

Uebersicht über den geologischen Aufbau der Ostalpen. *)

Von **Franz Toula.**

Durch das Vertrauen Ihres geehrten Ausschusses wurde mir die ehrenvolle Aufgabe zu Theil, eine neue Einrichtung zu inauguriren. Sie soll zu einem neuen schönen Bande werden, das sich um die mächtige Verbindung, die der Touristen-Club vorstellt, schlingen soll. Während des Winters soll in jedem Monate, an einem bestimmten Tage, in diesem der Popularisirung der Wissenschaft in so hohem Grade geweihten Saale, ein allgemein verständlicher, im wahren Sinne des Wortes populärer Vortrag, über einen für Touristen in höherem Grade interessanten wissenschaftlichen Gegenstand, abgehalten werden. Dass ein geologisches Thema die Reihe dieser Vorträge eröffnet, erscheint mir als ein sehr erfreuliches Anzeichen, dass die richtige Würdigung der Geologie, dieses mächtig grossgewordenen Zweiges der Naturwissenschaften, in touristischen Kreisen Fuss fasst. Ich möchte nur wünschen, dass das Wenige, was ich Ihnen in dem kurzen Zeitraume einer Vortragsstunde werde bieten können, beitragen möge zur weiteren Befestigung des eingeleiteten Verhältnisses. Die Aufgabe, die ich mir heute selbst stellte, erscheint auf den ersten Blick als eine übermächtige, in einer so kurzen Spanne Zeit nicht zu bewältigende, und ich muss gestehen, dass es sich auch wirklich so verhalten müsste, wenn bei der Lösung derselben nicht Mass gehalten würde.

Bevor ich an diese Lösung gehe, will ich daher ein Programm dessen entwerfen, was ich in meinem heutigen Vortrage vorzubringen die Absicht, und zu erreichen den Wunsch habe.

Eine Uebersicht über den geologischen Aufbau der östlichen Alpen zu entrollen, ist meine heutige Aufgabe.

Der Weg zur Lösung derselben muss uns nun, wenigstens einmal, quer durch die Alpen in ihrer ganzen Breite führen, besser wäre es freilich, wir könnten dies auch noch ein zweites und ein drittes Mal ausführen. — Dabei werden wir Gelegenheit haben, die, die Berge zusammensetzenden Gesteine, — das **B a u m a t e r i a l e**, — kennen zu lernen, wir werden aber auch gleichzeitig einen Blick auf die **B a u s t y l e** der einzelnen Theile des Gebirges werfen können und Betrachtungen über die wahrscheinlichen Vorgänge beim Aufbaue anzustellen nicht unterlassen. Als schliessliches Resultat unserer Bemühungen sollte sich ergeben, dass wir in den Stand

*) Vortrag, gehalten in der Monatsversammlung des Oesterreichischen Touristen-Club, im grünen Saale der Akademie der Wissenschaften, am 7. Februar 1879.

gesetzt wären, den complicirten Bauplan des ganzen grossen Gebirges in seinen Hauptzügen zu erkennen.

»Erst dann haben wir ein Gebirge erkannt,« sagt der Schweizer Geologe Theobald, »wenn sein Inneres durchsichtig wie Glas vor unserem geistigen Auge erscheint.« Nun, ganz so weit zu gelangen wird uns, in der kurzen zur Verfügung stehenden Spanne Zeit, wohl nicht möglich sein, aber der Weg soll wenigstens gewiesen werden, der zu diesem idealen Ziele führt. —

Die Ostalpen sind nach Westen hin nicht ganz leicht zu begrenzen. Die Meinungen der Geographen im engeren und der Geologen — oder der Geographen im grossen, weiteren Sinne, — gehen etwas auseinander. — Wir können und wollen uns hier nicht auf die näheren Erörterungen einlassen, welche Ansicht die richtigere ist: diejenige, welche die Grenze vom Inn bei Landeck über das Reschen-Scheideck zur Etsch zieht (C. v. Sonklar), oder die andere, welche das Querthal des Rhein und die Furche über den Splügen zum Comosee, als Scheidelinie annimmt (Edm. v. Mojsisovics), wollen aber ohne nähere vorläufige Auseinandersetzung die letztere Ansicht adoptiren, weil sie, wie wir noch sehen werden, unserem Zwecke besonders gut entspricht. — Und nun machen wir uns denn auf den Weg quer durch die ganze breite Kette, indem wir die Linie der Kronprinz Rudolf-Bahn einschlagen, und diese nur dort verlassen, wo sie uns allzugrosse Umwege aufnöthigen würde.

Auf der Fahrt von Wien gegen Westen kommen wir, unmittelbar an den Grenzen unseres lieben Wien, in den Bereich des, als ein äusserster Saum die Alpen begleitenden Gesteinszuges, dessen Gesteins-Material weit hin unter dem Namen des Wiener Sandsteines bekannt ist, aus, durch ein eisenhaltiges Bindemittel verkitteten Quarzkrörnern und Glimmerschüppchen besteht, und leicht verwittert, und tief hinein zersetzt, mit Veranlassung gibt zur Entstehung des so unangenehmen Staubes, der in wolkenartigen Massen nur zu oft über uns ausgeschüttet wird. An vielen Stellen finden sich, in die Sandsteinschichten eingelagert, thonreiche Kalkgesteine (sogenannte Kalkmergel).

Weitausgedehnte Buchenwälder bedecken allenthalben dieses Gestein und machen die daraus bestehenden Bergzüge, welche schon durch ihre rundrückigen Formen auffallen, zu einem wahren Waldgebirge. Der »Wienerwald« und weiter ostwärts das karpathische Waldgebirge liegen im Gebiete dieses Sandsteinzuges. Diese Zone verläuft hier bei Wien in nord-östlicher Richtung. Hat man die eintönigen Bergrücken des Wienerwaldes überschritten, so gelangt man schon bei Neulengbach auf das Alpen-Vorland, von welchem aus das Terrain gegen Süden, bis in die centrale Region der Alpen, stufenförmig höher und höher ansteigt.

Ueber das flachwellige Hügelland erhebt sich als erste Stufe jenes bewaldete, rundrückige Bergland, das wir soeben passirten, das mit seinem Waldschmuck die vorgelagerten, reich bebauten Flächen, als ein weit nach Westen verlaufendes grünes Band umsäumt.

Hinter diesem »Vorgebirge«, dessen Höhen bis über 800 Meter erreichen, folgen die 1000 bis 1600 Meter hohen Bergketten des »Mittelgebirges«, überragt von dem steil bis über die Waldgrenze emporsteigenden »Kalkhochgebirge«. Dieses letztere bildet mächtige Plateaumassen von 1600, bis selbst weit über 2500 Meter Höhe, und fällt mit steilen, vielfach zerrissenen Wänden gegen Süden ab, gegen eine Zone weniger hoher Mittelgebirgszüge, welche das Kalkhochgebirge von dem Hochgebirge der Centralalpen scheidet.

Dieser orographischen Gliederung entspricht im Allgemeinen auch die geologische Zusammensetzung des Gebirges.

Das Vorland wird von — geologisch gesprochen — jungen (jungtertiären) Gesteinen gebildet, welche sich längs der ganzen Nordgrenze des Gebirges, bis in die Schweiz hin verfolgen lassen, wo sie unter dem Namen »Molasse« bekannt sind. Diese Schichten liegen in unserem Gebiete in flachen Wellen fast ungestört und bestehen aus einem mürben, sandig-kalkig-thonigen Material, das als »Schlier« bezeichnet wird. In den Schweizeralpen verhält es sich wesentlich anders, dort nehmen auch diese Schichten noch einen wesentlichen Antheil an dem Aufbau des Gebirges. Diese Tertiärbildungen — (tertiär nennt man geologisch die, der Jetztzeit oder der Quarternärperiode vorausgegangene Erdperiode) — sind, wo sie nicht in flachen, wenig hohen Hügelreihen nackt zu Tage treten, bedeckt von mächtigen Ablagerungen noch jüngerer (diluvialer) Geschiebe und Gerölle, welche vor allen, aus den Alpen gegen Norden ausmündenden Thälern breite, fächerartig ausgebreitete, flache »Schotter-Kegel« bilden, in denen sich die Alpengewässer ihre Bette, in der Form von weiten, mit stufenförmigen Wänden (Terrassen) begrenzten Rinnen, eingeschnitten haben.

Durch kalkige Bindemittel sind diese Geschiebe und Gerölle an vielen Stellen zu oft ungemein festen Gesteinen, sogenannten Conglomeraten verkittet. Von St. Valentin, wo die Kronprinz Rudolf-Bahn von der Kaiserin Elisabeth-Westbahn abzweigt, bis Steyer durchschneidet die Bahn derartige Schotter- und Sandablagerungen, welche besonders bei Steyer selbst, in einer Reihe höchst ausgezeichneter Terrassen gegen die Enns abfallen.

Sie lassen uns eines der Resultate der unermüdlich thätigen verändernden Kräfte erkennen, deren Bemühen dahin geht, das Gebirge zu zerstören, es abzutragen. Alle diese Schottermassen stammen von den, tiefer im Leibe des Gebirges liegenden Gesteinen her und wurden während einer Periode befördert, die durch viel reichere Wasserniederschläge und durch zeitweiligen, viel grossartigeren Wasserabfluss ausgezeichnet war, in einer Zeit, welche wir als die Glacial- oder Eisperiode zu bezeichnen pflegen.

Bei der Stadt Steyer kommen wir in das eigentliche Alpengebiet. Weit in dieses hinein halten jene sogenannten Diluvial-Terrassen an, sie steigen thalaufwärts gleichförmig an, erreichen eine Höhe bis zu 50 Meter über dem Flusspiegel und bilden eine grossartige, von der Natur selbst angelegte Aufdämmung längs der Flussufer, auf der sich die Verkehrswege, — rechts die Fahrstrasse, links die Eisenbahn, — hinziehen.

Nur dort, wo vorspringende Felsrücken die Diluvialterrasse unterbrechen, schneidet die Bahnlinie in das Grundgebirge selbst ein. An solchen Stellen, wo also auch Felssprengungen vorgenommen werden mussten, haben wir die beste Gelegenheit uns über das Materiale, aus welchem dieses Grundgebirge besteht, Aufklärung zu verschaffen.

Auf der Strecke von Garsten bis Ternberg gehören die dicht bewaldeten, durch gerundete Formen und langgezogene Rücken und durch den Mangel an kahlen, nackten Felspartien auf das beste charakterisirten, 800—900 Meter hohen Berge derselben äussersten Randzone der Alpen an, welche wir auf der Strecke von Wien bis über Neulengbach hinaus durchquerten. Sie hat hier eine Breite von kaum 8 Kilometern. Dieselben Gesteine — (Wiener Sandstein und Kalkmergelzüge in ähnlicher Breite) — finden wir immer wieder, wo wir auch von Norden herin die Alpen eindringen, so dass wir vollkommen berechtigt sind von einer Zone zu sprechen, die wir, zum Unterschiede von ähnlichen Bildungen am Südrande der Ostalpen, als die nördliche Sandsteinzone der Alpen zu bezeichnen pflegen.

Dabei fällt uns noch die Thatsache auf, dass die Gesteinsschichten dieser Zone in der Regel so gelagert sind, dass sie unter die weiter im Süden folgenden Gesteine einzufallen scheinen, d. h. dass es uns scheint, als lägen diese letzteren auf den Schichten des Wiener Sandsteines darauf, als seien sie die später gebildeten, was jedoch der Wahrheit ganz und gar nicht entspricht, indem der ganze Complex der Sandsteine und Mergel, den wir als den Wiener Sandstein zusammengefasst haben, in der, der Ablagerung des früher erwähnten »Schlier« vorangehenden Zeit, nachdem jene südlicher liegenden Massen längst abgelagert waren, zur Bildung, respective Ablagerung gekommen sind. Die angeführte Eigenthümlichkeit der Lagerung, das »Widersinnige« derselben, muss daher auf eine ganz andere Ursache zurückgeführt werden, sie kann nur durch einen nach der Ablagerung eingetretenen Vorgang, bei welchem die ursprünglich horizontal gelagerten, geschichteten Massen aufgerichtet und zusammengeschoben wurden, erklärt werden, durch einen Vorgang, über dessen Verlauf wir uns leicht eine Vorstellung machen können, wenn wir annehmen wollen, dass auf jene ehemals horizontalen Schichten ein ungeheurer Druck, von der Seite und zwar von Süden her, ausgeübt worden sei, so dass sie in Folge dessen in Falten zusammengeschoben werden mussten. Dieser grossartige Process lässt sich auch der Zeit nach annähernd bestimmen, er muss nämlich, da die über dem Sandsteine liegenden jüngeren Tertiärbildungen (z. B. der Schlier) nicht mit gestört wurden, vor der Ablagerung derselben erfolgt sein. Diese eine Thatsache, einen der ersten Erfolge unserer Reise, wollen wir nicht vergessen!

Bei Ternberg ändert sich der Charakter des Gebirges wie mit einem Schlage.

Schroffe Kalkfelsen treten auf und erheben sich bis zu 1300 Meter Höhe; sie zeigen uns den Beginn der Kalkregion an. Ihr gehören die beiden höheren Stufen des Gebirges, das Mittelgebirge und das Kalkhochgebirge an.

Zwischen Ternberg und Admont hat diese Zone eine Breite von etwa 45 Kilometer und wird von der reissenden Enns in ihrer ganzen Breite nach, in einem an landschaftlichen Reizen überaus reichen, tief eingeschnittenen Felsthale durchströmt.

Betrachten wir vorerst die Verhältnisse an unserer Route.

Bei Ternberg beginnt, wie gesagt, diese Kalkregion mit fast lothrecht aufgerichteten Gesteinsbänken. Es sind licht gefärbte, zum Theile löcherige und beim zerschlagen nicht selten mehlig stäubende Gesteine, welche wir als dolomitische Kalke bezeichnen und im letzteren Falle Rauchwacken zu nennen pflegen ¹⁾. Ganz nahebei erhebt sich die Ruine *Losenstein*, auf einem dünngeschichteten, zum Theile selbst wellenförmig gebogenen, lichten Kalke, von feinem, krystallinischem Korne ²⁾, der steil gegen Süden einfällt und sich von dem zuerst gesehenen dolomitischen Kalke auf das Bestimmteste unterscheiden lässt. Am linken Ennsufer dagegen finden wir längs der Bahn schwarze, sandig-thonige Kalke ³⁾ — (thonreiche Kalkgesteine bezeichnet man, wie schon erwähnt wurde, in der Regel als Kalkmergel oder Mergelkalk), — die gleichfalls steil nach Süden geneigt sind. Gleich darauf treffen wir auf weissen und rothen Kalk von wieder ganz anderem Aussehen ⁴⁾, er erscheint nämlich ganz homogen, lässt keine Zusammensetzung aus kleinen Theilchen erkennen und wird deshalb als »dichter Kalk« zu bezeichnen sein. Damit ist die Mannigfaltigkeit jedoch noch lange nicht erschöpft, denn gar nicht weit von der Stelle, wo die rothen dichten Kalke gebrochen wurden, die als Werksteine beim Bahnbau in Verwendung kamen, finden wir dünngeschichtete, intensiv rothe und weissaderige Kalke mit knolligen Schichtflächen ⁵⁾, bei »Grünbrücke« sodann graue Kalke mit mehr als stahlharten Einschlüssen ⁶⁾, sogenannte Hornsteinkalke.

Wir ersehen schon daraus, dass die Kalkgesteine dieser Gegend sich leicht zu einer wahren Musterkarte zusammenstellen liessen; es wurden dabei jedoch nur einige wenige Beispiele, wie man sie bei flüchtigem Besuche leicht am Wege findet, angeführt. — Weiterhin kommen wir bei *Reichraming* auf bläulichgraue plattig brechende Kalke, die wieder fast lothrecht aufgerichtet sind und knollige Schichtflächen zeigen, die mit schwarzen glänzenden Thonschichten bedeckt erscheinen. Dieselben Kalke treffen wir auch weiter südwärts bei *Reifling* wieder und zwar in grossen Schichtflächen, auf das Beste entblösst. Hier fand man einst vor Jahren eine Platte mit den Resten eines Saurier-Skelettes, welches zu den interessantesten Funden gehörte. Beim Brande des Klosters Admont, wo sie verwahrt war, ist sie leider zu Grunde gegangen. Dieser sogenannte Reiflinger Kalk liegt auf einem sehr

¹⁾ Sogenannter Oppontlzer Dolomit — (den obersten Gliedern der alpinen Trias-Formation entsprechend).

²⁾ Gehört der oberen Jura-Formation an.

³⁾ Sogenannte Neocom Aptychenschiefer (der untersten alpinen Kreide-Formation angehörig).

⁴⁾ Sogenannte Hierlatz-Schichten, die der Lias-Formation zugehören (nach der Hierlatz-Alpe bei Hallstadt genannt).

⁵⁾ Oberer Jura, sogenannte Vilsener-Schichten; nach Vils im nordwestlichen Tirol.

⁶⁾ Gleichfalls jurassisch.

leicht kenntlichen, weil sehr wohl charakterisirten Gesteine: einem bunten, roth und grün gefärbten schieferigen Thonmergel, der durch Gypsführung ausgezeichnet ist und mit dem Namen »Werfener Schiefer« (nach dem Orte Werfen an der Salzach im Salzburgischen) bezeichnet wird.

Auf der Strecke von Reichramming nach Reifling finden wir jedoch noch sehr verschiedene Gesteine. Sowohl reine und dolomitische Kalke als auch sandig-mergelige Gesteine.

Südlich von Reifling, auf der Strecke bis Admont, in dem Bereiche der Kalkhochalpen begegnen wir lichten Kalken von grosser Gleichförmigkeit, welche nach ihrem Auftreten am Dachstein als die Dachsteinkalke bezeichnet werden. Die Enns durchbricht sie in dem sogenannten »Gesäuse« zwischen Admont und Hieflau in einer wilden Felsschlucht, einem tiefen Gebirgsspalt, gerade an jener Stelle, wo sie ihre grösste Mächtigkeit erreichen, zwischen dem 2200 Meter hohen Buchstein im Norden, und dem 2300 Meter hohen Hochthor im Süden. Laut brausend stürzen sich die Fluten des wilden Flusses, über die ungeheuren Felsmassen, die im Grunde liegen, unermülich thätig in ihrem Bemühen, sich ihr Bett tiefer und tiefer ins Gebirge einzunagen.

Die Kette der Berge im Süden dieses Ennsdurchbruches, der übrigens ziemlich neuen Datums sein dürfte — (ein alter Flusslauf lässt sich von Admont in nordöstlicher Richtung bis nach Altenmarkt verfolgen) — also der Lugauer, das Hochthor und der Reichenstein, bezeichnet auf das Schärfste die südliche Grenze der Kalkregion. Auch hiebei muss betont werden, dass sich diese Verhältnisse an allen Stellen der Ostalpen getreulich wiederholen, dass also eine mächtig entwickelte n ö r d l i c h e K a l k z o n e die Alpen zusammensetzen hilft; dieselbe Zone, die wir z. B. auf der Linie von Wien nach Neunkirchen in ihrer ganzen Breite passiren, und zwar an jener hochinteressanten Strecke wo sie ihre östliche Grenze erreicht, und mit einem plötzlichen Abbruche endet. Es ist dies die grosse Bruchspalte welche sich, wie von Professor Suess längst in so überzeugender Weise bewiesen wurde, schon an den, auf dieser Linie auftretenden warmen Quellen (Thermalquellen) auf das Bestimmteste zu erkennen gibt. Längs dieser Linie hat eine grossartige Störung stattgefunden, ein Einsturz nämlich, wovon hauptsächlich die östlichen Ausläufer der nördlichen Kalkzone betroffen wurden, die hier in die Tiefe sanken.

Das über die grosse Mannigfaltigkeit der Bildungen der nördlichen Kalkzone Gesagte dürfte es erklärlich machen, warum man sich lange Zeit scheute, an eine genauere Deutung dieser complicirt zusammengesetzten Gebilde heranzutreten und daher alle sammt und sonders unter der Bezeichnung »Alpenkalk« zusammenfasste.

Es erforderte hingebende Studien, bevor es gelang, Licht in die Alpenkalkfrage zu bringen. Es war diess nur möglich durch genaues Studium der, in den verschiedenen Schichten, freilich oft spärlich genug, vorkommenden »versteinerten« Reste verschiedener organischer Wesen, thierischer und pflanzlicher Natur. Heute kennen wir die verschiedenalterigen Bildungen

auf das Genaueste. Wir wissen, dass sie alle der mittleren Abtheilung der geschichteten und Versteinerungen führenden Ablagerungen angehören, welche wir als die secundären oder mesozoischen Bildungen, als die Gesteine aus dem Mittelalter der Erdgeschichte, zu bezeichnen pflegen. Es gelang die alpinen Ablagerungen auf die, unter viel einfacheren Verhältnissen vorkommenden und daher viel früher studirten Schichten ausserhalb der Alpen zurückzuführen und sie, wenigstens zum grossen Theile, damit in gute Uebereinstimmung zu bringen. An dieser Stelle sei nur darauf hingewiesen, dass man die Gesteine der Ostalpen nach ihrem Alter, nach den drei grossen Formationen oder Zeitaltern der secundären Periode, als Trias-, Jura- und Kreide-Bildungen unterscheiden kann und dass besonders die Gesteine der ersteren, ältesten, in der nördlichen Kalkzone der Ostalpen die wichtigste Rolle spielen und wieder ihrerseits, in eine grosse Anzahl von Gliedern, ihrer Bildungszeit nach, unterschieden werden konnten. Vor Allem ist es die untere Abtheilung der alpinen Trias, welche sich überall mit denselben Charakteren wieder auffinden lässt. Als ein deutlich und meist sehr leicht erkennbares Glied findet man nämlich überall an der Basis der Kalkmassen, den schon erwähnten Werfener Schiefer und zwar vom Rhein bis an den soeben bezeichneten Abbruch an der Südbahn, der erwähnten Thermenlinie, wo sie, weil sie wasserundurchlässig sind, die Region der Hoch-Quellen bezeichnen. Aber auch im Innern des Kalkgebirges treten die Werfener Schiefer überall dort hervor, wo tiefe Aufbrüche in den Kalkmassen stattgefunden haben, was an zahlreichen Punkten und Linien der Fall ist.

Während der Triasperiode war der grösste Theil der Kalkzone der Alpen unter das Meer getaucht, was leicht nachzuweisen ist, da die Bildungen durch ihre Einschlüsse von Thierresten, als Meeres-Ablagerungen charakterisirt sind. Diese eine Thatsache allein, würde schon die Eingangs erwähnte geologische Zweitheilung der Alpen an der Rheinlinie motivirt erscheinen lassen, denn diese bildet die scharfe Grenze der ostalpinen marinen Trias-Bildungen.

Nichts desto weniger fehlen aber auch in der nördlichen Kalkzone einzelne Striche keineswegs, in welchen die Nähe von Festland durch das Vorkommen von Landpflanzenresten angedeutet wird. Eine solche Zone, die wir als eine Strandlinie bezeichnen könnten, tritt beispielsweise nahe dem Nordrande der nördlichen Kalkalpen an vielen Punkten hervor und werden die betreffenden Schichten nach dem Orte Lunz, als die *Lunzer Sandsteine* bezeichnet. Sie scheinen ein zeitweiliges Vordringen eines nördlich gelegenen Festlandes gegen das alpine Trias-Meer zu bezeichnen. Ein fortwährendes, freilich sehr allmähliges Tiefersinken des Meeresbodens, scheint während der Trias-Zeit in dieser Region Platz gegriffen zu haben, ohne dass deshalb etwa tiefere Abgründe, als wir sie neuerlich durch die Tiefen-Sondirungen kennen gelernt haben, nothwendigerweise angenommen werden müssten. Es mögen selbst recht bedeutende Tiefen, trotz der im Allgemeinen wol nicht allzu breiten See, nicht gefehlt haben, ja viele der Ablagerungen haben einen ausgesprochen pelagischen oder Hochsee-Charakter.

Wir kennen aber auch in unseren europäischen Meeren einen Meeres-Arm, der sich durch eine ganz auffallende Tiefe trotz ganz geringer Breitendimension auszeichnet, ich meine nämlich den schmalen und so auffallend tiefen Meeresarm, der sich aus dem atlantischen Ocean, um den südwestlichen Theil der skandinavischen Halbinsel, bis an das Nordende des Skager Rack erstreckt, in einer beiläufigen Länge von 800 Kilometern, bei einer Breite von nur 60—70 Kilometern. Seine Tiefe beträgt 200—400 Faden, während das übrige, weite Becken der Nordsee eine mittlere Tiefe von kaum 30—40 Faden besitzt. Wie dieser Tiefsee-Canal Norwegen umzieht, so könnte ein verhältnissmässig schmales Triasmeer der Ostalpen, das böhmische Festland umpflutet haben. Im Süden war es, wie wir bald sehen werden, aller Wahrscheinlichkeit nach durch einen Festlandsrücken begränzt, der sich zu jener Zeit im Bereiche der heutigen Centralalpen, wenn auch nicht ganz genau an derselben Stelle wo diese heute ihre schneeigen Häupter erheben, hingezogen haben mag.

Ich kann nicht weiter auf die umständlichere Auseinandersetzung eingehen und will nur noch betonen, dass wir eine Anzahl von Fundstellen kennen, die einen ganz wundersamen Reichthum an organischen Ueberresten, besonders aus der Zeit der mittel- und obertriassischen Meeresbedeckung geliefert haben und will nur als eines Beispiels der Hallstädter Marmore gedenken.

Es sei in dieser Beziehung nur noch erwähnt, dass wir aus dem genaueren Studium der Ablagerungen, auf eine überaus verwickelte Mannigfaltigkeit in den bestehenden physikalischen Verhältnissen zu schliessen berechtigt sind, welche sowohl während derselben Zeit neben einander bestanden, in noch höherem Grade aber in den aufeinander folgenden Zeitabschnitten abwechselten.

Als die oberste Ablagerung dieser Periode, die zugleich gerade in den Ostalpen eine ganz wundersame Mächtigkeit erreichte, sei der, schon an früherer Stelle genannte Dachsteinkalk erwähnt, der sich längs der ganzen Kalkzone, bis an die Wiener Bucht, in mächtigen Massen verfolgen lässt.

Ueber die Entstehungsweise aller der oft ungeheuren Kalkmassen — (manche unter ihnen erreichen eine Mächtigkeit bis 1000 Meter und selbst darüber) — ist es gleichfalls nicht möglich einen entscheidenden Ausspruch zu thun, so viel aber darf wohl als feststehend betrachtet werden, dass viele davon als grossartige Korallenriffbildungen aufgefasst werden müssen, wie dies Richthofen und neuerdings auch Mojsisovics (besonders in seinem neuen Werke über die Südtiroler Dolomit-Riffe) nachzuweisen suchten.

Aber auch für unsere nächst gelegenen grossen Kalkstöcke mit steil abstürzenden Wänden, für die Kalkmassen des Schneeberges, der Rax- und der Schneealpe scheint diese Annahme erlaubt zu sein.

Auch die obersten Triaskalke — (sie werden zumeist unter dem Namen »Rhät« als eine eigene Formation bezeichnet) — brechen an der Rheinlinie ab und treten erst weiter im Westen wieder auf, ohne dass sich bis jetzt ein unmittelbarer Zusammenhang dieser westlichen Vorkommnisse mit dem ostalpinen Meere nachweisen liesse.

Die Jura-Formation — (so genannt nach dem Jura-Gebirge in der Schweiz) — lagerte sich in der ostalpinen Region über den Trias-Bildungen, offenbar in demselben Meerbecken ab. Die Senkung des Bodens hat hier offenbar noch länger angehalten, ja diese Senkung hat sich auch über den Bereich der Westalpen und überhaupt über viel grössere Gebiete Europas erstreckt, als die während der vorhergegangenen Trias-Periode eingetretene.

In den Alpen sind die Jura-Ablagerungen mit Ausnahme einer einzigen Schichte, alle als pelagische, als Hoch- oder Tiefsee-Bildungen charakterisirt, wenn sie sich gleich unter oft sehr verschiedenen physikalischen Verhältnissen der betreffenden Meeresarme gebildet haben mögen. Jene einzige Ausnahme bilden die sogenannten Grestener Schichten, welche am nördlichen Rande der Kalkzone der nordöstlichen Alpen auftreten; es sind sandig — thonig — schieferige Ablagerungen, welche durch ihren Gesteinscharakter, hauptsächlich aber durch das häufige Vorkommen von Landpflanzen und Steinkohlen, den Beweis liefern, dass auch während des älteren Abschnittes der Jura-Formation das nordwärts liegende Festland vorübergehend weiter nach Süden vordrang, wodurch sumpfige Ufersäume am Nordrande des hier seichteren Jura-Meeres auftreten konnten, das, aber nur in diesem Abschnitte, eine recht auffällige Uebereinstimmung mit den im übrigen Mittel-Europa herrschenden Verhältnissen zu erkennen gibt.

Während der Kreideperiode vollzogen sich im Bereiche der Alpen recht wesentliche Aenderungen, die wieder im Osten und Westen der Rheinlinie einen sehr verschiedenen Verlauf genommen haben. Während nämlich in den Westalpen ein Meer mit rein pelagischem Charakter fortdauernd das Land bedeckte und die allmähliche Senkung des Landes also fort und fort anhielt, hob sich das Gebiet der nördlichen Kalkzone der Ost-Alpen allmählig, so dass wir von den Ablagerungen der mittleren Kreidezeit hier keine Spur vorfinden und sich nur Schichten der unteren Abtheilung, u. zw. hauptsächlich am nördlichen Rande der Kalkzone, nachweisen lassen. Nur im Vorarlbergischen greifen die westalpinen Kreide-Schichten eine Strecke weit über die Rheinlinie nach Osten.

Trotz der Erhebung der Ostalpen konnte aber in der letzten Zeit der Kreideperiode, das Meer dennoch wieder in die Ostalpen vordringen, freilich nur in Form von schmalen, fjordähnlichen Meeres-Armen, deren Ablagerungen unter dem Namen der Gosau-Formation nach dem Gosau-Thale im Salzkammergute bekannt sind und eine ganz eigenartige Ausbildungsweise zeigen. Sie umschliessen nicht selten Landpflanzen und Kohlenflötze, deuten also auf sumpfige Strandniederungen an jenen Fjorden hin. Ich erinnere dabei nur an das schöne Gosau-Vorkommen in der »Neuen Welt«, und an die Gosau-Kohlen von Grünbach bei Wiener-Neustadt. —

Nach diesem flüchtig skizzirten historischen Rückblicke auf die Bildungsgeschichte der nördlichen Kalkzone, die wie Sie sehen konnten, eine complicirte genannt werden muss, lassen Sie uns unsere Reise wieder weiter fortsetzen, — wir haben schon zu lange Halt gemacht.

Wir haben auf unserer Fahrt die Station **Admont** erreicht, und befinden uns auf einer merkwürdigen und auffallenden geologischen Grenzscheide, die sich sofort in der Physiognomie des Gebirges scharf genug zu erkennen gibt.

Admont (624 Meter Meereshöhe) liegt am westlichen Eingange der oben geschilderten engen Kalkschlucht. Die Kalkmassen sind hier etwas weiter nach Süden gerückt als im Westen von Admont, wo das breite, mit Gebirgsschutt und Geröllen älteren und jüngeren Datums erfüllte Thal der Enns in der Streichungs-Richtung der Gebirgsschichten, von WSW nach ONO verläuft, genau an der südlichen Grenze der Kalkzone, in einem ganz ausgezeichneten Längsthale, zwischen dem Hochgebirge der Kalkzone einerseits und einem rundrückigen Schiefergebirge, das nur weit geringere Höhen erreicht, andererseits. Dieses letztere bildet eine verhältnissmässig schmale Zone — ihre Breite übersteigt selten 15 Kilom., — die aus verschiedenartigen Schiefergesteinen, aus Sandsteinen, Conglomeraten und Kalken, welch letztere nicht selten halb krystallinisch erscheinen, aufgebaut ist und in der Regel als die **nördliche Grauwackezone** der Alpen bezeichnet wird. (Unter der Bezeichnung »Grauwacke« fasste man in Deutschland alte, fein- und grobkörnige Sandsteine zusammen). Bei Admont besteht sie der Hauptsache nach aus dünngeschichteten, seidenglänzenden, grünen Thon-Schiefen, welche ganz deutlich unter die Gesteine des Kalkhochgebirges einfallen. Ueberschreitet man von Admont aus, anstatt den Umweg über Selzthal und Rottenmann zu machen, den Bergrücken zwischen Ennsthal und Paltenthal, so findet man über jenen grünen Schiefen, ganz dunkle, graphitische Schiefer und über diesen eine Scholle von Werfener Schiefen, die sich schon durch ihre ganz abweichende Lagerung von den älteren Schiefen unterscheiden lassen, überdies aber, wie das bei Werfener Schiefen ganz gewöhnlich ist, durch das Vorkommen von Abdrücken und Steinkernen von kleinen, überaus bezeichnenden Muschelschalen sich zu erkennen geben.

Am südlichen Abhange des besagten Rückens trifft man lichte dünnplattige und stellenweise wellig gebogene, ja selbst ganz fein gefälte Thonschiefer, die mitunter sehr viel Quarz in Form von knolligen und linsenförmigen Massen enthalten. An dieser Stelle fanden wir also nichts Anderes als Schiefer und so ist es auch an vielen anderen Punkten, ja auf weite Strecken hin der Fall. An anderen Localitäten verhält es sich freilich wieder anders und findet man, wie schon früher erwähnt, zwischen den Schiefen auch Einlagerungen von Conglomeraten und Sandsteinen, oder zum Theile auch discordant auf den Schiefen liegende, mehr weniger mächtige Kalkmassen.

Immer und überall aber hat es seine grossen Schwierigkeiten, wenn es sich darum handelt, die Frage nach dem genauen geologischen Alter dieser Bildungen zu beantworten, denn in den meisten Fällen lässt sich dieses nicht näher angeben. In weitaus den meisten Fällen steht nur so viel fest dass die Gesteine dieser Zone älter sind, als die, die unterste Trias bezeichnenden Werfener Schichten, dass sie denjenigen Gesteinen zuzurechnen

sind, welche wir als während des Alterthums der Erdgeschichte, während der paläozoischen Periode, gebildet kennen gelernt haben. — Aber selbst diese Angabe ist in Bezug auf das Vorkommen gewisser Kalke dieses Gebietes nicht überall sicher. So ist es mir vor nicht langer Zeit gelungen, an weiter östlich gelegenen Stellen, im Wechsel-Semmering Gebiete unweit von Schottwien in Kalken, welche bis dahin immer als sicher der Grauwackenzzone angehörend betrachtet wurden, eine Anzahl von Fossilien zu finden, welche es überaus wahrscheinlich erscheinen lassen, dass die betreffenden Kalke dem Rhät, also den obersten Etagen der Trias-Formation ¹⁾ angehören dürften, was also ein Uebergreifen einer jüngeren Formation auf das Gebiet viel älterer Ablagerungen beweisen würde.

Bis vor ganz kurzer Zeit hat man die ganze bezeichnete Gesteinszone, die sich mit nur wenigen, kurzen Unterbrechungen von Gloggnitz bis nach Schwaz in Tirol verfolgen lässt, einem zeitlich ganz bestimmten Schichtencomplexe zugeschrieben. Man hat sie als der silurischen Formation, d. h. als einem der untersten Glieder der paläozoischen Bildungen äquivalent betrachtet und zwar gestützt auf Versteinerungen, welche man theils bei Dinten im Salzburgischen (F. v. Hauer), theils bei Eisenerz in Steiermark (Stur) aufzufinden so glücklich war. Bei dieser Gelegenheit kann ich nicht umhin einen weiten Sprung über die centrale Hochgebirgsregion zu machen, um späteren Ausführungen vorgreifend, schon jetzt anzuführen, dass man auch im südlichen Theile der Ostalpen ähnliche Bildungen kennt, welche wieder gestützt auf stellenweise sehr zahlreiche thierische Ueberreste, als einer jüngeren Abtheilung der schon genannten paläozoischen Formationsgruppe und zwar der Steinkohlenformation zugehörig aufgefasst wurden, so dass man zu dem Ausspruche gelangte, dass in der nördlichen silurischen Grauwackenzzone die Ablagerungen der Steinkohlenformation, und dass in der südlichen, der Steinkohlenformation zugehörigen Grauwackenzzone hingegen die silurischen Bildungen abhängig seien. Doch stellt sich die Sache in neuester Zeit ganz anders.

In den Südalpen wurden (durch Stache) organische Ueberreste sicher silurischen Alters und (durch Tietze) etwas jüngere (der sogenannten devonischen Formation angehörige) Ablagerungen nachgewiesen, während ich selbst so glücklich war, an der Semmering-Linie, unweit von der Station Klamm, ein sicheres Vorkommen von Pflanzenüberresten in Schichten der Steinkohlenformation aufzufinden.

Ich führe dieses Beispiel hauptsächlich aus dem Grunde an, weil es zeigt, welche hohe Wichtigkeit gerade die Fossil-Reste, d. h. die Ueberreste von Organismen vergangener Zeitperioden, für die Bestimmung des relativen Alters der Gesteinsbildungen besitzen, weil es zeigt, wie man ohne diese, von dem Engländer Mantell mit Fug und Recht die Denkmünzen der Schöpfungsgeschichte genannten Ueberresten, zu keinem sicheren Schlusse in Bezug auf Altersbestimmungen gelangen kann.

¹⁾ Vielfach rechnet man das Rhät als unterstes Glied zum alpinen Jura während wieder Andere es als eine selbstständige Formation zwischen Trias und Jura hinstellen.

Eine hohe national-ökonomische Bedeutung erhält die nördliche Grauwackenzone durch das häufige Vorkommen von Eisenerzen. Das berühmteste unter diesen Vorkommnissen, das von Eisenerz hätten wir von Hiefau aus leicht erreichen können.

Wir hätten dort sehr schön sehen können, wie die wellig gebogenen Bänke des erzführenden Kalkes, zwischen den unter ihm liegenden schieferigen Grauwacken-Gesteinen und der darüber auftretenden, aus Bruchstücken von Kalkstein, Thonschiefer und Sandstein bestehenden sogenannten Grenzbreccie eingelagert sind, über der wieder grünliche und röthliche Werfener Schiefer und darüber, weiter nordwärts, die mächtigen Mauern der Trias-Kalke aufragen. Wir hätten daselbst mit Staunen bemerkt, wie die Eisenerze — (Spatheisenstein oder Siderit und daraus durch Verwitterung entstandene Brauneisensteine) — den ganzen nach Norden gerichteten Abhang des Erzberges, einem ungeheueren Harnische vergleichbar, umgeben.

Die erzführende Formation setzt sich weithin, sowohl nach Westen als auch nach Osten fort, einerseits bis ins Salzburgische, andererseits über Mariazell, Neuberg und Reichenau bis an den Silberberg bei Gloggnitz. Freilich sind alle anderen Vorkommnisse verschwindend gegenüber dem Erz-Reichthum von Eisenerz. Schätzt man doch die Erzmenge, welche allein der Innerberger Abtheilung zugehört, auf nicht weniger als 4000 Millionen Centner, von welchem Schatze man jährlich kaum eine Million Centner abbaut.

Bevor wir die nördliche Grauwackenzone verlassen, wollen wir nur noch auf die schon bei früherer Gelegenheit erwähnten physiognomischen Verhältnisse dieser Gebirgsregion mit wenigen Worten zurückkommen. Das Material, aus welchem sie aufgeführt ist, besonders die Schiefer und Sandsteine, sind im Allgemeinen viel leichter zersetzbar als dies bei den Gesteinen der Kalkzone und jenen der weiter südwärts folgenden Centralzone der Fall ist, und in dieser Eigenschaft liegt schon ein Hauptgrund, warum die Berge in der Grauwackenzone weniger hoch und rundrückiger, die Flussthäler aber breiter und mit sanfter geböschten Gehängen versehen sind. Ein Blick auf die Karte lässt uns die gewiss auffallende Thatsache erkennen, dass eine ganze Reihe bedeutender Flüsse in ihrem Oberlaufe in der zwischen der Centralzone und der nördlichen Kalkzone gelegenen Grauwackenregion in lang gedehnten Längsthälern hinfließen, bis sie endlich, in einem engen steilwandigen Querthale, die Kalkzone in ihrer ganzen Breite durchbrechend, ihren Abfluss finden. So verhält es sich bei der Enns, bei der Salzach und auch beim Inn in einem grossen Stücke seines Laufes u. zw. von Landeck bis unterhalb Rattenberg. Ausgedehnte Seeböden liegen in diesen Längsthälern, die sich, z. B. im Ennsthale oberhalb Admont, auch heute noch durch weite Torfmoore zu erkennen geben; das Wasser war damals also in Seebecken aufgestaut, bis es einen Ausweg fand, worauf dieser in nimmer müder Arbeit tiefer und tiefer gelegt und dabei in tiefen Klausen und Klammen ausgewaschen wurde, wie wir diese in den Querthälern so häufig zu sehen Gelegenheit haben. —

Nun lassen Sie uns aber gegen die Central-Region vordringen. Wir folgen dem Paltenthal, überschreiten die nur wenig über 800 Meter hohe Wasserscheide bei Wald und erreichen endlich Leoben. Auf dieser Strecke passiren wir bis in die Nähe jener Wasserscheide die seidenglänzenden, stellenweise graphitisch werdenden Thonschiefer vor, über welche wir im Süden schon die hochaufragenden Berge der Centralkette der Alpen sich erheben sehen.

Aber auch jenseits der Wasserscheide treffen wir die seidenglänzenden Schiefergesteine, in welchen mächtige Züge von krystallinischem Kalk und Kalkschiefer mit glimmerigen Schichtflächen (Kalkglimmerschiefer) eingelagert sind, die förmliche Kalkgebirge bilden. Im Gösseck erreichen sie ihre grösste Höhe (circa 2300 Meter). Erwähnt sei in Bezug auf diese Thonschiefer, dass sie grössere Massen jenes weissen, weichen, sich fettigschlüpfrig anführenden Minerals enthalten, welches unter dem Namen Talk, im gepulverten Zustande aber als Federweiss bekannt ist.

Damit sind wir in die »Urthon-Schiefer- oder Phyllitzone« der Centralalpen eingedrungen, eine Formation, deren Begrenzung gegen die »Grauwackenzone«, besonders wenn letztere durch Thonschiefer vertreten ist, dermalen geradezu undurchführbar erscheint. Hier leiten uns leider keine Fossilreste, — (nur unweit von Leoben wurden einige wenige Korallendurchschnitte im Kalk entdeckt, der daher für silurisch gehalten wird) — nur die mineralogische Beschaffenheit begründet die Unterscheidung; es herrscht aber darin eine gar grosse Mannigfaltigkeit. Uebergänge aus einer Schiefer-Varietät in die andere sind gar nichts Seltenes. Auch in Bezug auf die Entstehungsgeschichte der betreffenden Gesteine haben wir es bis nun nur wenig über mehr oder weniger wahrscheinlich scheinende Vermuthungen hinausgebracht.

In neuester Zeit hat es Stache versucht, die Schiefergesteine nach ihren mineralogischen Merkmalen zu gruppiren.

Einer der am besten charakterisirten unter diesen krystallinischen Schiefen ist der Quarzphyllit d. h. ein Thonglimmerschiefer, der Quarz in linsen-, platten- und tafelförmigen Massen oder in Knauern und Knollen ausgeschieden enthält. Er hat unter allen die grösste Verbreitung.

Weniger leicht zu erkennen und zu unterscheiden sind die beiden anderen Gruppen, die als die Kalkphyllite und die Kalkthonphyllite bezeichnet werden; beides sind durch Kalkeinlagerungen ausgezeichnete glimmer- oder talkführende Gesteine. Der Kalkthonphyllitgruppe werden von Stache auch die sogenannten Tauern-Gebilde (Radstädter Tauern) zugeschrieben, graphitische Thonschiefer mit grünen Schiefen und Kalkschiefer-Einlagerungen, über deren genauere Altersbestimmungen uns leider keinerlei verlässliche Anhaltspunkte vorliegen, die aber aller Wahrscheinlichkeit den oberen Abtheilungen der paläozoischen Formationsgruppe zugehören dürften.

Diese so mannigfaltig ausgebildeten Schiefer umgeben die eigentlichen Centralmassen des Gebirges theils mantelförmig (»Schieferhülle«),

sie umhüllen sie förmlich, theils treten sie aber auch, wie wir sehen konnten, am Rande der centralen Zone, gegen die »Grauwackenzone« hin auf, mit deren Gesteinen sie, zum grössten Theile wenigstens, gleichalterig sein dürften; sie dürften nur unter der Herrschaft anderer physikalischer Verhältnisse abgelagert worden sein. Ihrem Alter nach würden sie demnach der Hauptmasse nach der ganzen langen paläozoischen Periode, dem Alterthume der Erdgeschichte entsprechen, ohne dass man bei dem Mangel an Fossilresten im Stande wäre, eine nähere Zeitbestimmung für ihre Entstehung anzugeben.

Die eigentlichen Kernmassen der Centralzone endlich, bilden Gesteine von mehr oder minder deutlichem krystallinisch-körnigem Gefüge. Aber auch dabei sind eine Menge von Uebergängen von körnigen bis zu schieferigen Ausbildungen zu verzeichnen.

Das wichtigste unter diesen Gesteinen ist der sogenannte Centralgneiss oder Granitgneiss, ein körniges Gestein aus denselben drei Mineralien, die wir z. B. auch in dem Granite von Mauthausen, unserem Pflastersteine erkennen: dem fettglänzenden Quarz, dem ebenflächigen, glasglänzenden Feldspath und dem leicht in Schüppchen loszulösenden Glimmer. Es ist dies ein Gestein, das sich eigentlich nur durch die aus der Neigung zur parallelen Anordnung der einzelnen Theile entspringende schieferige Structur vom Granite unterscheidet. Er bildet die eigentlichen Grundfesten des ganzen Alpengebirges, das älteste Grundgebirge. Die Hauptmassen der hohen Tauern und der centralen Zillerthaler Alpen bestehen aus diesem Gesteine. Es bildet einen ungeheuren Längsrücken, ein grandioses Gewölbe und wir könnten uns, ohne unserer Phantasie allzuviel zuzumuthen, diesen Gebirgsrücken als die erste Landbildung im Bereiche der Alpen vorstellen, eine Landbildung, die wir auf grossartige Durchbrüche geschmolzener oder im halbweichen Zustande befindlicher Massen zurückführen könnten, die aus dem Innern unseres Planeten hervorgepresst wurden, zu einer Zeit, in welcher von all den verschiedenen anderen Gesteinen, welche wir bis jetzt, als das Alpengebäude zusammensetzend kennen gelernt haben, noch nichts vorhanden war. Damit wären wir aber vollständig im Gebiete der weniger fassbaren Hypothesen angelangt und wollen rasch Kehrt machen.

Ankogel, Hohenaar, Venediger im Osten und die Dreiherrnspitze im Westen sind dominirende Spitzen der Central-Gneiss-Region, während der Grogglockner aus den noch höher emporgerückten Gesteinen des Schiefermantels besteht. Nur an wenigen Stellen der Ostalpen sind die jede Andeutung von Schieferung entbehrenden Granite als Kernmassen zu Tage getreten. Einer dieser Punkte liegt in der Nähe unserer Reiselinie im Westen von Leoben, ein Gebiete eines jüngeren gneissartigen Gesteins, welches letzteres wir zum Unterschiede von dem körnigen Granitgneiss als Phyllitgneiss oder als schieferigen Gneiss bezeichnen müssen, da er in seiner Structur zu den krystallinischen Schieferen, die wir als Phyllite oder Urthon-Schiefer bezeichneten, hinneigt.

Centralgneiss und in manchen Fällen Granit bilden also die Kernmassen. — Kommt echter Granit im Gebiete des Centralgneisses zu Tage, so bildet er den innersten Kern. — An diese Kernmassen legen sich sodann, wie schon erwähnt wurde, die schieferigen Gneisse, sowie die verschiedenen Gesteine der Schieferhülle in ihrer oft überwältigenden Mannigfaltigkeit. In vielen Fällen ist der Granit jedoch viel jüngeren Datums; so ist es beispielsweise für die meisten der südalpiner Granite der Fall. (M. Adamello, Cima d'Asta, Granitstock am Mittewald bei Brixen).

Nicht uninteressant ist ein Vergleich der Centralmassen der Ostalpen mit den Centralstöcken in den westlichen Theilen der Alpen, vor Allem mit jenen der Schweiz. Hier ziehen die Centralmassen in zwei grossen Ketten parallel zu einander hin, eine nördliche und eine südliche. Der ersteren gehören an: der Mont Blanc, der Finsteraarhornstock, der Gallenstock und der St. Gotthard, während der letzteren die Centralmasse der Walliser Alpen, der Monte Rosastock, der Simplon und die Bernina angehören.

Nur diese südliche Reihe setzt sich (wie Peters gezeigt hat) im Oetzthalerstocke in die Ostalpen fort, die erstere, die überdies durch eine, den Ostalpen fehlende, ganz eigengestaltete Granitgneiss-Varietät, den talkreichen Protogin und durch eine auffallende fächerförmige Stellung der Gesteinsschichten ausgezeichnet ist, endet schon in der Tödi-Kette.

Auch im Bereiche der Centralzone spricht sich somit ein ganz bezeichnender Gegensatz zwischen Ost- und Westalpen aus.

Ich kann die Centralzone der Alpen nicht verlassen, ohne das Vorkommen zweier grösserer Massen von sicher erkannten paläozoischen Ablagerungen in ihrem Gebiete erwähnt zu haben. Die eine dieser Massen würden wir in ihrer ganzen Ausdehnung passirt haben, wenn wir der Südbahnlinie gefolgt wären und zwar auf der Strecke zwischen Röthelstein nördlich von Frohnleiten bis nach Graz, wo wir auf eine südliche Fortsetzung der grossen Bruchlinie gelangen, die wir oben als die Thermenlinie der südlichen Bucht des »Wiener Beckens« kennen gelernt haben. Hier, also am östlichen Rande der Mittelzone der Ostalpen sind Kalke, Schiefer und quarzreiche Gesteine (Quarzite) zu Bergen emporgethürmt, welche nach ihren Fossilien wenigstens zum Theile als der devonischen Formation zugehörig, betrachtet werden. Weiter westwärts dagegen, im Wasserscheidegebiete zwischen der oberen Mur und der Drau, südwestlich von Murau, erheben sich die gewaltigen Massen des Eisenhutes (ca. 2500 Meter) und des Königstuhles, die hauptsächlich aus grauen und grünen Schiefen und Conglomeraten bestehen und durch wohlerhaltene Pflanzenreste, zum grossen Theile, als sicher der Steinkohlen-Formation angehörig erkannt worden sind. Es sind dies Ablagerungen, die unser erhöhtes Interesse auch aus dem Grunde verdienen, weil sie manche Uebereinstimmung zeigen mit Ablagerungen einerseits im äussersten Westen der Alpen, in Savoyen und andererseits im äussersten Osten, im Wechsel-Semmering-Gebiete. Aber auch im Süden von Innsbruck am Steinacher Joche (also gleichfalls im Bereiche der Central-Region) wurden ähnliche Ablagerungen aufgefunden.

Auf unserer Reisetour durchqueren wir die krystallinische Centralkette auf der Strecke von Leoben bis Klagenfurt, also zwischen den beiden breiten mit jüngeren (tertiären) und jüngsten (diluvialen und alluvialen) Ablagerungen erfüllten Längenthälern: der oberen Mur, und dem noch viel ausgezeichneteren der Drau, in einer Breite von mehr als 80 Kilometer. Immer aber hält sich unsere Route im Gebiete der Phyllite oder jüngeren krystallinischen Schiefergesteine, der Zwischenzone zwischen den älteren krystallinischen Schiefen und Gneissen — (bei dem gewaltigen krystallinischen Stocke der Saualpe im Osten) — und zwar bis in die Gegend nördlich von Friesach, wo eine breite, uralte Bucht tief nach Norden eingreift, die mit Gesteinen der südlichen Grauwackenzone erfüllt ist, welche aber zum grossen Theile durch später eingetretene Vorgänge wieder zerstört und abgetragen worden sind. Wie denn überhaupt die zerstörenden Kräfte in den Südalpen viel tiefer eingegriffen haben, was ihnen durch die ursprünglich geschaffenen orographischen Verhältnisse ermöglicht worden war. In den Nordalpen kennen wir keine so ausgedehnten Thalweitungen und Beckenbildungen mitten im Gebirge, wie sie besonders in den östlicheren Südalpen so überaus häufig sind.

Nach Süden blickend sehen wir von der Höhe aus zum ersten Male, in blauer Ferne, die malerische Kette der südlichen Kalkzone auftauchen: die Karawanken, über welche die gewaltige Pyramide des Terglou (Triglav, 3000 Meter) emporragt.

Die südlichen Nebenzonen der Ostalpen zeigen uns wesentliche Unterschiede in Bezug auf ihren Aufbau und auf ihre Anordnung, wenn wir sie mit den nördlichen Nebenzonen vergleichen.

Wir haben schon nördlich von Klagenfurt eine Grauwacken-Region passirt und haben erst südlich davon die Kalkkette der Karawanken sich erheben sehen. Sehen wir jedoch näher zu, passiren wir z. B. die Karawanken, zwischen Klagenfurt im Norden und Krainburg an der Save im Süden, so kommen wir zuerst durch ein wohl charakterisiertes Kalkgebirge, das aus mesozoischen Kalken und Dolomiten besteht (Trias und Rhät), die wir weithin nach Osten verfolgen können. Der grosse Obir und der Petschenkogel gehören diesem Kalkzuge an, wir sehen aber auch weiter westwärts in der Villacher Alpe ein mächtiges abgetrenntes Glied dieses Kalkzuges, den wir bis in's Pusterthal verfolgen können. Wir sehen diese Schichten an einer Seite steil aufgerichtet, ja sogar überstürzt, so dass zu unserer nicht geringen Verwunderung ältere Gesteine über die viel jüngeren zu liegen kommen.

Gehen wir weiter nach Süden, so kommen wir auf Gesteine paläozoischen Alters, von welchen des Vergleiches wegen schon früher die Rede war. Sie bilden einen geradlinig verlaufenden Streifen, den wir aus dem Pusterthale, aus der Gegend von Innichen her verfolgen können, bis an unsere Route und noch weit darüber hinaus, bis an den Rand der Ostalpen, bis dorthin, wo die niederer und niederer werdenden Berge endlich gänzlich untertauchen, unter die jüngeren Meeresablagerungen der grossen Ebene. Inselartig ragen einzelne der aus dem unmittelbaren Zusammenhange

gekommenen Bildungen der mesozoischen sowohl, als auch der paläozoischen Periode, aus den jungen Ablagerungen im Osten auf.

Betrachten wir den Verlauf dieser älteren Zone, der eigentlichen südlichen Grauwackenzone, so finden wir, dass sie von Westnordwest nach Ost-südost gerichtet ist. Vergleichen wir sodann diesen Verlauf mit jenem der nördlichen Grauwackenzone, so erkennen wir sofort eine sehr auffallende Divergenz der beiden Züge.

In der südlichen Grauwackenzone sind, wie wir gehört haben, alle Formationen der paläozoischen Periode vertreten, wir finden sowohl phyllitartige Gesteine, als auch sicher als Silur und Devon erkannte Bildungen, ausserdem aber die an Meeresfossilien reichen Kalke der Steinkohlenformation, sowie auch Schiefer, rothe Sandsteine und Conglomerate des obersten Gliedes, welches als »Perm« bezeichnet wird. (Nach dem russ. Gouvernement Perm, wo gleichartige Bildungen in weiter Verbreitung vorkommen.) Bewahrheitet sich meine Meinung, dass ein Theil der Kalke im Bereiche der nördlichen Grauwackenzone mesozoischen Alters ist (Rhät), wie es für die so überaus gestörten Kalke im Wechsel-Semmering-Gebiete in der That der Fall sein dürfte, so würde dadurch wohl eine Art Annäherung an die Südalpinen Verhältnisse im Bereiche der Grauwackenzone hergestellt werden. Erst im Süden von dieser paläozoischen Zone, die übrigens an vielen Stellen mit mesozoischen Kalken gekrönt ist, kommen wir auf die eigentliche Hauptmasse der südlichen Kalkzone.

Diese wollen wir aber vorerst in Kürze ihrem Verlaufe nach, als ein zusammengehöriges Ganzes betrachten.

In den Westalpen finden wir nichts, was sich damit in Vergleich bringen liesse, erst am Ostufer des Lago maggiore sehen wir die ersten Kalkberge aufragen. Sie sind auf eine Strecke hin, bis an den Iseo-See sehr einfach gebaut und fallen mit ihren wenig gestörten Schichten gegen die Po-Ebene und die ungeheuren Schutt-Ablagerungen hin ab, womit dieser Theil des Süd-Fusses des Alpenzuges begleitet wird.

Sodann folgt jedoch eine Region grossartigster Störung. Keilartig dringen die Kalkmassen in der Gegend nördlich vom Gardasee nach Norden. Sie sind mit geradlinig von Südwest nach Nordost gerichtetem Rande an das krystallinische Gebirge hinangepresst. Aber auch der weiter nördlich davon mitten im Gebiete der Centralkette liegenden Kalkmassen, muss hier vorübergehend gedacht werden, sie stellen eine Art unterbrochenes Band dar, zwischen der südlichen und nördlichen Kalkzone der Alpen. In diesem Gebiete erreicht die südliche Kalkzone ihre grösste Breite. Doch finden wir in ihrem Bereiche auch recht auffallende Gesteinsmassen, ganze Gebirge zusammensetzend, emporragen. So vor Allem, der Hauptsache nach im Osten von der Etschlinie, die ausgedehnte Porphyrdecke der Umgebung von Botzen. Rothe, rothbraune und grüne Gesteine sind es, die aus einer dichten Grundmasse bestehen, in welcher Krystalle von Feldspath, Quarz und Glimmer eingeschlossen sind. Ihrer Natur nach geben sie sich als Producte grossartiger vulkanischer Durchbrüche zu erkennen und müssen als mächtige

Ströme aufgefasst werden, die sich jetzt über dem phyllitischen Grundgebirge als deckenartige Ausbreitungen erheben. Ihre Auflagerung auf phyllitartigen Gesteinen, ist sowohl im Norden wie im Süden deutlich zu erkennen, und ist besonders der südliche Schieferstreifen, durch das Auftreten eines mächtigen Granitstockes — (Granitmasse der Cima d'Asta) — ausgezeichnet.

Das ganze Porphyrgebiet scheint somit auf einer, hier weit in den Bereich der Kalkzone hineinreichenden Schiefer-Halbinsel zu liegen, einer Region, welcher im Süden noch das kleine, ringsum von mesozoischen Bildungen umgränzte Schiefer-Inselchen von Recoaro angehört. Die besprochenen Verhältnisse, lassen uns dieses Gebiet, als eine der grossartigsten Störungsregionen im ganzen Bereiche der Alpen erkennen. Die Störungen haben aber schon während der paläozoischen Periode stattgefunden; das zeigt uns schon das Durchdringen des Porphyrs allein zur Genüge, alle vulkanischen Durchbrüche erfolgen ja in Störungsgebieten. Ueber dem Porphyrr folgen sodann Perm-Schichten: rothe Conglomerate und Sandsteine, sowie auch dunkle Kalke. Der Porphyrr ist somit seinem Alter nach als jung paläozoisch charakterisirt, er kam vor Beginn der Ablagerung der mesozoischen Sandsteine zu Tage. Kalke, Dolomit und Mergel, woraus die mächtigen und durch ihre landschaftliche Schönheit weltberühmten Kalk- und Dolomitgebirge des südöstlichen Tirol und des angrenzenden venezianischen Gebietes aufgebaut sind, über welche wir unter Anderem die ausgezeichneten Werke von Richthofen (»Umgebung von Predazzo«) und Mojsisovics (»Die Dolomitriffe«, Wien 1878) besitzen. Auch in diesem Theile der Ostalpen finden wir grossartige Störungen im Schichtenbaue ausgeprägt, wenn auch die Kalkmassen oft weithin ihre ursprüngliche Horizontalität bewahrt haben. Lange, auf weite Strecken zu verfolgende Bruchlinien durchziehen das Gebirge und sind besonders am südlichen Rande deutlich zu erkennen. Mojsisovics verzeichnet eine ganze Reihe von solchen Verwerfungs- oder Abbruchlinien. Sie verlaufen sowohl in west-östlicher als auch in nord-südlicher Richtung. Dabei muss nur noch darauf hingewiesen werden, dass wir uns hier, am Südrande der südlichen Kalkzone der Alpen, in einem Gebiete ganz eigener Art befinden. Es lagern sich nämlich hier an die, aus Trias- und Jura-Bildungen zusammengesetzten, Kalk-Hochplateau's bildenden Massen, Kalke jüngeren Alters an. Es sind dies vorerst Kreidekalke, welche anzeigen, dass auch während der Kreide-Periode, am Südrande der Kalkzone Meeresabsätze erfolgten, während die Hauptmasse der älteren Kalkgebirge, ohne dabei weitgehende Zusammenrückungen oder Faltungen erfahren zu haben, dem Meere entstieg und Festländer bildete. Die Randpartien blieben demnach weit unter dem Niveau, in welchem die nördlichen Kalkmassen emporrückten, zurück und wir haben es demnach, wie Mojsisovics meint, eigentlich nicht etwa mit eigentlichen Versenkungsabbrüchen zu thun, sondern mit Abrissen, die dadurch entstanden, dass die südlichen Partien dem Aufwärtssteigen der Hauptmasse nicht zu folgen vermochten. Auch während der späteren Periode, während der älteren Tertiärzeit nämlich, dauerte die Meeresbedeckung am Südfusse der Kalkalpen fort.

Es kam etwa zu derselben Zeit, während welcher sich der grösste Theil der nördlichen Sandstein-Zone bildete, auch hier am Südrande zu Ablagerungen mariner Bildungen, welche sogar fjordartig bis tief in das Gebirge hineinreichten und sich im Westen von der Etsch sogar bis in die Nähe von Botzen verfolgen lassen; zur Bildung einer zusammenhängenden südlichen Sandsteinzone aber, ist es in diesem Theile des Gebirges nicht gekommen. Weiter ostwärts hingegen werden wir wohl auf Bildungen treffen, die sich gewissermassen mit der nördlichen Sandstein-Zone in Vergleich bringen lassen. Wir werden sie aber eigentlich als ein dem Alpensystem nur gewaltsam angefügtes Gebirgs-glied, eines anderen Gebirgs-Systemes aufzufassen haben.

Für den östlichen Theil des Gebirges, würden sich nach dem bis jetzt Dargelegten die Verhältnisse in den südlich von der Centalkette gelegenen Gebieten, etwa folgendermassen zusammenfassen lassen:

Auf die Centralzone folgt die Phyllit- oder Schieferzone, ganz ähnlich wie im Norden, sodann aber folgt nicht sofort die Grauwackenzone, sondern wir treffen einen verhältnissmässig schmalen Zug von mesozoischen Kalken und hierauf erst die mit Kalkmassen gekrönte Grauwackenzone, über welche sich dann im Süden die compacte Masse der Kalkzone erhebt. Je weiter wir aber nach Osten vorschreiten, desto grösser wird die Auflösung des zonenförmigen Baues; das Gebirge tritt in eine grössere Anzahl, von Bergzügen auseinander, zwischen welchen die Fjorde der tertiären Meere weit nach Westen eindringen.

Prof. Suess war es, der in seinem Werke: »Die Entstehung der Alpen« darauf hingewiesen hat, dass die einzelnen Gebirgsketten, aus denen das ganze Alpengebäude besteht, gegen Osten hin fächerförmig auseinander-treten und endlich unter den jungen Ablagerungen der Ebene verschwinden. Ja einzelne vom Hauptgebirge getrennte, inselartig aus der Ebene aufragende Züge, — wahre Inseln des tertiären Meeres — lassen sich in Bezug auf ihre Bestandmassen und ihre Verlaufs-Richtung, als abgetrennte, aber zu dem grossen Ganzen gehörige Glieder erkennen.

Im Süden reiht sich an die, nur bis in die Nähe der von uns passirten Stelle, als eine compacte, zusammenhängende Kalkmasse verlaufende südliche Kalkzone, ein Kalkgebirge von ganz eigenthümlichem Charakter an, das bei Gradisca, gegen die oberitalienische (venetianische) Ebene hin, plötzlich abbricht und aus Kreide- und Eocän-Bildungen aufgeführt ist. Es ist das Gebiet des Karstes.

Eine grössere Anzahl von parallelen Falten, zeichnet das Kreidegebirge aus. Alle verlaufen sie von Nordwest nach Südost, haben also ganz und gar die Verlaufs-Richtung der, an der Ostseite, des Adriatischen Meeres, durch Dalmatien und Bosnien verlaufenden Gebirgszüge der dinarischen Alpen, als zu deren System gehörig, auch in der That der südliche Theil der Julischen Alpen, der Karst, zu betrachten ist. So dass wir hier somit wie gesagt, gewissermassen zwei aneinandergedrückte und in Eines verschmolzene Gebirge vor uns haben.

Hätten wir unsere Reise, von der wir im Laufe der Betrachtungen ganz abgekommen sind, von Krainburg weiter fortgesetzt, so würden wir, am Westende des ausgedehnten Beckens von Krainburg-Laibach, an einem aus paläozoischen und untertriadischen Bildungen bestehenden Gebirge hinweggefahren sein.

Oberhalb Laibach aber wären wir bald, bei beträchtlicher Steigung der Südbahn-Linie, auf die Hochebene der Julischen Alpen gelangt, die sich 250 bis 300 Meter hoch über die Laibacher Ebene erhebt, eine mittlere Meereshöhe von 470 bis 500 Meter besitzt, und 300 bis 500 Meter hohe Kalkzüge trägt. Schon hier hätten wir die Figurationen zu sehen Gelegenheit gehabt, die für den Karst so überaus bezeichnend sind.

Der eigentliche oder Triestiner Karst mit seinen, allen Anbauversuchen spottenden kahlen Kalkfelsen, bildet die Südwest-Abdachung der Hochebene gegen das Meer.

Breite Züge von Kreidekalk, die wir als langgezogene Gewölbe zu betrachten haben, erstrecken sich in südöstlicher Richtung, und sind durch Zonen aus sandig thonigen Gesteinen, die ihrer Natur und ihrem Alter nach auf das beste mit den Schichten der nördlichsten Sandstein-Zone übereinstimmen, getrennt. Die letzteren Gesteine, sind nämlich eocänen Alters und wurden in breiten Mulden des Kreide-Gebirges abgelagert. Durch das Wirken einer ungeheuren Druckkraft, die das Ganze nach Ablagerung der eocänen Gesteine gegen Nordost zusammenschob, wurden die weicheren Eocänbildungen förmlich zusammengefaltet, so dass die Falten zuweilen selbst von den älteren Kreidekalken überlagert erscheinen.

Die flachen und breiten Kreidekalk-Gewölbe sind es, welche dem Karst seine erschreckende Oede verleihen. Allenthalben sind die tiefen trichterförmigen Löcher, die Dolinen, über diesen Kalkhochebenen verbreitet, die Folgen von Einstürzen in Folge der ausnagenden Wirkung des Wassers, welches rasch durch die Spalten und Klüfte der Kalkgebirge verschwindet. Auch die Flussläufe erscheinen und verschwinden in der eigenthümlichsten Weise. Wo in den Mulden die eocänen Bildungen auftreten, ändert sich auch sofort der landschaftliche Charakter, dieselben sind nämlich mit reicher Vegetation bedeckt.

Am schönsten und überraschendsten ist wohl der Contrast, wenn wir endlich von den weissen Kreidekalken des eigentlichen Triestiner Karstes, an den aus eocänen in der mannigfaltigsten Weise gefalteten, aus Mergel und Sandstein bestehenden Abhang gelangen, der auf seinen Terrassen mit Wein und Obst auf das üppigste bewachsen ist. —

Damit hätten wir aber das Meer erreicht, und unsere Reise beendet. Wir haben alle die verschiedensten Gesteinszonen der Ostalpen in einer freilich nur sehr flüchtigen Weise passirt, und dabei das Verhältniss, unter welchem sie auftreten, ins Auge gefasst und zu deuten gesucht, so gut es in der kurzen uns zur Verfügung stehenden Zeit möglich war.

Fassen wir das im Vorstehenden Erörterte in Kürze zusammen, so ergibt sich mit voller Klarheit ein zonenförmiger Bau der Ostalpen, obgleich

derselbe nicht in so hohem Grade symmetrisch ist, wie man in früherer Zeit annehmen zu können glaubte.

Wir erkennen eine nördliche Sandsteinzone, eine nördliche Kalkzone, eine Grauwacken- und Urthon-Schieferzone und eine Centralzone. Die südlichen Zonen sind gleichfalls ausgeprägt, doch nicht so gleichmässig entwickelt wie die nördlichen. Schon die Grauwackenzone erscheint mehrfach unterbrochen und durch gewisse Zwischenkalke auf weite Strecken von der Centralregion geschieden. Auch in der südlichen Kalkzone erkannten wir tiefgreifende Unregelmässigkeiten und Verquickungen mit den Kalkmassen des dinarischen Gebirgs-Systemes. Die südliche Sandsteinzone endlich ist nur im östlichen Theile des Gebirges wohl entwickelt, hier jedoch gleichfalls als zum dinarischen Systeme gehörig charakterisirt.

Lassen Sie uns nun nur noch mit einem Blicke, wengleich auch dieser nur ein sehr flüchtiger sein kann, die grosse Frage überfliegen, die gewöhnlich eine der ersten ist, mit der Laien an den Geologen heranzutreten pflegen, die Frage nämlich: wie ist das Gebirge entstanden? Im Grossen und Ganzen sind wir heute mit den Detail-Untersuchungen, mit dem Zusammentragen von erkannten Thatsachen so weit gekommen, dass wir an die Lösung dieser Frage mit einiger Aussicht auf Erfolg herantreten können.

Man war früher der Meinung, dass die Central-Gesteine, die wir bei unseren Querzügen kennen gelernt haben, durch einen grossartigen Hebungsaact, in Folge eines gewaltigen Andrängens der flüssigen Innenmassen der Erde, in verticaler Richtung von unten nach oben emporgedrückt worden seien, wodurch die erstarrte Erdkruste vielfach verbogen und zerbrochen worden, und schliesslich die flüssigen oder halbflüssigen Massen zum Durchbruche gekommen seien; in Folge dessen seien die früher entstandenen Risse und Spalten noch bedeutend erweitert, die benachbarten Krustentheile aber in oft sehr complicirten Falten zusammengeschoben worden. — War dies die frühere Meinung, so ist man heute zu der Ueberzeugung gelangt, dass ein, diesem früher gehegten Gedankengange geradezu entgegengesetzter Vorgang stattgefunden haben müsse.

Nicht eine Kraftwirkung in verticaler Richtung von unten nach oben, keine Hebung in Folge des Andrängens der Innenmassen kann dort angenommen werden, sondern im Gegentheile ein allgemeines Niedersinken ist, so paradox es auch klingen mag, die Ursache des localisirten Emporsteigens und damit die Ursache der Entstehung der Gebirge.

Die in vielen Kettengebirgen vorkommenden krystallinischen »Central-Gesteine« scheinen für die obenerwähnte ältere Ansicht zu sprechen. Viele derselben entstammen ja in der That dem Erdinnern, und manche von ihnen sind auch durch Vorgänge an die Oberfläche gefördert worden, die mit den geschilderten eine, freilich nur entfernte, Aehnlichkeit besitzen. Dazu kam nun noch, dass der grosse Irrthum, in den Humboldt und Leopold v. Buch in Bezug auf die Entstehungsgeschichte der Vulcane verfallen waren, gestützt

auf die Autorität der beiden Heroen, auch auf die Kettengebirge angewendet, und die letzteren mit den vulcanischen Bergen in Bezug auf ihre Entstehung in Zusammenhang gebracht wurden, so zwar, dass man die Kettengebirge als lineare Erhebungen jenen der Vulcane entgegenstellte und die Gesteine der Centralzone mit dem inneren Kerne der Vulcane verglich. Die Gesteine der Centralzone sollen die Urheber der Störungen sein, und jedes Vorkommen eines vulcanischen Gesteines im Bereiche der Kettengebirge, und wäre es auch noch so geringfügig gewesen, wurde als ein neuer Beweis für die Richtigkeit der besagten Theorie angesehen. Aber noch lange nachher, nachdem die Erhebungstheorie für die Vulcane längst verlassen war und jedermann sich die äusseren Wallberge derselben ganz ebenso als durch Aufschüttung entstanden dachte wie den inneren Schlackenkegel, erhielt sich die Anwendung der Erhebungstheorie auf die Kettengebirge.

Dieser Erhebungstheorie gegenüberstehend, entwickelte sich neben einigen weniger wichtigen, auf Einsenkungen und Auftreibungen in Folge molecularer Veränderungen der Gesteinsmassen beruhenden Theorien, die Anschauung, dass die Gebirge in Folge seitlich wirkender Kräfte durch eine Runzelung der Erdkruste entstanden seien, durch Kräfte, welche aus der Massenanziehung und aus den Aenderungen der Wärmeverhältnisse entspringen.

Schon S a u s s u r e hat den Gedanken an seitlichen Zusammenschub gehegt, und auch H u m b o l d t hat ihm im »Kosmos« Ausdruck gegeben (I. Bd., S. 312), indem er sagt: »Ungleicher säcularer Wärmeverlust der Erdrinde und des Erdkernes bewirkt eine Faltung (Runzelung) der starren Oberfläche.« So recht eigentlich ausgebildet wurde diese Theorie aber erst in den letzten zehn Jahren, und zwar zuerst in Amerika, wo im Jahre 1868 Shaler in einem kurzen Aufsätze seine Ansichten darüber aussprach, die sich der Hauptsache nach etwa folgendermassen mit wenigen Worten wiedergeben lassen: Der obere Theil der Erdkruste ist constant temperirt, während die unteren Partien ihre grössere Wärmemenge fortwährend abgeben, also abkühlen und in Folge dessen ununterbrochen zusammenschrumpfen, wodurch selbstverständlich eine grosse Spannung auftreten muss. Die oberen Theile werden daher gegen einwärts gezogen werden, welcher Druck sich als seitlich wirkender Druck auf ihre einzelnen Theile weiter fortpflanzen wird, wodurch, wegen ihrer geringen Dicke, die äusseren, constant temperirten Regionen gekrümmt und eventuell zerbrochen werden. Auch der Amerikaner Dana stellte (1873) eine auf die Contraction der Erde basirte Theorie auf. In Folge dieser Contraction bilden sich, so sagt er Biegungen und Faltungen der Kruste, weite Mulden vor Allem, welche immer tiefer werden, bis die Grenzen der Biegsamkeit überschritten und die in den Mulden — den Meerbecken — angesammelten Absätze, auf einen kleinen Raum zusammengepresst, in Falten gelegt und zu Gebirgen emporgestaut werden.

Eine der ausführlichsten Darstellungen der Frage über die Entstehung der Gebirge verdanken wir aber unserem Meister S u e s s, der bekanntlich

im Jahre 1875 ein Werk unter dem Titel: »Die Entstehung der Alpen« erscheinen liess, das wieder neues Leben in die Frage brachte.

Nach der neueren Ansicht, — dieselbe wurde ganz neuerlichst auch von dem Züricher Professor A. Heim in einem grossen Werke (»Untersuchungen über die Mechanik der Gebirgsbildung«, Basel 1878) ausführlich erörtert, — dürfen wir uns die Erdkruste nicht als etwas absolut Starres vorstellen, sondern wir müssen die scheinbar festesten Gesteine als mit einem gewissen Grade von Plasticität ausgestattet betrachten, zum Theile wenigstens entstanden durch Erstarrung der Oberfläche unseres Planeten, wobei wir wieder annehmen müssen, dass diese Erstarrung in gewissen Theilen viel weiter vorgeschritten ist als in anderen, wodurch sich die Entstehung grosser Urschollen erklären lässt, welche wir jetzt gewöhnlich als Gebirgsmassive bezeichnen. Durch ungleiche Contraction in den zwischen den Urschollen gelegenen Krustentheilen wird eine Bewegung der Massen eintreten, welche um so geringer sein wird, je weiter einwärts dieselben liegen. Wo die in Bewegung gesetzten Massen auf Urschollen treffen, werden sie sich unter Umständen zu Gebirgen aufstauen können. — Mit anderen Worten könnte man vielleicht sagen: bei der fortschreitenden Contraction werden die mehr verfestigten Urschollen, das den Folgen der Contraction mehr Widerstrebende, die dazwischen liegenden Partien aber das denselben mehr Unterworfenen vorstellen und in den letzteren wird daher die Zusammenschiebung und Faltung, an den ersteren aber die Stauung erfolgen.

Die einfachste Form der Gebirgsbildung ist nach Suess ein Riss, senkrecht auf der Contractionsrichtung. Die zweite und häufigste Form ist begründet durch die Entstehung einer Hauptfalte, ebenfalls senkrecht auf der Richtung der seitlich wirkenden Contraction. In dieser Hauptfalte wird bei fortdauernder Kraftäusserung ein Bruch oder Riss auftreten, während die vorliegenden Sedimente in Falten zusammengeschoben, durch die Stauung an den alten Festländern (Urschollen) aber mannigfach abgelenkt werden. Die dritte Hauptform endlich entsteht durch einfache Zusammenschiebung der der Oberfläche näher liegenden Sedimente. Beispiele für diese drei Hauptfälle wären: für den ersten das Erzgebirge, für den zweiten das Alpen-Karpathen-System, das als ein' einst zusammenhängendes Ganzes aufgefasst wird, welches durch die Stauung einerseits am böhmisch-mährischen Massiv, andererseits an den westlicheren Urschollen gebogen und dort, wo heute die Donau bei Pressburg durchbricht, in die zwei Haupttheile zerrissen wurde. Der Schweizer Jura und die dinarischen Alpen endlich können als Beispiele für die dritte Hauptform gelten.

Herr Daubrée war es, der von dem im Vorstehenden erörterten Gedanken ausgehend, dass nämlich eine Zusammenziehung des Kernes die Ursache der Gebirgsbildung sei, Versuche mit elastischen Ballons anstellte, die oberflächlich mit einer fest haftenden, nicht contractilen Schichte überzogen waren, so zwar, dass bei einer Verkleinerung der Ballons, durch theilweises Entweichen der eingeschlossenen Luft, die fest haftende Substanz ganz ähnlich so in Falten gelegt werden musste, wie wir es uns in den

obersten Schichten der Erde vorgehend denken. Auf der Oberfläche der Kautschukugel entstehen dadurch, an den mit Ueberzügen versehenen Stellen, hervorragende Falten und Runzeln, welche in vielen Beziehungen Analogien zeigen, mit den auf der Erdoberfläche vorgehenden mechanischen Veränderungen.

Ganz überraschend schön sind auch die, in neuester Zeit von A. Favre in Genf, im Kleinen nachgeahmten Gebirgsbildungen. Auf etwas ausgedehnten, dicken Kautschukplatten wurden Schichten aufgetragen, die dann beim Aufheben der Zugkraft, durch das Zurückkehren des Kautschuks in seine früheren Verhältnisse zusammengeschoben und dadurch zugleich aufgestaut wurden.

Bei all den grossen Vorgängen, die zur Gebirgsbildung führen, darf man nicht aus dem Auge lassen, dass die dadurch geschaffenen Höhenrücken den ununterbrochen wirkenden, zerstörenden Processen, die aus der Einwirkung der Kräfte der Luft, des Wassers, der Temperatur und der Vegetation entspringen, ausgesetzt sind, und dadurch fortwährend verändert werden, so dass wir die Gebirge gewissermassen als Ruinen von grossen Bauwerken zu betrachten haben. Unmengen von festen Theilen wurden ja allein durch das Wasser, das als Regen niederfällt, abgespült, den fließenden Gewässern zugeführt und durch diese aus dem Gebirge hinaus geschafft. Sind doch die Stoffe, die sich im Meere der Gegenwart absetzen, der Hauptsache nach auf solche Zerstörungsproducte zurückzuführen, so dass wir, wenn wir die Frage bis zu Ende erwägen, auf einen unendlich langsamen, aber nichts desto weniger überaus grossartigen Kreislauf, auch der festen Stoffe der Erde gelangen, wie wir einen solchen, sich freilich viel rascher vollziehenden, für das flüssige Element der Erde anzunehmen gewohnt sind.

Alle die Schiefer der Phyllitzone müssten wir uns demnach als umgewandelte Meeresabsätze vorstellen. Versuche, die mit gewöhnlichem Thone angestellt wurden, haben die Richtigkeit dieser Ansicht ergeben. Setzt man nämlich ganz homogenen Thon der Einwirkung grosser Druckkräfte aus, so entsteht eine schiefrige Masse daraus, die senkrecht auf die Richtung, in welcher der Druck wirkte, leicht spaltbar ist, und es entsteht aus dem gleichartigen Thone ein förmlicher Thonschiefer. Ja man wollte selbst die krystallinischen Massengesteine durch Umwandlung aus Sandsteinen entstanden sein lassen.

Wenn jene Annahme für die Thonschiefer erlaubt erscheint, sie entspricht ja wohl erkannten Thatsachen, so ist dies ganz und gar nicht für die letzteren der Fall, ja, wenn wir für die Schiefer nothgedrungen zu einem künstlichen Zuflucht- und Auskunftsmittel greifen mussten, weil uns die Natur nichts Aehnliches in ihrer grossen Werkstätte vor unseren Augen herstellt, so ist dies für die krystallinischen Massengesteine nicht nöthig, da uns die Naturkräfte in den vulkanischen Laboratorien ähnliche Gesteine förmlich unter unseren Augen producirt.

Und nun nur noch eine kurze Recapitulation, in Bezug auf die Phasen der Geschichte des Aufbaues der östlichen Alpen. Zuerst, ich möchte sagen,

lange vor Beginn der historischen Ueberlieferungen, d. h. in einer Zeit, aus welcher uns keinerlei Zeugen organischen Lebens erhalten sind, begann die Alpenbildung in der Form einer mit Ausbrüchen verbundenen Emporwölbung eines langgezogenen Rückens, aus den Gesteinen des innersten Kernes der Alpen, also aus dem Centralgneiss oder Gneiss - Granit bestehend. Ob dieser Rücken über den Spiegel des damaligen, in Bezug auf seine physikalischen Verhältnisse von den heutigen Meeren wesentlich abweichenden Meeres aufragte, oder einen unterseeischen Rücken vorstellte, kann uns dabei vollkommen gleichgiltig sein. Um und über diesen ersten Rücken lagerten sich Sedimente ab, welche im Laufe der Zeit zur Entstehung der verschiedenen Schiefergesteine führten. Die mineralogische Verschiedenheit derselben gibt uns einen Fingerzeig, dass schon in jenen fernen Perioden an verschiedenen Stellen jenes Ur-Oceans verschiedene physikalische Verhältnisse geherrscht haben mögen.

Während der paläozoischen Periode — (Silur, Devon, Steinkohle und Perm) — haben im Bereiche der Alpen gleichfalls marine Ablagerungen stattgefunden. Silurische Ablagerungen kamen in den Randzonen an beiden Seiten der Alpen vor, devonische Ablagerungen mit sicherer Fossilienführung kennen wir dagegen nur aus der nördlichen Grauwackenzone und aus dem östlichen Randgebiete: in die Grazer Bucht und weiter nordöstlich an einigen Stellen im Eisenburger Comitate, welche die Verbindung mit dem Devon-Vorkommen in Mähren darstellen dürften, von wo sich die Devon-Ablagerungen, um Böhmen herum, besser nach Westen verfolgen lassen.

Die Steinkohlenformation kennen wir vor Allem aus der südlichen Grauwackenzone und zwar sowohl in mariner Entwicklung, als auch in Form von Seichtwasser- und Strandbildungen; in der centralen Region sind uns sogar Landpflanzen und Kohlenreste erhalten — (Stangalpe, Steinacher Joch) — und auch aus dem Gebiete der nördlichen Grauwackenzone ist uns ein derartiges Vorkommen bekannt (bei Klamm am Semmering). Es wird schwer, aus diesen Daten ein, grössere Sicherheit gewährendes Bild von den damals obwaltenden Verhältnissen zu entrollen. Das Meer der Steinkohlenformation reichte aller Wahrscheinlichkeit nach bis tief in die Alpen hinein, und zwar von Süden her, im Norden aber war wahrscheinlich insulares Land vorhanden. Wenn es richtig ist, dass ein grosser Theil der Schiefergesteine der centralen Alpenregion der Steinkohlenformation angehört, erscheint keine andere Annahme zulässig.

Während der Perm-Formation erfolgten grosse Störungen; im Westen brachen die ungeheuren Porphyrmassen durch und zwar offenbar in der Nähe eines Festlandes, wie die Conglomerat-Ablagerungen beweisen. Man hat aber auch in südtirolischen Permschichten Landpflanzen entdeckt (Gümbel).

Die Verhältnisse, welche während der mesozoischen Periode herrschten, sehen wir schon viel klarer.

Eine grosse Senkungsperiode begann. Die grandiosen Kalkmassen der mesozoischen Formationen wurden abgelagert, überaus grossartige

Korallriffbildungen gingen vor sich, vorübergehend aber hoben sich einzelne Strecken auch über das Meer, wie die Landpflanzen und Kohlenablagerungen darthun. Die Westalpen sind dagegen während der Trias-Formation Festland, und erst in späterer Zeit ändern sich dort die Verhältnisse. In den Ostalpen herrschen nur vorübergehend, für ganz kurze Zeit, dieselben Verhältnisse wie in Süddeutschland, während in der Regel grelle Gegensätze bestehen. Nach Ablauf der Jura-Formation und nach Ablagerung der ältesten Kreideschichten beginnt in den nördlichen Ostalpen ein langsames Steigen des Landes, nur in Fjorden finden Ablagerungen der oberen Kreide statt; diese fjordartigen Meeresbuchten reichen aber, je weiter südlich in den Alpen, desto weiter in das Innere derselben; ja im südlichsten Theile der Ostalpen und ganz besonders in den Regionen, welche wir heute als Karst bezeichnen, finden fortdauernde Senkungen statt, ganz ähnlich so, wie wir sie auch in der Fortsetzung der nördlichen Kalkzone, in den Westalpen constatirt haben.

Während der älteren Tertiärperiode dauern dieselben Verhältnisse im Grossen und Ganzen an, nur hebt sich die Kalkzone etwas, während den Nordfuss der Alpen ein Meer bespült, ein Meer mit sehr gleichmässigem Wechsel der physikalischen Verhältnisse. Die Sandsteine und Mergel der Sandsteinzone gelangen zur Ablagerung. Tief in's Innere der Kalkzone aber reichen einzelne Fjorde.

Nach dieser Periode steigen die Alpen in ihrer ganzen Ausdehnung empor, nur ist der Betrag der Hebung im Osten ein geringerer als westwärts. Die gewaltigsten Veränderungen haben so in verhältnissmässig sehr junger Zeit stattgefunden. Der grosse Abbruch am Rande des Wienerbeckens erfolgte in der mittleren Tertiärperiode. Die Sandsteinzone wird in diesem Zeitabschnitte in Falten zusammengeschoben und dem Meere entrückt. Weit in's Land reichen aber immer noch die Meeresbuchten und noch in viel späterer Zeit, gingen noch die letzten Hebungsacte in den Alpen vor sich.

Das Meer, das die Wiener Niederung und ganz Ungarn bedeckt, und das tief in's Gebirge seine Buchten und Limane hinein erstreckt hatte, verliess das Land und machte Verhältnissen Platz, welche die Gegenwart einleiteten.

Nicht einem einzigen Umwälzungs- und Hebungsacte verdanken somit die Alpen ihre Entstehung, sondern sie sind das Resultat der Summirung einer grossen Zahl von Einzelwirkungen.