

tegeligen Schicht. Aus diesen Sanden werden von Rolle¹⁾ Bryozoen (Escharen, Reteporen), Austern, Pecten, Brachiopoden²⁾, Echinoiden, Crustaceen, Serpeln u. dgl., beschrieben, während Nulliporen und Gastropoden sogut wie vollständig fehlen sollten. Ich fand in der seit jener Zeit stark abgegrabenen Sandstätte ausser Bryozoen-Bruchstücken, Pecten, Austern auch Reste von Gastropoden und Nulliporen.

Die NNO flach einfallenden Sandschichten setzen sich bis gegen Spielfeld fort und sind längs der Bahnstrecke aufgeschlossen. Hier sind jedoch die unteren Schichten mehr tegeliger Natur, welche Beschaffenheit auch weiter südlich bis in die Gegend von Ratsch vorherrscht. In diesem Tegelbilde, Stur's Foraminiferenmergel, wurden ausser Foraminiferenschalen Spatangiden und Brachyuren³⁾ gefunden.

O. Ampferer. Ueber den geologischen Zusammenhang des Karwendel- und Sonnwendjochgebirges.

In der Gegend des Achensces stossen in den Kalkalpen Nordtirols die Vertreter zweier verschiedener Typen von Gebirgsbildung zusammen. Von Westen her nahen die gewaltigen Faltenzüge des Karwendelgebirges mit ihren langgestreckten, überkippten Mulden, den Sätteln mit den geborstenen, eingesunkenen Scheitelzonen, ihren oft schuppenartig übereinander gepressten Schollen, kurz mit dem ganzen Aufgebot hochwogender, überstürzender Bodenbewegung. Von Osten her dringt eine grosse, einheitliche Schichtenplatte, flach, ruhig, ein wenig südfallend, mit gänzlich anderen Berg- und Thalformen, das Plateaugebirge des Sonnwendjochs.

Beiden Gebirgen ist im Norden eine mehrfache Faltenzone vorgelagert, die sie verbindet und die zeigt, dass wir die Masse des Sonnwendgebirges nur als eine im Vergleich zu den anderen Faltenwellen ungewöhnliche, grosse und flache, als eine Riesenwoge aufzufassen haben.

Versuchen wir nun, die eigenartigen Merkmale dieser beiden Gebirge aufzusuchen, und wenden wir uns zuerst dem Karwendelgebirge zu. Als auffallendste Erscheinung bemerken wir sofort, dass der grosse südliche Theil, der das eigentliche Hochgebirge mit seinen stolzen, einsamen Bergketten enthält, vorzüglich aus den hellen, festen Kalkmassen des Muschelkalkes und ganz besonders aus den silbergrauen Gesteinen des Wettersteinkalkes erbaut ist. In den tiefen, spitzigen Mulden sind als Kerne schmale Zonen von Raibler Schichten und Hauptdolomit erhalten geblieben.

Der weit breitere, aber niedrigere nördliche Theil wird hauptsächlich aus gewaltigen Massen von Hauptdolomit und Plattenkalk zusammengesetzt, in dessen Mulden junge Schichten, vornehmlich Lias, Jura und sogar Kreidegesteine eingefaltet liegen. An der Nordgrenze dieser Zone, an der Benediktenwand, taucht noch einmal eine Mauer

¹⁾ Jahrb. d. k. k. geol. R.-A. 1856. S. 50.

²⁾ *Terebratula Styriaca Dreger*, Beiträge zur Palaeontol. Oesterr.-Ung. etc. Wien 1888, S. 187.

³⁾ Stur, Geologie der Steiermark. Graz 1871, S. 562.

von Muschelkalk und Wettersteinkalk hervor, die jenem merkwürdigen Zug älterer Triasgesteine angehören, die von den Vilseralpen am Rande des Gebirges bis zum Wendelstein und zur Kampenwand hinstreichen und in diese flachen Bergländer mit ihren fahlen Wänden noch einmal den Ernst des Hochgebirges legen. Rasch sinkt dann nordwärts das Gebirge unter die weichen Höhen der Flyschfaltungen.

Der südliche Theil des Karwendelgebirges nun besteht aus vier mächtigen, etwas gegen Nordosten ausgebogenen Gebirgszügen. Der südlichste ist der Kamm der Innthalkette, dem noch zwei kleine Höcker, der Höhenberg im Westen, der Zunderkopf im Osten vorgelagert sind. Merkwürdig ungleichartig ist die geologische Zusammensetzung dieses Zuges, der zwar im grossen und ganzen die Reste eines Gewölbes darstellt, von dem indessen nur im Westen ein Stück ganz erhalten ist, während sonst nur der starke, mächtige Nordflügel überall vorhanden ist. Mit dem Gewölbe des Solstein erhebt sich dieser Kamm aus der Versenkung des Seefelder Beckens, und erstreckt gegen Osten bis zum Einbruch des Hallthales. Die Gesteine vom Bundsandstein bis stellenweise zum Hauptdolomit bilden den Bestand der riesigen, steil nordfallenden Platte, deren Schichtköpfe am Südhang der Innthalkette so auffällig hinstreichen. So einheitlich der Nordflügel ist, so verworren, aus lauter zertrümmerten kleineren Schollen zusammengesetzt ist die südliche Gesteinszone. Hier haben wir einen sonderbaren Zug in der Gebirgsbildung, der sich auch im Karwendelzuge, am schönsten aber im Mieminger Gebirge wiederfindet. Längs einer mächtigen, weithin ziemlich ungestört verlaufenden, steilgestellten Schichtplatte, sind Zonen stärkster Zertrümmerung angeordnet, wo die einzelnen Schollen bald hoch erhoben, bald tief versenkt sind und auch in der Richtung quer auf der Leitplatte grosse Veränderungen stattfinden.

Im Hallthal wird dieser Zug an Versenkungen abgebrochen und ein fremdartig, viel jüngeres Glied schräg darangesetzt, das ihn gleich mit dem nächsten Faltenzug, der Gleiersch-Hallthalkette, verkoppelt. Ebenfalls als ein einseitiges Gewölbe aus der Seefelder Versenkung auftauchend, stellt dieser Zug einen weit vollkommeneren Sattel dar, der indessen längs seiner ganzen Erstreckung entweder direct nach Norden überschoben oder in der Weise einseitig ist, dass der schwächere Nordflügel durchwegs eine nahezu saigere oder überkippte Stellung einnimmt. Im Osten bricht er am Walderjoch unvermittelt ab, und eine junge Jura-Lias-Kössener Scholle auf einem Hauptdolomitsockel bildet hier eine quer vorliegende Schwelle. Sowohl in der Mulde des Gleierschthales als auch im Hinterauthal und Vomperloch sind Zungen der Muldenkerne aus Raibler Schichten und Hauptdolomit erhalten.

Der machtvollste Zug des ganzen Gebirges, sein eigentliches Rückgrat ist indessen der folgende Hinterauthal-Vomperkamm, der nicht nur die höchsten, sondern auch die kühnsten Berge, die wildesten Kare und Schluchten enthält. Er beginnt bei Scharnitz und bildet in seinem ganzen Verlauf nur den, wenn auch unglaublich mächtigen Südschenkel eines Gewölbes, dessen First allenthalben eingesunken ist. Er ist das Prachtstück des Karwendelgebirges und verleiht diesem

seinen Charakter. Im Süden steigen aus dunklen Thalgründen zerrissene Felsgrate auf, tiefe Schuttkare sind zwischen ihnen eingebettet, stundenlang mag der Wanderer durch diese grossen, öden Zerstörungsstätten steigen, bis er zu den fern drinnen mit Schneefeldern verzierten Gipfeln gelangt. Gegen tausend Meter hoch stürzen dann nordwärts meilenlang riesenhafte Felswände nieder, durch die nur die Pfade verwegener Felskletterer leiten.

Im Osten an der Innthalzone findet auch dieser Kamm am Vomperjoch einen jähren Abbruch, an dem ebenfalls wieder ganz gegen sein Streichen eine Scholle weit jüngerer Gesteine, Jura-Lias-Kössener Schichten, auf einem Hauptdolomitsockel quer vorgelagert ist. Wie im Süden die Innthalkette nur durch den gemeinsamen Nordflügel zusammengehalten wird, so entbehrt auch der nun im Norden folgende Karwendelzug mit Ausnahme seiner gewölbten Enden eines anderen Zusammenhanges, als den des fast überall saiger stehenden Nordflügels. Schön ist das durch die Verwitterung in der Anlage von Thalungen und Jöchern ausgesprochen. Während die bisherigen Falten entsprechend ihren Sätteln und Mulden in Käme und Längsthäler zernagt wurden, finden wir hier eine allgemeine Auflösung des ganzen Kammes in einzelne Stücke durch tiefe und breite Querthäler. Schuppenartig sind hier steilgestellte Schollen übereinandergedrückt, mitten zwischen alte Trias sind Stücke Lias und Jura eingeklemmt und die Profile, die in seltener Klarheit hier an den von Schluchten allseitig geöffneten Bergen zur Schau gestellt werden, bilden die Grundlage für die von Prof. Rothpletz aufgestellte Hypothese von einer präalpinen Gebirgsbildung. Im Osten endet dieser Zug mit dem Gewölbe des Stanserjochs, das in der Tiefe des Innthals ebenfalls durch einen Muschelkalk und Hauptdolomitstreifen quer abgeschnitten wird. Mit dem Hinterathal-Vomperkamm zusammen bildet der Karwendelkamm ein Gewölbe, dessen Scheitelzone fast durchaus eingebrochen ist. Damit gelangen wir nun in die Zone der nördlichen Karwendelvorberge, in ein Gebiet weit jüngerer Gesteine. Mächtige, steilgestellte Massen von Hauptdolomit und Plattenkalk, setzen die folgenden Höhen zusammen, die Mulde des Gutenbergs und stellenweise noch weiter westlich erhaltene Reste von Kössener Schichten machen es wahrscheinlich, dass wir es hier mit einer mehrfach zusammengeklappten Masse zu thun haben. An diese Zone schliesst sich eine tiefe, sehr schön ausgebildete Muldenzone, die vom Isarthal bei Mittenwald bis ins Innthal bei Kufstein streicht und das erste tektonische Glied des Karwendels ist, das sich gegen Osten über die Sonnwendjochplatte hinaus fortsetzt. Den Kern der Mulde bilden grösstentheils Kreidegesteine (Neocommergel), im Westen ist sie durchaus überkippt, vom Mondscheinspitz bis zum grossen Umbug am Fonsjoch fällt sie 40—60° Nord, dann ist sie um die Sonnwendjochmasse in weitausgreifendem Bogen herumgeschlungen. Eine breite, mehrfache Faltenzone, meist aus Hauptdolomit, schliesst sich dann bis zu jenem Zug älterer Triasgesteine, die an der Benedictenwand neuerdings emporebrechen. Erst hinter jenem Rand älterer Gesteine folgen die weichen Höhen der Flyschberge.

Fassen wir jetzt nach dieser Ueberschau die auffallendsten Züge dieser Bergwelt zusammen, so sehen wir einen grossartigen, ausnahmslos gegen Norden einseitigen oder überschlagenen Faltenwurf, der in dieser Richtung im Grossen in mächtigen Zonen immer jüngere Schichten zu seinen Bauten verwendet. Einmal an der Benediktenwand wird dieses Schichtgefälle umgekehrt. Seine vier grossen, südlichen Ketten werden allesamt an der Innthalzone abgeschnitten, und zwar alle in ähnlicher Weise durch quer liegende jüngere Schollen. Diese Schollen, die durch die Ausstattung und den Reichthum an jüngeren Formationen lebhaft an die weiter nordwärts folgende Zone erinnern, wo die Berge aus Hauptdolomit, die Mulden aus Lias- und Juragesteinen bestehen, gehören zu den charakteristischen Eigenschaften der Innthalzone. Es ist nämlich die Grenze der Sedimentär-alpen gegen die Centralalpen hier nicht etwa eine Erosionsgrenze, sondern es liegt eine eigenartige, tektonische Zone tiefer Einbrüche und heftiger Pressungen vor. Diese Zone nun schneidet sämtliche Karwendelfalten schräg ab und, da sie, wie ihre steilen Schichtstellungen beweisen, von ganz gewaltigen Druckwirkungen begleitet war, so leuchtet ein, dass sie noch nach der Hauptfaltenlegung in einer zu derselben schrägen Richtung nochmals zusammengepresst worden sein muss. Diesem Vorgang verdanken die Karwendelkämme die quer angelegten jungen Schollen und die schräge, jähe Abschneidung ihrer Falten.

Im Norden ist jene tiefe Mulde junger Schichten das erste Glied des Karwendelgebirges, welches sich aus seinem Bestand gegen Osten fortsetzt, und in mächtigem Bogen die Sonnwendjochplatte umschlingt.

Unter Sonnwendjochplatte verstehe ich hier eine weit grössere Gebirgsmasse, als gewöhnlich sonst darunter verstanden wird. Für den hier in Betracht kommenden Theil zähle ich im Westen noch den Bergkamm Seekar—Seebergspitze dazu, ausserdem noch im Norden Unutz und Guffert, sowie den von diesem nach Osten weiterlaufenden Kamm. Sie stellt eine grosse, flach nach Süden geneigte Platte dar, die an den Rändern von tiefgreifenden Versenkungs- und Anziehungszonen eingefasst wird. Sie als eine Einheit zu begreifen, zwingt sowohl ihre Umgrenzung, die eben dieses ganze ruhigere Stück des Gebirges mit tiefen, innerlich begründeten Furchen von dem anderen Faltenland abschneidet, als auch der durchaus zusammengehörige, ergänzende Bau aller dieser Theile, sowie die eigenthümliche Entwicklung der Dachsteinkalk-Liasriffe, die gerade auch ungefähr mit den Grenzen dieser Platte zusammenfällt.

Im Süden bildet Hauptdolomit den sichtbaren Grundsockel, gegen Norden kommen Raibler Schichten und endlich stark entwickelte Massen von Wettersteinkalk und Dolomit zum Vorschein. Aus diesen Gesteinen bestehen die wegen ihrer Aussicht berühmten Gipfel des Unutz und Guffert. Dem kleinen südwestlichen Theil dieser Platte sind die bekannten, schönen Dachstein-Liasriffe des Rofangebirges und eine vielfach zerstückelte Krone von jurasischen Gesteinen aufgelagert.

Die Riffnatur dieser Bildungen ist schon lange durch die gründlichen Untersuchungen Wähner's festgestellt worden.

Ganz im Gegensatz zu dem monumentalen, ruhigen Unterbau zeigt die Decke der Juragesteine am Kamm vom Rofan zum vorderen Sonwendjoch vier einseitige, etwas gegen Norden überkippte, spitze, kleine Mulden, ebenso ist am Nordrande der Haidachstellwand eine solche gegen Norden stark übergebogene Juramulde angepresst und am Westgrat der Hochhiss befinden sich zwei kleine Mulden, die an der steilen Westseite von überkippten Rutschflächen begrenzt sind. Diese merkwürdigen Zeichen intensiver Faltungen auf ruhiger Unterlage, von denen nur mehr kleine Erosionsreste erhalten sind, zeigen wohl in Verbindung mit den rings um die Sonwendjochmasse vorhandenen, heftigen Anhebungen und Aufpressungen eine über den Grundsockel hinweggegangene, überschiebende Bewegung an.

Von drei Seiten wird diese Grundlage in unserer Gegend von Anzeichen mächtiger Pressungen umgeben. Gegen das Innthal zu bildet der Ebnerspitz eine solche angepresste Vorlage, indem eine Wettersteinkalkscholle mit einer kleiner Raibler-Schichten-Decke über Reichenhaller Schichten, die ein Gypslager enthalten, emporgeschoben ist. Am Schichtsaattel zwischen Ebnerspitz und Sonwendjochgebirge liegt ein gegen Norden überkippter Sattel aus Juraschichten und Gosausandsteinen und an der Wand der Haidachstelle zeigt eine gegen 200 m hohe, gewellte Schubfläche noch die Reste der gewaltsam aufgepressten Juragesteine.

Im Westen gehören noch die Hauptdolomitberge der Seekar- und Seebergspitze zu dem Hauptdolomitsockel der Grundlage, um den sich die Kreidemulde des Karwendel herumwindet.

Am Nordfuss der Seekarspitze ist diese Mulde theilweise über den Hauptdolomit hereingeschoben, bei Achenkirchen tritt dieselbe furchtbar zerdrückt ganz nahe an den Wettersteinkalk des Unutz heran, nur mehr durch einen schmalen Streifen discordant liegender Hauptdolomitmassen, Kössner Schichten und Raibler Schichten von diesem geschieden. Von hier weg begleitet längs der ganzen Nordgrenze diese Mulde, durch eine tiefe Verwerfung und einen schmalen Dolomitstreifen getrennt, den Wettersteinkalkrand der Sonwendjochplatte. Vom Isarthal bis nahe zum Achenthal ist diese Mulde völlig concordant zu ihren Grenzgesteinen gelagert: vom Seekarspitz an, von dem Moment an, wo sie an die Sonwendjochplatte herankommt, gegen Osten läuft mit ihr parallel eine mächtige Verwerfung.

Nordwärts folgen, enggedrängt und meistens überkippt, Faltenzüge aus Hauptdolomit- und jüngeren Gesteinen, bis endlich noch einmal alte Trias auftaucht, kurz vor dem Beginn der Flyschzone.

Während im Westen des Achensees nur Faltungen und Versenkungen enggereiht uns entgegentreten, haben wir hier inmitten so lebhafter steinerner Wellenbewegung eine ruhige Stelle, eine Insel, die von den Faltenwellen heftig umbrandet wurde, deren Unterlage sie aber nicht zu überwältigen vermochten, sondern nur die Decke. An der Grenzzone nun von zwei so verschiedenen Structurformen, die nicht durch allmählichen Uebergang miteinander verbunden sind, werden wir eigenartige Störungen vermuthen, und solche sind auch in Fülle hier vorhanden. Wenn wir von Norden nach Süden diesen Gürtel durchschreiten, so begegnen wir zuerst dem Uebergange der reinen,

einheitlichen Mulde in eine anfangs verdoppelte Mulde, die mit Verwerfungslinien verbunden ist. Dann folgt der grosse Umbug der Mulde bis zum Fonsjoch, dann die abgetrennte überkippte Mulde des Gütenberges, die grossen Ueberschiebungen am Stanserjoch und endlich der Abbruch der Hinterauthal-Vomperkette am Vomperjoch. Alle diese eigenthümlichen Steigerungen tektonischer Elemente liegen in einem schmalen Streifen an der Westseite der Sonnwendjochplatte und vermitteln den Uebergang der beiden Nachbargebirge.

Das auffallendste Stück in der Reihe der Formveränderungen dieses Gürtels zwischen mehr und weniger gefaltetem Gebirge ist die grossartige Muldenschlinge an der Nordwestecke der Sonnwendjochplatte, die durch die reichen Ammonitenschätze ihres Lias am Fonsjoch berühmt geworden ist.

Während im Westen die Mulde allenthalben nach Norden überschlagen ist, fällt sie in der Gegend des Schleimserjochs mit 40—60° nach Norden. Die Umbugstelle wird durch eine Störung zerrissen, die auch noch den Dolomitwall der Seebergspitze durchbricht. In der Zone, wo die Mulde parallel mit dem Westrand der Sonnwendjochplatte läuft, zeigt sie eine ausserordentliche innere Zerfältelung, wie von einem ruckweisen Schub von oder gegen Norden. In der Gegend des Unterauthales und nordwärts davon spaltet sich die einheitliche Mulde, indem sie wieder nach Osten streicht, in zwei überkippte Mulden, die über den zu Grunde liegenden Hauptdolomit hereingeschoben sind. Von hier an wird sie auch ostwärts von einer Störungslinie begleitet, die Hauptdolomit von dem Wettersteinwall der Sonnwendjochmasse abschneidet.

Südlich dieser Muldenschlinge treffen wir in dieser Grenzzone auf die allseitig blossgelegte, überkippte Mulde des Gütenberges. Discordant meistens liegen auf dem steil stehenden Hauptdolomitsockel Kössener-, Lias-, Jura- und Neocomschichten, furchtbar zerstückelt, so dass oft der eigentliche Zusammenhang nicht mehr erkennbar ist. An einer grossen Verwerfungszone, die vom Plumserjoch über den Sattel im Westen des Gütenberges hinunter ins Falzthurnthal geht, ist diese Mulde von der Wettersteinmauer des Bettlerkarkammes abgebrochen. Gegen Westen zu hebt sich die Mulde, am Plumserjoch ist sie schon fast ausgehoben, nur ein Rest von Kössener Schichten verräth sie noch und zeigt uns, dass die mächtige westliche Hauptdolomitzone in Mulde und Sattel zu zerlegen ist. Südwärts, durch die breite Tiefenzone des Falzthurnthals getrennt, folgt das Ueberschiebungsgebiet des Stanserjoches.

Wir befinden uns hier am Ostende des vorderen Karwendelzuges. Ein grosses, flach gegen Osten absinkendes Gewölbe aus Wettersteinkalk bildet die Grundlage. Stellenweise, wie am Rauhenknöll und besonders schön am Rappenspitz, ist noch die alte, ursprüngliche, aus Hauptdolomit und Raibler Schichten bestehende Decke in kleinen Kappen erhalten, während im Osten und Norden des Gewölbes alte Triasgesteine, Reichenhaller Schichten, Muschelkalk und Wettersteinkalk auf seinem Rücken lagern. Lange Zeit wurden die Reichenhaller Schichten mit den Raibler Schichten verwechselt, mit denen sie petrographisch sehr viele Aehnlichkeitsbeziehungen

haben. Glücklicherweise sind sie gerade hier reich an Versteinerungen, so dass jeder Zweifel besiegt werden kann. Hält man das mächtige System von dichten, schwarzen, oft bläulichen, plattigen Kalken, von Rauhdecken und dolomitischen Breccien, für die Vertreter von Raibler Schichten, so hat man natürlich einfach eine stellenweise von Wasser weggefressene, umfangreiche, ganz natürliche Gewölbebedeckung. Bedenkt man dann noch die fast mit der Wölbung des Gewölbes zusammenfallende Ueberschiebungsfläche, so muss man gestehen, dass hier eine Verwechslung sehr naheliegend ist. Allerdings sind schon von Pichler und dann von Anderen Versteinerungen, wie *Myophoria costata*, *Natica Stanensis Pichler*, *Pleuromya fassaensis*, *Naticella costata*, *Holopella gracillior* aufgefunden worden, welche wohl auf diese eigenthümlichen Verhältnisse der Lagerung hätten aufmerksam machen können, aber es wurde erst sehr spät durch Prof. Rothpletz die wirkliche Sachlage erkannt. Vom Rappenspitz ostwärts dürfte das ganze Gewölbe von alter Trias überschoben worden sein, wie man leicht aus dem jetzigen Erosionsbild noch entnehmen kann.

Was indessen noch ganz besonders die Aufschiebung interessant macht, ist der Umstand, dass wahrscheinlich nach dem Act des Schubes noch andere Arten von Bodenbewegungen diesen Theil des Gebirges trafen. Die Fläche, längs der die Bewegung stattgefunden hat, ist im jetzigen Zustande nahezu gleich mit der Schichtwölbung und weist infolge dessen auf den Flanken steile, 30—40° betragende Neigungen auf, während sie auf dem Scheitel horizontal ist, ja nach Süden abfällt. Diese Fläche musste natürlich die Bewegung in der Schubrichtung ermöglichen. Betrachten wir nun das Profil des Hahnkampl am Stanserjoch, so sehen wir in den Südflügel des Wettersteinkalk- und Dolomitgewölbes, nahe am Kamme, eine Scholle von Buntsandstein- und Reichenhaller Schichten eingebrochen, die überdies, nach den steilen Schichtstellungen zu schliessen, noch von den Seiten zusammengedrückt wurde. Es ist allerdings nicht nur denkbar, dass hier die ursprüngliche Schubfläche zerbrochen und eingeknickt wurde, sondern man kann ja auch annehmen, dass diese Grube schon vor dem Aufschub bestanden hat und durch diesen nur die alten Schichten in diese Grube geworfen wurden. Doch spricht die wohlerhaltene, deutliche Schichtung der grossen, zusammenhängenden Kalkschollen wohl gegen eine solche Erklärung. Ausserdem findet sich weiter im Osten am Bärenkopf und im Weissenbachthal eine gewissermassen ähnliche Erscheinung, wo die einheitliche Ueberschiebungsfläche durch einen jäh aufsteigenden Muschelkalk-Wettersteinkalkkeil zerschlitzt wird.

Auch hier ist es als nächstliegend anzunehmen, dass durch eine Verwerfung die ursprünglich zusammenhängende Gleitbahn zerschnitten wurde, aber auch die Annahme einer früher schon vorhandenen Schlucht ist denkbar. Auch kann man Muschelkalk und Wettersteinkalk des Bärenkopfs als das Hangende der Reichenhaller Schichten auffassen, ähnlich wie am nahen Tristkogel, und dazu annehmen, dass diese überschobene Scholle ihrerseits noch einmal von Reichenhaller Schichten überschoben wird. Gegen die beiden letzten Erklärungen sprechen mehrere Gründe. Gegen den von der Ausfüllung

einer älteren Schlucht spricht die ganze Art der Anlagerung und der Erhaltungszustand der Gesteine. Gegen den letzten Versuch lässt sich einwenden, dass sich nirgends weiter für die obere überschobene Reichenhaller Scholle auch nur die Spur einer Andeutung finden lässt. Ausserdem wäre es sehr merkwürdig, dass diese Scholle bei so grosser Mächtigkeit so rasch abschneiden sollte, wie es doch diese Annahme fordern würde.

Die Kriterien für die eine oder die andere Ansicht sind sehr schwer zu gewinnen, weil der Schutt des Baches und dichter Waldboden die entscheidenden Stellen verhüllen. Lassen diese beiden Stellen einen Wahrscheinlichkeitsschluss zu, dass nach der Ueberschiebung dieses Gebiet noch von Versenkungen betroffen wurde, ja dass vielleicht die Aufwölbung des Joches erst danach stattgefunden hat, so findet sich noch eine andere, recht eigenartige Erscheinung. Sowohl auf den steilen Abfällen von Tristlalpl in die Tristenau, als auch auf der Bärenbadalpe und am Sattel ober der Weissenbachalpe liegen ganze Haufen von bräunlichen Sandsteinen mit Kohlenrestchen, wie sie sonst für die Raibler Schichten typisch sind, auf den Gesteinen der Reichenhaller Schichten. Ja unterhalb der Tristlalpe fand sich sogar eine *Ostrea montis caprillis* in einem solchen sicherlich nicht anstehenden Schutthaufen. In der Nähe finden sich diese Schichten nur am Rappenspitz, als Decke des Stanserjochgewölbes, von dem sie wahrscheinlich abstammen müssen. Der steile, schön geformte Tristkogel zeigt über der Basis der Reichenhaller Schichten noch mächtige Lager von Muschelkalk und Wettersteinkalk. Hier befindet sich auch in den Reichenhaller Schichten ein neuerschlossenes Erzvorkommen von Bleiglanz und Galmei, das erste, das im Karwendel in diesem tiefen Horizonte entdeckt wurde.

Im Norden wird die ganze Zone der Ueberschiebungen im Falzthurnthal durch eine Verwerfung abgerissen, die einen schmalen Streifen zertrümmerten Dolomits daranwirft. Nur die Berge vom Grammajoch gegen Osten, Sonnenjoch, Schaufelspitze und Bettlerkar Spitze stellen einen directen Zusammenhang dar, ja im Sonnenspitz haben wir die Fortsetzung des Stanserjochgewölbes vor uns, das seinerseits wieder hier von einem grossen Lappen Muschelkalk und Reichenhaller Schichten überschoben ist. Der tiefe Einbruch zwischen Sonnenjoch und Schaufelspitze, der Bärenlahnergraben, scheidet hier das Grundgewölbe von jener Masse des Wettersteinkalkes, die als genaue Fortsetzung der Tristkogelschichten aufzufassen ist. Es ist ohne weiters klar, dass aus horizontaler Lage der Schichten diese Ueberschiebung nicht direct entwickelt worden sein kann. Ausserdem ist es unmöglich, dass diese Ueberschiebung, wie so manche andere, aus einer übertriebenen Falte hervorgegangen ist, denn wir finden keine Falte, aus der die Ueberschiebung herausgewachsen sein könnte, und es ist auch keine Spur jener Mulde vorhanden, die der Sattel doch zuerst hätte überschoben müssen, bevor er sich hätte auf einen neuen Sattel legen können.

Die einfachste Annahme bleibt auch hier, dass schon vor der Ueberschiebung namhafte Veränderungen vor sich gingen, die einzelne Theile versenkten, andere erhoben, so dass es möglich wurde,

dass bei Einwirkung seitlichen Druckes ältere Triasschichten auf jüngere übertreten konnten. Für alle die sonderbaren Profile dieses Karwendelzuges bietet das einen Schlüssel zum Verständnis und so auch für diese östliche Zone von Ueberschiebungen.

Südlich der Stanserjochüberschiebung treten noch in dieser Zone am Vomperjoch eigenthümliche Störungen auf, die auch noch beschrieben werden müssen. Oestlich der Mittagsspitze am Vomperjoch wird der gewaltige Hinterauthal-Vomperkamm, eine riesige Muschelkalk-Wettersteinkalkplatte, plötzlich abgebrochen in voller Stärke und eine Scholle viel jüngerer Gesteine, Jura, Lias, Kössener Schichten, auf einem Sockel von Hauptdolomit drängt sich von Norden quer davor. Während die zwei südlichen Karwendelketten so abgebrochen werden, dass von Süden ihnen solche fremde Glieder angepasst werden, erleidet dieser Kamm einen Durchbruch von Norden. Diese Scholle ist wahrscheinlich, ebenso wie die Schollen im Stallengrund, am Lamsenjoch und Grammajoch, als ein Stück der obersten Decke des Stanserjochgewölbes zu erkennen.

Diese ganze Folge von ausserordentlichen Aenderungen in der Tektonik der Gebirgsglieder bildet einen ungefähr Nord—Süd streichenden Gürtel an der Grenze zweier verschiedenartiger Structurformen und stellt auf diese Weise Uebergänge zwischen diesen verschieden gespannten Theilen der Erdkruste dar. Der auffallendste Zug, das weithin sichtbare Zeichen, ist die Muldenschlinge an der Nordwestecke der Sonnwendjochplatte. Der Betrag, um welchen sie von Süden nach Norden oder umgekehrt verschoben worden ist, könnte leicht als jener Antheil aufgefasst werden, um den bei der Zusammenfaltung das Karwendelgebirge im Vergleiche zur Sonnwendjochplatte mehr und enger zusammengedrückt wurde. Die annähernd geradlinige Abgrenzung der gesammten Trias an der Schwelle der Centralalpen durch die Innthalzone scheint ja, da es sich bei dieser um eine gewaltige Versenkungs- und Pressungszone handelt, für solche Rechnungen eine passende Grundlage zu bilden. Nähere Untersuchungen haben gezeigt, dass indessen die Innthalzone in ihrer letzten Ausbildung jünger ist als jener Alpenschub, der diese nördlichen Faltungen erzeugte und man somit keine Grundlage hat, von der aus man mit Sicherheit den Schrumpfungsbetrag des Karwendels mit jenem der Sonnwendjochplatte vergleichen könnte.

Auf den ersten Eindruck hin wird man natürlich daran denken, dass hier das Karwendelgebirge durch einen von Norden kommenden Druck sehr viel stärker zusammengepresst wurde als die Sonnwendjochplatte. Es ist aber geradeso gut möglich, dass diese Erscheinung durch ein Weitervordringen der grossen Platte von Süden her erzeugt wurde; ja dass gerade im Norden dieser Platte die Kreidemulde allenthalben sehr stark überkippt ist und von Verwerfungen begleitet wird, spricht für diese Erklärung.

Wesentlich für diese Anschauungen, besonders für den Versuch, aus dem Einschiebungsbetrag der Kreidemulde einen Massstab für die Verschiedenheit der Faltungsverkürzung zu gewinnen, ist die Annahme, dass diese Mulde bei ihrem Entstehen anfangs geradlinig veranlagt wurde und erst im Fortschreiten des Faltenganges diese Umformungen

erlitt. Auch diese Annahme ist nicht unbedingt nothwendig, es ist z. B. auch die Möglichkeit denkbar, dass diese Mulde schon in dieser Form von allem Anfang an gebaut wurde, indem nicht Gesteine, die in einer geraden, ostwestlichen Zone abgelagert wurden, dabei in Verwendung kamen, sondern die Mulde im westlichen Theil aus südlicheren Gesteinen, im östlichen aus nördlicheren besteht. Hier müssen wir, um zu einer Entscheidung zu kommen, den Zusammenhang der ganzen Massen verfolgen; die enge Verknüpfung aller dieser geschilderten Elemente und dieser Verband von Erscheinungen weist eine Summe von Eigenheiten auf, die alle in derselben Richtung, in der gleichen Zone ihre grösste Entwicklung finden. Jede einzelne für sich ist vielleicht mehrdeutig, alle zusammen werden sie zu einer Charakteristik für den Uebergang zweier Structurformen des Faltengebirges.

Nicht die Einzelercheinung ist für die Analyse jener Bewegungen, welche die Hochgebirge geschaffen haben, ausreichend, in zahlreichen Fällen entbehren sie der vollen Klarheit der Aufschlüsse oder sie sind eben trotz der genauesten Aufnahmen wirklich mehrdeutig.

Aber jene Gruppen von Eigenthümlichkeiten, die an bestimmten Stellen vereinigt sind, diese werden bei genügend genauer Erforschung die Anatomie jener unbekannteren Bewegungsursachen gestatten. Ich habe hier versucht, in flüchtigen Worten nach den Ergebnissen der Feldaufnahmen ein Bild aus einer Grenzzone zweier verschiedener Structurformen zu entwerfen und das Interesse für diese Art von Alpenforschung anzuregen. Sie geht darauf hinaus, gerade an Stellen des Structurwechsels, längs jener Zonen ungleicher Spannung, die transversal und longitudinal die Faltenzüge zerschneiden, an Eruptionsstellen, an Ueberschiebungen, Ueberkippungen, kurz an gewissermassen ausgezeichneten Orten tektonischer Wirkung jene Summe von Erscheinungen festzustellen, die hier eine Veränderung ihrer Ausbildung erfahren haben.

Jede Falte, jeder Bruch ist eine starre, einst lebendig gewesene Bewegungsform, im gewissen Sinne ein Bewegungsorganismus.

Dadurch, dass man einen tektonischen Typus in allen seinen Stadien verfolgt bis zu den gesteigertsten Fällen und die Veränderungen beobachtet, die durch das Hinzutreten und Angreifen anderer Elemente eintreten, wird es möglich werden, eine genaue Charakteristik der zugrundeliegenden Bewegungen zu erlangen.

Wir haben in grossen Zügen den Faltenbau des Karwendelgebirges verfolgt und gesehen, wie seine riesigen Wellen an dem Einbruch der Innthalzone abreissen, wie quer zu dieser älteren Faltenrichtung hier ein Streifen Landes eingesenkt ist, der später noch einmal in einzelnen jüngeren Schollen in schräger Richtung quer an die älteren Falten gepresst wurde. Ueberkippungen, Pressungszonen, tiefe Verwerfungen umzeichnen den Keil der Sonnwendjochplatte, auf deren Höhen die Dachsteinkalk- und Liasriffe thronen. Die engen Falten der Juraschichten auf den Höhen dieser flachen Platte verrathen eigenthümliche Bewegungen, die darüber ihren Weg genommen. In mächtigem Umschwung schlingt sich im Norden um beide Gebirge eine tiefe Kreidemulde. Ein Gürtel von seltsamen Störungen ist zwischen die Nachbargebiete geordnet und bildet durch seine Formen den nöthigen Uebergang.