

II. Beiträge zur topischen Geologie der Alpen.

Von Dr. Edmund von Mojsisovics.

3. Der Rhätikon (Vorarlberg).

Mit einer geologischen Uebersichtskarte und einer Profiltafel (Tafel V—VI).

Mitgetheilt in den Sitzungen der k. k. geologischen Reichsanstalt am 18. März
und 15. April 1873.

A. Ueber die geologische Bedeutung der Rheinlinie.

1. Ueber die westliche Grenze der austroalpinen Trias-Provinz.

Die Vorstellungen über die geologische Geschichte der Alpen, zu denen die Ergebnisse der bereits über einen grossen Theil der Alpen ausgedehnten Detail-Untersuchungen führen, weichen in manchen nicht unwesentlichen Punkten ziemlich bedeutend von den Anschauungen ab, welche das Vorhandensein gleichaltriger Lateralzonen *a priori* erwecken muss, und welche vielleicht gegenwärtig noch manchem Fachgenossen als die richtigen erscheinen.

Bereits die eigenthümliche, nichts weniger als symmetrische Vertheilung der paläozoischen Formationen deutet auf sehr alte Niveaubewegungen im Gebiete der sogenannten Mittelzone (Centralalpen) hin¹, welche lebhaft an die Verhältnisse der den Kettengebirgen gewöhnlich entgegengestellten Massengebirge erinnern. Die genauere Untersuchung der unmittelbar die krystallinische Mittelzone begrenzenden Theile der mesozoischen Nebenketten ergibt die Existenz uralter bedeutender Bodenschwankungen und lehrt zugleich die Unhaltbarkeit der so plausibel erscheinenden Hypothese kennen, nach welcher die Mittelzone einst von einer zusammenhängenden Decke mesozoischer Bildungen überspannt gewesen wäre, die die Verbindung der Nebenketten herge-

¹ Vergl. bereits Fr. v. Hauer, Durchschnitt durch die Alpen von Passau bis Duino. Sitz.-Ber. d. Wiener Akademie 1857, pag. 345.

stellt hätte und erst bei der späteren Erhebung der Mittelzone zersprengt und entfernt worden wäre¹. Da ich bei einer späteren Gelegenheit ausführlich auf dieses Thema zurückzukommen gedenke, erwähne ich vorläufig nur: 1. die Transgression der triadischen Formationsreihe über paläozoische Bildungen und über die verschiedenen Glieder der krystallinischen Formationen, 2. das transgredirende Vorkommen von Ablagerungen der karnischen und rhätischen Stufe, sowie des Jura und der Kreide am Südrande der nördlichen und am Nordrande der südlichen Kalkalpenkette sowie auch im Bereich der krystallinischen Mittelzone. Der erste Punkt handelt von einer Thatsache, deren richtige Deutung sofort in die Augen springt. Wie wäre Angesichts derselben und der Verbreitung der paläozoischen Ablagerungen noch eine verticale und horizontale Continuität der Absätze in den Alpen denkbar, wie es die obige Hypothese bis mindestens in die Liaszeit hinauf erheischt? — Was den zweiten Punkt betrifft, so wird eine kurze Ueberlegung lehren, dass beispielsweise die Transgression der Cardita-Schichten und des Hauptdolomites über Muschelkalk oder krystallinische Schiefer dicht neben der vollständigen Triasfolge unvereinbar ist mit der Annahme der horizontalen Continuität der triadischen Bildungen über das ganze Gebiet der Mittelzone². Die allenfallsige Einwendung, dass dem Absatze der Cardita-Schichten und des Hauptdolomites Denudationen vorausgegangen sein können, dürfte kaum ernstlich in Betracht gezogen werden, wenn man 1. die Mächtigkeit der fehlenden Glieder in das Auge fasst und 2. bedenkt, dass ein Theil der Fauna des Wettersteinkalkes und seiner Aequivalente unverändert in die Cardita-Schichten aufsteigt. Wie wäre eine so mächtige Denudation möglich gewesen zwischen dem Absatz zweier, sich an den meisten Stellen des Hauptverbreitungsgebietes unmittelbar folgenden und paläontologisch so innig verbundenen Formationsglieder?

Ich habe diese, mir für das Verständniss des Aufbaues der Alpen sehr wichtig scheinenden Verhältnisse hier berührt, weil das Gebiet, über welches die folgenden Seiten handeln werden, sowie die angrenzenden Gegenden eine Reihe von Erscheinungen zeigen, welche eine Bestätigung der oben angedeuteten Anschauungen in sich schliessen. Ehe ich jedoch näher in das Thema dieses Kapitels eingehe, will ich noch bemerken, dass ich aus paläontologischen Gründen, deren Erörterung ich mir für eine ausführlichere Darlegung vorbehalten muss, mindestens zeitweilige Communicationen zwischen den Meeren der Nord- und Südalpen im Osten und Westen der Gebirgsmasse der Tauern anzunehmen genötigt bin.

¹ Eine von der herrschenden abweichende und in vielen Punkten mit unserer Anschauung übereinstimmende Meinung äusserte bereits 1861 Gümibel (Baierisches Alpengebirge, pag. 867, fg.) In neuerer Zeit sprach sich Stur (Geologie der Steiermark, pag. 332—335) ziemlich energisch gegen die im Texte erwähnte Hypothese aus. Auch haben einige andere Schriftsteller gelegentlich Anschauungen entwickelt oder auch Thatsachen mitgetheilt, welche mit dieser Hypothese nicht vereinbar sind, so namentlich v. Richthofen in seinem trefflichen Werke über Predazzo.

² Auch Gümibel hat bereits (Baierisches Alpengebirge, pag. 847) die Ansicht ausgesprochen, dass „die Hauptmasse der Trias entschieden vor den älteren Gebirgstheilen liegt, welche den Uferrand des triadischen Meeres bildeten“.

Das Rhätikon-Gebirge, unter welchem ich mit v. Richthofen nicht nur den hohen Scheiderüten zwischen dem Prättigau im Süden und Vorarlberg im Norden, sondern auch die Fortsetzung dieses Gebirges nach Norden bis in das Illthal verstehe, nimmt ausser durch die Mannigfaltigkeit seiner Zusammensetzung und die Complication seines Baues ein besonderes Interesse dadurch in Anspruch, dass mit ihm die Triasbildungen, welche durch die ganzen Nordalpen im Osten bis Wien den Hauptantheil an der Zusammensetzung des Gebirges nehmen, plötzlich abbrechen. Im Westen des Rheins findet sich in den zunächst liegenden Theilen der Schweizer Alpen, welche ebenfalls aus Kalkgebirgen bestehen und die scheinbare Fortsetzung der östlichen Nordkalkalpen bilden, mit Ausnahme des Verrucano, dessen theilweise Zugehörigkeit zur Trias noch eine offene Frage bildet, keine Spur von Triasbildungen mehr ¹. Erst weiter westlich in der äussersten Kalkkette jenseits des Thuner Sees und in den westlicheren Alpen findet sich die rhätische Stufe, petrographisch jedoch von den austroalpinen Vorkommnissen abweichend, wieder.

Dieses plötzliche Abbrechen der Triasbildungen mit dem Rhein hat man mit einer grossen Verwerfung in Verbindung zu bringen versucht und eine Versenkung westlich des Rhein um mehrere tausend Fuss angenommen ².

Ich kann dieser Anschauung aus mehreren Gründen nicht beitreten.

Ein Blick auf die Karte lehrt es, und auch v. Richthofen's eigene Beobachtungen bestätigen dies, dass im Rhätikon das Streichen der Triasbildungen ziemlich unvermittelt aus dem nahezu westöstlichen, welches durch die ganzen östlichen Nordkalkalpen bis Wien fast ausnahmslose Regel ist, in ein nordöstliches umspringt. Dies zeigt sich besonders deutlich in dem westlichen Theile des Gebirgsstocks. Am Kamm des Rhätikon wird dieses nordsüdlich streichende Trias-Gebirge durch sich transversal im Süden davorlegende Kreidebildungen plötzlich abgeschnitten. Weiter im Süden dieses Kreide-Streifens, welcher durch die Juraberge bei Luziensteig und Balzers mit der jenseits des Rheins liegenden Kette der Churfürsten zusammenhangt, folgt das Flyschgebiet des Prättigau ³. Während also der Rhein, anstatt wie es das präsumirte Abbrechen der Triasablagerungen in Folge einer Bruchlinie erheischen würde, die Schichten senkrecht zu ihrer Streichungsrichtung zu schneiden, parallel dem Streichen verläuft, tritt im Süden des Triasgebirges, gegen das Prättigau zu, eine Erscheinung auf, nach welcher man mit vollem Rechte auf die Existenz einer Verwerfung schliessen darfte. In

¹ Der sogenannte Röthi-Kalk und Dolomit sowie die denselben überlagernden Quartenschiefer gehören, wie ich gezeigt habe (Verhandlungen der k. k. geologischen Reichsanstalt 1872, pag. 264), dem System des Verrucano an.

² v. Richthofen, Predazzo, St. Cassian u. s. w. pag. 2.

³ Kalkalpen von Vorarlberg und Nordtirol, Jahrb. d. k. k. geol. Reichsanst. 1859, pag. 114 fg.

⁴ v. Mojsisovics, Beiträge zur Altersbestimmung einiger Kalk- und Schieferformationen der östlichen Schweizer Alpen. Verhandlungen der k. k. geolog. Reichsanst. 1872, pag. 266.

der That zieht nach Theobald's Angaben im Westen des Prättigauer Flysch-Territorium zwischen diesem und dem Gneissgebirge Montavon's ein schmaler Streifen triadischer Bildungen in meridianer Richtung fort und südlich vom Schanfigg, genau im Süden des Rhätikon, erhebt sich aus dem Flysch-Gebiet Blünden's wieder ein triidisches Gebirge, den Gebirgsstock des Parpaner Weisshorns und des Lenzer Hornes bildend. Die durch den Kamm der Madrisa hergestellte unmittelbare Verbindung und die vollkommene Uebereinstimmung in der Ausbildung lassen keinen Zweifel darüber, dass dieses bündnerische Triasgebirge als die direkte Fortsetzung des Triasgebirges Vorarlbergs zu betrachten ist. Weiter gegen Osten hin breitet sich das ausgedehnte, wüste Trias-Gebirge des Engadin und des Orteler aus, welches über den Albulapass mit dem Stocke des Lenzer Hornes zusammenhängt. Auch in diesen Gegenden stimmen Gesteinsbeschaffenheit und Gliederung der Trias noch ganz und gar mit der vorarlbergischen Ausbildung überein.

Worauf mithin die meridiane Umbiegung des Schichtstreichens im Rhätikon hindeutet, das findet thatsächlich in ganz ausgezeichneter Weise statt. Ein breiter Streifen triadischen Kalkgebirges, die Fortsetzung der ostrheinischen Nordkalkalpen, dringt von Norden nach Süden und Südosten tief in die krystallinische Mittelzone ein und erreicht bei Bormio und am Orteler sogar die südliche Abdachung derselben.

Die Hypothese von der Rhein-Bruchlinie hat wahrscheinlich der Umstand verschuldet, dass in dem gerade östlich von Liechtenstein liegenden Gebirgsstocke der Churfürsten keine älteren als jurassische Gesteine zu Tage treten. Dehnt man aber die Beobachtung auf das im Süden der Churfürsten gelegene weitläufige Gebirge aus, welches im Süden und Osten vom Rhein umflossen wird und das östliche Ende von Studer's Finsteraarhornmasse bildet, so findet man durch die ganze Breite des Gebirges vom Vorderrhein bis zum Wallensee ausgedehnte Vorkommnisse von Verrucano, welcher im Osten des Rheins bekanntlich die Triasablagerungen unterlagert. Ueber dem Verrucano folgt in diesen westrheinischen Gebirgen anstatt der Trias, von welcher, wie gesagt, nicht Eine sichere Spur nachgewiesen ist, unmittelbar Jura, und zwar im Norden zwischen Sernftthal und Wallensee, wie Escher und Mösch nachgewiesen haben, sicherer unterster Lias (Planorbis- und Arieten-Horizont). Bei dieser Sachlage noch das Fehlen der Trias durch Zuhilfenahme von Verwerfungen erklären zu wollen, das hiesse denn doch nur vorgefasster Meinungen wegen der Natur den allergrössten Zwang anthun. Ich zweifle auch keinen Augenblick, dass Herr von Richthofen selbst, wenn er Gelegenheit gehabt hätte, seine so erfolgreichen Studien in den Alpen fortzusetzen, die Annahme der Rhein-Bruchlinie fallen gelassen hätte ¹.

¹ Die vorliegenden Thatsachen sind auch einer etwa auf die anerkannte Transgression der mesozoischen Formationen in den nördlichen Schweizer Alpen sich stützenden Annahme des Fortstreichens der ostrheinischen Triasbildungen unterhalb der äusseren Kalkkette der Schweizer Alpen ungünstig. Wir können zwar nach unseren Ansichten von der Geschichte der alpinen Nebenzonen die Möglichkeit nicht ableugnen, dass sowie in den mittleren und westlichen Schweizer Nordkalkalpen die Liasbildungen erst in einiger Entfernung gegen Norden vom krystallinischen Grundgebirge angetroffen werden, während zufolge des allmälichen Uebergreifens der jurassischen Schichtenreihe gegen Süden

Bevor ich die bereits angeführten Facta als Argumente gegen eine solche Anschauung reassumire, erwähne ich, dass in den dem Rhein zunächst gelegenen Theilen des Rhätikon, im Fürstenthum Liechtenstein, im Gamperthon-Thal und am Virgloria-Pass (als dem östlichsten Punkte) dem Muschelkalk brachiopodenreiche Crinoidenbänke eingelagert sind, was auf die Nähe des Strandes hindeutet¹.

Ferner möchte ich noch hervorheben, dass dem Arlbergkalk, und zwar den festen Kalkbänken desselben, welche in den östlichen Gegen den Vorarlbergs und Nordtirols petrefactenleer sind, im Rhätikon, westlich des Blanderthales, zahlreiche meist jedoch zerbrochene und unbestimmbare Muscheln eingebettet sind, woraus ebenfalls der Schluss auf eine nahe Strandlinie sich zu ergeben scheint.

Ausser diesen beiden, dem Charakter der Ablagerungen selbst entnommenen Beweismitteln hat man nach den vorhergegangenen Erörterungen die folgenden Erwägungen sich gegenwärtig zu halten. Durch die lange Zone der Nordkalkalpen von Wien bis zum Illthal² verläuft das Streichen der Schichten parallel ihrer, uns allein bekannten südlichen Ablagerungsgrenze. Im Rhätikon dreht sich mit einem Male die bisherige ostwestliche Streichungsrichtung in eine nordsüdliche um und entsprechend diesem veränderten Streichen finden wir die Fortsetzung der triadischen Kalkzone in der Verlängerung dieser Streichungsrichtung im Süden wieder. Eine Erscheinung, welche den östlicheren Alpen fremd ist, tritt ein: die faktische ununterbrochene Uebersetzung der Centralkette durch mesozoische Ablagerungen. Anstatt über den Rhein fortzusetzen, wenden sich also unsere Nordkalkalpen, bevor sie denselben erreichen, um einen rechten Winkel nach Süden und greifen über die Mittelzone bis auf deren Südgehänge über. Jenseits des Rheins in dem Gebirgsstock zwischen Vorderrhein und Wallensee fehlen die triadischen Ablagerungen und die älteste den Verrucano überlagernde Bildung ist unterer Lias. Im Osten der in die Mittelzone eindringenden Triaskalkzone lagert nach Theobald im Unter-Engadin neben ver einzelten übergreifenden Partien von Hauptdolomit eine ausgedehnte

erst die Ablagerungen des Dogger und des Malm dem Centralgebirge aufgelagert gefunden werden, auch die triadischen Sedimente nur in weiterer Entfernung etwa am Aussenrande des Gebirges abgelagert sein könnten. Es ist ja sogar bekannt, dass im Westen des Thuner See's in dem Stockhorn-Gebirge und in den Freiburger Alpen dieser Fall wirklich eintritt, indem in diesen Gebirgen die rhätische Stufe an mehreren Stellen nachgewiesen ist. Es darf aber nicht übersehen werden, dass diese Vorkommnisse von der lithologischen Facies der ostrheinischen rhätischen Stufe abweichen, sowie dass gerade der Thaleinschnitt des Thuner See's eine wichtige geologische Scheidelinie anzudeuten scheint, indem nach Mösch's (Der Jura in den Alpen der Ost schweiz. Zürich 1872, pag. 1) Angabe in die Gegend des Brienzerseethales die Grenze zwischen der östlichen und westlichen Facies der jurassischen Faunen fällt. Vergl. a. Studer, Geologie des Ralliger Gebirges. Sep. pag. 9 (Berner Mittheilungen 1871.)

¹ Vergl. Th. Fuchs. Ueber das Vorkommen der Brachiopoden in der Jetzwelt und in früheren geologischen Epochen. (Verhandl. d. k. k. geolog. Reichsanst. 1872, pag. 111.)

² Das Gleiche gilt mutatis mutandis von sämmtlichen übrigen Theilen der Alpen.

Masse von liassischen Schiefern und Kalken auf dem älteren Gebirge¹. Südlich von derselben, nur durch einen schmalen Streifen krystallinischen Terrains getrennt, erhebt sich das Triaskalk-Gebirge des Münsterthales, welches bis zum Orteler und zur Königsspitze reicht und die nach Osten wieder zurückgewendete Fortsetzung der am Rhätikon nach Süden in die Centralzone eingedrungenen österreichischen Nordkalkalpen darstellt.

Diese Verhältnisse sprechen in gleicher Weise gegen die bereits Eingangs bekämpfte Anschauung von der horizontalen Continuität der triadischen Bildungen über das Gebiet der Mittelzone² als gegen eine allenfalls supponirte Fortsetzung der triadischen Ablagerungen unterhalb der äusseren Kalkkette der Schweizer Nordkalkalpen.³

Nach den vorausgegangenen Erörterungen dürfte man uns kaum die Berechtigung absprechen, den Triasgebirgen Graubündens und des Orteler eine höhere Bedeutung für die geologische Geschichte der Alpen beizulegen, als etwa die blos zufällig von der Abtragung verschont

¹ Dass im Unter-Engadin wirkliche Liasschiefer vorkommen, scheint mir nach Durchsicht der im Churer Museum aufbewahrten Fossilien und Gesteinsstücke ziemlich sicher zu sein (Vergl. Verh. d. k. k. geol. Reichsanstalt 1872, pag. 267). Die Liasablagerung des Unter-Engadins schliesst sich räumlich am nächsten den liasischen Bildungen im tirolischen Inntal zwischen Landeck und Imst an, welche am Nordrande des krystallinischen Gebirges über rhätischen Schichten und Hauptdolomit lagern. Da auch in lithologischer Beziehung die letztgenannten Lias-Schichten sich inniger an die Engadiner Vorkommnisse als an die typisehe Entwicklung der Allgäu-Schichten anzuschliessen scheinen, so dürfte wohl angenommen werden, dass die Engadiner Ablagerung einst in unmittelbarem Zusammenhang mit den liasischen Gebilden zwischen Landeck und Imst und durch deren Vermittlung mit dem Lias der Nordkalkalpen überhaupt gestanden habe.

Eine andere Frage ist freilich die, ob nicht auf Kosten älterer Formationen dem Lias im Unter-Engadin auf den Karten eine zu grosse Ausdehnung gegeben worden ist. Im Osten scheint dies nach Stache (Ueber die als „Lias“ gedeuteten Kalke und Kalkschiefer südlich von Landeck im Oberinnthal, Verh. d. geol. Reichsanstalt 1872, pag. 253) thatsächlich der Fall zu sein. Aber auch im übrigen Gebiete erinnert der längs der Grenze gegen die krystallinischen Bildungen sich continuirlich hinziehende Saum von mit Serpentinen, Dioriten u. s. w. in innigster Verbindung stehenden grünen Schiefern ausserordentlich an die Verhältnisse in Oberhalbstein und am Septimer, welche zwar noch nicht hläufig aufgeklärt sind, aber das vormesozoische Alter der ursprünglichen nicht regenerirten grünen Schiefer und der mit denselben verbundenen Eruptivgesteine ziemlich klar anzudeuten scheinen (Vergl. z. B. Theobald, der Septimerpass, Jahresbericht der naturf. Gesellschaft Graubündens. IX. Chur, 1864). Es soll hiermit nur eine auf die vorhandenen Literatur-Angaben sich stützende Vermuthung, welche sich mir unwillkürlich aufgedrängt hat, keineswegs eine bestimmte Meinung ausgesprochen sein. Die von Theobald hervorgehobene Thatsache, dass die grünen Schiefer allmälig in die grauen Liasschiefer übergehen, widerspricht der Muthmassung von dem paläozoischen Alter der grünen Schiefer nicht, sondern würde nur noch positiver das bereits Theobald auffallende Fehlen der triadischen Schichtreihe (Graubünden, I. pag. 340) erhärten, insoferne daraus hervorgeinge, dass die grünen Grauwackenschiefer, welche den Untergrund des Lias-Meeres bildeten, beim Beginn der Ablagerung Material zur Gesteinsbildung lieferten.

² Wie wäre sonst die Auflagerung des Lias im Unter-Engadin auf krystallinischen Schiefern und westlich vom Rhein auf Verrucano möglich?

³ Man bedenke insbesondere das Auftreten von Strandbildungen gerade an der Stelle der supponirten Fortsetzung und die ausgesprochene Südwest-drehung der ostrheinischen Nordkalkalpen in deren voller Breite.

gebliebener Fragmente einer die Mittelzone überspannenden Decke. Wir meinen vielmehr die Gesamtheit der zur Sprache gebrachten Verhältnisse nur dahin deuten zu dürfen, dass aus Vorarlberg eine Bucht des Triasmeeres südlich bis zum Bernina und von da östlich bis zum Ortler in die Mittelzone hineingereicht habe¹ und dass die Rheinlinie südlich bis Reichenau und der Lauf des Hinterrheins als die westliche Ablagerungsgrenze des austroalpinen Triasmeeres aufzufassen seien.

Wenn wir von den aus neuerer Zeit stammenden Arbeiten Theobald's absehen, welche für die detaillierte Kenntniß Graubündens von nicht zu unterschätzendem Werthe sind und, von den Ergebnissen der Untersuchung der Ostalpen durch Fr. v. Hauer, C. W. Gümibel, F. v. Richthofen, A. Pichler ausgehend, bereits auf ziemlich sicherer Grundlage sich bewegen, so finden wir, dass die beiden Altmeister alpiner Geologie Bernhard Studer und Arnold Escher von der Linth bereits zur Zeit der Herausgabe der „Geologie der Schweiz“ den einschneidenden Gegensatz zwischen den ost- und westrheinischen Gegenden erkannt und die Bedeutung desselben für die Geschichte der Alpen angedeutet haben. So bezeichnet Studer schon im Jahre 1851 das Kalkgebirge Graubündens, welches „in Montavon und im Prättigau mit den Gebirgen der nördlichen Nebenzone zusammenhängt und in breitem Bogen den der Schweiz zugekehrten Theil der östlichen Gneissmassen des Selvretta und der Oetzthaler Ferner umzieht“, als die geologische Grenze zwischen Schweizer und Ostalpen². Escher weist in seiner eingehenden Abhandlung über Vorarlberg³ darauf hin, dass westlich vom Rhein sichere Spuren der vorarlbergischen Trias nicht bekannt seien. Dagegen, sagt er, „kann man kaum zweifeln, dass die Dolomitmassen des östlichen Bündens und des Stilfserjoches die Fortsetzung der vorarlbergischen bilden“.

2. Ueber einige weitere Eigenthümlichkeiten der geologischen Geschichte des nördlichen Vorarlberg.

Nachdem wir im vorhergehenden Abschnitt die wichtige Rolle anzudeuten versucht haben, welche dem Rhein, als der Westgrenze des austroalpinen Meeres zur Triaszeit, in der Geschichte der Alpen kommt, ist es unsere Aufgabe einige weitere auffallende Eigenthümlichkeiten zu besprechen, welche dieses Grenzgebiet zwischen den in vielfachen Beziehungen so sehr von einander abweichenden West- und Ostalpen darbietet.

Zunächst wollen wir einige Worte dem Auftreten der Grauwackenschiefer (Casanna-Schiefer Theobald's) widmen, welche östlich von

¹ Auch Gümibel (Baier. Alpengebirge, pag. 139) erkennt in diesem Ein dringen der Flötz-Schichten eine der merkwürdigsten Erscheinungen im Alpen gebiete und spricht die Vermuthung aus, dass ein tiefer Qureinschnitt durch die Alpenkette durchsetzte, durch welchen die Meere am nördlichen und südlichen Alpenrande einst in unmittelbarer Verbindung standen.

² Geologie der Schweiz I. pag. 395, fg. , pag. 110. Vergl. a. Bd. II, pag. 24.

³ Geolog. Bemerkungen über das nördliche Vorarlberg und einige angrenzende Gegenden. 1853, pag. 48.

Schwaz im Unter-Innthal angefangen, längs der Nordgrenze der Mittelzone in Tirol und noch diesseits des Arlberges im oberen Klosterthal fehlen, bis sie ziemlich unerwartet südlich von Dalaas wieder erscheinen und vom Rhätikon aus mit dem Triasgebirge und dem zwischen beide gelagerten Verrucano über das östliche Bünden bis nach Veltlin und zum Orteler sich verbreiten. Wenn man auf einer geologischen Uebersichtskarte die Breiten-Ausdehnung und den Zusammenhang der sogenannten Grauwacken-Zone im Süden der östlichen Nordkalkalpen betrachtet, so fällt es nicht schwer zu erkennen, dass abgesehen von zufälligen Erweiterungen und Einbiegungen durch das Uebergreifen der triadischen Kalkmassen gegen Süden die Zone an mehreren Stellen ebenso unterbrochen oder bedeutend verschmälert wird, wie sie an anderen Orten in Folge des Zurückweichens des Triasgebirges gegen Norden eine namhafte Verbreiterung erfährt. Dass es sich in diesen Fällen nicht um nur secheinbare Verschmälerungen und Erweiterungen durch aufgerichtete oder flach einfallende Schichten handelt, darauf weist schon der Umstand, dass stellenweise der Zusammenhang der Zone ganz unterbrochen wird. Die genauere Untersuchung solcher Gegenden weist nun mit Sicherheit nach, dass lediglich das Vordringen oder Zurückweichen der triadischen Massen die Verringerung oder das Anschwellen der Mächtigkeit der Granwacken-Zone verursacht¹. Es würde mich hier zu weit abführen, die einschlägigen Fälle aus Obersteiermark und Salzburg zu besprechen. Es genüge, wenn ich die Aufmerksamkeit auf das, in jeder Beziehung ganz ausgezeichnete Vorkommen im nordöstlichen Tirol lenke. Ein Blick auf eine gute Karte genügt bereits, um das in der Gegend von Schwaz beginnende, einen weiten nach Süden geöffneten Bogen beschreibende Zurückweichen der mesozoischen Kalkzone gegen Norden zu erkennen. Das Maximum der nördlichen Ausbiegung tritt in der Gegend des Kaiser Gebirges ein. Von da gegen die salzburgische Grenze rückt das triadische Kalkgebirge wieder allmälig nach Süden vor. Der auf diese Weise geöffnete Raum wird von Grauwacken-Bildungen in der Art eingenommen, dass im Süden der stärksten nördlichen Ausbiegung des Triasgebirges auch die Breite der Grauwacken-Zone am bedeutendsten ist. Von diesem Scheitelpunkte aus verschmälert sich das Grauwacken-Gebirge gegen Ost und West in dem Masse wieder, als das triadische Kalkgebirge gegen Süden vordringt. So reducirt sich an der salzburgischen Grenze die Grauwacke auf ein sehr schmales Band, welches die Verbindung mit der Gegend von Dienten und den östlicheren Vorkommnissen herstellt. Oberhalb Schwaz greift andererseits das Triasgebirge soweit nach Süden vor, dass die Grauwacken-Zone völlig überdeckt wird. Denkt man sich die Kalkketten im Norden von Innsbruck und Hall ihrem Streichen nach gegen Osten bis etwa nach Zell am See im Pinzgau fortgesetzt, so würde dadurch die ganze Kitzbübler Grauwacken-Bucht der Beobachtung entzogen werden und es trate der Fall ein,

¹ Genau das gleiche Verhalten zeigen der Verrucano und der Werfener Schiefer, sowie mutatis mutandis die Phyllit-Zone. Für den rothen Sandstein in Obersteiermark hat dies bereits v. Schouppe (Jährb. d. geol. Reichsanst. 1854, pag. 401) nachgewiesen. Vergl. a. Stur, Geologie der Steiermark pag. 111, 112, 117.

welcher in den westlicheren Nordtiroler Kalkalpen bis über den Arlberg Regel ist, dass die Trias, allenfalls durch ein schmales dazwischen trentes Band von Verrucano davon getrennt, auf dem krystallinischen Gebirge (in vorliegendem Falle auf Phyllit) direct auflagerte. Es zeigt dieses Beispiel in unzweideutiger Weise wieder, dass die Hypothese der verticalen und horizontalen Continuität der Sedimente auch in den Ostalpen mit den Thatsachen in nicht zu beseitigende Conflicte gerath. Die südliche Verbreitungsgrenze der Grauwacken-Gebilde¹ ist offenbar ganz incongruent mit derjenigen der mesozoischen Formationen.

Wir müssem die Frage vorläufig noch unbeantwortet lassen, ob etwa der Triaszeit eingreifende Denudationen der Grauwacken-Bildungen vorangingen, wofür das Auftreten silurischer Ablagerungen im Gebiet der Mittelzone, wenn sich dasselbe bestätigen sollte, sprechen würde, oder ob annähernd wenigstens die heutige Verbreitungsgrenze gegen Süden mit der ursprünglichen Ablagerungsgrenze übereinstimmt.

Von den hier entwickelten Gesichtspunkten aus erscheint das Wiederauftreten von Grauwacken-Schiefern im Rhätikon und in Ostbünden als eine weitere Bestätigung von der Existenz einer uralten, höchst wichtigen transversalen Grenze zwischen Ost- und Westalpen. Wir halten die Anschauung für die richtige, dass die Grauwacken-Zone unterhalb der Nordtiroler Kalkalpen nach Vorarlberg fortzieht und von hier aus in gleicher Weise, wie es mit dem Verrucano und dem triadischen Kalkgebirge der Fall ist, quer in die Mittelzone eindringt. Die Unterbrechung des oberflächlichen Zusammenhangs der Grauwacken-Vorkommnisse des nordöstlichen Tirol und des Rhätikon scheint, unserem Standpunkte zufolge, lediglich das Uebergreifen der mesozoischen Kalkzone gegen Süden veranlasst zu haben.

Mit dem Wiedererscheinen der Grauwacken-Schiefer tritt auch die mächtige Gesteinsfolge des Verrucano in Verbindung mit den ihr untergeordneten Kalkbildungen (Schwazer Kalk, Röthi-Kalk) in voller Stärke wieder auf. Es wird zwar der Verrucano längs dem Zwischenraume bis Schwaz durchaus nicht gänzlich zwischen der Trias und dem krystallinischen Grundgebirge vermisst, doch ist die Mächtigkeit desselben augenscheinlich bedeutend reducirt und sind es aller Wahrscheinlichkeit nach nur die obersten, gleich dem Werfener Schiefer der salzburgischen und steierischen Alpen, gegen Süden übergreifenden Lagen desselben, welche zum Vorschein gelangen.

In Obersteiermark, Salzburg und im nordöstlichen Tirol lagert die Grauwacke, wie es scheint, regelmässig über dem Urthonschiefer (Phyllit), welcher in den Alpen, wie auswärts, das oberste Stockwerk des krystallinischen Grundgebirges bildet. Im Rhätikon und in Graubünden dagegen fehlt die Phyllit-Formation und die Grauwacke ruht direct dem mit Hornblende-Gesteinen vielfach verknüpften Glimmerschiefer- und Gneiss-Gebirge auf. Obgleich nun die Verbreitung der Grauwacke, des Verrucano und der Trias in der letzteren Gegend

¹ Wir sehen hier selbstverständlich gänzlich ab von den noch problematischen, weiter im Innern der Mittelzone auftretenden isolirten Vorkommnissen, wie z. B. Stangalpe und Sill-Gebiet.

nahezu congruent sind, während das Grundgebirge häufig eine abweichende Lagerung zeigt, hat man das Fehlen des Phyllit bisher, wie es scheint, übersehen oder die Grauwacke mit demselben verwechselt. Es mag hier vielleicht passend daran erinnert werden, dass auch in unseren Alpen unter der Bezeichnung „Thonglimmerschiefer“ manche Schieferbildungen mit dem eigentlichen Phyllit zusammengefasst worden waren, welche wohl einige äussere Ähnlichkeit zeigen, ihrem Alter und ihrer Structur sowie öfters auch ihrer Zusammensetzung nach aber von demselben verschieden sind¹. Aus den westrheinischen Alpen liegen leider noch keine hinreichenden Nachrichten vor, um beurtheilen zu können, ob in den älteren „grauen Schiefern“ Phyllite und Granwacken-Schiefer vertreten sind, und wenn dies der Fall ist, welche Verbreitung dieselben besitzen. Da es wegen der innigen Verknüpfung des Verrucano und der Grauwacke im Rhätikon und nach Theobald auch in Ostbünden nicht unwahrscheinlich ist, dass mit dem Verrucano auch die denselben unterlagernde Grauwacke in die Gebirge westlich vom Rhein fortsetzt², so könnte sogar die Frage aufgeworfen werden, ob nicht den westrheinischen Alpen das Phyllit-Stockwerk ganz fehlt? Es ist einleuchtend, dass die Beantwortung dieser Frage für die älteste Geschichte der Alpen nicht ohne Interesse wäre.

Zu einigen Bemerkungen geben ferner die Bildungen der Jura-Periode Anlass. Es ist bereits von mehreren Autoren, insbesondere von Studer, Escher und Gümbel auf den Gegensatz in der lithologischen Facies des Lias hingewiesen worden, welcher sich zwischen den innerhalb des Trias-Gebietes Vorarlbergs auftretenden liassischen Ab-lagerungen und den gleichzeitigen Sedimenten der Schweizer Nordalpen westlich vom Rhein zeigt. Der Lias des vorarlbergischen Trias-Territoriums tritt noch in der durch das ganze Gebiet der östlichen Nordkalkalpen weit verbreitetem, aber nicht einzig herrschenden Ausbildung der sogenannten „Fleckenmergel“ (Allgäu-Schiefer) auf, welche namentlich in Nordwesttirol, Allgäu und Vorarlberg in oft staunenswerther Mächtigkeit auftreten und vorzüglich reich an Petrefacten des mittleren Lias sind. An ihrer Basis erscheint in den genannten westlichen Gegenden (sc. unserer Nordalpen) constant ein rother, marmorartiger Kalk (sogenannter Adnether Kalk) mit Fossilien des unteren Lias. An manchen Punkten der östlichen Alpen tritt indess auch der untere Lias in der Facies der Fleckenmergel auf. Trotzdem nun innerhalb des Verbreitungsgebietes der Fleckenmergel noch mehrfache andere lithologische, mitunter zugleich paläontologische Facies vorkommen, so steht doch fest, dass der Lias in dem Trias-Gebiete der Nordkalkalpen durchwegs eine eigenthümliche, von der Beschaffenheit des westrheinischen Lias total abweichende lithologische Ausbildung zeigt. Man ist daher vollkommen berechtigt, im Gegensatze zu den schweizerischen Lias-Regionen

¹ Vergl. z. B. G. Stache. Aus der nördlichen Schieferzone des Centralstockes der Zillertaler Alpen. Verhandl. der geologischen Reichsanstalt 1871, pag. 217.

² Nach den neuesten Angaben Studer's scheint dies wirklich der Fall zu sein. Siehe: Erläuterungen zur zweiten Ausgabe der geologischen Karte der Schweiz, pag. 22, 29. — Index der Petrographie und Stratigraphie der Schweiz, pag. 46.

eine besondere auf die nördlichen Triaskalkalpen beschränkte Entwicklungsregion des Lias zu unterscheiden¹.

Auch Dogger und Malm zeigen innerhalb desselben Gebietes eigenthümliche, von den westrheinischen verschiedene Entwicklungsformen und so gilt der Satz, dass in den Nordkalkalpen das Triasgebiet eine besondere lithologische Entwicklungsregion des Jura bildet. Ob und in wieweit auch in faunistischer Beziehung wirkliche Verschiedenheiten oder Eigenthümlichkeiten bestehen, lässt sich dermalen wohl noch nicht feststellen. Sollte es aber auch in Zukunft gelingen, in dieser Richtung einige unterscheidende Merkmale aufzufinden, so dürften dieselben nach den bisherigen Erfahrungen wohl nicht hinreichen, um einen besonderen zoogeographischen District darauf zu gründen.

Auf den Gegensatz zwischen der ostschweizerischen Kreide-Facies und der Entwicklung und Ausbildung der Kreide im Innern der österreichischen Nordkalkalpen ist schon wiederholt, insbesondere von Gümbel und v. Richthofen, hingewiesen worden. Obgleich nach dem Zeugnisse Studer's² die Kreidezeit in den Schweizer Alpen eine sehr bewegte gewesen zu sein scheint, indem häufig bald das eine, bald das andere Glied fehlt (Berner Alpen), so sind trotz solcher localer Störungen und Unregelmässigkeiten doch sämtliche Hauptglieder der Kreide in dem Gebiete den westrheinischen Nordalpen vertreten. Innerhalb der nördlichen Triaskalkalpen dagegen fehlt die mittlere Kreide gänzlich; das Neocom, welches in den Schweizer Alpen durch den Spatangen- und Caprotinen (Schratten-) Kalk vertreten ist, tritt in einer cephalopodenreichen Mergelfacies (Rossfelder Schichten) auf, welche lebhaft an die Vorkommnisse der französischen Alpen erinnert, und hält sich in den Nordtiroler Alpen noch an die Verbreitung des obersten Jura; im Salzkammergebiet dagegen erscheint es völlig unabhängig im Grunde alter Thalfurchen. Die obere Kreide, in der wohlbekannten Facies der Gosau-Schichten, zeigt sich bereits in Nordtirol (westlichster bekannter Punkt: Muttekopf bei Imst) gänzlich selbständig in ihrer Verbreitung und beharrt in dieser Isolirung durch die ganzen nördlichen Kalkalpen bis Wien.

Es bewahren daher die nördlichen Triaskalkalpen auch in den Bildungen der Jura- und Kreide-Periode einen eigenthümlichen, specifischen Charakter. Fügen wir noch hinzu, dass, während im Innern der westrheinischen Nordkalkalpen alttertiäre Bildungen (Nummuliten-Schichten, Flysch) am Aufbau des Gebirges in wesentlicher Weise betheiligt sind und selbst in den inneren Ketten bedeutende Gipfelhöhen erklimmen, in das Innere der nördlichen Triaskalkalpen nur ausnahmsweise in schmalen Buchten (auf dem Grunde alter Erosionsthäler) Sedimente der älteren Tertiärzeit von der Aussenzone hereinreichen (Unterinnthal bis Kramsach bei Brixlegg flussaufwärts), so tritt die Verschiedenheit der Verhältnisse noch klarer hervor, welche durchgreifend durch

¹ Es wird hier, wo nur von den Verhältnissen der Nordkalkalpen die Rede ist, von dem karpathischen Gürtel, welcher im Jura sich enge an die österreichischen Nordkalkalpen anschliesst, und von den analogen aber auch wieder theilweise durch besondere Facies ausgezeichneten jurassischen Vorkommnissen der Südalkalpen abgesehen.

² Geologie der Schweiz, II. Band, pag 65.

die langen Bildungszeiträume sämmtlicher mesozoischer und der älteren känozoischen Formationen die westrheinischen Nordkalkalpen von dem Gebiet der nördlichen Triaskalkalpen sonderte.

Wir haben in den vorangehenden Zeilen, insoferne von dem Gegensatze der westlichen und östlichen Facies die Rede war, mit Vorliebe die Bezeichnung „nördliche Triaskalkalpen“ anstatt „ostrheinische Nordkalkalpen“ angewendet, denn in der That bildet der Rhein für Jura, Kreide und Eocän nur mit der Beschränkung auf das Gebiet der Trias die angedeutete Scheidelinie und es greift im Süden und Norden des vorarlbergischen Trias-Territoriums die im grossen Ganzen als westrheinisch bezeichnete Entwicklung des Jura und der Kreide noch ostwärts über den Rhein hörüber.

Im Süden trennt, wie weiter oben bereits bemerkt wurde, die unterhalb Sargans den Rhein übersetzende Fortsetzung des Churfürstenzuges die nordsüdlich streichende Trias des Rhätikon von dem Flyschgebiete des Prättigau. Nach Mösch's Angaben¹ ist unter den jurassischen Kalken zwischen Balzers und Luziensteig selbst noch der untere Lias mit *Aegoceras planorbis* vertreten. Wie weit nach Osten die jurassischen Bildungen am Südabfall des Rhätikon reichen, kann ich aus eigener Erfahrung nicht mittheilen. Es scheint sich aber aus den Mittheilungen von Escher und Theobald zu ergeben, dass im Osten des Gafaljoches der (schwarz gefärbte) Jura nicht mehr zum Vorschein gelangt. Noch weiter östlich im Wassergebiet des Montavon lagert bereits der Caprotinenkalk übergreifend auf krystallinischen Schiefern und auf mit Verrucano-Quarziten verbundenen Schwazer Kalken (Gauerthal, Dilisuna-Alp, Gargellen).

Im Norden und Nordosten des vorarlbergischen Trias-Terrains bringt der Kreide-Aufbruch des Bregenzer Waldes die Fortsetzung des Säntis-Zuges inmitten der Flyschzone, nach Analogie der karpatischen Klippen, zu Tage. An der Canisfluh bei Au im Thal der Bregenzer Ache erscheint auch unter den Kreidebildungen ein grösseres Vorkommen von schwarzem Jurakalk, das einer specielleren Untersuchung und Gliederung im Anschluss an die in den östlichen Schweizer Alpen von Mösch gewonnenen Resultate noch harrt. Oestlich erstreckt sich nach Gümbele's² Angaben am Aussenrande der Kalkalpen die schweizerische Kreide-Entwicklung bis in die Gegend von Vils.

Das vorarlbergische Triasgebirge ragt demnach halbinselförmig in die schweizerische Jura- und Kreide-Region hinein. Innerhalb des Trias-Gebirges aber zeigen die jurassischen Sedimente (cretaceische Ablagerungen fehlen) noch ganz und gar den östlichen Typus. Wie noch in mehreren viel östlicher gelegenen Gegenden, ist auch hier stellenweise

¹ Der Jura in den Alpen der Ostschweiz, pag. 4.

² Ueber neue Fundstellen von Gosau-Schichten und Vilser Kalk bei Reichenhall. Sitz.-Ber. d. Münchner Akademie 1866. II. — Da von Vils östlich bis Reichenhall in der nördlichen Randzone der Alpen die obere Kreide durch Orbitulinenkalke vertreten wird, welche erst bei Glaneck nächst Salzburg durch echte Gosaubildungen verdrängt wird, unterscheidet Gümbele drei Provinzen im alpinen Kreide-Gebiet: die Gosau-Provinz, die oberbaierische Provinz und die helvetica Provinz.

eine insbesondere an der Transgression über ältere Glieder der Trias erkennbare Discordanz zwischen den jurassischen und triadischen Sedimenten vorhanden. Da nun ferner, wie bereits mehrfach erwähnt wurde, das Triasgebirge des Rhätikon durch den südlichen, als Fortsetzung des Churfürsten bezeichneten Streifen juratisch-cretaceischer Bildungen unterbrochen wird, so dürfte wohl anzunehmen sein, dass der Ablagerung des jurassischen Schichtensystems bereits eine Hebung des Trias-Gebirges vorausgegangen ist, in Folge welcher vielleicht die Communication mit dem schweizerischen Jura-Meer theilweise gestört war. Um etwaigen Missverständnissen vorzubeugen, will ich jedoch befügen, dass mir die Annahme einer Communications-Sperre zur Erklärung der verschiedenen lithologischen Entwicklung des Jura inner- und ausserhalb des Trias-Gebietes durchaus nicht unbedingt geboten scheint. Man kann sich ja sehr ungezwungen vorstellen, dass auf Schweizer Seite in Folge des Fehlens der triadischen Ablagerungen das eindringende und successive mit seiner Gestadelinie gegen Süden (Berner Hochalpen) vorschreitende Jura-Meer ganz andere physikalische Bedingungen vorfand, als zur selben Zeit innerhalb des aus Kalk und Dolomit bestehenden Trias-Gebietes geboten waren¹. Ich habe nur aus dem Grunde der Vermuthung einer etwaigen Communications-Störung Ausdruck gegeben, weil man bei freier ungehinderter Verbindung doch Bildungen anzutreffen erwarten sollte, welche die grellen Gegensätze vermitteln. Dies ist aber nicht der Fall. Noch am Aussenrande des Trias-Gebirges, in Berührung mit den Schichten des Flysch findet man stellenweise typische Liasfleckengel. Die trennende Triasfelsrippe müsste in solchen Fällen unter dem nachweislich gegen das Innere des Gebirges zu übergreifenden Flysch verborgen sein.

Wie dem immer sei, die Thatsache steht fest, dass die Grenzen der beiden lithologischen Facies des Jura äusserst seharf sind und weiter, dass das Trias-Terrain ebenso die schweizerische Entwicklung ausschliesst, wie dem Gebiet ausserhalb der Ablagerungs- und theilweise auch Hebungsgrenzen der Trias die östliche Ausbildungsweise fremd ist.

An weiteren Beispielen sehr scharfer, oft wie es scheint unvermittelter Grenzen zwischen verschiedenen Entwicklungsgebieten, fehlt es übrigens auch innerhalb der nördlichen Triaskalkalpen nicht und es wird sich bei einem späteren Anlass die Gelegenheit finden, solche Fälle noch näher zu untersuchen². Hier sei nur, als auf eine mit der vorliegenden völlig analoge Erscheinung, auf den auch paläontologischen Gegensatz zwischen den Kreidegebilden im Norden und Süden

¹ Mit Bezug auf die dunkle Färbung des Schweizer Jura, welcher gegenüber dem krystallinischen Hochgebirge dieselbe Rolle spielt, wie die Trias in Vorarlberg und Nordtirol, sei auf die ebenfalls vorherrschend dunkle Farbe, insbesondere der tieferen Triaskalke, als einer wenn auch nur äusserlichen, so doch vielleicht immerhin beachtenswerthen Analogie hingewiesen. — Eine Erklärung der schwarzen Färbung des Schweizer Alpenjura hat Heer versucht. Siehe *Urwelt der Schweiz*, pag. 127.

² Vergl. übrigens bereits Beyrich Ueber die Lagerung der Lias- und Jurabildungen bei Vils. Monatsberichte der Berliner Akademie, Dezember 1862, pag. 647.

des Traunstein bei Gmunden¹ und auf das Vorkommen der böhmischen Kreide-Entwicklung hart am Nordrande der Flyschzone in Leitzersdorf nächst Stockerau bei Wien² hingewiesen.

B. Zur speciellen Geologie des Rhätikon.

1. Bisherige Arbeiten. Kaum dürfte ein anderes Gebiet der nördlichen Triaskalkalpen mit Vorarlberg in Bezug auf Reichhaltigkeit und anerkannte Gediegenheit der Literatur sich messen können. Wenn wir von der ältesten der vorliegenden Arbeiten³ absehen, so haben wir zunächst der trefflichen Abhandlung A. Escher's von der Linth⁴ zu gedenken, welche durch die Treue und Verlässlichkeit der darin niedergelegten zahlreichen Beobachtungen für den Fachmann stets als ein Fundamentalwerk vorarlbergischer Geologie einen hohen Werth bewahren wird. Einen sehr schätzenswerthen weiteren Beitrag zur geologischen Kenntniss einzelner Theile Vorarlbergs verdankt die Wissenschaft dem um die Erforschung der baierischen und nordtirolischen Kalkalpen so hoch verdienten C. W. Gümibel⁵, welcher bereits bevor die Aufnahmen der k. k. geologischen Reichsanstalt in Nordtirol begonnen hatten, die kartographische Grundlage für die geologische Karte der baierischen und nordtirolischen Kalkalpen vollendet hatte⁶. So werthvolle und treffliche Beiträge Escher und Gümibel auch geliefert hatten, so blieb in Bezug auf die Feststellung der Reihenfolge der Formationsglieder und kartographische Darstellung in Vorarlberg noch sehr viel zu thun übrig. Erst Ferd. Freih. v. Richthofen, welchem die Uebersichtsaufnahme der vorarlbergischen und angrenzenden Nordtiroler Kalkalpen von Seite der geologischen Reichsanstalt übertragen war, ausgerüstet mit den neuesten, von Escher, Gümibel, Fr. v. Hauer, A. Pichler und ihm selbst gemeinschaftlich im Jahre 1857 gewonnenen Forschungsresultaten und begabt mit scharfem Blicke und feinem Beobachtungsvermögen, konnte durch seine Arbeiten die Grundlinien zur Geologie der vorarl-

¹ E. v. Mojsisovics und U. Schloenbach. Das Verhalten der Flyschzone zum Nordrande der Kalkalpen zwischen dem Traun- und dem Laudachsee bei Gmunden. Verhandlungen der k. k. geologischen Reichsanstalt 1868, pag. 212.

² F. Karrer. Ueber ein neues Vorkommen von oberer Kreideformation in Leitzersdorf bei Stockerau und deren Foraminiferen-Fauna. Jahrb. d. k. k. geolog. Reichsanst. 1870, pag. 157.

³ A. R. Schmidt. Vorarlberg, nach den von dem geognostisch-montanistischen Verein für Tirol und Vorarlberg veranlassten Begehungen geognostisch beschrieben. Innsbruck 1843.

⁴ Geologische Bemerkungen über das nördliche Vorarlberg und einige angrenzende Gegenden. Bern 1853.

⁵ Beiträge zur geognostischen Kenntniss von Vorarlberg und dem nordwestlichen Tirol. Jahrb. d. k. k. geolog. Reichsanst. 1856, pag. 1.

⁶ In der Einleitung zu Nr. 1 dieser „Beiträge“ (Jahrb. d. k. k. geol. Reichsanst. 1871, pag. 189) hatte ich angegeben, dass Herrn Gümibel's Karte des baierischen Alpengebirges für das tirolische Gebiet auf den Uebersichtsaufnahmen der geol. Reichsanstalt fusse. Nachträglich erst erfuhr ich von Herrn v. Hauer den oben im Texte mitgetheilten Sachverhalt. Ich nehme daher diese Gelegenheit wahr, um meine irrite, aber optima fide gemachte Angabe zu rectificiren.

bergischen Kalkalpen¹ in einer Weise feststellen, welche durch weitere Forschungen wohl im Detail noch manche Bereicherung und Berichtigung erfahren, im grossen Ganzen aber kaum sehr erheblich alterirt werden wird. Auch G. Theobald, welcher im Anschlusse an die v. Richthofen'schen Arbeiten im Rhätikon die bündnerischen Trias-Districte untersuchte, berührt in seinem umfangreichen Werke über Graubünden den vorarlbergischen und liechtensteinischen Theil des Rhätikon, ohne jedoch Neues von Belang mitzutheilen.

2. Aeußerer Anlass zu vorliegender Arbeit. Nachdem die Detailaufnahmen der nordtiroler Kalkalpen im Sommer 1871 bis zum Lech und bis zum Meridian von Landeck vorgeschritten waren, wurde mir im Verein mit meinem Freunde Dr. M. Neumayr für den Sommer 1872 die Fortführung und Vollendung der Aufnahme der nördlichen Kalkzone bis zur Reichsgrenze im Westen übertragen. Dr. Neumayr übernahm den östlichen Theil dieses Gebietes zur selbständigen Bearbeitung, ich selbst beging das westliche Terrain und dehnte im Einvernehmen mit der Regierung des Fürstenthums Liechtenstein die Aufnahmen auch über dieses Land aus, so dass ich den gesammten nördlichen Abhang des Rhätikon bis zum Rhein im Westen aus eigener Anschauung kennen lernte. Als Grenze zwischen Dr. Neumayr's und meinem Aufnahms-Terrain diente der von Stuben im Klosterthal über Zürss und Lech nach Schrökken führende Saumpfad. Der Bregenzer Wald war nicht in unserem Aufnahmsgebiet mitbegriffen.

Nachdem über das ganze von mir untersuchte Gebiet bereits die zusammenhängende Arbeit v. Richthofen's vorliegt, so werde ich, um nicht von diesem trefflichen Beobachter und Schilderer schon Gesagtes wiederholen zu müssen, mich in den folgenden Seiten darauf beschränken, hauptsächlich nur diejenigen Punkte zu besprechen, in Betreff welcher ich zu abweichenden Resultaten oder Ansichten gelangt bin. Die vorliegenden Skizzen erheben daher durchaus nicht den Anspruch v. Richthofen's Darstellung zu ersetzen, sie wollen nur als eine Ergänzung zu derselben betrachtet werden.

3. Das geologische Material. Des Zusammenhanges und der Uebersichtlichkeit halber stelle ich im Folgenden die auftretenden Formationsglieder ihrer Altersfolge nach, von den ältesten zu den jüngsten aufsteigend, zusammen, enthalte mich aber, um nicht bereits oft Geschildertes nochmals beschreiben zu müssen, in den meisten Fällen jeder Gesteins-Beschreibung. Dagegen werden sich daran passend, wo es nöthig ist, Bemerkungen über die Stellung und Gliederung anknüpfen lassen.

Das Grundgebirge bilden die älteren krystallinischen Schiefer (Glimmerschiefer und Gneisse mit häufigen Einschaltungen von Hornblendegesteinen). Das jüngere Stockwerk der krystallinischen Schiefer, die Phyllit-Etage, gelangt nirgends unter dem Flötzgebirge zum Vorschein. Die Reihenfolge innerhalb der letzteren ist die folgende:

¹ F. Freih. v. Richthofen. Die Kalkalpen von Vorarlberg und Nordtirol. Jahrb. d. k. k. geolog. Reichsanstalt 1859, pag. 72, fg. und 1861/62, pag. 87, fg.

² Geologische Beschreibung von Graubünden. Bern 1864.

a) Grauwackenschiefer. Wir behalten diesen etwas veralteten, von der neueren Wissenschaft gewöhnlich perhorreseirten Ausdruck bei, um erstens bis zu einer sichereren Deutung, als jetzt möglich ist, nicht zu präjudiciren und um zweitens erkennen zu geben, dass wir es der petrographischen Beschaffenheit und der Stellung nach mit denselben oder mindestens sehr nahe stehenden Gebilden zu thun haben, welche vom nordöstlichen Tirol an nach Osten bis an den Schneeberg bei Wien zwischen dem mesozoischen Kalkgebirge und den krystallinischen Schiefern lagern und bis auf den heutigen Tag von unseren Geologen als „Grauwacken-Bildungen“ bezeichnet werden. Machen es in letztgenannter Gegend die Funde obersilurischer Petrefacte an zwei, von einander ziemlich entfernten Punkten (Dienten und Eisenerz) in den obersten Lagen des Schichtcomplexes auch sehr wahrscheinlich, dass weitauß die Hauptmasse dem silurischen System zuzuschlagen ist, so ist doch die Möglichkeit nicht ausgeschlossen, dass stellenweise auch jüngere paläozoische Formationen vertreten seien. Es verbreitet sich diese Bildung, wie oben bereits gesagt wurde, mit dem Verrucano und der Trias über das östliche Bünden, und äusserte sich über dieses Vorkommen bereits 1851 Studer in der Geologie der Schweiz pag. 346, wie folgt: „Ein Aequivalent zu den silurischen Schiefern von Dienten lässt sich aber vielleicht im Innern der Mittelzone auffinden. In der breiten Zone von Kalkstein- und Schiefergebirgen, welche als Ringgebirge der östlichen Centralmassen aus Vorarlberg quer durch ganz Bünden nach dem Ortles fortstreichen, zeigt sich in der Grundlage des südlicheren Kalkgebirges ein rother Sandstein, der kein anderer als der von St. Anton und Dalaas am Arlberg zu sein scheint und dieses liegt auf einer Schieferbildung, die zwar bis jetzt keine organischen Reste gezeigt hat, aber petrographisch mit den Schiefern von Pinzgau nahe übereinstimmt und wie diese oft einen krystallinischen Charakter annimmt.“ Auch Herr Director Dr. G. Tschermak, welcher im verflossenen Sommer Studien in den mannigfaltigen Schiefer-Terrains Graubündens anstellte, bestätigte mir mündlich die petrographische Uebereinstimmung der in Rede stehenden Schiefer mit den steierischen Grauwacken-Schiefern. — Theobald führte in seinen Schriften für dieselben Gesteine die Bezeichnung „Casanna-Schiefer“ ein und vermuthete in denselben ein Aequivalent der carbonischen Bildungen.

Ueber das Wiedererscheinen der Grauwacken-Schiefer im Rhätikon vergl. man die oben pag. 143 gemachten Bemerkungen.

6. Schwazer Kalk und Verrucano. An der Basis des Verrucano erscheint unterhalb der Dilisuna-Alp in Montavon über dem Grauwackenschiefer in inniger Verbindung mit Quarziten ein zäher, aussen gelb bestaubter und sehr rauer dolomitischer Kalk in grosse, massive Blöcke zerfallend, welcher petrographisch und der Lagerung nach die grösste Aehnlichkeit mit einigen charakteristischen Varietäten des Schwazer Kalkes zeigt. Dass er bisher nur an einer Stelle im Rhätikon beobachtet wurde, vermehrt die Analogie mit dem Schwazer Kalk, von dem ich nachzuweisen versucht habe¹, dass er stellenweise die tieferen

¹ Beiträge zur topischen Geologie der Alpen Nr. 2. Das Schiefergebirge bei Kitzbühel und im Süden von Brixlegg. Jahrb. d. geol. Reichsanst. 1871, pag. 207.

Abtheilungen des Verrucano vertritt. — Die obersten Abtheilungen des Verrucano bilden häufig kirschrothe Schiefer mit linsen- und knollenförmigen Ausscheidungen lichten Kalkes, welche dem Gestein ein geflecktes Aussehen verleihen. Solehe Schiefer beobachtete ich ausser im Rellsthal besonders schön, unmittelbar unter Muschelkalk im obersten Saminathal in Liechtenstein, in der Nähe der Gapfahl Alp. Sie sind mit Escher's Quartenschiefer identisch¹ und verweisen den darunter liegenden Röthi-Kalk der Schweizer Alpen, welcher im Kalk von S. Gertraud² sein tirolisches Aequivalent besitzen dürfte, in die Gruppe der Verrucano-Gesteine, wohin Studer auch stets den Röthi-Kalk gestellt hatte. Wenn man mit der Mehrzahl der alpinen Schriftsteller den Verrucano als dem Rothliegenden entsprechend betrachtet, könnte man im Röthi-Kalk ein alpines Aequivalent des Zechstein vermutthen.

c) Muschelkalk (Virgloriakalk). Es wurde von Benecke³ zuerst darauf hingewiesen, dass die Fossilien, welche als den Virgloria-Kalk bezeichnend angeführt wurden, eigentlich nur einer einzigen, aus Crinoidenstielgliedern zusammengesetzten Bank eigenthümlich sind. Ich kann diese Beobachtung bestätigen und hinzufügen, dass diese Crinoidenbank im westlichen Theil des Rhätikon allenthalben (Saminathal, Gamperthonthal) vorhanden ist, während dieselbe im Osten von Paltüd weder von Benecke noch von mir angetroffen wurde.

Den von Benecke angeführten Fossilien (*Entrochus cf. Encrinus gracilis*, *Entrochus cf. Encrinus pentactinus*, *Retzia trigonella*, *Rhynchonella decurtata*) habe ich keinen neueren Fund beizufügen. Die Gliederung des gesamten Muschelkalk-Complexes ist die folgende: Zunächst über dem Verrucano liegen im östlichen Gebiete schwarze, schiefrige Mergel, von v. Richthofen bereits vermutungswise angeführt und von Theobald unter der Bezeichnung „Streifenschiefer“ an zahlreichen Punkten Bündens nachgewiesen; im westlichen Rhätikon fehlen diese Gesteine. Darüber oder, wo die Schiefer fehlen, über dem Verrucano lagern graue knorrige Kalke, voll von Hornsteinen, welche warzen-, knollen- und rindenförmig auswittern. Im westlichen Rhätikon schaltet sich sodann das brachiopodenführende Crinoidengestein ein. Es folgt der schwarze, ausgezeichnet plattige Marmor von Bürs mit den zackig ineinandergreifenden Lagen und den glänzenden Thon-Häutchen. Ueber demselben findet man Kalkplatten mit knolligen Schichtflächen und Hornsteinkugeln. Diese Gesteine gleichen petrographisch den Kalken mit *Arc. Studeri* vom Kerschbuchhof bei Innsbruck. Hierauf schalten sich zwischen die Kalkbänke schwarze Mergelschiefer ein, mit denen wir die Partnach-Schichten beginnen⁴.

¹ Vergl. v. Mojsisovics. Beiträge zur Altersbestimmung einiger Schiefer- und Kalkformationen der östlichen Schweizer Alpen. Verh. d. geol. Reichsanst. 1872, pag. 264.

² Vergl. v. Mojsisovics. Beiträge zur topischen Geologie der Alpen. loc. cit. pag. 208.

³ Ueber einige Muschelkalk-Ablagerungen der Alpen. Geognost.-paläont. Beiträge von Benecke, Schloenbach und Waagen Band II, pag. 57 ff.

⁴ Gegenüber Benecke, welcher den von v. Richthofen nächst dem Kloster S. Peter bei Bludenz angegebenen Arlbergkalk nicht gelten lassen will, (loc. cit. pag. 60) muss ich mich auf v. Richthofen's Seite stellen. Dass

d) Partnach-Schichten.

e) Arlbergkalk. Es wurde bereits öfter darauf hingewiesen, dass dieses Formationsglied dem von mir in Nordtirol interimistisch so genannten Partnach-Dolomit (Kalke und Dolomite der „unteren Cardita-Schichten“ Ad. Pichler's) entspricht. Seitdem der Wettersteinkalk bis zu seinem allmälichen Auskeilen aus dem mittleren Nordtirol bis in die Gegend von Landeck schrittweise verfolgt werden konnte¹, kann es gar keinem Zweifel mehr unterliegen, dass der Arlbergkalk nicht das Aequivalent des Wettersteinkalks sein kann, wie v. Richthofen annahm. Die Bezeichnung „Partnach-Dolomit“ hat nunmehr als überflüssig zu entfallen und an deren Stelle die ältere „Arlbergkalk“ zu treten. — Die sandigen Schiefer mit Pflanzenresten, welche man im Galgentobel bei Bludenz und im Radonatobel bei Wald im Klosterthal findet, rechne ich noch zum Arlbergkalk, da dieselben noch typische Gesteine des Arlbergkalks zum Hangenden haben und daher nur als Einschaltungen zwischen die Kalkmasse zu betrachten sind. — Während in Nordtirol und im übrigen Vorarlberg Conchylien-Reste in den Kalken ausserordentlich selten sind, zeigen sich viele Bänke des Arlbergkalkes im mittleren und namentlich im westlichen Rhätikon ganz erfüllt von leider nur unbestimmbaren Bi-valven-Schalen. Theobald's „Lüner-Schichten“ sind auf solche fossilreiche Bänke des Arlbergkalks gegründet.

f) Gyps und Rauchwacke. In scheinbar völlig concordanter Lagerung folgt sehr regelmässig in ganz Vorarlberg, nur in Bezug auf die Mächtigkeit schwankend, eine häufig sich gegenseitig ersetzende Formation von Gyps und Rauchwacke. v. Richthofen betrachtete dieselbe als ein Aequivalent der nordtirolischen Cardita-Schichten (Raibler-Schichten), während Güm bel den Gyps mit der Rauchwacke als unterste Lage des Haupt-Dolomits betrachtet wissen will. Innerhalb der nordtirolischen Cardita-Schichten kommen Gyps und Rauchwacke in verschiedenen Niveaux vor und ich kenne fast ebensoviele Fälle, wo dieselben an der Basis der Cardita-Schichten als wo sie zu oberst dicht unter dem Hauptdolomit auftreten.

Es können mithin für die Ansicht, dass stellenweise Gyps und Rauchwacke als Vertretung des Gesamt-Complexes der Cardita-Schichten auftreten können, gute Gründe beigebracht werden. Da jedoch die Grenze zwischen Cardita-Schichten und Haupt-Dolomit keineswegs eine sehr scharfe ist, indem die für den Haupt-Dolomit charakteristische *Megalodus*-Art bereits in den Cardita-Schichten auftritt und Wechselleagerungen der Cardita-Schichten und der tieferen Schichten des Haupt-Dolomits, wie zuerst A. Pichler gezeigt hat², nicht gerade selten sind, so mag es fast ziemlich gleichgültig scheinen, ob man den unter dem Haupt-Dolomit lagernden Gyps als untere Lage des letzteren betrachtet

sowohl in den Partnach-Schichten als auch noch im Arlbergkalk dem Virgloria-Kalk ähnliche Bänke vorkommen, davon kann man sich an zahlreichen Punkten Vorarlberg's und Nordtirol's überzeugen.

¹ E. v. Mojsisovics. Die Kalkalpen des Oberinnthales zwischen Silz und Landeck und des Loisach-Gebietes bei Lermoos. Verh. d. geolog. Reichsanstalt 1871, pag. 236.

² Cardita-Schichten und Hauptdolomit. Jahrb. d. k. k. geolog. Reichsanst. 1866, pag. 73.

oder nicht. Nachdem in Vorarlberg der Wettersteinkalk fehlt, besteht eine nicht zu verkennende Analogie zwischen dem vorarlbergischen Vorkommen von Gyps und Haupt-Dolomit mit den in Nordtirol in übergreifender Lagerung auftretenden Partien von Cardita-Schichten und Haupt-Dolomit. Es zeigt sich aber in dieser Beziehung noch eine weitere Analogie mit Vorarlberg. Noch im Wetterstein-Gebirge findet man an der Basis des disordant aufgelagerten Haupt-Dolomits Mergel der Cardita-Schichten mit den charakteristischen Versteinerungen¹. Westlich vom Meridian von Lermoos dagegen habe ich an der Basis des transgredirenden Haupt-Dolomits, wo die Aufschlüsse eine Beobachtung gestatteten, immer nur Gyps oder Rauchwacke (Reutte, Innthal zwischen Arzl und Landeck) gefunden, während noch in denselben Gegenden bei normaler Lagerung echte Cardita-Schichten mit oder auch ohne Rauehwacken zwischen Wettersteinkalk und Haupt-Dolomit lagern. Die Cardita-Schichten halten sich somit in diesem westlichen Districte streng an den Wettersteinkalk und verschwinden mit demselben in der Gegend von Landeck. Es lässt sich nicht läugnen, dass dieses Verhalten zu Gunsten der Gumbel'schen Auffassung zu sprechen scheint. Wir haben, da auf Grund der vorliegenden Thatsachen eine definitive Entscheidung nicht möglich war, einen neutralen Weg eingeschlagen und auf unseren Karten die Gypsformation weder als Cardita-Schichten bezeichnet, noch zum Haupt-Dolomit² gezogen, sondern für sieh als „Gyps und Ranchwacke“ ausgeschieden.

g) Haupt-Dolomit. In den von mir begangenen Theilen Vorarlbergs zeigt der Haupt-Dolomit nicht mehr die auffallend dunkle Färbung, welche denselben in dem Hochgebirge zwischen Inn und Lech so sehr auszeichnet. Auch die Mächtigkeit ist eine viel geringere geworden. Bituminöse Platten (Seefelder-Dolomit), welche zwischen Inn und Lech noch häufig sind, habe ich in Vorarlberg nicht gesehen. Im südlichen Theil des Rhätikon (Scesaplana, Mittagsspitze in Montavon) stellt sich in den unteren Partien des Haupt-Dolomits eine Gesteins-Modification ein, welche dem Hanpt-Dolomit in den übrigen mir näher bekannten Theilen der Nordalpen fremd ist. Es ist dies ein zähes, in ziemlich grosse Blöcke zerfallendes Gestein, welches auf den gelblichen Verwitterungsflächen zahlreiche scharfkantige polyedrische Erhabenheiten zeigt.

h) Rhätische Schichten. Die mergeligen Schichten treten im Rhätikon gegenüber den Kalkbänken sehr zurück und beschränken sich häufig auf dünne, die Kalkbänke trennende Zwischenmittel. Eine Scheidung zwischen „Kössener“ Schichten und „Dachsteinkalk“ ist hier in der Natur keineswegs vorhanden.

i) Lias. An der Basis der mächtig entwickelten Fleckenmergel (Allgäu-Schiefer) treten ziemlich constant rothe, marmorartige Kalke mit Cephalopoden des unteren Lias auf.

Ob noch jüngere als liasische Schichten in den vorarlbergischen Allgäu-Schichten vertreten sind, scheint noch zweifelhaft. Weiter im

¹ E. v. Möjsisovics. Der nordwestliche Theil des Wetterstein-Gebirges. Verhandl. d. geolog. Reichsanst. 1871, pag. 215.

² Dass auch der Hauptmasse des Hauptdolomits Gyps nicht ganz fremd ist, das beweist unter andern das Vorkommen unterhalb Fernstein, im Norden von Nassereit.

Osten folgen bekanntlich über den liasischen Fleckenmergeln rothe kieselreiche Kalkschiefer, welche Aptychen führen und ihrer Lagerung nach Dogger und Malm repräsentiren dürften. Nun fehlt es zwar in den vorarlbergischen Allgäu-Schichten nicht an einzelnen rothen Hornstein-Schichten, doch treten diese nicht in geschlossener Masse auf und zeigen auch einen etwas verschiedenen Habitus. Bei der staunenswerthen Mächtigkeit des vorarlbergischen Allgäu-Schiefers liegt allerdings der Gedanke nahe, dass die obersten Schichten bereits jüngeren Jura-Stufen, als dem Lias, entsprechen mögen. Darüber können jedoch nur specielle Untersuchungen Licht verbreiten. — Im tirolischen Lechthal treten bei Ellmen und in der Umgebung von Reutte jurassische Schiefer, von jüngerem als liasischem Alter, auf. Dies sind die nächstliegenden mir aus eigener Anschauung bekannten mittel- und oberjurassischen Bildungen der Trias-kalkalpen.

k) Kreide-Bildungen. Die erste Nachricht von dem Auftreten cretacischer Ablagerungen im Rhätikon röhrt von Pet. Merian her und ist in Escher's Arbeit über Vorarlberg enthalten, wo es pag. 15 heisst: „Bevor wir die Kreide verlassen, ist noch hervorzuheben, dass P. Merian auf dem mit schwacher Vegetation bedeckten Lüner-Grat im Rhätikon, zwischen dem Prättigau und dem Lünersee, in der Grenzgegend zwischen dem Flysch und den nordwärts folgenden älteren Gebilden einen etwa 2 Kubikfuss grossen Block schwärzlichen spröden Kalksteins gefunden hat, der voll von Turbinolien, Mäandrinen und Hippuriten war, welche P. Merian nebst einer darin ebenfalls vorkommenden, der *Chemnitzia inflata d'Orb.* ähnlichen Univalve, für eine Andeutung der Gosaufformation zu halten geneigt ist; leider gelang es nicht, dieses in hiesiger Gegend bisher unbekannte Gebilde anstehend oder auch nur mehr Blöcke davon zu finden“. Was Escher und die ihm folgenden Autoren hier Flysch nennen, sind Seewen-Schichten, genau von der gleichen Beschaffenheit wie die im westlichen Rhätikon, im Hintergrunde des Gamperthon- und Samina-Thales irrthümlich von v. Richthofen und Theobald als „Allgäu-Schiefer“ bezeichneten Gesteine. Aus der citirten Stelle geht daher hervor, dass der Block mit den Korallen und Hippuriten in der Grenzgegend zwischen Seewen-Schichten und Muschelkalk (Virgloriakalk) gefunden wurde. Merkwürdiger Weise wurde diesem Funde nicht die Beachtung geschenkt, die ihm gebührt hätte. Die neocomen Kalke der Sulzfluh u. s. f. wurden, trotzdem gerade in hiesiger Gegend die rhätischen Kalke ein völlig abweichendes Aussehen besitzen, als Dachsteinkalk, die dazwischen eingeklemmten rothen Kalkmergel der Seewen-Schichten aber als Adnether (oder Steinsberger) Kalk bezeichnet. Aus v. Richthofen's Darstellung¹ ersieht man deutlich, dass auch ihn die Fremdartigkeit dieser gewiss unerwartet in der Umgebung triadischer Kalkmassen auftretenden Gesteine betroffen hat, und gleichsam um sein geologisches Gewissen zu beruhigen, beruft er sich darauf, dass sich diese Bildungen „weiter westlich deutlich als Lias erweisen“. Letzteres ist jedoch nicht richtig; der vermeintliche Lias im Westen ist eben auch nichts anderes, als Seewen-Schichten, denen im Wildhaus-Tobel bei Balzers normal Flysch folgt. Nimmt man noch hinzu, dass in landschaftlicher

¹ Jahrb. d. k. k. geolog. Reichsanstalt 1859, pag. 115, 116.

Beziehung der Contrast zwischen dem hellleuchtenden formenreichen Zuge der Sulzfluh und dem ernsten dunkelfarbigen Trias-Lias-Gebirge Vorarlbergs ein so auffallender als nur möglich ist, während die vollkommene physiognomische Uebereinstimmung mit der Sennit-Kette schon von ferne auf eine gleichartige geologische Beschaffenheit mit grosser Wahrscheinlichkeit hindeutet, so bleibt die Nichtbeachtung des Merian'schen Fundes um so auffallender.

Erst in neuerer Zeit wurde in Folge einer Sendung von Gesteinen aus dem Gargellenthal in Montavon, welche Herr Sholto Donglass in Thüringen bei Bludenz an die geologische Reichsanstalt richtete, wieder eine weitere Andeutung über das Vorkommen cretacischer Sedimente im südlichen Vorarlberg gegeben. Fr. v. Hauer und Stache erkannten „mit ziemlicher Sicherheit“ in einem der eingesendeten Stücke Rudisten und schlossen daraus auf das Auftreten von Caprotinen-Kalk¹.

Während meiner vorjährigen Aufnahmsarbeiten gelangte ich nach wiederholter Vergleichung der Gesteinsarten mit den sichergestellten Kreide-Gesteinen des Bregenzerwaldes zur Ueberzeugung, dass der am Gafal-Joch beginnende, über Piz Albufera, Sulzfluh, Drusenfluh, Weissplatten zum Plasegg-Joch streichende Zug formenschöner Kalkberge seiner Hauptmasse nach auf vorarlbergischer Seite dem Caprotinen- oder Schratzenkalk angehöre. Spatangenkalk und Gault sind aller Wahrscheinlichkeit nach, wie aus, dem Gehängeschutt entnommenen Gesteinsstücken hervorzugehen scheint, ebenfalls vertreten. Die davor gelagerte Zone weicherer, häufig mergeliger Gesteine, in welcher von P. Merian der Block mit Korallen und Hippuriten² gefunden wurde, entspricht nach Lagerung und Gesteinsbeschaffenheit den Seewen-Schichten. Die paläontologischen Belege für diese Altersbestimmungen sind freilich noch sehr dürftig und erschwert die Wildheit und Höhe des Gebirgs nicht nur die Verfolgung der stellenweise vielfach gefalteten Gesteinszonen sondern auch das Sammeln von Petrefacten. Hier öffnet sich den zahlreichen, im Lande lebenden Mitgliedern des Deutschen und Oesterreichischen Alpenvereins ein Feld verdienstlicher Thätigkeit. Meine eigene Ausbeute beschränkt sich auf die Auffindung von stellenweise ziemlich häufigen Caprotinen.

Wir fahren nunmehr in der Aufzählung der in unserem Gebiete vertretenen Bildungen fort:

- k)* Spatangenkalk.
- l)* Caprotinen- oder Schratzenkalk.
- m)* Gault.

n) Seewen-Schichten. Zu den häufigsten der mannigfaltigen in dieser Abtheilung auftretenden Gesteine gehören: dunkelfarbige, durch zahlreiche nahezu parallele Thonhäutchen geschiefernde und in dünne Längstafeln untergetheilte Kalke, welche im Querbrüche ein gebändertes

¹ Vergl. Verhandlungen d. k. k. geolog. Reichsanst. 1871, pag. 35. Fussnote.

² Das Vorkommen von Hippuriten in Seewen-Schichten ist auffallend; hart an der Grenze der Triaskalkalpen aber deutet es vielleicht auf eine im Süden der Kalkzone bestandene Verbindung mit den Canälen der Gosau-Provinz. Die nächsten, ganz isolirten Vorkommenisse von Gosau-Bildungen finden sich auf der Gipfelmasse des Muttekopfs bei Imst, wo Gümbele dieselben entdeckte.

Aussehen zeigen; ferner rothe und graue, in grosse massige Tafeln und Blöcke zerfallende Kalkmergel, sehr ähnlich den rothen und grauen, fossilarmen Mergeln der Gosau-Schichten. Diese rothgefärbten Gesteine geben den Anlass zur Verwechslung mit den Adnether- und Allgäu-Schichten. Auch sandsteinartige Schichten mit kohligen Schichtflächen und hornsteinführende Lagen sind nicht gerade selten.

o) Flysch. Dieses Gebilde fehlt zwar im Inneren des Rhätikon und der nördlichen Triaskalkberge; gegen aussen zu umzieht es aber in nahezu geschlossenem Ringe unser Triaskalk-Gebirge und trennt dasselbe, mit der einzigen Unterbrechung zwischen Balzers und Luziensteig, von den westrheinischen Nordkalkalpen. Entgegen den Ansichten Theobald's habe ich in einer kleinen Notiz zu zeigen versucht, dass die Bündner-Schiefer des Prättigan aller Wahrscheinlichkeit nach ebenfalls dem Flysch angehören¹. Ich unterlasse es, die für diese Anschauung sprechenden Gründe hier nochmals zu wiederholen, füge jedoch bei, dass auch Herr Dr. G. Tschermak, welcher im vergangenen Sommer gleichfalls die angeblichen Belemniten des Bündner-Schiefers im Churer-Museum sah und die Bündner-Schiefer des Prättigau mit den als Nummuliten-Gebirge bezeichneten Gesteinen der Tamina-Schlucht bei Ragatz verglich, unabhängig von mir zu der gleichen Schlussfolgerung gelangte. — Bei dieser Gelegenheit möge passend, mit Bezug auf die Neigung der westalpinen Geologen Belemniten als sicheres Kriterium für liasisches Alter zu betrachten, auf das unzweifelhafte Vorkommen von Belemniten in eocänen Schichten hingewiesen werden, welches von Boué² und Schafhätl³ bereits vor längerer Zeit nach Funden in den eocänen Bildungen des Kressenberg behauptet und neuestens von meinem Freunde U. Schloenbach nach Exemplaren aus den Tuffen von Ronca im Vicentinischen nachgewiesen wurde⁴. Es wird nun um so mehr Vorsicht bei schlecht erhaltenen Stücken aus den sogenannten jüngeren „grauen Schiefern“ der Schweizer- und Westalpen geboten sein, als gerade der eine bis jetzt näher bekannte eocäne Belemnit seiner äusseren Gestalt nach mehr an Lias- als an Kreide-Belemniten mahnt. Auch Studer⁵ erinnert in einer seiner jüngsten Schriften daran, dass von der Zeit her, da die Alpen als ältestes Gebirge galten, wo man den Granit des Montblanc Protagon hiess und die Flyschsandsteine als Grauwacken beschrieb, die Neigung geblieben zu sein scheine, das Alter der alpinen Formationen möglichst hoch anzusetzen, daher man auch in den Westalpen, wo irgend ein schlechter Belemnit sich zeigte, sogleich entschieden war, in der Ablagerung Lias zu erkennen.

p) Posttertiäre Schwemm- und Schutt-Bildungen. Diese zerfallen in eine geschichtete ältere Kies- und Conglomerat-Ab-

¹ Beiträge zur Altersbestimmung einiger Kalk- und Schieferformationen der östlichen Schweizer Alpen. Verhandl. der geolog. Reichsanst. 1872, pag. 266.
— Vergl. a. Studer, I. pag. 379, II. pag. 139, 198.

² Geognost. Gemälde von Deutschland pag. 339 und 575.

³ Neues Jahrbuch von Leonhard und Brönn 1846, pag. 695.

⁴ Vergl. U. Schloenbach. Ueber *Belemnites rugifer* Schloenb. aus dem eocänen Tuffe von Ronca. Jahrbuch der geolog. Reichsanst. 1868, pag. 455.

⁵ Erläuterungen zur zweiten Ausgabe der geologischen Karte der Schweiz, pag. 14.

lagerung, welche bis zu ziemlich bedeutenden Höhen über die gegenwärtige Thalsohle hinaufreicht, aus Geröllen der nächsten Umgebung gebildet wird und im Scesa-Tobel bei Bludenz mehrere Stosszähne von *Elephas primigenius* geliefert hat, und in die nicht scharf davon geschiedene Ablagerung erratischer Blöcke. Die erstere zeigt einen fluviatilen Charakter, ihre Lagerung ist aber stellenweise, wie an der Scesa bei Bürserberg, unter Zugrundelegung der gegenwärtigen hydrographischen Verhältnisse schwer zu erklären. Detail-Studien könnten hier vielleicht zu interessanten Resultaten über Thalbildung und theilweise Aenderung der Flussläufe führen. Die Anhäufung grosser, dem Hintergrunde von Montavon entstammender erratischer Blöcke zwischen Bürs und Bürserberg ist bemerkenswerth. Hier sind diese prächtigen Zeugen der Gletscherzeit noch nicht der alles nivellirenden Cultur zum Opfer gefallen, wie es leider in Nordtirol fast allenthalben entweder bereits geschehen ist oder binnen kurzem bevorsteht. — Auf dem Kalkgebirge im Norden des Klosterthals und nördlich von Bludenz konnte ich, wie nicht anders zu erwarten steht, erratische krystallinische Blöcke nicht wahrnehmen.

Ein eingehenderes Studium verdienen auch die von G ü m b e l ¹ erwähnten, die nördlichen Flysch-Gehänge des Illthales bis zu bedeutenden Höhen bedeckenden zahlreichen Urgebirgsblöcke, welche nach G ü m b e l's Beobachtungen nicht als glacialerratische Blöcke alpinen Ursprungs zu betrachten sondern, wie am Bolgen, als ausgewitterte, den Alpen fremdartige Bestandtheile eines dem Flysch angehörigen Conglomerates zu deuten wären.

4. Gebirgsbau und Lagerungs-Verhältnisse.

a) Bemerkungen über die Tektonik der nördlichen Kalkalpen überhaupt. Es wird seiner Zeit für einen Geologen, welcher das gesamte einschlägige tektonische und historische Material beherrscht, eine dankbare Aufgabe sein, ein Gesammtbild der tektonischen Verhältnisse der nördlichen Kalkalpen, die schweizerischen und französischen inbegriffen, zu entwerfen. Bei unserer gegenwärtigen noch sehr lückenhaften Kenntniss die Lösung dieses Vorwurfs zu versuchen, wäre freilich noch ein gewagtes Unternehmen. Es gestatten uns indessen schon heute vergleichende Betrachtungen zwischen den verschiedenen Gebieten der österreichischen und schweizerischen Nordkalkalpen wenigstens einige Umrisse zu erkennen, welche auf die Gestaltung des auszuführenden Bildes für diese Theile der Alpen von bestimmendem Einflusse sein dürften. Es möge, da das Gebiet, über welches diese Zeilen handeln, an dem geologisch bedeutungsvollsten Wendepunkte der Nordalpen liegt, gestattet sein, in möglichster Kürze einige dieser Contouren anzudeuten.

Wenn wir von der nördlichen Randzone absehen, welche eine gesonderte Betrachtung erheischt, so ergibt sich für den der Centralkette zunächst liegenden Hauptzug der nördlichen Kalkalpen, dass die Intensität der tektonischen Störungen in dem Masse wächst, als wir von Osten gegen Westen vorschreiten. Im steirischen, oberösterreichischen und

¹ Geognostische Beiträge zur Kenntniss von Vorarlberg und dem nordwestlichen Tirol. Jahrbuch der geolog. Reichsanstalt 1856, pag. 15.

salzburgischen Kalkhochgebirge ist der Bau des Gebirges verhältnismässig einfach. Die Neigung der Schichten ist im allgemeinen (locale Ausnahmen abgerechnet) eine sehr näsige. Einige alte, in der Geschichte dieser Berge höchst wichtige Bruchlinien bestimmen die horizontale Gliederung in gesonderte, dem Alter oder der Facies nach oft sehr verschiedene Gruppen. Im Westen der salzburgischen Grenze ändern sich die Verhältnisse. Faltungen ordnen das Gebirge zu langgestreckten, scheinbar parallelen regelmässigen Zügen (Hebungswellen v. Riehthofen). Sind die Falten gebrochen, so entstehen Ueberschiebungen, und (beinahe ausnahmslos) sind die südlichen Faltenränder über die nördlichen überschoben; die letzteren bestehen in der Regel aus jüngeren Bildungen ¹. Im nordwestlichen Tirol und in Vorarlberg sind Ueberschiebungen häufiger, als einfache Wellen. Jenseits des Rheins in den Schweizer Nordkalkalpen betreten wir einen neuen (den dritten) tektonischen Bezirk, welcher sich von dem im Osten vorhergehenden durch ausserordentliche Steigerung in der Intensität der Faltung und seitlichen Pressung auszeichnet. Hier sind in flach zusammengedrückten Falten die Schichtsysteme häufig über sich selbst in Gestalt eines von oben und unten breitgedrückten C zusammengeklappt, so dass bei scheinbar ziemlich regelmässiger Lagerung dieselben Schichtfolgen zweimal über einander erscheinen. Das System der Faltung mit allen begleitenden Erscheinungen (Brüchen, Ueberschiebungen) zeigt sich daher in den nördlichen Schweizer-Bergen in vollendetster Ausbildung, das Mass der tektonischen Störung hat hier seinen Höhepunkt erreicht.

In der Randzone machen sich auch in den östlichen Theilen der Nordkalkalpen ziemlich bedeutende Störungen bemerkbar. Es scheint die Randzone ein durchaus nach denselben Gesetzen dislocirtes Gebiet zu sein, aber in gradueller Beziehung bestehen wohl ziemlich bedeutende Verschiedenheiten zwischen dem Osten und Westen. Es genüge, auf die Steigerung in der Intensität der Faltung zwischen dem Kreide-Aufbruche des Bregenzer-Waldes und des Sentis-Gebirges hinzuweisen ².

Geologen und Geographen haben bereits wiederholt auf das verhältnismässig jugendliche Alter der durch ihre bedeutende absolute Höhe ausgezeichneten sogenannten Kettengebirge hingewiesen. Wenn man die Höhenverhältnisse der oben unterschiedenen drei tektonischen Bezirke der Hochkalkalpen sammt den denselben entsprechenden Theilen der Centralalpen unter einander vergleicht, erhält man in der That sogar für die verschiedenen Abschnitte der Alpen eine Bestätigung des geläufigen Satzes, dass, je jünger ein Gebirge ist, desto höher es auch ist. Indessen lehrt eine genauere Betrachtung aller Verhältnisse dieser drei Bezirke, dass mit der Höhe, welche das Gebirge erreicht, auch die Intensität der tektonischen Störungen wächst. Es ist dies ein für unsere gegenwärtigen Kenntnisse noch etwas paradoxes Ergebniss, da sich wohl recht gut einsehen lässt, dass durch das Uebereinanderthürmen und Zusammenziehen

¹ Das im Text Gesagte gilt für das aus der normalen Reihenfolge bestehende Gebirge. In Fällen von Anlagerung in Folge von Transgressionen entstehen selbstverständliche Ausnahmen, wie z. B. zwischen Landeck und Imst.

² Vergl. Escher, Vorarlberg pag. 57.

der sich faltenden Kalkzone ¹ für diese ein Effect erzielt wird, welcher einer Hebung im vulgären Sinne gleich kommt, aber der Grund, warum in der Axe der Mittelzone die anscheinend wenig gestörten ältesten Formationen der Alpen (Centralgneiss der Tanern und des Monte Rosa) eine

¹ Der Grund, weswegen die zahlreichen Hypothesen über die Bildung der Gebirgs-Systeme ungenügend sind, unhaltbar sein mussten, scheint mir zunächst, abgesehen von der vorherrschend ultra-plutonistischen Tendenz der meisten Hypothesen, in der Unzulänglichkeit der vorliegenden tektonisch-historischen Beobachtungen zu liegen. So lange die nötige empirische Basis mangelt, welche vertiefte geologische Untersuchungen erst liefern sollen, dürfte es kaum gelingen, mittelst einseitiger Verwendung der in Betracht zu ziehenden astronomisch-physikalischen Erfahrungen eine hinlänglich begründete Theorie der Gebirgsbildung zu constrniren.

Es mag vielleicht gestattet sein, unter speciellem Hinweis auf unsere Alpen, welche für derartige Untersuchungen sehr geeignet zu sein scheinen, einige auf geologische Empirie gestützte Andeutungen hier mitzutheilen, weniger um schon jetzt bestimmte theoretische Ansichten auszusprechen, als vielmehr um den Weg zu bezeichnen, welcher möglicherweise zu dem angestrebten Ziele führen könnte.

Man hat bisher, wie bekannt, dem in der Axe des Alpenzuges befindlichen krystallinischen Gebirge eine hervorragende Rolle in den verschiedenen Hebungs-Acten des Gebirges beigemessen und speciell die tektonischen Störungen in den jüngeren Lateralzonen dem verschiebenden und faltenden Seitendrucke des aufsteigenden Centralgebirges zugeschrieben. Es müssten daher die Nebenkette von innen nach aussen gedrängt und zusammengeschoben sein, und es müsste sich mit der Entfernung vom supponirten Herde der Bewegung in den Nebenketten eine graduelle Verminderung des Masses der teotonischen Störung bemerkbar machen. Weder das eine noch das andere ist der Fall.

Betrachten wir zunächst eine durch complicirte tectonische Erscheinungen ausgezeichnete Gegend, welche der älteren Anschaugung überaus günstig zu sein scheint: die nordtiroler Kalkalpenkette. Es ist bereits oben (pag. 139—143) darauf hingewiesen worden, dass die heutige Verbreitungsgrenze der mesozoischen Kalkbildungen gegen das Centralgebirge zu nahe mit der ursprünglichen Ablagerungsgrenze übereinkommt. Wenn es nun noch eines weiteren Beweises bedürfte, dass die riesigen Falten der nordtiroler Kalkalpen nicht die bei der Aufwölbung der Centralkette auseinandergerissene und faltenförmig bei Seite geschobene Decke, welche einst die Centralkette überspannt haben sollte, darstellen könne, so sei auf die durch A. Pichler's emsige Untersuchungen zuerst bekannt gewordenen Triaskalkberge im Süden von Innsbruck (Saile und Umgebung) hingewiesen, welche mit sehr mässig geneigten Schichten dem krystallinischen Grundgebirge anfsitzen. Es unterscheiden sich diese, allem Anschein nach ursprünglich an Ort und Stelle abgelagerten triadischen Sedimente von den im Norden des Inn befindlichen Hauptmassen der Trias durch ein mehr krystallinisches Gefüge und durch Beimengung von Glimmerschüppchen*. Im Süden des Inn sehen wir daher über das krystallinische Grundgebirge transgreirende triadische Sedimente in nahezu ungestörter Lagerung, im Norden des Inn treffen wir den vielfach gefalteten, übersehenen und widersinnisch überkippten Zug der nördlichen Kalkalpen. Eine einfache Erwägung lehrt nun, dass die steil aufgerichteten, gefalteten

* Auch im Rhätikon ändert sich gegen Süden (Mittagsspitze im Montavon und Umgebungen des Lüner See's) der lithologische Charakter. — An dem triadischen Alter der Kalke der Saile u. s. f. hatte ich früher gezweifelt. Im Museum der geologischen Reichsanstalt befindliche, unzweifelhafte Handstücke von Cardita-Schichten, sowie die von meinem Collegen Dr. G. Stache während des letzten Sommers gemachten Erfunde haben mich vollständig über die zuerst geäusserten Zweifel beruhigt. Die theilweise abweichende petrographische Beschaffenheit ist allem Anschein nach eine ursprüngliche, nicht erst durch spätere Metamorphosen herbeigeführte.

so bedeutende Höhe erreichen, lässt sich vorläufig mit einiger Wahrscheinlichkeit noch nicht erkennen. Man wird daher vielleicht gut thun, bis auf weiteres die Correspondenz zwischen Gebirgshöhe und Intensität der Dislocationen als eine zufällige Erscheinung zu betrachten.

Was nun speciell die unterschiedenen drei tektonischen Bezirke der Nordkalkalpen betrifft, so haben den östlichsten derselben, wie ich in meiner Arbeit über das Salzkammergut¹ auszuführen Gelegenheit haben werde, bereits während der Triaszeit tektonische Störungen betroffen, welche von bestimmendem Einfluss für die Gruppierung des Gebirges und die Verbreitung der jüngeren Formationen wurden. Die nachfolgenden Niveau-Aenderungen oscilliren theils in diesen vorgezeichneten Grenzen, theils lassen sie sich auf die allgemeine Sockelerhöhung des östlichen Alpenmassivs während und nach der Kreidezeit zurückführen. In Nordtirol und Vorarlberg treten zwar geringe tektonische Störungen während der Ablagerung der karnischen Stufe und des Jura ein, doch sind diese in ihrer Wirkung localisiert und ohne Einfluss auf den Gesammeffect der erst während der mittleren Kreidezeit sich vollziehenden allgemeinen Terrain-Erhebung. Während der oberen Kreidezeit erfolgt wieder Einbruch des Meeres in das nordtirolische Gebiet, aber nicht allgemein, sondern in schmalen Canälen, welche die Erosion seit der Trockenlegung bereits ausgefurcht hat. Es ist bezeichnend für den Gang der erwähnten Hebung, dass, während im Salzkammergut bereits die neocomen Sedimente in Thalrinnen lagern, im östlichen Theil von Nordtirol die neocomen Bildungen noch der Verbreitung des Jura folgen und blos die Gosau-

und überschobenen nördlichen Ablagerungen, wenn man sich dieselben horizontal ausgebreitet denkt, eine um Vieles breitere Zone darstellen müssten, als der gegenwärtig von den Triaskalkalpen eingenommene Gebietsstreifen es ist. Eine ursprünglich weitere Ausdehnung gegen Süden ist außer andern Gründen schon deshalb ausgeschlossen, weil bereits unmittelbar im Süden des Inn in den wenig gestörten Ablagerungen der Innsbrucker Bucht die lithologische Facies der Triasbildung eine verschiedene ist. Die Thatsachen nötigen uns daher die Folgerung auf, dass die gegenwärtig auf eine schmale Zone zusammengedrängten Ablagerungen ursprünglich sich viel weiter gegen Norden ausgebreitet haben müssen. Es hat mithin nicht eine seitliche Zusammenklappung der über das Terrain der Centralkette ausgebreiteten Kalkdecke stattgefunden, sondern es hat sich das ursprünglich schon seitlich abgelagerte Kalkgebirge von aussen gegen innen zusammengeschoben. Es hat in Folge horizontaler Raumverminderung eine Contraction stattgefunden. Ob und in wiefern dieser von aussen kommende Druck auch auf die Erhöhung oder Aufpressung der Mittelzone Einfluss geübt haben mag, muss vorläufig noch dahingestellt bleiben.

In den salzburgischen, österreichischen und steyrischen Alpen zeigt der dem Centralgebirge zunächst gelagerte Streifen des mesozoischen Kalkgebirges sehr einfache, nur wenig gestörte Lagerungs-Verhältnisse. Eine dynamische Einwirkung der Centralkette ist nicht zu erkennen. Die äusseren Randketten derselben Gebirgs Abschnitte aber sind ziemlich bedeutend gestört und fallen insgesamt, gleich der Flyschzone, dem Inneren des Gebirges widersinnisch zu. Hier tritt also ebenfalls in klarer Weise das gerade Gegentheil dessen ein, was wir oben als nothwendige Consequenz einer dynamischen Rolle des Centralgebirges bezeichneten.

Mit diesen Beispielen, welche sich leicht durch Anführung analoger Fälle aus den Südalen und aus den Karpathen vermehren liessen, möge es vorläufig sein Bewenden haben.

¹ Diese wird unter dem Titel „Das Gebirge um Hallstatt“ im VI. Bande der „Abhandlungen“ der k. k. geologischen Reichsanstalt erscheinen.

Schichten selbständig in Thalbecken auftreten, im westlichen Theil von Nordtirol dagegen Ablagerungen der Gosau-Stufe nur auf den Gipfeln der Triaskalkberge vorkommen. Die mit dem Einbruch des Gosaumeeres verbundene Depression des Sockels mag bereits die heutigen Structur-Verhältnisse der nordtiroler Kalkalpen in energischen Umrissen vorgezeichnet haben. Der Beginn der Tertiärzeit sieht die gesammten Trias-kalkalpen wieder gehoben; oligoäne Bildungen dringen jedoch wieder, wenn auch nur in vereinzelten Buchten, in das Kalkgebiet ein und deuten auf eine abermalige, aber nur vorübergehende Depression hin. In den nördlichen Schweizer-Alpen nehmen an den grossen Structur-Störungen der Hochkalkalpen noch die älteren Tertiärbildungen Anteil, daher erst nach deren Ablagerung in der Schweiz eine allgemeine Sockelerhöhung stattgefunden haben kann.

Da die Randzone durchaus einen uniformen Charakter zeigt, müssen wir eine gleichartige tektonische Geschichte für den ganzen Verlauf derselben annehmen. Gerade hierin gibt sich aber wieder ein wesentlicher Unterschied zwischen ost- und westrheinischen Alpen zu erkennen. Im Osten des Rheins war das Gebiet der nördlichen Kalkalpen bereits längst dem Meeres-Niveau entrückt und den eiselirenden Einflüssen der Denudation preisgegeben, als nach der Ablagerung des (oligocänen) Flysch ein schmaler Streifen Landes entlang dem Rande des mesozoischen Kalkgebirges dem Bereich der Wogen entzogen wurde. Es war dies wohl dieselbe continentale Hebung, welche auch den Rückzug des Meeres aus den Schweizer-Alpen zur Folge hatte. Ihr folgte in der jüngeren Tertiärzeit eine theilweise Rücksenkung der Randzone, in Folge welcher die widersinnische Südwartsdrehung der Molassen-Schichten erfolgte und der Boden der bestandenen grossen Querthalen unter das Niveau des vorgelagerten Molassenlandes versenkt wurde, wodurch die grossen Randseen zu Stande kamen¹.

b) Der Rhätikon im Besonderen.

Ill-Durchschnitt (Tafel VI, Nr. 1). Wir beginnen unsere übersichtliche Betrachtung des Gebirgsbaues des Rhätikon am zweckmässigsten am Durchbruch der Ill durch das Kalkgebirge zwischen Schruns und Ludesch, nicht weil, wie v. Richthofen meinte, der Ausgang des Montavon „der Knotenpunkt“ ist, in welchem die Haupthebungsrichtungen des Rhätikon „sich vereinigen“, sondern weil längs dieser Durchschnittslinie die innige Verknüpfung des Rhätikon mit dem östlichen Kalkgebirge in unzweideutiger Weise ausgesprochen ist. Die beiden Thalseiten am Ausgange des Montavon zwischen St. Anton und Brunnenfeld entsprechen einander vollkommen, die rhätischen Schichten, welche am rechten Ill-Ufer anstehen und schon dem Markscheider A. R. Schmidt als Fundort von Megalodonten bekannt waren, setzen am linken Ill-Ufer ununterbrochen fort und bilden ganz regelmässig die Unterlage der Liassschichten der Nonnenspitze, des Rothorn, der Zimbaspitze u. s. f.; v. Richthofen aber liess sich durch die Aehnlichkeit gewisser knollig-plattiger Kalke der Kössener Schichten mit Virgloriakalk verleiten, die rhätischen

¹ Vergl. Medlicott. The Alps and the Himalayas. Quart. Journ. Geol. Soc. of London, 1868, pag. 34. — Rütimeyer. Ueber Thal- und See-Bildung. Basel 1869.

Kalke am Nordgehänge des Tantamausus-Kopfes für Virgloriakalk zu nehmen¹ und schloss daraus auf das Vorhandensein der höheren Triasglieder. Die factisch bestehende Differenz zwischen den beiden Thalseiten beschränkt sich auf die ungleiche Breite des Hauptdolomites, welche ihren Grund entweder in einer localen neueren Lagerungsstörung auf einer der beiden Thalseiten hat oder auf eine der Ablagerung der Rhätischen Stufe vorangehende Dislocation zurückzuführen ist, analog den Verhältnissen am Zürsser Pass im Norden von Stuben, auf welche wir noch zurückkommen werden.

Bevor wir aber die einzelnen Züge verfolgen, welche dieser Durchschnitt verquert, wollen wir erst mit einigen Worten des isolirten Triaskalkstockes der Mittagsspitze zwischen dem Gauer- und Gampadell-Thal, südwestlich von Schruns gedenken, welcher in ganz analoger Position zu dem Hauptzuge der Triaskalkalpen sich befindet, wie die Saile im Süden von Innsbruck zu dem Kalkgebirge im Norden des Inn. Die Mittagsspitze bildet eine freiaufragende ringsum isolirte Masse von Triasbildung, ihr Gipfel besteht aus Hauptdolomit, welcher ebenso wie in der Umgebung des Lütnersee's bereits einen etwas abweichenden lithologischen Charakter zeigt (siehe oben: Hauptdolomit); an ihrer Basis liegen Verrucano und Grauwackenschiefer, und diese gesammte Masse erhebt sich über einem Sockel krystallinischer Schiefer. Die Verbindung mit dem Hauptzuge der Triaskalkalpen stellen zwei die krystallinische Halbinsel des Hohen Mann umziehende Arme von Grauwacken- und Verrucano-Gesteinen her, deren südlichen bis nahe zur Thalsohle des Gauerthals die triadischen Formationen begleiten und deren nördlichem zwischen Tschaguns und Vandans eine Scholle von Muschelkalk und Partnach-Schiefern aufgelagert ist.

Der bereits eingangs erwähnte Hauptzug des Rhätikon, welchem das Davenna-Gebirge, die Zimbaspitze und die Scesaplana angehören, zeigt längs des prachtvoll entblössten Ill-Durchschnittes mit immer steilerem Nordfallen die regelmässige Reihenfolge der Formationsglieder vom Grauwackenschiefer an bis zu den liasischen Fleckenmergeln hinauf. Man trifft die letzteren auf dem rechten Ill-Ufer, wenn man unmittelbar vor der die Alfenz nächst dem Einflusse derselben in die Ill übersetzenden Brücke den daselbst anstehenden rhätischen Kalken im Streichen folgt. Nach wenigen Minuten von der Brücke weg gelangt man bereits zu den rothen unterliasischen Kalken (Adnether Schichten) und unmittelbar darauf erreicht man die Fleckenmergel, welche von hier an am linken Alfenz-Ufer bis beiläufig gegenüber von Bratz zu verfolgen sind. Auf dem linken Ill-Ufer erscheint die Liaszone, ebenso wie die rhätische, wegen der bereits erwähnten grösseren Breite des Hauptdolomit-Zuges, etwas gegen Norden verschoben. Man trifft sie am Gehänge des Gebirges zwischen dem Ennen-Tobel und der Schlossruine Sonneck, welche auf einem zu Conglomerat erhärteten Schuttkegel der älteren Geschiebe-Ablagerung nächst der Mündung des Alvier-Baches in das Alluvial-Gebiet der Ill sich erhebt. Gegen Norden ist unser Hauptzug, welchen wir, um in der Folge einen präcisen tektonischen Ausdruck für denselben zu besitzen, die „Zimba-Scholle“ nach der imponirendsten

¹ v. Richthofen, loc. cit. 1859, pag. 121, Fig. 3.

Felsgestalt des Zuges, der Zimba-Spitze, nennen wollen, durch eine Bruchlinie abgegrenzt, welche auf dem rechten Ill-Ufer mit dem Lauf der Alfenz zusammenfällt, und auf dem linken Ill-Ufer nahezu durch den Unterlauf des Alvierbaches bezeichnet wird.

Im Norden der Zimba-Scholle trifft die Durchmittslinie den Gewölb-Aufbruch von Rungelin, welcher im Osten bis Dalaas reicht und westlich über die berühmten Bürser Muschelkalk-Steinbrüche in den Rhätikon fortsetzt. Im Osten der Ill wird der südliche Schenkel durch die Bruchlinie der Zimba-Scholle abgebrochen. Wir treffen von Süden gegen Norden vorwärtschreitend Arlbergkalk, Partnach-Schichten, Muschelkalk. In den tiefsten Lagen des letzteren klafft das Gewölbe (Einsenkung von Rungelin). Nördlich folgen als Unterlage der schroffen nördlichen Dolomit-Mauer des Klosterthals wieder Partnachschichten und Arlbergkalk¹, mit mässig geneigten Schichten gegen Norden einfallend. Anstatt nun wie auf der Höhe des Gebirges auf gleichförmig orientirte Rauchwacken-Lager und Hauptdolomit zu treffen, stossen wir am Gebirgsfusse nächst Obdorf im Norden von Bludenz auf südlich fallende Rauchwacke und weiterhin im Galgentobel auf conform gelagerten Arlbergkalk, ferner bei Gassner's Sommerhaus in Vorderlatz auf Partnachmergel. Wir befinden uns am östlichen Beginn einer Ueberschiebung, welche im nördlichen Theil des Rhätikon eine ziemlich bedeutende Rolle spielt und bis Triesnerberg in Lichtenstein zu verfolgen ist. Aus dem weiteren Verlauf der Darstellung wird sich die Rechtfertigung dafür ergeben, dass wir die tektonische Zone von Rungelin als „Alpila-Scholle“ (nach der Alpila-Spitze WSW. von Bürserberg) und die nördlich folgende als „Drei-Schwester-Scholle“ bezeichnen. Die Partnachmergel von Vorderlatz bilden einen sehr beschränkten Aufbruch, welcher nach allen Richtungen von Arlbergkalk umgeben wird. Bei Nüziders steht am Gebirgsgehänge Flysch an, höher aufwärts im Graben, welcher vom Hohen-Frassen herunter kommt, findet man liasische Gesteine. Flysch und Lias, welche sich augenscheinlich hier in übergreifender Lagerung befinden und die vom Hohen-Frassen zum Madonnenkopf ziehende Felsrippe von Hauptdolomit überflutet haben, verdecken den Rauchwackenzug, welcher vom Südgebänge des Hohen-Frassen her hier durchstreichen müsste. Im Norden des steil aufgerichteten Hauptdolomits des Madonnenkopfes treffen wir wieder auf Flysch, welcher mit mässig geneigten Schichten den verschiedenen orientirten Felstafeln des Hauptdolomits zufällt. Wir haben hier bereits die südliche Flysch-Zone des Bregenzer Waldes erreicht und somit die Grenze der Trias-Kalkalpen überschritten.

Die drei von dieser Durchmittslinie getroffenen Schollen bilden den weitaus grössten Theil des Rhätikon. Nur zwischen der Zimba- und der

¹ Auf halber Höhe zwischen Obdorf und der Furkel findet man über dem Arlbergkalk Trümmer von rhätischen Kalken mit Fossilien und zahllose Blöcke von rothem Lias Marmor. Die dichte Vegetation gestattet zwar nicht, das anstehende Gestein zu constatiren, doch verbietet die Beschränkung der erwähnten eckigen Gesteinstrümmer auf einen kleinen, zusammenhängenden Bezirk jede anderweitige Deutung, wie etwa die von erratischen Blöcken. Es sind augenscheinlich durch Menschenhand aus dem Wiesengrunde entfernte Trümmer des anstehenden Gesteins. Folgt man dem Gehänge in den Galgentobel, so gelangt man alsbald wieder auf die Felsschroffen des Arlbergkalks.

Alpila-Scholle schaltet sich zwischen dem Brander- und dem Saminathal noch eine vierde, kleinere Scholle ein, die „Gorvion-Scholle“ (nach dem Gorvion-Berg zwischen Gamperthon und Samina).

Die Zimba - Scholle.

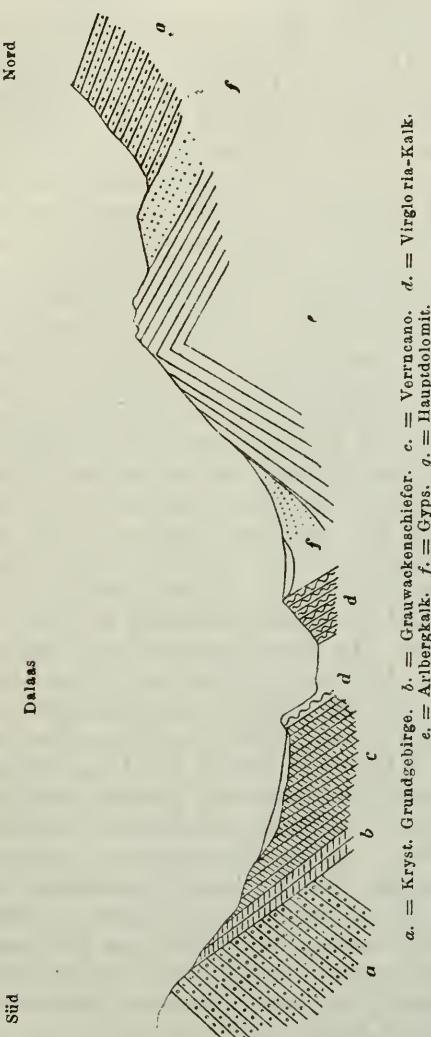
Den östlichen Beginn der Zimba-Scholle nehmen wir bei Dalaas, südlich der Alfenz, an. Man könnte, da das der Alpila-Scholle angehörige Gewölbe im Norden von Dalaas sich gegen Osten völlig schliesst, den südlichen Schenkel des bei Klösterle im Westen beginnenden Trias-Aufbruches als das tektonische Aequivalent der Zimba-Scholle betrachten und müsste dann den Beginn der Zimba-Scholle an die vorarlbergisch-tirolische Grenze versetzen¹.

Dalaas selbst, soweit es auf dem linken Alfenz-Ufer liegt, gehört bereits der Zimba-Scholle in der von uns angenommenen Begrenzung an; es steht auf Muschelkalk.

Oestlich davon reichen Verrucano und Grauwacke bis an die Alfenz herab, westlich tangiren der Reihe nach Partnachmergel, Arlbergkalk, Gyps mit Rauchwacke und Hauptdolomit die Thalrinne der Alfenz. Erst gegenüber von Bratz reichen rhätische Kalke und Lias an die Bruchlinie, welche von Dalaas bis Brunnenfeld bei Bludenz genau mit der Thalsohle des Klosterthalles zusammenfällt.

Zwischen Bratz und Dalaas schneidet mithin die Bruchlinie

Fig. 1.



sämmtliche Formationsglieder der Reihe nach ab.

Auf dem linken Ill-Ufer verläuft die nördliche Grenze der Zimba-Scholle bis südlich von Brand nahezu übereinstimmend mit der Thalsohle des Alvierthalles; nur unterhalb der Mündung des Sarotlathales reicht ein schmaler Saum von Arlbergkalk, welcher der Gorvion-Scholle an-

¹ Eine weitere Berechtigung zu einem derartigen Vorgang könnte darin erblickt werden, dass der Muschelkalk von Dalaas factisch auf eine kurze Strecke auf das rechte Alfenz-Ufer übertritt, wo derselbe den Gyps des südlichen Schenkels des Rungelin-Gewölbes tangiert.

gehört, auf das rechte Alvier-Ufer herüber. Von dieser Gegend an compliciren sich die Verhältnisse. Bis zur Alvier-Schlucht im Westen reichen die jeweilig jüngsten Formationen bis an die Bruchlinie; unterhalb der Mündung des Sarotlathales jedoch taucht unter den liasischen Schichten die rhätische Stufe hart am Bruchrande auf, als Gegenflügel einer Mulde, welche von den Liasfleckenmergeln des Sarotlathales eingenommen wird. Oberhalb Brand schneidet eine Verwerfung transversal in die Zimba-Scholle ein und bewirkt eine ziemlich bedeutende verticale Verschiebung des westlichen Theiles des Scesapiana Massivs. Diese Verwerfung beginnt im Süden etwa in der Gegend östlich des Wildenberges, der Betrag der Verschiebung nimmt gegen Norden successive, aber ziemlich rasch an Höhe zu, so dass rhätische Kalke bei der Schattenlagend-Alp mit einem ziemlich tiefen Niveau des Hauptdolomits, weiter thalauswärts mit Rauchwacke und Arlbergkalk, späterhin endlich mit Partnachmergeln, Muschelkalk und Verrucano zusammenstossen. Es erscheint daher im Osten des Alvierthals die Zimba-Scholle mit steil aufgerichteten Schichten gegen Norden versenkt, während westlich auch am Nordrande die tieferen Formationsglieder bis zum Verrucano abwärts als Gegenflügel einer weiten flachen Mulde auftauchen.

Aber gerade in dieser letzteren Gegend tritt am Nordrande eine weitere Complication ein, indem sich im Westen von Brand die kleine Golvion-Scholle von der Zimba-Scholle abtrennt. Ein vom Mottenkopf nach Brand gelegter Durchschnitt lässt noch ein völlig normales Profil erkennen. Erst im Norden des Verrucano-Aufbruches von Brand treten tektonische Störungen auf. Ein parallel dem vorigen gelegter Durchschnitt längs der linken Thalseite von Zalim zeigt jedoch über der nach Palüd fortschreitenden Arlbergkalk-Zone des Nordfusses des Mottenkopfes eine aus Muschelkalk, Partnachmergel und Arlbergkalk bestehende Schichtenreihe eingeschoben. Es bezeichnet daher die untere Zalim-Alp den Beginn einer neuen longitudinalen Störungslinie, durch welche der nördlichste Streifen der Zimba-Scholle zu einer kleinen selbständigen tektonischen Einheit von der Hauptmasse losgelöst wird.

In Folge dieser Complications erscheint die nördliche Grenze der Zimba-Scholle in der Umgebung von Brand etwas unbestimmt. Weiter gegen Westen fällt die Grenze nur bis auf die Höhe des Virgloria-Passes (Amatschon-Joch der neuen Generalstabskarte) mit einer Terrain-Tiefenlinie zusammen. Von letzterem Punkte an bis zum Abbrüche der Triasbildung nördlich vor dem Auxberge verläuft die Ueberschiebungslinie der beiden Schollen mitten auf der rechten Thalwand des Gamperthonthales.

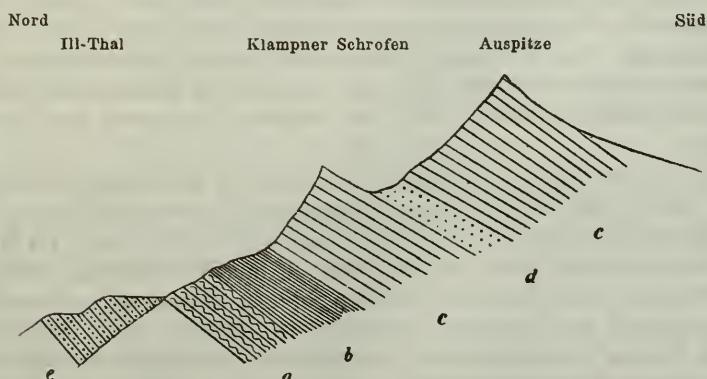
Was die Streichungsrichtung der Schichten anbelangt, so zeigt sich in dem östlich der Ill gelegenen Abschnitte (Davenna - Gebirge) noch die in den Nordkalkalpen herrschende ostwestliche Richtung. Im Westen der Ill jedoch beginnt sofort ein ausgesprochenes südwestliches Streichen. Im Hintergrunde des Gamperthonthales biegen die vom Virgloria-Passe her südwestlich streichenden Schichten in ziemlich reine Südrichtung um. Der Verlauf der Bruchlinie, welche die Zimba-Scholle von der Alpila- und Golvion-Scholle trennt, ist, wie aus der vorhergehenden Darstellung hervorgeht, im Allgemeinen nichts weniger als parallel mit der

Streichungsrichtung. Nur im Westen fällt die Ueberschiebungslinie über die Gorvion-Scholle zusammen mit der Streichungsrichtung der Schichten.

Des südöstlichen Ausläufers der Zimba-Scholle, welcher die Verbindung mit der isolirten Triaskalk-Masse der Mittagsspitze herstellt, wurde bereits erwähnt. Derselbe löst sich mittelst eines im Muschelkalk klaffenden Sattels zwischen Schaf-Gafahl und Zalundi vom Zuge der Zimba-Spitze los und reicht mit seinen successive gegen Südosten versinkenden Schichten zwischen Hohen-Mann und Geis-Spitze bis in das Gauer-Thal. Er liegt hart am Rande der grossen Trias-Versenke des Prättigau und wird daher gegen Süden, ebenso wie die Hauptmasse der Zimba-Scholle, von jüngeren Bildungen schroff abgeschnitten.

Die Alpila-Scholle. Es wurde bereits erwähnt, dass die östlich bei Obdorf nächst Bludenz anhebende Dislocationslinie das nach Westen fortsetzende Gebirge in zwei Schollen zerschneidet, von denen die südlichere die Alpila-Scholle ist. Die Anknüpfung an das östlich der Ill gelegene Gebirge vermittelt in tektonischer Beziehung der Muschelkalk-Aufbruch von Rungelin, als dessen directe Fortsetzung das stark zusammengeklappte Muschelkalk-Gewölbe von Bürs zu betrachten ist. Der tiefe Einriss des nahe westlich von Bürs laufenden Scesabaches, durch welchen zu wiederholten Malen die verderblichen Schutttürze der Scesa erfolgten, zeigt im Norden und Süden des mit beiden Schenkeln steil nach Norden einfallenden Muschelkalk-Gewölbes Partnachmergel und Arlbergkalk. Weiter im Norden, im Buchwald, steht südfallender Arlbergkalk an, die tektonische Fortsetzung der Schichten des Galgentobel bei Bludenz; die Grenze der verschiedenen Fallrichtungen bezeichnet daher die nördliche Grenze der Alpila-Scholle. Im Süden folgt unmittelbar unter der Brücke von Bürserberg über dem Arlbergkalk Rauchwacke, die oberflächlich durch jüngere Schuttmassen getrennte Fortsetzung des Rauchwackenzuges zwischen dem Hauptdolomit des Alpila-Kopfes und dem Arlbergkalk der Mondspitze. Südlich von der Rauchwacke der Bürserberg-Brücke und weiterhin südlich am linken Thalgehänge des Alvierthal des steht Arlbergkalk mit abweichend orientirten Schichten an, welcher die Unterlage des mächtigen Gypslagers des

Fig 2.



a. = Virgloria-Kalk. *b.* = Partnach Schichten. *c.* = Arlberg-Kalk. *d.* = Rauchwacke. *e.* = Flysch

Loischkogels bildet und mit diesem der Gorvion-Scholle angehört. Es besteht daher die Alpila-Scholle bei ihrem Eintritt in die Gebirgsmasse des Rhätikon nur aus einer sehr schmalen, im Relief des Terrains noch nicht markirten Gesteinszone, entsprechend den bei ihrem Beginn jenseits der Ill herrschenden Verhältnissen. Ihre nördliche Grenze, welche beiläufig über den Sattel zwischen Mondspitze und Klampnerschroffen, wo Rauchwacke zum Vorschein kommt, und durch das Gamphthal verläuft, bleibt bis zur lichtensteinischen Grenze am Guschgfiel-Joch durch eine den Arlbergkalk durchsetzende Bruchlinie markirt, welche sich theils wie am Joch zwischen Klampnerschroffen und Mondspitze durch eine Ueberschiebung von Arlbergkalk über Arlbergkalk zu erkennen gibt, theils, wie im Gamphthal, eine kaum merkliche verticale Verschiebung der ziemlich flach gelagerten Schichten hervorbringt. Am Guschgfiel-Joch hingegen treten unter dem der Alpila-Scholle angehörigen Streifen von Arlbergkalk Partnachmergel und Muschelkalk hervor, und von Norden her unterteuft der Hauptdolomit des Gallina-Kopfes die ältere Schichtfolge. Diese Verhältnisse bleiben sich gleich längs der südlichen Grenze der Hauptdolomit-Masse der Drei Schwestern.

Deutlich beobachtet man im Saminathal die Ueberlagerung der flach fallenden Dolomitbänke durch Muschelkalk, Partnachmergel u. s. f., welche scheinbar concordant folgen. Auf der linken Thalseite des Saminathales taucht sogar noch Verrucano zwischen Hauptdolomit und Muschelkalk auf. Nach Uebersetzung des Scheidekammes zwischen Samina- und Rheinthal dreht sich auch die Ueberschiebungslinie conform der veränderten allgemeinen Streichungsrichtung scharf rechtwinklig gegen Süden. Der Muschelkalk von Salem überlagert den schmalen Hauptdolomit-Streifen von Maseschen, welcher die Fortsetzung des Drei Schwestern-Dolomites ist. Im Süden des grossen Bergsturzes von Triesnerberg erscheint als Basis der Alpila-Scholle der bekannte Verrucano des Heubühel (Heupiel der Karte), welcher aber nicht mehr von Hauptdolomit, sondern von Muschelkalk unterteuft wird. Im Süden des Heubühel nimmt die Ueberschiebung ihr Ende, bevor noch der Abbruch gegen die Kreidebildungen erreicht ist.

Die südliche Grenze gegen die Gorvion-Scholle ist bis in das Gebiet der Sareis-Alp bezeichnet durch eine längs der Südgrenze des Hauptdolomits, des Alpila-Kopfes und Fundel-Kopfes hinlaufende, das Gamperthonthal bei der Gamperthon-Alp übersetzende Verwerfung. Auf eine kurze Strecke läuft die dislocirende Grenze weiterhin durch Arlbergkalk, aber bereits im Hintergrunde des Malbunthales tauchen an der Basis der Gorvion-Scholle Partnachmergel und Muschelkalk auf, welche theils Arlbergkalk, theils Hauptdolomit der Alpila-Scholle überlagern. Im hinteren Saminathal biegen Ueberschiebungslinie und Streichungsrichtung wieder scharf nach Süden um.

So endet die Alpila-Scholle, wie sie begonnen, in einem schmalen Streifen, welcher vor den mächtigen jüngeren Bildungen des Naafkopfes plötzlich abbricht.

In Bezug auf die Streichungsrichtung wäre noch zu bemerken, dass mit dem Erreichen des Saminathales ganz allgemein entschiedenes Nord-Süd-Streichen eintritt.

Die Goryion-Scholle. Die Begrenzung dieser kleinen Scholle geht bereits aus der Darstellung der Nordgrenze der Zimba-Scholle und der Südgrenze der Alpila-Scholle hervor.

Auch wurde des Ineinandergreifens der Zimba- und der Goryion-Scholle südlich bei Brand schon oben gedacht.

Erwähnung verdient noch die locale Senkung der südlich vom Gyps des Loischkogels folgenden kleinen Partie von Hauptdolomit.

Die Drei-Schwester-Scholle. Die Südgrenze ist mit der oben geschilderten Nordgrenze der Alpila-Scholle identisch. Die Nord- und Westgrenze bildet die südliche Flyschzone des Bregenzerwaldes.

Diese Scholle wird ausschliesslich von der Fortsetzung des südlichen Schenkels des Aufbruchs von Latz gebildet. An ihrer Basis erscheint entlang dem Nordrande fast durchaus Muschelkalk. Nur am Ausgange des Gallinathales taucht auf geringe Erstreckung unter dem Muschelkalk Verrucano auf. Bis in das Gamptthal nach Westen verläuft die Goryion-Scholle als ein schmales Band, im Südosten von Nenzing aber nimmt sie an Breite durch Ausdehnung gegen Norden zu. Mit dem Rheinthal dreht sich das Streichen aus dem westöstlichen in nordsüdliches.

Rückblick. Der scheinbar so verwickelte Gebirgsbau des triadischen Rhätikon lässt sich sonach, wie aus den vorangehenden Mittheilungen erhelljt, auf sehr einfache Verhältnisse zurückführen. Dabei spricht die regelmässige Wiederkehr gewisser Erscheinungen eher für eine bestimmte Gesetzmässigkeit, als für ein zufälliges Uebereinstimmen.

Drei Bruchlinien zertheilen das Gebirge in longitudinaler Richtung in vier mehr oder weniger vollkommen isolirte tektonische Elemente. Die innerste auf das im Süden zu Tag ausgehende krystallinische Grundgebirge sich stützende Scholle, die Zimba-Scholle, reicht im Norden mit ihren jeweilig jüngsten Schichten an den Bruchrand, nach der Umbiegung des Streichens in die Nordsüdrichtung aber kehrt sie die Schichtenköpfe sehr tiefer Formationsglieder gegen Norden und Westen. Die drei äusseren Schollen zeigen regelmässig am inneren Bruchrande jüngere Schichten, als am äusseren, so dass die stratigraphische Basis der einzelnen Schollen immer an den äusseren Bruchrand zu liegen kommt. Folge der Südwärtssdrehung der gesammten Triaskalk-Zone ist es, dass die inneren Schollen von den äusseren rechtwinklig umfasst werden.

Kurz vor und nach erfolgter Südwärtssdrehung erfolgt regelmässig die dachziegelförmige Ueberschiebung der inneren Scholle über die äussere.

Die Gesamtheit der hier geschilderten tektonischen Verhältnisse spricht wieder mit grossem Gewichte gegen die alte Auffassungsweise, welche in den tektonischen Störungen die Aeusserungen einer hebenden und besonders vom Innern der Alpen gegen aussen wirkenden Kraft erkennt wollte. Die Ueberschiebungen der inneren Schollen über die äusseren sind auch in vorliegendem Falle nur durch eine Contraction der gesammten Kalkzone von aussen gegen innen verständlich.

Das Kreide-Gebirge des Rhätikon. Es ist im Verlaufe dieser Blätter wiederholt bereits auf den grossen Einsturz des Triaskalk-Gebirges hingewiesen worden, welcher den Zusammenhang des Rhätikon mit den südostbündnerischen Triaskalkbergen aufgehoben hat. Dass dieser Einsturz nicht plötzlich eintrat, sondern sich nur sehr allmälig

vollzog, ist sehr wahrscheinlich. Man möchte beinahe annehmen, dass das Prättigau vom Beginn des Lias an bis zum Eintritt des Flysch-Meeres ununterbrochen ein Senkungsfeld war.

Ueber den Anteil, welchen die Kreidebildungen am Aufbau des heutigen Rhätikon nehmen, wurde bereits oben (pag. 156.) gesprochen. Es sei hier nur nochmals daran erinnert, dass sich im Westen unter den Kreidebildungen auch jurassische Ablagerungen in der schweizerischen Facies bis zum untersten Lias abwärts zeigen, während im Osten die Kreide über krystallinische Schiefer und Verrucano transgredirt, was auf eine von West nach Ost vorschreitende allmäßige Senkung hinweist. Da in das Innere des Rhätikon Flysch nicht mehr eindringt, so dürfen wir vielleicht annehmen, dass nach Ablagerung der oberen Kreide der Kreidestrich zwischen dem Flysch im Süden und der Trias im Norden dem prättigauischen Senkungsfelde entrückt wurde.

Mit Bezug auf die Kreide im Westen des obersten Gamperthonthales möchte ich bemerken, dass es eingehenderen Untersuchungen gelingen dürfte, auch die an Mächtigkeit sehr reducirete Neocom-Stufe nachzuweisen.

Am Falkniss und vielleicht auch noch im Gebirge östlich davon wurde ferner aller Wahrscheinlichkeit nach der Kreide auf Unkosten des Jura eine zu grosse Ausdehnung gegeben. Die Richtigstellung der Formationsgrenzen wird aber in diesen Gebirgen mit einem ziemlichen Aufwande von Zeit und Mühe verbunden sein.

Das Gebirge im Norden des Klosterthales. Wegen der Details, welche dieses Gebiet betreffen, verweise ich auf die bereits ziemlich eingehenden Darstellungen v. Richthofen's, denen ich nur wenige Bemerkungen beizufügen habe. Eine derselben betrifft die Umgebungen von Lech und Zug im obersten Lechgebiet. v. Richthofen verzeichnet¹ bei Zug einen im Muschelkalk klaffenden Trias-Aufbruch und gibt den triadischen Bildungen, welche dem Hauptdolomit im Alter vorangehen, eine ziemlich ansehnliche Ausdehnung, auf Unkosten wie mir scheint des Hauptdolomits und des Lias. So vermochte ich in dem angeblichen Arlbergkalk des rechten Thalgehänges bei Lech und Zug nichts anderes zu erkennen als Hauptdolomit. Echter Arlbergkalk dagegen steht jenseits des Lech im Liegenden des Gypses des Kriegerhorns an. Nach dem Aufbruch bei Zug suchte ich vergebens. Wahrscheinlich hat die petrographische Aehnlichkeit der am rechten Lechuf er anstehenden schwarzen Liasschiefer v. Richthofen veranlasst, Partnachmergel anzunehmen, aus welcher Deutung sich die angewendete Construction wohl rechtfertigen lässt. Es treten hier in unmittelbarster Nachbarschaft zwei petrographisch sehr ähnliche Schieferbildungen auf: die dem System des Arlbergkalk angehörigen schwarzen Mergelschiefer und sandsteinartigen Mergel, aus denen wohl Escher's Pflanzenfunde stammen, und die bei häufig der mittleren Abtheilung der Allgäu-Schiefer entsprechenden schwarzen, manchmal flyschähnlichen Liasschiefer, welche ich von Am Lech ununterbrochen bis auf den Sattel zwischen Aarhorn und Juppenspitze verfolgen zu können meinte. Ich

¹ Loc. cit. Jahrbuch d. k. k. geolog. Reichsanst. 1861 und 1862, pag. 104.

kann mit Bezug auf letzteren Umstand nicht mit völliger Sicherheit sprechen, da auch mich im Gebiete des Lech ungünstiges Wetter verfolgte; aber bestimmt kann ich angeben, dass die angeblichen Partnachmergel bei Am Lech petrographisch nicht übereinstimmen mit den echten Partnachmergeln, dagegen den erwähnten Liasschiefern sehr ähnlich sehen. Von Virgloriakalk bemerkte ich nichts, wohl aber hornsteinführende Kalke vom Aussehen der gewöhnlich mit den Allgäuschiefern verbundenen.

Zu Bemerkungen anderer Art veranlassen mich die scheinbar ganz rätselhaften Inseln von Hauptdolomit im Gebiete der Allgäuschiefer, welche anfänglich die Annahme einer über dem Allgäuschiefer liegenden Dolomit-Etage veranlassten¹ und späterhin als Beweise localisirter Hebungscentra angesehen wurden². In dieselbe Kategorie von Erscheinungen gehört die an einigen Stellen, wie am Zürsser Passe, am Spullers-Joche, vielleicht auch am rechtsseitigen Eingange von Montavon, eintretende plötzliche Reduction der Mächtigkeit des Hauptdolomites³ sowie das im mittleren und unteren Lechgebiete nicht seltene Vorkommen wenig gestörter jurassischer Schichten am Grunde von Spalten oder klappenden Gewölben der Trias⁴. Des discordanten Auftretens von rhätischen Schichten und Adnether Marmor auf Arlbergkalk bei Bludenz wurde oben pag. 165 (Note) gedacht. Ueber den engeren Rahmen dieses Gebietes hinausgreifend, möge ferner hingewiesen werden auf den nach der Ablagerung des Hauptdolomites, vielleicht zur Zeit der rhätischen Stufe beginnenden Triaseinsturz des Prättigau, auf den Einbruch des Liasmeeres in die bis dahin trocken gelegenen Schweizer Alpen, auf das weite Ueberfluthen des Liasmeeres im Unterengadin, endlich auf die zweifellos nachgewiesene Transgression des unteren Lias im Salzkammergut u. s. f.

Alle diese Erscheinungen, sowie die so sehr abweichende lithologische und paläontologische Facies des Hauptdolomites einerseits und der rhätischen und jurassischen Schichten andererseits lassen nur die Annahme zu, dass der Absatz der postkarnischen Bildungen von einer allmäßigen Vertiefung des Meeresgrundes in der Gegend der Nordkalkalpen eingeleitet und begleitet war. In den meisten Gegenden war dieser Vorgang ein ruhiger, durch keinerlei tektonische Störungen bezeichneter. Im Rhätikon und in den benachbarten Lechthaler und Allgäuer Alpen aber ereigneten sich aller Wahrscheinlichkeit nach partielle Senkungen, welchen in späterer Zeit ein weiteres und tieferes Einsinken in den vorgezeichneten Umrissen gefolgt sein mag, und Berstungen der vorhand-

¹ Gümibel, Jahrbuch der k. k. geolog. Reichsanstalt 1856, pag. 27.

² v. Richthofen, Jahrbuch d. k. k. geologischen Reichsanstalt 1861 und 1862, pag. 113 und 114.

³ Escher, Vorarlberg pag. 45 bemerkt: „Von den Pässen, die quer über die Kette führen, mögen mehrere sich auf Querspalten befinden, die durch Erosion erweitert, selbst vertieft worden zu sein scheinen. Der Zürspass aber und theilweise wenigstens der Spullerspass haben den Typus einer bloss durch ungleiche Hebung erzeugten Einsattlung; es weist darauf hin die am Gfällkopf mantelförmige Lagerung des Dolomits und der jüngeren Schichten, sowie die soviel als wagrechte Lagerung des Lias in der Wiesenebene von Zürs“.

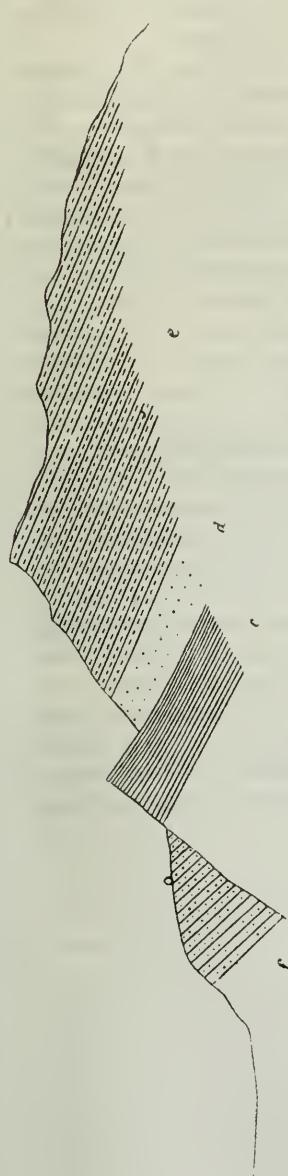
⁴ Vergl. a. Neumayr. Verhandl. d. k. k. geolog. Reichsanst. 1872, pag. 271.

[37]

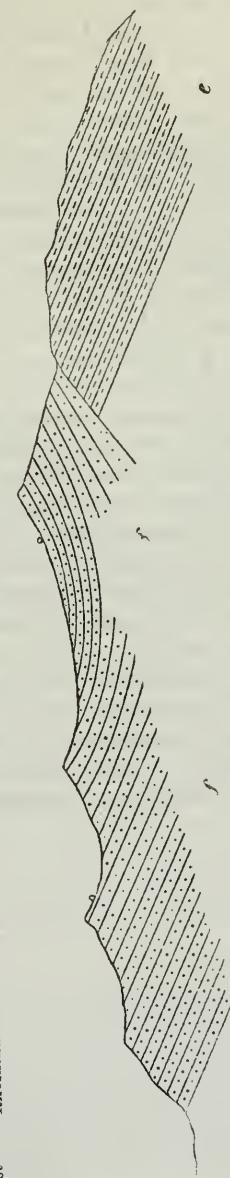
Beiträge zur topischen Geologie der Alpen.

173

denen älteren Absätze, welche durch Denudation erweitert worden sein mögen.



	Bergellen Alp	Ost
IV west	Rheinthal	Prowatschenk
		Fig. 4.



The figure is a geological cross-section diagram oriented vertically. It shows a valley floor at the bottom, labeled 'Rheinthal' on the left and 'West' at the bottom. Above the valley floor, several layers of rock are depicted with different hatching patterns. From top to bottom, the layers are labeled: 'Ost' (top), 'Samina-Thal' (second from top), 'Masseschen' (third from top), and 'Rheinthal' (bottom). The layers are labeled as follows:

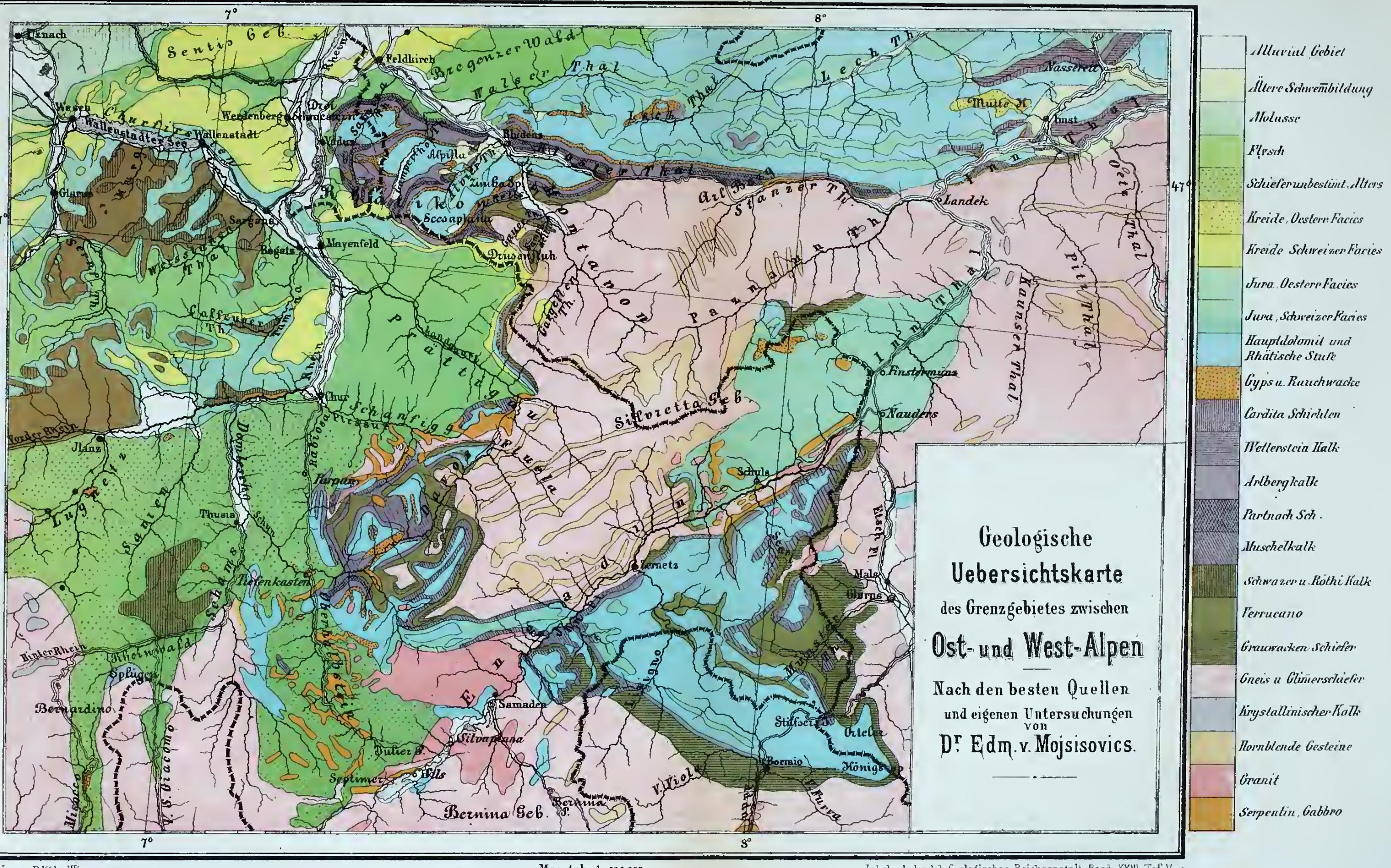
- a**: A broad layer at the top, represented by fine horizontal lines.
- b**: A small, dark, irregularly shaped area located within layer 'a' on the left side.
- c**: A layer on the right side, represented by vertical lines.
- d**: A layer below 'c', represented by horizontal lines.
- e**: A layer below 'd', represented by dotted lines.
- f**: A layer at the bottom, represented by vertical lines.
- g**: A layer below 'f', represented by horizontal lines.

a. = Virgloria-Kalk. b. = Partnach-Schichten. c. = Arlberg-Kalk. d. = Gyps und Rauchwacke.
e. = Hauptdolomit. f. = Flysch. g. = Älterer Schwemmschutt.

Diese Erklärungsweise, von einer allgemeinen Erscheinung ausgehend, knüpft die sonderbaren, mit dem tektonischen Gesamtverhalten der Lechthaler und Allgäuer Alpen unvereinbaren offens-

kungen (zwischen den im annähernd gleichen Niveau stehen gebliebenen Dolomitfeilern) an eine wohl unanfechtbare, in nächster Nachbarschaft eingetretene grossartige Erscheinung (Versenkung des Prättigau) an und versetzt die Bildung derselben vor die Zeit, zu welcher unsere Nordkalkalpen ihre eigenthümlichen Structur-Anordnungen erhielten.

Die Flysch-Grenze. Wie längs dem gesammten Nordrande der nördlichen Triaskalkalpen, fallen auch in Vorarlberg und in Lichtenstein die Schichten des Flysch widersinnisch dem älteren Gebirge zu. Es bestchst aber ein ziemlich wichtiger, meines Wissens noch nirgends hervorgehobener Unterschied im Verhalten des Flysch zu dem älteren Gebirge an verschiedenen Punkten. Stellenweise schalten sich zwischen dem Flysch und dem alten Gebirge obere Kreide- und Nummuliten-Schichten ein, das ganze System ist überstürzt und dem Alpenrande zunächst befinden sich die ältesten Flysch-Schichten. Anders ist das Verhältniss in Vorarlberg und Lichtenstein. Hier tangiren die jüngsten Schichten des Flysch das Kalkgebirge, an einigen Stellen, wie nächst Nütziders und westlich von Vaduz (wo der Flysch in einem schmalen Streifen bis über den Gebirgskamm gegen Samina hinüberreicht, vergl. Fig. 3—6), überfluthet der Flysch in das Innere des Kalkgebirges und an anderen Punkten, wie bei Maroul und südlich von Bäschlingen, dringt er buchtenförmig in die Thäler des Kalkgebirges ein. Es findet mithin das einfache Verhältniss der Anlagerung statt. Aller Wahrscheinlichkeit verläuft die durch den Flysch verdeckte südliche Ablagerungsgrenze der Kreide und des Jura im Bregenzer Walde etwas nördlicher als die südliche Flyschgrenze, da die mitgetheilten Thatsachen ziemlich klar für das südliche (resp. für Lichtenstein westliche) Uebergreifen des Flyschmeeres sprechen. Die Möglichkeit wirklicher Ueberschiebungen des älteren Gebirges über den Flysch ist dadurch selbstredend nicht ausgeschlossen. Mir ist aber nur ein einziger derartiger Fall bekannt geworden, östlich von Balzers im Rheinthal, wo die Seewen-Schichten des südlichen Kreidezuges über den von Norden her streichenden Flysch überschlagen sind.





Flysch.
Schweizer } Obere Kreide.
Facies } Untere u. mittlere Kreide.

