrüchen überschobener, gleichsinnig geneigter Falten darstellen.

Die ungleichseitige Aufwölbung der Centralzone entspricht der verschiedenartigen Anlage der nördlichen und der südlichen viel verwickelter gebauten Kalkalpen.

Im Norden unterscheidet man jenseits des stellenweise fehlenden Grauwackenzuges die aus Trias und untergeordnetem Jura bestehenden eigentlichen Kalkalpen, die Flyschzone und die jüngeren randlichen Tertiärbildungen. Jedes dieser Glieder enthält mannigfache tektonische Unregelmässigkeiten, so die Überschiebungen des Außenrandes, die Aufbrüche von Werfener Schichten, nach welchen zu die jüngeren Triasmassen von Norden und Süden her einfallen u. s. w. Doch bleibt die Reihenfolge der Zonen im Norden unverändert. Anders im Süden.

Der kolossale, schräg gegen das Gebirgsstreichen gerichtete Judicarienbruch, sowie das inselartige Auftauchen älterer Gesteine inmitten der Triasbildungen (bei Recoaro), an der Cima d'Asta und in der Karnischen Hauptkette haben schon seit langer Zeit den Scharfsinn der Geologen auf die Probe gestellt.²⁾ Aus der Kombination der früheren Beobachtungen mit meinen geo-

¹⁾ Verhandl. d. k. k. geolog. Reichsanstalt, 1882, S. 242: «Den eigentümlichen, auf die westlichen Ausläufer der Tauernkette beschränkten Schichtenaufrichtungen und südlichen (d. h. nach N. fallenden) Überschiebungen stehen in dem zwischen dem Tauernkamm und der Brixener Granitmasse liegende Gebiet Lagerungsverhältnisse gegenüber, die auf energische, in entgegengesetzter Richtung wirkende Stauungen schließen lassen. Im Eisackthal... begegnet man noch ruhigen, ungestörten Lagerungsverhältnissen... Wo man, mit den Durchschnitten nach Ost vorrückend, in den Meridian der Störungerscheinungen am Südrande des Hochfeiler-Möseler-Kammes tritt, ändert sich plötzlich das tektonische Bild. Östlich von Pfunders schon stellen sich die beiden altersverschiedenen Schichtfolgen senkrecht auf, und wenige Kilometer weiter in Ost, im Lappach-Mühlwalder Thal, fallen Glimmer, Kalkglimmer- und Chloritschiefer der jüngeren Schichtreihe ca. 40° in Süd unter die älteren Gneise ein... Für den schmalen, nur etwa 5 km breiten Streifen von Schichtgesteinen der Schieferhülle, den der Raum zwischen der Tauernmasse und dem Gneismantel der Nordabdachung des Brixener Granites ausfüllt, ergeben sich höchst eigentümliche Lagerungsverhältnisse. Die... Kalkphyllite fallen beiderseits unter die von Nord und Süd überschobenen älteren Gneismassen ein — im Norden steiler ($60-70^{\circ}$), im Süden flacher (40°) — und bilden eine asymmetrische, im Innern durch wiederholte Steilstufen komplizierte, W-förmige Mulde, deren Ränder von beiden Seiten nach Innen überbogen sind.»

²⁾ Schon diese Vorkommen widerlegen die Theorie eines symmetrischen Aufbaues der Alpenkette. Allerdings werden unter Asymmetrie und Einseitigkeit sehr verschiedene Dinge verstanden (Margerie, Dislokationen, S. 117).

logischen Untersuchungen der Karnischen und Ötzthaler Alpen ergeben sich einige neue Gesichtspunkte für die Auffassung des Gebirgsbaus.

Den wesentlichen Inhalt der (bis 1885) gemachten Erfahrungen fasst E. Süss wie folgt zusammen (Antlitz der Erde, B. I, S. 321): «Wir sehen eine sehr grosse Bruchlinie vom Idrosee durch Judicarien, durch Val Rendena, über Malé, durch die Naifschlucht bei Meran bis in das Penserthal auf beiläufig 128 km sich erstrecken und dabei, nachdem bis in die Nähe von Meran die gerade Richtung gegen NNO eingehalten war, eine hakenförmige Biegung gegen NO eintreten. Wir sehen auf der ganzen Länge die östliche Seite des Gebirges abgesunken.» Süss deutet diese Bruchlinie als den letzten Ausläufer, der die Absenkung der Adria bedingenden «periadriatischen Brüche». «Es mag daher (a. a. O. S. 353) recht wohl gesagt werden, dass der Rand der adriatischen Senkung bis nach Meran in die Alpen greife».

Mit dieser Annahme ist die Thatsache wohl kaum in Einklang zu bringen, dass von Meran nach Norden bis in die höchsten Regionen der Ötzthaler Alpen, bis zum Granatkogel und dem Timbel-Joch, andererseits in nordöstlicher Richtung bis zum oberen Pflerschthal der ganze zum Teil höchst verwickelte Faltenbau des Urgebirges und der eingefalteten Triasmarmore der Nordostrichtung folgt. Dass ein unmittelbarer Zusammenhang zwischen dem Bau des Gebirges und der Umbiegung der Judicarienlinie besteht, ergiebt sich aus der allmählichen Drehung des Streichens aus NNO nach NO, ONO und O.¹⁾ In unmittelbarer nördlicher Fortsetzung der Judicarienlinie (d. h. NNW von Meran) streichen die Marmor- und Hornblendeschieferzüge von der Hochwilden (3477 m) bis zum Liebener Spitz (3402 m) genau nach NNO, und der Verlauf des Kammes entspricht vollkommen der Richtung der Schichten.

In nordnordöstlicher Richtung bleibt dieses Gebirgstreichen bis zum Timbeljoch vorherrschend, und biegt dann nach NO um. Weiter südlich im Passeyerthal oberhalb von St. Leonhard ist das NO-Streichen von dem Seeberspitz (3305 m) an nachweisbar, um dann in den archaischen Marmorzügen des Ratsschingesthales nach O umzubiegen.

Genau zwischen den beiden eben besprochenen Regionen liegt in einer Höhe von 2300 m das in lebhaftem Betriebe befindliche Zinkblende-Bergwerk St. Martin am Schneeberg. Hier erlaubten die durch den Bergbau geschaffenen Aufschlüsse und die Untersuchung der eingefalteten Triasmarmore²⁾ die Feststellung zahlreicher Einzelheiten. Als Hauptergebnis ist hervorzuheben, dass in diesem, 34 km nordöstlich von Meran liegenden Gebiet die Interferenz der

¹⁾ Die nachfolgenden Angaben beruhen für den NW-Teil des in Frage kommenden Blattes Sölden - St. Leonhard auf eigenen Einzeluntersuchungen, im Übrigen auf dem von F. Teller aufgenommenen, von der k. k. geol. Reichsanstalt (mit Handkolorit) herausgegebenen Blatte der G. St. K. (1/11000). Auch hiervon sind mir Passeyer und Ötzthal aus eigener Anschauung bekannt.

²⁾ Auffindung deutlicher Crinoidenreste lässt das jüngere Alter der teilweise vollkommen metamorphosirten Dolomite zweifellos erscheinen.

NNO- und der ONO-Richtung, d. h. die Umbiegung der Judicarienlinie zum schärfsten Ausdruck gelangt.

Über die interessante, zweimal untersuchte Umgebung des Schneeberges enthält mein Tagebuch die folgenden Notizen¹⁾:

Das Generalstrecken des archaischen Glimmerschiefers und Granaten-glimmerschiefers, in dem die wesentlich aus Zinkblende und Bleiglanz bestehenden Gänge aufsetzen, ist genau O—W, das Einfallen unter 30—40° nach N gerichtet.

Die Gänge schneiden das Streichen der Schiefer unter mehr oder weniger spitzem Winkel; der «hangende» (nördliche) Gang streicht ONO—WSW. Der selbe verläuft genau parallel zu einem Teile der eingefalteten Triasmarmore, dem Zug Schwarzseespitz—Karlweisse und dem nördlichen Schenkel des hakenförmig gebogenen Dolomites der Moarer Weissen. Der liegende (südliche) Gang streicht NNO—SSW, schart sich infolgedessen im Norden mit dem hangenden Gang und verläuft parallel zur Falte der Gürtelwand und dem nördlichen Schenkel der Moarer Weissen.

Die Spalten, auf denen die Erze sich absetzten, sind also gleichzeitig und parallel mit der Einfaltung der Marmordolomite aufgerissen worden. Das abweichende Streichen der archaischen Schiefer deutet auf das Vorhandensein einer früheren Faltung hin, deren genauere Altersbestimmung allerdings äusserst schwierig sein dürfte.

Sowohl die Erzgänge, wie die beiden hakenförmig umgebogenen Dolomiteinfaltungen triadischen Alters zeigen die Umbiegung aus NNO nach ONO, welche weiter südlich bei Meran in der Judicarienlinie wiederkehrt.

Auf die Thatsache, dass die Judicarienlinie kein einfacher Absenkungsbruch (Tafellandbruch) ist, sondern mit der Faltung des Gebirges in unmittelbarem Zusammenhange steht, weisen u. a. die von Vacek und Bittner aus der Gegend des Gardasees, der Brentagruppe und Judicarien beschriebenen Faltungen hin, welche der genannten Linie parallel verlaufen.

2. Der Zusammenhang der Judicarienlinie mit den Gail- und Draubriüchen.

Im weiteren östlichen Verlauf büsst auch nach Suess' eigener Darstellung die Judicarienlinie ihren Bruchcharakter ein. Südlich von Meran, kurz vor der Umbiegung beginnt ein neuer grosser Tonalitzug, auf dessen Südseite die Verwerfung noch deutlich erkennbar ist. Aber in der Nähe der Brennerstrasse, bis zu welcher der Granit ununterbrochen durchstreicht und wo derselbe seine grösste Breite erlangt, ist der Judicarienbruch nicht mehr sichtbar:

¹⁾ Eine ausführliche Darstellung der petrographischen und mineralogischen Vorkommen hat neuerdings v. Elterlein veröffentlicht (Jahrbuch d. k. k. geolog. Reichsanstalt 1891). Auf die tektonischen Verhältnisse ist in dieser Arbeit weniger Rücksicht genommen.

Der Granitzug lagert gegen Nord und Süd wie ein Gewölbe unter den angrenzenden Gesteinszonen (a. a. O. S. 321).

Der Granitzug, welcher von nun an die tektonische Judicarienlinie gewissermaßen vertritt, ist von Teller noch weiter bis in die Gegend von Bruneck verfolgt worden.

Der nördliche Parallelzug, die eingefalteten Triasdolomite von Pens und Stilfes im Eisackthal wurden bereits erwähnt. Von besonderer Bedeutung ist der Umstand, dass nach Teller die östliche Fortsetzung dieser tektonischen Linie in genau derselben Weise durch zwei parallele Kalkfalten erfolgt. Die eine derselben ist unbedeutend, die andere durchsetzt von Bruneck bis Wimbach unweit Sillian das Villgrattener Gebirge in einem 33 km langen Zuge und besteht aus Diploporen führenden Triasgesteinen sowie aus Adneter Liaskalken.

Auch dass das vom Draubruch im Norden begrenzte, aus nordalpinen Gesteinen bestehende Gailthaler Gebirge als Fortsetzung des Brunecker Triaszuges aufzufassen sei, wurde schon von Teller vermutet.

Jedoch gestatten meine geologischen Aufnahmen in diesen östlichen Gebieten eine genauere Feststellung des tektonischen Zusammenhangs der Judicarienlinie mit den Gail- und Draubrüchen. Hiernach entspricht nicht nur der Oberlauf der Drau, sondern auch das ganze Thal der Gail einer gewaltigen, den eigentlichen Judicarienbruch an Länge übertreffenden Verwerfung (die Länge des eigentlichen Judicarienbruches beträgt 102 km, die des Gailbruches 110 km). Zwischen beide Brüche ist der das nördliche Gailthaler Gebirge bildende Streifen nordalpiner Trias eingesenkt, besitzt jedoch nicht die einem Graben im Tafelland zukommende Zusammensetzung,¹⁾ sondern einen regelmässigen, an den Jura oder die Appalachien erinnernden Faltenbau. Insbesondere besteht das eigentliche Lienzer Gebirge aus einer weitgespannten regelmässigen Antiklinale im Süden, an die sich im Norden die schmale Synklinale des Rauchkofels mit ihren Kössener und Adneter Schichten anschliesst.

Der Drau- und Gailbruch sind also nicht als einfache Absenkungsbrüche, sondern als Flügel einer ausgedehnten Synklinale aufzufassen, welche infolge des Übermaßes der Faltung gebrochen sind. Die Betrachtung der östlichen und westlichen Fortsetzung des Gailthaler Gebirges erhebt diese Annahme zur Gewissheit: Im Westen finden wir nach einer nur 10 km betragenden Unterbrechung zwischen Abfaltersbach und Wimbach den oben erwähnten Villgrattener Triaszug, welcher alle Merkmale starker Faltung an sich trägt; im Osten geht der Draubruch zwischen Greifenburg und Lind im Drauthal ebenfalls

¹⁾ Suess vergleicht dasselbe mit einer dreieckigen, monoklinal nordwärts geneigten Scholle mit aufgeschlepptem Scheitel (a. a. O. S. 340).

in eine Einfaltung über; die Grödener Sandsteine überlagern hier¹⁾ diskordant mit sehr steilem Südfallen den Phyllit, welcher eine ungefähr gleichgerichtete Neigung besitzt.

Auch die Karnische Hauptkette, welche meist aus altpalaeozoischen Gesteinen besteht, ist nicht als ein «Horst», sondern als eine antiklinale, meist von Brüchen begrenzte Aufwölbung zu deuten. Dass Zusammenfaltung, nicht aber Absenkung die hauptsächliche Entstehungsursache gewesen ist, das beweist am besten die peripherische, nach innen zu allmählich abnehmende Aufbiegung der Sextener Triasmassen, ferner die häufig am Südrand der Hauptkette beobachtete Einfaltung von schmalen Grödener Sandsteinzügen in den älteren Gesteinen, endlich die auch in der Trias der südlichen Gebirge bei Bladen und Pontafel vorkommenden antikinalen Aufwölbungen.

Von besonderer Bedeutung für die Auffassung, welche in den älteren Massen der Südalpen Aufwölbungen, nicht aber Horste inmitten eines Senkungsgebietes sieht, ist das Verhalten der ausgedehnten Schollen am Nordrand: An der Rosengartenflexur in der Fassa-Grödener Tafelmasse und an der Villnösslinie (östlich von Brixen) ist der Nordflügel gesunken; hingegen ist weiter im Osten an den grossen Brüchen der Karnischen Hauptkette nördlich von Malborget und Tarvis der Nordflügel emporgewölbt.

In den Julischen Alpen, also genau südlich von dem eben berührten Gebiet, erscheint an dem Triglav- und Mirnikbruch wieder der Nordflügel gesunken. Diese — grosenteils erst nach dem Erscheinen von Suess' Antlitz der Erde beobachteten — Thatsachen sind nicht mit der Annahme eines staffelförmigen Absinkens der Ostalpen zum Adria in Einklang zu bringen. (Antlitz d. Erde I S. 351.)

Abgesehen von den oben erwähnten Gründen würde auch die folgende Erwägung gegen die Annahme von Suess sprechen. Irgendwelche «Hebung» der Südtiroler Triasberge erscheint schon deshalb notwendig, weil die mittlere Meereshöhe derselben bedeutender ist, als die der gefalteten gleichalten nordalpinen Ketten. Es müfste demnach im Sinne von Suess zuerst eine Hebung und dann eine nachträgliche Absenkung erfolgt sein. Nehmen wir die mittlere Erhebung der bedeutenderen Südtiroler Triasberge zu nur 2500 m, ergänzen die durch Denudation entfernte Masse — im Sinne der über diese Vorgänge herrschenden Anschauungen — zu etwa 5000 m, so würde sich für das ursprüngliche, nicht durch spätere Absenkung erniedrigte Südtiroler Gebirge etwa die Höhe des Himalaya ergeben. Ein solches Gebirge würde die Centralzone an Höhe überragt und vor allem den Lauf der Flüsse in einer derartigen Weise umgestaltet haben, dass noch jetzt Spuren dieses Vorganges etwa in der Form großer, die Centralkette

¹⁾ Vergleiche das im Antlitz der Erde 358 beschriebene Profil, dessen Zeichnung mir von Herrn Professor Suess gütigst zur Veröffentlichung übergeben wurde (die Karnischen Alpen S. 150, Profil-Tafel VII).

durchbrechender Querthäler vorhanden sein müfsten. Es ist also die Annahme nicht zu umgehen, dass die südlichen Kalkalpen durch Emporwölbung, oder besser durch Emporzerrung an Bruchlinien in ihre jetzige Höhenlage gekommen sind. — Dabei soll nicht bestritten werden, dass hier und da lokale Einbrüche nachträglich stattgefunden haben. Verfasser hat sogar selbst dergleichen nachzuweisen gesucht.

Nach dem Vorangegangenen stellt sich die 330 km weit vom Idrosee bis in die Gegend von Villach zu verfolgende Gail-Judicarienlinie als die gewaltigste Störung dar, welche wir im Gebiete der gesamten Alpen kennen.

Vom Idrosee bis Weissenbach im Penser Thal beträgt die Länge des Bruches 128 m; von hier bis zum Eisackthal verfolgen wir die eingefaltete Trias 14 km weit; von Stilfes im Eisackthal bis Bruneck beträgt die Länge des Granitzuges ca. 35 km, die des Villgrattner Triaszuges vom Dolomittriff bei Bruneck bis Wimbach bei Sillian 33 km. Nach einer wenig über 10 km langen Unterbrechung setzen bei Abfaltersbach Drau- und Gailbruch wieder ein, und der letztere lässt sich von hier bis Villach auf fast 110 km ununterbrochen verfolgen.

Die Faltung ist, wie ausführlich nachgewiesen wurde, als ursprüngliche Ursache dieser Gail-Judicarien-Linie anzusehen; jedoch erreichen im eigentlichen Judicarien, im Gail- und oberen Drauthale die Einfaltungen ein Übermaß der Spannung und gehen infolgedessen in Brüche über.

3. Karnische Hauptkette, Sugana—Save-Linie, Cima d'Asta.

Mojsisovics hat bereits vor Jahren als Charakterzug der südlichen Ostalpen¹⁾ das wiederholte und auf längere Strecken anhaltende Auftauchen palaeozoischer Bildungen inmitten der mesozoischen Kalkmassen hervorgehoben. Die nach Umfang und vertikaler Erhebung weitaus bedeutendste dieser aus alten Formationen bestehenden Inseln ist das in erheblicher Entfernung von der Karnischen Hauptkette liegende Cima d'Asta-Gebirge. E. Suess deutet das letztere als Horst, v. Mojsisovics²⁾ hebt dagegen auf Grund umfassenderer Begehungen hervor, dass das von Granit durchsetzte Phyllitgebirge «wie ein normaler Aufbruch unter dem jüngeren Deckgebirge emportauche». Kurz darauf wird noch einmal hervorgehoben, dass im Bau der Cima d'Asta eine «antiklinale Aufwölbung» angedeutet sei. Es braucht kaum bemerkt zu werden, wie gut diese Auffassung mit der oben in Bezug auf die Karnischen Alpen vertretenen übereinstimmt.

Von besonderer Bedeutung ist dabei der Umstand, dass die Suganaspalte, welche im Süden die Cima d'Asta begrenzt, im nordöstlichen Weiterstreichen bei Comelico auf den Südrand der Karnischen Hauptkette trifft. (Vgl. d. Karte S. 104.)

¹⁾ Dolomitiffe S. 395.

²⁾ Dolomitiffe S. 400.

Die zwischen Comelico und der Cima d'Asta liegenden, wesentlich aus flachgelagerter Trias bestehenden Gebirge enthalten ebenfalls ältere Aufwölbungen, welche an der besprochenen Dislokationslinie liegen. Aus der Gegend von Lorenzago am Piave (südlich von Comelico) hat Harada mehrere, von Perm umgebene Phyllitvorkommen beschrieben, die also im Kleinen ein Abbild der Cima d'Asta bilden. Die erwähnte Suganaline schwenkt nach ONO und später nach O um, um bei Ravascletto in einem unbedeutenden Bruche und weiterhin im Fella- und Savethal wieder aufzuleben.

Zwischen Paularo (Carnia) und der bei Pontebba mündenden Pontebbana beobachteten wir eine Reihe O—W streichender steiler Falten und tiefeingreifender Längsbrüche; in der Umgebung von Pontafel entwickelt sich eine Antiklinale, deren nördlicher Flügel überkippt ist. Für dies Wiederaufleben des Sugana-bruches gilt dasselbe, was Mojsisovics¹⁾ für den Westen angiebt: «wie die Falten im Gebiete der Etschbucht der Judicarienspalte folgen, so laufen die Faltungen im Süden der Valsuganaspalte dieser parallel». In geringer Entfernung von Pontafel geht (bei Leopoldskirchen) die Falte wieder in einen Bruch zwischen dem abgesunkenen Schlerndolomit im Norden und der unteren Trias im Süden über. Dieser Längsbruch, der Savebruch, bildet weiterhin die Südgrenze der Karawanken und erstreckt sich durch das Savethal weit nach Osten bis zum Beginn des Laibacher Senkungsfeldes.

Die Karnischen Alpen bilden, wie die vorhergehenden Ausführungen beweisen, im Osten des Gebirges gewissermaßen einen tektonischen Brennpunkt, in dem die hauptsächlichsten Strahlen sich vereinigen. Im Norden finden wir gefaltete Triasketten in nordalpiner Entwicklung, im Süden die gebrochenen Kalkmassen der südlichen Ausbildung. Der gesamte Nordrand wird von dem östlichen Ausläufer der Judicarienlinie, dem Gailbruch gebildet; mit dem östlichen Teile des Karnischen Südrandes verbindet sich die nur auf eine kurze Strecke unterbrochene Suganaline, die Fortsetzung der Aufwölbung der Cima d'Asta. Man könnte die letztgenannte geologische Leitlinie in analoger Weise als Sugana-Save-Linie bezeichnen.

Zwischen beiden trifft die wichtigste Verwerfung des nördlichen Südtirol, die Villnösser Linie, welche sich vorher mit zwei anderen, minder bedeutenden Brüchen²⁾ vereinigt hat, auf die centrale Hochregion der Karnischen Devonriffe (Kellerwand) und bedingt hier eine wahrhaft abenteuerliche Zersplitterung und Verschiebung in der Erdrinde. Auf die östliche, in den Karawanken nachweisbare Fortsetzung dieses Bruches hier einzugehen, würde zu weit führen.³⁾

¹⁾ Dolomitriffe S. 519.

²⁾ Falzarego- und Antelao-Linie.

³⁾ Man vergleiche die Auseinandersetzung in dem Buch über die Karnischen Alpen. S. 98 ff.

4. Die asymmetrische Entwicklung der nördlichen und südlichen Ostalpen.

Bekanntlich besteht unter den besten Kennern der Ostalpen ein Gegensatz über die Frage des symmetrischen oder einseitigen Baues des Gebirges. Besonders hat Suess den Gegensatz der gefalteten nördlichen und der gebrochenen südlichen Kalkalpen hervorgehoben. Jedoch lässt sich nicht verkennen, dass ähnliche Züge in der Tektonik der nördlichen und südlichen Kalkalpen vorhanden sind; so fehlen auch in den letzteren Auffaltungen nicht ganz. Dieselben sind besonders am Südrande entwickelt (Tertiärgebirge von Belluno, Monte Baldo), kommen aber auch im Gebiet der inneren Triasalpen vor (Judicariengebiet nach Bittner¹⁾ Bladen, Pontafel). Andererseits ist in einigen Teilen der nördlichen Kalkalpen, besonders bei Berchtesgaden, am Dachstein und im Toten Gebirge der Plateaucharakter scharf ausgeprägt.

Jedoch beruhen diese Ähnlichkeiten wohl größtenteils darauf, dass gleichartige Gesteine unter abweichenden tektonischen Verhältnissen ähnliche Formen annehmen. Gewaltige Massen von dickbankigen oder ungeschichteten Kalken haben in auseinandergezerrten wie in zusammengeschobenen Gebieten die gleiche Tendenz zur Dislokation durch Brüche. Starke Zusammenschiebungen derartiger Massen, wie sie aus dem Berner Oberland bekannt sind, bilden auch in der Zone der größten Faltung eine Ausnahme. Sind doch z. B. die Dolomitmassen des Kirchdach und des Tribulaun zwar durch horizontale Kalkkeile mit den umgebenden gefalteten Schiefern verbunden, aber andererseits in ihrer Masse fast vollkommen horizontal gelagert. Im Allgemeinen sind die gefalteten Regionen in den Südalpen ebensowenig ausgedehnt, wie die Gebiete mit horizontaler Lagerung im Norden.

Suess hat diese Verschiedenheit durch den Einfluss der in die Ostalpen eingreifenden adriatischen Senkung erklären zu können geglaubt (s. o.). Aus dem Bestreben, «die Senkung zu überschieben», seien die zahlreichen Brüche der Ostalpen hervorgegangen (Antlitz der Erde I, S. 353). Jedoch würde gerade ein derartiger Vorgang die ausgedehnten Aufbrüche älterer Gesteine auf den Dislokationspalten unerklärt lassen.

Es soll hier gegen die Annahme der adriatischen Senkung als solcher um so weniger polemisirt werden, als dieselbe durch zahlreiche neue Beobachtungen bestätigt worden ist. Meine Anschauung weicht von der Suess'schen insofern ab, als ich den Einfluss der adriatischen Senkung auf den Bau der Ostalpen höchstens in der Belluneser Linie sowie in der östlichen Fortsetzung derselben zu erkennen vermag, welcher das Absinken der Kreide und Tertiärbildungen zwischen Tagliamento und Isonzo veranlaßt.

¹⁾ Über die geologischen Aufnahmen in Judicarien und Val Sabbia-Jahrb. d. k. k. geol. Reichsanstalt 1881, III. Heft.

Die geologischen Leitlinien der südlichen Ostalpen

I : I 500 000.

Nach den Aufnahmen von E. v. Mojsisovics, E. Suess, F. Teller, A. Bittner, M. Vacrek, K. Futterer und F. Frech.

Zu S. 104.

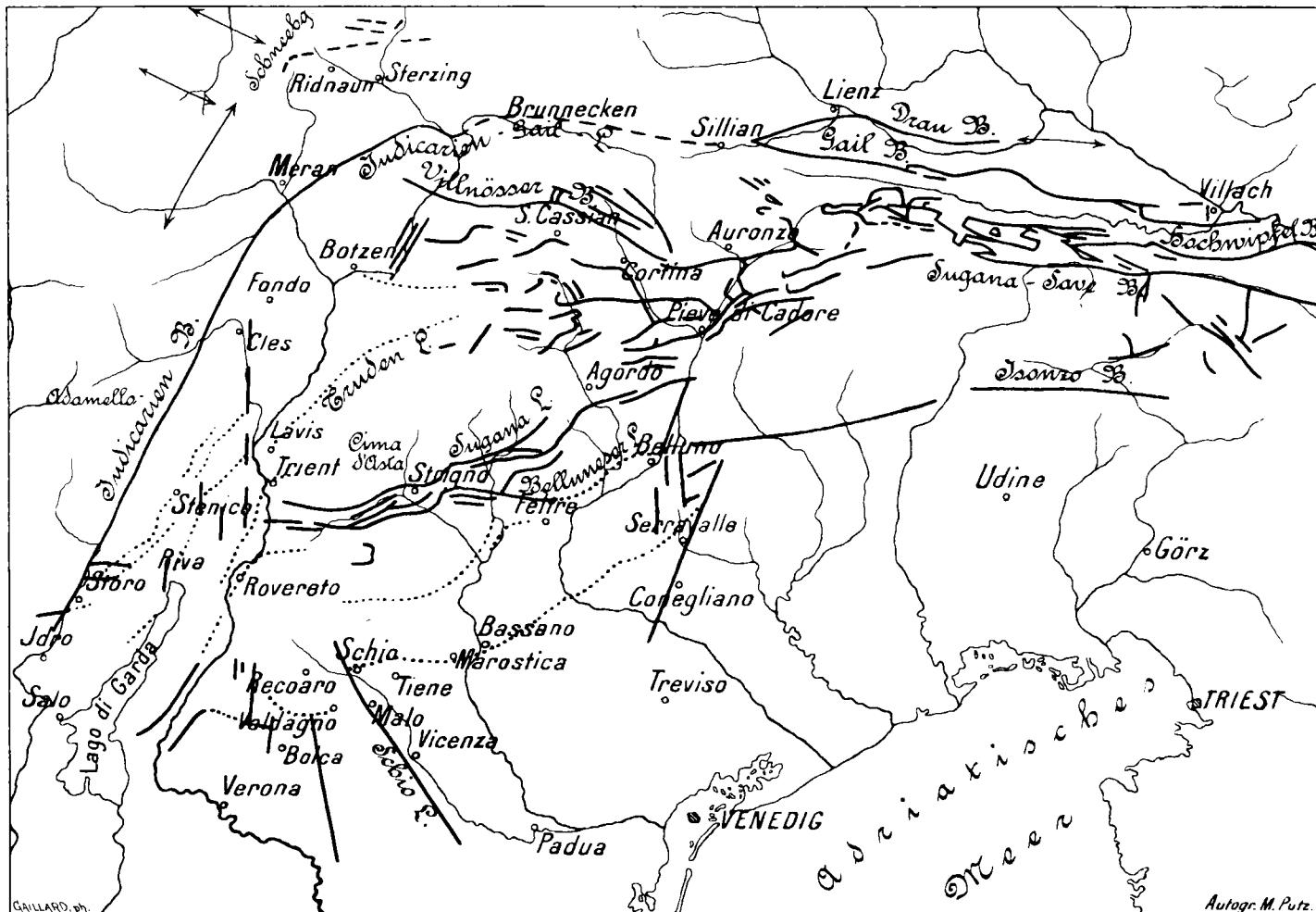


Abb. 10. Die vollen Linien bezeichnen Brüche, die punktierten schiefe Falten (Flexuren nach E. Suess*), die durchbrochenen Überschiebungen (sämtlich nach Süden gerichtet). Die Pfeile geben das Streichen der Urgebirgsschichten an.

*) Eine echte Flexur trennt östlich von Botzen Schlern und Rosengarten.

einer dritten — allerdings wesentlich jüngeren Aufwölbung, dem Meran-Brixener Granit begleitet (vergl. oben). Viel weiter divergiren im Osten (Mur) die beiden aus Centralgneiss bestehenden Aufwölbungen der Niedern Tauern und der Norischen Alpen; die zwischenliegende Synklinale wird auch hier von jüngeren krystallinen Schiefern gebildet.

5. Welche tektonische Anlage liegt dem Aufbau der südlichen Ostalpen zu Grunde?

v. Richthofen unterscheidet die Faltengebirge nach ihrer homöomorphen oder heteromorphen Ausbildung; bei den ersteren (Jura, Appalachien) liegen eine Reihe gleichartig gebauter Falten nebeneinander, während bei der zweiten Form eine hochaufgewölbte Mittelzone von ungleich gebauten Nebenketten eingefasst wird. Das Vorhandensein «unentwickelter Centralketten» im Süden der Ostalpen beweist nur, dass auch bei dem typischen Beispiel eines heteromorphen Faltengebirges eine gewisse Hinneigung zur homöomorphen Entwicklung vorhanden ist. Auch hat bereits v. Richthofen hervorgehoben (Führer S. 668), dass im östlichen, geradgestreckten Teile der Ostalpen die asymmetrische Ausbildung abnehme, dass der Gebirgsbau sich demjenigen der homöomorphen Faltungsregionen nähere. Aus den obigen Ausführungen geht hervor, dass dies auch in den westlicheren Teilen bis zu einem gewissen Grade zutrifft.

Die Frage, warum in dem einen Gebiet ein heteromorphes, in dem anderen ein homöomorphes Faltengebirge entstanden sei, gehört zweifellos zu den verwickeltesten Problemen der allgemeinen Geologie.¹⁾ Immerhin vermag man so viel zu behaupten, dass die geologische Vorgeschichte — vorausgesetzt, dass dieselbe mit einiger Sicherheit festzustellen ist — den Schlüssel zum Verständnis der heutigen tektonischen Verhältnisse liefert.

Der Verlauf des Nordrandes der Alpen wird bedingt durch die Reihe uralter Gebirgskerne, an welche im Süden eine in früherer Zeit nicht gefaltete und daher plastische Zone der Erdrinde angrenzt. Hingegen sind die Trias- und Juraschichten Mitteldeutschlands, welche zwischen den alten Gebirgskernen, d. h. auf einer gefalteten, jetzt in die Tiefe gesunkenen Gebirgsmasse ruhen, von keiner allgemeinen jüngeren Zusammenschiebung betroffen worden, sondern erscheinen lediglich durch Brüche²⁾ dislocirt. Dass die Bildung der Brüche in Mittel-Europa etwa gleichzeitig mit der hauptsächlichsten Faltung der Alpen erfolgte, ist von mir bereits früher nachgewiesen worden.

Sollte nicht der in den Südalpen beobachtete Gegensatz zwischen der gefalteten Trias des Etsch- und Gailgebiets einerseits und den gebrochenen Triasmassen im übrigen Südtirol, Venetien und Kärnten andererseits auf ähnlichen Ur-

¹⁾ Vergl. v. Richthofen, Führer S. 665.

²⁾ Eine Ausnahme bildet der Nordrand des Harzes.

sachen beruhen? Die Spuren eines uralten, zur mittelcarbonischen Zeit¹⁾ aufgefalteten Hochgebirges vermögen wir auch hier von Südsteiermark bis zur Ostgrenze von Tirol zu verfolgen. Im Norden dieses durch neuere Aufwölbung unserer Beobachtung erschlossenen alten Gebirgskernes beobachten wir (im Gailthaler Gebirge und in den Karawanken) gefaltete, im Süden ungefaltete, gebrochene Trias. Es liegt nahe, das verschiedene tektonische Verhalten der gleichen Formation auf die Verschiedenheit der tieferen Unterlage zurückzuführen und anzunehmen, daß das alte carbonische Alpengebirge sich von der heutigen Gail-Drau-Linie weiter südwärts erstreckt habe.

Damit würde auch der merkwürdige Verlauf der Judicarienlinie einigermaßen dem Verständnis näher gerückt werden. Dieselbe umzieht ein Gebiet alter, intensiver Gebirgsbildung, dessen Ausdehnung durch die gefalteten paläozoischen Gesteine der Karawanken und Karnischen Alpen, sowie die dem Cambrium oder Untersilur gleichzustellenden Quarzphyllite der Cima d'Asta und von Recoaro bezeichnet wird. All diese Gesteine werden von dem dyadischen Grödener Sandstein diskordant überlagert; die Faltung hat jedoch, wie die Lagerungsverhältnisse der Karnischen Hauptkette unzweifelhaft ergeben, schon in der Mitte der Carbonzeit stattgefunden.

Am Rande der alten Massen, im Etschbucht-Gebirge sind bereits wieder jüngere Faltungen sichtbar; das Tertiär des Südrandes ist ebenfalls in deutliche Synkinalen und Antikinalen zusammengebogen; vielleicht bezeichnen hier der Tagliamento-Isonzo-Bruch und weiterhin die Belluneser Linie die in der Tiefe liegende Grenze der alten gefalteten Masse.

Hiernach hat nicht ein späterer Einbruch (E. Suess) oder die Lockerung des Gebirgsgefüges auf der Innenseite der Faltengebirge (v. Richthofen), sondern das Vorhandensein eines unnachgiebigen Kernes die asymmetrische Ausbildung der südlichen Ostalpen veranlaßt.

In gewissem Sinne enthält diese Auffassung eine Rückkehr zu den älteren Ansichten von Studer und Mojsisovics, die der letztere folgendermaßen²⁾ zusammenfaßt: «Die Gebirge des Engadin zeigen deutlich, wenn auch in geringerem Maße (als das Etschbucht-Gebirge), die gleiche südliche Ablenkung des Streichens. Die Grenze zwischen den Ost- und Westalpen auf der Linie Feldkirch—Lago maggiore läuft der Etschdepression parallel. B. Studer hat bereits vor langer Zeit auf das Vorkommen meridionaler Streichungsrichtungen im Adula- und Suretta-Gebirge, sowie in der Silvretta-Gruppe hingewiesen, und die neueren Untersuchungen... haben diese Angaben bestätigt. Die nordsüdliche Umbiegung der Streichungsrichtung im Rhätikon gehört in dieselbe Kategorie von Erscheinungen. Ohne den hier dargestellten Zusammenhang zu kennen,

¹⁾ Nicht altpermischer Zeit, wie ich früher annehmen zu müssen glaubte.

²⁾ Dolomitriffe S. 520.

deutete Studer die auffallenden Meridionalketten des Adula- und Suretta-Gebirges als Reste eines älteren Gebirgssystems. Wir pflichten dieser Auffassung des hochverdienten Alpengeologen bei, und erblicken in der angeführten Reihe paralleler Erscheinungen den Beweis einer älteren, der Entstehung des Halbbogens der Westalpen vorangehenden bogenförmigen Krümmung der Ostalpen, deren Konkavität der Etschbucht zugewandt war. Dieser Bogen war zur Perm- und Triaszeit bereits vorhanden.»

Es braucht kaum bemerkt zu werden, dass trotz gewisser Übereinstimmung in der Grundauffassung die ältere Anschauung von der oben ausgesprochenen wesentlich abweicht. Mojsisovics glaubt, dass der alte ostalpine Bogen in derselben Weise angelegt war, wie das heutige Gebirge und nimmt daher eine unmittelbare Kontinuität in der Ausbildung der Gebirgsbögen an, während ich aus neueren Beobachtungen folgere, dass der heutige Bogen der Judicarienlinie derselben Bildungszeit angehört, wie die centralen und nördlichen Ostalpen; jedoch wird der Verlauf desselben durch einen schon vor langer Zeit abradirten, meist von jüngeren Gebilden bedeckten uralten Kern bedingt. Eine etwaige Fortsetzung des palaeozischen Rumpfes kann nur in der Gegend des lombardisch-adriatischen Senkungsfeldes gesucht werden. Das Vorhandensein eines permischen Alpengebirges, das auch ich früher zu vertreten geneigt war, ist angesichts des Umstandes, dass das Obercarbon im Süden nirgends gefaltet erscheint, als unmöglich anzusehen. Vielmehr begann, wie die obercarbonischen Konglomerate beweisen, zu dieser Zeit schon die Einebnung des Gebirges, die zur Dyaszeit abgeschlossen wurde: Das Grödener Konglomerat («Verrucano»), das alle älteren Bildungen diskordant bedeckt, besitzt nur in den Südalen eine bedeutende Ausdehnung und gewaltige Mächtigkeit, fehlt aber in den Nord- und Centralpen so gut wie ganz.

Mojsisovics rechnet ferner mit dem Vorhandensein eines triadischen Inselgebirges, welches den heutigen Centralalpen entsprechen sollte. Jedoch ist durch neuere, z. T. von Mojsisovics selbst herrührende¹⁾ Untersuchungen das Vorhandensein eines Triasmeeres in diesem Gebiete nachgewiesen worden. Wenn einzelne Erhebungen des alten mittelcarbonischen Gebirges übrig geblieben sind, so können dieselben nur in der Gegend der heutigen Karnischen Alpen und Karawanken gelegen haben. Denn im Norden und Süden dieser Linie ist die Entwicklung der mittleren Trias (Muschelkalk, Karnische Stufe — Raibler Schichten) wesentlich verschieden. Die Fauna des oberdyadischen Bellerophonkalks, welche südlicher Herkunft ist, fehlt im Norden ganz. Hingegen lässt die Thierwelt der obersten Trias (Rhät.) im Norden und Süden keine Verschiedenheiten mehr erkennen. — Doch kehren wir zurück zur Tektonik der Faltengebirge.

¹⁾ Radstädter Tauern; vergl. im Übrigen Abschnitt II und III.

V. Heteromorphe und homöomorphe Faltengebirge.

Wenn die Auffassung der tektonischen Verhältnisse von Südtirol den That-sachen entspricht, so muss dieselbe auch für andere Gebiete anwendbar sein.

In den Westalpen werden wir allerdings ältere Massen vergeblich suchen. Denn wenn der Bogen dieses Gebirges einen älteren Kern umwallt hat, so liegt der letztere jetzt tief im Senkungsfeld der lombardischen Ebene vergraben. Hingegen sind im Rücklande der Apenninen noch Bruchstücke des alten, grosenteils im tyrrhenischen Meere begrabenen Festlandes in den Inseln Sardinien und Corsica erhalten. Der Bau weicht in jeder Hinsicht von dem der Apeninnen ab und deutet mit Sicherheit auf uralte Faltung hin. Die aufgerichteten cambrischen und silurischen Gesteine werden von flachgelagerter Trias (in der mitteldeutschen Facies) bedeckt, während in den Apenninen noch die mitteltertiären Schichten durchweg gefaltet sind. Ebenso trägt das auf der Innenseite der Karpathen und der grossen innerasiatischen Gebirge liegende Rückland alle Anzeichen älterer Gebirgsbildung und Verfestigung an sich.

Auch auf der Innenseite des Karpathenbogens in Ungarn ist das ältere Gebirge zum grössten Teile an gewaltigen Brüchen in die Tiefe gesunken; außerdem erscheint durch ausgedehnte Trachyt-Eruptionen die Untersuchung des Rücklandes noch weiter behindert. Trotzdem sind durch die Forschungen V. Uhligs¹⁾ die deutlichen Spuren eines mesozoischen, nach Ablagerung der unteren Kreide gebildeten Faltengebirges in der vielbesprochenen Klippenzone nachgewiesen worden. Allerdings befindet sich diese näher untersuchte Region noch mitten in der eigentlichen Faltungszone, während das ältere Rückland fast vollkommen durch jüngere sedimentäre oder eruptive Bildungen bedeckt ist. Man könnte daher die Thatsache der zweimaligen (mittelcretaceischen und proteocänen) Faltung derselben Gebirgszone gegen die oben entwickelte Theorie der alten Kernmassen anführen. Jedoch liegen in der Karpathischen Klippenzone die Verhältnisse insofern verschieden, als das mesozoische Gebirge zur Zeit der oberen Kreide und des Eocaen in einen aus zahlreichen kleinen Inseln und «Klippen» bestehenden Archipel aufgelöst wurde. Dadurch, dass diese zerstreuten Überreste älterer Faltungen vollkommen von jüngeren plastischen Schiefern und Sandsteinen eingehüllt wurden, war die Möglichkeit einer nochmaligen Faltung gegeben.

Ein weiterer Hinweis Uhlig's (a. a. O. S. 813) spricht jedoch ausdrücklich für die hier entwickelten Anschauungen: Das «grosse alte Gebirge» der «ostkarpathischen Masse», welche mit den letzten Klippen im Marmaroscher Komitat zusammenhängt, über die Bukowina und Moldau nach Siebenbürgen zu

¹⁾ Der pieninische Klippenzug. Jahrb. der k. k. geol. Reichsanstalt, 1890, S. 559 ff., bes. S. 811 ff.

verfolgen ist und in den Transsylvanischen Alpen seine Fortsetzung findet, ist «nichts anderes als die Fortsetzung der Klippenzone, nichts anderes als eine Klippe von grössten Dimensionen».

Über die Hochländer Innerasiens und die dortigen südwärts gefalteten jüngeren Kettengebirge sind wir im Allgemeinen zu unvollkommen unterrichtet, um weitergehende Schlüsse im Sinne der vorhergehenden Ausführungen ziehen zu können. Immerhin lassen sich einige für unsere Anschauungen sprechende Thatsachen anführen. Das hohe geologische Alter der innerasiatischen Plateaus, welche nach langer Trockenlegung erst wieder von der grossen Transgression des oberen Kreidemeeres teilweise bedeckt wurden, kann als feststehend angenommen werden; insbesondere gilt der Kwen-lun¹⁾ als Typus eines uralten abradirten Rumpfgebirges. Noch weniger kann ein Zweifel über das jugendliche Alter des Himalaya bestehen, an dessen Südrand die jüngeren Tertiärbildungen mit von der Faltung ergriffen worden sind. Doch fehlen für weitere Vergleichungen die Anhaltspunkte.

Aus einem anderen Grunde kommt das Iranische Hochland nicht in Betracht. Hier bestehen, wie es scheint, die südlichen Gebirgsbögen und das eigentliche Hochland aus denselben geologischen Grundelementen²⁾, d. h. aus gefalteten Ketten. Erinnern wir uns, dass in allen bisher betrachteten Fällen das Rückland aus anderen, älteren Bestandteilen zusammengesetzt war, als die eigentliche Faltungszone, so würde der Iranische Bogen nicht zu den heteromorphen Faltungsgebirgen gerechnet werden können.

Nach den vorhergehenden Auseinandersetzungen lassen sich heteromorphe und homöomorphe Kettengebirge dadurch unterscheiden, dass bei dem einen Typus eine gleichartig gebaute, bei dem anderen eine ungleichartig zusammengesetzte Zone der Erdrinde der Faltung unterworfen wird. Da die alten in sich verfestigten Gebirgskerne der Faltung gegenüber passiv bleiben, können dieselben nicht in die am höchsten aufgefalteten centralen Zonen der Gebirge einbezogen werden, sondern liegen auf der inneren oder äusseren Seite derselben. Auf der Außenseite wirken dieselben als stauendes Hindernis, wie die Vogesen und die böhmische Masse gegenüber den Alpen, und werden teilweise von den jüngeren Falten überschoben (Sudeten, russische Tafel).

Dass in der Richtung alter Faltungszonen gebirgsbildende Vorgänge in späterer Zeit wiederholt auftreten, entspricht nicht nur den theoretischen Vorstellungen, die man sich von dem Bau der Erdrinde machen könnte, sondern ist auch in zahlreichen Gegenden beobachtet worden.

Die auf der Innenseite liegenden alten Massen bedingen in erster Linie den bogenförmigen Verlauf der Kettengebirge, da die gefaltete Zone

¹⁾ v. Richthofen, Führer, S. 674.

²⁾ Suess, Antlitz der Erde I. S. 588.

sich naturgemäß um den alten Kern herumlegt. Der letztere verbleibt bei diesem Vorgang nur selten in seiner ursprünglichen Lage, sondern wird meist von der tektonischen Bewegung mit erfasst. In vielen Fällen bilden sich Senkungsfelder, an deren Brüchen vulkanische Massen emportraten (Ungarn, Lombardei, Tyrrhenisches Meer). In anderen Fällen wurden die alten Massen einer unvollkommenen, in unregelmässiger Weise zum Ausdruck gelangenden Faltung unterworfen (Sugana-Linie, Karnische Hauptkette) oder an grossen Längsbrüchen stufenweise emporgezerrt. So wenigstens deutet der beste Kenner Südtirols, v. Mojsisovics, den Bau der dort beobachteten grossen Bruchlinien.

Ein äusserst komplizirter Verlauf der Gebirgsketten ergiebt sich dort, wo in einer breiteren, von starren Massen begrenzten Zone einzelne alte Gebirgskerne zerstreut liegen. Das westliche Mittelmeerbecken wird im Norden von dem mitteleuropäischen Schollengebiet, im Süden von der afrikanischen Tafel eingeengt und umschliesst eine ganze Reihe älterer, durch frühere Faltungen verfestigten Kernmassen, wie die Karnische Hauptkette, das alte adriatische und tyrrhenische Festland, die iberische Meseta u. a. In einem solchen Gebiet wird die außerordentliche Komplikation der tektonischen Elemente, «der wirbelförmige Verlauf der Leitlinien des Alpensystems» das natürliche Ergebnis einer jüngeren Faltung sein. Aus den vorhergehenden Ausführungen folgt, dass nicht die auf der äusseren Seite, sondern die im Innern der Gebirge liegenden alten Kerne den bogenförmigen Verlauf der Faltungszonen in erster Linie bedingen; es ist dies also fast die Umkehrung von früher geltenden Anschauungen. Ihre grösste Höhe erreichen die Gebirgsketten immer erst in einer gewissen Entfernung von dem auf der Innenseite liegenden alten Kern.

Wendet man den der Unterscheidung von homöomorphen und heteromorphen Faltungsgebirgen zu Grunde gelegten genetischen Gesichtspunkt auch auf die ersten an, so ergeben sich zwei Grundtypen. Alle hierher gehörigen Gebirge entbehren der centralen Zone, aber je nach dem Alter der für den Aufbau in Betracht kommenden Elemente lassen sich heterogene und homogene Gebirge des homöomorphen Typus unterscheiden. Bei den letzteren gehören alle Ketten derselben Faltungsperiode an; den Hauptvertreter bildet der Jura. Bei den ersten sind die parallel verlaufenden Falten verschiedenen Alters. Da jedoch die älteren Faltungszonen nicht wie bei den heteromorphen Gebirgen durch Brüche zerstückelt sind, gliedern sich die jüngeren Falten in späterer Zeit den ersten ohne Weiteres an; nur die verschiedenartigen Diskordanzen innerhalb der Schichtenreihe geben Zeugnis von seiner wechselvollen Entwicklung. Das typische Beispiel der homöomorphen Gebirge heterogener Zusammensetzung sind die Appalachien. Abgesehen von uralten, nicht genau konstatirbaren präsilurischen Faltsetzungen ist die älteste sicher unterscheidbare Gebirgsbildung obersilurischen Alters, wie die diskordante Auflagerung des Unterdevon

(Lower Helderberg) auf oberem Untersilur in der Nähe von Albany N. Y. beweist. Ihren Abschluß fanden die verschiedenartigen Bewegungen in oder nach Abschluß der dyadischen Zeit; denn erst der der Trias entsprechende Connecticut-Sandstein lagert ungefaltet auf den älteren Bildungen.

Vielleicht ist es möglich, mit Hilfe der im Vorstehenden skizzirten Be trachtungen auch das vielbesprochene Problem der Einseitigkeit der Gebirgs faltung seiner Lösung näher zu führen. Die einseitige Faltung wird bekanntlich von E. Suess und seinen Anhängern angenommen, während viele in Wien, d. h. in demselben Arbeitsgebiet wie E. Suess arbeitende Geologen diese Anschauung entschieden bekämpfen. Nicht jeder wird, wie Tietze¹⁾ hervorhebt, die Notwendigkeit begreifen, «daß die Auftürmung von Kettengebirgen infolge der Kontraktion der Erdrinde stets nur einem einseitigen Schube entsprechen solle, während doch ein von zwei Seiten zusammengepresstes Gebiet geringerer Widerstandsfähigkeit sich ebenfalls in Falten legen werde». Ähnliche Anschauungen, gegen deren theoretische Berechtigung kaum etwas einzuwenden sein dürfte, sind vor allem von Bittner vertreten worden.²⁾

Gehen wir davon aus, daß bei der Faltung eine Verminderung der Oberfläche eintritt, so kann die tieferliegende Ursache (Schrumpfung des Erdkerns, chemische Veränderungen innerhalb der Erdrinde) vorläufig außer Betracht bleiben.

Ein Rindenstück der Erde, das durch irgend eine Kraft auf kleineren Raum zusammengepresst wird, legt sich in eine Anzahl paralleler homöomorpher Falten zusammen; das beste Beispiel ist nach v. Richthofen's Schilderung das südöstliche China. Die Voraussetzung einer solchen gleichartigen Faltung ist eine vollkommen homogene Zusammensetzung der Gesteine.

Sobald diese Voraussetzung nicht zutrifft, sobald ältere gefaltete und verfestigte Kerne in einer mechanisch beweglicheren Umgebung liegen, wird die Faltung in dieser letzteren kräftiger wirken, als in den alten Massiven, die schon zusammengepresst sind. Selbst wenn hier nachträglich einzelne Verschiebungen erfolgen sollten, ist es meist unmöglich, dieselben von den früheren Dislokationen oder Falten zu unterscheiden. Ein Beispiel für viele: Die ältere Gebirgsbildung war im Harz mit dem Mittelcarbon abgeschlossen; die Lagerung des Obercarbon ist im S und SO fast ungestört. Am Nordrande der alten Masse sind die mittleren Schichten (vom Zechstein bis zum Unterenon) steil aufgerichtet, sowie weiterhin in einige Mulden und Sättel zusammengelegt. Jedoch können keine Spuren dieser jüngeren Faltung, deren Richtung von den älteren gänzlich verschieden ist, in den älteren Gesteinen wahrgenommen werden. Eben soweinig haben die letzteren den Druck weitergeleitet: denn im Süden des Harzes sind Anzeichen späterer Faltung nicht erkennbar. Es liegt, wie schon die oben

¹⁾ Verhandl. G. R. A. 1886, S. 357.

²⁾ Jahrb. G. R. A. 1887, S. 392 ff., bes. S. 412, 413.

wiedergegebenen Citate beweisen, *a priori* kein Anlaß zu der Annahme vor, daß die faltende Kraft ursprünglich einseitig gewirkt hat. Wohl aber wird, wie das vorgeführte, möglichst einfach gewählte Beispiel beweist, das Vorhandensein eines alten Kernes die einseitige Ausbildung der Falten bedingen.

Nur dort, wo wie im Harz die Kraft der jüngeren posthumen Gebirgsbildung unerheblich ist, bleiben die Falten auf eine Seite des alten Kernes beschränkt. Ist die Energie grösser, so werden die alten Kerne von jüngeren Falten umwallt und teilweise aufgepresst oder an den Rändern überschoben. Die einseitige, unregelmäfsige Entwicklung der jüngeren bogenförmigen Ketten steigert sich, wenn, wie im Mittelmeergebiet, alte Kerne in grösserer Zahl vorhanden sind.

Giebt man also eine grössere oder geringere Verschiedenheit der Zusammensetzung der Erdrinde zu, so folgt hieraus unmittelbar eine grössere oder geringere Asymmetrie der faltenden Bewegung. Die Einseitigkeit ist also nicht eine ursprüngliche und wesentliche Eigenschaft der Faltung, sondern entsteht durch mechanisch-tektonische Einflüsse. Bei der grossen Verbreitung älterer Faltungszonen und -Kerne sind die jüngeren Gebirge größtenteils asymmetrisch entwickelt. Diese Ausbildung findet sich sogar bei den homöomorphen Gebirgen von heterogener Zusammensetzung (s. o.).

Ergebnisse.

Die auf lokale und allgemeine Verhältnisse bezüglichen Ergebnisse der vorliegenden Studie lassen sich kurz zusammenfassen:

1. Die östlichen Centralalpen waren vom obertriadischen und liassisichen Meere bedeckt; für das Brennergebiet im weiteren Sinne und die Radstädter Tauern ist diese Bedeckung unmittelbar nachzuweisen, für die westlichen Ötzthaler Alpen und Hohen Tauern wahrscheinlich (Abschnitt II u. III).

2. Von der am Brenner nach Westen zu abgesenkten Zillertaler Gneissachse gehen nach Norden und Süden zu Überschiebungen aus. Es entsteht also eine Art von Fächerstruktur im Grossen, welche ihr Analogon etwa in dem von Margerie beschriebenen Aufbau der Pyrenäen findet (Abschnitt III).

3. Die bei Meran umbiegende Judicarienlinie steht durch Vermittelung der eingefalteten Triaszüge sowie des Meran-Brunecker Granits mit den Drau- und Gailbrüchen in unmittelbarer Verbindung. Die gesamte Länge der Gail-Judicarienlinie beträgt 330 Kilometer. Die tektonische Grundursache ist Faltung, welche infolge des Übermaßes der Spannung im Süden und Osten in Brüche übergeht (Abschnitt IV, 1, 2).

4. Die nach Osten zu bis in die Karawanken verlängerte Gail-Judicarienlinie umzieht einen gefalteten Gebirgskern carbonischen Alters, dessen Unnachgiebigkeit auch die Faltung der auflagernden Trias verhindert hat. Verwerfungen bilden daher im Norden (Villnösser Bruch etc.) und im Innern (Sugana—Save-Linie) die vorherrschende Dislokationsform. Gefaltete Gebiete finden sich nur im Westen (Etschbucht-Gebirge) und im Süden (Schio, Belluno) (Abschnitt IV und V).

5. Heteromorphe und homöomorphe Faltengebirge sind auf dieselbe Entstehungsursache (einseitige Faltung) zurückzuführen. Der bogenförmige Verlauf und die asymmetrische Entwicklung der heteromorphen Faltengebirge erklärt sich aus dem Vorkommen älterer, starrer Gebirgskerne auf der inneren Seite. Um diese ältere Gebirgsmasse legt sich der Bogen der jüngeren Falten. «Stauende Horste» im Vorland sind nur bei einem Teil der heteromorphen Faltengebirge vorhanden (Alpen-mitteleuropäische Horste; Betische Cordillere—Meseta) (Abschnitt V).

6. Die Einseitigkeit ist keine ursprüngliche und wesentliche Eigentümlichkeit der Faltung, sondern gelangt nur dort zur Ausbildung, wo eine ungleichförmige Zusammensetzung der Erdrinde, vor allem das Vorhandensein älterer Gebirgskerne die Ausbildung gleichartiger Falten unmöglich macht. (Abschnitt V.)