

VI. Die Kalkalpen von Vorarlberg und Nord-Tirol.

Erste Abtheilung.

Von Ferdinand Freiherrn von Richthofen.

Mit zwei lithographirten Tafeln.

V o r w o r t.

Das Gebiet der nördlichen Kalkalpen ist seit einer Reihe von Jahren Gegenstand mehrfacher gründlicher Untersuchungen gewesen. In der Schweiz waren es die bekannten classischen Forschungen eines Escher, Merian und Studer und zahlreicher anderer bewährter Geologen, welche eine genaue Kenntniss des schwierigen Gebirgsbaues anbahnten, und bereits war man in diesem Lande zu einem hohen Grade der Klarheit gelangt, als man in den östlicheren Gebieten die ersten Schritte zur Erreichung desselben Zieles that. Allein man schritt hier um so rascher vorwärts und in wenigen Jahren waren durch die Arbeiten von Franz Ritter v. Hauer, Emmrich, Lipold, Peters, Stur u. A. die Verhältnisse der österreichischen Alpen und des Salzkammergutes in ihren Details erforscht, während gleichzeitig auch über die bayerischen Alpen durch die werthvollen Arbeiten von Emmrich, Schafhäütl und Gümbel manches bekannt geworden war. Allein diese von verschiedenen Theilen ausgehenden Untersuchungen, ohne einen gemeinsamen Anhaltspunct, mussten eine Zerspaltung der Alpengeologie nach den Ländern zur Folge haben und es ist bekannt, wie bis in die neueste Zeit eine vollständige Einigung der abweichenden Deutungen nicht erzielt werden konnte. Das Gebiet, auf dem man eine solche zunächst erwarten musste, war derjenige Theil der Kalkalpen, welcher von den genannten drei Ländern eingeschlossen wird; die Gebirge von Nord-Tirol und Vorarlberg, zugleich der einzige Theil, welcher noch einer genauen Untersuchung vorbehalten war. Wenn auch die Aufnahmen von den Geologen des montanistischen Vereines für Tirol und Vorarlberg überaus werthvolle und dankenswerthe Aufschlüsse über dieses Land gaben, so stammten sie doch aus einer Zeit, in welcher die Deutung der alpinen Sedimentärformationen erst sich zu entwickeln begann und ihre Resultate konnten den jetzigen Forderungen nicht mehr genügen. Die ungemein fruchtbaren Untersuchungen von einzelnen Theilen des Gebietes aber, welche von der westlichen oder nördlichen Seite her unternommen worden waren, gründeten sich auf die in der Schweiz oder in Bayern gewonnenen Resultate, und wie verschieden aus diesem Grunde die Ansichten ausfallen mussten, beweisen am besten die unter sich weit abweichenden Deutungen der Formationsglieder in Vorarlberg.

Es war daher bei der geognostischen Aufnahme der Kalkalpen von Nord-Tirol und Vorarlberg, welche im Sommer des Jahres 1857 von Herrn Bergrath Franz Ritter v. Hauer und mir für die k. k. geologische Reichsanstalt ausgeführt wurde, neben der Bestimmung und Verfolgung der Formationen die Aufgabe einer möglichst vollständigen Parallelsirung mit früher versuchten Deutungen dringender als je geboten, um endlich ein sicheres Urtheil über die Verhältnisse der Gliederung der Sedimentärgebilde in verschiedenen Theilen der nördlichen Kalkalpen herbeizuführen. Wenn dieses Ziel in gewissem Grade erreicht werden konnte, so verdanken wir diess grossentheils dem bereitwilligen Entgegenkommen von Seiten der ersten Forscher in jenen beiden angränzenden Ländern. Wir hatten das Glück mit Herrn Arnold Escher v. d. Linth acht Tage im oberen Lechthale zuzubringen und auf gemeinsamen Ausflügen unsere Ansichten und Erfah-

runge auszutauschen. Mir selbst aber bot sich durch den Besuch der schweizerischen Naturforscherversammlung in Trogen vom 16. bis 19. August 1857 eine ausgezeichnete Gelegenheit, die Vertreter der geologischen Wissenschaft in der Schweiz nicht nur kennen zu lernen, sondern auch mich mit ihren Ansichten und Forschungen vertraut zu machen. Ich kann nicht umhin bei dieser Gelegenheit meinen aufrichtigsten Dank für die wohlwollende Aufnahme auszusprechen, welche ich in jener hervorragenden Gesellschaft genoss, und für die Theilnahme, welche man meinen wenigen damals gewonnenen Resultaten schenkte.

Eine gründliche Unterstützung für unsere vergleichenden Aufnahmen wurde uns von bayerischer Seite zu Theil. Auf Veranlassung der königl. bayerischen Berg- und Salinen-Administration bereiste Herr Bergmeister Gumbel mit uns gemeinschaftlich den ganzen Sommer hindurch die Gränzgebiete und brachte zu wiederholten Malen längere Zeit mit uns zu. Seine gründliche, durch mehrjährige Bereisungen erworbene Specialkenntniss der Alpen von Süd-Bayern und Nord-Tirol kam uns in hohem Maasse zu Statten.

Ausser diesen freundlichen Gränzbeziehungen hatten wir uns aber auch der thätigsten Unterstützung bei den Aufnahmen in unserem Gebiet selbst zu erfreuen. Herr Ferdinand Freiherr v. Andrian aus Bayern schloss sich Herrn Franz Ritter v. Hauer durch zehn Wochen an und betheiligte sich an den Arbeiten im östlichen Theile. Einzelne Theile, wie die Umgegend von Brixlegg und Kitzbühel wurden von ihm allein untersucht. Auch Herr Professor Bernhard Coma begleitete uns in den östlichen Theilen des Gebietes durch längere Zeit.

Die thätigste und erfolgreichste Unterstützung verdanken wir Herrn Professor Pichler in Innsbruck. Durch rastlosen Eifer und grosse Energie ist es ihm gelungen, einen grossen Theil der Kalkalpen von Nord-Tirol bereits vor zwei Jahren selbstständig aufzunehmen und eine reiche Sammlung von Versteinerungen aus demselben für das Ferdinandeum zu Innsbruck zu Stande zu bringen. Als es sich erwies, dass die mit geringen Hilfsmitteln erreichten, im Jahrbuch der k. k. geolog. Reichsanstalt niedergelegten Resultate ¹⁾ einige Aenderungen erfahren mussten, unterzog sich Herr Pichler nicht nur der Mühe, das gesammte Gebiet seiner Karte zur Zeit unserer Anwesenheit einer gründlichen Revision zu unterwerfen, sondern er fügte noch eine Aufnahme des Kaisergebirges bei Kufstein hinzu, so dass wir in diesem grossen Theil nur selten Gränzen zu verfolgen hatten, sondern schon durch einige Streifzüge den ganzen Gebirgsbau kennen lernen konnten. Für diese äusserst gewissenhaften Aufnahmen sind wir Herrn Pichler ebenso verpflichtet als für eine Reihe von Versteinerungen, welche er der k. k. geologischen Reichsanstalt überliess.

Allen genannten Herren statt ich in Herrn Franz Ritter v. Hauer's und meinem eigenen Namen unseren aufrichtigsten Dank ab für die thätige Unterstützung, welche sie uns angedeihen liessen. Auch dürfen wir nicht unterlassen, der Herren Professor Enns in Bregenz, Anton Falger in Elbigenalp, Dr. Anton Lindner in Innsbruck, Heinrich Prinzing Schichtmeister in Hall, Alois Wörz Bergmeister in Biberwier, Gottfr. Freiherr von Sternbach in Brixlegg, Joseph Sennhofer Verwalter und Peter Heigl Schichtmeister ebendasselbst, Andreas Mitterer Bergschaffer in Häring dankbar zu erwähnen.

Die Aufnahme des grossen Gebietes geschah in folgender Weise. Vorarlberg, das Gebiet des oberen Lechthales und das Innthal bis Imst blieben mir allein überlassen. Thannheim nebst der Umgegend von Reutte und Imst und Alles was östlich

¹⁾ Jahrbuch der k. k. geolog. Reichsanstalt 1856, Seite 717. Mit 1 Karte und 5 Profilen.

davon liegt, übernahm Herr Bergrath v. Hauer mit den Herren Baron Andrian und Prof. Pichler. Diesen Theil habe ich behufs der späteren Bearbeitung so viel als möglich durchstreift und nur noch kleine Theile, wie das Gebiet der Riss, blieben mir zur selbstständigen Aufnahme überlassen.

Die Zahl der Vorarbeiten über das grosse Gebiet ist zwar sehr bedeutend; allein sie betreffen grösstentheils nur kleine Theile oder sind Localbeschreibungen von Bergwerken. Von so grossem Werth auch das in vielen derselben niedergelegte Material war, so sind doch die meisten derselben vor der Zeit der neueren Forschungen über die Gliederung der Kalkalpen geschrieben worden. Um so höher ist der Werth jener Arbeiten anzuschlagen, welche wie die eines Merian, Escher, Gümbel, Pichler u. a. eine vergleichende Darstellung grösserer Theile des Gebietes zum Gegenstand und zum Theil eine classische Bedeutung erlangt haben.

Allgemeine Uebersicht.

Eine von der *Scesa plana* im Rhätikon über Innsbruck nach Kitzbüchel gezogene gerade Linie gibt in einer Erstreckung von 30 Meilen fast genau die Gränze der krystallinischen Schiefer des Centralzuges mit den nördlichen Kalkalpen an. Beinahe in dieser ganzen Ausdehnung ist die Gränze durch Thaleinsenkungen bezeichnet, deren Südabhang aus Thonglimmerschiefer gebildet wird, während an dem nördlichen die Trias- und Liasgebilde allmählich ansteigen; zuweilen greift die Gränze in einer kleinen Biegung nach Norden oder Süden über das Thal herüber. Vom Rhätikon bis Dalaas ist keine Thalsenkung, dort sind die Verhältnisse überhaupt abweichend. Um so deutlicher und scharf gezeichnet ist sie von Dalaas über den Arlberg nach Landeck zu verfolgen. Sie ist hier in der Mitte, am Arlberg, ein wenig erhoben und bildet den bekannten Pass, welcher seine Wässer nach Westen dem Rhein, nach Osten der Donau zusendet; jene durchfliessen als Afenz das Klosterthal, diese als Rosanna das Stanzer Thal, welches bei Landeck seinen Namen dem von Süden herkommenden grösseren Inn abtreten muss. Von Landeck über Innsbruck bis Wörgl durchfliesst der Inn jene Thaleinsenkung, um sich dann weiter nach Nordost von der Gränze abzuwenden und bei Kufstein Tirol als Querthal zu verlassen. Von Wörgl zieht die Einsenkung fort über Ellmau bis St. Johann. Sie ist hier nicht mehr so entschieden ausgesprochen und verliert sich bei St. Johann gänzlich — es erhebt sich an ihrer Statt ein Gebirgszug, welcher die Gränze gegen das Salzkammergut bildet. Von Schwaz an bis zu dieser Gränze, in einer Erstreckung von 8 Meilen, schiebt sich im Süden der Einsenkung zwischen sie und die krystallinischen Schiefer ein nach Osten an Breite zunehmender Keil ein, welcher aus sehr problematischen Sedimentärgebilden besteht, die in jedem Fall jünger als die krystallinischen Schiefer und älter als die nördlich von der Einsenkung sich erhebenden Kalkalpen sind.

Die Gebirge, welche nördlich von dieser dem Centralzug parallelen Einsenkung liegen und sich bis hinaus in die bayerische Hochebene erstrecken, sind von den südlichen im äusseren Bau eben so weit verschieden, als in ihrer inneren Zusammensetzung, so weit, als es überhaupt krystallinische Schiefer von Kalkgebirgen sein können. Im Süden mündet eine grosse Zahl von Querthälern, von denen die meisten ihre Quellen im Centralzuge selbst haben; im Norden durchbricht kaum eines die steile Gebirgsmauer, und wo es stattfindet, da kommt (mit alleiniger Ausnahme des Achenthales) sicher der Oberlauf des kurzen Thales aus ganz anderer Richtung. Im Süden schiebt sich erst in weiter Entfernung vom Inn ein Längenthal ein und dieses kann sich erst nach der Interferenz mit mehreren

Querthälern selbstständig entwickeln, um dann wieder von beiden Seiten zahlreiche Querthäler aufzunehmen; es ist die dem Centralzuge der Tauern parallele Einsenkung: Dux, Gerlos, Pinzgau. Im Norden hingegen treten schon in geringer Entfernung von unserer Gränzeinsenkung ganze Systeme von Längsthälern auf, die durch kurze und schroffe Querdurchbrüche mit einander in Verbindung stehen. Dem entsprechend ist im Norden bereits das unmittelbare Thalgehänge des Inn, der Rosanna und der Aflenz zugleich die nördliche Wasserscheide dieser Flüsse, während sie ihre Lebensadern im Süden tief bis in die Gletscherwelt des Centralzuges entsenden. Sie bedingen hier im Gebiet der krystallinischen Schiefer eine ungemeine Regelmässigkeit in der Anordnung, während in dem Zuge der Kalkalpen die orographischen Verhältnisse scheinbar verwickelt und ungeordnet sind; erst mit Hilfe der subtileren geologischen Kenntniss gelingt es, auch hier eine auffallende Gesetzmässigkeit und Regelmässigkeit herauszufinden.

Der gesammte Zug der nördlichen Kalkalpen besteht, so weit man ihn längs der genannten Thalsenkung durch Vorarlberg, Nord-Tirol und das bayerische Hochland verfolgt, zunächst aus einer Zone wilder und schroffer Kalkgebirge, deren Gesteine meist der Trias- und Liasperiode angehören. Es schliesst sich hieran unmittelbar die Zone von eocenem Flysch, aus welcher in Vorarlberg und im Allgäu ein reichgegliedertes Kreidegebiet als östlichster Ausläufer der provençalisch-schweizerischen Kreidebildungen sich mitten heraushebt. Eine dritte Zone, welche von der Schweiz her im Bregenzer Wald das vorarlbergische Gebiet betritt und sich, dem Flysch parallel, durch die bayerische Hochebene fortzieht, ist die der oligocänen und miocänen Molasse.

Ausser diesen herrschenden, in scharf abgegränzte Zonen vertheilten Formationen kommen noch vielfach locale Ablagerungen vor, so namentlich Jura-, Neocom- und Gosaugebilde im Trias-Liasgebiet und zwar erst östlich vom Allgäu herrschend, ferner zwei isolirte Jura-Erhebungen mitten im Kreidegebiet Vorarlbergs, einige Tertiärbecken im östlichsten Theil (Häring, Niederdorf, Schwend) u. a. m.

Die bayerische Gränze nimmt einen solchen Verlauf, dass sie in Vorarlberg vom Bodensee bis zur Maedele-Gabel die drei Zonen quer durchschneidet und daher diesem Lande die grösste Mannigfaltigkeit in der Entwicklung lässt. Von jenem Berge kehrt sie unter einem spitzen Winkel noch einmal bis zur Flyschzone zurück, von der sie einen kleinen Fleck (bei Jungholz) noch an Tirol überlässt, während sie von hier bis in die Gegend von Waidring, Lofer und Unken die Trias-Liaszone mit ihren auf- und eingelagerten Jura- und Neocombildungen in vielfachen Krümmungen durchzieht, so dass sie es zu gleichen Hälften zwischen Bayern und Tirol theilt.

Die Fortsetzung der Kalkalpen gegen Westen ist sehr eigenthümlich. Die Trias-Liaszone zieht breit durch Vorarlberg hindurch und ist mit dem Rheinthal plötzlich abgeschnitten; jenseits war bis vor kurzer Zeit noch keine Spur davon nachgewiesen. Doch scheinen die neuesten geologischen Untersuchungen in der Schweiz mehr und mehr zu ergeben, dass auch weiterhin die Trias- und Liasgebilde entwickelt sind, wiewohl sie dort nie mehr zu gleicher Bedeutung wie in Vorarlberg und Nord-Tirol gelangen. So sind die Kössener Schichten an dem Stockhorn und dem Genfer See, an anderen Punkten die Versteinerungen der unteren Trias und andere Formationsglieder nachgewiesen worden. An der Stelle der Trias- und Liasformationen breiten sich die Jura-, Kreide- und Tertiärbildungen ungewein aus und nehmen die ganze nördliche Schweiz ein, zum Theil als unmittelbare westliche Fortsetzung der gleichen Gebilde in Vorarlberg. Dieses letztere erhält durch das mitten im Flysch auf-

tretende Kreidegebiet eine Eintheilung in fünf Zonen (Trias-Lias, Flysch, Kreide, Flysch, Molasse); zwei von ihnen setzen über den Rhein hinüber, sind aber mit diesem Thal ein wenig gegen Süden verschoben. Es werden sich daher Vergleichen mit den Gebilden der nördlichen Schweiz hauptsächlich für die jüngeren Formationen darbieten.

Gegen Norden senken sich die Gesteine jeder älteren Zone unter die der jüngeren und wo diess scheinbar nicht der Fall ist, lässt sich das Lagerungsverhältniss auf eine locale Ueberstürzung oder Ueberschiebung zurückführen; endlich verlieren sich alle Formationen unter den mächtigen jung-tertiären und alluvialen Massen der bayerischen Hochebene. Erst an den jenseitigen Rändern derselben kommen sie successiv, aber mit überaus verändertem Charakter wieder zum Vorschein; sie sind zum Theil so abweichend, dass man an einem unmittelbaren Zusammenhang zweifeln könnte. Es werden daher hier besonders die Tiefenverhältnisse des Trias- und des Lias-Meeres zu berücksichtigen und das Verhältniss der versteinungsreichen Ufergebilde gegen den Schwarzwald und in anderen Theilen zu den alpinen Ablagerungen im tiefen Meer zu erörtern sein. Die Vergleichungspuncte, welche sich gegen Norden darbieten, sind daher von grosser Wichtigkeit für das vorarlbergisch-nordtirolische Trias-Liasgebiet.

Was endlich die Fortsetzung der Kalkalpen von Nord-Tirol gegen Osten betrifft, so ist diese bei weitem die wichtigste. Sie führt unmittelbar in das Gebiet der salzburgischen Saale, welches Peter s bearbeitete, ferner in die Gebirgswelt von Berchtesgaden und dem Salzkammergut und von da weiter in die fast ganz gleich gebauten Kalkalpen von Oberösterreich und der nördlichen Steiermark. Die Trias-Liaszone nimmt hier an Breite zu; im Norden schliesst sich ihr die Zone des Wiener Sandsteins an. Die Untersuchungen über die Gliederung der Formationen in diesem Theil sind der Ausgangspunct für unsere Gliederung in Tirol, Sie wurden hier bereits, wie bekannt, mehrfach gründlich erforscht und die Resultate von Hrn. Fr. Ritter v. Hauer in ein bisher fast allgemein angenommenes System gebracht ¹⁾.

Der Gebirgsbau der nördlichen Kalkalpen ist von dem der südlichen Kalkalpen wesentlich verschieden. Im Norden herrscht ein Parallelismus in allen Gebirgsgliedern; lang gezogene Faltungen — wir werden sie im Verlauf als Hebungswellen bezeichnen — ziehen sich weithin, greifen in einander ein, aber behalten trotz allem Wechsel ihren Parallelismus auf weite Erstreckung bei, und diess geht durch alle Formationen hindurch, wie diess besonders in Vorarlberg mit ungemainer Klarheit zu erkennen ist. Manche Hebungswelle lässt sich in einer Erstreckung von 10 bis 12 Meilen ununterbrochen und ohne bedeutende Modificationen verfolgen. Die Richtung der Hebungswellen ist nicht in allen Theilen genau dieselbe; sie bleiben zwar im Allgemeinen der des Centralgebirges parallel, weichen aber unter sehr geringen Winkeln davon ab, jedoch stets nur in grösserer Zahl und als geordnete Systeme. Die Thäler und Gebirgszüge fallen zum Theil mit der Richtung der Hebungswellen genau zusammen, wie diess in einem Theile des vorarlbergischen Kreidegebietes in auffallendem Grade der Fall ist, zum Theil sind sie in schiefem Winkel gegen dieselben gerichtet, wie im oberen Lechthale und in der Riss; an solchen Stellen ist alsdann der innere Bau der einzelnen Hebungswellen klar aufgeschlossen. Von den geschlossenen Plateau's und Centralerhebungen der Südalpen, von den zahlreich emporgedrungenen Eruptivgesteinen, von den individualisirten und selbstständigen, durch ihren eigenen Parallelismus der Glieder ausgezeichneten kleinen Gebieten, von dem reichen

¹⁾ Jahrbuch der k. k. geologischen Reichsanstalt 1853, Seite 715 ff.

und schnellen Wechsel der verschiedenartigsten Ausbildung eines und desselben Formationsgliedes — von allen diesen Eigenthümlichkeiten der süd-tirolischen, lombardischen und venetianischen Kalkalpen ist hier im Norden keine Spur. Hier waltet die Gleichförmigkeit im Gebirgsbau weit ausgedehnter Strecken; wie Eine Hebungswelle, so lässt sich oft eine und dieselbe Schicht weithin, ja durch den gesammten Zug der nördlichen Kalkalpen verfolgen. Allein gerade diese Ungleichförmigkeit der Entwicklung der Sedimentärgebilde im Norden und im Süden der Centalkette erlaubt um so folgenreichere und wichtigere Schlüsse, da manche Schicht hier arm an Versteinerungen ist, dort durch ihren Reichthum in Erstaunen setzt, manche hier einheitlich entwickelt, dort in eine Reihe verschiedener Schichtensysteme aufgelöst ist. Es sind daher dort die Vergleichenungen besonders häufig anzuknüpfen.

Werfen wir endlich noch einen Blick auf den landschaftlichen Charakter der Kalkalpen von Vorarlberg und Nord-Tirol, so ergibt er sich zum Theil bereits aus dem bisher Gesagten. In dem Trias-Liasgebiet ist er ziemlich constant, aber durch die reiche Gliederung und die Verschiedenheit einzelner Schichten wird doch eine auffallende Mannigfaltigkeit hervorgebracht. Kalke und geschichtete Dolomite von ungeheurer Mächtigkeit walten vor und sind das eigentlich Bestimmende in der Physiognomie der Zone. Ueber tiefen und wilden Spaltenthälern, denen die Gewässer aus eben so wilden und schroffen Seitenthälern zugeführt werden, erheben sich bald massige grossartige Felsgewölbe, bald sind die Höhenrücken in zackige, scharfgratige Gipfel aufgelöst, welche kaum noch die Stetigkeit eines Kammes erkennen lassen, bald ist den steilen Wänden ein kleines Plateau aufgesetzt, das zuweilen von weicheren Schichten bedeckt wird. Alle diese mannigfaltigen Formen haben den gemeinsamen Charakter der Wildheit und Zerrissenheit. Selten gedeihen kümmerlich einige grössere Bäume auf dem sterilen Gestein, während dichtes Knieholzgestrüpp sich oft weithin an den Abhängen herabzieht; lange Lehnen von scharfkantigem Schutt, die fort und fort durch das nachbröckelnde Gestein vergrössert werden, unterbrechen die Einförmigkeit solcher Gehänge und sind oft allein geeignet, den kühnen Bergpfaden Raum zu geben. Nirends tritt die Grossartigkeit der Kalkwelt der Alpen so charakteristisch hervor, als in den Gebirgen zwischen Lech und Inn und in den vielverzweigten Thälern, welche sich zur Isar vereinigen (Luetasch, Gleirsch, Hinterau, Karwendel, Riss). Im Kaisergebirge bei Kufstein vereinigen sich nochmals in einigen isolirten kolossalen Kalkmassiven alle Eigenthümlichkeiten der Kalk- und Dolomitgebirge unserer Zone, um dann in den imposanten Kalkmassen der Berchtesgadner und Salzburger Alpen fortzusetzen. So einheitlich indessen die genannten typischen Merkmale bei allen Kalkbergen auftreten, gliedern sie sich doch noch vielfach nach der Beschaffenheit des Gesteins und es ist dem geübten Blick nicht schwer, aus der Ferne die erhabenen weissen Wände des Hallstätter Kalkes von den dunkleren an Abwechslung reicheren der Dachstein-Kalke und -Dolomite zu unterscheiden.

Die wesentlichsten Momente für die Verschiedenheit der Gestaltung des landschaftlichen Charakters sind einerseits die Anordnung verschiedener Formationen in parallele Zonen, andererseits die im Fortstreichen bedeutend wechselnde Mächtigkeit der Entwicklung einzelner Formationsglieder. Die mergeligen Lias-schichten, welche in steilen Abstürzen entblösst doch auf ihrer Höhe sanfte und fruchtbare Flächen tragen, die durch die riffartige Gestalt ihrer Bergmassen ausgezeichneten Hallstätter Kalke im Osten bedingen eine grosse Verschiedenheit des Charakters. Ein besonders mächtig eingreifendes Moment sind mergelige Schichten, welche oft in der unbedeutendsten Mächtigkeit zwischen zwei Kalk-

systemen eingeschlossen sind. Die Gewässer graben sich tief in dieselben hinein, der Kalk stürzt zum Theil nach und es entstehen die tiefen steilwandigen, unzugänglichen Schluchten, denen man so häufig im Kalkgebirge begegnet. Diese Rolle spielen zum Beispiel die Raibler Schichten zwischen Hallstätter und Dachsteinkalk.

A n o r d n u n g.

Die Formationsglieder, welche in Betracht kommen, sind folgende :

- | | |
|---|--|
| <p>? Verrucano</p> <p>a) Trias.</p> <p style="padding-left: 20px;">Untere Trias.</p> <p style="padding-left: 40px;">1. Werfener Schichten.</p> <p style="padding-left: 40px;">2. Guttensteiner Kalk.</p> <p style="padding-left: 20px;">Obere Trias.</p> <p style="padding-left: 40px;">3. Virgloriakalk.</p> <p style="padding-left: 40px;">4. Partnach-Schichten.</p> <p style="padding-left: 40px;">5. Hallstätter Kalk und Arlberg-Kalk.</p> <p style="padding-left: 40px;">6. Raibler Schichten.</p> <p>b) Lias.</p> <p style="padding-left: 20px;">7. Unterer Dachstein-Dolomit und -Kalk.</p> <p style="padding-left: 40px;">8. Küssener Schichten.</p> <p style="padding-left: 40px;">9. Oberer Dachsteinkalk.</p> <p style="padding-left: 20px;">10. Adnether Schichten.</p> <p style="padding-left: 20px;">11. Allgäuschichten (Lias-Fleckenmergel).</p> <p style="padding-left: 20px;">12. Hierlatz-Schichten.</p> | <p>c) Jura.</p> <p style="padding-left: 20px;">13. Brauner Jura.</p> <p style="padding-left: 20px;">14. Jura von Vils.</p> <p>d) Kreide.</p> <p style="padding-left: 20px;">15. Rossfelder Schichten.</p> <p style="padding-left: 20px;">16. Valanginien.</p> <p style="padding-left: 20px;">17. Spatangenkalk.</p> <p style="padding-left: 20px;">18. Caprotinenkalk.</p> <p style="padding-left: 20px;">19. Gault.</p> <p style="padding-left: 20px;">20. Seewer.</p> <p style="padding-left: 20px;">21. Gosaugebilde.</p> <p>e) Tertiärformation.</p> <p style="padding-left: 20px;">22. Nummulitenkalk.</p> <p style="padding-left: 20px;">23. Eocäner Flysch.</p> <p style="padding-left: 20px;">24. Eocänbecken von Häring.</p> <p style="padding-left: 20px;">25. Miocäne Molasse.</p> <p style="padding-left: 20px;">26. Oestliche Miocängebilde.</p> <p>f) Diluvium.</p> <p style="padding-left: 20px;">27. Diluvialschotter.</p> <p>g) Alluvium.</p> <p style="padding-left: 20px;">28. Torfmoore u. s. w.</p> |
|---|--|

Eine grosse geologische Gliederung in dieser langen Reihe von Sedimentärgebilden wird durch den Verlauf der gestaltenden Hebungen und Senkungen möglich, welche während der Ablagerungen stattfanden und dieselben periodisch unterbrachen. Ein Blick auf die Profile zeigt, dass eine erste grosse Hebungperiode mit den Liasablagerungen schloss. Eine zweite endete nach Absatz der Rossfelder Schichten. Eine dritte bestimmte die Ausdehnung der Eocängebilde, eine vierte beendete deren Ablagerungen; eine fünfte endlich fällt nach dem Ende der miocänen Ablagerungen. Ausführlicher werden wir erst am Schluss dieser Abhandlung auf die Darstellung der Hebungen und Senkungen eingehen. Es ergeben sich aus ihnen sechs Perioden, welche gesondert betrachtet werden sollen. Bei jeder Periode soll die Gliederung der Formationen, ihre petrographische und paläontologische Beschreibung der Darstellung des Gebirgsbaues vorangehen. Die Abtheilungen gliedern sich, wenn man Jura und Kreide zusammenfasst, in folgender Weise :

- | | |
|--|---|
| <p>1. Trias und Lias.</p> <p>2. Jura und Kreide.</p> <p>3. Eocänformation.</p> | <p>4. Oligocän- und Miocänformation.</p> <p>5. Diluvium und Alluvium.</p> |
|--|---|

I. Trias- und Liasgebilde.

Die Trias- und Liasgebilde setzen einen grossen Theil der nördlichen Kalkalpen zusammen und bilden hier, wie erwähnt, eine breite, dem Centralzug

parallele Zone, welche am Rhätikon und am Rheinthal beginnt und bis zu ihrem Abbruch am Wiener Becken mit verschiedener Breite fortsetzt. Ihre Südgränze ist zugleich die oben beschriebene Gränzlinie zwischen Central- und Kalkalpen. Die Nordgränze beginnt, wenn wir sie genauer verfolgen, an den drei Schwestern, einem hohen Dolomitberg im Fürstenthume Liechtenstein, und zieht über Ludesch und den Zitterklapfen nach dem Thale Mittelberg. Dann wendet sie sich in einem grossen nördlichen Bogen südöstlich von Sonthofen vorüber über Hindelang und Pfronten nach Füssen, von wo aus ihre Richtung im Allgemeinen eine östliche bleibt. Sie durchsetzt das Ammergau und zieht über Eschenlohe an der Loisach, über den Kochelsee und nördlich von der Benedictenwand vorüber nach Länggries an der Isar und Tegernsee, dessen reizende Lage durch den Contrast der Kalkgebirge mit den sanften Formen des Flysches bedingt wird. Der weitere Verlauf ist durch die Orte Fischbachau, Nussdorf am Inn, Grasau und Inzell bezeichnet, von wo die Gränzlinie die Landschaft von Reichenhall und Salzburg betritt und am Nordfusse des Untersberges bekannt ist ¹⁾. Längs dieser ganzen fast 40 Meilen betragenden Nordgränze der Trias-Liaszone sind im Norden eocäne Gesteine angelagert. Das allgemeine Streichen der Zone ist West-Südwest bis Ost-Nordost, zugleich die Streichungsrichtung der Längsthäler, von denen das Innthal das hauptsächlichste ist. Die Formationsgränze jedoch, die Hebungswellen und zum grossen Theil auch die Gebirgszüge streichen im Allgemeinen von West-Nordwest nach Ost-Südost, also ungefähr in einem Winkel von 45° gegen die erste Richtung.

Ausserhalb dieser Zone sind noch einzelne Bruchstücke der Triasformation zu erwähnen, welche, wohl zum Theil als Reste einer früher allgemeineren Bedeckung, dem Gebiet der älteren Schiefer in isolirten hohen Kuppen aufgelagert sind ²⁾.

A. Gliederung.

Die Gliederung der Trias- und Lias-Gebilde bleibt zwar im Allgemeinen durch Vorarlberg und Nord-Tirol ziemlich gleichförmig; allein in der Entwicklung der einzelnen Abtheilungen stellen sich einige wesentliche Abweichungen heraus, welche von Ost nach West einen stetigen Verlauf nehmen und mit der allmählichen Aenderung des gesammten Baues der nördlichen Kalkalpen in der angegebenen Richtung im engsten Zusammenhange stehen. Es ergibt sich besonders durch die Verhältnisse in Nord-Tirol und Vorarlberg für jene Kalkalpen das grosse Gesetz, dass im Osten die älteren, im Westen die jüngeren Formationen vollkommener entwickelt sind. Man könnte diess schon für die paläozoischen Gebilde, soweit sie bis jetzt erforscht sind, als wahrscheinlich nachweisen; doch bleibt über ihre Entwicklung in den einzelnen Theilen der Alpen noch zu viel zu untersuchen übrig, als dass man über sie mit Sicherheit Resultate feststellen könnte. Erst mit Beginn der Triasformation sind sichere Thatsachen gegeben.

Die Triasformation ist in den Ostalpen überaus mächtig entwickelt. Auch im nordöstlichen Tirol ist ihre Mächtigkeit noch sehr beträchtlich; sie nimmt gegen

¹⁾ Ich verdanke die Details, so weit sie das bayerische Hochland betreffen, der gütigen Mittheilung von Herrn G ü m b e l.

²⁾ Diese wurden hier nicht beschrieben; Herr Prof. P i c h l e r hat sie einer genaueren Untersuchung unterworfen und die Resultate in seinem Aufsätze: Beiträge zur Geognosie Tirols, zweite Abtheilung „aus dem Inn- und Wipp-Thale“ (Zeitschrift des Ferdinandeums für Tirol und Vorarlberg, 3. Folge, Heft VIII, 1859, mit einer geognostischen Karte und 30 Profilen) mitgetheilt.

Westen mehr und mehr ab, und so reich in Vorarlberg noch die Gliederung ist, so gering ist im Verhältniss zum Osten ihre Schichtenentwicklung. Jenseits des Rheins spielt sie nur noch eine untergeordnete Rolle im Gebirgsbau. Die Liasgebilde erreichen, wie wir im Verlaufe nachweisen werden, den Höhepunct ihrer Entwicklung im oberen Lechthal, im bayerischen Algäu und Vorarlberg, wo sie grosse Gebirgsländer allein zusammensetzen. Nach Osten sind ihre unteren Glieder noch überall sehr mächtig, während die oberen zu untergeordneten Einlagerungen herabsinken; nach Westen hingegen verschwinden die unteren Glieder, wie die Trias, mit dem Rheinthal fast vollständig, die oberen setzen noch weithin fort, aber in geringerer Mächtigkeit, als sie in der Gegend des Arlberges besitzen. Dagegen concentrirt sich die Juraformation auf die westlichsten Gebiete; sie setzt in der Schweiz mit ausserordentlicher Mächtigkeit und reicher Gliederung grosse Gebirgsländer und hohe Ketten selbstständig zusammen. In Nord-Tirol erhält sie noch stellenweise Bedeutung und in den Ostalpen wird ihre Stelle eine mehr und mehr untergeordnete, so reich sich auch durch die jüngsten Untersuchungen ihre Gliederung erwiesen hat. Gehen wir endlich zur Kreideformation über, so ist zwar mit den tiefsten Schichten des Neocomien ein um den ganzen Rand der Alpen gleichmässig verbreitetes Gebilde gegeben; doch schon unmittelbar nach dieser Unterbrechung in der Stetigkeit concentrirt sich die Gesteinsbildung auf das provençalisch-schweizerisch-vorarlbergische Kreidebecken, das in der Gegend des Grüntens sein Ostufer hatte. Im weiteren Osten begegnen wir, wenn wir von den mährisch-ungarischen Gebirgen absehen, nur den local eingelagerten Gosaubildungen der späteren Kreideperiode. Erst mit Eintritt der Eocänzeit treten vollkommen veränderte Verhältnisse ein.

Was für die gesammten nördlichen Kalkalpen von der ungarischen Ebene bis zum Mittelmeer hinsichtlich der Verbreitung und Entwicklung der genannten Formationen im Allgemeinen gilt, das gilt in ebenso auffallendem Maasse für die Trias-Liaszone vom Rhein bis zum Abfall in das Wiener Becken hinsichtlich der Ausbildung der einzelnen Glieder. Die Salz und Gyps führenden Sandsteine der unteren Trias und die durch Wechsellagerung mit ihnen verbundenen schwarzen Guttensteiner Kalke spielen im Baue der Ostalpen eine überaus wichtige Rolle. In breiten Zügen verfolgt man sie aus Oberösterreich in die salzburgischen Alpen und ebenso betreten sie das nördliche Tirol. Hier aber nehmen sie schnell an Bedeutung ab und wenn auch das salzführende Glied bei Hall noch einmal mächtig wird, so schwinden doch beide bald zu geringer Mächtigkeit zusammen und es ist wahrscheinlich, wiewohl noch nicht sicher erwiesen, dass schon im Ober-Innthal und in Vorarlberg die untere Trias ihre Rolle zunächst der Gränze zwischen Kalkalpen und krystallinischen Alpen ausgespielt hat, während sie nördlich davon tief unter den jüngeren Formationen noch weithin die Alpen begleiten mag. Weiter als die Guttensteiner erstrecken sich gegen Westen die Hallstätter Kalke, die Hauptvertreter der oberen Trias der Nordalpen. Im nordöstlichen Tirol und noch bei Innsbruck sind sie eines der wesentlichsten Glieder im Gebirgsbau und bilden allein grosse Gebirgszüge. Aber schon im Meridian von Reutte keilen sie sich zwischen den überhandnehmenden Liasgebilden aus und treten westlich davon nur noch isolirt und entfernter von der Gränze des krystallinischen Gebirges auf. Doch haben sie in Vorarlberg ein stellvertretendes aber an Mächtigkeit weit untergeordnetes Glied in den Arlbergkalken. Ein wiederum weiter nach Westen vorgeschobenes Formationsglied sind die Dachstein-Kalke und Dolomite des unteren Lias. Während ihre Züge im Osten mit solchen von Werfener Schichten, Guttensteiner Kalk und Hallstätter Kalk wechseln, theilen sie bei Innsbruck und Imst das Gebiet nur noch mit Hallstätter Kalken und untergeordneten jüngeren Gebilden, in dem oberen Lechthal und Vorarlberg fast ausschliesslich mit diesen, welche als Algäu-Schichten hier eine überaus bedeutende Entwicklung erreichen.

Eine übersichtliche Zusammenstellung der Gliederung, wie wir sie im Verlaufe nachzuweisen suchen werden, zeigt die angegebenen Verhältnisse:

Vorarlberg.	Oestliches Tirol.	Salzburg.
Lias.		
11. Algäu-Schichten.	Algäu-Schichten von geringer Mächtigkeit (Amaltheenmergel.	Algäu-Schichten, sehr untergeordnet.
10. Adnether Kalk.	Adnether Kalk.	Adnether Kalk.
9. Oberer Dachsteinkalk.	Oberer Dachsteinkalk.	Oberer Dachsteinkalk.
8. Kössener Schichten.	Kössener Schichten.	Kössener Schichten.
7. Unt. Dachsteindolomit.	Unterer Dachsteindolomit und Kalk.	Unterer Dachsteindolomit und Kalk.
Obere Trias.		
6. Raibler Schichten mit Rauchwacke und Gyps.	Raibler Schichten.	?
5. Arlbergkalk.	Hallstätter Kalk.	Hallstätter Kalk.
4. Partnachschichten.	Partnachschichten.	?
3. Virgloriakalk.	Virgloriakalk.	Virgloriakalk.
Untere Trias.		
2. —	Guttensteiner Kalk.	Guttensteiner Kalk.
1. ?	Werfener Schichten.	Werfener Schichten.
Verrucano.	Schichten von Kitzbühel.	Schichten von Dienten.

Ehe ich auf die petrographische und paläontologische Beschreibung der einzelnen Formationsglieder und auf ihre Entwicklung in verschiedenen Theilen unseres Gebietes eingehe, scheint es nöthig noch einige Elementarfragen über die Gliederung der alpinen Trias überhaupt zu erledigen, um die weitere Darstellung auf eine sichere Grundlage zu stützen. Es gibt einzelne Begriffe, welche durch die bisherigen Forschungen in anderen Gebieten der Alpen noch nicht mit vollkommener Entschiedenheit festgestellt werden konnten, Fragen, welche erst mit der wachsenden Einsicht in den Gesamtbau der Alpen in einzelnen Theilen mehr und mehr sich ihrer endgiltigen Entscheidung nähern können. Dahin gehören die Begriffe von unterer und oberer Trias, von Verrucano, Werfener Schichten und Guttensteiner Kalk. Die in dem letzten Jahre neu errungenen That-sachen dürften Einiges zur festeren Bestimmung dieser Begriffe beitragen.

Ueber die Gränze zwischen der unteren und oberen Trias.

In Norddeutschland hat man in der Trias seit den ältesten Zeiten ihrer Erforschung drei Abtheilungen unterschieden, welche, wo sie vollständig entwickelt sind, petrographisch wie paläontologisch Uebergänge zeigen und daher viele verschiedene Ansichten über ihre gegenseitige Begränzung zulassen. In den Alpen zerfällt die Trias in zwei streng geschiedene Abtheilungen, welche in den Südalpen paläontologisch und petrographisch auf das schärfste begränzt sind, während in den Nordalpen die Faunen eine gleiche Scheidung verlangen, die Gesteine hingegen an der Gränze manche Analogie zeigen. Wir müssen daher die angedeutete Zweitheilung durch die Verhältnisse in den Südalpen begründen, welche überhaupt der sicherste Ausgangspunct für die Gliederung der gesammten alpinen Trias sind.

In den Umgebungen von Predazzo, St. Cassian und der Seisser Alp in Süd-Tirol habe ich (von unten nach oben) folgende Schichtengruppen unterschieden, welche in Verbindung mit der gesammten geognostischen Beschreibung dieser Gegend an einem andern Ort ausführlicher erörtert und begründet werden sollen:

1. Versteinerungsleerer rother Sandstein (Grödner Sandstein).
2. Mergelige Kalke und sandige Mergel mit *Posidonomya Clarae* u. a. (Schichten von Seiss).

3. Mergeliger rother Sandstein und dünnplattige Kalke mit *Ceratites Cassianus*, *Naticella costata*, *Turbo rectecostatus*, *Posidonomya aurita*, *Myacites Fassaensis*, *Pecten discites*, *Lima striata*, *Spondylus comtus*, Myophorien, Gervillien und vielen anderen für den deutschen Muschelkalk charakteristischen Gattungen (Campiler Schichten).

Diese drei Abtheilungen sind an manchen Orten durch allmälige Uebergänge verbunden und sind petrographisch durch das Herrschen von Sand und Mergel und das Fehlen reiner Kalke ausgezeichnet. Ueber ihnen folgt mit plötzlichem Wechsel des Gesteins :

4. Schwarzer, meist etwas kieseliger, splittriger Kalkstein in dünnen und festen Schichten. Er führt bei Pieve d'Andraz, bei Recoaro und Tretto im Venetianischen, und nach Herrn Wolf's Beobachtungen auch in Judicarien: *Retzia trigonella*, *Spiriferina Mentzelii*, *Spirifer fragilis*, *Dadocrinus gracilis* (Virgloriakalk). Meist unter 50 Fuss mächtig.

5. Nach oben verliert der Kalk allmähig seine schwarze Färbung, wird dickbankiger und geht in weissen Kalkstein und porösen krystallinischen Dolomit über. Darin globose Ammoniten, *Halobia Lommelii* und andere entschiedene Versteinerungen der oberen Trias (Mendola-Dolomit).

Es folgt nun noch eine bedeutendere Reihe von verschiedenen Gebilden der oberen Trias bis hinauf zu den (11.) Raibler Schichten, mit denen die Formation schliesst. Alle Glieder dieser oberen Abtheilung zeichnen sich trotz des vielfachen Faunenwechsels durch *Halobia Lommelii*, *Ammonites Aon*, *Ammonites globosi*, gewisse Chemnitzien-Formen und durch allmälige paläontologische Uebergänge aus. So wie 1—3 ein bestimmt zusammengehörender Complex ist, so sind es auch alle Schichten von 5 an aufwärts bis zu den Raibler. Diese beiden Complexe haben nicht eine einzige Versteinerung mit einander gemein und sind daher paläontologisch streng von einander geschieden, während innerhalb der Schichten eines jeden Complexes einzelne Versteinerungen durch die ganze Reihe hindurchgehen. Die scharfe Scheidung einer unteren und oberen Trias ist so weit vollkommen gerechtfertigt. Es entsteht nun die Frage, wohin das mit 4 bezeichnete Glied zu rechnen sei; davon hängt die Gränze der beiden Abtheilungen ab. Es ist in Tirol nicht mächtig, und wenn es auch im Venetianischen und in Kärnthen bedeutend an Mächtigkeit zunimmt, so führt es doch nirgends andere Versteinerungen als die erwähnten. Keine derselben stimmt mit einer Art aus der unteren und oberen alpinen Trias der Südalpen überein und das Glied würde somit in der Mitte zwischen beiden stehen; allein es nöthigen folgende Gründe, den Virgloriakalk der Südalpen noch zur oberen Trias zu rechnen :

1. Zwischen den Campiler Schichten und Virgloriakalken ist eine überaus scharfe petrographische Scheide, während in den Mendolakalk ein allmäliger Uebergang stattfindet; auch kennt die ganze untere Trias keinen reinen Kalkstein, während er von jetzt an oft herrscht.

2. Der Opatowitzer Kalk von Oberschlesien, welcher die Fauna des Virgloriakalkes führt, enthält zugleich die durch ihre eigenthümlich bilaterale Ausbildung charakterisirten Cidariten-Stacheln der Fauna von St. Cassian.

3. Die k. k. geologische Reichsanstalt erhielt neuerlich eine Sammlung von Versteinerungen des Tretto. An mehreren Handstücken sind Keuperpflanzen neben den genannten Brachiopoden.

Weitere Belege werden sich im Verlauf der Betrachtung aus Nord-Tirol ergeben.

Wir sind demnach berechtigt, die Gränze zwischen der unteren und oberen alpinen Trias in den Südalpen mitten in den obersten Theil des deutschen

Muschelkalkes hineinzusetzen; denn wenn man auch den Opatowitzer Kalk zum Keuper rechnet und, da der Virgloriakalk ihm parallel steht, die Gränze der beiden Abtheilungen der alpinen Trias mit der zwischen Muschelkalk und Keuper zusammenfallen lassen möchte, so ist doch in Betracht zu ziehen, dass die letztere noch keineswegs mit Sicherheit festgestellt ist und dass einzelne Arten aus dem Opatowitzer Kalk auch im sicheren Muschelkalk nachgewiesen sind.

Es ergibt sich somit in Süd-Tirol folgende Eintheilung der Trias :

I. Untere Trias.

1. Grödner Sandstein.
2. Seisser Schichten (*Posidonomya Clarai*); führen zahlreiche Gypsstöcke.
3. Campiler Schichten (*Naticella costata*).

II. Obere Trias.

4. Virgloriakalk (*Retzia trigonella*).
5. Mendolakalk.

11. Raibler Schichten.

Diese Eintheilung, welche auf den deutlichsten Profilen und den sichersten Thatsachen beruht, kann uns als weitere Grundlage dienen. Versuchen wir es, mit Beziehung hierauf die nördlichen Kalkalpen zu gliedern.

Werfener Schichten, Guttensteiner Kalk und Virgloriakalk der Nordalpen.

Mit dem Namen „Schiefer von Werfen“ bezeichnete Lill v. Lilienbach ein System von rothen Sandsteinen, Schiefeln und grauwackeähnlichen Gesteinen, welche im Süden des Dachsteingebirges als das Liegende der dortigen Kalke auftreten. Später erkannte man den obersten Theil jener Schichten als zur Trias gehörig und übertrug den Namen Werfener Schichten nur auf dieses Formationsglied. Herr Franz Ritter v. Hauer¹⁾ wies zuerst diesem Begriff seine Gränzen an und führte ihn mit genauer Bestimmung in die Alpengeologie ein. Zugleich zeigte derselbe, dass das Schichtensystem ein sehr verbreitetes Gebilde sei, indem es, mit Ausnahme der Gegend zwischen Werfen und Schwaz und der vorarlbergischen Alpen, allenthalben die tiefste Grundlage der nördlichen Kalkalpen bildet. Herr v. Hauer zeigte, wie dieses tiefste Gebilde in Aufbruchspalten, die dem Centralzug der Alpen parallel sind, zu Tage kommt und wies dasselbe als das eigentliche Salz und Gyps führende Glied der Kalkalpen nach. Von Versteinerungen wurden aus den Werfener Schichten der Nordalpen bald bekannt: *Ceratites Cassianus* Quenst., *Turbo rectecostatus* Hau., *Naticella costata* Münster., *Myacites Fassensis* Wissm., *Posidonomya Clarai* Emmr. und andere Arten, welche auch in den Südalpen die genannten begleiten²⁾. Nach den Angaben von Fuchs musste es aber als erwiesen gelten, dass in den Südalpen diese Versteinerungen in dem tiefsten rothen (Grödner) Sandstein vorkommen und da dieser als Aequivalent des Buntsandsteins angesehen wurde, so lag es nahe, den deutschen Buntsandstein, die „Werfener Schichten“ der Nordalpen und den tiefsten rothen Sandstein der Südalpen als äquivalent anzusehen. Allein die Angabe von Fuchs

¹⁾ A. a. O.

²⁾ A. a. O. Seite 721.

beruht auf einer petrographischen Verwechslung, indem seine rothen Sandsteine nicht dem tiefsten (Grödner) Sandstein, sondern den Campiler Schichten entsprechen. Die Werfener Schichten enthalten somit Versteinerungen der höchsten Schichten der unteren Trias, während zugleich *Posidonomya Clarai* beweist, dass auch der mittlere Theil derselben, unsere Schichten von Seiss, in den Nordalpen vertreten sind. Die Gyps- und Steinsalzlager vermehren diese Analogie, indem in Süd-Tirol die Gypslager auch nur in diesen beiden Schichtensystemen auftreten. — Diese Thatsachen beweisen, dass die Werfener Schichten der Nordalpen in dem Sinne, wie sie Herr v. Hauer in seiner Abhandlung zusammengefasst hat, entweder der gesammten unteren Trias von Süd-Tirol oder nur ihren zwei oberen Gliedern äquivalent sind.

Mit dem Namen „Guttensteiner Kalk“ bezeichnete zuerst Herr Franz Ritter v. Hauer (1853) einen Complex schwarzer, dünn geschichteter, weissadrigter Kalke und Dolomite, welche bei dem Orte Guttenstein nordwestlich von Wiener-Neustadt anstehen, wo sie von den Herren Stur und Lipold beobachtet wurden. Zwei unbestimmbare und später verloren gegangene Terebrateln waren die einzigen Versteinerungen; die stratigraphische Stellung schien zu ergeben, dass sie unter den Hallstätter Kalken liegen. So unsicher auch diese Merkmale waren, gelang es doch, die genannten schwarzen Kalke auch weiter westlich mit stets wachsender Mächtigkeit und constant unter den Hallstätter Kalken nachzuweisen. Ihre Stellung zwischen diesen und den Werfener Schichten schien somit erwiesen und da der ganze Raum zwischen den Sandsteinen der letzteren und den weissen Kalken von Hallstatt stets von schwarzen Kalken eingenommen ist, welche eine sichere Unterabtheilung nicht zulassen, so wurde der Name „Guttensteiner Kalk“ auf diesen gesammten Complex übertragen und in dieser Bedeutung von Herrn Franz Ritter v. Hauer in die Alpengeologie eingeführt ¹⁾. Allein schon aus den wenigen damals bekannt gewordenen Thatsachen bahnte Herr Fr. v. Hauer eine weitere Gliederung dieses Complexes an, welche jetzt mit Entschiedenheit und für die gesammten Alpen durchgeführt werden muss; denn da diese zu trennenden Glieder nicht überall ein so gleichförmiges Ansehen haben, wie in den nordöstlichen Alpen, so musste es bald geschehen, dass man den Namen „Guttensteiner Kalk“ auf verschiedene Gebilde anwendete. In den Nordalpen entwickeln sich die schwarzen Kalke durch Wechsellagerung aus den Werfener Schichten, welche oft bis in das höchste Niveau hinaufreichen. Meist sind Anfangs nur einige schwache Kalkschichten eingelagert, nach oben folgen mehr und mehr mächtige Complexe derselben, bis endlich die schwarzen Kalke herrschen. Diess so wie das Vorkommen von *Ceratites Cassianus Quenst.* und *Naticella costata Münst.* musste diese Gebilde als zu den Werfener Schichten gehörig erscheinen lassen und rechtfertigte die Ansicht, dass im Allgemeinen die Werfener Schichten dem unteren Theil der unteren Trias oder dem Buntsandstein, die Guttensteiner Kalke aber dem deutschen Muschelkalk entsprechen, dass diese beiden Glieder in den Alpen nicht so bestimmt wie in Deutschland getrennt, sondern durch Uebergänge verbunden, sowie auch durch gleiche Versteinerungen charakterisirt seien, dass endlich beide als ein zusammengehöriger Complex von der oberen Trias, welche man früher mit den Hallstätter Kalken beginnen liess, getrennt seien.

¹⁾ A. a. O. S. 722. Früher wurden die hieher gehörigen Gebilde als „schwarze (oder dunkle) Kalke des bunten Sandsteins“ bezeichnet; so im Jahrbuch der k. k. geologischen Reichsanstalt 1850, Seite 617, wo des Vorkommens bei Guttenstein zuerst Erwähnung geschieht, ferner 1852, II, Seite 55 und IV, Seite 60, 65 u. s. w.

Der erste, welcher nachwies, dass die äusserst mächtigen schwarzen Kalke unter den Hallstätter nicht als Ein gleichförmiges Gebilde zu betrachten sind und dass das eben erwähnte Resultat nur für einen Theil derselben Geltung hat, war Johann Kudernatsch in seiner reichhaltigen und geistvollen Abhandlung: „Geologische Notizen aus den Alpen“¹⁾. Er sagt darin von den „dunklen Kalken der Trias“ in den Nordalpen: „die Kalke dieser Bildung sind durch ihre vorherrschend dunkle Färbung, so wie durch ihre dünne Schichtung ausgezeichnet; sie sind reich an Bitumen und Kieselerde, das erstere besonders in den unteren Gliedern, wo förmliche Stinksteine auftreten, das letztere so ziemlich durch alle Etagen, mehr augenfällig indess in der obersten Abtheilung, wo sich die Kieselerde in Form von zahlreichen Hornsteinknollen und in Zwischenlagen abgeschieden hat. Sehr eigenthümlich sind auch die höchst unregelmässigen Windungen und Krümmungen der Schichten, die fast mit jedem Schritt ein anderes Streichen und Verflächen beobachten lassen...; nur die oberste Abtheilung besitzt in merkwürdigem Gegensatz sehr ebenflächig ausgedehnte schöne Schichtungsflächen“ und bildet „wahre Felstafeln“. Kudernatsch beschreibt darauf genau den petrographischen Charakter der unteren Abtheilung, von der er vorher gesagt hat, dass ihre Gesteine mit den bunten Sandsteinen wechsellagern. „In der obersten Abtheilung“, fährt er fort, „tritt dann ein mehr dickschichtiger, im Bruche unebener grauer Kalk auf, dessen Schichtungsflächen statt ebenflächig ausgebildet zu sein, voll unregelmässiger Portuberanzen, Höcker und Wülste erscheinen, zu denen sich meist noch sehr zahlreiche Hornstein-Concretionen gesellen. Die zwischen den Höckern gelegenen Vertiefungen sind oft mit einem sandig-glimmerigen Mergelschiefer ausgefüllt, der leicht herausfällt. Die Hornstein-Concretionen dieser Schichten sind theils in der vorhin erwähnten Weise, theils und vorzüglich aber in grösseren ganz unregelmässig gestalteten Massen ausgebildet und vermehren so ungemein das Knorrige, Höckerige der Schichtungsflächen; sie sind dann meist wie ausgefressen oder voll feindrüsiger unregelmässiger Cavitäten“ u. s. w. Kudernatsch fand diese Gebilde an mehreren Orten anstehend, insbesondere bei Unterkirchen in der Nähe von Lasing, wo sie zahlreiche Abdrücke von *Monotis salinaria* führen. Herr v. Hauer rechnete zu diesen Kalken auch diejenigen von Reifling, worin ein *Ichthyosaurus* gefunden wurde, und machte bereits im Jahre 1853 auf die Möglichkeit einer Trennung derselben von den Guttensteiner Kalken aufmerksam.

Ausser diesen Angaben von einer höheren Abtheilung der Guttensteiner Kalke wurden mir keine weiteren bekannt. Die petrographische Beschreibung von Kudernatsch stimmt aber auf das Genaueste mit gewissen Kalken, welche ich in Vorarlberg und dem Stanzer Thal allenthalben ausgezeichnet ausgebildet fand. Mit Herrn v. Hauer beobachtete ich die gleichen Gebilde in der Nähe von Innsbruck, wo sie in den Steinbrüchen beim Kerschbuchhof eine grosse Zahl von Cephalopoden nebst Spuren von *Monotis salinaria* und *Halobia Lommeli* führen und schon längst die Aufmerksamkeit von Herrn Professor Pichler auf sich gezogen haben. Ferner finden sie sich versteinungsleer über mächtigen dolomitischen schwarzen Kalken im Kaisergebirge bei Kufstein. Sehr charakteristisch sind sie bei Reutte ausgebildet, wo Herr v. Hauer sie entdeckte; sie führen dort *Spiriferina Mentzeli*, *Waldheimia angusta*, nebst anderen Brachiopoden. Nicht minder paläontologisch ausgezeichnet fand ich die Schichten am Virgloriapass und bei der Gamperton-Alp im Rhätikon, wo sie *Retzia trigonella* und zahlreiche Crinoiden führen. Es gibt wenige Gesteine in den Kalkalpen, deren

¹⁾ Jahrbuch der k. k. geologischen Reichsanstalt 1852, II, Seite 65 ff.

petrographische Merkmale so charakteristisch und so leicht erkennbar sind, als diese schwarzen plattigen Kalke mit knolliger Oberfläche, und es kann in keiner Beziehung der mindeste Zweifel herrschen, dass Kudernatsch unter seiner „obersten Abtheilung der Guttensteiner Kalke“ dieselben Schichten beschrieben hat, welche wir in Tirol in vollkommen gleicher Lagerung nachwiesen.

Diese oberste Abtheilung der unter den Hallstätter Schichten liegenden schwarzen Kalke ist mithin längs dem gesammten Nordrande der Alpen vom Rheinthale bis zum Wiener Becken verbreitet; sie ist entweder allein vorhanden (Vorarlberg) oder lagert über einem sehr mächtigen mit Sandsteinen wechselnden Complex dünngeschichteter meist dolomitischer und bituminöser Kalke. Die Mächtigkeit ist stets gering und nie findet eine Einlagerung von Sandstein Statt. In Beziehung auf die Versteinerungsführung verhalten sich beide Abtheilungen durchaus verschieden. Die untere enthält die Versteinerungen der Werfener Schichten und der unteren Trias der Südalpen, dagegen nicht eine einzige Art aus der oberen Trias. Die obere Abtheilung führt alle Versteinerungen, welche die in den Südalpen unmittelbar über der unteren Trias folgenden schwarzen Kalke und den Opatowitzer Kalk von Oberschlesien charakterisiren und die wir als zur oberen Trias gehörig nachzuweisen suchten, dagegen ist nicht eine einzige Art mit den unteren schwarzen Kalken und den Werfener Schichten gemeinsam.

Beide Gesteine sind daher trotz ihrer petrographischen Aehnlichkeit auf das schärfste von einander zu trennen und in der langen Reihe der schwarzen Kalke zwei Formationsglieder zu unterscheiden, deren eines der unteren, das andere der oberen Trias angehört. Zu den früher aus den Südalpen angeführten Gründen der Einreihung des Trigonellen-Kalkes zur oberen Trias kommen nun noch folgende:

4. An der Martinswand fanden sich in den schwarzen glimmerigen Mergeln, welche die narbenförmigen Vertiefungen der Schichtflächen erfüllen, undeutliche Spuren von *Halobia Lommeli*.

5. Die Mergel zwischen den Schichtflächen nehmen nach oben zu und es entwickeln sich aus ihnen die Partnachmergel, in denen *Halobia Lommeli* längst mit Sicherheit nachgewiesen wurde. Es findet also in die nächst höhere entschiedene obertriassische Abtheilung ein ebenso allmäliger Uebergang Statt, wie in den Südalpen.

6. Am Ausgange des Mallbunthales im Fürstenthum Liechtenstein fand ich in den Kalken, welche mit den höchsten Schichten der Partnachmergel wechselagern und aus denen sich später die Arlbergkalke entwickeln, Schalenfragmente, welche Herr Merian und später Herr Suess als entschieden der *Retzia trigonella* angehörig erkannten.

7. *Dadocrinus gracilis* aus dem Virgloriakalk gehört entschieden der oberen Trias an; die Sammlung der k. k. geologischen Reichsanstalt besitzt denselben aus dem Hallstätter Kalk des Steinbergkogels bei Aussee.

Kaum dürften noch weitere Beweise nöthig sein.

Der Name „Guttensteiner Kalk“ wurde bisher für den Gesamtcomplex beider Abtheilungen angewendet, stets aber seine Wechsellagerung mit Werfener Schichten und das Vorkommen von *Naticella costata* und *Posidonomya Clarai* als charakteristisch hervorgehoben. Es ist klar, dass man ihn weiterhin nur für Eine Abtheilung anwenden kann und zwar, um von dem bisherigen Gebrauch so wenig als möglich abzugehen, für die untere Abtheilung, um so mehr, als nach der Darstellung von Herrn Stur gerade diese in Guttenstein vorhanden ist, was durch die Wechsellagerung mit Sandstein deutlich erwiesen wird. Die obere Abtheilung mit *Retzia trigonella* habe ich als Virgloriakalk bezeichnet

letzteren sicher erkennen. Sie lagern dort über einer Folge von Grauwackengesteinen, welche eine scharfe Trennung erlauben, ohne selbst einer näheren Bestimmung fähig zu sein. Etwas weiter gegen Westen, in den Salzburger Alpen, wird die Reihe der liegenden Schichten mehr und mehr complicirt und zugleich die Gränze gegen die Trias undeutlich. Das tiefste Glied sind hier die silurischen Schiefer von Dienten. Darüber lagern in unendlich wechselreicher Folge: glimmerige und talkige thonschieferartige Gesteine, rothe und weisse Quarzite, Verrucano-Conglomerate, rothe Sandsteine, graue dolomitische Kalke und Conglomerate derselben mit dem verschiedensten Bindemittel und andere Gesteine, aus deren ganzer Folge sich endlich die sicheren Werfener Schichten und Guttensteiner Kalke der unteren Trias entwickeln. Es lässt sich bisher nicht entscheiden, ob die Schichtenfolge zwischen den silurischen und triassischen Gesteinen der ganzen Reihe der paläozoischen Formationen entspreche. Noch weniger scheint es möglich, zu bestimmen, wo die Trias anfängt. Denn unter den Steinsalz und Gyps führenden rothen Sandsteinen, welche die Hauptmasse der Guttensteiner Kalke unterteufen, folgen abermals in beständigem Wechsel schwarze erzführende Kalke, rothe gypshaltige Sandsteine, Kalkconglomerate mit rothem thonigen Bindemittel und eine Reihe ähnlicher versteinungsloser Gesteine, welche denen der unteren Trias sehr ähnlich sind. Mit diesen Charakteren erstreckt sich der Zug der paläozoischen Gesteine in bedeutender Breite aus dem Salzburger Gebiet nach Nord-Tirol, und erreicht sein Ende bei Schwaz am Inn. Die Untersuchung dieses schwierigsten Theils der nördlichen Kalk-Alpen, welcher durch seine Erzlagerstätten eine so hohe Bedeutung hat, übernahm Herr Ferd. Baron Andrian allein. Eine nähere Beschreibung des Gebietes, auf welche wir hier verweisen, gedenkt Derselbe an einem anderen Ort zu geben. Als die Gränzen des paläozoischen Gebietes betrachten wir im Süden die krystallinischen Schiefer, im Norden das Kaisergebirge. Die Einsenkung von Schwaz über Rattenberg, Wörgl, Söll, Scheffau, Elmau, S. Johann, Fieberbrunn bis Hochfilzen an der salzburgischen Gränze bezeichnet die Südgränze der nachweisbaren Triasgebilde, mit welcher die Untersuchungen von Baron Andrian beginnen.

Westlich von dem Meridian von Schwaz scheinen in grosser Erstreckung die paläozoischen Schichten von Dienten und Kitzbüchel gänzlich zu fehlen, wenigstens sind sie noch nirgends nachgewiesen worden; die bestimmbar Sandsteine der Werfener Schichten liegen hier unmittelbar auf Thonglimmerschiefer und Glimmerschiefer. Auch in den Süd-Alpen findet in diesem mittleren Theil das gleiche Verhalten Statt. Um so auffallender ist es, dass mit dem Meridian von Landeck und dem Garda-See sich wieder ähnliche Gesteinsreihen zwischen den krystallinischen Schiefen und den sicher nachweisbaren Sandsteinen der Werfener Schichten einstellen, welche sich von den im Osten herrschenden nur durch den gänzlichen Mangel von Kalk und Kalk-Conglomeraten unterscheiden. Es sind diess die als „Verrucano“ bezeichneten Gesteine. Herr Franz Ritter v. Hauer hat in neuester Zeit für die lombardischen Alpen den Beweis geführt, dass der „Servino“ sicher, der Verrucano wahrscheinlich den Werfener Schichten der unteren Trias angehört¹⁾.

In den Nord-Alpen sind Servino-Gesteine als besondere Abtheilung nicht ausgebildet. Es entwickelt sich hier aus den krystallinischen Schiefen der mächtige Complex von rothen Quarzconglomeraten, verkieselten Quarz-Sandsteinen, talk- und glimmerreichen Gesteinen u. s. w.; niemals gelang es mir in Vorarlberg, eine scharfe Gränze gegen die krystallinischen Schiefer aufzufinden,

¹⁾ Jahrbuch der k. k. geologischen Reichsanstalt 1858, IX. Band, Seite 456 ff.

wie sie zwischen Landeck und Schwaz zu beobachten ist, immer ist der Uebergang ein ganz allmäliger, durch Wechsellagerung bedingter und erinnert auffallend an die Verhältnisse an der unteren Gränze der paläozoischen Schichten bei Kitzbüchel. Auf den typischen Verrucano-Gesteinen in Vorarlberg, und wie es scheint auch in der Schweiz, folgt aber weder der Servino der lombardischen Gebirge noch entschiedene Werfener Schichten, noch auch eine Spur von Guttensteiner Kalken. Zwischen Landeck und dem Rhein liegt unmittelbar auf dem Verrucano die obere Trias, mit Virgloria-Kalk beginnend. Noch weiter westlich, in den Gebirgen der nördlichen Schweiz, fehlt grossentheils auch diese Formation und der Verrucano wird unmittelbar von Jura und jüngeren Formationen bedeckt.

Alle diese Umstände: die allmälige Entwicklung der Gesteinsreihe durch Wechsellagerung aus den krystallinischen Schiefen, die ausserordentliche petrographische Aehnlichkeit derselben mit den Grauwacken-Gesteinen im nordöstlichen Tirol, die fast gänzliche Abwesenheit von typischen Gesteinen der Werfener Schichten, das Fehlen irgend einer Spur von Gyps- oder Steinsalz-Einlagerungen, die unmittelbare Ueberlagerung durch obere Trias und jüngere Formationen, endlich auch der gänzliche Mangel an Versteinerungen — alle diese Umstände machen es mehr als wahrscheinlich, dass der Verrucano von Vorarlberg und der Schweiz nicht der unteren Trias, sondern älteren Formationen angehört und dass er von dem Verrucano der lombardischen Alpen, falls dieser der genannten Formation angehören sollte, zu unterscheiden ist. Bestätigt sich das Vorkommen von Steinkohlenpflanzen in wahren Verrucano-Gesteinen der West-Alpen, so darf man vielleicht damit das Auftreten charakteristischer Sedimente dieser Gesteinsgruppe in den gleichfalls der Steinkohlenformation angehörigen Gailthaler Schichten von Kärnthen und Krain in Zusammenhang bringen. Es würde dadurch an Wahrscheinlichkeit gewinnen, dass die Reihe der in den nordöstlichen Alpen so deutlich und mächtig entwickelten paläozoischen Formationen in den West-Alpen, wenigstens zum Theil, in dem gleichförmigen Schichtencomplex des Verrucano zusammengedrängt ist und dass derselbe Küstenbildungen des grossen Meeres bezeichnet, in dessen östlichen tieferen Theilen sich die feineren mechanischen und die chemischen Sedimente niederschlugen. Diess erhält um so mehr Wahrscheinlichkeit, wenn wir die oben besprochene Vertheilung der Formationen in Betracht ziehen, wonach die ältesten derselben mehr in den östlichen, die jüngeren mehr in den westlichen Theilen der Alpen entwickelt sind. War vor der Triasperiode der Hauptverbreitungsbezirk des Verrucano's ein seichtes Meer entlang den Rändern des Festlandes, so konnte derselbe sehr wohl zur Zeit der unteren Triasbildungen über die Meeresfläche hervorragen, und wenn von nun an die Meerestiefe durch eine lange Periode mehr und mehr gegen Westen vorschritt, so musste die Folge sein, dass auf den Verrucano von Osten gegen Westen und von Norden gegen Süden mehr und mehr jüngere Formationen zu unmittelbarer Auflagerung kamen und dass, während im Kaisergebirge sich noch Werfener Schichten über den Aequivalenten des Verrucano mächtig erheben, in Vorarlberg sogleich die obere Trias, in der Schweiz, nahe der Centralkette, unmittelbar die Juraformation folgt.

Indem wir aus den schon angeführten Gründen die paläozoischen Gebilde der Gegend von Kitzbüchel übergehen, wenden wir uns sogleich zur specielleren Darstellung des

Verrucano zwischen dem Rheinthal und Landeck am Inn. — Das westlichste Auftreten von Verrucano findet sich oberhalb Vaduz (Prof. I und Fig. 10) unter höchst eigenthümlichen Lagerungsverhältnissen, welche später

näher erörtert werden sollen. Die Schichten sind in grosser Ausdehnung durch einen flachen Abhang aufgeschlossen, auf dem sich das Dorf Triesnerberg ausbreitet; ich bemerkte nur rothe Sandsteine und Conglomerate aus gerundeten Quarzkörnern, welche durch ein kieseliges rothes Bindemittel zu einem sehr festen Gesteine verkittet sind. Geringen Aufschluss gibt ein Ausbeissen bei Brand. Um so wichtiger sind die Verrucano-Profile im Thale Montavon, wo er ein grosses Areal einnimmt. Auf dem Wege von S. Anton nach Bartholomäusberg (Profil VII) bieten die fast senkrechten Schichtenköpfe des Verrucano, über welche der Fusssteig quer hinwegführt, eine reiche Musterkarte der verschiedensten Varietäten. Die ersten Schichten, welche unter dem Virgloriakalk, durch eine Wiesenfläche getrennt, zu Tage kommen, gehören einem charakteristischen weissen Quarzitschiefer an; ihm folgt rother Sandstein und echtes Verrucano-Conglomerat, endlich ein rother thoniger glimmerreicher Schiefer mit wulstigen Schichtenflächen. Er geht allmählig in Glimmerschiefer über, der noch mit mehreren der Verrucanogesteine wechsellagert, bis er allein herrschend wird; er trägt in prächtiger Lage die historisch merkwürdige Kirche von Sanct Bartholomäusberg.

Der Weg von Vandans im Montavon in das Rellsthal (Profil V, VI) ist bereits durch Escher bekannt geworden. Die ersten Schichten, welche die Stetigkeit des Glimmerschiefers unterbrechen, sind rothe Sandsteine und Conglomerate, welche Anfangs mit jenem wechsellagern und dann bis über eine kleine Kapelle hinaus allein herrschen. Darauf folgt eine Reihe anderer Gesteine, welche auch hier erst in höherem Niveau in echte Quarzite übergehen, und mit glimmerreichem, meist braunrothem, thonigem, schieferigem Sandstein schliesst, dessen Schichtflächen Pflanzenstengeln ähnliche Wülste zeigen. Unter anderen Gesteinen sind hervorzuheben:

- a) Dichter, sehr fester weisser Quarzit.
- b) Feinkörniger, ebenfalls sehr fester Quarzit, theils in dünnen Platten geschichtet, theils schieferig und dann mit zahlreichen Glimmerblättchen auf den Schichtflächen.
- c) Das Gestein von *b* mit einzelnen grossen festverwachsenen gerundeten Quarzgeröllen. Das Bindemittel wird zuweilen eine dichte sehr feste Kieselmasse, meist von rother Farbe.
- d) Grauer und grüner glimmeriger Sandstein, nur mit weissem Glimmer. Diese Gesteine gehen über in
- e) Glimmerschiefer durch Anhäufung des Glimmers zwischen den feinen Quarzschichten. Letzterer reducirt sich zuweilen auf einzelne linsenförmige Ausscheidungen, der Glimmer bildet dann die verbindende Ausfüllung. Neben feinschuppigem weissem Glimmer kommt auch schwarzer in grösseren Blättchen vor.
- f) Conglomerate mit rothem thonigem, sandigem und grünem talkigem Bindemittel, welches wie das von *c* häufig kieselig und sehr fest wird. Die abgerundeten Bruchstücke bestehen vorwaltend aus Quarz, ausserdem aus Gneiss, Glimmerschiefer und älteren Verrucanogesteinen, aber niemals aus Kalk. Escher beobachtete auch gerundete Bruchstücke mehrerer Abänderungen von Felsitporphyren, „ähnlich wie bei Lugano“; auch erwähnt derselbe Uebergänge aus dem Conglomerat in mandelsteinartigen Porphyr.

Alle diese Schichten wechsellagern auf das Mannigfaltigste mit einander. Die Glimmerschiefer wiederholen sich mehrfach; ihre Bildung mitten zwischen gewöhnlichen sedimentären Schichten scheint auffallend, doch dürften sie wohl nur als ein gleichsam regenerirter Glimmerschiefer zu betrachten sein, zusammengeschwemmt

aus den mächtigen Massen krystallinischer Schiefer in der unmittelbaren Umgebung, und später durch Verkieselung in ähnlicher Weise verändert wie das Bindemittel der Conglomerate. Zeichen eruptiver Thätigkeit aus jener Periode sind nur in den Bruchstücken von Felsitporphyren, deren Escher erwähnt, vorhanden. Ausserdem beweisen die groben Conglomerate, dass die Periode des Absatzes der Verrucano-Schichten zeitweise eine ungemein bewegte war; aber ihre Bruchstücke stammen meist aus älteren Formationen; jene gleichzeitigen plutonischen Gesteine scheinen sehr untergeordnet zu sein, während sie in der Schweiz nach Studer unmittelbar in die Verrucano-Schichten eingreifen und vielleicht die eruptive Thätigkeit andeuten, welche die Porphybruchstücke für den Verrucano von Vorarlberg lieferte.

Oestlich vom Montavon erscheint nur bei Dalaas an der Ill ein kleines Ausbeissen von Verrucano (Profil IX), darauf verschwindet er, um am Arlberg nördlich von der Poststrasse um so mächtiger wieder aufzutreten, und setzt von hier ununterbrochen nach Landeck fort. Auch hier lässt sich keine bestimmte Gränze zwischen Verrucano und älteren Schichten feststellen. Die Thonglimmerschiefer und wahren Glimmerschiefer am Arlberg gleichen auch unterhalb des Niveau's der entschiedenen Verrucanogesteine häufig den Glimmergesteinen, welche von dessen Schichten umschlossen werden; insbesondere weist die röthliche Färbung einzelner Abänderungen auf eine nahe Verwandtschaft mit den Verrucanogesteinen. Der Pass und die Strasse sind in diese eigenthümlichen zwitterhaften Gebilde eingeschnitten, welche jeder unbefangene Beobachter vor einer näheren Vergleichung entschieden den krystallinischen Schiefen zurechnen muss. Vom Arlberg nach Landeck bezeichnet das Thal der Rosanna fast genau die Gränze der Triasgebilde gegen die krystallinischen Schiefer. Die räthselhaften Zwischengesteine liegen meist im Thalboden verborgen. Doch fehlt es hier nicht ganz an Entblössungen derselben.

Alle Jochübergänge, welche aus dem Rosannathal nördlich in das Lechthal hinüber führen, bringen beim ersten Anstieg echten Verrucano zu Tage, dem dann stets die eingelagerten Glimmerschiefer folgen. Besonders auffallend sind sie an dem Wege von St. Jakob hinauf gegen das Almejur-Joch, ferner von Petneu gegen das Kaiser-Joch, so wie auf dem hügeligen Vorsprung zwischen Flirsch und Pians entwickelt.

Der Verrucano führt in Vorarlberg, so weit ich diess durch Beobachtung festsetzen konnte, weder Steinsalz noch Gyps noch Rauchwacke. Die Lager von letzterer, welche östlich vom Arlberg bei St. Jakob oberhalb des ungemein mächtig entwickelten Verrucano's auftreten, sind mit grösserer Wahrscheinlichkeit den Virgloriakalken zuzurechnen.

I. Werfener Schichten.

Wie weit die entschiedenen Werfener Schichten sich nach Westen ausdehnen, lässt sich noch nicht mit Sicherheit erweisen; die Angaben von rothem Sandstein zwischen Landeck und Imst auf der vom montanistischen Verein herausgegebenen geognostischen Karte könnten wohl um so mehr noch dem eigentlichen Verrucano angehören, als hier noch keine entschiedenen Guttensteiner Kalke bekannt sind. Weiterhin im Innthal kommen rothe Sandsteine nur sporadisch zu Tage. Ihr wichtigstes Vorkommen ist am Salzberg bei Hall, von wo sie bereits mehrfach beschrieben wurden. Wie hier einfache rothe Sandsteine herrschen mit gänzlicher Ausschliessung der problematischen Quarzite, Talk- und Glimmerschiefer, der kieseligen Quarzconglomerate u. s. w. Vorarlbergs, so

auch an den übrigen Orten der Umgegend, wo die Formation auftaucht, insbesondere nördlich von Innsbruck.

In Verbindung mit den Sandsteinen erscheint Gyps und Steinsalz, die charakteristischen Begleiter der echten Werfener Schichten. Die rothen Sandsteine zwischen Imst und Schwaz sind daher als ausschliesslich der Trias angehörig zu betrachten.

Oestlich von Schwaz treten zunächst nur die erzführenden älteren Formationen auf; erst am Kaisergebirge, wo die Hallstätter Kalke durch mächtige Massen von Guttensteiner Kalken, und diese von rothen Sandsteinen unterteuft werden, lässt sich ein Theil von den letzteren als zu den Werfener Schichten gehörig nachweisen. Sie nehmen grosse Flächenräume allein ein, und bilden meist eine flachhügelige Vorstufe der höheren Kalkgebirge. Bei Hochfilzen gehen sie in das Salzburgerische Gebiet über, wo sie Peters beschrieben hat¹⁾. Ueberall treten nur dunkelrothe und grüne, selten weissliche Quarz-Sandsteine auf, ohne gröbere Conglomerate, ohne Einschlüsse von Kalk und ohne thonige Zwischenschichten. Gypslager und die charakteristischen Pseudomorphosen von Gyps nach Steinsalz konnten wir eben so wenig finden, als eine Spur von organischen Resten. Sie fehlen hier ebenso, wie nach Peters in dem Thalsystem der Saale.

2. Guttensteiner Kalk.

In Nord-Tirol sind die Werfener Schichten von den darauffolgenden Kalken scharf getrennt; nirgends findet jene Wechsellagerung Statt, wie sie im Salzburgerischen (Peters und v. Hauer) und weiter östlich so vielfach beobachtet wurde. Die echten Guttensteiner Kalke und Dolomite der unteren Trias setzen mit den bekannten oft beschriebenen Eigenschaften aus den östlich angränzenden Gebieten nach Tirol hinüber und sind besonders in der Gegend des Kaisergebirges sehr entwickelt; sie bilden daselbst mit Werfener Schichten, Hallstätter- und Dachstein-Kalk die Haupt-Gebirgsmassen. Längs dem Zug der Werfener Schiefer, den wir von Wörgl über Fieberbrunn in das Salzburgerische verfolgten, thürmen sich über dunkel bewaldeten Abhängen der rothen Sandsteinschichten allenthalben jene schwarzen und grauen dünngeschichteten, von einem feinen Netzwerk weisser Kalkspathadern durchschwärmten Kalke und Dolomite auf, welche als das typische Gestein der Guttensteiner Schichten bekannt sind. Meist ist das Gestein fein zerklüftet und daher mechanischer Zerstörung sehr ausgesetzt. Seine steil geneigten Abhänge sind mit Baumvegetation von schlechtem Wuchs bedeckt und jedes kleine Gewässer reisst wilde Tobel in den lockeren Felsboden; überall hemmen die halbtrichterförmig von den Abhängen sich sammelnden Wasserrisse den Weg. Wo aber die Kalksteine über ein grösseres Areal verbreitet sind, da entstehen durch das leichte Zerbröckeln sehr sanfte Bergformen, wie nördlich und nordöstlich von St. Johann. Die dünnen Schichten sind an Durchschnitten zwar sehr deutlich zu erkennen, lassen sich aber von einander nicht trennen, da das allgemeine Netzwerk der Kalkspathadern über die Ablösungsflächen hinweggeht und das Gestein zu einem Ganzen vereinigt. Wenn irgend wo, so drängt sich hier die Annahme einer Dolomitisirung auf, oft sieht man nur ein Trümmerwerk eines körnigen Dolomits durch den weissen Kalkspath verbunden. Je höher man im Schichtensystem hinaufsteigt, desto mehr stellt sich ein eigenthümlicher breccienartiger

¹⁾ Die salzburgischen Kalkalpen im Gebiete der Saale. Jahrbuch der k. k. geologischen Reichsanstalt 1854, 5. Jahrgang, Seite 121.

Charakter des Gesteins ein. Die schwarze Farbe weicht einer grauweissen und gelben, zugleich zeigt sich eine starke Verunreinigung durch Thon und es entsteht ein Conglomerat scharfeckiger Bruchstücke durch gleiche Masse verbunden. Auch dieses Gestein ist so stark von kleinen Klüften durchsetzt, dass es kaum möglich ist, ein Handstück zu schlagen.

Die Mächtigkeit der Guttensteiner Schichten fand Peters im Gebiet der Saale zu 1000—1500 Fuss, bei St. Johann dürfte sie noch mehr betragen, lässt sich aber kaum annähernd schätzen.

Sehr charakteristisch sind die Einlagerungen von Rauchwacke, oft in sehr bedeutender Mächtigkeit. Es ist eine gelbe Rauchwacke mit eckigen Zellen, welche theils von Dolomitbruchstücken, theils von Dolomitpulver erfüllt sind. Sie scheint besonders zwei Niveau's im mittleren Theil des Complexes anzugehören.

Mit allen diesen Eigenschaften und ganz ohne Versteinerungen tritt der Guttensteiner Kalk zwischen Ellmau und der salzburgischen Gränze auf. Doch sind die beschriebenen Schichten stets noch von reineren, dichten, schwarzen, weissgeaderten Kalken überlagert, die sich oft als eine Mauer über der zuletzt erwähnten Breccie erheben, so namentlich an der Nieder-Kaiser-Alp bei Ellmau, wo jene Mauer eine sehr sanfte Ebene trägt, aus der sich die wilden Felsmassen des Hochkaisers erheben. Ebenso deutlich kann man diese Schichten in einem kleinen östlichen Seitenbach zwischen Rupprechtsau und Gasteig nördlich von St. Johann beobachten. Wendet man sich weiter nach Westen, so ist es mit der mächtigen Entwicklung der Guttensteiner Kalke zu Ende, wenigstens zunächst der Gränze des Urgebirges; sie treten weiter von dieser zurück, und da in dem Kalkgebiet ein Auftauchen der ältesten Glieder eine seltene Erscheinung ist, so ist es wohl möglich, dass sie in der Tiefe in ihrer ganzen Mächtigkeit entwickelt sind. Nur eine Stelle wurde mir auf tirolischem Gebiet bekannt, wo ein gewölbartiger Aufbruch die Guttensteiner Schichten noch einmal zu Tage bringt, diess ist in der Riss nördlich von Hall ¹⁾. Sie sind hier durch die bekannten schwarzen Kalke und mächtig entwickelte Rauchwacke vertreten. Vielleicht dürfte auch die gelbe Rauchwacke nördlich von Innsbruck, welche über den Werfener Schichten in Verbindung mit schwarzen Virgloriakalken und Mergelschiefeln auftritt, noch hieher zu rechnen sein.

Die Guttensteiner Kalke der Riss begleiten den west-nordwestlich streichenden Zug von Hallstätter Kalk, der in seinem weiteren Verlauf als Karwendelgebirge und Wettersteingebirge bekannt ist; an der bayerischen Gränze verschwinden sie, treten aber jenseits derselben auf bayerischem Gebiet nach G ü m b e l's Beobachtungen um so mächtiger wieder auf, und erreichen bei Partenkirchen, von wo sie sich um den westlichen Fuss der Zugspitze herumziehen, eine sehr bedeutende Entwicklung. Weiter westlich wurden sie bisher nicht bekannt.

3. Virgloriakalk.

Mit diesem Namen bezeichnen wir, wie (Seite 86) erwähnt, ein System sehr eigenthümlicher wohl charakterisirter Kalke, welches in dem westlichen Theil unseres Gebietes den rothen Sandstein unmittelbar bedeckt. Es sind intensiv schwarze, sehr harte, kieselreiche Kalke, welche in 1 Zoll bis 3 Fuss

¹⁾ Die Profile der Riss folgen in der zweiten Abtheilung dieser Abhandlung.

dicke Platten abgesondert sind. Die Schichtenflächen sind uneben, denen des Wellenkalkes ähnlich und oft von unregelmässigen Wülsten durchzogen. Ein grünlich- bis schwärzlich-grauer fettglänzender Thon ist auf ihnen ausgebreitet und begünstigt die Trennbarkeit der Platten von einander; oft aber wird die Unebenheit so gross, dass die Schichten mit ausgefressenen Zacken in einander eingreifen und sich nicht von einander trennen lassen. Auf allen diesen Eigenschaften beruht die technische Verwendbarkeit dieser Gesteine. Sind die Platten dick, und das Gestein rein, so gebraucht man sie zu Ornamenten und Monumenten, da der schwarze Kalkstein ausgezeichnete Politur annimmt. Dünnere Platten werden zum Bauen benutzt, besonders aber als Chausséesteine, als untere Belegung der Häuser, als Stufen, Tischplatten u. s. w. Man sieht sie allenthalben in dieser Weise verwendet. Der Hauptnutzen beruht auf der leichten Spaltbarkeit. Im Steinbruch von Bürs bei Bludenz, wo die Schichten senkrecht stehen, lassen sich Platten von mehr als 10,000 Quadrat-Fuss Oberfläche trennen. Werden die Schichten sehr dünn, so lösen sie sich zuletzt in lauter einzelne Knollen auf, die zwischen dem verbindenden Thon schichtenförmig angeordnet sind. Sehr häufig stellen sich auch kieselreiche Knollen und Wülste ein, die zuweilen ganz aus Feuerstein bestehen und durch die Verwitterung des Gesteins hervortreten.

Diess ist im Wesentlichen der überall gleichbleibende Charakter der Virgloria-Schichten. Nirgends kommen ausser den dünnen Thonlamellen andere Einlagerungen vor. Die Mächtigkeit beträgt 50 — 100 Fuss und dürfte das letztere Maass selten übersteigen. Die harte Beschaffenheit des Kalkes lässt die abgebrochenen Schichten, wo sie sich in wenig geneigter Lagerung befinden, meist als lang sich hinziehende steile Mauern an den Abhängen erscheinen, so längs der Arlbergstrasse.

Der constante und vor allen andern Gesteinen der Alpen leicht erkennbare petrographische Charakter macht die Virgloriakalke zu einem ausgezeichneten Horizont. Von petrographischen Abweichungen sind nur einige Marmore zu erwähnen. Der vorzüglichste wird seit sehr kurzer Zeit bei Bratz in der Nähe von Bludenz gebrochen und soll sich durch seinen Farbenreichtum auszeichnen. Ein anderer von weisser Farbe bildet einige ziemlich mächtige Schichten auf der Anhöhe zwischen Tschagguns und Vandans im Montavon.

Am Virgloria-Pass wie in dem ganzen angränzenden oberen Gamperton-Thal treten die erwähnten Schichten sehr charakteristisch auf; zugleich gaben sie hier den ersten Anhalt zur Altersbestimmung, indem eine Schicht vom Pass gegen die Alpe Palüd hinab sehr reich ist an

Retzia trigonella Schl. sp.

Noch einige andere Fundorte gaben vorzügliche Ausbeute., So sind bei der Gamperton-Alpe einige sehr dünne und ebenflächige Platten mit Stielgliedern von Crinoiden bedeckt, unter denen der Typus des

Dadocrinus gracilis Buch sp.

leicht zu erkennen ist. Besonders werthvoll ist eine Localität bei Reutte. Mitten aus den Anschwemmungen des weiten Lechthales erhebt sich südlich von der Stadt inselförmig der Ehrenhübel, welcher ganz aus den Trigonellakalken besteht. Hier aber führen sie:

Terebratula vulgaris,
Waldheimia angusta Schlth. sp.,
Spiriferina Mentzelii Dkr. sp.,

ausserdem am Gernspitz, nordwestlich vom Ehrenbühel, eine Terebratel, die kaum von

Rhynchonella decurtata

verschieden sein dürfte. Von besonderem Werth ist das zahlreiche Vorkommen von *Waldheimia angusta*, die bisher selten in den Alpen gefunden wurde. Ein dritter von Herrn Prof. Pichler entdeckter Fundort von Versteinerungen sind die Steinbrüche unweit des Kerschbuchhofes bei Innsbruck. Auf den unebenen wulstigen Schichtungsflächen liegen hier viele Cephalopoden, die leider keine sichere Bestimmung zulassen. Es befindet sich darunter ein *Nautilus*, ein *Orthoceras* und mehrere Ammoniten mit wahren Ammoniten-Loben. Unter ihnen ist vorzüglich eine Art hervorzuheben, deren Loben deutlicher sind und die, so weit die wenigen Stücke eine Bestimmung zulassen, mit

Ammonites Dux Gieb.

identisch zu sein scheint. Schon Giebel und Beyrich wiesen auf die Aehnlichkeit dieser Species von Rüdersdorf mit dem *Ammon. Dontianus* hin, den Herr v. Hauer in der Bearbeitung der Fuchs'schen Versteinerungen beschreibt. Der vorliegende vom Kerschbuchhof erinnert auch an ihn, ist aber sicher davon zu trennen, während er Lobenzeichnung und Querschnitt mit dem oben angeführten gemein hat. Ausser dieser Art finden sich

Ammonites globosi.

Die Steinbrüche am Kerschbuchhofe enthalten ferner Crinoidenstielglieder von Typus des *Encrinurus liliiformis*. Endlich ist noch eines Bruchstückes von *Halobia Lommeli* zu erwähnen, welches Pichler am Fusse der Martinswand in denselben Schichten fand.

Was das sonstige Vorkommen des Virgloriakalks betrifft, so scheint derselbe eines der verbreitetsten Gebilde in den Alpen zu sein. In Vorarlberg tritt er in allen Triasaufbrüchen zu Tage, im westlichen Tirol bis Innsbruck ist er, wie diese Aufbrüche selbst, eine seltene Erscheinung und scheint auf das Stanzerthal, den Süd-Abhang des Innthales zwischen Landeck und Imst und die Umgegend von Reutte beschränkt. In der Gegend von Innsbruck ist er um so häufiger, und wegen des Fehlens der Guttensteiner Kalke noch immer leicht zu erkennen. Wo diese beginnen, wird die Gliederung schwieriger. Doch lässt sie sich noch allenthalben durchführen. In der Riss tritt der petrographische Unterschied der beiden schwarzen Kalke noch sehr deutlich hervor, und wie er selbst bei den mächtigen Massen von Guttensteiner Kalk im Kaisergebirge nicht verschwindet, habe ich früher (Seite 87) erwähnt; ebenso, dass Kuder-natsch das Vorkommen der Virgloriakalke bei Lasing nachwies, ohne sie zu kennen. Wie in den Nord-Alpen so ist auch in den Süd-Alpen die Verbreitung dieses Gebildes eine sehr allgemeine. Sie soll an einem anderen Ort ausführlicher erörtert werden.

4. Partnachsichten.

Escher v. d. Linth lehrte zuerst ein System von mergeligen Schichten kennen, für welche man in den Ost-Alpen kein Analogon kannte. Es war ohne besondere Bezeichnung in vielen Profilen angeführt, und als charakteristische Merkmale das constante Vorkommen des kleinen *Bacryllium Schmidii Heer* und eine am Triesner Culm gefundene *Halobia Lommeli* genannt. Diess sind auch bis jetzt die einzigen paläontologischen Merkmale geblieben. Allein die Verbreitung hat sich als eine sehr allgemeine erwiesen und es stellte sich das Bedürfniss einer eigenen

Bezeichnung dieses neuen Gliedes in der alpinen Trias heraus. Da Herr Güm-
bel dasselbe in der Partnach-Klamm bei Partenkirchen in so bedeutender
Mächtigkeit beobachtete, wie es sonst nicht vorkommt, so schlug derselbe diesen
Fundort als Ausgangspunct für die Bezeichnung vor.

Die Partnachschiechten sind schwärzliche, sehr weiche, etwas kalkige, zu-
weilen glimmerreiche Mergelschiefer, die in kleine rautenförmige Tafelchen, zum
Theil auch griffelförmig zerfallen, und mit einzelnen 1—6 Zoll mächtigen spar-
samen Schichten eines festen, mergeligen, knollig zerklüftenden Kalkes wechsel-
lagern. Ausserdem enthalten die Schiefer sporadische Knollen von thonigem
Sphärosiderit. *Bactryllium Schmidii* ist bald in vereinzelt Individuen, bald in
grossen Massen im Gestein, am häufigsten am Virgloria-Pass, den auch
Escher als Hauptfundort anführt.

Dieses Formationsglied hat in Nord-Tirol dieselbe Verbreitung wie die Vir-
gloriakalke. Beide treten am Triesner Culm oberhalb Triesen im Fürstenthum
Liechtenstein zum ersten Mal auf, und kommen von da bis Innsbruck vielfach
zu Tage, wie die Profile zeigen; überall sind die weichen mergeligen Schichten
leicht wieder zu erkennen. Ihre Mächtigkeit wechselt in Vorarlberg nicht bedeu-
tend; am Virgloria-Pass beträgt sie 300—400 Fuss. Wie weit die Partnach-
schiechten sich nach Osten erstrecken, lässt sich noch nicht genau ermitteln. Auf
einer Excursion mit Herrn Bernh. Cotta, Fr. Ritter v. Hauer und Bergmeister
Gümbel fanden wir sie an der Niederkaiser-Alpe, unmittelbar über den früher
erwähnten mauerbildenden Kalken, welche den schwarzen Guttensteiner Dolo-
miten folgen und Virgloriakalk sind; sie bilden hier die sanfte amphitheatralisch
ansteigende Fläche der Alp, sind aber nur durch die Mergel mit den Kalkcon-
cretionen vertreten; *Bactryllium Schmidii* haben wir ausserhalb Vorarlberg
nicht mehr finden können. Ob die Schichten noch weiter östlich fortsetzen, muss
dahingestellt bleiben.

In dem ganzen westlich von Imst gelegenen Gebiet, wo über den Partnach-
mergeln keine Schichten vom petrographischen Charakter der Hallstätter Kalke
folgen, sondern eine eigene stellvertretende Schichtenreihe, welche wir als „Arl-
bergkalke“ beschreiben werden, sind diese durch Wechsellagerung mit den
Mergeln verbunden. Je weiter nach Westen, desto entwickelter ist dieses Ver-
hältniss und am Rhätikon erreicht es seinen Höhepunct. Der Grat im Hintergrund
des Gamperton-Thales (Fig. 5) durchschneidet beide Systeme. Zwischen der
Einsattelung der weichen Mergel und der steilen Kalkwand sieht man im Profil
ein treppenförmiges Ansteigen des Grates, welches durch den Wechsel der ein-
gelagerten Kalke zwischen den Mergeln bedingt wird. Weniger allmählig ist der
Uebergang in das liegende System der Virgloriakalke, zwischen deren obersten
Platten die fettglänzenden glimmerreichen schwarzen Thonmergel etwas mäch-
tiger sind als in den tieferen Theilen.

Die stratigraphische Stellung der Partnachmergel lässt sich wesentlich nur
aus dem Liegenden und Hangenden ableiten; denn *Halobia Lommeli* verweist sie
eben nur in die obere Trias, ohne das Niveau schärfer zu zeichnen. Dass die
Virgloriakalke auch in den Süd-Alpen vorhanden sind, wurde im Vorigen ange-
deutet. Die Hallstätter Kalke haben zum Theil ihr Aequivalent in den eigentlichen
St. Cassian-Schichten. Der grosse Raum zwischen beiden ist dort durch einen
mächtigen Wechsel der verschiedensten Gesteine ausgefüllt, unter denen die
dünnschieferigen schwarzen Mergelkalke, welche mit *Halobia Lommeli* dicht
erfüllt sind, eine wesentliche Rolle spielen. Diesen werden wir daher zunächst
die Partnachmergel zu parallelisiren haben. Sie unterscheiden sich durch ihren
geringeren Kalkgehalt, so wie durch den Mangel der mächtigen eingelagerten

Kalke und Dolomite, für welche die sparsamen dünnen Schichten des knollig zerklüftenden Mergelkalkes nur ein schwaches Analogon bieten. Eben so wenig können in den Nord-Alpen die Tuffe der oberen Trias entwickelt sein, da hier die eruptive Thätigkeit, welche den Formenreichthum in den Süd-Alpen veranlasste, gänzlich fehlte.

5. Schichten vom Alter des Hallstätter Kalkes.

Ueber den Partnachmergeln ändert sich in Nord-Tirol und Vorarlberg der petrographische Charakter der oberen Trias von Osten nach Westen. Es folgen in beiden Theilen noch zwei Glieder, und da das obere durch das ganze Gebiet identisch und allenthalben in gleicher Weise durch Petrefacten der Raibler Schichten charakterisirt ist, so darf man auch das untere als identisch annehmen, um so mehr als alle Verhältnisse auf einen stetigen Niederschlag hindeuten und alle Formationsglieder der oberen Trias durch Uebergänge verbunden sind. Im östlichen Theil von Nord-Tirol sind zwischen Partnach- und Raibler-Schichten die Hallstätter Kalke mit ihren typischen Eigenschaften entwickelt, greifen als das am meisten formgebende Element in den Gebirgsbau ein, und bilden die massigsten und höchsten Gipfel. In Vorarlberg erinnert nicht ein einziges Gestein mehr an die Hallstätter Kalke; die überaus grosse Mächtigkeit ist auf einige hundert Fuss reducirt und ihre Rolle im Gebirgsbau ist eine sehr untergeordnete. Ich werde diese Formation weiterhin mit dem Namen der „Arlbergkalke“ bezeichnen nach dem Pass am Arlberg, wo sie besonders mächtig ausgebildet sind. Die Gränze zwischen beiden ist ungefähr eine von Sonthofen nach Imst gezogene Linie.

a) Hallstätter Kalk (östlich von Sonthofen und Imst).

In Salzburg und Oesterreich galten bisher die Hallstätter Kalke als das dritte Glied der Trias, als die einzigen Vertreter der oberen Abtheilung derselben und als das unmittelbare Hangende der Guttensteiner Kalke. Für Tirol hatten wir noch zwei gut charakterisirte Glieder eingeschoben, die beide schon zur oberen Trias gehören. Dass das untere derselben, die Virgloriakalke, durch das ganze Gebiet der Alpen verbreitet sei, darf nach der oben gegebenen Darstellung als festgestellt gelten, da es auch in Salzburg und Oesterreich die obere Abtheilung der Trias eröffnet. Es wirft sich nun noch die Frage auf, ob die Partnachmergel ebenfalls so allgemein verbreitet seien, oder ob, wenn sie im Osten fehlen, diese Lücke durch ein tieferes Hinabgreifen des Hallstätter Kalkes oder durch eine Periode der Ruhe bezeichnet sei. Die letztere Annahme ist unstatthaft, da dort die gesammte Trias aus Niederschlägen eines sehr tiefen Meeres besteht und die Auflagerungen der einzelnen Systeme vollkommen normal sind. Am wahrscheinlichsten ist es, dass die Partnachmergel auch im Osten, wenigstens im Salzburgischen, noch vorhanden sind, aber geringe Mächtigkeit besitzen. Denn, wie im Vorigen gezeigt wurde, nehmen dieselben von Westen her bis zum Kaisergebirge so an Mächtigkeit ab, dass sie, wenn sie östlich noch vorkommen sollten, schwer zu beobachten sein würden. Dass wenigstens Spuren von ihnen vorhanden sind, scheint übrigens aus Herrn Bergrath v. Hauer's Zusammenstellung (dieses Jahrbuch 1853, Seite 727) mit Entschiedenheit hervor zu gehen.

Die Hallstätter Schichten kommen daher wahrscheinlich vollkommen unverändert und nicht reducirt aus dem Salzburgischen nach Tirol herüber. Bei Pass

Griesen betreten sie die Gränze und erheben sich bald zu der majestätischen Masse des Kaisergebirges. Hier und bei Kufstein ist der Hallstätter Kalk noch mit allen den Eigenthümlichkeiten ausgeprägt, die ihm im Salzkammergut eigen sind. Er ist bald dicht und dann von weisslich-gelben und röthlichen Farben, bald krystallinisch und dann meist weiss; auch vollständige Analoga der Monotiskalke kommen vor, aber ohne *Monotis*. Gegen Westen nehmen die dichten Kalke ab und bei Innsbruck sind feinkörnig krystallinische Abänderungen vorherrschend. Das mächtige Gebirge, welches sich nördlich von Innsbruck erhebt und diesem Theil des Innthales seinen eigenthümlichen landschaftlichen Charakter verleiht, besteht in seinem oberen Theil nur aus Hallstätter Kalk und zeigt dessen Gebirgsformen so wie dessen Gesteins-Charakter in ausgezeichneter Weise. Jedes Handstück gleicht dem andern, jedes besteht aus feinkörnigem weissen Kalk. So wie bei Innsbruck ist aber das Formationsglied noch in weiter Umgegend charakterisirt. Der durch seine massigen Formen die Gegend beherrschende Gebirgszug, der sich vom hohen Mundi über den Mieminger Berg und das Wanneck nach der Heiterwand zieht, besteht aus demselben Hallstätter Kalk von ganz gleichem Ansehen und sehr bedeutender Mächtigkeit. Das Gestein der majestätischen Heiterwand setzt gegen West noch im schmalen Zuge fort und keilt sich bei Boden aus. Von hier an ist jede Spur des typischen Hallstätter Kalkes verschwunden. Allein mehr im Norden, also in grösserer Entfernung vom krystallinischen Gebirge, finden wir es weiter gegen Westen vorgeschoben. Denn ausser einem typischen Auftreten in der Umgegend von Reutte (Metzenarsch, Gernspitz, Säuling) sind Hallstätter Kalke, nach brieflicher Mittheilung von Herrn Gumbel, auch noch im Algäu zu beobachten. Der Zug zunächst dem Urgebirge keilt sich also weit früher aus, als die nördlicheren; diess ist ganz dasselbe Verhältniss, welches wir beim Guttensteiner Kalk andeuteten.

Verbindet man daher Imst mit Sonthofen im Algäu, so ist östlich von dieser Linie der Zwischenraum zwischen Partnachschichten und Raibler Schichten stets von echten Hallstätter Kalken und (im weiteren Osten) von Dolomiten mit den genannten Eigenschaften ausgefüllt. Der Dolomit ist stets rauchgrau und zuckerkörnig, selten wird er in geringem Grade drusig. Charakteristisch für diese Hallstätter Schichten ist das gänzliche Fehlen von Rauchwacke, so wie überhaupt von fremden Einlagerungen von einiger Bedeutung. Eine Erwähnung verdienen die Reste einer ocherfarbenen Eisenerde, welche im Hallstätter Kalk von Reutte häufig sind und auf welche am Säuling Bergbau getrieben wird.

Die gewöhnliche Mächtigkeit des Hallstätter Kalkes dürfte mit 2000 bis 3000 Fuss nicht überschätzt sein, doch wird sie auch stellenweise sehr gering.

Paläontologisch ist das Formationsglied in Tirol so wenig bestimmt charakterisirt, dass die Versteinerungen allein keinen genügenden Anhalt geben würden. Am wichtigsten ist *Halobia Lommeli* von der Arzler Scharte oberhalb Innsbruck, von Herrn Pichler entdeckt. Sehr grosse und schöne Exemplare liegen hier im Kalkstein. Ferner sind die drei Gastropoden anzuführen, welche Herr Dr. M. Hörnes¹⁾ beschrieb; sie wurden von Herrn Professor Pichler im Hallstätter Kalk vom Wildanger im Issthale bei Hall gesammelt und aufgeführt als:

- Chemnitzia eximia* Hörn. (Taf. I, Fig. 1),
Chemnitzia tumida Hörn. (Taf. I, Fig. 2, 3),
Nerita Prinzingeri Hörn. (Taf. I, Fig. 4).

¹⁾ Ueber einige neue Gasteropoden aus den östlichen Alpen. Denkschriften der Kais. Akademie der Wissenschaften, mathem.-naturw. Classe, Band X mit 3 Tafeln.

Dazu kommen noch zwei Formen vom Typus der

Chemnitzia Rosthorni Hörn. (a. a. O. Taf. I, Fig. 5),

von der Arzler Scharte, welche Herr Prof. Pichler uns gütigst mittheilte, und eine grosse Menge unbestimmbarer Chemnitzien von den genannten Orten, ferner von Tratzberg, Brandjoch, Lavatschjoch, Steinberg (Achenthal), von der Saile bei Innsbruck, vom Gleirschthal, Karbendelthal, endlich von Nassereith und Reuthe.

Die *Halobia* verweist nur im Allgemeinen das in Rede stehende Schichtensystem in die obere Trias. Was aber die Chemnitzien betrifft, so ist zunächst *Ch. Rosthorni* charakteristisch für die weissen Dolomite von Unterpetzen in Kärnten und Esino, welche sich mehr und mehr als ein Zwischenglied zwischen S. Cassianer und Raibler Schichten herausstellen. Allein ihr Vorkommen in den Raibler Schichten des Schlern zeigt, dass sie bis zur äussersten oberen Gränze der Trias hinaufreicht, wenn gleich, wie es scheint, vielfach variirend; denn die Art vom Schlern ist von der aus Esino stammenden verschieden. Von den beiden vorliegenden deutlichen Chemnitzien von der Arzler Scharte hat eine vollkommen den Typus der abgebildeten Art von Esino: zwei parallele und gleiche Knotenreihen; die andere hat nur Eine Reihe grosser entfernt stehender Knoten am unteren Ende der Umgänge. Es scheint sich bei Vergleichung aller Fundorte der alpinen Trias-Chemnitzien aus der Fauna von Esino zu ergeben, dass sie als besondere Facies ganz allgemein die reinen Kalke und Dolomite der oberen Trias charakterisiren ohne ein bestimmtes Niveau derselben zu bezeichnen, dass aber die einzelnen Arten in den verschiedenen Niveau's geringe Formenunterschiede besitzen.

Ausser den erwähnten Petrefacten sind eine *Natica* vom Steinberg (östlich von Achenthal) und vorzüglich

Ammonites globosi

zu erwähnen, welche Herr Pichler nebst einem *Nautilus* und *Orthoceras* bei Tratzberg und an der Arzler Scharte fand. Auch sie weisen nur allgemein auf die obere Abtheilung der Trias hin.

Als das eigentlichste Leitpetrefact sind ihres häufigen Vorkommens wegen gewisse lithodendronartig verzweigte Organismenreste zu betrachten, welche in mannigfaltiger Form allenthalben die weissen Kalke erfüllen. Eine Art derselben, welche besonders häufig und sehr charakteristisch ist, beschrieb Schafhäütl als *Nullipora annulata*¹⁾ vom Gipfel der Zugspitze. Das Alter des Gesteins betrachtete derselbe damals als sehr jugendlich; doch ist längst, besonders durch C. W. Gumbel, die Hauptmasse der Zugspitze als Hallstätter Kalk nachgewiesen. Aehnliche aber doch etwas verschiedene Gebilde beschrieb Baron Schaueroth²⁾ von Recoaro als *Chaetetes? triasinus*, und gab vortreffliche analytische Abbildungen. Ich werde auf diese Gebilde in den Südalpen bei einer andern Gelegenheit zurückkommen und zu zeigen suchen, dass sie einem tieferen Niveau angehören, als die Formen in den Nordalpen. „*Nullipora annulata*“ hat vollkommen das Aussehen von Crinoidenstielen. Cylindrische Formen derselben fanden sich besonders schön bei Lotze nördlich von Reutte, kugelige am Schloss Tratzberg bei Schwaz. Ungleich häufiger sind ungegliederte verzweigte Cylinder mit auffallender Spongitenstructur, aber ohne Kieselnadeln. Sie finden sich am Säuling bei Reutte, an der Arzler Scharte, auf der Saile bei Innsbruck und an vielen anderen Stellen.

¹⁾ Leonhard und Bronn's Jahrbuch 1853, Seite 300—304, Taf. I, Fig. 1, a—f.

²⁾ Wiener Sitzungsberichte, Band XVII, Seite 527, Taf. III, Fig. 4, a—l und Band XXXIV, Seite 285, 1859.

b) Arlbergkalk (westlich von Imst und Sonthofen).

Die mächtigen Massen von Rauchwacke und schwarzen porösen Kalken, welche an der Strasse von Imst nach Landeck unter dem aufgebrochenen Dolomitgewölbe zu Tage kommen, zeigen ebenso wie das Fehlen der bleichen Felswände, dass hier die Stelle der Hallstätter Kalke von anderen Schichten eingenommen wird. Von Imst bis zum Arlberg sind die Verhältnisse zu wenig klar, als dass sie bei der allgemeinen Formationsbeschreibung als Beispiele dienen könnten. Jenseits des Arlberges indessen findet man allenthalben die klarsten Profile, welche über das Aequivalent jener Kalke Aufschluss geben. Die knolligen Virgloriakalke und die Partnachmergel fehlen nirgends; auf sie folgt stets ein 5–600 Fuss mächtiges System von Kalk und Dolomit, das mit den Partnachmergeln an der Gränze durch Wechsellagerung verbunden ist. Charakteristisch ist ein schwarzer poröser Kalk, der, wo er dolomitisch wird, eine hellere Färbung und feines, schwammiges Gefüge annimmt. Er geht stets in eine weissliche bimssteinartige Rauchwacke über, die von jeder anderen Rauchwacke sehr leicht zu unterscheiden ist und einen constanten Begleiter des porösen Kalkes bildet. Unter den vielen Profilen wähle ich den Weg von Nenzing bei Feldkirch nach dem Pass am Klamper Schroffen (Kratzer Joch). Ueber einer Mauer von Virgloriakalk verdeckt eine Wiese die Partnachschichten; dann folgen:

- 1) Schwärzlich-grauer fester poröser Kalk.
- 2) Dolomit, in den unteren Theilen weiss und zu Dolomitsand zerfallend; die oberen Schichten grau, fester, aber sehr klüftig. Ihnen ist eingelagert:
- 3) Kieseliger, poröser grauer Kalk mit sehr ebenen gelblichen Schichtenflächen.
- 4) Brauner und grauer Sandstein.
- 5) Weisslich-graue bimssteinartige Rauchwacke.
- 6) Brauner Sandstein.
- 7) Grauer Kalkstein, zum Theil stark porös und fein oolithisch, zum Theil conglomeratartig Kalktrümmer umschliessend. In den helleren Varietäten erweitern sich die Poren zu eigenthümlichen vielverzweigten kleinen Höhlungen. Es wechseln hiermit:
- 8) Kalkig-mergelige schieferige Schichten.
- 9) Schwarzer, schwach bituminöser klüftiger Dolomit, geht über in
- 10) Kalk mit Spuren von Versteinerungen.
- 11) Dunkler durchsichtiger splitteriger Kieselkalk. Porös. Wechsellagert mit:
- 12) dünner geschichtetem, rauchgrauem, etwas mergeligem, knollig sich absondernden Kalk.
- 13) Dunkelgrauer Kalkstein, zum Theil sehr fein oolithisch, zum Theil porös wie 6; in 1–2 Fuss mächtigen Schichten.

Hierüber folgt gelbe Rauchwacke der Raibler Schichten.

Aehnlich ist folgendes Profil im Galgentobel bei Bludenz. Die Schichten stehen hier sehr steil. Bei dem Sommerfrischort Vorder-Latz stehen die Mergel mit *Bactryllium Schmidii* an. Steigt man den Berg hinab, so folgt:

- 1) Schwärzlich-grauer spröder Kalkstein, sehr mächtig; er trägt das Haus von Vorder-Latz.
- 2) Luckiger, weisser, sandig anzufühlender Dolomit; die Klüfte krystallinisch ausgekleidet (2, 3 des vorigen Profils).
- 3) Weisse, sehr lockere, bimssteinartige Rauchwacke (4, 5, 6).
- 4) Fester, etwas dolomitischer Kalkstein, dickschichtig, zerklüftend (7).
- 5) Mergeliger flachschaliger Kalkstein; geht über in

- 6) Glimmerreiche, ein wenig sandige Schiefer; schwarz, nicht mächtig (8). Die weitere Fortsetzung folgt im Galgentobel selbst; der Anschluss an die bisherige Reihe ist nicht vollkommen genau; es folgen hier:
- 7) Schwärzlicher, in einzelnen Schichten hellerer, wohlgeschichteter (Schichten 1—6 Fuss) Dolomit, parallelepipedisch zerklüftend. 50 Fuss.
- 8) Glimmeriger, dunkelgrünlich-grauer bis schwarzer Sandstein mit Spuren von Pflanzen. 30 Fuss.
- 9) Poröser schwarzer, zuweilen etwas bituminöser Kalkstein in $\frac{1}{4}$ Fuss bis 1 Fuss mächtigen Schichten, spröde, splittiger, ohne Versteinerungen; die untersten Lagen zum Theil mergelig-schieferig. An der Oberfläche hellgrau, auch sehr fein oolithisch und dann gelblichbraun. 100 Fuss.

Diese Kalke sind unmittelbar von gelber Rauchwacke bedeckt, welche in grosser Mächtigkeit die sanften Gehänge gegen die Thalebene von Bludenz bildet.

Diese beiden Profile geben ein Bild von der Zusammensetzung der in Rede stehenden Formation in Vorarlberg; überall ist die Schichtenfolge im Wesentlichen die gleiche, nur die Ausbildung der einzelnen Glieder ist Schwankungen unterworfen. Der schwarze poröse Kalk ist meist sehr fest und dicht und von wenigen Poren durchzogen; doch werden diese oft so zahlreich, dass er verkokter Kohle nicht unähnlich wird, so namentlich an dem steilen Aufstieg von Stuben nach Zürs. Der neugebaute Saumweg entblösst hier die Triassschichten in ausgezeichneter Weise. Die Schichten des porösen Kalkes mit seinen Begleitern stehen senkrecht (Profil XI) und da der Wechsel harter und weicher Gesteine sehr gross ist, so werden die zu Tage stehenden Schichtenköpfe einer Druse von tafelförmigen Schwerspathkrystallen nicht unähnlich. Im Profil sieht man einzelne dünne Schichten hahnenkammförmig aus den benachbarten weicheren hervorragen.

Die Gesamtmächtigkeit der Schichten beträgt 500 bis 600 Fuss und bleibt im Allgemeinen constant.

In Hinsicht auf den paläontologischen Charakter lässt sich mit Sicherheit noch nichts feststellen. Am Virgloria-Pass und an der Gamperton-Alp, wo die Schichten allenthalben vortrefflich entblösst sind, finden sich Bilvalven und Gastropoden in Menge, allein sie sind durchaus unbestimmbar. Ausser ihnen fand ich nur am Ausgang des Mallbunthaales *Retzia trigonella* in den tiefsten mit Mergeln wechsellagernden Schichten des Kalkes. Dennoch muss man die Arlbergkalke als entschieden äquivalent mit den Hallstätter Kalken des östlichen Tirols annehmen, da sie ganz und gar deren Stelle ausfüllen. Auffallend ist allerdings der sehr plötzliche Wechsel des Gesteins, welcher zwar in den Alpen keine seltene Erscheinung, aber doch immerhin nicht leicht erklärbar ist, wenn man nicht den Aufbau der mächtigen riffartigen Gebirge von Hallstätter Kalk der Thätigkeit von Korallen zuschreibt. Ein anderes auffallendes Merkmal ist die gänzliche Ausgeschlossenheit von Rauchwacke in Hallstätter Kalk und ihr Vorkommen im Arlbergkalk, ferner die Wechsellagerung des letzteren in seinen tieferen Schichten mit Partnachmergeln und die scharfe Begränzung derselben gegen den Hallstätter Kalk.

6. Raibler Schichten.

Die Schichten von Raibl in Kärnten galten früher als Aequivalente der Schichten von S. Cassian. In neuester Zeit wurde durch die Untersuchung der Lagerungsverhältnisse an anderen Orten mit Sicherheit festgestellt, dass die Raibler Schichten als besondere oberste Abtheilung der Triasformation von den

St. Cassian-Schichten zu trennen seien und constant dieses höhere Niveau behaupten. Herr Fr. Ritter v. Hauer stellte dieses Resultat zuerst auf Grund mehrfacher Untersuchungen im Jahr 1857 ¹⁾ fest und begründete die Selbstständigkeit der Benennung. Zugleich wurde es durch die Beschreibung der in den Süd-Alpen für die Raibler Schichten charakteristischen Versteinerungen möglich gemacht, dieses wohl charakterisirte wichtige Triasglied auch in anderen Gegenden aufzufinden, und bereits ist dasselbe in grosser Verbreitung in den Alpen nachgewiesen.

Unsere Untersuchungen in Nord-Tirol und Vorarlberg ergaben, dass die Raibler Schichten hier wahrscheinlich einen noch ungleich grösseren Verbreitungsbezirk haben, als in den Süd-Alpen. Wir fanden sie in diesem ganzen Theil der nördlichen Kalk-Alpen allenthalben zwischen Hallstätter und Dachstein-Kalken entwickelt. Im Osten, wo die Mächtigkeit dieser letzteren bedeutend zunimmt, ist ihre Auffindung ungemein schwierig, um so mehr, als zugleich hier die Schichtenentwicklung äusserst gering ist. Diesem Umstande ist es wohl zuzuschreiben, dass sie weiter östlich bisher noch nicht nachgewiesen wurden; es scheint nicht wahrscheinlich, dass sie dort ganz fehlen. Die Herren Franz Ritter v. Hauer und Bernh. Cotta fanden sie noch bei Waidring an der salzburgischen Gränze petrographisch und paläontologisch gut entwickelt.

Der erste Ort in Nord-Tirol, von wo die in Rede stehenden Schichten als ein problematisches Gebilde bekannt wurden, ist das Lavatsch-Thal bei Hall, wo ein dem Bleiberger sehr ähnlicher Muschelmarmor vorkommt. Die Identität einiger von seinen Versteinerungen mit denen von St. Cassian und Bleiberg wurde längst nachgewiesen, insbesondere durch die Herren Merian und Escher, und demnach der Muschelmarmor von Lavatsch als S. Cassian-Formation betrachtet. Wie im Lavatsch so ist aber die Formation in der ganzen Umgegend von Innsbruck sehr reich an Versteinerungen, welche die Aufmerksamkeit auf sich lenken mussten. Die werthvollsten Angaben darüber verdanken wir Pichler, welcher ebenfalls die Identität mehrerer Arten aus der Fauna mit solchen von S. Cassian erkannte und dem Formationsgliede den Namen „Carditaschicht“ gab (nach *Cardita crenata*). Auch Gümbel suchte in ihnen bereits vor mehreren Jahren ein Aequivalent der S. Cassian-Formation nachzuweisen.

In Vorarlberg lehrten Escher und Merian die Formation kennen; es sind die von ihnen beschriebenen Sandsteine mit Keuperpflanzen und Cardinien.

Der petrographische Charakter ist zwar sehr verschieden, schwankt aber nur innerhalb gewisser Gränzen. Im östlichen Theil des Gebietes herrschen gelbbraun verwitternde weiche Mergelkalke, die selten in reineren Kalk und Mergel übergehen. Damit kommen häufig dunkelbraune grobe Sandsteine vor. Sehr charakteristisch ist die oolithische Structur der Mergelkalke. Die einzelnen Körner schwanken in ihrer Grösse von der äussersten Feinheit gewöhnlich bis 1 Zoll im Durchmesser. Doch fand Escher bei Reutte Oolithe von noch weit bedeutenderer Grösse; es sind seine Riesenoolithe. Das constante Niveau der Raibler Schichten ist zwischen den beiden mächtigen Systemen der Hallstätter und Dachstein-Kalke, daher sie meist von den Gebirgsbächen tief ausgegagt werden und die Richtung ihres Bettes bestimmen.

Rauchwacke und Gyps scheinen in den östlichen Theilen von Nord-Tirol in den Raibler Schichten nicht vorzukommen. Erst in der Gegend von Schwaz beginnt gelbe Rauchwacke darin aufzutreten. An den Gehängen des Wanneck

¹⁾ Sitzungsberichte der Kais. Akademie der Wissenschaften. Mathem.-naturw. Classe, Band XXIV, Seite 537 ff. Mit 6 Tafeln, 1857.

und Mieminger Berges fand Herr v. Hauer dieselbe in grossen Massen, und in dem gesammten Gebiet westlich von Imst bilden Rauchwacke und Gyps nicht nur einen integrierenden Bestandtheil der Raibler Schichten, sondern sind oft der alleinige Vertreter derselben. Man war oft schwankend in Betreff der Stellung dieser in Vorarlberg überaus häufig und mächtig auftretenden Gebilde und sie wurden meist dem Verrucano zugerechnet. Ich habe sie jedoch nie in Begleitung desselben gefunden und ich glaube es als feststehend betrachten zu dürfen, dass die gelbe Rauchwacke, welche mit Gyps in Vorarlberg vorkommt, ausschliesslich dem Niveau der Raibler Schichten angehört und dass mit Ausnahme der weissen bimssteinartigen Rauchwacke der unmittelbar darunter folgenden Arlberg-Kalke und einiger unbedeutender Gypsvorkommen in den Partnach- und Algäu-Schichten keine andere Schicht diese Gebilde führt. Bei der Beschreibung der Lagerungsverhältnisse soll diess durch mehrere Profile dargethan werden.

Die bisherigen Anhaltspunkte zur Altersbestimmung der bezeichneten Schichten in Vorarlberg beschränkten sich auf die spärlichen Reste von Keuperpflanzen, welche Escher beschrieb; sie stammen aus braunen eisenschüssigen Sandsteinen im Galgentobel bei Bludenz. Herr Escher hatte früher selbst eine Localität entdeckt, die einen grossen Reichthum von Versteinerungen bot, es war diess der Ursprung des Grabachthales, eines kleinen Seitenthales im Quellgebiet des Lechs; allein damals war eine Bestimmung dieser Versteinerungen noch nicht möglich. Herr Escher besuchte auch im vorigen Jahre denselben Ort in Begleitung von Herrn v. Hauer und mir und wir fanden hier die Fauna der Raibler Schichten der Süd-Alpen in ihrer reichsten Entfaltung zusammen mit mehreren für St. Cassian charakteristischen Arten. Bei einem späteren Besuche desselben Ortes von Stuben her gelang es mir zu beweisen, dass diese Schichten, deren Niveau mit solcher Evidenz feststeht, identisch sind mit der in den übrigen Theilen Vorarlbergs als Rauchwacke und Gyps auftretenden Stufe der Trias; die verwickelten Lagerungsverhältnisse an dieser Stelle sollen später durch Profile erläutert werden.

Die Mächtigkeit der Raibler Schichten wechselt ungemein. Dort wo sie mit Rauchwacke und Gyps verbunden sind, steigt sie bis zu mehreren hundert Fuss; in dem mittleren Theil des Gebietes erreicht sie in wenigen Fällen hundert und im östlichen Tirol ist sie meist so unbedeutend, dass man nur mit der äussersten Mühe die Existenz des Schichtgebildes nachweisen kann.

Die Fauna ist reich an Individuen und an Arten. Die ergiebigsten Fundorte sind in der Umgegend von Innsbruck (Pass am Zirler Kristen, Zirler Klamm, Gleirsch-Joch, Lavatsch, Issjöchel, Thauer, Achenthal), ferner der Hintergrund des Grabachthales an der Gränze von Tirol und Vorarlberg, die Gegend von Nassereith, der Pass am Wechsel in der Hinterriss und das Kaisergebirge. Der Charakter der Fauna ändert sich häufig, aber nicht bedeutend. Gewisse Arten kehren überall wieder, nur einige wenige scheinen auf kleine Gebiete beschränkt. Sieht man von den zahlreichen noch unbeschriebenen Formen ab, so gehört der grösste Theil der Arten zu denen, welche Herr Fr. Ritter v. Hauer aus den Raibler Schichten der Süd-Alpen beschrieben hat. Es finden sich: *Corbula Rosthorni Boué*, *Cardinia problematica Klipst. sp.*, *Pachycardia rugosa Hau. (?)*, *Corbis Mellingeri* (sehr häufig, besonders im Grabachthal und in der Riss), *Myophoria elongata Hau.*, *Perna Bouéi Hau.*, *Pecten filosus Hau.* (sehr zahlreich am Wechsel in der Riss). Auch eine kleine *Nucula*-Art ist zahlreich vertreten, besonders am Zirler Kristen und im Grabachthal, doch stimmt sie nicht mit *Nucula sulcellata Wissm.*, welche bei Raibl vorkommt; sie erfüllt gleich dieser grosse lose Fragmente allein mit ihren Schalen, welche mit zierlichen Formen herauswittern.

Ausser den genannten Versteinerungen, welche der in Rede stehenden Formation mit grosser Entschiedenheit das Niveau der Raibler Schichten anweisen, finden sich auch mehrere Arten aus der Fauna von St. Cassian, insbesondere *Cardita crenata*, welche von Herrn Pichler und von uns allenthalben häufig gefunden wurde. Ferner ist eine Auster von der Form der *Ostrea montis Caprilis Klipst.* ein durchgehendes, nirgends fehlendes Leitpetrefact. Diese gefaltete Form, welche in noch höherem Niveau in der *Ostrea Haidingeriana* der Kössener Schichten wiederkehrt, scheint für diese gesammte Schichtenreihe, die auch sonst so viel Analogie in der Fauna ihrer einzelnen Glieder darbietet, charakteristisch zu sein. Auch mehrere andere Formen scheinen mit solchen von St. Cassian identisch zu sein. Ihre Zahl ist zwar im Ganzen gering, doch deutet das Vorkommen entschiedener Leitpetrefacten jener Formation, wie *Cardita crenata*, vielleicht darauf hin, dass die nördlichen Raibler Schichten etwas tiefer hinabreichen als die südlichen. Zwar hat Herr Franz Ritter v. Hauer auch dort auf die Identität von sechs Arten für beide Formationen aufmerksam gemacht. Allein es ist wohl zu beachten, dass Klipstein seinen *Unio problematicus* von einem Fundort anführt, wo wahrscheinlich echte Raibler Schichten vorkommen, dass *Pachycardia rugosa Hau.* auf der Seisser-Alpe zwar in Tuffschichten eingeschlossen ist, aber in regenerirten, welche durch Lagerungsverhältnisse und Versteinerungen, wie ich an einem anderen Orte zeigen werde, sich als echte Raibler Schichten erweisen, dass ferner Klipstein ein einziges Exemplar des *Ammonites Johannis Austriae* von St. Cassian überdiess in einer fremden Sammlung kannte; ich kenne denselben von dort nur aus den rothen Raibler Schichten vom Pizberg, daher es wohl möglich ist, dass auch jenes Original Exemplar aus denselben Schichten stammt. *Myophoria Whatleyae* und *Myoph. Kefersteinii* aber sind, wenn sie auch in wirklichen St. Cassian-Schichten vorkommen sollten, doch eigentlich charakteristisch für die in Rede stehende Abtheilung, und da sie nur unter den Versteinerungen von St. Cassian selbst angeführt werden, so ist ihr Vorkommen in den *Cardita crenata* führenden Schichten dieses Ortes noch als sehr problematisch zu betrachten, weil die Bewohner des kleinen Ortes die Versteinerungen aus der ganzen Umgegend vermengt verkaufen. Cornalia hat als von St. Cassian stammend die Art unter dem Namen *Lyriodon Curionii* abgebildet ¹⁾, deren Identität mit *Myophoria Whatleyae Buch sp.* Herr v. Hauer nachwies. Nun kommt aber diese Form unmittelbar über den Stuores-Wiesen, welche die Fauna von St. Cassian führen, im weissen Sandstein der Raibler Schichten am Set Sass vor; es ist leicht ersichtlich, dass hier eine Verwechslung des Fundortes stattgefunden haben kann.

Es scheint aus alledem hervorzugehen, dass die Fauna der Raibler Schichten derjenigen der St. Cassian-Schichten in den Süd-Alpen ungleich weniger verwandt ist als in den Nord-Alpen, und dass hier dieselben etwas weiter hinabreichen als dort.

7. Unterer Dachsteinkalk und -Dolomit.

Unmittelbar auf die Raibler Schichten folgt in dem ganzen Gebiet das mächtigste Glied, das vorherrschend den Gebirgsbau bestimmt und nur im östlichen Tirol am Hallstätter Kalk einen Rivalen hat. Es sind diess dunkle zuckerkörnige

¹⁾ Cornalia: *Notizie geo-mineralogiche sopra alcune valli meridionali del Tirolo*, pag. 44, tab. III, fig. 10 und Fr. Ritter v. Hauer: Beitrag zur Kenntniss der Raibler Schichten Seite 556.

Dolomite, dünngeschichtet und den Dolomiten der Guttensteiner Schichten ähnlich. Im Osten gehen sie allmählig zum Theil in reinere Kalke über, die aber in Tirol niemals vollkommen den Typus der charakteristischen Dachsteinkalke des Salzkammergutes annehmen. In Vorarlberg bestehen aus diesem Gebilde alle höheren Kuppen und Bergketten; es tritt hier stets als wahrer Dolomit auf, kaum dürfte an irgend einer Stelle die Magnesia bedeutend zurücktreten, wie die zahlreichen von Herrn Landolt ausgeführten Analysen, welche Escher mittheilt, zu beweisen scheinen. Trotz ihrer ausgezeichneten Entwicklung und der sehr bedeutenden Mächtigkeit gelang es nicht, in Vorarlberg auch nur einen schwachen Anhalt zur Altersbestimmung dieser Formation zu erhalten. Ihr Liegendes und Hangendes sind zwar dort überall aufgeschlossen; allein gerade bei einem Gebilde, das genau an der Gränze von Trias- und Lias-Formation steht, kann diess nicht genügen. In dem Aufsatz von Herrn Escher über Vorarlberg und auf der geognostischen Karte der Schweiz von Studer und Escher wird der Dolomit Vorarlbergs zur Trias gerechnet, während Gumbel früher geneigt war ihn für Lias zu halten und jetzt sich der Ansicht der Schweizer Geologen angeschlossen hat.

Diese Annahme musste im hohen Grade gerechtfertigt scheinen, da man die Kössener Schichten für ein oberes, noch triassisches St. Cassian hielt. Durch die Resultate der gründlichen Untersuchungen von Suess, Oppel und Rolle, dass die Kössener Schichten dem tiefsten deutschen Lias äquivalent sind, dürfte jedoch die Einreihung unserer Dolomite zum Lias mehr und mehr an Berechtigung gewinnen.

Wenden wir uns von der resultatlosen Altersbestimmung des Dolomits in Vorarlberg nach Nord-Tirol, so ist uns hier das Gestein ein wenig günstiger. In den Bergketten, welche das Lechthal vom Innthal scheiden, wächst der Dolomit zu ungeheurer Mächtigkeit an und nimmt stellenweise, wie am Ausgang des Namleser Thales und bei Hinter-Hornbach, besonders aber weiter östlich am Plan-See, ein bedeutendes Areal ganz selbstständig ein; schon hier beginnt eine Abänderung des Gesteins, welche weiterhin wichtig wird. Die dünngeschichteten Dolomite gehen nämlich stellenweise in vollkommen plattige Kalke über, welche sehr stark bituminös und oft reich an Asphalt sind; so namentlich an dem Weg von Reutte nach dem Plan-See, ferner oberhalb Stög im oberen Lechthal am Weg nach Ellenbogen. An letzterem Ort soll man früher Fische in den plattigen Kalken gefunden haben. Oestlich vom Plan-See gelangt man abermals zu einem weit ausgedehnten Dolomitgebiet; mitten darin liegt in einer Erweiterung des Thales auf einem ausgetrockneten Seeboden das Dorf Seefeld und hier entwickeln sich jene bituminösen plattigen Kalke zu sehr bedeutender Mächtigkeit; sie sind ungemein reich an Bitumen und die Quelle des berühmten Seefelder Asphaltes. Diese Kalke sind es auch, in denen die Seefelder Fische gefunden werden. Allein leider kann auch diese in ihrer Art ausgezeichnete Fauna nicht zur Altersbestimmung des Dolomits beitragen, da sich sämtliche Arten als neu erwiesen und die Meinungen von Agassiz und Heckel über den allgemeinen Charakter der Fauna bekanntlich getheilt waren, indem ihn jener für triassisch, dieser für liassisch erklärte.

Ein neuer Gesichtspunct für die Altersbestimmung bot sich uns in einigen Durchschnitten der Dachsteinbivalve

Megalodon triqueter Wulf. sp.

dar, welche wir an der Poststrasse unterhalb Leibelängen zwischen Telfs und Zirl im Innthale fanden. Später wies Herr v. Hauer ähnliche Durchschnitte noch an mehreren Orten gegen Nassereith und Reutte nach. Diese Bivalve

scheint zwar die mächtigen Dolomite mit Entschiedenheit zum Dachsteinkalk zu verweisen, allein es ist nicht zu übersehen, dass dieselbe gegenwärtig keineswegs mehr ein so sicheres Merkmal zur Altersbestimmung zu sein scheint, als man früher glaubte, da täuschend ähnliche Durchschnitte auch in älteren Kalken nachgewiesen worden sind.

Indessen wird doch die Wahrscheinlichkeit der Identität mit dem Dachsteinkalk fast zur Gewissheit, wenn man das Gebilde in seinem Fortstreichen verfolgt. Es geht in seiner Stellung zwischen den Raibler (resp. Hallstätter) und Kössener Schichten im Osten allmählig in jene Gesteine über, welche Peters im Saalegebiet als „Unteren Liaskalk und Dolomit, zum Theil Lithodendron-Schichten“ anführt. Die Lithodendren sind zwar in Tirol nicht zu beobachten; allein jene Kalke und Dolomite, wie sie Peters in dem Gebiet der Saale beschreibt, entsprechen vollkommen denen, welche bei Kufstein und in den Umgebungen des Kaisergebirges im Niveau der westlicheren Dolomite mit den Seefelder Fischschiefern auftreten. Nun lässt allerdings auch Peters die genauere Stellung dieser Schichten unentschieden, da er die bivalvenreichen Dachsteinkalke erst über den Kössener Schichten fand. Allein wenn man endlich noch den Umstand in Betracht zieht, dass die Kössener Schichten als zu dem System der Dachsteinkalke gehörig erwiesen worden sind und in den österreichischen Alpen nur Einlagerungen in demselben bilden, so kann man nur mit Peters die in Rede stehenden Kalke und Dolomite als das unterste Glied des Lias bezeichnen, specieller als das unterste Glied im System der Dachsteinkalke.

8. Kössener Schichten.

(Gervillenschichten Emmrich, Schafhäutl, Gümbel. Oberes St. Casian Escher, Merian.)

So unbefriedigend die Versuche zur geognostischen Stellung des vorigen Gebildes sind, so lohnend sind sie für die Schichten, welche allenthalben den Dolomit bedecken und welche von den österreichischen Geologen nach Kössen (nordöstlich von Kufstein), einem Hauptfundort der Versteinerungen, benannt wurden. Wo immer sie vorkommen, erkennt man die Schichten leicht an jedem Handstück und überall hat man die paläontologischen Belege bei der Hand. Die Kössener Schichten sind durch Vorarlberg und Nord-Tirol überaus verbreitet; zwar ist ihre Mächtigkeit meist gering; allein ihre weiche Beschaffenheit unmittelbar neben dem schwer verwitterbaren Dolomit macht sie stets leicht kenntlich; sie bilden lange und schmale Züge wie die Raibler Schichten.

In Vorarlberg bestehen die Kössener Schichten vorherrschend aus schwärzlichen mergeligen Schiefen und dunkelgrauen bis schwarzen knolligen Kalksteinen in sehr dünnen Schichten. Indessen sind diese zwei Gesteinsarten meist in sehr complicirtem Wechsel und in vielen Abänderungen ausgebildet. In Bezug auf ihre detaillirte Beschreibung kann ich auf den reichen Schatz ausgezeichnete Profile in den Beilagen zu Escher's „Vorarlberg“ (besonders die Schicht Nr. 14 in den Profilen des Bernhardstales und des Edelbaches) verweisen. Die Mächtigkeit übersteigt in Vorarlberg selten 50 Fuss, erreicht aber auch 100 Fuss; im Gebiet des oberen Lechthales ist die Mächtigkeit bedeutender, die Schichtenentwicklung mannigfaltiger. Bis hierher kommt niemals Rauchwacke vor.

In Nord-Tirol ändert sich der petrographische Charakter nicht bedeutend; die schwarzen Mergel herrschen bis zum Osten vor; doch beginnen neben den Mergelkalken auch reinere Kalke sich einzustellen. Die Formation hat den oft beschriebenen Charakter, den sie im südlichen Bayern trägt. Abweichend von

der Entwicklung in Vorarlberg nimmt sie aber jetzt auch gelbe Rauchwacke in nicht unbeträchtlicher Mächtigkeit in ihren Verband auf, so namentlich im Thalgebiet der Riss, wo sie vielfach zu Tage kommt.

Ueber die geologische Stellung der Kössener Schichten ist nach den geistvollen Untersuchungen von Suess und Opperl¹⁾, und den neuesten Arbeiten von Dr. Rolle²⁾ wohl nichts hinzuzufügen. Letzterer hat nachgewiesen, dass der „gelbe Keupersandstein“ und das Bonebed in Württemberg nur dem Lias zugerechnet werden dürfen, und dass in Württemberg der Wechsel der Fauna in den Gränzgebilden beider Formationen eben so schrittweise stattfand, wie in den Alpen. Zwar scheint bei ausschliesslicher Betrachtung der Lagerung diese Parallelisirung der Kössener Schichten mit dem Gränzgebilde in Deutschland nicht die Ansicht zu bestätigen, dass der mächtige Dolomit unter jenen auch noch dem Lias angehöre. Allein wenn man bedenkt, wie sich in den Alpen oft mächtige Gesteinsmassen auf kurze Erstreckung zwischen zwei Schichten einschieben um bald spurlos zu verschwinden, wie diess im auffallendsten Maasse bei dem Schlerndolomit der Süd-Alpen der Fall ist, so kann auch dieses Einschieben der Dolomite an der unteren Gränze des Lias keine Schwierigkeit mehr haben, und da überdiess die Fauna desselben ihre Repräsentanten in den über den Kössener lagernden Schichten findet, so schliessen wir uns auf's Engste den früher von Herrn Fr. Ritter v. Hauer aufgestellten Ansichten an, und bezeichnen den gesammten Schichtencomplex, dessen reine kalkige Glieder durch *Megalodon triquetter* charakterisirt sind, als „unteren Lias“.

Die bekannten leitenden Versteinerungen der Kössener Schichten, insbesondere die Brachiopoden, ferner *Modiola Schafhaeuteli*, *Avicula contorta* und *inaequiradiata*, *Plicatula intusstriata*, *Cardium austriacum* u. s. w. finden sich allenthalben. Am reichsten ist die Gegend von Kössen im östlichen Theil unseres Gebietes, ferner die Umgebungen des Achenthales und der Riss (Schleimsjoch, Juifen, Nisselhals, Kothalp, Plumserjoch, das Bett des Ampelsbaches bei Achenkirch, die Basilialm, der Mamoshals nördlich vom Unütz, die Gnadenwald-Alpe u. s. f.), ferner im oberen Lechthal die Zone, welche mit geringer Breite von den Walser Kerlen durch das Bernhardsthal und bei Elmen vorüber nach Namless und Berwang zieht, endlich die durch die Herren Escher und Merian bekannten Fundorte am Ausgange des Montavon und auf der Spitze der Scesa plana in Vorarlberg.

9. Oberer Dachsteinkalk.

Peters erwähnt in seinem mehrfach genannten Aufsatz über die Salzburgischen Kalk-Alpen im Gebiet der Saale eines 600 Fuss mächtigen Systems von Kalken, welche über den Kössener Schichten liegen und sich durch ihren Reichtum an *Megalodon triquetter* auszeichnen. Escher und Gümbel beschreiben ebenso in Vorarlberg einen wenig mächtigen Kalk mit sehr zahlreichen Dachsteinbivalven, der unmittelbar die Kössener Schichten überlagert. Sowie an diesen beiden äussersten Enden des Gebietes, lässt sich das bezeichnete Gebilde durch ganz Vorarlberg und Nord-Tirol nachweisen. Am klarsten ist es im Westen ausgesprochen, wo es meist eine 30—50 Fuss mächtige Kalkbank über den weichen

¹⁾ Opperl und Suess in den Sitzungsberichten der mathem.-naturw. Classe der Kais. Akademie der Wissenschaften zu Wien, Band XXI, Seite 535, Juni 1856, und Opperl a. a. O. Band XXVI, Seite 7, October 1858.

²⁾ Rolle a. a. O. Band XXVI, Seite 13, October 1858.

Mergeln der Kössener Schichten bildet. Aus weiter Ferne lässt sich die Bank in allen Profilen und an allen Abhängen erkennen. Im Süden verläugnet sie aber ihren Charakter einer vereinzelt Kalkschicht; wir werden sie im Rhätikon als gebirgsbildend kennen lernen. Der Kalk ist meist sehr hell grau, hart und etwas splitterig.

Von Versteinerungen führt er in Vorarlberg nichts als lithodendronartig verzweigte Korallenstöcke und sehr selten eine Bivalve. Um so häufiger wird die letztere im oberen Lechthal. Herr Falger in Elbigenalp hat die schönsten bekannten Exemplare dieser Muschel mit vollständig erhaltener Schale aus dem Bernhardsthal gesammelt, wo das Gebilde 60 Fuss mächtig und von einer zahllosen Menge von Dachsteinbivalven erfüllt ist; noch ungleich häufiger trifft man deren Durchschnitte in dem Thal, welches von Holzgau nach dem Mädele-Pass hinaufführt. Im mittleren Theil des Gebietes, nördlich von Innsbruck, lässt sich unser Formationsglied nicht mehr so deutlich verfolgen; der Kalk ist zwar vorhanden, aber mit Uebergängen in die liegenden Kössener und die hangenden Adnether Schichten, so am Scharfreiter-Spitz in der Riss; allein im Osten wächst es zu um so grösserer Mächtigkeit an. In der Gegend von Kufstein hat man vielfach Gelegenheit es zu beobachten, z. B. am Spitzstein, der nach Norden senkrecht abstürzt, während sich nach Süden ein sanfter Abhang herabzieht, der aus einer mächtigen Platte des Dachsteinkalkes besteht. Auf dem Wege hinab nach Niederndorf kreuzt man ihn noch mehrere Male. Fast alle schroffen Abstürze, an denen das östlich gegen Kössen sich anschliessende Gebirge reich ist, entblössen das mehrere hundert Fuss mächtige Gebilde, und an der Kammerkir setzt es mit den von Peters näher beschriebenen Eigenschaften in das Salzburgische hinüber.

10. Adnether Schichten.

Aus dem Dachsteinkalk entwickel̄ sich durch schnellen Uebergang die rothen Kalke, welche von ihren ammonitenreichen Vertretern zu Adneth bei Salzburg den Namen erhielten. Es gibt, vielleicht mit Ausnahme des Virgloriakalkes, keine Schicht in den Kalk-Alpen, welche mit so gleichbleibendem Charakter und so gleicher Mächtigkeit längs dem ganzen Nordrand der Alpen ausgebreitet ist. Die intensiv rothe Färbung, daseigenthümlich verwachsen-conglomeratartige Ansehen, welches durch die Menge dunkler gefärbter Knollen in dem hellen Kalk hervorgebracht wird, das constante Vorkommen von Ammoniten, die Mächtigkeit von 20—40 Fuss — das Alles sind Eigenschaften, welche den Adnether Schichten in Vorarlberg in derselben Weise zukommen, als bei Adneth. Die Färbung macht die Schichten in weiter Ferne kenntlich und veranlasste die häufigen Benennungen: Rothwand, Rothhorn, Rothe Platz u. s. w. In Vorarlberg und dem oberen Lechthale kommt in den Adnether Schichten häufig eine Crinoidenbreccie vor, z. B. bei Zürs und im Grabach-Thal.

Die reiche Ammoniten-Fauna der Adnether Schichten ist längst bekannt geworden; es sind stets dieselben Arten, welche wieder auftreten; besonders häufig sind in unserem ganzen Gebiete:

Ammonites amaltheus,
Ammonites raricostatus,
Ammonites radians,
Ammonites Valdani.

Der grosse Reichthum an Cephalopoden so wie der in so grosser Ausdehnung sich gleich bleibende petrographische Charakter sind die einzigen Beweggründe, welche uns veranlassen, die Adnether Schicht noch als selbstständig zu trennen.

Jede Vergleichung lehrt, dass sie eigentlich einen integrierenden Bestandtheil der in der Beschreibung folgenden Schichten bilden; allein es ist trotz aller Analogie unbestreitbar, dass sie wenigstens eine besondere Facies und zwar eine auf das tiefste Niveau beschränkte sind, Grund genug zu ihrer Trennung bei der Beschreibung und auf geognostischen Special-Karten.

II. Algäuschichten (Gümbel im Jahrbuch der k. k. geolog. Reichsanstalt 1856, Seite 9).

Mit diesem Namen bezeichnete Gümbel eines der wichtigsten Glieder in der Reihe der alpinen Sedimentärgebilde. Zwar kannte man dasselbe schon längst als steten Begleiter der Adnether Schichten und hatte es mit dem Namen „Lias-Fleckenmergel“, „Amaltheenmergel“ u. s. w. bezeichnet. Genauere Beschreibungen verdanken wir namentlich Escher, welcher zuerst die Schichten in Vorarlberg nachwies und als Lias bestimmte. Allein keine der von dem petrographischen Charakter abgeleiteten Benennungen entspricht vollständig ihrem Gegenstand, daher ich die von Gümbel nach einer charakteristischen Localität gebildete Bezeichnung um so eher beibehalte, als sie im Princip mit den Benennungen aller früheren Schichten übereinstimmt.

a) In Vorarlberg und dem oberen Lechthale.

Die Algäuschichten stellen in diesem Gebiet einen unendlich wechsellvollen Complex der verschiedensten Gesteine dar. Das vorherrschendste ist:

1. Grauer schieferiger Mergelkalk mit dunklen Fucus-ähnlichen Flecken und Zeichnungen; die Verwitterungsflächen sind selten hellgrau, meist gelb, wobei dann die Zeichnungen sehr deutlich werden. Es rühren die letzteren nicht von Abdrücken der Fucoiden auf den Schieferungsflächen her, sondern sie durchdringen das Gestein bis zu gewisser Tiefe, haben also ihre natürliche Gestalt einigermaßen beibehalten. Gümbel hat zwei gut charakterisirte Formen der Fucoiden als

Chondrites latus Gümb. und
Chondrites minimus Gümb.

ausgeschieden. Ausser jenen Formen kommen noch einige andere äusserst charakteristische vor, und erfüllen allein grosse Schichtencomplexe.

Diese Zeichnungen charakterisiren die Algäuschichten auf den ersten Blick; sie unterscheiden sich nicht nur wesentlich von *Fucus Targionii* und *Fucus intricatus* des eocänen Flysches, sondern auch von denen der Seewermergel. Die schieferigen Mergelkalke, welche aus unserer Formation in den verschiedensten Gegenden als „Fleckenmergel“ bekannt wurden und durch ihr Vorherrschen zur Anwendung dieses Namens für einen grösseren Schichtencomplex Veranlassung gaben, sind auch das Hauptgestein für die Versteinerungen der Formation.

Die Fleckenmergel kommen in bedeutender Mächtigkeit vor; oft herrschen sie durch 300—400 Fuss allein; doch meist wechseln sie vielfach mit anderen Schichten. Unter diesen sind noch hervor zu heben:

2. Grauer knolliger Kalk, petrographisch den Adnether Knollenkalken fast genau entsprechend bis auf die Farbe. Meist folgen sie auch unmittelbar darüber; allein sie führen keine Ammoniten mehr, selbst dort nicht, wo diese in den dicht benachbarten rothen Kalken in grosser Menge vorkommen.

3. Dickbankiger schwärzlicher Kalkstein mit weissen Kalkspathadern; im Grabachthal 40 Fuss mächtig.

4. **Kieselige spröde Kalke**, meist sehr dünn geschichtet und von grauer Farbe. Sie sind gewissen Schichten des eocänen Flysches täuschend ähnlich und führen leicht zu Verwechslungen der beiden Formationen. Ueberhaupt hält es, zumal in Vorarlberg, häufig ungemein schwer, die beiden Formationen, welche am Rhätikon vielfach in Berührung treten, zu unterscheiden, sobald die typischen Fleckenmergel fehlen.

5. **Kalk mit kieseligen, oft hornsteinartigen Ausscheidungen**, die auf den Verwitterungsflächen hervortreten und zuweilen ein eigenthümliches gehacktes Ansehen veranlassen. Diese Gesteine, welche besonders in der südlichsten Zone der Algäuschichten sich finden, gleichen ebenfalls Flyschgesteinen, noch mehr aber einzelnen Schichten des Neocomien im Bregrenzer Walde.

6. **Brauner weissadriger Hornstein**. Diese Schichten entstehen durch Zurücktreten des Kalkes der vorigen. Der Hornstein zerfällt leicht in kleine scharfkantige Stücke, die oft als ein schneidiger Sand ausgebreitet sind und durch ihr Knirschen dem Fusstritt zuweilen die Algäuschichten verrathen, wo man sie nicht anstehend beobachtet. Die braunen Hornsteinschichten sind meist dünn, bilden aber bis 20 Fuss mächtige Complexe.

7. **Blutrother dichter Hornstein**. Viel fester als der vorige und nicht mit ihm zusammen vorkommend. Auch dieser Hornstein bildet bis 20 — 30 Fuss mächtige, aus dünnen Schichten bestehende Einlagerungen in den Fleckenmergeln. An einigen Stellen bildet er die tiefsten Schichten unmittelbar auf den rothen Adnether Kalken. Doch wiederholen sich im höheren Niveau die Hornsteinlager noch mehrfach; zuweilen ändern sie ihre Farbe in eine dunkel-lauchgrüne.

Die hier beschriebenen Schichten thürmen sich zu unglaublicher Mächtigkeit auf; oft sind sie die eigentlich gebirgsbildende Formation, der selbst der Dolomit weicht. Die absolute Mächtigkeit lässt sich aber nicht einmal annähernd angeben; denn die Schichten sind so vielfach gebogen und in einander gewunden wie diess nur noch bei dem Flysch vorkommt, und es ist oft unmöglich die Störungen zu verfolgen. Diess hindert auch die Beobachtung der Schichtenfolge; nur an wenigen Stellen ist dieselbe annähernd durch einen kleinen Theil der Formation möglich; der Weg von Stög in das Grabachthal dürfte, wie es scheint, ein bis zu bedeutender Höhe vollständiges ungestörtes Profil durchschneiden und sich daher besonders zur Aufnahme des Details eignen.

Von der bisher betrachteten Reihe ist ein Gestein ausgeschlossen worden, welches eine ungemein grosse Mächtigkeit bei geringer Verbreitung besitzt, es sind

8. **Schwärzlich-graue schieferige Mergel**, sehr weich, in flache Bruchstücke zerfallend, von Kalkspath- und Gypstrümmern durchzogen und dennoch sehr verschieden von den Partnachschiechten dieser Gegend. Durch unendliche Faltungen und Biegungen erreichen die Schichten eine beträchtliche Mächtigkeit. Ihr charakteristischestes Vorkommen ist an den Abhängen, über welche der Weg von Schröcken nach dem Schadona-Joch führt. Schaurige Tobel entblößen das leicht zerstörbare Gestein in seiner ganzen Mächtigkeit. Im Fortstreichen werden die Schichten weiter östlich herrschend an dem Uebergang vom Bockbachthal nach Stubenbach am oberen Lech. Allein hier sind sie den specifischen Fleckenmergeln etwas ähnlicher und rechnen wir hieher auch noch die Gesteine des Trittkopfes östlich von Zürs, die trotz ihres fremdartigen Aussehens und ihrer bedeutenden Mächtigkeit stellenweise schon den vollendeten Typus der Fleckenmergel des Lias tragen, so müssen wir auch die Schichten zwischen Schadona und Schröcken für eine locale Abänderung der vielgestaltigen Algäuschichten

ansehen, um so mehr, als die Lagerungsverhältnisse nur diese Deutung zulassen und auch Escher dieselbe für die wahrscheinlichste hält.

Was nun endlich die obere Gränze der Algäuschichten in Vorarlberg und dem oberen Lechthal betrifft, so ist es ungemein schwer, diese festzusetzen und dürfte nur möglich sein, wenn man das Studium der Formationsverhältnisse in den östlich angränzenden Gegenden nach Westen überträgt, da dort mehr Anhaltspuncte gegeben sind. Da ich im Westen mit der Untersuchung begann, so war die genaue Trennung nicht möglich. Es wurde nämlich zuerst von Gümbel darauf hingewiesen, dass der obere Theil der Algäuschichten, der sich petrographisch von dem unteren nicht trennen lässt, wahrscheinlich den Ammergauer Wetzsteinschichten entspreche, mithin zum Jura zu rechnen sei. Nun sind in der That die Liasversteinerungen auf den unteren Theil des Gesamt-Complexes beschränkt, eben so die dunklen fleckigen Mergelkalke; dagegen liegt wenigstens Eine Zone der rothen Hornsteine stets über jenen und zwar verbunden mit sehr sparsamen grünlichen und röthlichen unrein kieseligen Kalken. In dem ganzen östlichen Gebiet aber, wo der Jura sich nachweisen lässt, ist er durch ein rothes Hornsteinlager bezeichnet, das seinen untersten Schichten angehört, sowie durch helle kieselige Kalke, in denen die charakteristischen Aptychen vorkommen. Es ist dadurch sehr wahrscheinlich, dass sich die Juraformation bis in das Trias-Lias-Gebiet von Vorarlberg erstreckt. Allein da sie nicht sicher nachgewiesen ist, so lassen wir die zweifelhaften Schichten vorläufig in der Bezeichnung „Algäuschichten“ inbegriffen und werden bei der Behandlung der Lagerungsverhältnisse im westlichen Theil die wenigen Anhaltspuncte für die Trennung, welche zu Gebote stehen, hervorheben.

b) Oestlich von Reutte.

Es wurde bereits früher hervorgehoben, wie die oberen Glieder der Triasformation gegen Osten an Bedeutung abnehmen. Wo die als Amaltheenmergel bezeichneten Gebilde mit charakteristischen Versteinerungen vorkommen, da ist das Aequivalent unserer Algäuschichten noch mit Sicherheit gegeben; allein mehr und mehr treten Jura- und Neocomien-Mergel auf, welche jenen ähnlich und meist nur auf Grund paläontologischer Anhaltspuncte mit Sicherheit zu trennen sind. Diese sind aber für die genannten jüngeren Formationen meist zahlreicher gegeben als für den Lias, und es kommt daher in den östlichen Theilen des Gebietes besonders darauf an, von oben herab die Gränzen der einzelnen Formationsglieder zu bestimmen, die Merkmale des Jura möglichst genau aufzusuchen und so einen negativen Anhalt für die Erkennung der Algäuschichten zu gewinnen. Es scheint, dass in ganz Nord-Tirol, wo immer die Adnether und Jura-Schichten sich mit Sicherheit nachweisen lassen, nirgends die Algäuschichten zwischen denselben fehlen. In der Umgebung von Kufstein und Kössen sind sie noch allenthalben vorhanden und sie lassen sich über die Kammerkir nach dem Salzburgischen verfolgen. Es fehlen im Osten die festeren Kalke und die hornsteinreichen Schichten, die Fleckenmergel herrschen allein, aber auch mit verändertem Aussehen und es fehlt oft ganz an einem positiven petrographischen Anhalt. Mit um so grösserer Sicherheit ist dieser für die Juraformation in den splitterigen weissen und röthlichen Kieselkalken gegeben, welche unter dem Namen der Ammergauer Wetzsteinschichten bekannt sind.

Die Eintheilung der älteren geschichteten Gesteine der Kalk-Alpen von Nord-Tirol und Vorarlberg, wie wir sie auf Grund zahlreicher paläontologischer und stratigraphischer Belege versucht haben, stimmt wenig mit den früher für dieselben Gebirge aufgestellten Schichtenfolgen überein; eine vergleichende

Zusammenstellung aller dieser verschiedenen aufgestellten Systeme soll am Schluss dieser Arbeit in Verbindung mit den jüngeren Formationen folgen.

B. Lagerung und Gebirgsbau in der Trias-Lias-Zone.

Nach dieser allgemeinen Darstellung der Gliederung der Formationen wenden wir uns zum speciellen Theil der Bearbeitung, zur Detailbeschreibung der Lagerung und des Gebirgsbaues in allen Theilen des Gebietes; wir beginnen dabei von Westen und schreiten nach Osten vor. Vorher mögen nur noch einige allgemeine Bemerkungen hier Platz finden.

Wie das Trias-Lias-Gebiet im Allgemeinen eine der dem Rand der krystallinischen Centralalpen angelagerten Zonen von Sedimentärformationen bildet, so ist es auch in seiner inneren Anordnung in eine grosse Anzahl kleiner Gesteinszonen aufgelöst, welche auf verschiedenartige Weise in einander greifen. Systeme paralleler Hebungswellen und Aufbruchspalten, deren Richtung nur unbedeutend um die Richtung der ganzen Zone schwankt, sind das Grundelement im Gebirgsbau, und wenn wir hierzu die früher dargestellte Aenderung in der Entwicklung der Formationen im Fortstreichen rechnen, so sind hinreichende Bedingungen zu dem reichen Formenwechsel gegeben. Der Ausdruck „Hebungswelle“, dessen wir uns weiterhin häufig bedienen werden, bezeichnet die geradlinig fortstreichende wellige Aufbiegung eines Schichtensystems, unabhängig von allen späteren Umgestaltungen durch Durchbrüche, Auswaschungen, nachträglichen Hebungen und dergleichen. Die Breite einer Hebungswelle richtet sich bei gleicher Mächtigkeit der Schichtenentwicklung wesentlich nach der Höhe und dem Fallwinkel, der wiederum eine Function der Intensität und Wirkungsdauer der Kraft ist. Die Länge der Wellen oder vielmehr die Stetigkeit eines und desselben Systemes bezeichnet die Erstreckung, in welcher die hebende Kraft in gleicher Weise wirkte; sie beträgt in unserem Gebiete stellenweise 10 bis 12 Meilen. Ein drittes Moment, welches in Betracht zu ziehen ist und besonders das gegenseitige Verhältniss der Lagerung betrifft, ist die Ausbildung der Hebungswellen senkrecht gegen die Streichrichtung. Es finden hier die drei Fälle einer mehr oder weniger regelmässig antiklinen Schichtenstellung, die oft mit einem Aufbruch in der Mitte verbunden ist, einer heteroklinen mit Ausbildung beider Schenkel und einer heteroklinen Schichtenstellung mit einseitiger Ausbildung eines Schenkels Statt. Die letztere Form ist die häufigste und erscheint stets in Gestalt von Ueberschiebungen. Ungemein häufig begegnen wir den Fall, dass unmittelbar an der Centralkette eine oder mehrere regelmässige antikline Hebungswellen folgen, welche ebenso regelmässig gelagerte Mulden einschliessen und in tiefen Aufbrüchen ihre Schichtenfolge in den klarsten Profilen entblößen. Je weiter von dem Rand der krystallinischen Schiefer entfernt, desto grösser wird der Unterschied in der Neigung der beiden Schenkel. Allenthalben steile Nord- und flache Südabfälle, bis dann bloss noch die flachen Südabfälle auf einander folgen ohne Dazwischentreten eines nördlichen Fallens. Sie erscheinen dann als eine lange Folge paralleler Ueberschiebungen von vollkommen gleichgebauten Schichtensystemen, und nur dort, wo sich zwei überschobene Hebungswellen in ihrem Fortstreichen zu einer einzigen vereinigen, kann man den Uebergang durch eine entschieden muldenförmige Lagerung beobachten. Alle Profile von Vorarlberg und dem oberen Lechthal zeigen die hier angedeuteten Verhältnisse des Schichtenbaues in klarer Weise. Alle

beweisen, dass am Rande des krystallinischen Gebirges die Hebung und Faltung zwar eine bedeutende war, dass aber hier die Kraft in nahezu senkrechter Richtung von unten nach oben wirkte, während weiterhin ein Seitendruck gegen Norden stattfinden musste. Seine Wirkungen nehmen an Intensität zu, je weiter man sich vom Rande der krystallinischen Schiefer entfernt. In dem grössten Theil unseres Gebietes waltet dieses Verhältniss so weit als die Formationen der Trias und der Lias reichen, und setzen dann mit Modificationen in die Zone der jüngeren Gebilde fort. Nur im Lechthal, wo die Trias-Lias-Zone eine ausserordentliche Breite erreicht, findet sich die merkwürdige Thatsache, dass in dem der Streichrichtung der Alpen parallelen Hornbachthal das System der nach Norden überschobenen Hebungswellen plötzlich mit einer bedeutenden Ueberschiebung sein nördliches Ende erreicht und einem umgekehrt gerichteten begegnet. Das Thal bezeichnet eine vollkommen senkrechte Hebung, über welche sich die nach Nord und Süd gerichteten Ueberschiebungen gegen einander wölben. Dasselbe Verhältniss wiederholt sich noch einmal weiter nördlich bei Reutte.

Die verschiedene Anordnung der einzelnen Hebungswellen, die Aenderung der Streichungsrichtung der gesammten Systeme, das mehr oder weniger intensive Hinzutreten anderer Hebungsrichtungen, die Modificationen der Entwicklung der Formationen im Fortstreichen, Alles diess erlaubt eine mehrfache Theilung unseres grossen Trias-Lias-Gebietes. Auch die bedeutenderen Flussthäler, welche meist unabhängig von der Richtung der Hebungswellen das Gebirgsland durchschneiden, so wie die Wasserscheiden, veranlassen grosse natürliche Abtheilungen.

Die Kalkgebirge im Flussgebiet des Rheins werden durch das Illthal in zwei Theile getrennt, welche zwar geologisch durchaus zusammengehören, aber doch in ihrem Gesamtbau Unterschiede genug darbieten, um eine Trennung in der Behandlung zu rechtfertigen. Während nämlich in dem östlichen von der Aflenz durchströmten Theil vom Arlberg bis herab nach Bludenz die der Streichrichtung der Alpen parallelen Hebungswellen in reinsten Gestalt ausgebildet sind und nur stellenweise, wie besonders in der Gegend des Arlberges, mit anders gerichteten Hebungen interferiren, bietet der westliche ein oft wirres und schwer zu analysirendes Netz verschiedener Hebungen. Wir bezeichnen diesen ganzen Theil als das Gebiet des Rhätikon, nach dem hohen Gebirgszug, welcher Vorarlberg von Graubünden trennt und den wesentlichsten Theil desselben bildet. Im Osten sind die Längsthäler und kurze spaltenartige Querdurchbrüche herrschend, im Rhätikon variirt die Richtung der Thäler ungemein, aber im Allgemeinen herrscht hier das Gesetz, dass die westlichen eine quere Richtung gegen die Alpen besitzen und, je weiter nach Osten, desto mehr die Längsrichtung hinzutritt und herrschend wird, daher eine im Grossen radiale Anordnung. Dem entsprechend sind in der Nähe des Rheins noch die nord-südlichen Hebungswellen herrschend, in der Nähe des Montavon die ost-westlichen. Dazwischen interferiren sie in ziemlich regelmässigem Verhältniss. Der schwierige Gebirgsbau des Rhätikon erhält durch diese Umstände eine besondere Wichtigkeit, da er den Schlüssel zum Verständniss der gewaltigen Veränderung des geologischen Baues bei dem Uebergange von Vorarlberg nach der Schweiz gibt.

Oestlich vom Arlberg gibt nur die Umgegend von Seefeld durch die überaus grosse Herrschaft, die hier der Dolomit über alle anderen Formationen erreicht, so wie durch die Aenderung der Richtung der Hebungswellen von Stunde 5 in Stunde 7—8½ einen Anhalt zur Theilung des Gebietes.

Der Gebirgsbau zwischen dem Arlberg und der Gegend von Seefeld ist im westlichen Theile noch vollkommen analog demjenigen in den Umgebungen des

Klosterthales; allein im weiteren Verlauf tritt eine für die physiognomische Gestaltung des Gebirges überaus wichtige Aenderung in dem plötzlichen Erscheinen der bald zu grosser Mächtigkeit anwachsenden Hallstätter Kalke ein. Ihre ungefähr von Thannheim nach Imst gerichtete westliche Gränzlinie ist eine der wichtigsten Scheiden in den nördlichen Kalkalpen und gibt einen geeigneten Anhalt zur weiteren Theilung der Gegend zwischen dem Arlberg und der Gegend von Seefeld. Der grosse Theil der Trias-Lias-Zone zwischen Seefeld und Kufstein ist durch einige sehr mächtige Hebungswellen geologisch vortrefflich gegliedert; zugleich sind hier die physicalisch-geographischen Verhältnisse den geologischen sehr klar untergeordnet. — Ein letztes selbstständiges Glied bildet im Osten das Kaisergebirge.

Es ergibt sich dadurch folgende geographische Reihenfolge der Behandlung :

- I. Das Rhätikon.
- II. Trias-Lias-Gebiet zwischen Bludenz und dem Arlberg.
- III. Der westliche Theil von Nord-Tirol von der vorarlbergischen Gränze bis Seefeld.
 1. Gebirge zwischen dem Lechthale von Stög bis Elbigenalp und dem Stanzer Thal.
 2. Gebirge zwischen dem Lechthal von Stög bis Weissenbach und dem bayerischen Algäu.
 3. Umgegend von Reutte, Vils und Thannheim.
 4. Gegend zwischen dem Lechthal von Elbigenalp bis Weissenbach, dem Innthal von Landeck bis Telfs und der bayerischen Landesgränze.
 5. Seefeld.
- IV. Gebirge zwischen Seefeld und den Berchtesgadner und Salzburger Alpen.
 1. Gebirge zwischen Innsbruck und dem Thal der Riss.
 2. Gebiet der Riss und Dürrach bis zur Einsenkung des Achenthales.
 3. Vom Achenthal bis Kufstein.
 4. Vom Inn bei Kufstein bis zur bayerischen und salzburgischen Gränze (Kaisergebirge).

I. Das Rhätikon.

Kein Theil des Trias-Lias-Gebietes hat einen so verwickelten Gebirgsbau, als der hohe Rücken, welcher Vorarlberg und das Prättigau Graubündtens, die Flussgebiete der Ill und der Landquart scheidet. Die regelmässigen parallelen Hebungswellen, die im ganzen nördlichen Tirol und in gleicher Weise zwischen dem Klosterthale und dem südlichen Flyschzuge in so auffallend schöner Weise entwickelt sind, setzen zwar bis in das Rheinthal fort; allein dort, wo sie die tief eingesenkten Thäler der Aflenz und Ill übersetzen, um die nördlichsten Ausläufer des Rhätikon zu bilden, tritt noch eine zweite Hebungsrichtung hinzu, welche nord-südlich streichende Wellen hervorbrachte und durch die Interferenz mit der erstgenannten Richtung den überaus complicirten Gebirgsbau bedingte.

Die Centralkette des Rhätikon, so weit sie aus sedimentären Gebilden zusammengesetzt ist, d. h. vom Falknis bei Luziensteig bis zu den Weissen Platten und dem Plassseggen-Joch, besteht aus einer Reihe von 7—9500 Fuss hohen Bergen, welche sich durch ihre massive Gestalt und die häufige plateauartige Ausbreitung der Gipfel auszeichnen. Die grösste Erhebung bildet die über 10,000 Fuss hohe Scesa plana. Mehrere Jochübergänge führen über die Kette nach dem Prättigau. Es sind meist schroffe spaltenartige Einschnitte in 6—7000 Fuss Höhe zwischen den plateauartigen Bergen. Das Schweizerthor,

welches von Vandans durch das Rellsthal nach Schürs im Prättigau führt, besitzt diesen Charakter im auffallendsten Grade. Aehnlich ist das Gaffal-Joch am Lünser See, das Fornele-Joch und das Plasseggen-Joch. Gegen Süden stürzt das Gebirge mit einer steilen Wand auf die sanften fruchtbaren Berge des Prättigau's ab. Ueberraschend ist, wenn man aus Vorarlberg kommt, der Blick von einem der Pässe, z. B. dem Schweizerthor, hinab auf die gerundeten Höhen des Thalsystems der Landquart, die in auffallendem Contrast zu dem nördlichen Abfall des Gebirges stehen. Wilde Bergketten, an Höhe mit dem Hauptkamm wetteifernd, ziehen sich gegen Norden weithin und verflachen sich nur stellenweise, wo weichere Schichten die Höhe erreichen. Ebenso wechselt die der Charakter der Thäler, die bald tiefe unzugängliche Spalten im Dolomit bilden, bald sich zu flachen Thalkesseln mit den kräftigsten Alpen Vorarlbergs erweitern.

Die Formationen, welche das Rhätikon zusammensetzen, sind die beschriebenen Trias-Lias-Glieder. Dazu kommt noch Jura, wahrscheinlich sehr untergeordnet. Da er in derselben Weise in Vorarlberg und Tirol nicht weiter vorkommt, soll er des Zusammenhanges wegen hier vollständig mit abgehandelt werden (Gegend von Balzers). Ferner nimmt eocäner Flysch einen wesentlichen Antheil am Gebirgsbau. Seine petrographischen und geognostischen Verhältnisse sollen später bei Behandlung der Tertiärformation beschrieben werden und hier nur sein Lagerungsverhältniss zu den älteren Gebilden in Betracht kommen.

Gneiss-Grat der Geisspitz. Im südöstlichsten Theil der Sedimentgebilde des Rhätikon kommt mitten aus den Schichten ein kleiner Gneisstreif von kaum $\frac{1}{2}$ Meile Länge und einer Breite von wenigen hundert Fuss zum Vorschein. Er streicht Stunde 7 am nördlichen Gehänge des Öfen-Tobels unter der Geisspitz hinweg. So geringfügig dieser fremdartige Streifen ist, scheint er doch von grosser Bedeutung für das Verständniss des Gebirgsbaues. Denn er bildet in seinem Fortstreichen die scharfe Gränzscheide zwischen dem Gebirgsbau Vorarlbergs und Graubündtens. Diese Gränze zieht sich von der Geisspitz westlich über das Gaffal-Joch, dann längs dem steilen Südabfall des Brandner Ferners und am Hornspitz vorüber nach dem Nordabhang des Barthümel-Berges, des Naaf-Kopfes u. s. w. Am Abfall gegen das Rheinthal zieht sie sich weit nordwärts hinab.

Südlich von dieser Linie beginnt das schwierige Gebiet der Bündtner Schiefer; es reicht genau bis zu dem Gneisstreif und der idealen Fortsetzung seiner Streichungslinie und ist daher im vorarlbergischen Theil des Rhätikon nur wenig vertreten. — Wir wenden uns zunächst zur Betrachtung des südöstlichsten Theiles von diesem Gebirge.

Weissplatten, Sporer Gletscher, Schweizerthor (südlich vom Gneiss-Grat; Profile VI, V).

Diese Berge sind durch ihre Namen vorzüglich charakterisirt; es sind, wie der erste derselben andeutet, mächtige plattenförmige Massen, welche in einer Erstreckung von $1\frac{1}{2}$ Meilen die Höhe des Gebirges bilden. Einem der kleinen Plateau's liegt das Eisfeld des Sporer Gletschers auf. Nach beiden Enden brechen die Platten senkrecht gegen die Pässe Gaffal und Plasseggen ab und sie selbst werden vom Schweizerthor und vom Fornele-Joch durchschnitten. Diese weisslichen kalkigen Platten tragen vollkommen den petrographischen Charakter der über den Kössener Schichten folgenden Liaskalke mit der Dachsteinbivalve und den sehr ähnlichen, welche den Fleckenmergeln eingelagert sind. Die Analogie wird vermehrt durch die Anwesenheit der lithodendronartigen Korallenstöcke,

welche diese Schichten so häufig charakterisiren, ganz besonders aber durch den allenthalben eingelagerten rothen Adnether Kalk. Da diese Gesteine weder in diesem Complex noch einzeln in irgend einer anderen Formation Vorarlbergs vorkommen und weiter westlich sich deutlich als Lias erweisen, so sind sie entschieden dieser Formation einzureihen. Auch auf der Karte von Studer und Escher wurden sie bereits derselben zugerechnet. Doch bleibt die ungemaine Entwicklung der Kalke bei fast gänzlichem Ausschluss der Fleckenmergel eine auffallende Erscheinung; nur an einem Orte westlich von der Sporer Alp finden sich auch diese.

Die Liasschichten sind vielfach gefaltet und verworfen, so dass die rothen Adnether Kalke an mehreren Stellen zu Tage kommen, fallen aber im Allgemeinen in dem ganzen Gränzzug steil nach Norden und bilden dadurch eine kolossale Felswand, die vom Gaffal-Joch bis zur Alpe Tilyuna unter den Weissplatten fortzieht und die Quellgebiete von vier Thälern (Lüner See, oberes Rellsthal, Gauer Thal und Gampadel-Thal) und drei senkrecht zu ihr gerichtete Wasserscheiden beherrscht. Die letzteren beginnen mit einer Einsattelung, aus der sich dann erst die höheren Gipfel erheben; diess hängt mit dem Schichtenbau zusammen. Denn die Einsattelungen befinden sich in den weichen hangenden Schichten des (1) Lias. Es sind diess (?) hornsteinige Sandsteine, sehr rau und zerklüftet und von grünlich-grauen und rothbraunen Farben, dabei von nicht unbedeutender Mächtigkeit und auch auf Bündtner Gebiet aushaltend. Ihnen folgt (3) entschiedener eocäner Flysch, der die Vorhöhen der Geisspitz bildet und sich an deren Gneiss anlehnt, wie es das Profil V zeigt.

Es wäre wichtig, die Stellung der hornsteinigen Sandsteine zu ermitteln, allein diess ist bis jetzt unmöglich; man kann sie dem Lias mit demselben Recht zurechnen wie dem Flysch, oder sie auch wegen entfernter petrographischer Analogie als Jura betrachten. Wir werden im oberen Theile des Wildhaus-Tobels im Liechtenstein'schen Gebiet Gelegenheit haben, auf sie zurück zu kommen.

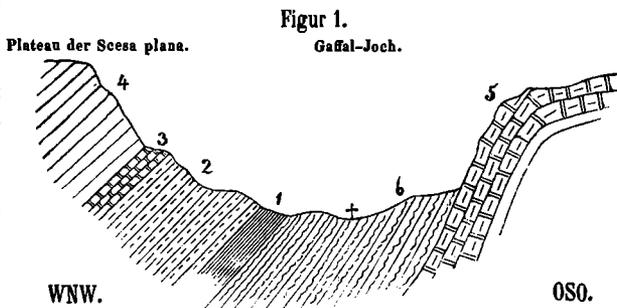
Der Gebirgsbau im Prättigau scheint nun mit diesem kleinen Theil der Höhen des Rhätikon in nahem Zusammenhang zu stehen. Denn wie der eocäne Flysch nördlich von den plattigen Höhen dem Lias aufliegt, so scheint es auch am Südfalle stattzufinden. Nimmt derselbe aber hier die ersten Höhen der Nordgehänge der Landquart ein, so dürfte diess wegen des als einförmig gekannten Baues auch weiterhin, vielleicht in einem grossen Theil Graubündtens der Fall sein. Der überaus grosse Wechsel der Flyschgesteine bei dem Mangel eines vollkommen sicheren Anhalts zu seiner Bestimmung dürfte alsdann, um so mehr, als auch die Verhältnisse der Lagerung zu anderen Formationen hier nicht aufgeschlossen sind, die Unentschiedenheit in der geologischen Stellung der „Bündtner Schiefer“ veranlassen haben ¹⁾. Wirft man aber noch die Frage auf, was mit dem Lias geschehe, so scheint es allerdings, dass sein Vorkommen an den Weissplatten u. s. w. nur ein locales sei, bedingt durch Hebungen aus der Tiefe, durch welche er die Höhenlinie des Rhätikon bilden hilft und vom Flysch mantelförmig bedeckt wird. Allein selbst bei dieser Annahme bleibt es doch wahrscheinlich, dass er im Prättigau noch vielfach zu Tage komme, und zwar gerade mit seinen oberen Schichten, den Fleckenmergeln, welche ohnediess so viele Aehnlichkeit mit den Flyschgesteinen haben. Weiter

¹⁾ Dass wenigstens ein grosser Theil der Bündtner Schichten Flysch sei, beweisen Herrn Theobald's Beobachtungen, welcher ausser *Fucus intricatus* und *Targionii* auch *Helminthoidea* fand, die in keiner anderen Formation vorkommen.

gegen Westen werden wir noch mehr Thatsachen finden, welche es wahrscheinlich machen, dass die Bündtner Schiefer wesentlich aus Lias- und Flysch-Gesteinen bestehen.

Gaffal-Joch. Wenden wir uns zu dem nördlich von dem Gneisszug der Geisspitz gelegenen Theil des Rhätikon, so dient das im Fortstreichen von jenem gelegene Gaffal-Joch als der geeignetste Ausgangspunct. Hier trifft der eocäne Flysch ohne Vermittlung des Gneisses mit den älteren Triasschichten zusammen, ungefähr in folgender Weise ¹⁾:

Der Dolomit, welcher das mit dem Eisfeld der Scesa plana bedeckte Massiv bildet, zieht von hier aus ununterbrochen über das Schaf-Gaffal, die Zimper-Spitz und den Gafalina-Kopf nach dem Schwarzhorn. Die liegenden Schichten desselben aber nehmen zwischen der Dolomitmekette und dem Flysch weiter gegen Osten einen bedeutenden Raum ein und bilden ein complicirtes Gebirgsland, dessen Betrachtung um so wichtiger ist, als die Schichten unmittelbar den krystallinischen Gesteinen auflagern. Es ist diess die



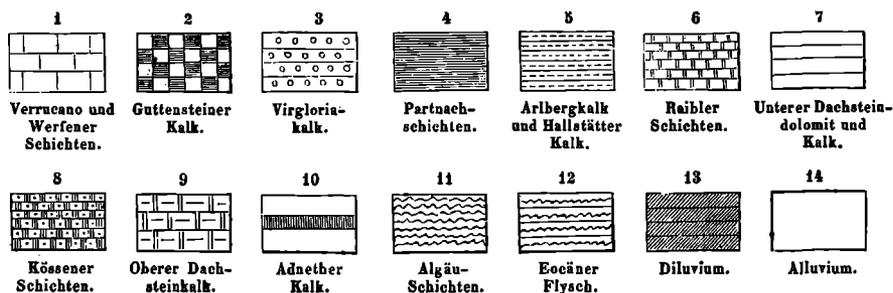
Ueberlagerung von Lias und Flysch durch Trias am Lüner See.

- 1 Partnach-Mergel. 2 Arlbergkalk. 3 Raibler Schichten. 4 Unterer Dachsteindolomit. 5 Oberer Dachsteinkalk. 6 Flysch.

Umgegend von Tschagguns, Vandans, dem Rellsthal und der Lüner Alp.

Eine kleine Mulde nördlich vom Gneisszug der Geisspitz zeigt sehr gut dessen Wichtigkeit als Scheide des Gebirgsbaues (Profil V); denn während sich südlich Flysch anlegt, folgt hier in gleicher Höhe Dolomit. Er trägt eine kleine Partie von Kössener Schichten und Dachsteinkalk, die besonders zwischen der unteren und oberen Zalundi-Alp im obersten Rellsthal deutlich ansteht, wird aber selbst unterteuft von Rauchwacke der Raibler Schichten (die in deutlichem Zuge von Unter-Zalundi bis fast zur mittleren Sporer Alp zu verfolgen ist, wo sie sich auskeilt), wenig mächtigen Arlbergkalken, Partnachschichten, Virgloriakalk und Verrucano. Im Gauer Thal abwärts wandernd

¹⁾ In den zum Trias-Lias-Gebiet gehörenden, in den Text eingeschalteten Profilen wurden folgende Bezeichnungen angewandt:

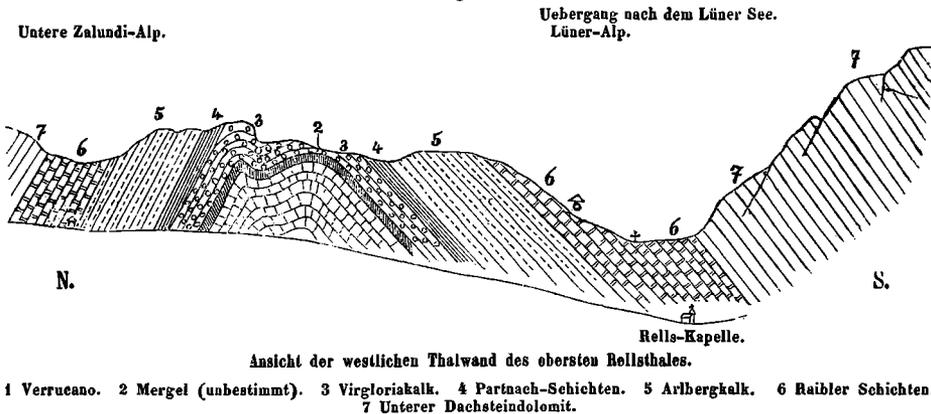


gelangt man unmittelbar aus dem Flysch in Dolomit und successiv in jene liegenden Gebilde, die sich aber an der linken Thalwand eines nach dem andern auskeilen und dem Glimmerschiefer Platz machen. Erst weiter abwärts, bei Lantschau folgt noch einmal Verrucano in bedeutender Mächtigkeit, der bis zur Kirche von Tschagguns ansteht und hier von einem aus Virgloriakalk und Partnachschiechten gebildeten Hügel, der senkrecht ins Montavoner Thal abfällt, überlagert wird. Auf dem Weg von Lantschau über Lantschesott nach Vandans trifft man in diesem Virgloriakalk weissen grobkörnigen Marmor.

Bei Vandans erreichen wir das Rellsthal, dessen obere Strecke in süd-nördlicher Richtung aus der erwähnten Mulde von Zalundi kommt, also Gneiss, Dolomit, und des letzteren Hangendes und Liegendes vollständig durchschneidet; bei der Kapelle der Alpe Rells biegt das Thal fast unter einem rechten Winkel nach Osten und fliesst nur noch im rothen Sandstein. Diess ist die untere Strecke, welche bald das weitere Montavon erreicht.

Der Nordabhang des Rellsthalles zeigt die prachtvollsten Profile vom Verrucano bis hinauf zum Lias. Wie vom Gneissstreif aus der Uebergang hierzu durch die Mulde vermittelt wird, zeigt das Profil V. Ein wenig weiter westlich ist diess noch klarer durch folgende Ansicht der linken Thalwand des obersten Rellsthalles.

Figur 2.



Der Verrucano dieses Profils ist die Fortsetzung desjenigen, welcher im Profil V den Gneiss des „hohen Mannes“ sattelförmig überlagert und die Sohle des Rellsthalles (V und VI) bildet. Die gegen Süden folgenden Schichten sind die Fortsetzung der Mulde zwischen dem hohen Mann und der Geispitz, während die nördlich aufgelagerten im Fortstreichen das Liegendste der Zimperspitz bilden.

Ich wende mich zur Betrachtung des durch Escher's und Studer's classische Untersuchungen bekannt gewordenen Südabhanges dieses Gebirges und gehe aus von dem

Profil von der Rellskapelle nach der Zimperspitz (Profil V).

Die Zimperspitz (Zimba-Spitz der Generalstabs-Karte) ist ein sehr weit sichtbarer und durch seine Form ausgezeichneter Berg, der sich pyramidenförmig aus dem Dolomitgebirge zwischen Rellsthal und Brandner Thal erhebt und die bedeutendste Höhe der gesammten nördlichen Vorlage des Rhätikon erreicht. Fast senkrecht fällt seine deutlich geschichtete Dolomitwand auf eine

kleine, Alpen tragende Terrasse und senkt sich von dort steil hinab in das Rellsthal. Die Schichtenreihe der Trias- und Lias-Gebilde ist hier auf kleinem Raum mit seltener Vollständigkeit deutlich aufgeschlossen. Das Streichen ist fast genau dem Thal parallel (Stunde 4—5, das Thal streicht Stunde 5 $\frac{1}{2}$), das Fallen steil nach Norden. Die Schichtenreihe ist folgende:

1. **Verrucano.** Die ausgezeichnete Entwicklung dieses tiefsten Formationsgliedes im Rellsthal wurde bereits oben erwähnt und die reiche Folge der Gesteinsabänderungen auseinandergesetzt. Von Vandans bis zur Rellsalpe verlässt der zwei Stunden lange Weg nicht den rothen Sandstein mit seinen Begleitern. Erst dort, wo derselbe unterhalb Zalundi von den jüngeren Triasgliedern bedeckt wird, verschwindet er nach Westen vollständig; östlich hingegen setzt er über das Montavoner Thal fort und bildet einen Theil der Gehänge des St. Bartholomäusberges, um auch in dieser Richtung, wie die Parallelprofile des Klosterthales zeigen, nicht mehr hervor zu treten. Das Areal, welches der Verrucano im Rellsthale und an den Gehängen des hohen Mannes einnimmt, ist weitaus das grösste, welches er in Vorarlberg erreicht.
2. **Virgloriakalk.** Die knolligen, niemals zu verkennenden Schichten dieses Kalkes begleiten den Verrucano vom Ausgang des Thales an in bedeutender Höhe und erreichen den Thalboden erst bei der Rellsalp. Sie scheinen hier von den höchsten rothen Sandsteinen durch einen den Partnachschichten ähnlichen Mergel getrennt; doch liess sich diess nicht mit hinreichender Genauigkeit feststellen. Die Mächtigkeit des Kalkes ist 50 bis 60 Fuss.
3. **Partnachschichten.** Wenn man von der Alpe nach der Gypsrunde wandert und in dieser aufwärts steigt, so treten die bisherigen Schichten der Thalsohle auf und mit den Partnachmergeln beginnt die enge Schlucht, in welcher der Bach herabkommt. Sie bilden weithin die östliche Wand derselben, während durch eine Querverwerfung, deren sich zwei hier nachweisen lassen, zur Linken Verrucano ansteht, so dass er durch diese Nachbarschaft die Mergel unmittelbar zu unterteufen scheint. Letztere sind hier in ihrem petrographischen Verhalten besonders ausgezeichnet. Die dünnen vereinzelt eingelagerten Kalkschichten und die in der Masse der Mergel zerstreuten Kalkconcretionen treten durch die Auswaschungen des Wassers ungemein klar hervor. *Bactryllium Schmidii* findet sich sehr sparsam. — Durch Wechsellagerung entwickelt sich aus den Partnachschichten allmählig
4. **Arlbergkalk und -Dolomit,** ungefähr 600 Fuss mächtig; endlich
5. **Gyps und Rauchwacke** der Raibler Schichten. Der Gyps tritt hier in der bedeutenden Mächtigkeit von 300—400 Fuss (nach Escher) auf. Ueber ihm liegen noch braune Sandsteine und Rauchwacke, meist von Rasen bedeckt.

Die Schichten 2 bis 5 sind in ihrem Streichen nach Südwest und Nordost weit zu verfolgen. Die Rauchwacke bildet gegen Osten eine mit Alpen bedeckte Terrasse am Fuss der Dolomitwand; nur wo diese von der Ill quer durchbrochen wird, da hat sich ein kleiner Zufluss einen tiefen und wilden Tobel in das System von Rauchwacke und Gyps hineingeschnitten und vor dem Ausgang ein Meer von Trümmern ausgebreitet, in welchem der Wildbach wie in einem Delta in mehreren Armen seinen Lauf nimmt. Jenseits der Ill setzen Rauchwacke und Gyps fort und sind analog wie im Westen von dem tiefen Fallöer Tobel durchschnitten, auf den wir später bei Betrachtung der Gegend zwischen Dalaas und dem Montavon zurückkommen. Der überaus grosse Gypsreichtum

dieses Zuges der Raibler Schichten ist um so mehr zu beachten, als es gerade der den krystallinischen Schiefeln am nächsten liegende ist. Auch in westlicher Richtung von unserem Ausgangspuncte bei Rells begleitet der Gyps die Rauchwacke. Beide breiten sich wegen ihrer leichten Verwitterbarkeit sehr aus, tragen die Villifau-Alp, bilden darauf die tiefe Einsattelung gegen den Lüner See und ziehen bis zu dessen Ufer hin, die ertragreichsten Alpen in dem grossen Kessel bildend. Endlich ziehen sie, auf geringe Mächtigkeit reducirt, westlich vom Gaffal-Joch auf bündnerisches Gebiet und verschwinden hier bald an der Gränze mit dem Flysch. — Die gleiche Verbreitung, wie diess höchste Triasgebilde, haben natürlich auch die Schichten 2 bis 4, die in wechselnder Breite zwischen Verrucano und Raibler-Schichten nach der Ill und nach dem Südostufer des Lüner Sees fortziehen. Der Arlbergkalk gelangt nach beiden Richtungen, besonders aber im Osten, zu bedeutender Herrschaft, indem er selbstständig ein kleines Kalkgebirge nordwestlich von Vandans bildet. Die Partnachschichten erlangen einige Bedeutung durch ihren Alpenreichtum; westlich tragen sie die Lüner Alp (im Rellsgebiete), östlich die Farenalp.

Der hier in allgemeinen Zügen entwickelte Theil des Profils in der Gypsrunde von Rells wurde von Herrn Escher v. d. Linth mit ausserordentlicher Gründlichkeit und Genauigkeit verfolgt und das Resultat ohne theoretische Deutung mitgetheilt¹⁾. Die von ihm gefundene Schichtenfolge dürfte sich der hier angegebenen auf folgende Weise einreihen:

Das tiefste Glied (Nr. 1)²⁾, der oberste rothe Sandstein des Verrucano, entspricht vollkommen dem unsrigen. Nr. 2 ist leicht als unsere Partnachschichten zu erkennen. Es fehlen also die Virgloriakalke und diess ist durch die angeführte Querverwerfung leicht erklärbar, wodurch auf dem Wege von der Rellskapelle in die Gypsrunde in der That dieses östlich vom Bach deutlich anstehende Glied nicht zum Vorschein kommt. Nr. 3 bis 6 ist der untere Theil unserer porösen Arlbergkalke, wo sie noch mit Partnachschichten und Sandsteinen wechsellagern. Der 100 Fuss mächtige Gyps, welcher nach Escher in denselben vorkommt, ist jedenfalls sehr beachtenswerth, da er sich sonst in diesem Niveau nirgends so stark entwickelt findet. Nr. 7 und 8 ist der selbstständigere Theil unseres 4. Gliedes, während Nr. 9 und 10 Gyps und Rauchwacke der Raibler Schichten repräsentiren. Die letztere ist stets, wo sie nicht von Tobeln durchschnitten ist, mit Vegetation bedeckt.

Ueber der Rauchwacke lagern im Profil der Zimperspitz folgende Schichten:

6. Dolomit; der Hauptdolomit mit seinen gewöhnlichen Eigenschaften.
7. Kössener Schichten.
8. Dachsteinkalk.
9. Adnether Kalk; fasst als ein weithin sichtbares rothes Land die Zimperspitz ein.
10. Algäuschichten bilden den Gipfel des Berges.

Die nähere Betrachtung dieser Schichten verbinden wir mit der Darstellung der gesammten sich anschliessenden Gebirgsmasse:

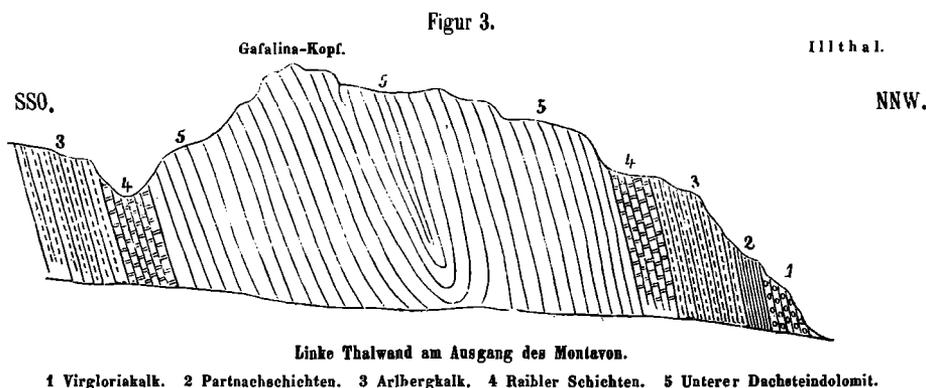
Scesa plana (Lüner See), Saulenspitz, Zimperspitz, Gafalinakopf.

Von den krystallinischen Schiefeln ausgehend, erreicht man mit diesen Bergen die erste gleichmässig gehobene Kette. Vom Gaffal-Joch bis S. Anton

¹⁾ Vorarlberg, Beilage IV. (Neue schweizerische Denkschriften Bd. XIII, 1853.)

²⁾ Die Nummern beziehen sich auf die Escher'sche Abhandlung.

im Montavon erstreckt sich die Rauchwacke fast geradlinig; ihr folgt unmittelbar der Dolomit, anfangs mit steilem Nordwestfallen, bald aber sich verflachend und von jüngeren Schichten bedeckt. Dieser Zug vom Seekopf am Lüner See bis Lorünz im Montavon ist einer der wenigen im Rhätikon, welche vollkommen gleichmässig in bedeutenderer Erstreckung fortsetzen. Allein auch er ändert sehr bald seinen Charakter, indem schon gegen das Brandner Thal hin die Regelmässigkeit vollkommen aufhört. Der Ausgang des Montavon (Strecke zwischen S. Anton und Brunnenfeld) ist der Knotenpunkt, in welchem die Haupthebungsrichtungen des Rhätikon sich vereinigen. Die beistehende Figur zeigt die Wand des Gafalinakopfes am Eingange ins Montavon.



Der linke Theil ist die Fortsetzung des Profils vom Rellsthal, mithin der Dolomit dieser Seite die Fortsetzung des Dolomites der Zimperspitz. Allein der rechte nördliche Theil der Zeichnung streicht in ganz anderer Richtung; jener geht nach Südwesten, dieser nach Nordwesten. Das auffallend zusammengeklappte Schichtensystem öffnet sich sehr bald und nimmt die jüngeren Liasglieder in sich auf; zugleich erleidet es durch die verschiedene Richtung der Hebungen so viele Verwerfungen und Ueberschiebungen, dass alle Trias-Lias-Profile des Rhätikon, so weit sie nicht das Rellsthal betreffen, in das geöffnete und mehr und mehr aus einander tretende Schichtensystem der obigen Figur hineingehören. So gestalten sich also zunächst zwei fast rechtwinklig aus einander laufende Dolomitzüge. Einer derselben zieht nordwestlich nach den Drei Schwestern, der andere ist durch die eben genannten Berge bezeichnet. Seine Analyse zeigt wenig Mannigfaltigkeit.

Die Scesa plana oder der Brandner Ferner ist ein $\frac{1}{2}$ Meile langes und halb so breites Eisfeld, welches plateauartig einen nach allen Seiten steil abfallenden kolossalen Dolomitstock von 10,000 Fuss Höhe bedeckt. Nach Osten bildet das sich gabelförmig spaltende Massiv den westlichen Theil eines grossen Kessels, zu dessen Vollendung das gleichfalls dolomitische Schaafgaffal zwei Arme von Osten her entgegenstreckt. Der imposante Kessel ist vom Spiegel des Lüner Sees ausgefüllt, an dem, wie erwähnt, die liegenden Schichten des Dolomites zum Vorschein kommen. Auch am westlichen Absturz ist das tiefste Piedestal des Berges als Trias entblösst, während die eigentliche Masse desselben und der nach Norden gegen Brand gerichtete Grat, welcher den Mottenkopf trägt, ganz aus Dolomit bestehen. Auf der Höhe aber folgen die jüngeren Liasglieder. Schwarze Kössener Schichten in ungewöhnlicher Mächtigkeit ziehen am Abhange dicht unter dem Rande des Plateau's vom Pandeler Schroffen nach

dem Mottenkopf und um diesen herum nach der höchsten Spitze der Scesa plana, welche durch Merian und Escher ein wohlbekannter Fundort von Versteinerungen der Kössener Schichten geworden ist, dann verschwinden sie unter dem Eis. Darüber bauen sich die Dachstein- und Adnether Kalke und die Liasmergel auf, welche den höchsten Grat vom Mottenkopf nach der Scesa plana bilden, wegen des allgemeinen steilen Nordwest-Fallens aber unter der Spitze vorbeiziehen. Der ganze westliche Theil des Plateau's besteht aus Algäuschichten. — Die Gebirgsmasse der Scesa plana ist also in ihrem oberen Theil ein vollkommen isolirtes Ganzes. Steil und mit senkrecht abgebrochenen Schichten stürzt sie im Nordosten 4—5000 Fuss tief ab in

das obere Brandner Thal, aus welchem jenseits eben so schroff der Saulenspitz, der Nachbar und Nebenbuhler der Zimperspitz sich erhebt. Eine dritte 1800 Fuss hohe und senkrechte dolomitische Felswand schliesst das Thal im Hintergrund; ihr oberer Rand bildet das Nordufer des Lünser Sees und die Wasser des letzteren, welche ihren Abfluss durch Spalten im Gestein nehmen, brechen in parabolischem Strahl mitten aus der Wand hervor, um im Thalgrund als Alvierbach ihren Weg gegen Bludenz zu nehmen. Dolomit, im Westen den unteren Theil des Mottenkopfes, im Osten die Höhe der Säulenspitz bildend, ist das Gestein des gesammten grossartigen Amphitheaters des obersten Brandner Thales. Allein anstatt thalabwärts das Liegende des Dolomites zu erreichen, nehmen plötzlich mächtige Algäuschichten die rechte Thalwand ein, ein zusammengefaltetes, mit Dachstein- und Adnether Kalk durchwundenes Schichtensystem, welches die Alpen des Thales trägt und bis zur Kirche von Brand reicht. Sie sind unverkennbar die unmittelbare Fortsetzung der Algäuschichten der Zimperspitz; während sie aber dort den Dolomit überlagern, stehen sie hier im unbestimmten Lagerungsverhältniss zu ihm. Eine begründete Erklärung des letzteren gehört zu den schwierigeren Problemen im Schichtenbau des Rhätikon.

Allmählig senkt sich der Thalboden und trägt in einer Erweiterung die zerstreuten Häuser des Dorfes Brand. Da steht plötzlich Verrucano dicht neben den ausgedehnten Algäuschichten an und bildet einen grossen Theil der westlichen Gehänge; über ihm sieht man die weiteren Glieder der Trias gegen den dolomitischen Fundel-Kopf ansteigen.

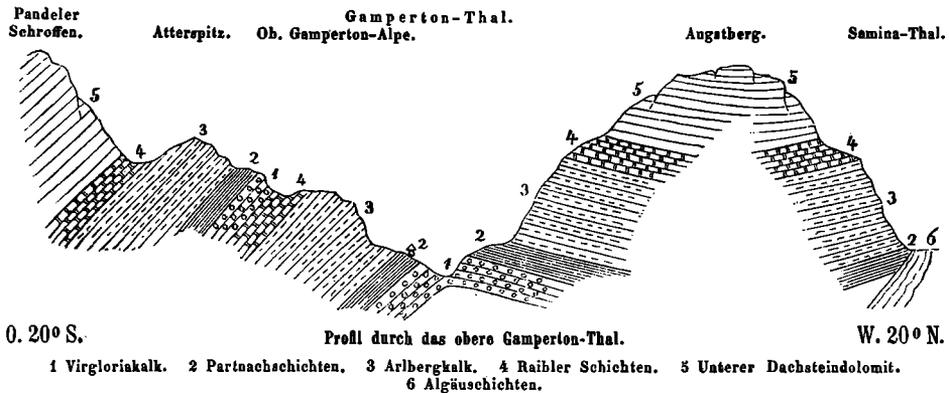
Umgebungen der Gamperton-Alp.

Das Gamperton-Thal ist eines der ausgezeichnetsten Querthäler des Rhätikon; es wird vom Mang-Bach durchströmt, welcher am Barthümel-Berg entspringt und nach beiläufig $2\frac{1}{2}$ Meilen langem Laufe bei Nenzing aus seinen Engen in das Illthal hinaustritt. Seine Quellen liegen zum Theil in Algäuschichten, der Fortsetzung des Zuges der Weissplatten, sein Oberlauf in Trias-Schichten, sein Mittellauf im Dolomit, der Unterlauf im Flysch. Dem entsprechend strömt der Mang-Bach bei Nenzing aus einer tiefen unzugänglichen Schlucht, welche mit steilen Wänden in das fruchtbare Flyschgelände eingeschnitten ist. Der Weg führt in der Höhe über die sanften Matten. Plötzlich beginnt die Dolomitmildniss mit ihren steilen Wänden, schroffen Tobeln und Lehnen von Geröll. Zwei hohe Dolomitzüge engen das Thal ein und zwingen zu vielfachen Umwegen. In 4 Stunden von Nenzing erreicht man das Ende des Dolomitgebiets und die obere Thalstrecke öffnet sich mit ihren überaus anmuthigen und fruchtbaren Wiesenflächen, welche malerisch von den Wänden der Triaskalke unterbrochen werden. Im Thalgrunde liegt um die St. Rochus-Kapelle das Sennhüttendorf der Gamperton-Alp, der reichsten Alpe Vorarlbergs. Es gehören zu ihr alle Thalwände bis zu den Wasserscheiden. Die Umgebungen rechnen wir im Norden bis

zum Anfang des Dolomitgebietes (Ochsenberg, Fundel-Kopf), im Osten bis Brand und bis zur Scesa plana, im Westen bis Valuna im Samina-Thal.

Als Ausgangspunkt zur Betrachtung des Gebirgsbaues dieser Thalstrecke ist das folgende Querprofil geeignet, welches am Pandeler Schroffen, dem westlichen Theil des Scesa - plana - Stock's anknüpft und nach dem Augst-Berg

Figur 4.



hinüber zieht. Es zeigt die merkwürdige Thatsache, das beide Thalwände in ihrer Structur merklich von einander abweichen. Die westliche entblösst das einfache gewöhnliche System der Trias bis hinauf zum Dolomit, an der östlichen tritt die vollständige Schichtenfolge: Virgloriakalk bis Rauchwacke, zweimal über einander vollkommen gleichförmig auf und zwar entspricht das untere System den Schichten der linken Thalwand, das obere gehört als Liegendes zum Dolomit der Scesa plana. Es sind zwei Fälle möglich; entweder hat eine von Ost nach West gerichtete Ueberschiebung von den durch eine Kluft auseinander gerissenen Theilen desselben Systems stattgefunden, was aber wegen des Fehlens des Verrucano's und des Dolomits am Abhang der Atterspitz nicht wahrscheinlich ist, oder jene Wiederholung wurde durch eine wellige Faltung veranlasst, deren einer Schenkel abgebrochen und an der Oberfläche nicht sichtbar ist, ein Fall, der sich im Kreidegebiet häufig durch Parallelprofile mit Entschiedenheit nachweisen lässt. In beiden Fällen aber muss die Richtung der Kraft eine ostwestliche gewesen sein, da die Hebungslinien von Süd nach Nord (Stunde 1) gerichtet sind. Die Entschiedenheit, mit welcher diese Richtung hier auftritt, ist in der That auffallend, da sie schon in den nördlich vorliegenden Dolomitgebiet und weiter gegen Norden nicht mehr bemerkbar ist, dagegen nach Westen, gegen Vaduz hin, bald noch mehr herrschend wird. — Dass sie aber im Gamperton nicht allein den Gebirgsbau bestimmt, beweisen die nord-südlichen Profile der beiden Thalwände, welche die ostwestliche Wellung deutlich hervortreten lassen.

Mit Hilfe dieser Elemente löst sich nun der etwas complicirt erscheinende Gebirgsbau unseres kleinen Gebietes leicht auf. Der Dolomit des Pandeler Schroffen sendet einen Grat nördlich nach dem „oberen Sack“, nordöstlich setzt er fort als das Gestell des schon genannten Mottenkopfes. Er ruht auf der Rauchwacke der Raibler Schichten, welche ihrerseits auch noch in bedeutender Höhe sich hält und vom Brandner Thal in ununterbrochener Linie bis zur Einsattelung zwischen Pandeler Schroffen und Hornspitz (Fig. 5) zu verfolgen ist, wo sie die Gränze des Prättigau's betritt und zugleich mit dem

ganzen Trias-System den Bündner Schiefen das Feld räumt. Unter der Rauchwacke folgt: poröser Arlbergkalk mit allem Zugehörigen, ferner Partnachschichten und Virgloriaschichten, alle drei in sehr ausgezeichnete Weise auftretend. Der poröse Kalkstein bildet die Hornspitz, die Atterspitz und das Gebirge, welches sich südlich vom Virgloriapass und der Alpe Palüd nach Brand hinabzieht. Er ist hier ungemein mächtig, besteht vorherrschend aus reinem, stark porösem Kalk mit wenig Dolomit und führt eine grosse Zahl unbestimmbarer Versteinerungen, welche auf den Bruchflächen des sehr festen Gesteines herauswittern. Die Partnachschichten sind, wie oben erwähnt und zuerst von Escher beobachtet wurde, hier am reichsten an *Bactryllium Schmidii*; sie haben die selten vorkommende Mächtigkeit von 300 bis 400 Fuss und sind von wilden Tobeln durchschnitten, durch welche sich der Weg von St. Rochus nach Virgloria windet. Der Virgloriakalk endlich bildet eine schroffe Mauer, welche sich ausgezeichnet am Abhange verfolgen lässt und dicht am Jochübergang ansteht. Wiewohl die Schichten im Allgemeinen östlich fallen, macht sich doch gerade in dieser Mauer durch ihre welligen Biegungen längs des Abhanges, auch die Haupttrichtung der Wellen geltend. Nicht nur petrographisch zeichnen sich die Virgloriakalke hier aus, sondern auch durch ihre Fauna, indem sie (bei der Alpe Palüd) die früher erwähnte *Retzia trigonella* führen; sie ziehen sich von der Hornspitze an der schweizerischen Gränze über Virgloria und Palüd bis nördlich von Brand; über diesem Ort aber trennt sich ein Zweig als Liegendes des vorhin erwähnten Grates von Arlbergkalk.

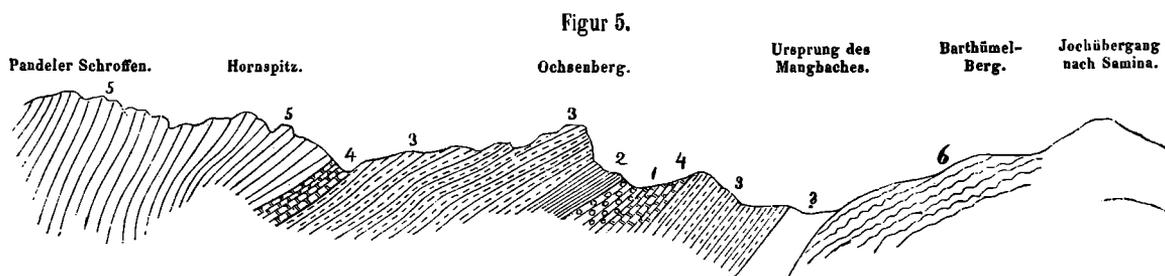
Dieses die oberen Gehänge einnehmende Triassystem erweist sich also als die unmittelbare Unterlage des Dolomits der *Scesa plana* und lässt sich bis nach Brand verfolgen.

Das Profil (Fig. 4) zeigt noch ein zweites, unteres Triassystem, welches über das Gamperton-Thal hinwegzieht und sich westlich zur Augstspitze erhebt. Es fragt sich: wie verhält sich dieses zu dem oberen System, und wie verhält es sich zum nördlichen Dolomit (des Fundelkopfs), mit dem jenes nicht in Berührung tritt? Die letztere Frage beantwortet sich leicht aus Profil III. Dieses Triassystem ist das unmittelbar Liegende des genannten Dolomits, die Rauchwacke, mit der es an ihr gränzt, bildet die Einsattelung des Virgloria-Passes. Verfolgen wir dasselbe noch weiter, so sehen wir es, die am Pass versteckten tieferen Glieder wieder entfaltend, bei der Alpe Palüd vorbei und nach Brand ziehen, wo sich der Virgloriakalk mit derselben Etage des vorigen Systems vereinigt und beide von Verrucano unterteuft werden, der endlich an Algäuschichten gränzt.

Das Gebirge zwischen Brand und Gamperton, oder auch zwischen Brand und dem oberen Samina-Thal besteht daher aus zwei Theilen eines und desselben Triassystems, welche bei Brand noch im ursprünglichen Zusammenhang stehen, längs einer im Allgemeinen nach Stunde 3 streichenden, etwas gebogenen Linie, aber (Brand, Virgloria, Hornspitz) gegen einander durch eine Aufspaltung oder wellige Faltung in der Weise dislocirt sind, dass bei Brand die Dislocation Null ist, nach Westen aber zunimmt, und zwar ist der südliche Theil über den nördlichen geschoben. Die Richtung Stunde 3 aber ist die Resultante der ostwestlich und der südnördlich wirkenden Kraft und ist daher, wie die erstere auf diesen kleinen Theil Vorarlbergs beschränkt. Auch zeigt die etwas gekrümmte Form der Dislocationslinie den Uebergang in die beiden erwähnten Richtungen an, welche sich überdiess durch die angeführten und auf den Profilen hervortretenden mannigfachen leichten Wellungen zu erkennen geben.

So lässt sich der ziemlich verwickelt scheinende Gebirgsbau des oberen Gamperton-Thales auf sehr einfache Erscheinungen zurückführen. Verfolgen wir nun das untere Triassystem von da, wo es an der rechten Thalwand hervortritt, in seinem weiteren Verlauf. Unter dem Virgloriakalk des oberen Systems breitet sich eine ansehnliche, sanfte Terrasse aus; sie wird gebildet aus der Rauchwacke der Raibler Schichten und trägt mehrere gute Alpen (Herrnböden, Secca u. s. w.). Diese Terrasse fällt mit einer steilen, zum Theile bewaldeten Wand von Arlbergkalk gegen die untere Gamperton-Alp ab. Partnachschichten und Virgloriakalk bilden die Thalsole, nirgends aber kommt Verrucano zu Tage. Zwischen Unter- und Ober-Gamperton stehen die Triasschichten so ausgezeichnet entwickelt an und bieten sich so bequem einem genaueren Studium, wie diess kaum irgend wo der Fall ist. Nirgends auch habe ich Virgloriakalk und die porösen Kalke so reich an Versteinerungen gefunden wie hier. Leider sind sie meist undeutlich; doch verspricht dieser Fundort eine nicht geringe Ausbeute, die bei der grossen Dürftigkeit der Triasfauna Vorarlbergs von hoher Wichtigkeit sein würde. Diese Stelle dürfte ganz besonders für genauere Untersuchung zu empfehlen sein, um so mehr, als auch eine sorgfältige Erforschung des Barthümelberges und der weiteren Umgegend für die Kenntniss des Rhätikon wichtig wäre.

Wie das untere Triassystem gegen Süden endigt, davon gibt die folgende Skizze ein Bild, welche ein Stück der Höhenlinie des Rhätikon darstellt und dem Profil Figur 4 parallel ist; der Jochübergang gegen Samina liegt südlich von der Augstspitze.



Ansicht der Höhenkette des Rhätikon im Hintergrund des Gamperton-Thales.

1 Virgloriakalk. 2 Partnachschichten. 3 Arlbergkalk. 4 Raibler Schichten. 5 Unterer Dachsteindolomit. 6 Algäuschichten.

Das Triassystem zieht nach der Schweiz hinüber und verschwindet bald unter den Bündner Schiefen. Zwischen dem Augstberg und dem Jochübergang nach Samina kommt nach Escher ein spilitartiges Eruptivgestein zum Vorschein, ich konnte die Stelle nicht besuchen.

Es ist endlich noch die Gränze unseres unteren Trias-Systems gegen Norden zu bestimmen. Hier sieht man es mit einem mächtig entwickelten Rauchwacke-Streifen, der das Thal quer durchsetzt und vom Virgloria-Tobel tief durchschnitten wird, unter dem Dolomit des Ochsenberges und des Fundelkopfes verschwinden. Dieser Dolomit fällt hier steil nördlich und bildet, von keinem höheren Gebilde überlagert, eine weite Mulde, in der er zu mächtigen Gebirgsmassen entwickelt ist. Erst jenseits des Aelpele-Kopf und der Alpilla steigen seine Schichten wieder an, um mit ihren Liegenden die Nordgränze des Trias-Lias-Gebietes zu bezeichnen. Ehe wir uns hierzu und zur Entwicklung von jenen gegen Westen wenden, ist noch die äusserste Südwestecke des Rhätikon-Gebietes zu betrachten.

Balzers, Elavena, Falknis, Fläscher-Berg.

Wir betreten nun den an schwierigen Problemen reichsten Theil des Rhätikon. Der Gneissstreif an der Geisspitz im Osten der Scesa plana hatte sich als eine wichtige geologische Scheide erwiesen, indem er ein südliches Lias-Eocän-Gebiet von dem nördlichen der Trias-Gebilde scheidet, den Gebirgsbau des Prättigau's von dem der nördlichen Theile des Rhätikon. Die Gränzscheide liess sich, wie ich zu zeigen suchte, über das Gaffal-Joch verfolgen, wo ohne Vermittelung des Gneisses die südlichen Gebilde unter die nördlichen einschliessen, ferner südlich der Scesa plana vorüber, wo das gleiche Lagerungsverhältniss stattfindet, nach der Einsattelung zwischen Augstberg und Barthümelberg, und auch hier zeigen die Profile (IV, III, II und Figur 5) dasselbe Verhalten. Von dieser Einsattelung zieht die merkwürdige Gränzscheide mit etwas veränderter Richtung südlich am Heubübel vorüber nach Triesen. Südwestlich von dieser letzten Linie sind Eocän- und Algäu-Schichten, nordöstlich nur Trias und Lias-Dolomit und längs der Linie eine ununterbrochene eigenthümliche Auflagerung der ältesten Triasglieder auf den Algäuschichten. Auch hier fehlt jener Gneissstreif, allein wir weisen stets wieder auf ihn zurück, da er das schwierige Phänomen aufklärt. Die angegebene Linie gränzt das jetzt zu betrachtende kleine Gebiet nach Nordosten ab. Es gehört seinem Gebirgsbau nach bereits vollkommen dem Prättigau an, daher ich auf dasselbe ausführlicher eingehe.

Steigt man von dem Dorf Triesen nach Triesnerberg, so führt der Weg Anfangs über unverkennbare eocäne Flyschschichten und erreicht über ihnen unmittelbar rothen Sandstein, in der in Fig. 10 angegebenen Weise. Der Flysch, welcher hier die unteren Gehänge bildet und zwischen der Thalsohle und dem rothen Sandsteine gleichsam eingeklemmt ist, keilt sich gegen Norden aus und zwar oberhalb des Schlosses Liechtenstein, wo er sich in noch weit merkwürdigerer Weise zwischen jenem Verrucano und ein tieferes, von Norden herkommendes Triassystem einzwängt. Ein wenig südlich von Triesen ändert sich der Sachverhalt ein wenig; die unteren Abhänge werden zwar auch noch von Flysch gebildet, allein es folgt nun nicht mehr Verrucano in der Höhe. Man kann die Lagerung sehr gut in zwei gewaltigen Tobeln verfolgen, welche südlich von Triesen herabkommen: Baad-Tobel und Wildhaus-Tobel; ich wählte den letzteren zum Aufstieg.

Der Wildhaus-Tobel kommt unmittelbar von der Centalkette des Rhätikon herab, welche im Naaf-Kopf und Grattenspitz, den Beherrschern des Quellgebietes des Wildbaches, eine bedeutende Höhe erreicht, und mündet in die Ebene des Rheinthaales zwischen Triesen und Balzers. Mächtige Schuttmassen, die vor dem Ausgange der schroffen Schlucht aufgehäuft sind, zeugen von der zerstörenden Gewalt, die das kleine Gewässer auf das umgebende Gestein ausübt. Messungen ergaben für die letzten 10,000 Fuss des Laufes ein Gefälle von 3000 Fuss; diese Strecke ist eigentlich nur eine tiefe, in den Abhang des Gebirges eingerissene Schlucht, welche ihren oberen Anfang an der Einsattelung zwischen Würzner Horn und Schaafkopf nimmt; mit dieser beginnt eine obere sanftere Thalstrecke, ein weiter grüner alpenreicher Kessel umragt von den Schroffen des Würzner Horns, der Grottenpitz u. s. w. Am Grunde des Kessels liegt die Alpe Elavena, bekannt als die kräftigste im Rhätikon.

Wenn man vom Rheinthal nach Elavena hinansteigt, so überschreitet man eine überaus reiche Folge von Flyschgesteinen. Der Weg windet sich vielfach an dem steilen Gehänge zwischen Baad-Tobel und Wildhaus-Tobel hinan, fortwährend

über die Schichtenköpfe des Flysches; die Schichten, deren Lagerungsfolge sich wegen der vielfachen Krümmungen nicht genau feststellen lässt, streichen im Allgemeinen Stunden 4—5 und fallen steil nach Süd-Osten. Sie zeigen die beim Flysch gewöhnliche Mannigfaltigkeit und man könnte leicht geneigt sein, sie für Algäuschichten zu halten, da so viele Gesteine beiden Formationen gemein sind, wenn nicht die zwar sparsamen, aber sehr entschiedenen Flysch-Algen einen ebenso guten positiven Anhaltspunct gäben, als in dem gänzlichen Fehlen von Fleckenmergeln, rothem und braunem Hornstein und anderen Merkmalen der Algäuschichten ein negativer Beweis liegt. Auf den letzteren dürfte in allen Fällen, wo es sich um eine Entscheidung handelt, besonderes Gewicht zu legen sein, da einzelne Gesteine die Algäuschichten stets auszeichnen und niemals, am wenigsten aber in so mächtigen Ablagerungen, vermisst werden. Diese entschiedenen eocänen Flyschgesteine halten ununterbrochen an, bis man nach 2½ Stunden mühevollen Steigens den Rand des sanften Thalkessels von Elavena erreicht. Auch noch weiterhin gegen die Alpe geht man über ihre Schichtenköpfe; aber an den schroffen Bergen, welche im weiten Halbkreis das Hochthal umstarren, erkennt man schon aus der Ferne die blutrothen Streifen von Adnether Kalk, die Mauern des Dachsteinkalkes und die zerrissenen Gehänge der Fleckenmergel, also ein Lias-System über Flysch. Noch immer fallen die Schichten des letzteren steil nach Südost; sie werden mehr und mehr sandig und endlich folgt ein mit dichtem Himbeergestrüpp bewachsener Complex von braunem hornsteinigem Sandstein, demselben, welchen ich oben bei der Sporer-Alp und am Gaffal-Joch beschrieb. Sie haben das gleiche Fallen wie die Flyschgesteine und darum dürfte hier ein wesentlicher Anhalt zu ihrer Formationsbestimmung gegeben sein; sie sind sicher noch dem Flysch zuzurechnen; denn wenn man von Elavena am Ostabhang nach dem Schafkopf hinansteigt, so sieht man, wie dort den bisher durchgehends sehr steilen Schichten plötzlich mit sehr geringer Neigung jene oberen Dachsteinkalke auflagern, welche ihre Stellung zwischen Kössener und Adnether Schichten haben. Ihnen folgen sogleich die letzteren mit ihrer stets verrathenden Färbung und darüber typische Lias-Fleckenmergel, welche zur Höhe des genannten Berges ansteigen.

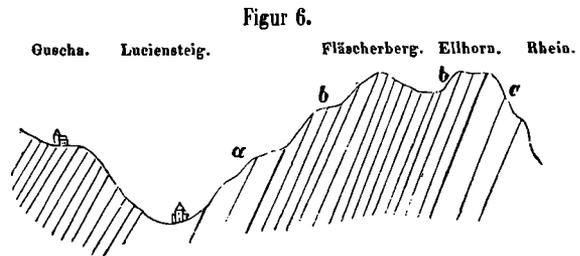
Verfolgt man die bei Elavena vorüberstreichende Gränze zwischen Eocän und Lias in ihrem Fortstreichen, so sieht man sie im Westen bei Guscha vorüber nach der Strasse von Luziensteig ziehen, die sie ¼ Stunde nördlich von der Festung erreicht. Das gesammte Würzner Horn und alle Gehänge gegen Balzers würden somit aus Flysch bestehen. — Oestlich erscheinen die braunen Sandsteine, das höchste Glied des Flysches, noch in der kleinen Einsattelung nördlich vom Schafkopf, durch welche der Weg von Elavena nach Valuna führt. Von hier scheint die Gränze unmittelbar nach der Mitte des Abhanges zwischen Triesen und Triesnerberg zu ziehen. Alles was südlich und östlich von den bezeichneten Gränzen liegt, scheint ohne Ausnahme den Algäuschichten (nebst Dachsteinkalk) anzugehören, also die ganze Centralkette von Luziensteig über den Falknis bis zum Barthümelberg und der Grat zwischen Elavena und Valuna, während die Abhänge über dem Rheinthal innerhalb jener Gränzen nur von Flysch eingenommen werden, der den Lias mit steilerem Einfallen unterteuft. Gegen Norden und Osten werden dann ihrerseits wieder die Liasgebilde von Trias überlagert.

Berge zwischen Balzers, Luciensteig und Fläsch. Das Lias-Eocän-Gebirge fällt im Westen steil ab zu einer Einsenkung, welche die Fortsetzung der Richtung des Rheines bildet. Allein statt in ihr seinen

Lauf zu nehmen, fliesst der Strom durch eine breite Spalte in dem gegen Westen ansteigenden Gebirge und wird dadurch zu einem bedeutenden nach Osten geöffneten Bogen gezwungen, während jene das eigentliche Thal bezeichnende Einsenkung den niedrigen, befestigten Pass von Luciensteig bildet, welcher die Hauptverbindung zwischen Vorarlberg und Graubünden vermittelt. Das Gebirge zwischen Luziensteig und dem Rheinstrom trägt auf der schweizerischen Seite den Namen des Fläscher Berges, während die westlichste Erhebung, an deren senkrechten Abfall der Rhein sich eng anschmiegt, im Liechtenstein'schen das Ellhorn heisst. Man kann aus den dargestellten Verhältnissen schon *a priori* folgern, dass dieses Gebirge den Bau der schweizerischen Gebirge westlich vom Rhein haben werde, und so ist es in der That. Wer aus Vorarlberg kommt, der befindet sich hier plötzlich auf ganz fremdem Gebiete: andere Gesteine, andere Lagerungsverhältnisse und der Schichtenverband mit dem so eben Betrachteten unklar. Trug schon ein Theil des Rhätikon den Charakter des Prättigau's, so hat man es doch dort nur mit solchen Formationen zu thun, welche in Vorarlberg sehr verbreitet vorkommen; allein hier lässt uns alles früher Erkannte im Stich. Luciensteig bildet eine scharfe Gränzscheide in den Verhältnissen der älteren Formationen bis aufwärts zum Jura und man kann den Fläscher Berg nur von jenseits des Rheins her richtig beurtheilen. Ich beschränke mich daher auf eine kurze Auseinandersetzung des schwierigen Gebirgsbaues, wie er sich von Norden her darstellt.

In dem beistehenden Profil sind *a* und *c* dickgeschichtete, meist schwarze, weissaderige Kalke, manchen Neocomkalken sehr ähnlich. Beide Systeme (*a* und *c*) gleichen einander so auffallend, dass sie schon vom Gesichtspunct der petrographischen Beschaffenheit nicht als

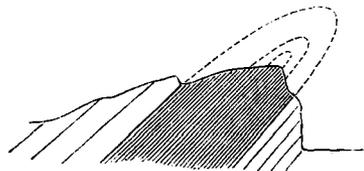
verschiedene Niveau's derselben Formation, sondern als ein und derselbe Schichtencomplex zu betrachten sind; diess wird um so wahrscheinlicher, als Herr Escher in *a* und in *c* *Ammonites biplex* fand. *b* ist ein mächtiges System von zum Theil glimmerigen und talkigen, zum Theil dem Seewerkalk ähnlichen Kalkschiefern, deren absolute Mächtigkeit zwischen *a* und *c* wenigstens 1000 Fuss beträgt. Von der Nordseite gesehen, erscheinen sie in ihrem Streichen und Fallen vollkommen regelmässig und es ist keine Spur von Störung wahrzunehmen. Einige kleine Inseln im Rheinthal, so der Hügel der Burg Guttenberg und viele andere, bilden die nördliche Fortsetzung dieser Kalkschichten mit unveränderter Lagerung. Schroff fällt das Ellhorn in den Rhein ab. Wenn man es durch den seichten Arm des Flusses umgeht, so zeigen sich an dieser Wand die auffallendsten Schichtenbiegungen und Faltungen, die mit der bisherigen Regelmässigkeit wenig übereinzustimmen scheinen. Sie nehmen weiter gegen Süden mehr und mehr zu und sollen an dem gegen Fläsch gewendeten Abhang am bedeutendsten sein. Allein es sind nicht die Schichten des obigen Profils, welche die Krümmung zeigen, sondern sie tragen ganz und gar den Charakter des Flysches oder gewisser Gesteine der Algäuschichten. Da aber die charakteristischen Gesteine der letzteren fehlen und da Herr Theobald, wie derselbe bei der schweizerischen Naturforscherversammlung in Trogen



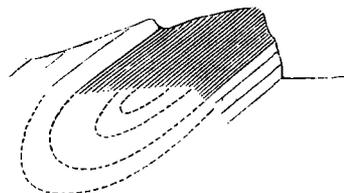
(17. Aug. 1857) mittheilte, *Fucus intricatus* darin fand, so dürfte kaum noch ein Zweifel darüber herrschen, dass die bezeichneten Schichten Flysch sind.

Es sind nun hauptsächlich die Fragen zu beantworten: wie ist der aus dem obigen Profil des Fläscher Berges an der Nordseite hervorgehende Gebirgsbau zu erklären? und in welchem Zusammenhang stehen die wellig gebogenen Schichten von Fläsch mit denen des Profils? Es ist klar, dass man, so lange *b* nicht festgesetzt ist, das obige Profil auf zweifache Weise deuten kann, wie folgende Figuren zeigen.

Figur 7.



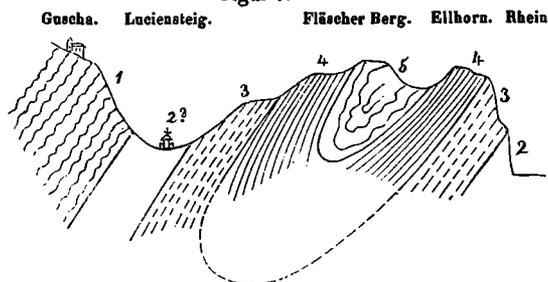
Figur 8.



Die erstere Erklärungsweise hat wenig Wahrscheinlichkeit für sich, da alsdann alle Verhältnisse sehr schwer zu interpretiren wären, auch für die Schichten *b* sich in keiner älteren Formation ein Analogon finden lässt. Um so richtiger scheint die zweite Erklärung. Denn alsdann bildet der Kalk mit *Ammonites biplex* das Hangende der Liasschichten, die wir schon früher als überstürzt kennen lernten. Die fehlenden Repräsentanten des braunen Jura könnten vielleicht in der Einsattelung zu suchen sein, was durch die Angabe derselben auf der geognostischen Karte der Schweiz am Westabhang des Ellhorn noch wahrscheinlicher wird. Alsdann liessen sich auch die schieferigen Kalke *b* leichter einreihen, da sie nach mündlichen Mittheilungen von Herrn Escher mit gewissen benachbarten schweizerischen Juraschichten grosse Aehnlichkeit haben sollen. Es lassen sich endlich auf diese Weise die Flyschschichten von Fläsch erklären. Denn da das Kreidegebiet hier eben zu Ende ist, das Flyschgebiet aber nach Südwest, Südost und Nordost angränzt, so konnte leicht Flysch unmittelbar auf Jura folgen und als Endresultat ein Schichtenbau entstehen, der folgendes (von Norden genommene) Idealprofil darstellt:

Wir verlassen diese für das Verhältniss des vorarlbergischen Gebirgsbaues zum schweizerischen ungemein wichtige, in ihren Resultaten aber noch nicht ganz befriedigende Gegend, um uns aufs Neue dem eigentlichen Trias-Lias-Gebiet Vorarlbergs zuzuwenden, und knüpfen dort an, wo wir den vorigen Abschnitt beschlossen.

Figur 9.



Idealprofil des Fläscher Berges.

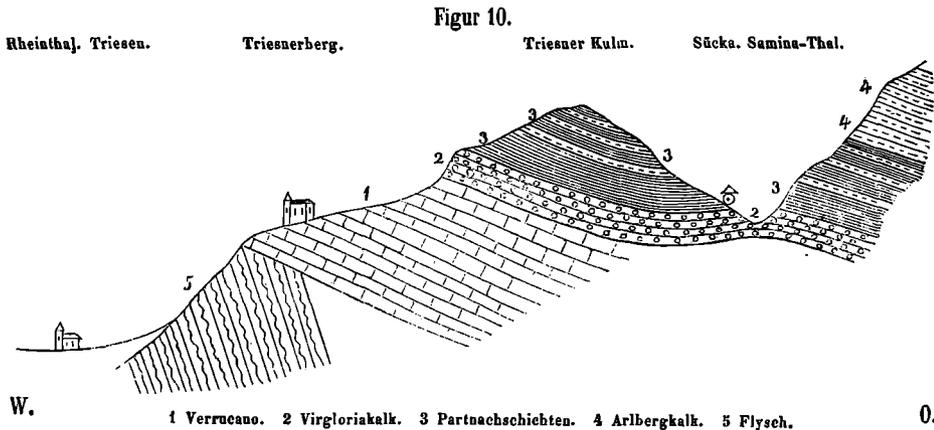
1 Algäuschichten. 2 Brauner Jura. 3 Oxfordkalk. 4 Oberer Jura.
5 Flysch (?).

Triesner Berg, Samina-Thal, Mallbrunn, Vallorsch.

Das Samina-Thal ist durch den Triesner Berg mit dessen südlicher Fortsetzung nach der Centralkette und der nördlichen nach den Drei Schwestern vom Rheinthal geschieden, östlich wird es durch den Augstberg, Ochsenberg und

Matler Kopf vom oberen Gamperton getrennt. Da aber diese beiden grössten Querthäler des Rhätikon ein wenig divergiren, so gabelt sich die trennende Bergkette am Matler Kopf und nimmt das Gampthal auf, während bei einer zweiten Gabelung noch weiter nördlich am Gallina-Kopf das Gallina-Thal sich einschleibt.

Verfolgt man das Thal von seiner Mündung aufwärts (Prof. II, z. Th.), so steigt man, wie im Gamperton, erst hoch hinan auf die Flyschgehänge und betritt dann nach Kreuzung der Triasschichten eine fast unzugängliche Dolomit-schlucht. Der Dolomit fällt nach Süden. Statt aber sein Hangendes zu erreichen, gelangt man plötzlich zu Triasgesteinen, welche dem Dolomit auflagern. Diese Triasschichten sind dieselben, welche oberhalb Triesen und am Heubüchel Flysch und Lias überlagern; sie sind ferner die unmittelbare Fortsetzung desjenigen Trias-Systems, welches bei der Gamperton-Alp die Thalsohle bildet und gleich diesem das Liegende der grossen Dolomitmulde, mit den wir das Gamperton-Thal verliessen. Die Mulde aber, welche der Mang-Bach noch in so bedeutender Breite quer durchschneidet, ist im Samina-Thal nur noch in jenen liegenden Schichten vorhanden, welche sich vom Guschgfel-Joch in grossem westlichem Bogen um die westlich vom Ochsenkopf endigende Dolomitmulde herumziehen, selbst zu bedeutender Höhe ansteigend. Dieses Verhältniss zeigt mit besonderer Klarheit die Zweierheit der Hebungsrichtungen in dieser Gegend. Eine der hebenden Kräfte schob das Trias-Lias-System mit ostwestlich streichender Auflagerungslinie (Guschgfel bis beinahe nach Vaduz) auf den Dolomit der Drei Schwestern und des Gallinakopfes, die andere verursachte die nordsüdlich streichende abnorme Auflagerung auf Eocän und Flysch, die eine brachte die ostwestlich streichende Dolomitmulde (Profil I, II) hervor, die andere verursachte die muldenförmige Senkung der Schichten vom Triesner Kulm unter den Dolomit des Ochsenkopfes.



Was die einzelnen Formationen betrifft, so hat hier zunächst der Verrucano eine bedeutende Ausdehnung. Er bildet den breiten fruchtbaren Abhang, auf dem das Dorf Triesnerberg zerstreut liegt. Es ist in der That im höchsten Grad überraschend, wenn man von Triesen heraufsteigt und über dem Flysch, der bis 1000 Fuss über der Thalsohle anhält, plötzlich dieses älteste Glied der Sedimentärgebilde in zwar discordanter, aber entschiedener Auflagerung antrifft. Die rothen Sandsteine ziehen südlich nach der Höhe des Heubüchel hinan und über diesen hinweg nach dem Samina-Thal, bilden aber den höchsten Kamm nur in kurzer Erstreckung; ebenso scheinen sie auch nördlich über den

Scheiderücken hinwegzuziehen; denn die Bäche des jenseitigen Abhanges führen eine grosse Menge von Bruchstücken des Gesteins von der Höhe herab. Diese beiden Stellen, wo der Verrucano über den Rücken hinübergreift, sind ungefähr 1500 Fuss von einander entfernt. Von ihnen aus senkt er sich nach der Mitte und trägt muldenförmig eingelagerte höhere Triasschichten. Es folgt zunächst Virgloriakalk und darüber Partnachschiechten, in deren Gebiet der Rücken sich zu einer flachen Einsattelung herabsenkt; sie wird um so deutlicher, als der vorhergenannte Kalk, wo er den Rücken übersetzt, jederseits eine kleine hervorragende Kuppe bildet. Jenseits bildet er den Boden der Alpe Sücka, setzt in bedeutender Breite über das Samina-Thal und zieht, unmittelbar dem nördlichen Dolomit auflagernd quer über das Vallorsch-Thal fort, bis zum Guschgfel-Joch, wo er mit einer Verwerfung verschwindet.

Die Partnachschiechten lehrten die Herren Merian und Escher zuerst vom Triesner Kulm, der erwähnten Einsattelung, kennen. Sie bilden den Rücken in weiter Erstreckung und sind ausgezeichnet entblösst. Herr Escher fand hier die *Halobia Lommeli* und *Bacryllium Schmidii*. Durch den am Ostabhang wieder ausbeissenden Virgloriakalk unterbrochen, setzen die Partnachschiechten jenseits des Samina-Baches fort und ziehen als Liegendes der Kalkwände des Schönbergs fort über Guschgfel bis in das oberste Gamp-Thal; südlich bilden sie den Ausgang des Mallbun-Thales und breiten sich in dessen oberem Gebiet sehr aus, so dass sie hier ein drittes Joch bilden (Profil II, Joch zwischen Augstberg und Ochsenberg). So ziehen sie sich im Bogen herum, als Liegendes der grossen Dolomitmulde des Fundel-Kopfes und Matler Kopfes. Zunächst über ihnen folgt

Arlbergkalk in bedeutender Mächtigkeit und gelbe Rauchwacke der Raibler Schichten, gleichfalls in ausgezeichneter Entwicklung. Ersterer bildet den Grat vom Matler Kopf gegen das Guschgfel-Joch, zieht dann westlich nach dem Schönberg, bildet mächtige Wände über dem Samina-Thale und theilt sich im Mallbun-Thal; ein Theil zieht über Valuna vorüber nach dem Naaf-Kopf und bildet das Liegendste des Augstberges, ein anderer Theil zieht quer hinüber über den Rücken nach Gamperton (Profil II, III), und über Virgloria nach Brand, den Südrand unserer vielerwähnten Dolomitmulde bezeichnend. Die mächtige Rauchwacke, die allenthalben in schroffen Tobeln ansteht und zu den bizarrsten Formen ausgewittert ist, dazwischen aber fruchtbare Gehänge mit trefflichen Alpen bildet, zieht zwischen Arlbergkalk und Dolomit längs dem Südrande der Kette: Lausch-Kogl, Alpila, Fundel-Kopf nach dem Gamperton-Thal und dann mit einem westlichen Bogen um den Dolomit vom Ochsenkopf und Matler Kopf, wo sie den Nordrand der Dolomitmulde bildet. Auch sie setzt nach dem obersten Gamp-Thal fort, zieht von dort aber weiterhin bis nach Bürseberg. Die eigenthümliche Lagerung im nördlichen Gamp-Thal werden wir bei Betrachtung des nördlichsten Theiles des Rhätikon-Gebirges erörtern.

So lässt sich die Trias Glied für Glied um den Dolomit herum verfolgen, jedes aber hat wegen der Hebungsverhältnisse seine eigenthümliche Verbreitungsform. Wir gelangen endlich zum Dolomit selbst. Wenn man das Profil des Gafalina-Kopfes (Fig. 3) gegen Westen verfolgt, so bilden, wie erwähnt, die beiden Schenkel des zusammengeklappten Schichtensystems im weiteren Verlauf zwei Dolomitzüge. Die in Rede stehende Dolomitmulde steigt im nördlichen Theil zu dem nördlichen der beiden Züge an, im südlichen hingegen zu einer bedeutenden Welle, die sich denselben einschiebt und eine beträchtliche Höhe erreicht. Die Profile III, II, I machen diese Verhältnisse klarer, als es eine Beschreibung vermöchte. Jüngere Gebilde sind dem Dolomit nicht aufgelagert.

Nordrand des Trias-Lias-Gebietes der Rhätikongruppe; Gränze gegen
den Flysch.

Je weiter man sich von der Centralkette des Rhätikon entfernt, desto einfacher und klarer gestaltet sich der Gebirgsbau. Dort sahen wir noch auf kleinem Gebiet die Gesteine und die Lagerungsformen Vorarlbergs, des Prättigau's und des westlich angränzenden Theiles der Schweiz in einander greifen, und durch diesen Umstand eben so wie durch die Zweiheit der Hebungsrichtungen einen ungemein verwickelten Gebirgsbau entstehen. Der Nordrand des Trias-Lias-Gebietes, von Vaduz bis nach Bürs bei Bludenz, mit dem diese Formationen vollkommen verschwinden, ist in seiner ganzen Erstreckung ein gleichmässig gehobenes, normal gelagertes Trias- und Dolomit-System, das nur im oberen Gamp-Thal einige Schwierigkeit bietet; doch lässt sich auch dieser Knoten leicht lösen.

Oberes Gamp-Thal. Aus den Profilen II, III, IV geht hervor, dass die am Gurtis-Spitz, Gamp-Spitz und Klamper Schroffen flach südlich fallenden Trias- und Lias-Schichten sich im weiteren Verlauf bald wieder erheben und eine Mulde bilden. Das von West nach Ost gerichtete obere Gamp-Thal durchschneidet die Schichten in dem Theil wo sie horizontal lagern, daher bildet Arlbergkalk in grosser Erstreckung die Thalsole und den untersten Theil der steilen Thalwände. Darüber folgt die gelbe Rauchwacke in bedeutender Mächtigkeit; sie trägt an der südlichen Thalwand den Dolomit des Ex-Kopfes und Aelpele-Kopfes, der nach dem Matler Kopf fortstreicht; der nördliche Scheiderücken gegen das Gallina-Thal hingegen (Gallina-Grat) besteht bis zur Höhe aus Rauchwacke und ist daher oben sehr sanft, während die Abhänge mit einer grossen Menge von kleinen Obeliskten, Nadeln und ruinenähnlichen Formen der ausgewitterten Rauchwacke besetzt sind. Erst weiterhin folgt dieser Rauchwacke der Dolomit des Gallina-Kopfes. So weit scheint das Verhältniss sehr einfach; allein die Schichten der südlichen Wand fallen mit 35° nach Südosten, die der nördlichen sind sählig; auch sind beide nicht in gleichem Niveau. Ein Blick auf das Guschgfel-Joch, welches das Gamp-Thal vom Vallorsch-Thal trennt, löst die Schwierigkeit, indem dort die auf Profil II dargestellte Verwerfung erscheint. Partnachschieben und Rauchwacke bilden die beiden Einsattelungen. Die Rauchwacke des Matler Kopfes ist die Fortsetzung von der an der südlichen Thalwand des Gamp-Baches, die sählig liegende geht unmittelbar in den Gallina-Grat über und zieht sich bis zur Gamp-Alp; der Sprung *s* endlich bezeichnet die Fortsetzung des Gamp-Thales; er streicht gleich diesem nach Stunde 4.

Durch diese Verwerfung ist der Schlüssel für die Beurtheilung des Gebirgsbaues westlich bis nach Vaduz gegeben. Am Guschgfel-Joch ist dieselbe nicht bedeutend (II); abwärts im Gamp-Thal wird sie Null (III); gegen Westen hingegen nimmt sie bedeutend zu; die Angränzung der Virgloriakalke an den Dolomit wird zur Auflagerung und noch weiter westlich, über dem Triesner Berg liegt sogar die Trias mit ihrem tiefsten Glied, dem Verrucano, auf dem Dolomit der Drei Schwestern (I). Diese Auflagerungslinie hat einige Aehnlichkeit mit der früher beschriebenen, von Brand über Virgloria nach dem Hornspitz gerichteten. In beiden Fällen spaltet sich ein ganzes Schichtensystem, bei beiden ist der Nullpunct der Divergenz im Osten gelegen und bei beiden nimmt die letztere gegen Westen zu; bei beiden endlich wird sie in dieser Richtung zur Ueberschiebung. Kaum kann sich eine Bewegung deutlicher als die Resultante aus zwei unter einem Winkel zugleich wirkenden Kräfte erweisen. Beide Auflagerungslinien unterscheiden sich aber zunächst durch die Richtung, indem die südlichere

einen flachen nach Südosten geöffneten Bogen beschreibt, die nördliche von Osten nach Westen streicht; wahrscheinlich auch durch die Grösse der Ueberschiebung, die bei der ersteren ungleich stärker zu sein scheint.

Die Verwerfung erklärt ferner die Trennung der im vorigen Abschnitt betrachteten Dolomitmulde, deren Nordrand von Guschgfiel nach Lorünz zieht, von der der Drei Schwestern und des Gallina-Kopfs, während doch beide durch denselben ungestörten äusserst normalen Triaszug von dem Flysch getrennt sind.

Liechtenstein, Kühgratberg, Drei Schwestern. — Eben so verschiedenartig in den einzelnen Theilen wie das Gamperton- und das Samina-Thal ist jener Gebirgszug, welcher sich östlich aus dem Rheinthale erhebt und es vom Samina-Thal trennt; dieser Zug aber, indem er mehrere rechtwinklig gegen ihn gerichtete Hebungswellen kreuzt, hat bei weitem den verwickeltesten Bau. Seine südliche Hälfte betrachteten wir bereits in zwei Abschnitten des Vorigen; es stellte sich eine scharf markirte Gränzlinie derselben gegen Norden heraus, welche durch die eben erwähnte ostwestliche Auflagerungslinie der Trias auf Dolomit angezeigt ist. Von hier aus steigt das Gebirge gegen Norden steil an und erhält ein ungemein wildes Aussehen, indem der Dolomit sich zu dem Kühgratberg und den Drei Schwestern aufbaut. Gegen Osten hat dieses Massiv einen sanften Abfall und trägt einige hochgelegene, wenig ergiebige Alpen, um sich dann steiler zur engen Schlucht herabzusenken, in der der Samina-Bach braust. Gegen Westen ist der Abfall schroff und wild und der Dolomit ruht hier normal auf der Trias des Nordrandes. Nur bei Vaduz gelangt die letztere bis zur Thalsohle hinab. Das Profil ist folgendes:

1. Virgloriakalk. Auf dessen Schichten scheint das Schloss Liechtenstein zu stehen. So weit ich das entblösste Gestein sah, gab es nicht den unbedingten Beweis, indem die knolligen Kalke sich nicht beobachten liessen, sondern nur unreine körnige Kalke, denen ähnlich, welche bei Bludenz mehrfach anstehen. Allein das Mauerartige der Felsen, welche das Schloss in seiner prachtvollen Lage als Beherrscher des Rheinthales tragen, sowie ihr Herabstreichen vom Rovia-Berge scheint die Annahme zu bestätigen.
2. Die Terrasse des Schlosses mit dessen Gärten und Anlagen besteht aus Partnachschichten. Wendet man sich von hier südlich gegen Triesner Berg, so erreicht man bald den Flysch. Unmittelbar am Abhang hinauf aber folgen
3. poröse Arlbergkalke und über ihnen eine zweite Stufe, welche aus
4. Rauchwacke und Gyps der Raibler Schichten gebildet wird. Dieser Gyps ist es, dessen zugehörige Schichten Escher analysirt und in denen er *Pterophyllum Jaegeri* und die beiden ältesten Käferreste (*Glaphyoptera pterophylli* Heer und *Curculionites prodromus* Heer) entdeckte. Man erkennt in den Schichten leicht die auch anderwärts mit Rauchwacke und Gyps verbundenen. Darüber folgt
5. der Dolomit der Drei Schwestern.

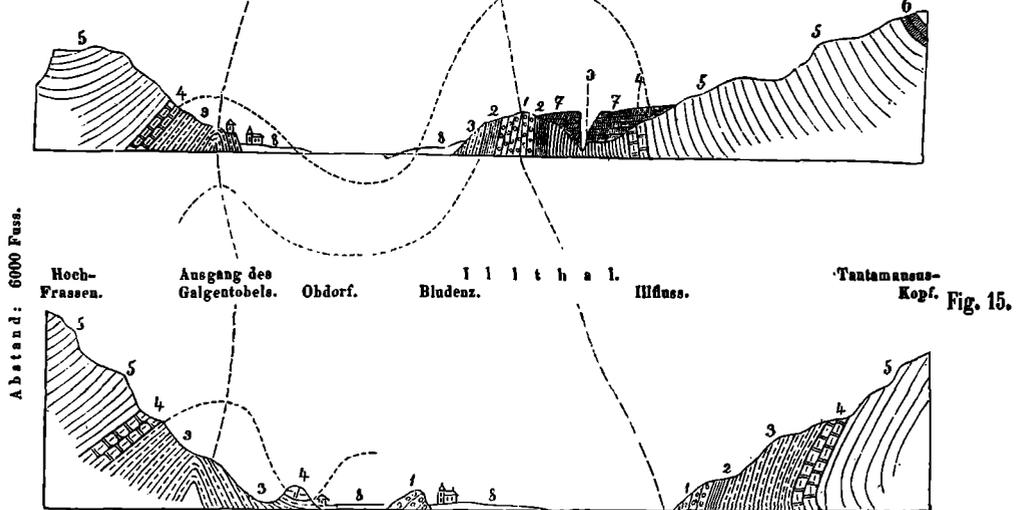
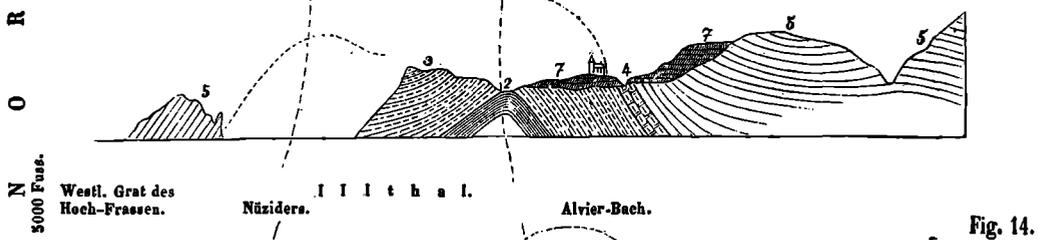
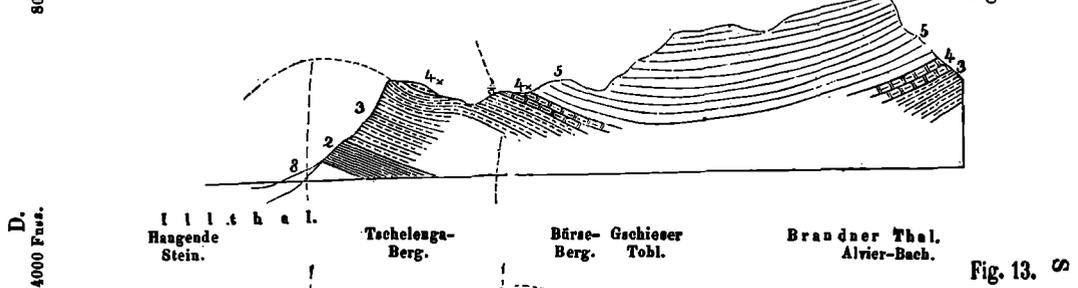
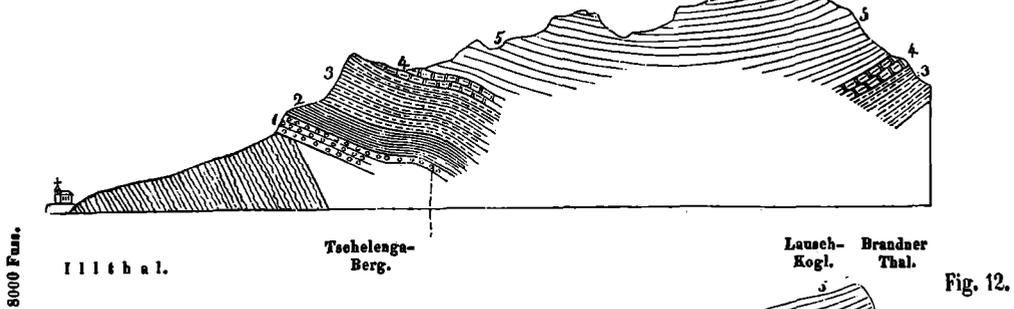
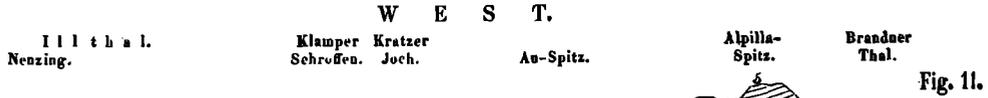
Unmittelbar nördlich von Vaduz kommt unter diesem Schichtensystem eocäner Flysch zum Vorschein und man sieht, wie jenes sich in schiefer Richtung, stets als Liegendes vom Dolomit, nach der Einsattelung zwischen dem Rovia-Kopf und den Drei Schwestern am Abhang hinaufzieht (Profil I). Der Arlbergkalk bildet hier selbstständig eine kleine Kuppe, den Gersella-Berg. In gleicher abnormer Auflagerung auf dem Flysch zieht jenseits das Triassystem hinab zum Samina-Bach, nachdem noch seine Partnachmergel der Alpilla-Alp Raum gegeben haben.

Gurtisspitz, Gallina-Kopf, Gallina-Thal, Gamp-Thal. — Der Samina-Bach fliesst von seinem Eintritt in den Dolomit an in einer Thalenge hinab, die sich nur bei der Einmündung des Vallorsch-Baches ein wenig erweitert. Da keine Communication vom Illthal nach den Alpen in Samina stattfindet, so ist der Weg in der Schlucht hinab etwas beschwerlich. An der Gränze des Fürstenthums treten die Dolomittfelsen zu einem engen Thor, dem Falleck, zusammen. Die Schlucht erweitert sich ein wenig, um bald zur engen spaltenartigen Klamm im Flysch sich zu gestalten. Dort, wo sie beginnt, zieht die Trias quer über das Thal und bildet ihre Terrassen weiterhin über Gurtis und Latz. Ihre Auflagerung lässt sich an den durch eine mergelige Fläche getrennten Mauern der Virgloria- und der Arlbergkalk leicht weithin verfolgen. Die Rauchwacke bildet dann allemal, wenn wir die Flyschhöhen als Basis annehmen, die dritte Stufe, über der sich der Dolomit erhebt, zuweilen aber auch eine Einsattelung wie zwischen Gurtis-Spitz (Arlbergkalk) und Gallina-Kopf (Dolomit).

Nirgends ist das stets gleiche Profil in solcher Vollständigkeit und so weitläufig entfaltet, als an dem Wege von Latz am Abhang des Gampberges nach der Gamp-Alp. Latz liegt auf Flysch-Höhen. An der Seite des Gallina-Baches aufwärts steigend, erreicht man bald Verrucano, der dem Flysch ungleichförmig aufliegt. Diess ist zwischen Vaduz und dem Tschelenga-Berg die einzige Stelle, wo er noch zwischen Virgloriakalk und Flysch zu Tage kommt. Er besitzt hier eine bedeutende Mächtigkeit. Alle weiteren Schichten von hier aufwärts gelangen in dem wilden Gallina-Thal zu bedeutender Entwicklung, da die Abhänge zum Theil flach, zum Theil von Tobeln durchrissen sind. Der Gamp-Berg ist eine bedeutendere Erhebung des Arlbergkalkes, auf dem auch die Gamp-Alp steht. Letztere ist vom Illthal her nur auf dem bezeichneten Wege zugänglich, da das Gamp-Thal in seinem untersten Theile furchtbare Abstürze bildet und in einem tiefen Schlund den Mang-Bach gerade dort erreicht, wo Flysch und Trias sich begränzen.

Nanzinger Berg, Klamper Schroffen (Au-Spitz), Tschelenga-Berg, Bürseberg, Bürs. — Die Flyschgränze zieht von der Mündung des Gamp-Baches in den Mang-Bach quer über die Berge bis eine Stunde östlich von Nenzing, von wo sie über das Thal nach Ludesch setzt. Dem entsprechend hält sich die Trias noch so weit in der Höhe und zieht dann in das Thal hinab an die Strasse, wie es im Westen bei Vaduz der Fall war. Von der ausgezeichneten Gliederung der Trias in diesem Theil gibt die oben mitgetheilte Schichtenfolge der Arlbergkalk vom Klamper Schroffen abwärts gegen Nenzing ein Bild. Die Partnachmergel bilden hier eine sanfte mit Wiesen bedeckte Fläche, die Arlbergkalk nehmen ein ungemein grosses Areal ein und ziehen in weitem Bogen durch die amphitheatralischen Tobel. Zwischen Klamper Schroffen (Arlbergkalk) und Au-Spitz (Dolomit) bezeichnet eine tiefe Einsenkung, welche als Pass zwischen Brand und Nenzing dient, die Rauchwacke der Raibler Schichten.

Alle Schichten fallen flach nach Südosten und senken sich in die Ebene des Illthales. Am nördlichen Abhang des Tschelengaberges verschwindet daher von Westen gegen Osten eine Schicht nach der andern. Da das Fallen aber nach Südost gerichtet ist, so kommt die zweite (südliche) Richtung auch in Betracht. Jedoch findet nicht wie bisher jenes einfache Verhalten eines gleichmässig flachen Einfallens der ganzen Trias mit einer gleichförmigen Auflagerung von Dolomit Statt, sondern es kommt sehr schnell eine secundäre Faltung hinzu, welche durch folgende Querprofile zwischen Klamper Schroffen und Bürs erläutert wird.



O S T.

Parallel-Profile zwischen Nenzing und Bludenz im Illthale (Vorarlberg).

- 1 Virgioriakalk. 2 Partnachschichten. 3 Arlbergkalk. 4 Raibler Schichten. 5 Unterer Dachsteindolomit.
6 Kössener Schichten. 7 Diluvium. 8 Alluvium.

In einigen Theilen sind diese Profile schwer zu verfolgen, da das ganze Thalsystem des Gschieser Tobels mit unendlichen Massen von Geröllen bedeckt ist. Eine wichtige Stelle ist die Brücke bei Bürseberg, unter der tief im Tobel Rauchwacke ansteht, während ein wenig weiter nördlich am Wege nach Bürs die Arlbergkalke mit einem ungewöhnlichen Reichthum an Versteinerungen in kleiner Erstreckung zu Tage treten. Ueberall sieht man die Schichten steil südlich fallen.

Ein in mehrfacher Beziehung ungemein interessanter Punct ist Bürs, wo der Alvier-Bach aus einer engen Spalte hervorbraust und die Maschinen einer grossen Spinnfabrik treibt. Er durchbricht in spitzem Winkel das östlichste der obigen Parallelprofile und tritt gerade bei den senkrecht stehenden Virgloriakalken hinaus in die Ill-Ebene. Vor diese Oeffnung lagern sich die Häuser von Bürs. Im Westen stehen jene senkrechten Kalke an und da die eben so lagernden weichen Partnachmergel leicht fortgespült wurden, so sind jene Schichten in Form einer grossen völlig senkrechten Wand entblösst. Die früher beschriebenen ausgezeichneten Eigenschaften der Virgloriakalke machen sie zu dem nutzbarsten Gestein der Gegend und jene Lagerung erlaubt ihre leichte Gewinnung. Man spaltet mit Meisseln Platte für Platte von oben her los; die Arbeiter lassen sich mit Stricken in die klaffende Spalte hinab und treiben die Keile weiter ein bis eine oft 1000 Quadrat-Fuss haltende Platte gelöst wird. Diese Art der Bearbeitung gibt einen Begriff von der seltenen Consistenz und der ausgezeichneten Schichtung der Kalksteins. Man erkennt den Aufbruch des Systems sehr leicht auf dem Wege von Bürs nach Bürseberg. Die erwähnten Kalke streichen Stunde 7; da nun jener Weg einen kleinen nördlichen Bogen beschreibt, so kreuzt er Anfangs die gegen Norden hangenden Partnachmergel und Arlbergkalke, führt über ihre und die Schichtenköpfe der Virgloria-Platten zurück und kreuzt dann in gleicher Weise die südlichen Partnachmergel und die höheren Kalke. Die Mergel sind mit ihren Schichtenköpfen ausgezeichnet entblösst und man kann nirgends so gut die eingelagerten Kalkschichten und Kalk-Concretionen beobachten.

Die erörterten Verhältnisse lassen sich, obgleich nur wenige Stellen Aufschluss geben, mit grosser Entschiedenheit nachweisen, da der ganze Ausgang des Brandner Thales von Diluvium eingenommen wird, welches weithin Alles bedeckt. Es bildet horizontal geschichtete, nagelfluhartige Conglomerate von bedeutender Mächtigkeit. Unergründliche Spalten setzen allenthalben in ihnen nieder; die breiteste derselben dient dem Alvier-Bach als Bett und ist durch die Steilheit der Wände und die chaotischen Trümmerhaufwerke überaus reich an wildromantischen Bildern. — Die Burg Sonneck liegt noch auf dem kleinen Diluvial-Plateau; erst der von der Kloster-Alp herabkommende Ennentobel macht diesem ein Ende und lässt die Fortsetzung des obigen Aufbruchs am Nordabhang des Tantamaus-Kopfes gegen die Ill zum Vorschein kommen. Insbesondere sind es die Virgloriakalke, welche wieder einen geeigneten Anhalt geben; allein hier ist die Lagerung nicht mehr senkrecht, sondern vollkommen überstürzt, wie das obige Profil zeigt.

So sind die letzten Ausläufer des Rhätikon dort, wo sie in die Ebene von Bludenz und in das Montavon abfallen, ein System einfacher nach Stunde 4 bis 6 streichender Hebungswellen. Alle Verwickelungen, welche die Combination mit einer zweiten Richtung hervorgerufen hatte, nehmen erst gegen Süden und Westen überhand und sind hier fast vollständig verschwunden. Noch einfacher und klarer wird der Gebirgsbau östlich vom Thal der Ill, wo die zuletzt betrachteten Hebungswellen fortsetzen, eine Reihe von neuen

hinzutritt und eigentlich erst der normale Gebirgsbau der nördlichen Kalk-Alpen beginnt.

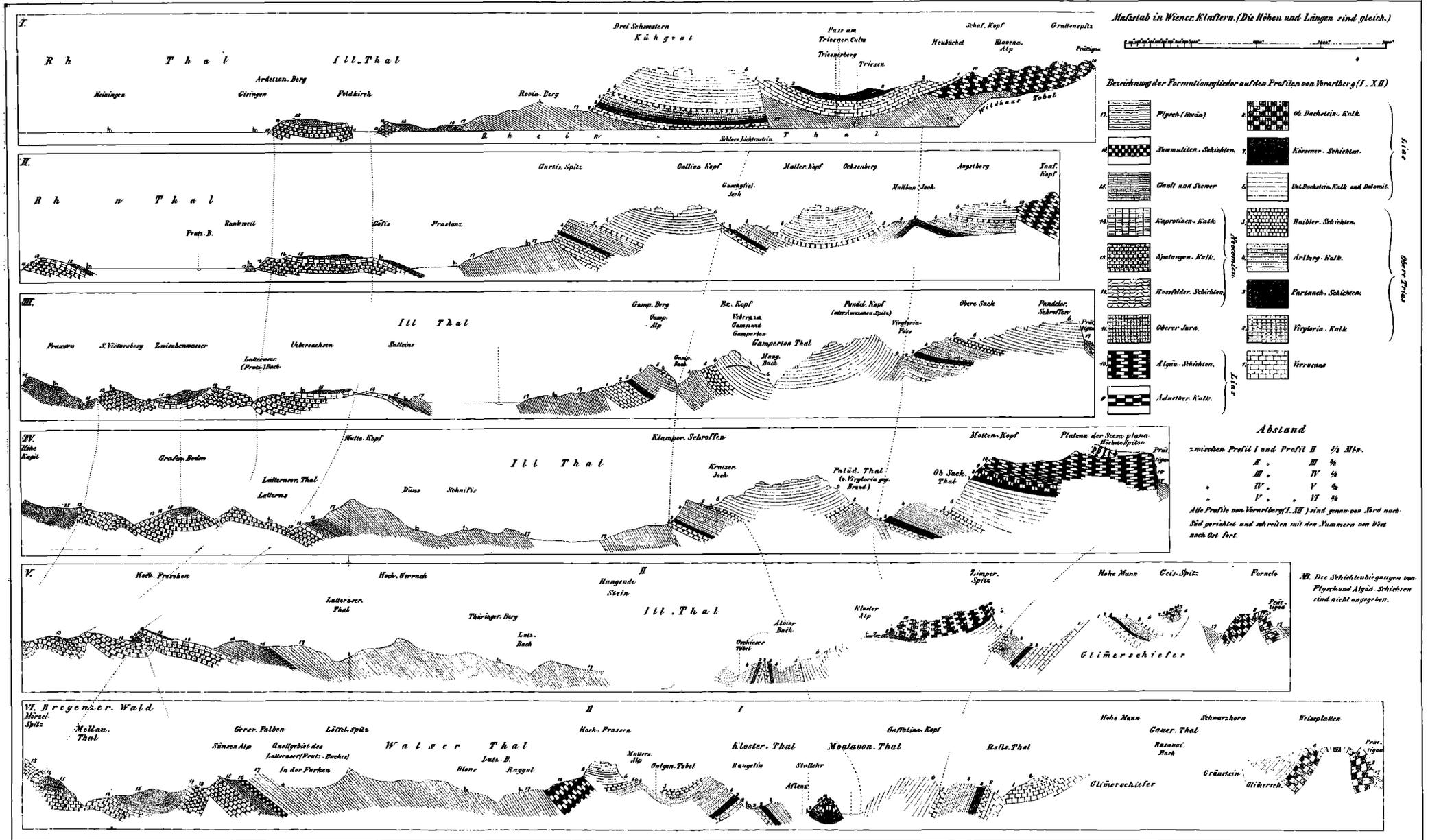
Vorwort	72
Allgemeine Uebersicht	74
I. Trias- und Lias-Gebilde	78
A) Gliederung	79
Ueber die Gränze zwischen unterer und oberer Trias	81
Ueber Werfener Schichten, Guttensteiner Kalk und Virgloria-Kalk der Nordalpen	83
Aelteste unbestimmte Sedimentärgebilde	87
<i>a)</i> In der Umgegend von Schwaz und Kitzbühel	88
<i>b)</i> Verrucano zwischen dem Rheinthal und Landeck am Inn	89
1. Werfener Schichten	91
2. Guttensteiner Kalk	92
3. Virgloriakalk	93
4. Partnachschiechten	95
5. Schichten vom Alter des Hallstätter Kalkes	97
<i>a)</i> Hallstätter Kalk (östlich von Sonthofen und Imst)	97
<i>b)</i> Arlberg-Kalk (westlich von Sonthofen und Imst)	100
6. Raibler Schichten	101
7. Unterer Dachstein-Kalk und -Dolomit	104
8. Kössener Schichten	106
9. Oberer Dachsteinkalk	107
10. Adnether Schichten	108
11. Algäu-Schichten	109
<i>a)</i> In Vorarlberg und dem oberen Lechthal	109
<i>b)</i> Oestlich von Reutte	111
B) Lagerung und Gebirgsbau in der Trias-Lias-Zone	112
I. Das Rhätikon	114
Weissplatten, Sporer Gletscher, Schweizer Thor	115
Umgegend von Tschagguns, Vandans, dem Rellsthal und der Lüner Alpe	117
Scesa plana (Lüner See), Saulenspitz, Zimperspitz, Gaffalina-Kopf	120
Umgebungen der Gamperton-Alp	122
Balzers, Elavena, Falknis, Fläscher Berg	126
Triesnerberg, Samina-Thal, Malbrun, Vallorsch	129
Nordrand des Trias-Lias-Gebietes der Rhätikongruppe gegen den Flysch	132

VII. Arbeiten in dem chemischen Laboratorium der k. k. geologischen Reichsanstalt.

Von Karl Ritter von Hauer.

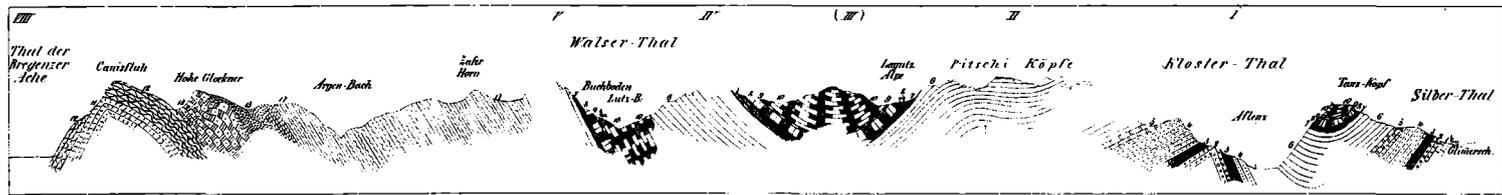
1) Die Mineralquellen von Bartfeld im Sároser Comitate Ungarns.

	I. Hauptquelle	II. Doctor- quelle	III. Sprudel	IV. Füllungs- quelle
I. Temperatur	+8·08° R.	+7·6° R.	+8·32° R.	+8·4° R.
II. Specificsches Gewicht	1·004140	1·004681	1·003060	1·005268



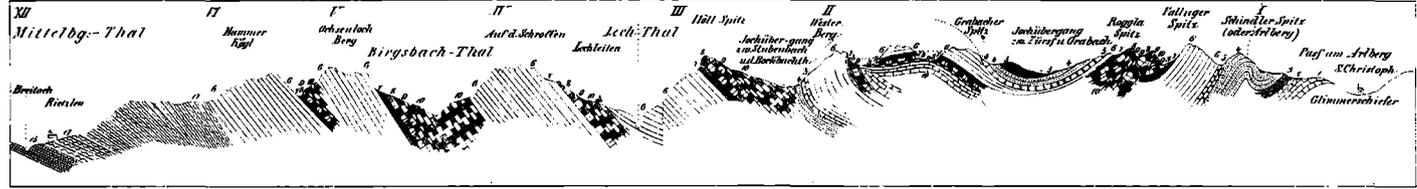
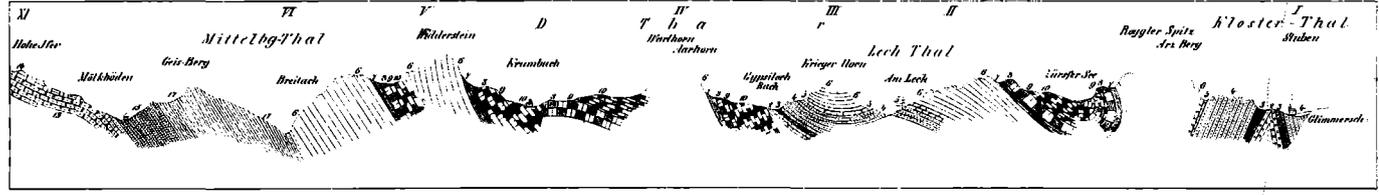
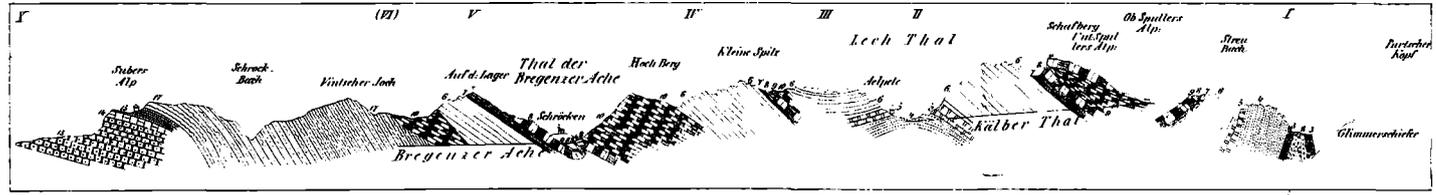
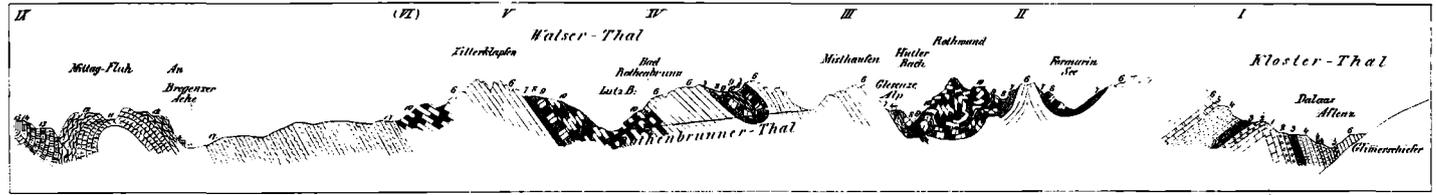


ANMERKUNG
 Alle Profile n. F. v. d. Berg- u. Thalsoberfläche nach Nord nach Süd gezeichnet, ist zu verstehen mit den Nummern 0-100 nach West Ost.
 Die Schichtenbezeichnungen n. F. v. d. Thalsoberfläche sind nicht angegeben.



Bezeichnung der Formationen auf den Profilen von Farnalberg (I-XII)

- 11 Flysch (Böden)
- 10 Nivaulitenschichten
- 9 Basalt u. Sand
- 8 Gypsstein-Abth.
- 7 Spitzberg-Kalk
- 6 Kalkstein-Schichten
- 5 Oberer Jura
- 4 Malm-Schichten
- 3 Adnetter Kalk
- 2 Ob-Dachstein Kalk
- 1 Kögler-Schichten
- 0 Unterdachstein Kalk u. Dolomit
- 1000 Meter
- 900
- 800
- 700
- 600
- 500
- 400
- 300
- 200
- 100
- 0



ABSTAND		in Meilen
Zwischen Prof. I	II	1/2
" " II	III	1/2
" " III	IV	1/2
" " IV	V	1/2
" " V	VI	1/2
" " VI	VII	1/2