

ÜBER
BAU UND ENTSTEHUNG
DER
KARNISCHEN ALPEN.

VON

DR. FRITZ FRECH.

MIT EINER KARTENSKIZZE.

BERLIN.
DRUCK VON J. F. STARCKE.
1888.

Sonder-Abdruck aus der Zeitschrift der Deutschen geolog. Gesellschaft,
Jahrgang 1887.

Inhaltsangabe.

	Seite
Einleitung	739
I. Die Brüche	740
1. Die Längsbrüche	745
2. Die Querbrüche	745
II. Die Faltungserscheinungen	747
Die Marmorisierung der dichten Kalke	754
III. Die Karnischen Alpen, ein Faltungsgebirge der Permzeit	756
IV. Weitere Anzeichen postcarbonischer Faltung in den Alpen	760
1. Die Ostalpen	763
2. Die Westalpen	763
3. Folgerungen	765

Ueber Bau und Entstehung der Karnischen Alpen.

Einleitung.

Bei der stratigraphischen Durchforschung der westlichen Karnischen Alpen, deren Ergebnisse in dem vorstehenden Aufsatze mitgetheilt sind, wurden eigenthümliche tektonische Verhältnisse beobachtet, die zu weiteren Folgerungen Anlass geben.

Es liegen einerseits Faltungserscheinungen, Ueberschiebungen jüngerer Gebilde durch ältere, Ineinanderpressungen von Gebirgsgliedern verschiedenen Alters vor, wie sie in dieser Grossartigkeit bisher nur in den Schweizer Alpen bekannt geworden sind; andererseits wird der Bau des Gebirges durch gewaltige Brüche beherrscht, welche in keiner Beziehung zur Faltung stehen, sondern das ganze Gebiet in Schollen von verschiedener Ausdehnung zerlegt haben. Die Karnischen Alpen bilden mit anderen Worten ein Bruchgebirge, ähnlich dem westlichen Südtirol; innerhalb der einzelnen Schollen lassen sich jedoch mit aller Deutlichkeit die Wahrzeichen einer älteren Faltungsperiode beobachten.

Die Untersuchungen in den westlichen Karnischen Alpen sind, trotzdem ich einen erheblichen Theil der Sommer 1886 und 1887 daselbst verweilt habe, nicht vollständig beendet; vor Allem ist der Anschluss an die Aufnahmen von MOJSOVICS und HARADA noch nicht bewirkt. Da jedoch vorauszusehen ist, dass auch im nächsten Sommer die betreffende Lücke schwerlich ganz ausgefüllt werden wird, so veröffentliche ich die nachfolgenden Beobachtungen bereits jetzt, umso mehr als wenigstens in dem kleinen Gebiet zwischen Seekopf und Pizzo di Timau eine feste Grundlage für weitere Forschungen gewonnen ist.

Ich will nicht unterlassen auch an dieser Stelle für die freundliche Hülfe zu danken, die mir bei den Arbeiten im Gebirge von Seiten der Herren ROBERT VON GRIMBURG und WILHELM VON HAUER zu Theil geworden ist.

Für die Geschichte der geologischen Erforschung der Karnischen Alpen und die Stratigraphie des Devon und Silur kann

auf die vorstehende Arbeit verwiesen werden. Nur über die im Hangenden der Clymenienkalke lagernden Culmschiefer ist Einiges nachzuholen.

Versteinerungen wurden in dem kartographisch dargestellten Gebiet innerhalb der Culmbildungen überhaupt nicht gefunden. Weiter östlich sind nach den Angaben von STUR und STACHE Pflanzenreste (*Chondrites tenellus*, *Archaeocalamites radiatus*) vorgekommen.

Die Gesteine der carbonischen Schichtenfolge sind sehr bezeichnend und leisten für die Feststellung des Alters der Gebirgsglieder bessere Dienste als die mannigfachen grauen Kalke des Devon und Silur. Das verbreitetste Gestein ist blau-grauer Thonschiefer, der zuweilen transversale Schieferung zeigt und stellenweise Kieselschiefer, Conglomerate und Grauwacken enthält. Die untergeordnet auftretenden Kieselschiefer sind meist schwarz, seltener grau gefärbt und sehr splitterig. Conglomerate und Grauwacken sind häufiger und durch die mannigfachsten Uebergänge mit einander verknüpft. Bezeichnend für beide ist das Vorkommen zahlreicher Thon- und Kieselschiefer-Brocken neben den vorherrschenden Quarzkörnern. Man studirt die verschiedenen Gesteinsvarietäten am bequemsten innerhalb der ausgebreiteten Schuttmassen des Angerbachs oberhalb des Plöckenwirthshauses. Hier findet sich auch vereinzelt ein eigenthümliches Eruptivgestein.

I. Die Brüche.

Die Brüche und Verwerfungen, die den tektonischen Aufbau des vorliegenden Gebietes in erster Linie bedingen, verlaufen entweder parallel oder senkrecht zu der Hauptrichtung des Gebirges. Die Querverwerfungen durchsetzen in grosser Zahl die Kalkmassen des devonischen Riffkalkes, besitzen aber meist nur geringere Sprunghöhe; ein Querbruch von grösserer Bedeutung beginnt südlich vom Plöckenpass und zieht in das untere Valenththal. Die Längsverwerfungen haben ihren Hauptvertreter in dem Plöckener Längsbruch.

1. Die Längsbrüche.

Eine Störungslinie von grosser Bedeutung beginnt in der Gegend der oberen Wolayer Alp (wahrscheinlich noch weiter östlich), verläuft dann über das mittlere Valenththal, den Cellonkofel und das Südgehänge des Angerthals zum Pizzo di Timau und erreicht auch hier wahrscheinlich noch nicht ihr Ende.

Man beobachtet den Beginn der Verwerfung sehr gut an einem Abhange in der Nähe der Maderkopf-Alp, über den die Grenze von silurischen Schiefer und Devonkalk in senkrechter Richtung verläuft. Nördlich vom Maderkopf und Rauchkofel

ist die Richtung der Verwerfung WSW — ONO und biegt dann am Judengras nach WNW — OSO um, ohne im weiteren Verlauf erheblichere Ablenkungen zu erfahren. Der nördliche Flügel ist abgesunken. Im O und W, wo Devon an Silur bzw. Carbon an Devon angrenzt, ergibt sich das unmittelbare. Weniger klar ist das Verhältniss in der Mitte, wo Silur den nördlichen, Devon den südlichen Flügel bildet. Jedoch befindet sich das Silur des Nordflügels (am Cellon etc.) in tieferer Höhenlage als dasjenige des Südflügels am Rauchkofel. Ferner ist die Neigung der Devonkalke am Mooskofel im allgemeinen steil nach Norden, am Kollin flacher nach Süden gerichtet und diese Differenz erklärt das scheinbar widernatürliche Verhältniss.

Die Schichtenstellungen der silurischen Schieferkalke sind die denkbar mannigfaltigsten: dieselben fallen im unteren Valentinthal (oberhalb des Ederbauer) sehr steil nach SO, an den Serpentinien des zum Plöckenhaus führenden Weges SW, und am Ostgehänge des Cellaun nach S. (Vergl. die Karte.)

Man kann von der Scharte zwischen Gams- und Rauchkofel die über einen niedrigen Rücken verlaufende Verwerfung bis zum Wolayer Thal vortrefflich übersehen und zugleich mit grösster Deutlichkeit in situ beobachten. Die Verschiedenheit der beiden an einander stossenden Schollen ist sehr erheblich. Nördlich bzw. nordöstlich die flachgelagerten, dickbankigen reinen Kalke des Mittel(?)-Devon, die nach W zu ihre Schichtung allmählich verlieren; südlich bzw. südwestlich die dünn geschichteten, schiefrigen Plattenkalke des Silur in saigerer Stellung von NO nach SW streichend. In die Plattenkalke schieben sich zahlreiche Schieferlagen ein und der liegendste Theil des Silur (wenn man, entsprechend den Verhältnissen am Thörl eine südliche Neigung annimmt), besteht aus reinem Thonschiefer (III „Thonschiefer des oberen Untersilur“). Der letztere grenzt zum Theil unmittelbar an den Devonkalk und lässt das Vorhandensein einer Verwerfung somit deutlich hervortreten. Dieselbe verläuft schräg (mit einer Neigung von etwa 70°) gegen die Oberfläche und zwar derart, dass das Devon das Hangende bildet. Man wird den devonischen Flügel als den abgesunkenen anzusehen haben.

Der Bruch liegt fast genau in der Scharte des Rauch- und Gamskofels und wird beim Eintritt in das Valentinthal durch eine aus den devonischen Riffkalken des Gamskofels bestehende Gehängescholle theilweise verdeckt¹⁾. Dieselbe greift etwas auf den Abhang des Rauchkofels hinüber. Die dickbankigen Kalke des Unterdevon, welche hier ziemlich reich an Korallen sind

¹⁾ Der Hauptbruch ist unter der trapezförmigen Scholle punktiert.

(*Cyathophyllum* aff. *helianthoides*, *Favosites*), fallen flach nach S, die silurischen Plattenkalke sehr steil nach SO. Vom Thal aus sieht man grade auf die Schichtflächen der Devonkalke und kann dieselben nach Farbe und Structur nur unvollkommen von dem angrenzenden Silur unterscheiden. Es hat daher von diesem Standpunkte aus den Anschein, als ob die Silurschichten eine torsionsartige Umdrehung in Streichen und Fallen erfahren hätten, während in Wahrheit eine hinabgebrochene Scholle jüngeren Kalkes neben den am Orte verbliebenen älteren Schichten liegt. Die Hauptverwerfung tritt auf das südliche Gehänge des Valenthals hinüber. Hier sieht man etwas oberhalb der höheren Valentinalm die schwarzen Kalkschiefer und Thonschiefer des Untersilur in unmittelbarem Contact mit den massigen grauen Kalken des Devon. Man könnte aus einiger Entfernung eine regelmässige Ueberlagerung vermuthen. Bei näherer Untersuchung erkennt man jedoch an der unregelmässigen Begrenzung der devonischen Kalkblöcke nach unten, sowie an den mannigfachen Faltungen und Knickungen der Silurschiefer das Vorhandensein einer Verwerfung. In den durch die Verwerfung im Süden abgetrennten Scholle der Kellerwand und des Kollinkofels fallen die Schichten, soweit solche unterscheidbar sind, flach südlich oder südwestlich. Besonders deutlich und regelmässig beobachtet man die südliche Neigung ($40-50^{\circ}$) der dickbankigen Kalke bei dem Uebergang über das Seekopfhörl nach Collina. Die ganze Gebirgsmasse ist, wie sich an den schroffen, das Valenththal im Süden begrenzenden Wänden erkennen lässt, von einem System kleiner etwa N — S verlaufender Verwerfungen und Flexuren durchsetzt. Dieselben sind hier noch häufiger als am Cellonkofel (vergl. die unten folgende Ansicht). Man kann diese Brüche, deren Sprunghöhe von wenigen Metern bis zu 100 m steigt, mit voller Deutlichkeit an der fast senkrecht abfallenden Wand zwischen Kellerwand und Eiskar vom Valenththal aus beobachten. Auch eine bedeutendere Flexur, verbunden mit Ueberschiebung des liegenden Flügels, ist im oberen Theile des Thales wahrnehmbar.

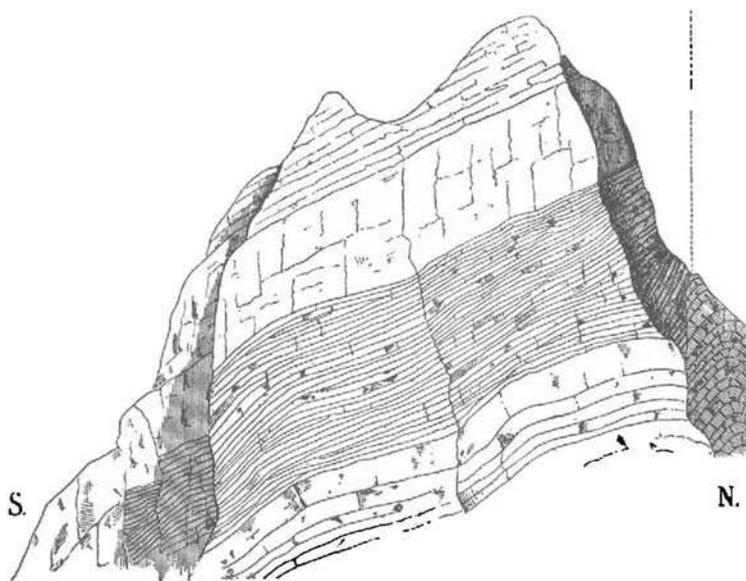
Zwischen Kollin- und Cellonkofel tritt eine plötzliche Umbiegung der Schichtenneigung ein, die sich in einer Reihe kleinerer Verwerfungen am Gehänge deutlich abzeichnet. Am Cellonkofel fallen die Schichten plötzlich fast senkrecht nach SW und zwar stehen dieselben am unteren Theil des Berges vollkommen saiger, während nach oben zu eine allmähliche Umbiegung eintritt, so dass sich an der Spitze ein SW-Fallen ($60-70^{\circ}$) beobachten lässt. Es sei bemerkt, dass am Pizzo di Timau die Schichtenstellung genau dieselbe ist. Die Aehnlichkeit wird dadurch erhöht, dass auch an dem genannten

Berge dieselben bräunlichen Plattenkalke wie am Cellon auftreten.

Weniger gut vermag man die verschiedenen Schichtenstellungen in der nördlichen ausgedehnten Devonmasse zu erkennen; dieselbe umfasst Plenge, Mooskofel, Gamskofel und zieht dann über das Judengras und die die untere Wolayer Alp zu beiden Seiten begrenzenden Wände zu dem Pigengebirge (Monte Volaja). Hier verliert die Verwerfung mehr und mehr an Sprunghöhe, so dass die nördliche Devonscholle sich mit der südlichen im Pigengebirge vereinigt. Am Osthang des Mooskofels und wahrscheinlich auch an dem südlichen, dem Valentinthal zugekehrten Gehänge unterlagert das Silur regelmässig die devonischen Kalke. Das Silur setzt dann den Höhenzug zwischen der Mauthner Alp und dem kleinen Joch zusammen. Die Fallrichtung des Silur schwanken hier zwischen SW—WSW—W—NNW. Mit der Annäherung an den Mooskofel, an dem die Kalkgrenze ungefähr von N nach S verläuft, beginnen die westlicheren Fallrichtungen vorzuwiegen.

Doch kehren wir zu der Verwerfung zurück. Dieselbe lässt sich am Ostgehänge des Cellonkofels in zwei Bachein-

Hauptbruch.



Ansicht des Cellonkofel von Osten. Jenseits der nördlich gelegenen Verwerfung befindet sich Obersilur, einen Sattel bildend.. Die Masse des Berges besteht aus Korallen-führendem Unterdevon.

schnitten mit ausserordentlicher Deutlichkeit beobachten. Sie streicht quer über den Abhang und liegt in dem südlichen Einschnitt orographisch tiefer. Wenn der Blick für die Farbenverschiedenheiten der Kalke (grau bzw. rothbraun) geschärft ist, lässt sich der Verlauf des Bruches weithin über den Abhang verfolgen. Auch orographisch ist der Unterschied der Formationen am Cellon sehr scharf ausgeprägt; das Silur setzt den flacher geneigten wiesenbedeckten Vorberg, das Devon die schroffen, unersteiglichen Wände des Nordabhanges zusammen. Auf der vorstehenden Ansicht sind nur rechts unten die sattelförmig gebogenen Silurschichten wahrnehmbar. Die Masse des Berges besteht aus den in mannigfacher Weise geschichteten Devonkalken. Dieselben werden im Süden von einigen Längsverwerfungen durchsetzt, die zum Theil auf der Ansicht nicht hinreichend deutlich hervortreten. Der Plöckener Längsbruch setzt dann jenseits der Strasse auf den Südabhang des Angerthals hinüber. Südlich vom Plöckenwirthshaus stösst der Carbonschiefer unmittelbar an die Kalkmassen des älteren Devon (Pal). Für die Annahme einer Längsverwerfung spricht — abgesehen von dem wesentlich verschiedenen Alter der fraglichen Formationsglieder — die abweichende Lagerung des Kalkes und des Schiefers. Am Nordabhang des Pizzo di Timau liess sich an der Contactstelle von Schiefer und Kalk das Vorhandensein einer Störung fraglos feststellen. Die Längsverwerfung des Valentinthals übersetzt den Plöckener Querbruch ohne eine wesentliche Ablenkung zu erleiden und ist somit wohl jünger als dieser.

Der Plöckener Längsbruch bildet aller Wahrscheinlichkeit nach auch die Grenze zwischen dem Clymenienkalk und dem älteren Devon am Freikofel und grossen Pal; denn das Streichen der älteren Devonkalke ist im allgemeinen von NW nach SO, das der Clymenienschichten von W nach O gerichtet. Ferner hat es den Anschein, als ob südlich unmittelbar an die Clymenienbildungen eine Schichtenfolge braun-rother, thoniger Plattenkalke angrenze, welche im Valentinthal die unteren Horizonte des Devon bezeichnet, bisher allerdings noch keine Versteinerungen geliefert hat. Die Grenze ist theilweise durch den Schutt des Palgrabens, theilweise durch Vegetation verdeckt.

Die Verwerfung verläuft weiter über den Pizzo di Timau hinweg nach dem Hohen Trieb (Monte Skarnitz) ein wenig südlich von der Landesgrenze.

Eine Längsverwerfung von geringerer Sprunghöhe ist wahrscheinlich auch auf dem Südabhang des Pollinigg vorhanden. Zwischen den Culmschiefen des Angerthals und dem altdevonischen Riffkalk des Pollinigg fehlen die Clymenienschichten,

die am Nordabhang des Palzuges in ziemlicher Mächtigkeit auftreten. Eine Vertretung der oberdevonischen Cephalopodenschichten durch Riffkalk ist ebenso unwahrscheinlich, wie ein Auskeilen der ersteren in so geringer Entfernung. Die Annahme einer Verwerfung, welche hier allerdings in situ nirgends beobachtet worden ist, bietet die wahrscheinlichste Erklärung.

Der Culm und der stratigraphisch eng verknüpfte Clymenienkalk des Angerthals würde demnach im Norden, Süden und Westen von Verwerfungen begrenzt sein. Es liegt also eine tektonische Erscheinung vor, die in gewissem Sinne als kesselförmiger Einbruch bezeichnet werden könnte.

Unter sehr eigenthümlichen Verhältnissen liegt im Gebiete der unteren Wolayer Alp ein durch Korallenreste gekennzeichneter devonischer Riffkalk im Bereiche der Plattenkalke des oberen Obersilur. Ein schmaler, niedriger, von O nach W verlaufender Höhenzug besteht aus devonischen Kalken, die meist in grossen Blöcken die Oberfläche bedecken, zum Theil aber auch anstehend vorkommen. Die Kalke stehen in keiner Verbindung mit den gleich alten Gebilden des Seckkopfes und Pigengebirges, sondern sind allseitig von den rothen silurischen Plattenkalken umgeben. Da der Contact der beiden fraglichen Gebirgglieder nirgends aufgeschlossen ist, und die silurischen Kalke offenbar nicht dem höchsten Horizonte dieses Schichtensystems angehören, bietet die Annahme einer schmalen und kurzen Grabenversenkung die wahrscheinlichste Erklärung. Bekanntlich sind solche von Mojsisovics in den tektonisch in vielen Beziehungen ähnlich gebauten Ampezzaner Alpen unter denselben Verhältnissen beobachtet worden. Doch bleibt auch die Möglichkeit, dass ein eingefalteter und durch Erosion losgetrennter Fetzen von Devonkalk vorliegt.

Die Aehnlichkeit des Vorkommens mit den „Colonien“ BARRANDE'S ist unverkennbar; die letzteren sind wahrscheinlich zum Theil durch Faltungen, zum Theil durch Grabenbrüche gebildet.

2. Querbrüche.

Der Plöckener Querbruch, der die Längsverwerfung des Valentinthals halbwegs zwischen der Elisabethkapelle und der Höhe des Plöckenpasses kreuzt, ist für den orographischen und geologischen Bau der Gegend überaus wichtig. Zwar liegen an dem Plöckenpasse selbst beiderseits Devonkalke; jedoch befinden sich dieselben in abweichender Höhenlage. Sieht man von der unter-devonischen, fast auf dem Kopf stehenden Scholle am Südabhang des Cellonkofels ab, so liegt am Klei-

nen Pal das Mitteldevon um 1000 m niedriger als am Kollinkofel. Die Entfernung beider Spitzen beträgt nur $4\frac{1}{2}$ km.

Zwischen Pollinigg und Pal bildet der Querbruch die Grenze von Silur und Carbon. Dies scheinbar grosse Ausmaass findet seine Erklärung in der tiefen Lage des Angerthaler Carbon, das, wie oben ausgeführt wurde, durch zwei Längsbrüche im Norden und Süden begrenzt wird. Am Pollinigg, wo die Verwerfung aus NNO nach NO umbiegt, grenzt Silur an Devon. Die hier anstehenden Silurkalke bilden das Liegende der gesammten Schichtenfolge der Mauthner Alp und stellen somit einen überaus tiefen, unter-silurischen Horizont dar, während die Plattenkalke westlich vom Plöckenwirthshaus den jüngeren Zonen des Obersilur angehören.

Von besonderem Interesse sind die Knickungen, Stauchungen, überschobenen Falten und Umbiegungen der Streichrichtung, welche man im Unterdevon der Plöckenstrasse in der Richtung des Bruches beobachtet.

Steigt man vom Plöckenhause zum Pass empor, so beobachtet man zuerst Schichten, die von N 1 h. W nach S 1 h. O, dann solche, die NW—SO streichen und saiger stehen. Etwas weiter oben zeigt sich unmittelbar an der Strasse das typische Beispiel einer sehr deutlichen überschobenen Falte im Kleinen. Die Schichten des liegenden, überschobenen Flügels stehen beinahe saiger, die des hangenden liegen flach; beide sind nach SW geneigt. Weiterhin beobachtet man Nordfallen.

Ein anschauliches Bild der Verwerfung bietet sich dar, wenn man vom Passe aus nach N schaut. Die Thonplattenkalke (Unterdevon) des Kleinen Pal, die sich noch über die Strasse hinaus nach W verbreiten, streichen SO—NW und fallen mit ca. 70° nach SW; darüber lagern scheinbar die reinen, undeutlich geschichteten Mitteldevonkalke eines Vorberges des Cellon, welche SSW—NNO streichen und saiger stehen. Zwischen beiden liegt der Bruch, der also hier Mittel- und Unterdevon scheidet.

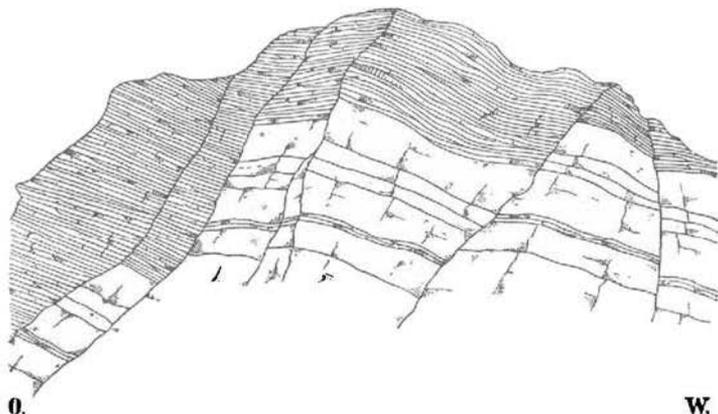
Südlich von dem Plöckenpass schneidet der Querbruch das offenbar durch die uralte Faltung gebildete Band von devonischem Riffkalk (an der Collinetta-Alp) scharf ab; dasselbe ist, wie die Karte zeigt, jederseits von Culm umgeben.

Weiter nach Süden zu wurde der Verlauf des Bruches bisher nicht verfolgt. Auch dürfte die Feststellung desselben innerhalb der überaus mächtigen und gleichartigen, versteinungsleeren Carbonschiefer schwierig sein.

Durch einen Querbruch ist der Clymenienkalk des Pal nach O zu geradlinig abgeschnitten. Derselbe streicht wie die Culmschiefer O—W. Die Sprunghöhe des Querbruchs kann

nicht bedeutend sein, da, wie erwähnt, der Culm das Hangende des Clymenienkalkes bildet und jenseits der Verwerfung in derselben Höhenlage wie dieser liegt. Eine weitere Verfolgung der Störungslinie in die gleichartig ausgebildeten versteinungsleeren Riffkalke im Süden, bzw. die Culmschiefer im Norden erscheint undurchführbar.

Auf die kleineren Querbrüche, welche die devonischen Riffkalke durchsetzen, wurde schon mehrfach hingewiesen, so bei der Beschreibung des oberen Valentinthals. Noch deutlicher erscheinen die Verwerfungen auf der untenstehenden, etwas schematisirten Ansicht, welche vom Gross-Pal aus aufgenommen wurde.



Die Verwerfungen im Kamme des Pizzo di Timau, vom Gross-Pal aus gesehen.

II. Die Faltungerscheinungen.

Die drei paläozoischen Formationen der Karnischen Alpen, Silur, Devon und Carbon, sind im Ganzen genommen petrographisch wesentlich verschieden und haben sich dementsprechend der Gebirgsfaltung gegenüber abweichend verhalten. Es ist diese oft gemachte Beobachtung von HEIM¹⁾ in dem vierten der sogenannten Erscheinungsgesetze formulirt worden, die BALTZER²⁾ treffender als „vorläufige Regeln“ für die Umformung der Gesteine bezeichnet hat: „Die aus verschiedenen Gesteinen bestehenden gleichzeitig gefalteten Schichten an der

¹⁾ HEIM. Mechanismus der Gebirgsbildung, p. 40.

²⁾ BALTZER. Der mechanische Contact von Gneiss und Kalk im Berner Oberland, p. 226, Anm.

gleichen Localität zeigen häufig Unterschiede in der Umformung, welche von der Natur des Gesteins abhängen.“

In der That wurden auch innerhalb der massigen oder dickbankigen Kalke des älteren Devon in dem untersuchten Gebiete nirgends eigentliche Faltungen beobachtet, während, wie erwähnt, grössere und kleinere Brüche zahllos auftreten. Insbesondere ist der Riffkalk der Kellerwand an dem Abfall gegen das Valentinthal auf weite Erstreckung hin geradezu zerstückt. (Vergl. auch die vorstehenden Ansichten des Cellonkofel und Pizzo di Timau.) Am Plöckenpass, wo sich einfache und überschobene Falten auch im Devon finden, herrschen die bereits von LEOPOLD v. BUCH beschriebenen thonreichen, gelblichen Plattenkalke vor.

Die meist durch höheren Thongehalt ausgezeichneten Plattenkalke des Silur sind überall, wie es scheint, bruchlos gefaltet. Zwar sind in diesen leicht verwitternden Gesteinen nirgends ausgedehntere Aufschlüsse vorhanden, an denen man die Biegungen mit dem Auge verfolgen könnte; jedoch wechseln, wie ein Blick auf die Karte lehrt, die Streichrichtungen des Silur auf geringe Entfernungen hin so häufig und plötzlich, dass diese Erscheinung nur durch eine gewisse Plasticität des Gesteins erklärt werden kann.

Die Verschiedenheit der Einwirkungen des Gebirgsdruckes auf diese petrographisch abweichenden Formationen, bewegt sich innerhalb geringerer Grenzen. Nirgends finden sich Erscheinungen, die etwa für die HERN'SCHE Deutung der Discordanz von Gneiss und Kalk sprechen; bekanntlich nimmt der genannte Forscher an, dass diese Discordanz secundär entstanden sei, indem sich unter oberflächlicher Hülle der Kern in abweichender Weise faltete.

Der Culm, der, wie erwähnt, zum überwiegenden Theile aus weichem Thonschiefer besteht, verhielt sich dem Gebirgsdruck gegenüber als rein plastische Masse.

Die eigenthümlichen Erscheinungen, welche sich an dem Contact des fast vollkommen starren, devonischen Riffkalkes und des ebenso vollkommen plastischen Culmschiefers ergeben haben, erheischen eine etwas ausführlichere Besprechung.

Concordante Aufeinanderfolge wurde vor Allem am Südgehänge des Angerthals, am Gross-Pal beobachtet, wo, wie oben erwähnt, der Clymenienkalk mit typischer Fauna das normale Liegende des Culm bildet.

Ferner ist am Westgehänge des Wolayer Thals, im Zuge der Säbelspitz und des Stallonkofels, das Carbon, wie es scheint, concordant dem devonischen Riffkalk aufgelagert. $\frac{4}{3}$ der Höhe des Abhanges werden von den charakteristischen, unge-

schichteten, grauen Devonkalken gebildet, während die Höhe des Kammes auf längere Strecken hin aus Schiefer besteht. Gegen Norden, nach der Nostra-Alp zu, nimmt der Schiefer mehr und mehr überhand, während die Höhe des Kalkgehänges sich allmählich vermindert.

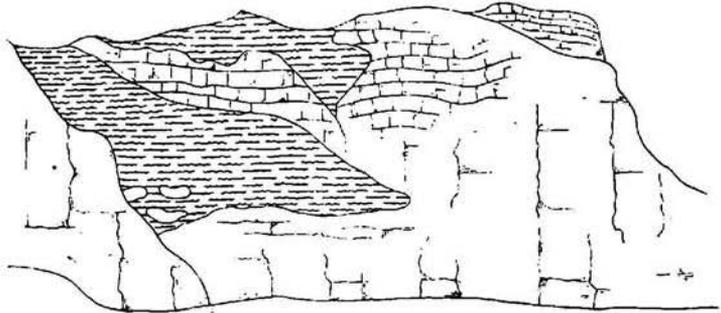
Ebenso ruhen an dem, dem Sittmooser Thal zugewandten Abhänge der Grubenspitze die Carbonschiefer regelmässig den Devonkalken auf; die horizontale Grenze steigt nach Süd zu etwas an. Jedoch ist hier andererseits der Kalk der Plenge an den Schiefer und zum Theil derart über denselben geschoben, dass die Schiefermasse auf drei Seiten vom Kalke umgeben ist und zum Theil keilartig in denselben hineingreift.

Meist sind, wie erwähnt, Kalk und Schiefer in der unregelmässigsten Weise in einander gepresst und über einander geschoben. Man beobachtet Schieferzungen, die in Fugen oder Klüfte des Kalkes hineingedrückt wurden besonders häufig. Ferner sind gewaltige Kalkmassen öfters auf den Schiefer hinaufgeschoben.

Ich glaubte anfangs das thatsächliche Ineinandergreifen von Schiefer und Kalk durch die Annahme heteroper Verhältnisse erklären zu können, überzeugte mich jedoch bald, dass

← Kollinkofel. Grüne Nase.

Ebner Kopf.



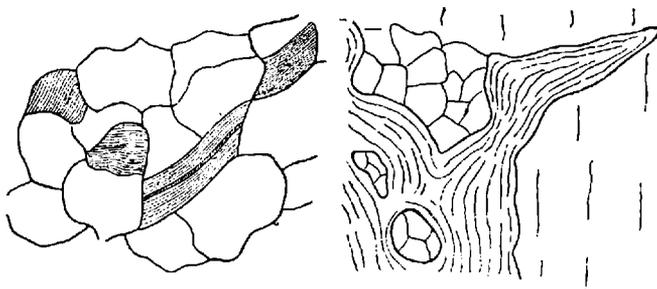
W.

O.

Die Faltungserscheinungen zwischen Cellon- und Kollinkofel; vom Westabhänge des letztgenannten Berges gesehen.

die beiden fraglichen Gesteine in einander „geknetet“ sind, nicht aber durch ruhigen, gleichzeitigen Absatz gebildet wurden. Niemals legen sich Kalk und Schiefer in gleichförmiger Weise an einander; stets ist der Kalk an der Grenze in grössere oder kleinere Blöcke zerbrochen, die unregelmässig in den Schiefer vorspringen, z. Th. auch isolirt in demselben liegen.

Der Schiefer ist wiederum in der mannichfachsten Weise gefältelt, geknickt, z. Th. geradezu zerrieben, greift überall in die Fugen der Kalkblöcke ein und bildet ausserdem langgestreifte Keile. Die obige Ansicht des Gebirgszuges zwischen Kollinkofel und Cellonkofel findet ihr Analogon bei BALTZER, l. c., t. 5, f. 6.



Links: Reibungsbreccie von Kieselschiefer (dunkel) und Kalk (hell), ca. 1:20. Hintere Kollinalp.

Rechts: Einpressung von Culmschiefer in den Kalk. Blockstruktur der losgerissenen Kalkstücke. Ansicht eines kleinen Aufschlusses am Südabhang des Gross-Pal, ca. 1:100.

Besonders wichtig ist die allgemeine Verbreitung der Reibungsbreccien, die stellenweise auch eine gewisse Mächtigkeit besitzen. Dieselben bestehen aus eckigen Kalkbrocken, deren scharfe Kanten z. Th. ein wenig abgerundet sind, und werden durch eine aus Sandsteinkörnern, Kieselschieferstücken und Schieferpartikelchen bestehende Grundmasse fest verkittet. Eine Verwechslung mit Kalkconglomeraten, etwa mit den Riffsteinen Südtirols, die aus gerundeten Kalkstücken bestehen, ist nicht möglich. Ebensowenig haben die fraglichen Reibungsbreccien mit den im Vellachthal beobachteten Uebergängen von Riffkalk und Schiefer Aehnlichkeit.

All die genannten Erscheinungen sind nur erklärbar durch die unter sehr starkem Druck erfolgte mechanische Ineinanderpressung zweier Gesteine, welche sehr verschiedene Härte und Plasticität besitzen. Ganz entsprechende Erscheinungen hat BALTZER aus dem Berner Oberland abgebildet. (Vergl. „Mechanischen Contact von Gneiss und Kalk“, t. 11, f. 8, 11, 12, 16a, 17). Es werden hier „ausgewalzte“ Oberjura-Kalkschollen in thonigem Schiefer zur Darstellung gebracht. Ich muss auf diese vorzüglichen Abbildungen umsomehr verweisen, als die beigegebenen Skizzen in Folge meiner geringen Fertigkeit im Zeichnen nur schematische Bilder geben. Die petrographische Beschaffenheit der an beiden Orten in Frage kommenden Ge-

steine ist fast dieselbe und die Gebirgsfaltung hat somit beide Male dieselbe Wirkung hervorgerufen. Nur ist die Frage aufzuwerfen, ob der Ausdruck „ausgewalzt“ der Sache ganz entspricht. Es handelt sich in allen Fällen um hervorragende Theile des Kalkes, die einfach abgerissen wurden, oder um Kalkfugen, in die der Schiefer hineingepresst wurde und in denen er unter Einwirkung des Druckes eine ähnliche Wirkung ausübte, wie das in den Gesteinsspalten gefrierende Wasser. Man würde also vielleicht bezeichnender von losgerissenen oder abgequetschten Kalkbrocken sprechen.

Noch beweiskräftiger für das Vorhandensein einer energischen Faltung sind die langen Schieferzungen, die in den Kalk hineindringen. Am Cellonkofel sind die Devonschichten steil aufgerichtet und streichen von NW nach SO. Die Carbonschiefer bilden auf dem Südabhang eine ausgedehnte Mulde zwischen den Kalken des Cellon- und Kollinkofels und einer schmalen Kalkzunge, welche vom Südgehänge des Kollinkofels zur Collinetta-Alphütte (Casa Collinetta) hinüberzieht. Auch die Schiefer streichen NW—SO und stehen saiger. Das Aufhören der Schiefer an dem Westgehänge des Kollinkofels erklärt sich wohl am einfachsten aus dem an der Wand des Eiskars beobachteten, durch zahlreiche Brüche bedingten Absinken des Gebirges von W nach O.

Der Boden des vorderen Theiles der Kollinalp (nahe dem Plöckenpass) wird von Schiefeln gebildet, der Untergrund des oberen westlichen Theils, wo die Hütte ¹⁾ steht, wird hingegen von Kalk zusammengesetzt, der verschiedene unregelmässige Aufwölbungen zeigt. Reibungsbreccien sind häufig und schön entwickelt. Besonders bemerkenswerth ist ein Punkt am Südgehänge der hinteren Kollinalp, wo grosse Blöcke von Kalk und wohl geschichtetem, hartem, kieselreichem Schiefer durcheinander gewürfelt sind. (Vergl. die Skizze links auf voriger Seite.)

Das zungenförmige Eingreifen des Schiefers in den Kalk ist deutlich innerhalb eines kleinen, nördlich von der Kollinalp, zwischen Kollin- und Cellonkofel gelegenen Kaars, das keinen Namen führt und als Cellonkaar bezeichnet werden könnte. Hier findet sich auch das scheinbare Vorkommen einer Kalkzunge im Schiefer (vergl. die Ansicht rechts auf pag. 749). Da die Schichten zum Theil saiger stehen, ist ein horizontales Eingreifen undenkbar. Man dürfte es mit dem am Abhang gleichsam kleben gebliebenen Rest einer erodirten grösseren Kalkmasse zu thun haben.

Auch eine Reihe isolirter Kalkblöcke, welche man von der Kollinalp aus auf der Südseite des Schieferrückens zwi-

¹⁾ Auf der Karte ohne Namen, links von dem Worte „Plöcken-Pass“.

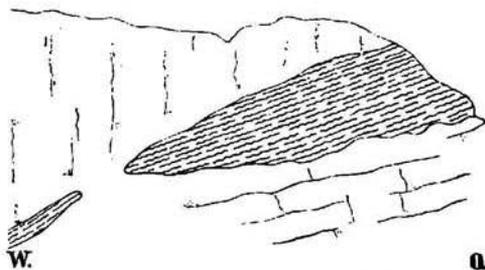
schen Cellon- und Kollinkofel gewahrt, könnten einen ähnlichen Ursprung besitzen; zum Theil liegen dieselben auch lose auf dem Abhang.

Von der Südseite her bemerkt man ferner, wie vom Cellon ein niedriger zerklüfteter Kalkzug nach Westen zieht, der den Schiefer des tieferen Abhanges scheinbar überlagert. Auch hier liegen in Folge der saigeren Schichtenstellung beide Gebilde in Wirklichkeit neben einander.

Hingegen ist dort, wo oberhalb Timau der zwischen Pal und Pizzo di Timau fließende Bach in das Val Grande mündet, der Culm von einer gewaltigen Kalkmasse überschoben. Der Bach hat den Kalk durchnagt, sodass auf der Sohle des Thales der jüngere Schiefer zu Tage tritt, während der höhere Theil des Gehänges von dem älteren Kalke gebildet wird. Die unregelmässige Form des Aneinandergrenzens beider Gebilde, sowie das Vorkommen kleiner zerbrochener Kalkpartieen im Schiefer unweit der Grenze ist hier besonders gut zu beobachten (Vergl. die Skizze rechts auf p. 750.)

Auch am Pizzo di Timau und zwar an der Ostseite zwischen dem Gipfel und dem Joche von Promos ruhen zwei kleinere Kalkpartieen dem Schiefer auf.

Der Devonkalk des Pollinigg, welcher die normale Unterlage der Carbonmulde des Angerthals bildet, enthält ebenfalls, besonders deutlich an der Himmelberger Alp, eingefalteten Carbonschiefer; das Vorkommen desselben erklärt sich hier am einfachsten durch die Annahme kleiner Spezialfalten.

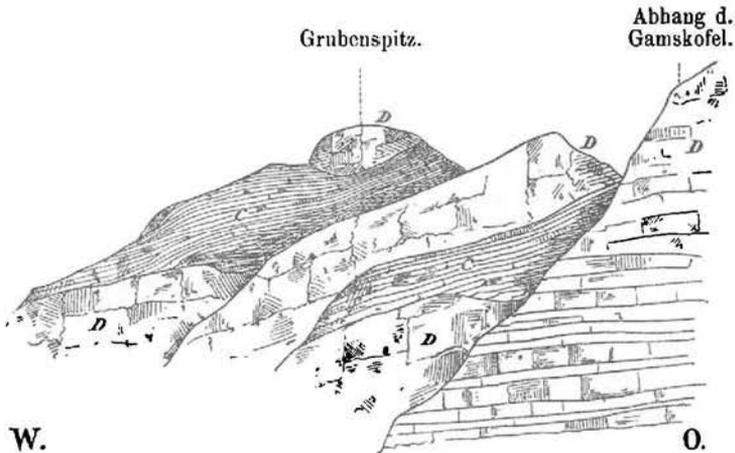


Zunge von Culmschiefer im devonischen Riffkalk des Mooskofels. Die mehrfach unterbrochene Fortsetzung ist nach W zu weithin am Abhange wahrnehmbar.

Dagegen enthält der Mooskofel einen von der Spitze aus in westlicher Richtung am Abhang hinab streichenden Schieferzug, dessen Vorkommen nur durch einen weitreichenden Horizontal Schub erklärbar ist. Die Schicht dunkleren Gesteins, welche den Gipfel des Mooskofels bildet, ist vom unteren

Valentintal und dem Plöckenhause her deutlich sichtbar. Dieselbe scheint von diesem Standpunkte aus einem jüngeren, die Spitze bedeckenden Gebilde anzugehören. Vom oberen Valentintal aus erkennt man jedoch, dass der Schiefer schräg nach unten zu am Gehänge forstreicht, dann scheinbar auskeilt, jedoch in einer Reihe dunklerer Bänder seine weitere Fortsetzung findet. Dieser Schieferkeil ähnelt, nach der Abbildung zu schliessen, äusserlich den beiden Falten von Hochgebirgskalk am Brigelser Horu. (Иккк, Mechanismus der Gebirgsbildung, t. 6, f. 11).

Eine ziemlich complicirte Ineinanderpressung zeigen Devon und Carbon an dem Gipfel der Grubenspitz, welche vom Gamskofel in nordwestlicher Richtung abzweigt. Sowohl an



Das Ineingreifen von Culmschiefer (C) und Devonkalk (D) an der Grubenspitz.

der Haupterhebung, wie an einem südöstlichen Vorgipfel besteht der höchste Theil des Berges aus Kalk, darunter liegt ein breites Schieferband; der grösste Theil des Abhanges wird wieder aus steil abstürzenden, ungeschichteten Devonkalken gebildet. Der scheinbar isolirte Kalkfetzen der Grubenspitz steht mit den ausgedehnten Kalkmassen des entgegengesetzten Abhanges in unmittelbarem Zusammenhang.

Ein noch wunderlicheres Durcheinander von Schieferkeilen im Kalk, Kalkmassen in Schiefer und scheinbar isolirten Kalkbrocken bietet der Abhang der Grubenspitz und des Rathhauskofels in seiner nordwestlichen Fortsetzung. Die obige Ansicht ist nicht unähnlich den von Heim dargestellten Faltungerscheinungen an der Windgälle (t. 6, Profil 5, t. 10, f. 3).

Ueberhaupt ist die Aehnlichkeit der Faltungserscheinungen des Berner Oberlandes mit denen der Karnischen Alpen äusserlich unverkennbar. Ich kann dies umsomehr hervorheben, als mir die wichtigen Profile des Roththals (an der Jungfrau) und des Gotellihorns durch eigene Anschauung bekannt sind. Trotzdem muss die Erklärung für die tektonischen Erscheinungen der Karnischen Alpen mit Rücksicht auf die grosse Verschiedenheit der beiden Contactgesteine etwas anders lauten als in der Schweiz, wo Gneiss und Kalk jedenfalls nicht in ihrer Härte so von einander abweichen, wie Kalk und Thonschiefer. Es dürften die dargestellten Verhältnisse kaum anders zu erklären sein, als durch die Annahme einer mantelförmigen, ungleichmässigen Anlagerung der Culmschiefer an die unregelmässige Oberfläche der devonischen Riffe. Bei dem Eintreten der vortriadischen Faltung wurde die Uregelmässigkeit der Grenze durch Ineinander-Pressungen und -Schiebungen der beiden Gesteine noch erhöht.

Ein alpines Analogon aus jüngeren Formationen bildet die mantelförmige Umlagerung der Gosaukreide um die triadischen Riffe des Ennsthales.

Die Faltung der paläozoischen Schichten der Karnischen Alpen besitzt nach dem Vorangegangenen Eigenthümlichkeiten, welche den benachbarter Triasschichten — abgesehen von geringen Ausnahmen — fremd sind. Die Trias des Gailthaler Gebirges ist zwar in mannichfacher Weise aufgerichtet, zeigt aber nirgends Erscheinungen, wie sie soeben beschrieben worden sind.

Aus dem östlichen Theile der Karnischen Alpen hat Süss ebenfalls die „Einknickung und Zerknitterung der Carbon-schichten“ beschrieben und dargestellt; auch hier wird jedoch der Bau des Gebirges durch Brüche, vor Allem durch gewaltige Längsbrüche beherrscht ¹⁾.

Die Marmorisirung der dichten Kalke.

Die Umwandlung dichter Kalke in krystalline Gesteine (Marmor) wird von den erfahrensten Kennern des alpinen Gebirgsbaus, von HEIM und BALZEA als Folge des seitlichen Druckes unter Mitwirkung von Erd- und Frictionswärme aufgefasst. Insbesondere hob der letztgenannte Forscher ²⁾ hervor, dass das Auftreten der kryst. Umwandlung in Marmor an Orte gebunden sei, wo wegen starker Fältelung, Schieferung, Undula-

¹⁾ Antlitz der Erde, p. 339 ff.

²⁾ Der mechanische Contact von Gneiss und Kalk im Berner Oberland, p. 201.

tion der Contactlinie, gequetschten Zustandes der Versteinerungen u. s. w. ein starker Gebirgsdruck anzunehmen sei.

Dieselben Erscheinungen wurden auch in dem vorliegenden Gebiete in entsprechender Verknüpfung beobachtet. Am Wolayer Thörl, wo das oben beschriebene Normalprofil beobachtet wurde, befinden sich die Devon- und Silurkalke in normalem Zustande, und die zahlreich vorkommenden Versteinerungen sind fast durchweg gut erhalten. Das Vorkommen von Verzerrungen an den auf Taf. XXVIII abgebildeten Goniatiten ist als Ausnahme zu betrachten; doch zeigt auch der umschliessende Kalk in diesem Falle dichte Beschaffenheit.

Am Ostabhange des Kollinkofels wurden einige, allerdings nicht sehr tiefgreifende Ineinanderpressungen von Kalk und Schiefer beobachtet, und in der That finden sich hier devonische Korallenkalke in halb- bis ganz-krystalliner Ausbildung; auch das fast vollkommene Fehlen der Versteinerungen, die auf der Spitze des Kollinkofels so häufig sind, ist vielleicht zum Theil auf die durch Druck bewirkte Umwandlung des Kalkes zurückzuführen.

Am Mooskofel ist, wie oben angeführt wurde, ein in verschiedene Theile zerrissener Keil von gestauchtem und gefältelem Culmschiefer weithin in dem devonischen Riffe verfolgbar. Die Grenze beider Gesteine verläuft unregelmässig und ist durch Reibungsbreccien gekennzeichnet. In der That hat auch der devonische Riffkalk hier fast durchweg eine halb- oder ganz-krystalline Ausbildung gewonnen. Man erkennt innerhalb einer dunkleren Grundmasse hellere, völlig krystallin gewordene, in die Länge gezogene Fläsern; ich bin geneigt, dieselben als Reste von Korallen aufzufassen, die unter der Einwirkung des Druckes ihre Structur vollkommen verloren haben. In diesem halbkrystallinen z. Th. bänderartigen Kalke wurden überhaupt keine organischen Reste gefunden, auch in der weiter westlich (nach dem Wolayer Thörl zu) gelegenen Kalken, die mehr dichte Beschaffenheit zeigen, entdeckte ich trotz längeren Suchens nur in einem einzigen Blocke Reste von *Alveolites suborbicularis*, *Monticulipora* und *Actinostroma*.

Auch in den weiter östlich, im Liegenden des Devon auftretenden Silurbildungen herrschen thonreiche, meist buntgefärbte Bänderkalke von halb- bis ganz-krystalliner Structur vor. Von besonderer Wichtigkeit ist der allmähliche Uebergang, der sich zwischen dichten Kramenzel- (Nieren) Kalken mit unebenen knolligen Oberflächen zu krystallinen Bänderkalken mit ebener Schichtung findet. Aus den Geschieben des Valentinbaches kann man derartige Uebergangsreihen für alle Farbenvarietäten der silurischen Kalke ohne Schwierigkeit aus-

lesen, und die Verfolgung der Uebergänge im anstehenden Fels ist ebenfalls vielerorts möglich.

Der sichere Nachweis der metamorphischen Entstehung der Bänderkalke aus Nierenkalken ist von einiger Wichtigkeit, da derartige Gesteine im alpinen Palaeozoicum überaus verbreitet sind. Selbstverständlich können auch andere thonige Kalke zur Entstehung von Bänderkalken Veranlassung geben.

III. Die Karnischen Alpen, ein Faltungsgebirge der Permzeit.

Es wurde bereits im Anfang dieser Arbeit darauf hingewiesen, dass in den Karnischen Alpen zwei, ihrem Wesen nach grundverschiedene Ausserungen der gebirgsbildenden Kraft unterschieden werden müssen, einerseits Bruch und Absenkung, andererseits Faltung und Ueberschiebung. Der Beweis dafür, dass beide Ausserungen in der That vorhanden sind, ist in den beiden vorhergehenden Abschnitten gegeben.

Während bei der Entstehung von Bruchgebirgen eine „Zerrung, Raumerweiterung und Verminderung der Dicke der Erdrinde“ stattfindet, werden die Faltungsgebirge gebildet durch „Zusammenschieben, Unterbringung einer gestreckteren Schichtmasse auf einen kleineren Raum und Verdickung der Erdrinde“ (VON RICHTHOFFEN). Es bedarf keiner weiteren Ausführung, dass diese Kräfte nicht gleichzeitig wirksam sein können und in dem vorliegenden Falle sind demnach zwei Hauptperioden der Gebirgsbildung zu unterscheiden.

Nach den Untersuchungen von MOJSISOVICS bildet das östliche Südtirol den Typus eines Bruchgebirges, und die Fortsetzung dieser Entwicklungsform nach Osten (Carnia) ist durch die Arbeit von HARADA sicher gestellt. Eine übersichtliche Darstellung des grossartigen, die adriatische Senkung umgebenden Bruchnetzes hat neuerdings SMOSS gegeben ¹⁾.

Die Bildung des jetzigen Alpengebirges ist bekanntlich in jungtertiärer Zeit erfolgt; das triadische Bruchgebirge von Südtirol grenzt unmittelbar an die paläozoische Insel der Karnischen Alpen und umfasst dieselbe zum Theil; man wird also auch die Bildung der grossartigen, oben geschilderten Brüche in die Tertiärzeit zu versetzen haben. Die Entstehung der Faltungsgebirge muss hingegen in einer älteren Periode erfolgt sein. Es ist diese letztere Folgerung auch aus der Thatsache abzuleiten, dass Faltungserscheinungen, wie die oben beschriebenen, im ganzen Gebiet der Ostalpen so gut wie gänzlich fehlen. Die einzige Ausnahme bilden die Triasfalten im Ur-

¹⁾ Antlitz der Erde, p. 325 ff.

gebirge von Inner-Villgratten und am Penser Joch bei Sterzing. Dagegen zeigen die Nordtiroler Kalkalpen, die doch das typische Beispiel eines Faltengebirges bilden, einen durchaus abweichenden Charakter.

Die Lagerungsverhältnisse der Trias, welche das Paläozoicum der Karnischen Alpen rings umgibt und im Osten auch in dasselbe eingreift, sind für die Altersbestimmung der Faltenperiode maassgebend. Im Norden der Karnischen Alpen, im Gailthal, liegt bekanntlich über dem Glimmerschiefer, der auf der einen Thalseite die Unterlage der paläozoischen Schichten bildet, auf dem anderen Gehänge Perm (Quarzporphyr und Grödener Sandstein), sowie die Trias bis zum Rhät; bei Lienz kommt noch Lias vor. Auf der Südseite der Karnischen Kette folgt Perm und Trias in flacher, normaler Lagerung über den gefalteten und aufgerichteten Culmschiefern. Die älteren Durchschnitte von STUR¹⁾ und die Profile HARADA's²⁾ lassen die Discordanz mit aller Deutlichkeit erkennen. An der Basis des Grödener Sandsteins findet sich nach dem letzteren Forscher als Zeichen der Transgression ein Conglomerat aus Geröllen von Schiefer, Porphyr und Quarz bestehend, welche durch feinkörnigen Grus derselben Gesteine verkittet werden.

In dem eigentlichen Gebiete der Karnischen Alpen ist mit Ausnahme des äussersten Ostens die Trias nicht bekannt. So wenig man sonst aus dem Fehlen einer Meeresformation in einem bestimmten Gebiete auf die Trockenlegung desselben während der fraglichen Periode schliessen darf, so weist doch in dem vorliegenden Falle das durch Brüche bedingte Vorkommen der Trias am Gartnerkofel und an den Zirkelspitzen (Osten der Karnischen Alpen) darauf hin, dass dieselbe sich an den sehr bedeutenden Verwerfungen der westlichen Hälfte ebenfalls hätte erhalten können. Zudem sind hier local die günstigsten Bedingungen für den Schutz jüngerer Schichten gegen Erosion vorhanden. So bilden die OW streichenden Culmschiefer des Angerthals eine Mulde mit fast saiger gestellten Flügeln. In dem Muldenkern, dessen tiefe Lage durch die drei, das Angerthal umgebenden Verwerfungen bedingt wird, hätten sich also inmitten der leicht zerstörbaren Schiefer Reste jüngerer Schichten erhalten müssen, wenn solche vorhanden gewesen wären.

Für das Vorhandensein eines triadischen Landrückens an der Stelle der heutigen Karnischen Alpen ist ferner noch ein

¹⁾ Jahrbuch der k. k. geolog. Reichsanstalt, 1856, t. II, p. 458.

²⁾ Ibidem, 1883, p. 153, t. II.

paläo-geographisches Moment anzuführen. Wie Mojsisovics ¹⁾ hervorhebt, lassen die Raibler Schichten in den Ostalpen zwei getrennte Entwicklungsräume, einen nördlichen und einen südlichen, unterscheiden. „Die nördliche Region ist nicht auf unsere heutigen Nordalpen beschränkt; sie umfasst von den heutigen Südkalkalpen noch den schmalen, im Norden des paläozoischen Zuges der Karawanken und der Karnischen Alpen gelegenen triadischen Strich der Karawanken und des Villach-Lienzer Gebirges. Eine Reihe von Arten ist beiden Regionen gemeinschaftlich, eine andere dagegen und zwar gerade solche, welche innerhalb ihres Verbreitungsgebietes eine dominirende Rolle spielen, sind streng localisirt. So ist die berühmte *Trigonia Kefersteini* streng auf die südliche Region beschränkt, daselbst aber das verbreitetste und bezeichnendste Fossil. Ebenso sind gewisse Myoconchen, *Pachycardia Haueri* und andere Conchylien ²⁾ der Region der *Trigonia Kefersteini* eigen thümlich. Umgekehrt fehlt die in der nördlichen Region sehr gemeine *Cardita Guembeli* (*crenata* auct.) der südlichen Region. (Man nennt wegen des Vorherrschens dieser *Cardita* die nördlichen Raibler Schichten häufig auch *Cardita*-Schichten). Zwei andere weit verbreitete, wichtige Fossile der nördlichen Region sind ferner *Carnites florides* und *Halobia rugosa* . . .

In der nördlichen Region der *Cardita Guembeli* sind oolithische Mergelkalke weit verbreitet (*Cardita*-Oolithe). Im südöstlichen Tirol herrschen rothe oolithische, eisenschüssige Kalke, rothe und violette Thone, weisse und rothe Sandsteine vor (Schlernplateau-Schichten)“.

Ferner fehlen die permischen Bellerophonkalke nicht nur den nördlichen Kalkalpen, sondern auch dem Zuge jüngerer Sedimente im Lienz-Villacher Gebirge. Ebenso ist in dem Haupttheil der Karnischen Alpen keine jüngere paläozoische Bildung als Carbon (Culm und Fusulinenkalk) gefunden worden.

Man wird aus den verschiedenen angeführten Thatsachen den Schluss ziehen dürfen, dass die Karnischen Alpen von der Mitte der Permzeit an Festland waren, und dass eine „Karnische Insel“ während der Trias- und vielleicht auch im verkleinerten Maasse während der Juraperiode bestanden hat.

Vergegenwärtigen wir uns ferner, dass der jung-tertiären, durch das Entstehen gewaltiger Brüche gekennzeichneten

¹⁾ Die Dolomitriffe von Südtirol und Venetien, p. 66. Schon EMMRICH hat 1855 auf die nordalpine Entwicklung der Trias des Lienzer Gebirges hingewiesen.

²⁾ So *Ptychostoma* von Heiligkreuz unweit S. Cassian, *Cardinia problematica* KLIPST., ein neuer *Trigonodus* vom Schlernplateau u. a.

Gebirgsbildung eine ältere Faltungsperiode voranging, so liegt der Schluss nahe, dass das Karnische Inselgebirge durch eine energische Faltung in der ersten Hälfte der Permzeit (Rothliegendes) entstanden ist.

Die permische Periode erscheint bekanntlich durch die Bildung der ausgedehnten Bozener Porphyrydecken gekennzeichnet; das gleichzeitige Vorkommen gebirgsbildender Vorgänge in benachbarten Gebieten hat somit nichts Auffallendes.

Eine allerdings noch vereinzelte Beobachtung ist vielleicht im Stande, Andeutungen über die Richtung zu geben, aus der die permische Faltung gekommen sein könnte. Am Südatnachhang des Palgebirges (gegen das Val Grande) konnte festgestellt werden, dass eine, mehrere hundert Meter mächtige alt-devonische Rifffmasse auf eine Länge von mindestens 700 m') auf den Culmschiefer hinaufgeschoben ist. Der letztere tritt auf der Sohle eines Bacheinschnittes (halbwegs zwischen Plöckenpass und Timau) zu Tage, während der Devonkalk beiderseits das Gehänge bildet.

Schon LEOPOLD v. BUCH²⁾ hat auf diese merkwürdige Stelle hingewiesen: „Nur kurz vor Tamaun (Timau) erscheint wieder eine ungläublich schroffe, ganz glatte Wand, völlig unersteiglich. Es ist dichter Kalkstein, dem ähnlich, wie er oben am Passe vorkam. Die ganze Masse sieht nicht anders aus, als wäre sie von oben, von der Höhe herabgestürzt, und hier auf fremdartigem Boden; und wahrscheinlich ist es auch so. Grauwacke und Thonschiefer-Schichten umgeben sie von allen Seiten.“ Der hervorragende Zacken des Devonkalkes an der betreffenden Stelle der Karte ist in der That auf drei Seiten von Culm umgeben.

Die Richtung der Ueberschiebung lässt die Vermuthung gerechtfertigt erscheinen, dass die permische Faltung von Norden nach Süden gewirkt habe. Allerdings müssen noch weitere Beobachtungen zur Unterstützung dieser Ansicht gesammelt werden. Die Streichrichtungen der paläozoischen Schichtungen unterliegen, wie bereits erwähnt, erheblichem Wechsel und sind überhaupt für die vorliegende Frage nicht zu verwerthen, da dieselben durch die späteren Brüche sehr bedeutend beeinflusst sein müssen.

Wie eine bei Gelegenheit der Darstellung des Wolayer Silurgebietes gemachte Bemerkung³⁾ beweist, hat auch STACHE die Wichtigkeit geahnt, welche die Tektonik des Westabschnittes

¹⁾ Diese Zahl dürfte sich noch bedeutend vergrößern, wenn man den Betrag der Erosion in Rechnung zieht

²⁾ LEONHARD'S Taschenbuch, XVIII, 1824, l. c., p. 403.

³⁾ Verhandl. der k. k. geolog. Reichsanstalt, 1883, p. 215.

der Karnischen Alpen für die Entstehungsgeschichte des Gebirges besitzt. Allerdings ist der betreffende Satz — entsprechend der vorläufigen Form der Mittheilung — ganz allgemein gehalten, und stimmt mit meinen Ergebnissen nur zum Theil überein: „Der faltenförmige Bau und die tektonische Hauptanlage des Gerüstes der Ostalpen bestand schon vor Ablagerung der Dyasformation.“ Es ergibt sich aus der abweichenden Richtung der permischen Faltung und dem Fehlen ähnlicher Erscheinungen in den Nordalpen, dass die Grundlage des permischen Alpengebirges in erheblicher Weise von der heutigen abwich.

IV. Weitere Anzeichen postcarbonischer Faltung in den Alpen.

1. Die Ostalpen.

Andeutungen einer wahrscheinlich in die Permzeit zu versetzenden Faltungsperiode liegen auch aus anderen Theilen der Ost- und Westalpen vor. Von besonderer Wichtigkeit sind die verhältnissmässig wenig zahlreichen Punkte, an denen die Trias im Hangenden paläozoischer, durch Versteinerungen bestimmter Schichten auftritt.

Die Karawanken bilden nicht nur orographisch, sondern auch geognostisch die Fortsetzung des paläozoischen Zuges der Karnischen Alpen. Es ergibt sich dies schon aus den älteren Angaben LIPOLD's und PETERS'. Auch die neueren Untersuchungen (vergl. oben) haben für das Carbon eine unmittelbare Fortsetzung, für Devon und Silur nur einige Abweichungen in der Faciesentwicklung nachgewiesen. Allerdings hat in den Karawanken offenbar eine allgemeine Transgression von jüngerem Perm und Trias stattgefunden. Das Vorhandensein einer Discordanz über dem gefalteten Carbon ergibt sich ebenfalls bereits aus LIPOLD's Durchschnitten¹⁾. Das Gewölbe der Silur- und Devonschichten am Seeberger Sattel bei Vellach hat TELLER ausführlich beschrieben und ferner auf die durch Gebirgsdruck erfolgte Umwandlung der Schiefer und Kalke in Phyllit und Marmor hingewiesen — Angaben, die ich aus eigener Anschauung durchaus bestätigen kann. Besonders bemerkenswerth ist der Uebergang des dichten korallenreichen Riffkalkes in krystallinen Kalk, z. B. am Rapoldbauer.

Auch in den Karawanken wird jedoch, trotz dieser beiden auf Gebirgsfaltung hinweisenden Merkmale, die tektonische

¹⁾ Erläuterungen geologischer Durchschnitte aus dem östlichen Kärnten. Jahrbuch d. k. k. geol. Reichsanstalt, 1856, p. 341, Profilafel. Besonders Profil V, VI, VII.

Grundlage des Ganzen durch Brüche bestimmt. „Die Häufung paralleler, meist sehr tief greifender Längsstörungen muss geradezu als das hervorstechendste Moment im Gebirgsbau der östlichen Karawanken bezeichnet werden“¹⁾. Daneben sind auch Querbrüche (Kotschna) vorhanden. Man wird also bei dem Vorhandensein gleicher tektonischer Eigenthümlichkeiten auch dieselbe Entstehung für die Karawanken wie für die Karnische Kette muthmaassen können.

Ein wesentlicher Unterschied liegt jedoch in der geringeren Energie der Faltung, welche die Karawanken erfahren haben. Von liegenden Falten, Reibungsbreccien und Ueberschiebungen wurde keine Spur wahrgenommen; vielmehr scheinen einfache Sättel und Mulden die Regel zu bilden. Die Vermuthung ist nicht fernliegend, dass der geringere Betrag der Faltung auch die geringere Höhe des permischen Faltungsgebirges der Karawanken bedingt habe, und dass sich hieraus wieder die grössere Schnelligkeit der permotriadischen Transgression erklärt, während die Karnischen Alpen gleichzeitig eine Insel bildeten.

Nach Osten zu keilt sich bekanntlich der paläozoische Zug der Karnischen Alpen ziemlich schnell aus, sodass in der Gegend von Sexten die krystalline Centralzone in unmittelbare Berührung mit dem südalpinen Triasgebiete tritt.

Von besonderer Bedeutung sind die Beobachtungen VACEK'S in der Gegend von Eisenerz-Vordernberg betreffs der discordanten Auflagerung der Trias auf der Eisenformation, für die das Alter des Rothliegenden vermuthet wird²⁾. „Die Bildung von Breccien an der Basis des Werfener Schiefers beweist, dass die Ablagerung der Trias keineswegs regelmässig und continüirlich dem Absatze der Eisenerzformation folgte, sondern dass zwischen beiden eine Unterbrechung in der Sedimentation statthatte, nach welcher, bei abermaligem Uebergreifen des Meeres, die Breccienbildung an der Basis der Trias erfolgte. Diesem Umstande entsprechend ist auch die Lagerung des Werfener Schiefers von der Verbreitung der Erzformation unabhängig. Ja die Erzformation hatte vor Ablagerung des Werfener Schiefers schon die weitgehendsten Denudationen erlitten, wie sich aus dem Umstande ergibt, dass vielfach . . . sich nur mehr ganz geringe Reste der Erzformation unter der gleichsam conservirenden Decke von Werfener Schiefer erhalten haben“.

¹⁾ TELLER. Verhandlungen der k. k. geolog. Reichsanstalt, 1886, p. 106. Auch ich hatte Gelegenheit, mich auf dem Wege zwischen Eisenkappel und Vellach von der eingreifenden Bedeutung der Brüche überzeugen zu können.

²⁾ Verhandlungen der k. k. geol. Reichsanstalt, 1886, p. 81.

Jüngeres Perm, Grödener Sandstein und *Bellerophon*-Kalk scheinen in der Gegend von Eisenerz-Vordernberg zu fehlen.

Weniger deutlich ist die Grenze von Palaeozoicum und Trias in der Brennergegend aufgeschlossen, wo die Vertreter des jüngsten Perm nicht mit Sicherheit nachweisbar sind. Bekanntlich hat PICHLER, der erste Erforscher dieses wichtigen Gebietes, die Kalkmassen zwischen Selrain und Gschnitzthal, sowie die Gruppe des Tribulaun für triadisch erklärt — eine Anschauung, die neuerdings durch die Auffindung von Adnether Schichten, welche auf der Kesselspitz concordant im Hangenden der Kalke liegen¹⁾, eine neue Stütze erhalten hat. Jedoch konnte STACHÉ mit Recht darauf hinweisen, dass diejenigen krystallinen Kalke, welche — nach den allerdings sehr verworrenen Lagerungsverhältnissen — das Liegende der Steinacher Obercarbon-Schiefer bilden, älter als diese seien. PICHLER hatte die fraglichen Kalke auf Grund ihrer petrographischen Aehnlichkeit mit der ebenfalls krystallin ausgebildeten Trias zu dieser letzteren gerechnet und seine Karte²⁾ zeigt daher eine ziemlich unwahrscheinliche Triaszunge, die vom Tribulaun aus tief am Gehänge des Gschnitzthals unter den Carbon-schiefern hinzieht.

Stellt man nun diese krystallinen Bänderkalke vom rechten Gschnitzufer in das Carbon, bezw. ältere Palaeozoicum, so bestehen die beiden Thalgehänge in der entsprechenden Höhenlage aus wesentlich verschiedenen Formationen — eine Erscheinung, die bei der horizontalen Lagerung der Triasmassen wohl nur durch eine bedeutende Verwerfung zu erklären ist, welche ungefähr der Richtung des Gschnitzthals folgt³⁾. Die beiden aneinander grenzenden Schollen zeigen auch, abgesehen von dem geologischen Alter, durchaus abweichenden Bau. Im Gegensatz zu der normalen Lagerung der Trias sind die verschiedenen Bänderkalke, Quarzitschiefer, Quarzphyllite, Thonschiefer und Conglomerate, welche carbonisches oder etwas

¹⁾ FRECH. Ein neues Liasvorkommen in den Stubai Alpen. Jahrbuch der k. k. geolog. Reichsanstalt, 1886, p. 355.

²⁾ Zeitschrift des Ferdinandeums zu Innsbruck, dritte Folge, Heft 8, 1859. Karte.

³⁾ Damit erledigen sich wohl die Bedenken PICHLER's (Verh. d. geol. R.-A., 1887, p. 46). An und für sich sind die für triadisches Alter der Kalke angeführten Gründe belanglos. Die petrographische Beschaffenheit giebt wenig Anhaltspunkte, wenn die Gesteine durch Druck so stark metamorphosirt sind, wie in dem Zuge des Steinacher Jochs. Das Vorkommen von unbestimmten „Bivalven“ und „Lithodendren“ ist ebenso wenig bezeichnend, da die Aehnlichkeit triadischer Calamophyllien mit carbonischen oder devonischen Formen (*Cyathophyllum caespitosum*) oft ganz auffallend ist.

höheres Alter besitzen, in der verworrensten Weise aufgerichtet und gefaltet. Die Grundlage des Gebirgszuges Steirer Joch—Muttentjoch kann am zutreffendsten mit einem Fächer verglichen werden. Der Einfluss der Faltung ist besonders innerhalb des im Gschnitzthal mündenden Trumer Grabens zu erkennen, wo die krystallinen Schieferkalke oft die wunderbarsten und complicirtesten Biegungen zeigen.

Obwohl man vermuthen könnte, dass die Gebirgsfaltung auf die massigen Kalke anders gewirkt habe als auf die biegsameren Phyllite und Kalkschiefer, so ist doch in dem vorliegenden Falle die tektonische Verschiedenheit zwischen den beiden Abhängen des Gschnitzthals zu gross, um bloss auf diesem Wege erklärt zu werden. Man wird also auch hier auf die Annahme einer älteren Faltung geführt, welche die paläozoischen Schichten bis zum obersten Carbon einschliesslich umfasste.

Leider habe ich die Grenze von Carbon und Trias noch nicht in guten Aufschlüssen beobachten können; doch ist das Vorhandensein einer Discordanz im höchsten Grade wahrscheinlich.

2. Die Westalpen

In der Ortlergruppe und den benachbarten Gebieten ist der paläontologische Nachweis der zweifellos vorhandenen paläozoischen Bildungen noch nicht mit hinlänglicher Sicherheit gelungen, um über das tektonische Verhältniss der älteren und jüngeren Schichten Genaueres angeben zu können.

Hingegen lassen die übereinstimmenden Angaben und Profile von HEIM¹⁾, BALTZER und LORY die discordante Auflagerung von dem wahrscheinlich jung-permischen Verrucano und Röthdolomit auf der carbonischen Anthracit-Formation erkennen. Allerdings sucht ja HEIM diese Discordanz vor Allem durch die ungleichartige Einwirkung des Gebirgsdruckes auf Schiefer und massige Kalke zu erklären. So wenig die Möglichkeit von Pseudo-Discordanzen z. B. vermittelt der Einwirkung des Wassers auf thonige Gesteine zu leugnen ist, kann doch eine so allgemeine Erscheinung wie die ungleichförmige Auflagerung des Verrucano auf Carbon nicht in dieser Weise erklärt werden.

Auch hat sich BALTZER²⁾ in dieser Frage gegen HEIM ausgesprochen. Der erstere hob besonders hervor, dass wenn die gesammte Gneissfaltung (einschliesslich Carbon) unter einer Sedimentdecke vor sich gegangen wäre, die Bildung von Rei-

¹⁾ Mechanismus der Gebirgsbildung.

²⁾ Der mechanische Contact von Gneiss und Kalk im Berner Oberland, p. 229.

bungsbreccien hätte erfolgen müssen, die im Gebiete des Berner Oberlandes fehlen. Wäre die Hypothese HEIM's im Allgemeinen richtig, so könnte z. B. am Wolayer Thörl die concordante Aufeinanderfolge des schieferreichen Silur und des massigen devonischen Korallenriffs nicht erklärt werden. BALTZER nimmt für sein Gebiet eine theilweise Aufrichtung vor Absatz des Verrucano an, hebt dann aber hervor, dass die spätere jungtertiäre Haupthebung die Falten stärker ausgebildet habe.

Auch HEIM, der ¹⁾ der LORÿ'schen Annahme „einer ganz allgemeinen Faltung und Aufrichtung der älteren Schichten bis zur verticalen Stellung“ „in ihrer Verallgemeinerung zur Erklärung der Steilstellung der Centralmassivschiefer“ entgegentritt, gibt endlich p. 176 die Möglichkeit einer „schwachen“ Faltung der älteren Gebilde mit etwas Denudation zu und legt dieselbe zwischen Verrucano und Röthidolomit²⁾. Bei der stratigraphisch unsicheren Stellung beider Gebilde ist es für den allgemeinen hier verfolgten Gesichtspunkt ziemlich gleichgiltig, ob die Faltung vor oder nach der Bildung des „Verrucano“ anzunehmen ist.

Dass HEIM die Möglichkeit einer schwachen postcarbonischen Faltung zugibt, ist an und für sich wichtig, denn über die Energie alter Faltungen wird man nur in günstigen Ausnahmefällen, wie in dem der Karnischen Alpen, ein Urtheil abgeben können.

Viel bestimmter lauten die Angaben LORÿ's³⁾ über den tektonischen Aufbau der Westalpen und das Verhältniss der älteren Bildungen zu den mesozoischen Schichten (Trias und Jura). Als gemeinsamer Charakter der „première zône alpine“, zu der vor allem die Centralmassive des Mont Blanc und Mont Pelvoux gehören, wird Folgendes hervorgehoben: Die mesozoischen Formationen bestehen nur aus älteren Jurabildungen, sowie aus zerstreuten, wenig mächtigen Fetzen von Trias, und ruhen discordant auf den krystallinen Schiefen oder auf den wenig mächtigen Kohlsandsteinen, die ihrerseits conform mit den archaischen Bildungen gelagert sind. Die Stellung der mesozoischen Bildungen ist oft noch hori-

¹⁾ Mechanismus der Gebirgsbildung, II, p. 175.

²⁾ Diese Abweichung von BALTZER erklärt sich wohl theilweise dadurch, dass HEIM keine scharfe Grenze zwischen Gneiss und Verrucano kennt — eine Anschauung, die BALTZER zurückweist (l. c., p. 34). Auch kann es keineswegs als erwiesen angesehen werden, dass all die verschiedenen, zu dem versteinungsleeren Röthidolomit gerechneten Gesteine wirklich dasselbe Alter besitzen.

³⁾ Notes sur quelques faits de la structure des massifs centraux des Alpes. Bull. Soc. géol. de France, 3 sér., t. I, 1873, p. 397 ff., besonders p. 400.

zontal, so vor allem auf dem höchsten Gipfel (2966 m) der Aiguilles Rouges¹⁾, dem col de Salenton, dem Plateau des Fours, bei Mégeve und Flumet (A. FAVRE), ferner in der Gruppe des Mont Pelvoux und der Gegend von La Mure u. s. w. Es haben also in dieser ganzen Gegend zwischen dem Absatze des Carbon und der Trias ausgedehnte Massenbewegungen stattgefunden, welche die paläozoischen Schichten gefaltet und oft bis zur senkrechten Stellung aufgerichtet haben. Es folgte eine allgemeine Abrasion und auf der Unterlage der alten aufgerichteten Schichten lagerte sich Trias und Jura ab.

Dagegen weist LORV (l. c., p. 404) darauf hin, dass in den östlichen, nach Italien zu gelegenen Zonen der Westalpen eine andere tektonische Grundanlage vorhanden sei. Hier sind die archaischen und paläozoischen Schichten bis zum Absatz der Trias in ihrer Lage verblieben und dann erst zugleich mit der Masse der mesozoischen Schichten gefaltet worden. (Dies lässt sich z. B. in dem Durchschnitt von Bramans nach Susa beobachten, der die Trias des Mont Cenis und das, die Mitte der Wölbung bildende, krystalline Massiv des Mont Ambin trifft²⁾). Dieselbe Zonentrennung kann auch in den benachbarten Theilen der Schweiz verfolgt werden.

3. Folgerungen.

Es ist wahrscheinlich, dass die uralte Faltung der Ost- und Westalpen zu gleicher Zeit stattgefunden hat. Allerdings macht in dem weiten Raume, welcher von den südtiroler Kalkalpen, der Ortler- und Berninagruppe eingenommen wird, das Fehlen von Versteinerungen oder spätere Denudation die sichere Feststellung des Thatbestandes unmöglich. Es ist daher nicht ausgeschlossen, dass in postcarbonischer Zeit zwei getrennte Gebirge in den Ost- und Westalpen gebildet wurden.

Jedoch lehrt die Betrachtung der in der fossilen Flora der Schweiz von HEER beschriebenen Carbonpflanzen, dass dieselben der gleichen Bildungsperiode angehören, wie die jüngsten gefalteten Pflanzen führenden Schiefer der Ostalpen. STUR hat noch ganz kürzlich hervorgehoben³⁾, dass mit Ausnahme einiger Fundpunkte der Culmflora und der dem Untercarbon zuzurechnenden Pflanzenreste vom Semmering und Kaisersberg sämtliche Vorkommen von carbonischen Pflanzen in den

¹⁾ Man erklärt diesen Denudationsrest auch als liegende, überschobene Falte. Die obige Annahme erscheint natürlicher.

²⁾ Zwei für die beiden Haupttypen bezeichnende Profile sind (nach LORV) in LAPPARENT, *Traité de géologie*, p. 1404 und 1405 wiedergegeben.

³⁾ STUR. *Verhandlungen der k. k. geol. Reichsanstalt* 1886, p. 383.

Ostalpen zum Obercarbon (Ottweiler Schichten) gehören, so die Stangalp, das Steinacher und Nösslacher Joch am Brenner, Jauerberg, Pasterkbauer bei Vellach in den Karawanken, Garnitzer Kofel (Karnische Alpen), Reichenberg in Oberkrain u. s. w. In all den genannten Gegenden überlagert jüngeres Perm und Trias das gefaltete ältere Palaeozoicum.

Die Steinkohlenpflanzen der Tarentaise, von Wallis, vom Titlis und Tödi entsprechen nun, wie Herr Prof. v. FRITSCH mir freundlichst mittheilte, ebenfalls in der Hauptsache den unteren Ottweiler Schichten (Obercarbon), so *Odontopteris Brardi*, *Neuropteris flexuosa*, *Sphenopteris nummularia*; zum Theil kommen sie auch etwas tiefer, in den oberen Saarbrücker Schichten (Mittelcarbon) vor, so *Odontopteris heterophylla*. Ein fremdartiges, an das Rothliegende erinnerndes Element bildet allerdings *Walchia piniformis*, die wohl jüngeren Schichten entstammt.

Wie bereits hervorgehoben wurde, sind die Carbonschiefer in der Schweiz gefaltet und werden discordant von jüngeren, wahrscheinlich mit dem jüngeren Perm beginnenden Schichten überlagert.

Die letzte Faltung des französischen Centralplateaus kann mit der der Alpen nicht in Beziehung gebracht werden, da sie entschieden früher begonnen hat. Nach Absatz der marinen Sedimente, welche vom Silur bis zum oberen Kohlenkalk reichen ¹⁾, fand eine Faltung und Trockenlegung des Landes statt, welche die Entstehung der zahlreichen terrestrischen Carbon- und Permbildungen veranlasste. Die Discordanz zwischen dem calcaire de Visé und dem productiven Carbon zeigt sich in dem mir durch eigene Anschauung bekannten südlichsten Theile des Centralplateaus darin, dass das Landpflanzen führende Carbon niemals im normalen Hangenden des oberen Kohlenkalks auftritt. Hingegen sind die dünnen Schichten des letzteren entweder concordant auf Devon gelagert oder in der eigenthümlichsten Weise in die altsilurische Unterlage eingefaltet.

Man sieht also, dass die letzte Faltung des Centralplateaus mitten in der Bildungszeit des Carbon, also früher als die uralte Aufrichtung des Alpengebirges begonnen hat und somit in keiner Beziehung zu dieser steht.

Die Gleichzeitigkeit und der Zusammenhang der postcarbonischen Faltung in den Ost- und Westalpen ist nach dem vorher Gesagten wahrscheinlich, wenngleich die thatsächlichen

¹⁾ Vergleiche diesen Band: Die paläozoischen Bildungen von Cabrières. — LAPPARENT. Traité de géologie, p. 1434.

Beobachtungen die skizzirte Annahme noch nicht über den Standpunkt der Hypothese erheben. Aber auch auf hypothetischem Wege ist es nur schwer möglich, ein Bild von der Ausdehnung und den Höhenverhältnissen dieses oder dieser alten Gebirge zu erhalten. Einige Anhaltspunkte liegen immerhin vor. Es scheint, als ob die Längsrichtung des Gebirges mit der der jetzigen Alpen ungefähr übereinstimmte; nur das Gebiet der nördlichen Kalkalpen wurde, wie es den Anschein hat, damals nicht von der Faltung betroffen. Die jetzigen Centralalpen scheinen bereits eine Faltung erfahren zu haben, die sich jedoch nur im Westen in den Massiven des Mont Pelvoux und Mont Blanc zu grösserer Intensität gesteigert hat. In den Schweizer Alpen wie im Osten weisen dagegen verschiedene Anzeichen darauf hin, dass die Faltung der heutigen Mittelkette vielleicht weniger energisch war. Die östliche, bzw. südliche Nebenzone der heutigen Westalpen ist nach der sehr bestimmt gehaltenen Angabe Lory's von keiner älteren Faltung betroffen worden. Dagegen lag in der südlichen Vorkette des Ostens, in den Karnischen Alpen offenbar ein Centrum energischer Gebirgsbildung. Wenn man aus den tektonischen Erscheinungen des Berner Oberlandes einen Rückschluss auf jene entlegenen Zeiten machen darf, hat sich im Beginne der Permzeit hier ein Gebirge von alpinem Charakter erhoben, das nach Osten zu an Höhe verlor.

Werfen wir zum Schluss noch einen Blick auf die weiteren Schicksale des permischen Alpengebirges. Man hat für die Schweizer Alpen die Triaszeit vielfach als eine Continentalperiode betrachtet¹⁾, vor allem weil marine Ablagerungen triadischen Alters zu fehlen scheinen. Jedoch muss diese Frage als offen betrachtet werden, so lange man über das Alter der „Bündner Schiefer“ nichts Näheres weiss. Ebenso lässt der versteinungsleere Röthidolomit verschiedene Deutungen zu.

Etwas bestimmtere Daten liegen für die Ostalpen vor. Es wurde bereits hervorgehoben, dass die grösste Intensität der postcarbonischen Faltung nicht in der heutigen Mittelzone, sondern in den südlichen Ketten zu suchen ist. Dem entsprechend erscheint die Ueberfluthung und Abrasion der heutigen Centralkette, welche zur Triaszeit ganz oder jedenfalls theilweise stattgefunden hat, nicht weiter auffallend. An der Grenze von Ost- und Westalpen durchzieht, wie jede geologische

¹⁾ Vergleiche z. B. einen soeben verschickten Vortrag von RENE-VIER: Histoire géologique de nos Alpes Suisses. Archives des Sciences de Genève, Octobre 1887.

Uebersichtskarte deutlich erkennen lässt, ein ausgedehnter Streifen von Triasbildungen die ganze Breite der Centralalpen von Norden nach Süden. Die einzige grössere Lücke, welche sich zwischen Ortler und der Trias des westlichen Südtirol findet, ist durch Denudation zu erklären, wie die vollständige Erhaltung der Trias jenseits der kolossalen Absenkung des Judicarienbruches beweist.

In den Oetzthaler Alpen hat man bisher noch keine Spur von Trias gefunden und es würde für dies Gebiet somit noch am ehesten die Annahme einer triadischen Insel denkbar sein. Hingegen hat das Triasgebirge des Brenners, Saile—Serlespitze—Kirchdach—Tribulaun, durch den Nachweis des Triasvorkommens am Penser Joch bei Sterzing eine Fortsetzung nach Süden erfahren, die selbst, wenn man Oetzthaler und Zillerthaler Alpen als Inseln ansehen wollte, eine Meeresverbindung quer durch das Gebiet der heutigen Centralkette erweisen würde. Dem Entdecker dieses Vorkommens, F. TELLER, ist auch der Nachweis von Triasbildungen auf der Südabdachung der Hohen Tauern, bei Inner Villgratten und Kalchstein, sowie zwischen Sillian und Brunecken zu danken. Auf der Nordseite hat VACEK das Eindringen von Triasschichten in das Gebiet der Radstädter Tauern nachgewiesen¹⁾.

Wenn auch diese zerstreuten Vorkommen an und für sich eine allgemeine oder theilweise triadische Bedeckung der Centralalpen noch nicht erweisen würden, so wird dieselbe doch um vieles wahrscheinlicher, wenn man die Kraft der Erosion in Rechnung zieht. Auch paläogeographische Erwägungen führen zu dem gleichen Schluss. Bekanntlich rechnet MOJSISOVICs die gesammten triadischen Ablagerungen der nördlichen und südlichen Kalkalpen — abgesehen von dem nordöstlichen Zipfel — zu einer einzigen, der mediterranen, Meeresprovinz, und die Aehnlichkeit der Nord- und Südalpen ist in dieser Beziehung so gross, dass, wie schon erwähnt, sogar die facielle Entwicklung des Lienz-Gailthaler Gebirges mehr an die nördlichen Kalkalpen erinnert.

Man wird also unter dieser Voraussetzung anzunehmen haben, dass die Triasperiode mit einer sehr erheblichen Abrasion des alten Gebirges im Gebiete der Ostalpen eingeleitet wurde. Hierdurch erklärt sich wiederum der ausgesprochen litorale Charakter der ältesten Triasbildungen, der Werfener Schichten, sowie das Vorwalten detritogener Elemente in denselben. Im Uebrigen herrschten ja — von verhältnissmässig geringen Ausnahmen abgesehen — in der alpinen Trias Gesteine vor, deren Material nicht aus der Zerstörung älterer Festländer stammt. Trotz

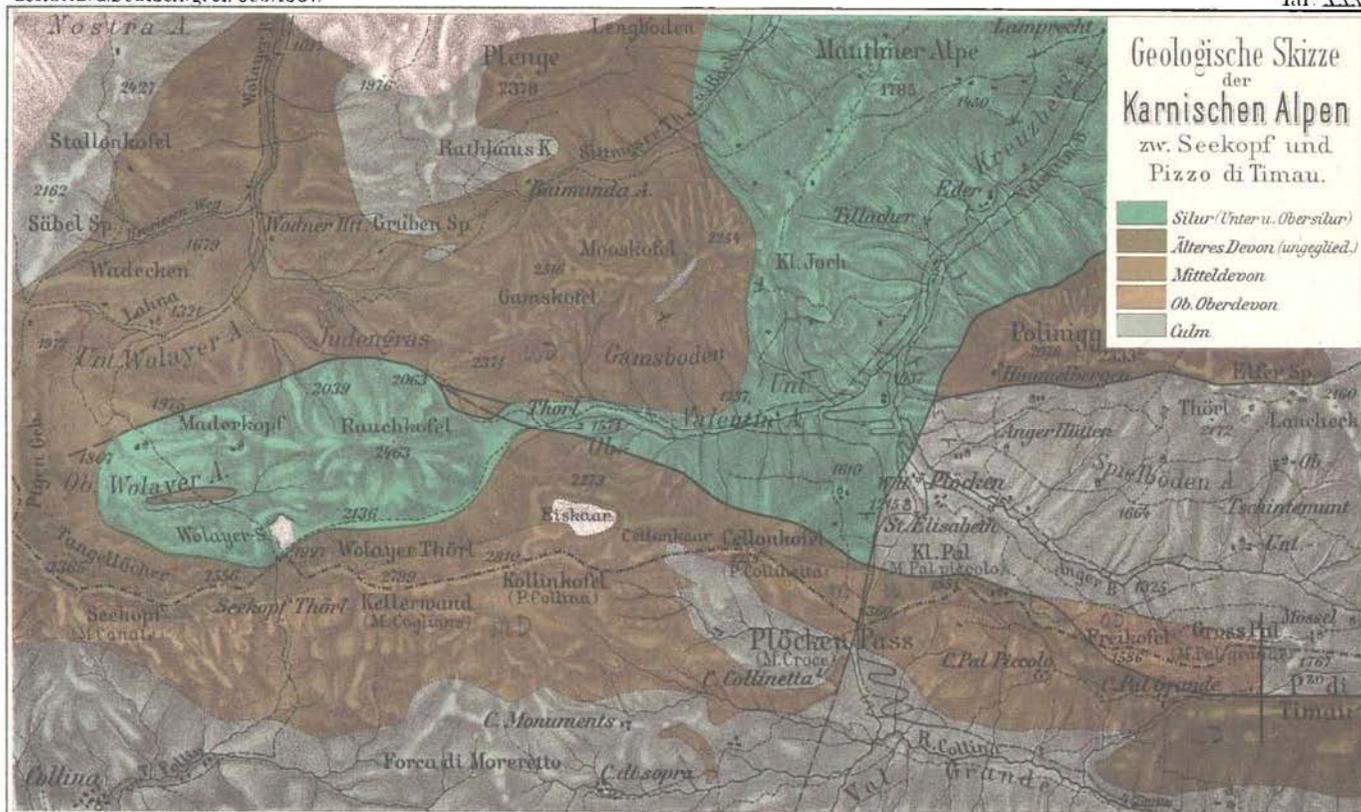
¹⁾ Jahrbuch der k. k. geol. Reichsanstalt, 1884, p. 607--638.

der durchgreifenden Abrasion ragten wohl noch einzelne Inseln, wie die der Karnischen Alpen aus dem alpinen Trias- Meer hervor. Für den Jura nimmt NEUMAYR in seiner grundlegenden Arbeit über die geographische Verbreitung der Juraformation eine vollkommene Ueberfluthung an.

Suess ¹⁾ hat kürzlich darauf hingewiesen, dass in Mitteleuropa drei Zonen der Faltung vorhanden seien, die zugleich verschiedenen Phasen der Gebirgsbildung entsprechen. „Die erste stellt das caledonische Gebirge dar und ist von vordevonischem Alter. Durch die zweite wurde das armoricanische Gebirge im Westen und das variscische Gebirge im Osten in vorpermischer (jungcarbonischer) Zeit aufgebaut. ... Die dritte Zone sind die Pyrenäen und die Alpen.“

Die im Vorstehenden besprochenen permischen Alpen entsprechen dem centralen und südlichen Theile der heutigen Alpen und fallen also local mit der dritten Zone zum Theil zusammen. Zeitlich bezeichnen sie eine neue postcarbonische oder altpermische Phase der Gebirgsbildung; dieselbe ist — schon wegen der noch deutlich wahrnehmbaren Energie der Faltung — nicht als Folgeerscheinung der Periode aufzufassen, in der das „armoricanische“ und „variscische“ Gebirge emporstiegen.

¹⁾ Sitz.-Ber. der Wiener Akad., I. Abth., 1886, p. 111.



Geologisch aufgenommen von F. Frech

Terrain nach der oesterreich. General-Stabs Karte. Zone 19. Col. VIII.

Berliner lithogr. Institut.

