

### Eingesendete Mittheilungen.

**Dr. Ampferer.** Ueber Wandbildung im Karwendelgebirge.

Zu den grossartigsten Ausdrucksmitteln des Hochgebirges gehören hohe und langgestreckte Wände, die oft ganze Thalzüge begleiten. Das Karwendelgebirge mit seinem ausgesprochen einseitigen Aufbau, dem flachen Aufsteigen der Schichtplatten von Süden, dem plötzlichen schroffen Abbruche gegen Norden ist ganz besonders reich an Wänden, welche dasselbe in ungenau ostwestlicher Richtung und strenger Abhängigkeit vom Faltenlaufe durchschneiden. Natürlich beherrschen diese Bildungen vor allem die südliche Hälfte des Gebirges, wo in den riesigen Massen des festen Wettersteinkalkes treffliche Baumittel vorhanden sind. Von vornherein können wir gleich zwei Entstehungsarten von Wänden unterscheiden, solche, welche durch tektonische Kraft, durch Verwerfungen gebildet wurden, und solche, welche durch Erosion hergestellt wurden, wobei Verschiedenheiten der Structur der angrenzenden Gesteinslagen bedingend waren. So sehr man nun vielleicht nach der von Prof. Rothpletz herausgegebenen Karwendelkarte das Vorherrschen von Verwerfungswänden vermuthen möchte, so gehört doch nur eine kleine Menge derselben dieser Bildungsart an. Zudem sind die Verwerfungswände nirgends von einer bedeutsamen Höhe, so dass sie nur dem ganz ins Einzelne dringenden Forscher auffallen, während sie sonst im Gesamteindrucke verschwinden. Das gilt allerdings nicht für jene Auffassung, welche Prof. Rothpletz seinerzeit vertreten hat und nach der auch einige der grössten und wirkungsvollsten Wände als Verwerfungen erklärt wurden, so besonders die riesige Wandflucht, mit der die Vomper und Hinterauthaler Kette gegen Nordosten und Norden zu abbricht. Dieser Wandgürtel, welcher das ganze Gebirge durchzieht und zu den gewaltigsten Felsbauten der Alpen zählt, fand durch die Annahme einer mächtigen Verwerfung scheinbar die befriedigendste Erklärung, welche jedoch durch die Ergebnisse der neuen Aufnahmen unhaltbar gemacht wurde. So ergibt sich nothwendigerweise die Veranlassung, aufs neue den Ursachen dieser bedeutsamen Erscheinungen nachzuspüren. Es ist nicht der Zweck dieser Studie, eine erschöpfende Darstellung und Beschreibung der Karwendelwände zu liefern, vielmehr sollen nur einige Typen Berücksichtigung finden, welche sich besonders hervordrängen. Wenn wir die grössten und steilsten Abstürze der Innthaler, der Hallthaler und Gleierscher Kette betrachten, so erkennen wir sofort, dass nahezu oder völlig saiger auferichtete Schichten des Wettersteinkalkes die Wände bilden, welche von den weichen Sandsteinen, Schieferen und Mergeln der Raibler Schichten begrenzt sind. In gewissem Sinne haben wir auch hier tektonisch gebildete Wände vor uns, welche schon fertig von der Erosion aus ihrem Deckmantel herausgeschält wurden. In einem einzigen Falle an der Südwand des Höhenberges, von der die berühmte Martinswand ein Theil ist, machen nicht die Raibler Schichten, sondern die Schieferzonen der Partnachschichten und Muschelkalk jenen Bestand aus, durch dessen Entfernung die Wand hervorkam. Auffallend ist an diesen Wänden, dass meistens sofort neben den tief ausgefressenen, weichen Zonen die erste feste

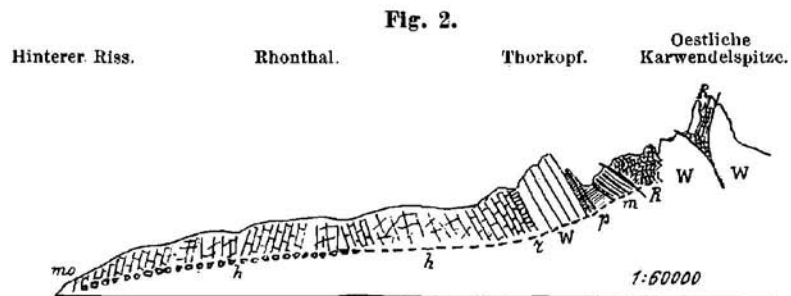
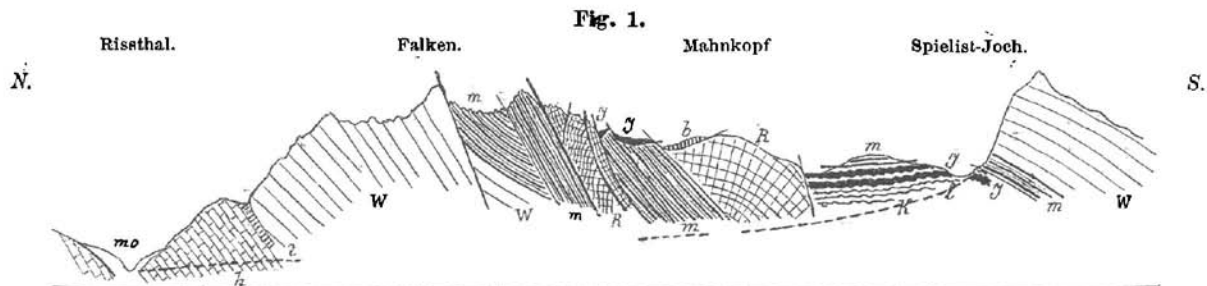
Kalkbank bereits 200—300 m hoch glatt emporsteigt, was für die ausnehmende Haltbarkeit dieser Wände spricht. Ist diese Wand dann vielleicht noch aus einem überschobenen Sattel hervorgegangen und besitzt daher über den saigeren Schichtbrettern eine Decke von flachliegenden, so gehören ihre Formen zu denjenigen, welche sich nur schwer und sehr allmähig verändern. In den Bergkämmen des Innthaler und Gleiersch-Hallthaler Zuges finden sich dafür ausgezeichnete Beispiele. Ersterer Kamm besitzt in der Solsteingruppe noch eine Decke und daher glatte, geschlossene Wände. Gegen Osten verliert sich diese schützende Decke und die Wand, mit der sich nun der saigere Wettersteinkalk von den Raibler Schichten abhebt, wird sofort von Rissen und breiten Karen dergestalt zerschnitzelt, dass sie durchaus keinen einheitlichen Eindruck mehr erzeugt. Dasselbe gilt vom Gleiersch-Hallthaler Kamm, dessen Wände ebenfalls, wo ihnen die Oberdecken fehlen, durch Karbildung und Schluchten viel rascher und tiefgründiger angegriffen werden. Diese Wände aus saigeren Schichten setzen sich meist erheblich ins Erdinnere fort und können von der Erosion noch erhöht werden, wenn die Abtragung ihrer Scheitel langsamer vorrückt als die Ausgrabung an ihren Füßen. Sie sind in horizontaler Richtung für die Erosion nur schwer verschiebbar, liegen ausserdem abseits von den grossen Wasserrinnen und besitzen meist noch ausser ihren Fussgräben kleine Vorhöhen, welche sie vor einer Unterschneidung wirksam schützen. Ihre Fusslinien verlaufen völlig unabhängig von den angelagerten Geländeformen rein nach der tektonischen Vorzeichnung der Auffaltung, so dass gegen sie gerichtete Querthäler und Käme ganz gleichmässig abgeschnitten werden. Eine meist ziemlich schmale Zone eigener Trümmer begleitet den Fussrand, nur an wenigen stärker angegriffenen und gegen oben geschützten Stellen tritt das weiche Nebengestein nackt hervor.

In ganz anderer Art erscheint die gewaltige Wand des Vomper-Hinterauthaler Kammes aufgebaut. Hier begegnen wir statt saigerer Stellungen vorzüglich ziemlich flach nach Süden gleitenden Neigungen, welche sich nur ganz im Südosten, im Gebiete des Hohnissl, bis gegen 40° erhöhen. Grösstentheils ist die Neigung der Schichten am Grate eine sehr geringe, welche sich erst im südlichen Abhange allgemach versteilt. Die gewaltigen hier zu Tage tretenden Wände bestehen ebenfalls wieder hauptsächlich aus Wettersteinkalk, doch tritt darunter fast allenthalben noch der Muschelkalksockel hervor. War der Verlauf der Saigerschichtwände ein von den angrenzenden Thalungen völlig unabhängiger, so zeigt sich diese Wand aufs engste mit derselben verknüpft. Jedes Thal dringt buchtförmig in den Verlauf der Mauer, die wieder mit jedem Kämme durch einen oft weit vorspringenden Sporn verwachsen ist. Thalsystem und Wand erscheinen in enger Wechselbeziehung, was man nicht übersehen darf, wenn man eine Erklärung der seltsamen Thalläufe versuchen will, die sich hier einstellen.

Während nämlich das ganze übrige Gebirge eine dem Faltenwurfe entsprechende Anordnung seiner Thäler aufweist, zweigen hier von der grossen Wand vier bedeutende Querthäler ab, welche erst in grösserer Entfernung wieder in tektonisch vorgezeichnete Richtungen umbiegen. Merkwürdigerweise sind nun diese Querthäler ausgesprochene Durch-

bruchsthäler, welche ganz riesige Wälle steil aufgerichteter, harter Kalke durchsägt haben, obwohl in der Gegend ihres Ursprunges, am Fusse der Wand, entlang eine tiefe Zone weicher Schichtglieder eingebettet liegt, welche der Entwicklung eines Längsthalles den besten Vorschub geleistet hätte. Dazu zeigen diese Thäler nicht etwa den Charakter von tiefen, engen Klammen, sondern es sind sehr flachgeneigte Trogthäler mit breiten Sohlen und steilen Wänden, welche in ganz unglaublich schwachem Anstiege unmittelbar zu der riesigen, oft fast lothrechten Querwand hineinführen. Betrachten wir die Seitenkämme näher, welche diese Thalungen begleiten, so sind wir erstaunt, unmittelbar an die grosse Wand anstossend eine mehr oder weniger breite Zone auffallend junger Schichten vom Hauptdolomit bis zum oberen Jura anzutreffen, welche sich durchgehends in einer sehr flachen und normalen Lagerung befinden, im einzelnen jedoch aufs heftigste gefältelt und verquetscht sind (Fig. 1). Auf ihnen liegen, wie die neuesten Aufnahmen klar gemacht haben, die Reste von weit älteren Schichten, so Bundsandstein, Reichenhaller Schichten und Muschelkalk. Während nun längs der ganzen Wand zu ihren Füßen und unter ihren Vorsprüngen junge Schichten hervorbrechen, liegen andererseits auf diesen nördlich vorgelagerten Kämmen alte Schichtreste auf den jungen. An diese Zone von jungen Schichten stösst gegen Norden zu ein sehr verwickelt gebauter Wall von überkippten übereinandergeschobenen Platten von Wettersteinkalk, Muschelkalk und Reichenhaller Schichten.

Im Westen zeigt die letzte äusserste Wettersteinplatte in regelmässiger Folge und saigerer oder nordwärts überkippter Lage den Uebergang zu Raibler Schichten und Hauptdolomit. Wenn wir diese tektonischen Ergebnisse zusammenfassen, so haben wir im Süden die grosse Wand, ihr entlang eine Zone weicher, junger Schichten, an welche sich ein mächtiges wirres Bollwerk von älteren Gesteinen anlegt. Wäre eine solche Gestaltung der Oberfläche vom Anfang an dem Gebirge zu eigen gewesen, so ist es höchst wahrscheinlich, dass sich längs der Wand in den weichen Schichten eine breite Längsthalung ausgebildet hätte. Von einer solchen finden wir nur an den beiden Endstrecken Beispiele vor, indem einerseits das Stallenthal, andererseits das Karwendelthal ungenau dem Verlaufe der Wand sich anschmiegt. Die Reste der alten Schichten auf junger Unterlage, welche sich schön und deutlich auf den Höhen des Stanserjoches, des Sonnenjoch-, Gamsjoch- und Falkenkammes erhalten haben, scheinen mir die Möglichkeit einer Erklärung nahe zu legen. Nach diesen Aufschlüssen ist es höchst wahrscheinlich, dass die mächtige Vomper-Hinterauthaler Platte, welche jetzt hauptsächlich mit der grossen Wand endigt, einst weit nach Norden vorgereicht und dabei als schwere mächtige Decke mindestens die Zone der jungen Schichten unter sich verborgen hat. Diese ganze ungeheure Masse neigte sich theils gegen Süden, theils wölbte sie sich wohl flach gegen Norden ab. Durch die Einwirkung der atmosphärischen Wasser grub sich zu beiden Seiten des Scheitels ein Rinnennetz in die Tiefe, das natürlich nach der ziemlich regelmässigen Wölbung der Platte sich dementsprechend ausbildete. Dass eine solche Scheitelung der Platte nicht unwahrscheinlich ist, beweisen zwei Stellen ihres jetzt noch erhaltenen Restes, und zwar die Gegenden ums Hochglück einerseits und die un-



**Zeichenerklärung.**

*b* = Buntsandstein. — *R* = Reichenhaller Schichten. — *m* = Muschelkalk. — *p* = Partnachsichten. — *W* = Wettersteinkalk. — *r* = Raibler Schichten. — *h* = Hauptdolomit. — *K* = Kössener Schichten. — *l* = Lias. — *J* = Obere Jura. — *mo* = Moränen.

Oed- und Birkkarspitze andererseits. Während nämlich an den übrigen Stellen die Schichten der Platte gleichzeitig südwärts fallen, liegen sie in den oben angeführten Orten eben oder fallen nach Norden. Die Erosion zeigt sich hier als sehr empfindlich für diese Schwankungen, sofort rückt der Scheitel gegen Süden und es senken sich auf der Nordseite Kare ein, während sonst dieselben ganz auf die Südseite beschränkt bleiben. In dem gegen Norden neigenden Theile der Platte gelangten nun die Wasserrinnen, da derselbe nicht so mächtig und so vielfach übereinandergeschuppt war wie der südliche, nach einer gewissen Zeit auf die weiche Unterlage. Von diesem Momente an änderte sich die Wirkung der Erosion ganz bedeutend, indem durch Unterspülung und Nachgeben der lockeren Unterlage das Losbrechen von grossen Felsstücken und damit die Bildung von schroffen Wänden begünstigt wurde. An der Westseite des Gamsjöchls ist dieser Vorgang noch jetzt deutlich zu verfolgen. Wie sehr die Unterlage von weichen nachgiebigen Schichten zur Bildung von steilen, ja senkrechten Wänden aus sprödem starren Gestein beiträgt, kann man im nahen Sonnwendgebirge verfolgen, wo dieser Process sich mit grosser Lebendigkeit und hoher Wirkung abspielt. Im Karwendel dürfte dieses Rückschreiten der Wand nahezu schon das Ende erreicht haben, da aller Voraussicht nach die jungen Unterlagen nicht mehr weit hineinreichen und somit ihr Nachgeben die oben lastende Wand nicht mehr allzu sehr beeinflussen kann. Am Kaisergrat des Hochglücks und am Nordgrat der Grubenkarspitze hat man Gelegenheit, noch solche abgesunkene Thürme im Zusammenhange mit der Wand zu beobachten. Im Vergleiche zum Sonnwendgebirge fällt uns hier der Mangel an sehr grossen Blöcken auf, welche sich nur ziemlich selten finden, doch mag dafür einestheils der Stillstand des Wandrückzuges, anderentheils die Wegräumung durch die Eismassen zur Erklärung angeführt werden. Ausserdem dürfte bei so hohen Wänden (600—900 m) die gewaltige Wucht des Sturzes dem Zusammenhalte allzu grosser Blöcke ungünstig sein.

Diese Erklärungshypothese, welche die Entstehung der grossen Wand und der Durchbruchsthäler auf eine grössere Ausdehnung der Vomper-Hinterauthaler Platte zurückführt, in welcher das gewöhnliche Thalsystem entstand, aber dann in ganz fremden Boden hinabsank, hat zur Voraussetzung eine, wenn auch geringe Neigung dieser Platte gegen Norden. Wenn wir aber nun die Reste jener Platte auf den nördlichen Kämmen verfolgen und ihre Höhenlage beachten, so finden wir, dass dieselben fast durchgängig eine höhere Lage als die ihnen nächsten Theile der Wandfüsse einnehmen. Je weiter dabei die Vorkommnisse von der Wand abliegen, desto mehr erhöhen sie sich. Allerdings liegen sämtliche Stellen auf Bergkämmen, so dass es ja leicht möglich ist, dass die zwischenliegenden zerstörten Theile erheblich tiefer lagen. Allein auch ohne diese Annahme bietet dieses Verhältnis nichts Befremdliches, kennt man doch schon mehrfach Stellen, aus denen sich schliessen lässt, dass Gebiete, welche von einer gewaltigen Schichtenlast befreit wurden, sich ausdehnten und langsam erhoben. Ich erinnere besonders an die Angaben Prof. Diener's über die Structur der südosttirolischen Dolomitsstöcke (Mittheilungen der k. k. geographischen Gesellschaft 1900, XLIII, 13), welche im Gegensatze zu der gekünstelten

Hypothese Miss Ogilvier's von Torsionsstructur die eigenthümlichen Störungen an den Rändern der mächtigen Dolomitklötze sehr einfach durch Entlastungs- und Belastungserscheinungen erklären. Zudem ist der Anstieg der jetzt noch erhaltenen Reste gegen Norden ein ganz unbedeutender, wenn man von den Vorkommnissen am Sonnenjoch abieht, und beträgt zum Beispiel am Gamsjöchlkamme auf der Ostseite vielleicht 30 *m* auf 4 *km* Entfernung, auf der Westseite ungefähr 80 *m*.

Interessant ist es auch, die Grössenverhältnisse der tiefen Querthäler mit der Einschaltung des Wandkammes in Vergleich zu ziehen. Hier haben wir in gewissem Sinne zwei übereinander liegende Thalsysteme vor uns, in der Tiefe die mächtigen breiten Thalfurchen und auf der Platte droben die Zerschneidung des Grates mit den südwärts anschliessenden Karen. Höchstwahrscheinlich besass die alte Decke, welche die Querthäler einst überlagerte, auch eine ganz ähnliche Vertheilung ihrer Wasserfurchen, wie sie der Südtheil der Platte noch jetzt bewahrt, so dass wir hier mit vorsichtigen Einschränkungen den Verlauf der Thalbildung sehr weit zurück verfolgen können. Sehr deutlich springt die Erscheinung ins Auge, dass aus mehreren Wasserfurchen der ersten Anlage allmählig eine bestimmte, meist mittlere, eine oder mehrere nachbarliche aufrisst und in sich vereinigt. Dieser Vorgang hat sich indessen auch schon auf der Platte selbst abgespielt, freilich in viel geringerem Umfange und besonders durch die Mitwirkung der Gletscher. In der Zertheilung der Kammhöhe haben wir ein ziemlich getreues Bild der ursprünglichen Anordnung der Wasserfurchen vor uns, und im Allgemeinen entspricht auch jedem grösseren Gipfel ein Querkamm, jeder bedeutenden Scharte ein Kar. Vielfach aber sehen wir einzelne kleinere Gipfel überhaupt ohne Grat oder doch nur mit einem unbedeutenden zwischen mächtigen Nachbarn verkümmern. Hier haben sich ebenfalls mehrere Wasserfurchen später zu einer grossen vereinigt. Ich spreche hier von Wasserfurchen nicht in dem Sinne, als ob die Kare in ihrer jetzigen Gestalt etwa davon ausgestattet worden wären, sondern in dem, dass sie die erste Anlage ausgearbeitet haben, wofür auf der Vomper-Hinterauthaler Platte schon die bedeutende Empfindlichkeit für die Neigungsverhältnisse der Schichten auf der Kammhöhe deutlich Zeugnis ablegt.

In dem mächtigen Sammelkar des Rossloches nun finden wir mindestens sieben ursprüngliche Furchen zu einem Bache vereinigt, so zwar, dass die kleinen Gipfelzacken des Hauptkammes unmittelbar auf einer rauhwelligen Hochfläche aufsitzen, welche klar erkennen lässt, dass hier vorzüglich durch Eiswirkung die Zwischenriegel entfernt wurden. Erst in grösserer Tiefe gelangen schmale Wasserrunnen zu einer Bedeutung. So können wir mit Hilfe der Gratzzeichnung der grossen Wand vielfache Schlüsse auf die angrenzenden Thalungen gewinnen.

Auch der Karwendelkamm besitzt im Norden grossartige Wandanlagen, in welchen beide früher besprochene Typen übereinander enthalten sind. Wir finden sowohl Stellen, wo die Wand aus saigeren Wettersteinkalkschichten errichtet ist, als auch solche, wo die überschobene, flachgelagerte Decke auf einem weichen Untermittel ruht, und endlich Uebereinanderthürmung von beiden Arten. Wenden wir uns gleich dieser Ausbildungsweise zu, weil sie bisher noch nicht vertreten

war. Dieselbe zeigt sich am meisten in den Abstürzen der Schichtenspitzen des Bärenalpkopfes und der Tiefkarspitze. Die untere, meist weit kleinere Abtheilung besteht aus lothrechten Wettersteinkalkplatten, an deren Fuss die nieder gewitterten Raibler Schichten lagern. Dann thront darüber eine Zone arg zermalmerter Rauhwacken, worauf eine flach südfallende Decke von Muschelkalk und Wettersteinkalk oder letzterem allein das Ganze krönt. Wie solche zusammengesetzte Wände sich rasch beträchtlich verändern können, lehrt in prächtiger Weise das Rhonthal, ein kleineres Querthal, welches von den Nordwänden der östlichen Karwendelwand nach Hinterriss zieht (Fig. 2). Auch diese Wand ist zusammengesetzt, indem sie zwei furchtbar zerfaltete Rauhwackenbänder durchzieht, über denen die aufgeschobene Decke stellenweise in wilde Thürme gegliedert ist. Dieser Wand liegt ein vom Bach durchbrochener Querwall von überkippten Partnach-, Wettersteinkalk- und Raibler Schichten vor, an den sich ein enggefalteter, mächtiger Bereich von Hauptdolomit schliesst, in welchem der weitaus grösste Theil des Thales liegt. Dasselbe läuft anfangs gegen Norden und biegt dann fast rechtwinkelig nach Osten um. Im nördlich streichenden Theile liegt der fast ebene Schuttboden der Rhonthalalpe, welcher an der Umbugstelle in eine ungeheure Anhäufung von riesigen Wetterstein- und Muschelkalkblöcken übergeht, die wohl die Ursache seiner Anstauung bildete. Diese Blockmassen beherrschen den ganzen östlich ziehenden Theil des Thales und enthalten hunderte von gewaltigen Klötzen. Weit herum bestehen die angrenzenden Gehänge aus Hauptdolomit und noch jüngeren Schichten, weshalb eine Entstehung durch Bergstürze völlig ausgeschlossen ist. Diese Massen können nur durch einen Gletscher aus dem Thalhintergrunde geschleppt worden sein, wo wahrscheinlich mehrere der schlanken, hohen Thürme auf das Eis herabstürzten und hinausgetragen wurden. Das kann natürlich nur in einem Rückzugsstadium der letzten Vergletscherung stattgefunden haben.

### Reiseberichte.

**R. J. Schubert.** Zur Geologie des Kartenblattbereiches Benkovac—Novigrad (29, XIII).

#### II. Das Gebiet zwischen Zemonico und Benkovac.

Das sich an die im vorigen Berichte besprochenen Küstenfalten anschliessende Muldengebiet zwischen Unter- und Ober-Zemonico weist an den von Zara nach Obrovazzo und Benkovac führenden Strassen anscheinend einen regelmässigen Muldenbau auf: zwischen den beiden von Imperforaten-<sup>1)</sup> und Nummulitenkalk flankirten Rudistenkalksätteln

<sup>1)</sup> Unter dem Namen Imperforatenkalk fasse ich die marinen Kalke zwischen Cosina- (beziehungsweise Rudisten-) Kalk und dem Hauptnummulitenkalke zusammen. Es sind die bisher als „oberer Foraminiferenkalk“ (Stache) oder Milioliden- und Peneropliskalk und Alveolinenkalk bezeichneten Schichtglieder, die wenigstens in Norddalmatien kartographisch bei ihrer vielfachen Wechsellagerung nicht trennbar sind, so dass mir ein einheitlicher Namen für diese mit *Alveolina*, *Miliolideen* (*Bi-Tri-Quinque-Spiroloculina*) und *Peneroplis* erfüllten alterriären Kalke, die unter dem Hauptnummulitenkalke lagern, wünschenswerth schien. Da