



## Verhandlungen der k. k. geologischen Reichsanstalt.

### Schlussnummer.

**Inhalt:** Eingesendete Mittheilungen: F. Löwl: Einige Bemerkungen zu Penck's Morphologie der Erdoberfläche. — A. Rosiwal: Petrographische Notizen über einige krystallinische und „halbkrySTALLINISCHE“ Schiefer aus der Umgebung der Radstädter Tauern. — Literatur-Notizen: Th. Fuchs, E. Zimmermann, J. N. Woldrich. — Verzeichniss der im Jahre 1894 erschienenen Arbeiten geologischen, palaeontologischen, mineralogischen und montanistischen Inhaltes, welche auf das Gebiet der österr.-ungarischen Monarchie Bezug haben. — Einsendungen für die Bibliothek. — Register.

**NB.** Die Autoren sind für den Inhalt ihrer Mittheilungen verantwortlich.

### Eingesendete Mittheilungen.

**Prof. Dr. Ferdinand Löwl:** Einige Bemerkungen zu Penck's Morphologie der Erdoberfläche.

Penck's Morphologie ist ein streng akademisches Lehrgebäude, auf breiter historischer Grundlage mit grosser Gelehrsamkeit nach einem sorgsam durchdachten Plane aufgeführt. Was dem hervorragenden Werke neben der Litteraturkenntniss und dem sicheren Urtheil des Verfassers besonders zu Statten kam, war das Bestreben, die mathematische Behandlung über den morphographischen und morphometrischen Theil hinaus auf die formenden Prozesse selbst auszudehnen. Penck sucht solche Vorgänge, wo immer es angeht, nicht nur in ihrer Art, sondern auch in ihrem Maasse zu erfassen. Der Mathematiker wird freilich finden, dass sich die „Rechnung“ manchmal kaum über den geologischen Sachverhalt, an den sie anzuknüpfen hätte, erhebt und in solchen Fällen nicht viel mehr als eine mathematische Transcription des Textes bedeutet. Doch, wie die theoretische Erörterung der Concurrentz von Erosion und Rindenstörung oder der Verschiebung der Wasserscheiden zeigt, kann auch eine blosse Transcription durch ihre scharfe Fassung das Verständniss fördern. Zum Nachtheil gereicht dem Buche die allzu akademische Haltung, die besonders in dem eigentlich morphologischen Theile fühlbar wird und sich in der Vorliebe für das Schema und in dem Verzicht auf die didaktische Ausnutzung concreter Fälle äussert. Es ist bezeichnend, dass eine zweibändige Morphologie der Erde in der Darstellung der Gebirge mit einem Jura-, einem Alpen- und einem Ural-Profil ihr Auskommen findet. — Doch ich habe weder eine Kritik noch ein Referat im Sinn, sondern möchte für den Leserkreis von Penck's Werk einige Streitfragen der Gebirgskunde herausgreifen, die von dem Verfasser nicht zutreffend erörtert oder trotz ihrer Wichtigkeit

ganz übergangen wurden. Es wird sich hauptsächlich um die Auffassung der Horste, um die Annahme eines einseitigen Gebirgsschubes, um die isostatische Theorie Dutton's, um die Beziehungen der Vulkane zu Spalten und schliesslich um einige Punkte in der Lehre von der Thalerosion handeln.

In der wichtigen Streitfrage, ob die Horste gehoben wurden oder inmitten verworfener Schollen stehen blieben, bekannte sich Penck früher — man vergleiche sein „Deutsches Reich“ — zu der ersten, von Powell, Dutton, Lapparent vertretenen Ansicht. Jetzt aber lässt er die Frage offen und spricht nur noch von relativen Verschiebungen zwischen den Horsten und den Bruchfeldern, ohne zu untersuchen, ob sich diese Verschiebungen aus einer Hebung der einen oder aus einer Senkung der anderen oder aus einer Schaukelbewegung beider ergeben. (Morph. I. 196.) In den letzten Jahren kamen bekanntlich zu wiederholten Malen unter starken Erdbeben Brüche von bedeutender Länge und Sprunghöhe zu Stande<sup>1)</sup>. Die Beobachter gewannen zumeist den Eindruck, dass es sich dabei um eine regelrechte Verwerfung des einen Flügels und nicht um eine Hebung des anderen handelte. Doch im Binnenlande setzt man sich in solchen Fällen leicht einer Täuschung aus. Glücklicher Weise wurden aber auch Erdbebenbrüche beobachtet, die sich auf den Meeresspiegel beziehen liessen: und dabei stellte sich heraus, dass an solchen Bruchspalten sowohl centrifugale als auch centripetale Bewegungen vorkommen<sup>2)</sup>. Die Theorie hat also mit beiden Möglichkeiten zu rechnen und darf sich in der Auffassung der Horste nicht durch eine von den hypothetischen Ursachen der Rindenstörungen ausgehende Speculation leiten lassen. Unsere Vorstellungen von dem Zustande des Erdinnern und von den Vorgängen, die zu Bewegungen in der Erdkruste führen, sind viel zu unsicher, als dass sich eine einwandfreie Deduction daran knüpfen liesse. „Dass durchaus keine Kraft bekannt ist, die im Stande wäre, zahlreiche grosse und kleine Gebirgsstücke einzeln und zwischen glatten Flächen vertical emporzutragen und im Gegensatz zur Schwerkraft dauernd in dieser Stellung festzuhalten“<sup>3)</sup> ist daher kein brauchbares Argument. Es wird in der Erörterung der vorliegenden Streitfrage vor allem darauf ankommen, ob nicht aus dem Bau der gebrochenen Erdschollen Beweisgründe für die eine oder die andere Lehrmeinung zu gewinnen sind. Die Beschaffenheit des Sprunges und seiner Ränder sagt gar nichts aus, denn eine Flexur oder ein Bruch mit Schleppung oder ein Bruch ohne Schleppung kann ebenso gut durch den Auftrieb des Liegendflügels wie durch den Niedergang des Hangendflügels bewirkt worden sein<sup>4)</sup>. Den Ausschlag gibt der Ver-

<sup>1)</sup> Vgl. die Zusammenstellung im I. B. 420.

<sup>2)</sup> Ebend. 424.

<sup>3)</sup> Suess: Das Antlitz der Erde. I. 741.

<sup>4)</sup> Ungünstig für die Hebungstheorie wäre nur der eine Fall — der von Dutton auf dem Colorado-Plateau am Südende des Sevier-Bruches wirklich angetroffen wurde — dass der Rand des Hangendflügels knieförmig zum Sprunge abfällt, während die Schichten in einer gewissen Entfernung von der Störungslinie in demselben Niveau liegen wie die des Liegendflügels. Unter solchen Umständen kann natürlich nicht an eine Hebung, sondern nur an eine Senkung längs der Spalte gedacht werden.

lauf der Sprünge. Wären die Horste durch irgend eine Schwellung ihrer Unterlage über die anstossenden Schollen emporgetrieben worden, so müssten sie von concentrischen Flexuren und Sprüngen umzogen sein. Statt dessen fällt nach den vorliegenden Beobachtungen, die allerdings noch recht lückenhaft sind, in Gebieten vom Bau der mitteleuropäischen Bruchfelder das Centrum der peripherischen Störungslinien in die zwischen den Horsten gelegenen Schollen; und die radialen Sprünge, die von den Horsten ausstrahlen sollten, dringen divergent in sie ein<sup>1)</sup>. Aus ihrer Verschneidung mit den äussersten Randspalten ergeben sich für die Horste so unregelmässige Umrisse, dass man schon daraus den Eindruck gewinnt: Hier sind Gebirgskeile in den Zwischenräumen der Senkungsfelder stehen geblieben. Die Senkungsfelder sind — wir können da der petrographischen Terminologie eine gute Bezeichnung entlehnen — automorph, die Horste xenomorph. Und wie ein automorpher Feldspathkrystall im Granit vor dem xenomorphen Quarz ausgeschieden worden sein muss, so haben wir auch aus den morphologischen Beziehungen der Horste und Bruchfelder den Schluss zu ziehen, dass der ursprüngliche Vorgang eine Senkung war. Ob diese Senkung später mit einer Hebung der Horste Hand in Hand ging, ob also im Sinne der isostatischen Theorie Dutton's eine Art von Schaukelbewegung in Gang kam, ist eine andere Frage.

Wo die Störungslinien nicht peripherisch und radial, sondern wie in der Tafel von Syrien oder in der von Utah parallel verlaufen und somit das Land in schmale Streifen zerschneiden, kann sich die Senkungstheorie auf die bekannte Erscheinung stützen, dass zwischen den treppenförmigen Randbrüchen der Horste Staffeln vorkommen, die nicht so tief liegen, wie sie nach der Reihenfolge liegen sollten und daher kleine Horste zweiter Ordnung darstellen. Solche Vorkommnisse sind mit einem Auftriebe durch centrifugale Kräfte nicht in Einklang zu bringen, lassen sich aber leicht als festgeklemmte und verdrückte Keile des verworfenen Rindenstückes erklären. Eine gehobene Scholle muss einen horizontalen Zug, eine gesunkene dagegen eine Stauung erlitten haben. Verspreizungen aber, wie sie das ordnungswidrige Absitzen der Staffeln, das Auftreten untergeordneter Randhorste voraussetzt, konnten nur in dem zweiten Falle eintreten. Darüber kommt man auch dann nicht hinweg, wenn man die Hebung der Horste statt mit Dutton auf ein Anschwellen der Unterlage mit Lapparent auf die horizontal wirkende Gewölbespannung in der Erdkruste zurückführt. Lapparent glaubt, dass jede grosse Erdscholle während der Hebung zerbricht, und dass sich

<sup>1)</sup> Ich habe da besonders das übersichtliche Bild im Sinn, das Suess von dem schwäbisch-fränkischen Bruchfelde entwarf. (Antl. d. E. I. 252.) Dass der Ostrand des Schwarzwaldes nach Eck's Berichtigung nicht mit einem Bruch, sondern mit dem Denudationsrande des sanft gegen O. fallenden Deckgebirges zusammenfällt (Ztschr. d. Deutsch. Geol.-Ges. 1891, 252), ist noch kein Grund, den Schwarzwald, wie Penck (II. 360) es thut, aus der Reihe der Horste zu streichen. Ein Horst ist eine Scholle, die durch verticale Verschiebungen über ihr geologisches Niveau gerieth. Ob die Verschiebungen Brüche, Flexuren oder sanfte Abfälle hervorriefen, begründet keinen wesentlichen Unterschied.

ihre Bruchstücke dann in verschiedenem Maasse und sogar in entgegengesetztem Sinne aneinander verschieben <sup>1)</sup>. Diese Auffassung wird durch das steile Einschliessen der Treppenbrüche widerlegt. Wenn eine Scholle während des Auftriebes durch den horizontalen Druck zerbrochen würde, ginge es nicht ohne flache Ueberschiebungen ab. Das ausschliessliche Vorkommen senkrechter oder doch sehr steiler Brüche weist auf eine verticale Einwirkung hin; und da diese Einwirkung nach der Beschaffenheit der Randbrüche, wie wir sahen, keine centrifugale gewesen sein kann, bleibt nur die Annahme von Senkungen übrig.

Der Haupteinwand gegen diese von Suess vertretene Annahme stützt sich auf das Maass der Sprunghöhen. Denkt man sich auf den gegenwärtigen Scheitel des Libanon die abgetragenen Kreidestufen und Nummulitenkalke wieder aufgesetzt, so ergibt sich nach *Dienér*, dass der Spiegel des eocänen Meeres mindestens  $3\frac{1}{2}$  Kilometer über dem gegenwärtigen Meeresniveau zu suchen ist; und wenn man im Bereiche des Colorado-Plateaus die permischen, mesozoischen und alttertiären Schichtenreihen wieder auf die carbonische Tafel aufträgt, müsste man nach *Powell* und *Dutton* sogar eine posteoocäne Senkung des Meeres, also eine Verkürzung des Erdradius um fast 10 Kilometer annehmen. Unter dem Drucke solcher Folgerungen wird man allerdings die Hebung einzelner kleiner Gebiete für wahrscheinlicher halten als die Senkung der ganzen übrigen Erdoberfläche; damit braucht man aber noch nicht der Ansicht *Lapparent's* und der Amerikaner beizutreten, wonach die Hebung klastisch vor sich ging. Wo die Sprünge durch ihre wechselseitigen Beziehungen so deutlich auf Verwerfungen hinweisen, wie in Syrien oder Utah, und wo centripetale Störungen so zweifellos festzustellen sind, wie am Südende der *Sevier-Linie*, spricht alles dafür, dass zuerst ein bruchloser Auftrieb und dann eine Senkung von Bruchstücken erfolgte. Es ist ganz gut denkbar, dass eine starre Erdscholle durch mässige Stauung sehr langsam aufgewölbt wurde, dabei einer gleichmässig fortschreitenden Denudation unterlag und daher zu keiner Zeit um den Betrag des Auftriebes über ihre Umgebung emporragte. Wurden dann nach dem Abschlusse der Faltung durch eine Aenderung der ursprünglichen Spannungsunterschiede Senkungen eingeleitet, und gingen diese Senkungen in der gewöhnlichen ungleichmässigen Art vor sich, so musste das flache Gewölbe in Stücke zerfallen, die an steilen Brüchen in verschiedene Tiefen verworfen wurden. Nicht ganz so, aber doch ähnlich, stellt sich auch *Suess* die Tektonik der Colorado-Tafel vor. Jedenfalls zieht er zur Erklärung der ausserordentlichen Höhen, in die man die ursprünglichen Scheitel der Horste zu versetzen hätte, gerade so wie *Lapparent* den Auftrieb flacher Wölbungen heran. A. a. O. 741 heisst es ausdrücklich, dass man der erwähnten Schwierigkeit mit „verschiedenen zulässigen Annahmen“ begegnen könne, wie z. B. mit der „Vorstellung von einer durch tangentialen Druck herbeigeführten Wölbung von grosser Amplitude, einem sehr breiten Abstau, der sich mit entlasteten Laven füllt,

<sup>1)</sup> *Traité de Géologie*, 1552.

nach Dutton's Ausdruck einer Macula, deren Kuppel dann in Schollen ungleichförmig zusammensinkt“. Mit Ausnahme der Stelle, wo ganz ohne Noth die Bildung grosser Hohlräume durch Abstau angenommen wird, stimmt dieser Satz vollkommen mit der soeben entwickelten Ansicht überein. Zwischen Suess und Lapparent bleibt also nur insofern eine Meinungsverschiedenheit bestehen, als der eine die Spalten schon durch die Hebung, der andere aber erst durch die darauf folgende Senkung aufreissen lässt. Es wurde bereits hervorgehoben, dass der Mangel an flachen Ueberschiebungen Suess Recht gibt.

Wenn in Schollenländern von der Art des oberdeutschen oder von der Art des syrischen Brüche durch Senkungen zu Stande kamen, so folgt daraus noch nicht, dass alle Verschiebungen, die sich an Spalten knüpfen, in centripetalem Sinn erfolgten. Wie voreilig ein solcher Schluss wäre, zeigt der Bau der grossen Faltengebirge. In den Ostalpen und in den Karpathen fallen die Grenzen der horstartig aufragenden alten Kerne nach den bisher vorliegenden Beobachtungen fast durchweg mit Bruchlinien zusammen, und doch stehen diese „Centralmassive“, wie schon ihr reihenförmiges Auftreten vermuthen lässt, denudirten Gewölbekernen näher als Horsten. In den Westalpen liess sich sogar der Nachweis führen, dass das Grundgebirge stellenweise durch die letzte Hauptfaltung mitsamt der transgredirenden Decke permischer und mesozoischer Sedimente aufgestaut und in untergeordneten Sätteln in diese Decke hineingeknetet wurde. Das Aar-Massiv ist nach der Darstellung von Baltzer und Heim im Grossen und Ganzen wirklich nichts anderes als ein Gewölbekern. Nun ist aber doch nicht anzunehmen, dass die einzelnen Massive, die einander in allen Stücken gleichen, auf entgegengesetzten Wegen entstanden, dass also z. B. das Aar-Massiv emporgedrückt wurde, während der südwestlich folgende Mont-Blanc, der ebenso wie die weiteren Glieder der äusseren Massivreihe von Brüchen begrenzt wird, als Horst zwischen verworfenen Gebirgskeilen stehen blieb. Lässt sich der Auftrieb an der einen Stelle mit Sicherheit nachweisen, so muss man ihn an den anderen unbedingt voraussetzen, auch dann, wenn die Hebung an Brüchen erfolgte. Natürlich geht es nicht an, die Analogie auf den Sinn der Verschiebung zu beschränken. Sie gilt auch für deren Ursache. Wenn das Aar-Massiv durch Seitendruck emporgestaut wurde, so können die von Brüchen umgrenzten Massive nicht durch ein Schwellen ihrer Unterlage, etwa im Sinne Dutton's durch Granitintrusionen, sondern auch nur durch den gewöhnlichen Seitendruck gehoben worden sein. Dass dieser Druck in dem einen Profil eine Auffaltung und in dem anderen eine klastische Aufschiebung bewirkte, ist nicht räthselhafter als die naheverwandte Erscheinung, dass sich ein und dieselbe Verwerfung eine Strecke weit an einem Bruch und dann in einer Flexur vollzog. Bei der Hebung wie bei der Senkung wird man, wenn keine starken Unterschiede in der Nachgiebigkeit der Gesteine vorliegen, annehmen haben, dass die bruchlose Verschiebung sehr sacht und stetig, die brüchige aber in heftigen Rucken fortschritt.

Frech bietet eine andere Erklärung: „Wenn ein schon einmal gefalteter, starrer Gebirgsumpf einer neuerlichen Gebirgsbildung (Aufwölbung) unterliegt, so erfolgt nicht eine zweite Faltung oder Emporwölbung, sondern eine Aufwärtsbewegung der Gebirgsmassen an grossen, einheitlichen, der Längsrichtung des Gebirgs folgenden Brüchen“<sup>1)</sup>. Diese Behauptung trifft jedoch nicht zu. Sie wird am schlagendsten durch das Aar-Massiv widerlegt, das zu dem am Ausgange der Carbonzeit gefalteten Alpenstreifen gehört und trotzdem von der nächsten Faltung bruchlos aufgetrieben wurde.

Die zweite Streitfrage, die Penck umging, bezieht sich auf das Verhältniss der Faltengebirge zu ihrer Umgebung. Aus der bogenförmigen Krümmung, aus dem Gegensatze zwischen dem geschlossenen convexen Faltenrande und der verworfenen „Innenseite“ der heteromorphen Gebirge, endlich aus der vorzugsweise gegen den convexen Rand gerichteten Ueberschiebung der Falten hat Suess bekanntlich gefolgert, dass die grossen Kettengebirge der Erde nicht in dem Bildungsraume ihrer Gesteine entstanden, sondern daraus durch einen einseitigen Schub auf das starre Vorland hinaufgewälzt wurden. Wenn man hört, dass der Himalaja und die vorderasiatischen Gebirgsbögen südwärts über das anstossende Schollenland vordringen, oder dass die Karpathen um das böhmische Massiv herum gegen NO einschwenken und dann frei in das Vorland hinausdringen, kommt es einem wirklich so vor, als ob ein gefalteter Streifen der äussersten Erdkugelschale Eigenbewegungen ausführte und sich dabei auf seiner Unterlage etwa so benähme wie ein getretener Wurm.

Die Lehrmeinung von dem einseitigen Schube, die in der Mechanik der tellurischen Rindenstörungen nicht unterzubringen ist und in der Geschichte der Geologie sicherlich als eine der seltsamsten Verirrungen aufbewahrt werden wird, hat unter den Geologen und besonders unter den Geographen noch immer sehr viele Anhänger. Was jetzt an zusammenfassenden Darstellungen des Gebirgsbaues der Erde oder grösserer Erdräume erscheint, steht durchweg unter der Herrschaft dieser Theorie. Penck war daher seinen Lesern eine umständliche Erörterung schuldig und durfte sich dieser Verpflichtung um so weniger entziehen, als er selbst noch vor wenigen Jahren ein überzeugter Schüler von Suess war, ja meines Wissens der einzige, der den Muth fand, die Wirkungen des einseitigen Schubes nicht

<sup>1)</sup> Die karnischen Alpen, 491. Frech hat in den südlichen Kalkalpen die Ueberzeugung gewonnen, dass die Aufbrüche des archaischen und palaeozoischen Grundgebirgs, die den Bau dieser Alpenzone kennzeichnen, nicht Horste sind, sondern, wie schon Mojsisovics erkannte, zwischen Brüchen emporgedrückt wurden. Am klarsten aber liegen nach Frech's Darstellung (a. a. O. 489) die Verhältnisse am Ostfusse der Rocky Mts. Hier stösst z. B. die Frontrange von Colorado längs eines grossen Randbruches an die Schichtentafel der Prairien, die weder von peripherischen noch von radialen Sprungsystemen durchzogen wird und daher unter keinen Umständen als ein Senkungsfeld gelten kann. Die Verschiebung, die an der einfachen Randspalte stattfand, muss eine Hebung des Gebirgs gewesen sein. Auch in den Alpen und Karpathen werden die Grenzen der Massive nicht durch Staffelbrüche, sondern durch einfache Störungslinien bezeichnet; und auf dieses Merkmal wird man bei der Unterscheidung von Hebungs- und Senkungsbrüchen immer zu achten haben.

nur im Dämmerlicht einer metaphorischen Schreibweise, sondern auch in handgreiflichen Zeichnungen vorzuführen. In dem Kärtchen, das Mitteleuropa zur Triaszeit darstellt<sup>1)</sup>, liegt der Bildungsraum der nördlichen Kalkalpen südlich vom Pusterthal und der Centralalpenzug in der Breite des Karstes:

Seither scheint Penck bei Bittner und Tietze in die Schule gegangen zu sein, denn in seiner Morphologie ist nirgends mehr von weitreichenden Ueberschiebungen die Rede. Es heisst nur: „Suess zeigt, wie in den Alpen die Leitlinien von der Structur und Umgrenzung des vorgelagerten Schollengebirgs beeinflusst werden und hebt hervor, dass sich in der Structur der Ostalpen die Umriss des böhmischen Massivs spiegeln“ (II. 400). Was von dieser Auffassung zu halten ist, erfährt man nicht, und ich muss wiederholen, dass Penck gegenüber der Mehrzahl seiner Leser, die sich kein eigenes Urtheil bilden können, verpflichtet war, seine Meinung zu äussern und zu begründen. Man sollte es nicht für möglich halten, dass eine 1894 erschienene Morphologie der Erde wohl für eine Tabelle über die Krümmung der Faltengebirge Raum hat, aber nicht für die brennende Frage, ob man diese Krümmung auf einen einseitigen Schub zurückführen darf.

Es hätte zunächst theoretisch untersucht werden müssen, ob Ueberschiebungen von dem Ausmaasse, das Suess voraussetzt, möglich sind, ob z. B. die Karpathen wirklich aus der geographischen Breite der Ostalpen 200 Kilometer weit auf die sudetische und die podolische Scholle hinaufgeschoben werden konnten, und in welcher Verfassung man sich den Liegendflügel einer solchen Ueberschiebung vorzustellen hat. Dann wäre auf Grund der Arbeiten Bittner's, besonders auf Grund seines Aufsatzes „Ueber einige geotektonische Begriffe und deren Anwendung“<sup>2)</sup> zu zeigen gewesen, dass die Theorie nicht einmal in den Ostalpen, also auf dem Boden, dem sie entstammt, zu halten ist. Die Ostalpen besitzen, wie Bittner nachgewiesen hat, keine Vorder- und keine Rückseite. Sie sind trotz den neuerdings von Frech (a. a. O. 483) hervorgehobenen Besonderheiten der südlichen Kalkzone im Grossen und Ganzen symmetrisch gebaut, da die Falten im S ebenso von dem centralen Grundgebirgstrifen weg überschlagen und überschoben sind, wie im N, und da hinwiederum in der nördlichen Kalkzone ebensolche Flexuren und Verwerfungen vorkommen, wie in der südlichen. Auch ein Kesselbruch, der den Vergleich mit den Senkungen auf der „Rückseite“ des Apennin nicht zu scheuen braucht, hat die angebliche Vorderseite der Alpen aufzuweisen: Das Becken von Wien, das sich den Senkungsfeldern bezeichnender Weise auch mit seinem Schwereüberschuss als eine gleichwerthige Bildung an die Seite stellt. Ganz unvereinbar mit der Lehre von Suess ist der Bau der niederösterreichischen Kalkalpen, die nach den Aufnahmen Bittner's von einer mittleren Aufbruchzone weg südwärts geradeso gegen die Centralalpen überschoben sind, wie nordwärts gegen das böhmische Massiv. Und zu all' dem

<sup>1)</sup> Länderkunde von Europa. I. 100.

<sup>2)</sup> Jahrb. Geol. R.-A. 1888. 408--13 u. 418--22.

kommt noch, das die Ostalpen auch dort, wo ihre Falten regelrecht überstürzt wurden, das östliche Streichen einhalten, statt nach dem Vorbilde der Karpathen in der Lücke zwischen dem Schwarzwalde und dem Böhmerwalde den verworfenen Südabschnitt der schwäbisch-fränkischen Tafel im Bogen zu „überwältigen“. Suess ist diese Ungehörigkeit nicht entgangen, und da sie der Lehre von dem einseitigen Gebirgsschube stracks zuwiderläuft, stellte er wenigstens den Abbruch der Schichtentafel längs der Donau als eine Wirkung der vordringenden Alpen hin <sup>1)</sup> — eine Telepathie, die nicht Vielen wahrscheinlich vorkommen dürfte.

Neben den Alpen sind es besonders zwei Gebirge, deren Bau schlagende Argumente gegen die Theorie von Suess liefert: Die Pyrenäen, die nach Margerie und Schrader <sup>2)</sup> auf der Nord- wie auf der Südseite ihrer Kernzone auswärts überfaltet sind, also zwei Vorderseiten haben, und der Kaukasus, der, wie Suess selbst herausfand <sup>3)</sup>, in seiner nordwestlichen Hälfte aus NO und in seiner südöstlichen Hälfte aus SW zusammengeschoben wurde. Man hätte es demnach in diesem bemerkenswerthen Falle mit zwei Gebirgen zu thun, von denen das eine aus der Gegend der Manytsch-Senke gegen den Pontus und das andere aus Armenien gegen den heutigen Terek vordrang. Als der Schub aufhörte, waren die beiden Gebirge gerade so weit gekommen, dass sie mit den einander zugekehrten Flügeln zusammenstiessen und sich auf diese ungewöhnliche Weise zu einem einzigen Kettengebirge vereinigten. Gegenwärtig setzt sich daher die niedergebrochene Rückseite der kaspischen Hälfte in nordwestlicher Richtung unmittelbar in der südwärts gefalteten Vorderseite der pontischen Hälfte fort. Ich glaube, dass dieses Beispiel vor allen anderen geeignet ist, die Lehre von dem einseitigen Schube ad absurdum zu führen und die Rückkehr zu der schlichten alten Auffassung, nach der die Faltengebirge im Bildungsraum ihrer Schichten zwischen starren Erdschollen zusammengedrückt wurden, zu empfehlen. Der bogenförmig gekrümmte „Aussenrand“ eines Gebirgs erscheint dann als die ursprünglich im Bogen verlaufende Grenze zwischen einer unnachgiebigen und einer nachgiebigen, als Geosynklinale entwickelten Erdscholle. Es ist kaum nöthig zu bemerken, dass unter dieser Voraussetzung auch die einspringenden Winkel der „Schaarungen“ als Theile des ursprünglichen Randes der zur Faltung neigenden Region anzusehen sind.

Die auffallende Uebereinstimmung, die in der Ueberschlagsrichtung der Falten zu herrschen pflegt, kann man im Sinne von Heim <sup>4)</sup>, oder als Anhänger der isostatischen Theorie im Sinne von Hayes <sup>5)</sup> leicht erklären.

Problematisch ist und bleibt nur der Gegensatz, der sich, wie Richthofen schon vor 35 Jahren erkannte <sup>6)</sup>, in den Gebirgen vom

<sup>1)</sup> Antlitz d. Erdc. I. 278.

<sup>2)</sup> Aperçu de la structure géol. des Pyrénées. 1891.

<sup>3)</sup> A. a. O. 608.

<sup>4)</sup> Mechan. d. Gebirgsb. I. 229.

<sup>5)</sup> Amer. Journ. of Sc. 1893, II. 266.

<sup>6)</sup> Studien aus d. ungar.-siebenb. Trachytegeb. Jb. G. R.-A. 1860, 154.



karpathischen Typus zwischen den beiden Rändern ausgebildet hat: Auf der einen Seite ein geschlossener Gürtel junger Falten mit regelmässigem, unverletztem Saum, auf der anderen Schollenverwerfungen, durch die das Gebirge zerstückt und sein Umriss gestört wird. In jüngster Zeit nahm Frech zur Erklärung dieser auffallenden „Heteromorphie“ an, dass sich Erdschollen, die schon einmal gefaltet worden waren, einer neuen Faltung gegenüber starr und unnachgiebig verhalten, während unversehrte Schollen demselben Druck in Falten ausweichen<sup>1)</sup>. Die wenig gestörten, hauptsächlich von Verwerfungen betroffenen Rückseiten der Gebirge wären demnach als früh gefaltete, in sich verfestigte, starre, die Vorderseiten dagegen als bisher ungefaltete, nachgiebige Rindenstücke aufzufassen. Auch die Schlangenumwindungen im Streichen der Kettengebirge sollen durch die Verbreitung früh gefalteter Massive bedingt sein, da sich die Faltenzüge nur in den Zwischenräumen dieser starren Schollen bilden konnten. Theoretisch liesse sich der Erklärungsversuch Frech's damit begründen, dass die Stauungs-Metamorphose der Gesteine eine Verfestigung bedeute, in der Wirklichkeit aber scheitert er an dem Umstande, dass die jungen Kettengebirge auch auf ihrer nachgiebigen „Vorderseite“ eine mehrfach und schon sehr früh gefaltete Grundlage besitzen. In den Westalpen wurde der äussere Kernzug schon vor der Perm-Zeit gefaltet, während der innere damals ungestört blieb. Die Faltungen am Ausgang der mesozoischen Aera und im Tertiär hätten demnach nur die innere Zone treffen sollen. Statt dessen erschöpften sie sich gerade hier in flachen Gewölben und kneteten dafür in der „verfestigten“ äusseren Zone das Grundgebirge und sein discordantes Schichtendach in einer Weise durcheinander, die alles eher als Unnachgiebigkeit bekundet. Der Contrast zwischen dem Aar-Massiv und dem Monte Rosa<sup>2)</sup> reicht allein zur Widerlegung der Hypothese Frech's aus.

Die Ursache der Heteromorphie ist also nach wie vor ein Räthsel. Dadurch verliert aber Richthofen's Eintheilungsgrund, der dem Bau der Gebirge Rechnung trägt, nichts von seiner Bedeutung; ja er wird nur umso werthvoller, als er die Wichtigkeit des Problems ins rechte Licht stellt und zu seiner Lösung anspornt. Man wird demnach gut thun, die Unterscheidung von homöomorphen und heteromorphen Gebirgen beizubehalten. Homöomorph wären dann alle einheitlich (Jura) oder symmetrisch (Pyrenäen) gefalteten Gebirge und heteromorph alle Gebirge von dem ungleichmässigen Bau der Karpathen, des Apennin u. s. w. Wer die Ausscheidung des Pyrenäen-Typus, der durch eine Kernzone und durch auswärts überfaltete Randzonen gekennzeichnet wird, für zweckmässig hält, kann homöomorphe, symmetrische und heteromorphe Faltengebirge unterscheiden. Die Eintheilung in monogenetische und polygenetische, die Penck im Anschluss an Dana vorschlägt, ist unannehmbar, denn erstens erscheinen die Gebirge vom Jura-Typus nur deshalb monogenetisch, weil das Grundgebirge in ihnen nicht zum Vorschein kommt, und zweitens weicht der Bau der polygenetischen Gebirge weit von dem

<sup>1)</sup> Richthofen — Festschrift, 96.

<sup>2)</sup> Diener: Der Gebirgsbau der Westalpen, S. 192 u. f.

Schema ab, das Penck vorschwebt. Ein Leser, der den Ausführungen im II. Bande, S. 379 u. 388 gläubig folgte, muss sich die Entstehung der Alpen, der Karpathen, des Himalaya etwa so vorstellen: Die innerste Zone eines polygenetischen Gebirges, die gewöhnlich aus denudirtem Grundgebirge besteht, wurde zuerst gefaltet. Der Schutt, den ihre Zerstörung lieferte, bedeckte das Vorland, das langsam sank und daher eine mächtige Schichtenreihe aufnehmen konnte. Sodann setzte die Faltung neuerdings ein und gliederte die Geosynklinale als zweiten Faltenzug an den alten Stamm, der sich gegen die wiederholte Stauung unnachgiebig verhielt und als starre Masse herangeschoben wurde. Nun entstand vor dem Gebirge wieder eine Geosynklinale, und dieses Wechselspiel zwischen Absatz und Faltung schweisste einen Gebirgszug nach dem anderen an den Stamm und ist vermutlich auch mit der Bildung des gegenwärtigen Gebirgsrandes noch nicht abgeschlossen. Wo sich eine jüngere Zone dicht an die ältere anschloss, wurde sie von den Flüssen in Querthälern zerschnitten, deren Vertiefung mit der Schichtenfaltung gleichen Schritt hielt; wo dagegen die Zonen nicht hart aneinander gedrückt wurden, z. B. am Beginn der „Virgation“ stellten sich Längenthäler zwischen ihnen ein.

Nach diesem Schema sollen die grossen Kettengebirge gebaut sein. Dass sie zu wiederholten Malen gefaltet wurden, und dass ihr Rand gewöhnlich aus Schutt besteht, der von ihren eigenen Flüssen abgelagert und dann während der letzten Faltung von denselben Flüssen durchsägt wurde, ist richtig — alles andere aber trifft nicht zu. In den Westalpen bildet der alte Stamm nicht die innerste, sondern eine der äussersten Zonen, in den Ostalpen und Pyrenäen aber die Axe; und der symmetrische Bau dieser beiden Gebirge scheint die Regel — genauer: die ursprüngliche Anlage — darzustellen, denn wo das zuerst gefaltete Grundgebirge am „Innenrande“ auftritt, haben immer Schollenverwerfungen stattgefunden. Penck glaubt offenbar, dass die erste Hauptfaltung nur den Gebirgsstreifen betraf, der jetzt als älteste Zone, als Stamm zu gelten hat, dass also z. B. das Grundgebirge unter den nördlichen Kalkalpen erst — zugleich mit seiner Decke — von der zweiten Faltung erfasst wurde. Diese Voraussetzung ist sehr unwahrscheinlich. Es gibt in den Ostalpen keine Stelle, wo das Grundgebirge von den permischen und mesozoischen Schichten, wenn diese nicht durch starke Dislocationen zurecht gerückt wurden, gleichförmig überlagert wird. Es geht daher nicht an, unter den nördlichen Kalkalpen einen solchen gleichförmigen Verband anzunehmen. In den Westalpen, wo das Grundgebirge nicht in einem besonderen Zuge, sondern in einzelnen Kernen aus den Sedimenten auftaucht, liegt die Discordanz am Tage; und in den Karpathen, wo einerseits der in der Kreidezeit entstandene Faltenzug, wie die Klippen beweisen, bis unter den jüngeren Flyschgürtel reicht, und andererseits der Flysch neben älteren Sedimenten in die Zwischenräume der archaischen Kerne eingeklemmt ist — hier lässt sich eine Gliederung in altersverschiedene Zonen, wie sie Penck braucht, schon gar nicht durchführen.

Die Annahme, dass das Gebirge jeweilig den Stoff für seinen nächsten Zuwachs lieferte, stützt sich auf die Beschaffenheit mancher Gebirgsränder, z. B. der Vorketten des Himalaya, trifft aber für die älteren Zonen nicht zu. Es ist unverständlich, wie sich Penck hierin auf die Ostalpen berufen kann. Man weiss doch schon lange, dass die Sedimente der Kalkzonen nur nach aussen hin litoral werden, am Rande der Kernzone aber pelagisch sind und nirgends eine Spur von Strandbildungen aufweisen. Diese Kernzone hat also nie zur Ausfüllung einer mesozoischen Geosynklinale beigetragen. Sie gehörte vielmehr während des grössten Theiles der mesozoischen Aera selbst der Geosynklinale an und wurde gerade so wie die Streifen, aus denen später die nördlichen und südlichen Kalkalpen hervorgingen, unter einer kilometermächtigen Schichtenreihe begraben.

Ebenso unrichtig und irreführend wie die bisher besprochenen ist auch der letzte Zug, den Penck in dem schematischen Bilde seiner polygenetischen Gebirge anbringt: Die grossen Längenthäler, wie das der Save, der Drau, der Salzach und Enns, fallen keineswegs in die Zwischenräume verschiedenalteriger und nicht nah genug aneinander gerückter Zonen, sondern decken sich, wo immer ihr Bau zu erkennen ist, mit grossen Brüchen.

Der Abschnitt über die Faltengebirge ist der schwächste Theil der ganzen „Morphologie“. Das zeigt sich schon in der Charakteristik, die Penck im II. B. 372 bietet. Jedes Faltengebirge soll aus drei Zonen bestehen: aus einer ungefalteten starren Scholle, aus der Faltenzone mit einem Faltenabfall gegen die starre Scholle und aus der „Austönungszone“, in der sich der Faltenwurf glättet. Je nachdem das Gebirge auf der „Vorderseite“<sup>1)</sup> austönt oder an eine starre Scholle grenzt, unterscheidet Penck zwei Gebirgstypen: den Jura-Typus mit der starren Scholle als Rückland und der Austönungszone als Vorland und den Alpen-Typus mit der starren Scholle als Vorland. Nach dem früher gesagten liegt es auf der Hand, dass auch diese Eintheilung nicht zu brauchen ist. Schon die Gliederung in starre Scholle, Faltenzone und Austönungszone lässt sich nicht rechtfertigen, denn die starre Scholle darf doch auf keinen Fall als Bestandtheil des ausserhalb ihrer Grenzen zusammengeschobenen Gebirges aufgefasst werden, und die Austönungszone kann da sein und kann fehlen. Der Jura hat eine, die Pyrenäen haben keine. So ergibt sich denn, dass von den drei Zonen, die Penck unterscheidet, nur eine übrig bleibt, mit anderen Worten, dass jedes Faltengebirge aus einer Faltenzone besteht — womit man sich allerdings zufrieden geben kann. Da die Faltenzone nicht auf der einen oder auf der anderen, sondern unbedingt auf beiden Seiten an starre Schollen grenzen muss, fällt der von Penck gewählte Eintheilungsgrund ganz aus. Wir kommen also darauf zurück, dass der auffallende, wenn auch genetisch noch nicht erklärte Unterschied, der sich im Bau der Gebirge vom Jura-

<sup>1)</sup> Die Vorderseite wird nach der vorherrschenden Richtung der überschlagenen und überschobenen Falten bestimmt, so dass die Lehre vom einseitigen Schub doch noch einmal zur Geltung kommt. Die theoriwidrig geneigten Falten gehören zu den „Unregelmässigkeiten“, an denen alle schlechten Regeln so reich sind.

Pyrenäen- und Karpathen-Typus äussert, die Unterscheidung von homöomorphen, symmetrischen und heteromorphen Faltengebirgen nahelegt.

Sehr gut ist in Penck's Morphologie der Abschnitt, der die Hypothesen über das Erdinnere und die Ursachen der Rindenbewegungen erörtert. (I. 441 u. f.) Nur wäre die isostatische Theorie Duttons, die S. 469 flüchtig erwähnt wird, in ihren Grundzügen darzulegen und kritisch zu würdigen gewesen. Dutton hat bekanntlich aus dem Umstande, dass unter den Festländern leichtere Gesteinslagen als unter den Meeren, ja sogar unter den Gebirgen leichtere als unter den Bruchfeldern vorauszusetzen sind, gefolgert, dass die Erdoberfläche mit ihren Meeresräumen, ihren Festlandsockeln und Gebirgen eine isostatische, eine Gleichgewichtsfläche darstelle<sup>1)</sup>. Die Frage, ob die Erdrinde nachgiebig genug sei, um im Falle einer Gleichgewichtsstörung die isostatischen Kräfte wirksam werden zu lassen, bejahte Dutton auf Grund geologischer Thatsachen. In seiner Domäne, dem Colorado-Plateau, liegen in einer Mächtigkeit von mehr als drei Kilometer mesozoische und alttertiäre Schichten, die samt und sonders in seichtem Wasser abgesetzt wurden. Es muss also eine allgemeine Senkung mit der Sedimentation gleichen Schritt gehalten haben, woraus Dutton schliesst, dass eben dieser starke Niederschlag das Gleichgewicht stören und eine isostatische Kraft wecken musste, durch welche die belastete Erdscholle immer tiefer hinabgedrückt wurde. Die entgegengesetzte isostatische Kraft soll sich in horstartig aufragenden Erdschollen äussern, die eine starke Denudation erleiden. Wenn man sich die abgetragene Schichtenreihe auf dem Scheitel eines solchen Horstes wieder aufgetragen denkt, erhält man, wie wir schon früher sahen, als ursprüngliche Höhe oft zehn Kilometer und darüber, also sehr unwahrscheinliche Beträge. Nach Dutton waren diese Plateaus nie höher als jetzt, sondern wurden nur in Folge ihrer Entlastung in demselben Maasse gehoben, in dem sie oben denudirt wurden.

Dutton fasst aber nicht nur die verticalen Verschiebungen der Schollengebirge als Wirkungen der isostatischen Kräfte auf, sondern bringt auch die Entstehung der Kettengebirge mit diesen Kräften in Verbindung. Wenn der äusserste Gürtel eines Meeresraumes eine starke Belastung durch Sedimente erfährt und die anstossende festländische Scholle durch die Denudation erleichtert wird, wenn also dort eine Senkung und hier eine Hebung eintreten muss, damit das Gleichgewicht wieder hergestellt werde, so geht, wie Dutton durch theoretische Erwägungen nachweisen will, aus den beiden isostatischen Kräften eine Resultirende hervor, die den belasteten Gürtel des Meeresbodens horizontal gegen das entlastete Festland zu schieben sucht. Man sieht, Dutton's Theorie der Gebirgsbildung hat eine grosse Aehnlichkeit mit Ferrel's Cyklonen-Theorie: Die Abfuhr der continentalen Zerfallstoffe ins Meer kommt in ihren Wirkungen dem oberen Luftabfluss aus dem Barometerminimum gleich und das Andrängen des überlasteten Sedimentgürtels gegen das entlastete Fest-

---

<sup>1)</sup> On some of the greater problems of physical geology. Bull. Phil. Soc. Washington, XI. 51.

land entspricht vollkommen der unteren vom Maximum ausgehenden Luftströmung, die zum Ersatz der oben abgeflossenen Luft in das Minimum eindringt. — Der Seitendruck, den die Resultirende bewirkt, soll nach Dutton hinreichen, die Sedimente am Rande des Continents zu stauen und zu einem Kettengebirge emporzufalten.

Nach dem Erfahrungssatze, dass die beste Vertheidigung der Angriff ist, erhebt Dutton wider die herrschende Schrumpftheorie den Vorwurf, dass sie die Entstehung langgestreckter und schmaler Kettengebirge nicht erklären könne, weil die Gewölbespannung, auf die sie sich beruft, allseitig wirke. Dieser Einwand ist, wie schon Le Conte gezeigt hat<sup>1)</sup>, sehr leicht zu entkräften. Die Richtung und Vertheilung der Gebirge hängt eben nicht allein von der Richtung des tangentialen Druckes, sondern auch von dem Umriss der unnachgiebigen Schollen ab, zwischen denen die nachgiebigen zusammengedrückt werden. Die allseitige Gewölbespannung kann demnach in einer solchen örtlichen Beschränkung wirksam werden, dass Kettengebirge von dem Verlauf der wirklich vorhandenen entstehen müssen. Hier liegt nun freilich der Vorwurf eines ungehörigen dialektischen Rundlaufs nahe. Dutton könnte sagen: Meine Theorie setzt den Anstoss zur Faltung nur dort voraus, wo Falten sind; Ihr aber müsst Euch auf die Nachgiebigkeit der gefalteten Schollen berufen, und wenn man Euch fragt, woher Ihr wisst, dass diese Schollen nachgiebig sind, so sagt Ihr, das lehre der Augenschein, sie seien ja gefaltet. — Ein solcher Vorwurf wäre nicht ganz unberechtigt, denn der Grund der ungleichen Nachgiebigkeit der einzelnen Rindenstücke ist noch immer dunkel. Hält man sich den stratigraphischen Gegensatz zwischen den Faltengebirgen und ihrer Umgebung, z. B. zwischen den Ostalpen und dem böhmischen Massiv vor Augen, so drängt sich einem die Vermuthung auf, dass die ungleiche Nachgiebigkeit benachbarter Schollen nur auf den bedeutenden Niveauunterschied des krystallinen Grundgebirges zurückzuführen ist. Zur Zeit der letzten Alpenfaltungen waren die Granite und Schiefergesteine im Bereiche des böhmischen Massivs zum grossen Theile entblösst oder lagen doch in geringer Tiefe unter der transgredirenden Kreide; in der südlich anstossenden Geosynklinale dagegen hatten sie die Last einer Schichtenreihe von mehreren Kilometern zu tragen und befanden sich daher im Zustande der latenten Plasticität. Da nun die äusserste, durch Sprödigkeit gekennzeichnete Erdkugelschale im Alpengebiete aus Kalk, Mergel, Schieferthon und mürbem Sandstein, nördlich davon aber aus krystallinen Silicatgesteinen von hoher Druckfestigkeit bestand, ist es erklärlich, dass die Gewölbespannung nur in der Geosynklinale wirksam wurde. Das gilt von den Alpen und von allen grossen Kettengebirgen, die den Rändern uralter Festländer folgen<sup>2)</sup>.

<sup>1)</sup> Theories of the origin of Mountains. Journ. of Geol. I. 543. (Ref. N. Jb. 1894. II. 242.)

<sup>2)</sup> Die Wichtigkeit der Tiefenlage des krystallinen Grundgebirges zeigt sich auch in nebensächlichen Einzelheiten, am schlagendsten vielleicht in der Art, wie der Faltenwurf des Jura bei Basel in den Rheingraben hineinreicht. Vgl. Kayser: Allg. Geol. 425 (nach Steinmann).

Im weiteren Verlaufe seiner Beweisführung macht uns Dutton wider Willen selbst auf den schwächsten Punkt der isostatischen Hypothese aufmerksam. Er sagt, dass die Faltung immer nach einer Periode starker Sedimentation eintrat, dass aber die Belastung erst ein gewisses Maass überschreiten musste, ehe die Starrheit der Erdkruste überwunden und das Spiel der isostatischen Kräfte eröffnet wurde. Nun ergibt sich aber aus der grossen Mächtigkeit der mesozoischen und eocänen Seichtwasserbildungen des Colorado-Plateaus, dass diese Erdscholle in demselben Maasse sank, in dem sie mit Sedimenten belastet wurde; und wenn man mit Dutton den Absatz als Ursache der Senkung auffasst, beweist das Schritthalten dieser beiden Vorgänge, dass schon eine geringe Belastung hinreicht, die Starrheit der Erdkruste zu überwinden. Ebenso rasch soll sich die Wirkung der Entlastung einstellen, denn die Horste werden ja nach Dutton's Ansicht in demselben Maasse gehoben, in dem ihre Denudation fortschreitet. Dutton geräth also in einen unlösbaren Widerspruch mit sich selbst, wenn er die Thatsache, dass die Faltung der Gebirge erst nach dem Absatz mächtiger Schichtenreihen begann, in Rechnung zieht. Gerade an dieser Thatsache geht seine Hypothese in die Brüche. Wie das Aufdunnen der erwärmten Lagen in Dana's Geosynklinalen, so sollte auch der aus den isostatischen Kräften resultirende Schub in den sinkenden Sedimentgürteln Dutton's mit der fortschreitenden Sedimentation Hand in Hand gehen oder ihr zum mindesten in kurzen Perioden folgen. Dass in den Ostalpen die permische Formation und fast die ganze Reihe der mesozoischen Bildungen vollkommen concordant übereinander liegen, dass also hier eine Schichtenlast von mehreren Kilometern nicht hinreicht, die isostatischen Kräfte in Gang zu setzen, ist eine Thatsache, der gegenüber Dutton's Hypothese versagt. Und diese Thatsache wurde in allen Kettengebirgen sicher gestellt. Das ist sehr wichtig und spricht entschieden für die Schrumpftheorie, denn diese verlangt nicht, dass die Faltung in ein und derselben Scholle durch eine ganze Reihe geologischer Perioden hindurch andauere. Da die Wärmeabgabe des Erdballs ununterbrochen fortschreitet, kann auch die Contraction des Kerns und die Gewölbespannung der Kruste nicht periodisch aussetzen. Wohl aber kann der gebirgbildende Druck bald in der einen, bald in der anderen nachgiebigen Scholle am kräftigsten wirksam werden; und wenn der Gebirgsbau der ganzen Erde einmal untersucht sein wird, dann wird man wohl auch nachweisen können, dass zu allen Zeiten Faltengebirge entstanden.

Wie die Rindenbewegungen, so leitet Penck auch die zu Intrusionen und Eruptionen führenden Bewegungen des Magmas von dem Wärmeverlust und der Contraction des gasförmigen Erdkernes ab. Die starre und die magmatische Hülle sinken unter ihrem eigenen Gewicht dem schwindenden Kern nach und erleiden dabei eine Stauung, die im Magma dort am stärksten sein muss, wo die hangende Kruste nicht gleichmässig einsank, sondern zusammengeschoben und verdickt wurde. „Bricht die Kruste über einer Partie stark zusammengepressten Magmas, oder vermag dasselbe den Widerstand seines Hangenden an Stellen geringster Cohäsion zu

überwinden, so steigt es auf, dringt als Intrusion in die Kruste ein oder ergiesst sich in Eruptionen über sie.“ (I. 453.) Nach diesem Satze sollte man meinen, dass Penck, der doch gegen die Lehre von der latenten Plasticität der Tiefengesteine nichts einzuwenden hat, die widersinnige Annahme von Spalten, die bis in magmatische Tiefen hinabgreifen, zur Erklärung der vulkanischen Vorgänge nicht mehr für nöthig hält. Doch an einer anderen Stelle (S. 431) heisst es wieder, dass das Magma „aus Fugen ausläuft, die mit den bei Erdbeben entstandenen Brüchen grosse Aehnlichkeit haben“, und S. 454 werden die Vulkane an solche Zonen geknüpft. „wo die Kruste längs senkrechter Fugen<sup>1)</sup> zusammengestaut wird, weil jene Fugen dem Magma zugleich als Ausweg dienen. Dort hegen, wo eine Verkeilung von Schollen namentlich in der Horizontalen, geschieht, was mit Schichtfaltung verbunden ist, werden dem Magma die Auswege nach oben verschlossen: in echten Faltenregionen ist daher eine geringere Entwicklung vulkanischer Thätigkeit als in den Regionen der Schollencompression zu erwarten.“ Diese Ausführungen sind von Anfang bis zu Ende unrichtig. Ich verweise zunächst auf die Argumente, die ich früher gegen die Annahme tiefgreifender Vulkanspalten vorbrachte<sup>2)</sup>. Sodann kann nicht nachdrücklich genug hervorgehoben werden, dass die vulkanische Immunität der Faltenzüge auf einem Vorurtheil beruht, das durch das litterarische Uebergewicht der Alpen grossgezogen wurde. Was bedeuten die Alpen, was bedeutet selbst der Himalaia neben dem vulkanreichen Faltenringe des pacifischen Beckens! Wenn Penck schliesslich die behauptete vulkanische Immunität der Faltengebirge damit zu erklären sucht, dass die Faltung dem Magma die Auswege, nämlich die Spalten schliesse, so übersieht er, dass die Schliessung der Spalten in ungefalteten wie in gefalteten Schollen durch den Gebirgsdruck besorgt wird.

Viel besser als der Bau ist in Penck's Morphologie die Sculptur der Erdrinde dargestellt. Nur in dem Abschnitt über Thalbildung kommt ein bedenklicher Fehler vor, der sich übrigens auch in anderen Werken eingenistet hat und daher eine ausführliche Berichtigung erheischt.

Verhängnissvoll für die Lehre von der Thalerosion wurde das Reussthal, oder vielmehr ein Irrthum, in den Rütimeyer und Heim bei der Untersuchung des Reussthales verfielen. Rütimeyer war der erste, der an den Seitenwänden dieses Thales bis zu einer Höhe von zwei Kilometer schmale, nahezu wagrechte Gesimse erkannte und als die letzten Reste älterer Thalsohlen ansprach<sup>3)</sup>. Diese Entdeckung erregte grosses Aufsehen, da sie in einer Zeit, als man in jedem Thal eine tektonische Spalte erblickte, unzweideutige Kenn-

<sup>1)</sup> Der Ersatz der Spalten durch Fugen war ebenso übel angebracht wie der der Becken durch Wannen. Wo man einen althergebrachten Lehrstoff überliefert, kann man wohl auch mit den alten Namen auskommen. Eine Originalität, die sich in dem Versuche erschöpft, solche längst eingebürgerte Bezeichnungen durch wohlfeile Synonyma zu verdrängen, ist anstössig und ärgerlich.

<sup>2)</sup> Die Granitkerne des Kaiserwaldes, 1885. Spalten und Vulkane. Jahrb. geol. R.-A. 1886.

<sup>3)</sup> Ueber Thal- und Seebildung, 24.

zeichen des erosiven Ursprungs eines grossen Alpenthales nachwies. Nach Rütimeyer glaubte Heim<sup>1)</sup> feststellen zu können, dass im Reussthal die übereinander liegenden Gehängeleisten mit den im Thalgrunde ansteigenden Staffeln zusammenhängen, so zwar, dass jede Thalstaffel mit den Leisten, in denen sie sich thalauswärts fortsetzt, einen alten, sanft geneigten Thalboden darstellt. Schliesslich gelang es Bodmer, einem Schüler Heim's, durch fleissiges Kartenstudium in allen Schweizer Thälern Sohlenreste nachzuweisen und aus dem Verlaufe der alten Böden überraschende Veränderungen des Flussnetzes abzuleiten<sup>2)</sup>. Ich selbst schloss mich in meinen älteren Arbeiten der von Rütimeyer und Heim vertretenen Auffassung der Gehängeleisten an, obzwar es mir von jeher bedenklich erschien, dass die kilometerhoch über dem gegenwärtigen Thalgrunde erhaltenen Sohlenreste, die in der Schweiz allenthalben anzutreffen sind, bei uns in den Ostalpen noch von niemand bemerkt wurden. Man kennt hier ältere Thalböden nur in Lagen, deren relative Höhe kaum über 100 Meter hinausreicht. Ein Besuch des Reussthales überzeugte mich nun, dass die von Rütimeyer und Heim beschriebenen und seither in die Lehrbücher<sup>3)</sup> aufgenommenen Hochterrassen — wenn man keine Auslese unter ihnen trifft — in jedem beliebigen Niveau vorkommen und sich durch nichts von den höckerig abgeschliffenen Bergschultern und Hangkuppen unterscheiden, die bei uns zu Lande durch Regenrillen, vorzugsweise aber durch den Schurf der eiszeitlichen Gletscher aus den Thalwänden, zumal aus den zwischen Gehängtobelstehen gebliebenen Bergrippen herausgedrechselt wurden.

Ein unzweideutiger alter Thalboden liegt im unteren Reussthal nur in der buckeligen Felsterrasse vor, die inner Amsteg staffelartig abstürzt und seit der letzten Vergletscherung von der Reuss 70 bis 80 Meter tief angeschnitten wurde. Zu diesem alten Boden des Hauptthales gehören die hoch über ihm gelegenen breiten, vom Eise ausgeschliffenen Mündungen des Maderaner und des Fellithales, die nach dem Gletscherrückzug ebenfalls in Terrassen zersägt wurden. Was sich in höheren Lagen an Leisten zeigt, das sind keine Sohlenreste mehr, sondern gewöhnliche Vorsprünge, wie sie auf allen vom Gletschereise bearbeiteten Berghängen angetroffen werden. Für diese Behauptung spricht nicht nur der Augenschein, sondern auch die sonderbare Folgerung, die man mit der Ansicht Rütimeyer's und Heim's in Kauf nehmen muss. Die Verknüpfung der nach ihrer Höhenlage allenfalls verknüpfbaren Leisten ergibt breite Thalböden, die sanft und gleichmässig ansteigen und von dem gegenwärtigen Rinnsal am Rande einer Stufe erreicht werden. Alle diese Böden entstanden angeblich in Perioden, in denen die Reuss nicht erodirte, sondern ihr Bett zu erweitern suchte. So oft sie ihre Arbeit wieder aufnahm, wurde der jüngst entstandene Boden thaleinwärts entzweigesägt und nach und nach bis auf unansehnliche Reste, die Gehängeleisten, beseitigt. Die Thalstufen bezeichnen dann die Stellen, bis wohin die Erosion in

<sup>2)</sup> Mech. d. Geb. u. auch Taf. I. im Jahrb. des Schweizer Alpenclub 1879.

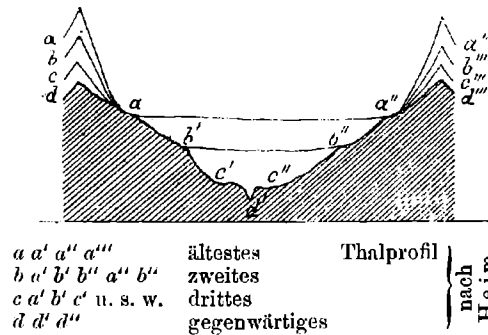
<sup>3)</sup> Terrassen und Thalstufen der Schweiz. 1880.

<sup>4)</sup> Vgl. neben Penck's Morph. II. 125 Kayser's Allg. Geol. 234.



ihrem Krebsgange gelangte. So wird man zu dem unannehmbaren Schluss geführt, dass die Reuss ihre Quellbäche auf dem Gothardt heute noch in demselben Niveau sammelt, wie dazumal, als sie in den äusseren Thalprofilen mehr als 1000 Meter hoch über dem gegenwärtigen Thalgrunde floss<sup>1)</sup>. In Wirklichkeit ging die Erniedrigung des Ursprungs mit der Vertiefung der Thalfurche Hand in Hand; und auch das Gefäll der Reuss dürfte in früheren Zeiten, also in höheren Lagen, nicht gleichmässig sondern geradeso wie jetzt durch Stufen unterbrochen gewesen sein.

Unverständlich wie das Längenprofil ist auch das Querprofil der mit angeblichen Sohlenresten ausgestatteten Thäler. Nach der Auffassung der Schweizer müsste die Reuss anfänglich einen kilometerbreiten Graben ausgespült haben. Liegt da nicht die Annahme näher, dass sie auch damals, als ihr Thal — und das ganze Gebirge mit ihm — noch in grosser Höhe lag, eine Furche gewöhnlicher Art erodirt hatte? Die oberen Theile der Thalwände, wo die höchsten Gesimse vorkommen, gehören ja ebenso wie die Kämme, von denen sie überragt werden, zu dem gegenwärtigen Reussthale. Als sich der Fluss noch nicht so tief eingegraben hatte, waren auch die Kämme noch nicht so niedrig und die Thalwände noch nicht so weit abge- schrägt. Das Gestein, das jetzt auf den Hängen ansteht und die Leisten bildet, lag damals noch tief unter der Oberfläche. Heim hat doch selbst darauf hingewiesen, dass die Bergkämme früher viel höher aufragten. Wie müssten diese Grate im Querschnitt ausgesehen haben, wenn ihre Abfälle in die gegenwärtigen Thalwände übergegangen wären, wenn also ihre Grundfläche nicht breiter gewesen wäre als jetzt. Man braucht Heim's Annahme nur in ein Profil zu übertragen, um ihre Unhaltbarkeit zu erkennen.



Zum Schlusse möchte ich mir noch über das Problem der Durchbruchsthäler eine kurze oratio pro domo erlauben. Ich stehe in dieser vielumstrittenen Frage nicht mehr auf dem schroffen Standpunkte, den ich in meinen ersten Arbeiten einnahm, sondern lehre im Colleg schon seit Jahren, dass die Durchbrüche in Horsten und in Falten-

<sup>1)</sup> Vgl. Löwl: Ueber Thalbildung 85, Fig. 26.

gebirgen von discordantem Relief zumeist im Sinne von Medlicott, Hayden, Powell und Tietze zu erklären sind, dass man aber dabei nicht an ein Schrittthalten der Erosion mit der Faltung denken darf, wie diese Forscher es thun. Wenn ein Tieflandfluss, er sei gross oder klein, reissend oder träg, durch eine querlaufende Falte von grosser Spannweite auf der Luvseite zur Erhöhung seines Bettes gezwungen wird, so muss er beim ersten Hochwasser, also jedenfalls lange bevor er auf der Leeseite unter dem Einfluss der Gefällsteigerung etwas erhebliches verrichten konnte, ausbrechen. Durch rückläufiges Einschneiden in den Leeschenkel eines Gewölbs vermag der Fluss seinen Lauf nur dann festzuhalten, wenn er sich in dem oberen gestauten Thalabschnitte nicht selbst durch den Absatz der Geschiebe aus dem Bette drängt, d. h. wenn er schon vor dem Eintritt der Faltung ein Thal erodirt hatte, das ihn nun während der Faltung gefangen hält.

Für diese Ansicht spricht der bemerkenswerthe Fall, den Dutton in Oregon an den Kaskaden des Columbia River beobachtete. Hier verläuft in geringer Höhe über dem Flusse eine in den Basalt eingeschnittene Terrasse, die sich als Ueberrest eines älteren Thalbodens darstellt. Dieser Thalboden hat ein widersinniges Gefäll, indem er sich unterhalb der Kaskaden 60 Meter und oberhalb der Kaskaden nur neun Meter über den auf dieser ganzen, drei Kilometer langen Strecke um zwölf Meter fallenden Fluss erhebt. Dort, wo sich die Felsleiste zum gegenwärtigen Rinnsal herabsenkt, also im Rücken der Kaskaden, durchzieht der Columbia ein Becken, das er mit Sand ausgefüllt hat. Dutton führt die Entstehung dieses Beckens und die Gefällsumkehr des alten Thalbodens auf eine flache postglaciale Falte zurück, die von dem Abflusse des Staubeckens entzweigesägt wurde<sup>1)</sup>. Der Columbia hielt also mit der Faltung nicht gleichen Schritt und entging der Ablenkung nur deshalb, weil er auf der Luvseite in einem Thale floss, dessen Tiefe grösser war, als die Höhe der stauenden Antiklinale. Das Flussgeäder des Coloradoplateaus könnte jederzeit durch kilometerhohe Falten unterbunden werden, ohne irgendwo aus seinen Cannons ausbrechen zu müssen. So lassen sich in Tafelländern und in Gebirgen mit discordanter Thalbildung wohl die meisten Durchbrüche auf Wasserläufe zurückführen, die bereits vor dem Beginn der Faltung an der Arbeit waren und sich schon damals so tief eingefressen hatten, dass sie durch eine Rindenstörung wohl gestaut aber nicht mehr aus ihrer Bahn geworfen werden konnten. Die gewiss sehr oft zutreffende Voraussetzung, dass nicht nur die durchbrechenden Flüsse, sondern auch ihre im Rücken der durchbrochenen Gebirge liegenden Thalabschnitte älter sind als diese Gebirge, macht die unhaltbare Lehre von dem gleichmässigen Fortschreiten der Erosion und der Faltung entbehrlich. Penck ist offenbar zu derselben Ueberzeugung gekommen, denn er geht in der vor trefflichen theoretischen Erörterung der Persistenz eines Wasserlaufes von der Annahme aus, dass dieser Wasserlauf schon vor dem Eintritt der Krustenbewegung ein Thal durchzog. (I. 333.)

<sup>1)</sup> Petermann's Mitt. 1887. Litteraturbericht Nr. 325.

Auf grosse Schwierigkeiten stösst die Erklärung der Flussdurchbrüche in Kettengebirgen, deren einfacher Faltenwurf die Anlage tektonischer Thäler bewirkte. Wenn der Schweizer Jura längere Zeit als Tafel da gelegen wäre, ehe ihn die Faltung ergriff, so wären in ihm gerade so wie in seinem schwäbisch-fränkischen Nachbarn Tafelthäler mit baumartiger Verzweigung entstanden. Diese Tafelthäler hätten die Faltung überdauert und das erosive Relief des Gebirges verhielte sich jetzt zum Schichtenbau vollkommen discordant. Grosse hydrographisch einheitliche Längenthäler hätten nicht entstehen können, weil die alten Flüsse die Synklinalen unter sich aufgetheilt hätten. Das Vorherrschen der tektonischen Thalzüge beweist also, dass der Jura beim Eintritt der Faltung entweder noch unter Wasser stand oder einem Tieflande angehörte. Wie sich aber unter diesen Umständen Clusen bilden konnten, ist schwer zu erklären. Förstle<sup>1)</sup> hielt sich an die Thatsache, dass es im Jura auch Faltdurchbrüche gibt, die in einer Reihe hintereinander liegen. Wenn das die Regel wäre, müsste man allerdings annehmen, dass die Clusenreihen den Lauf der ursprünglichen Flüsse bezeichnen und daher älter sind als die erst durch die Faltung hinzugekommenen Längenthäler. In Wirklichkeit aber sind die Durchbrüche so regellos vertheilt und die angeblichen Spuren alter Querthalzüge in der strengen Parallelgliederung, die das ganze Gebirge beherrscht, so spärlich und unsicher, dass man mit Medicott's Theorie nicht auskommt. Das Fehlen von Thalssystemen mit der den Tafelthälern eigenthümlichen Verzweigung liesse sich allenfalls noch mit einem ursprünglichen Mangel an Zuflüssen erklären; unerklärlich aber bleibt selbst unter dieser Voraussetzung, warum die alten „persistirenden“ Wasserläufe, die aus der Faltung hervorgegangenen Längenthäler nicht als Seitenthäler an sich zogen und so unter einander auftheilten. Das theoriwidrige Einlenken der gegenwärtigen Juraflüsse in die Längenthäler, aus denen sie nur Zuflüsse empfangen sollten, nöthigte auch Förstle die Annahme auf, dass diese Flüsse durch die Faltung in die Muldenthäler geleitet wurden. Wie aber ein solcher abgelenkter Fluss aus eigener Kraft — ich meine: ohne sich mit einem Flusse zu vereinigen, der seinen alten Querlauf festhielt — wieder seitwärts ausbrechen konnte, das bleibt nach wie vor räthselhaft. Es lässt sich nur sicherstellen, dass die Clusen weder mit Querbrüchen noch mit den ursprünglichen Lücken zwischen den im Streichen aneinander gereihten Sätteln zusammenfallen<sup>2)</sup>. Im übrigen ist man auf Vermuthungen angewiesen. Da die Clusen nach ihrer ganzen Tracht jünger erscheinen als die grossen, geräumigen Längenthäler, macht der Uebertritt eines Flusses aus dem Längenthal ins Querthal immer den Eindruck einer Ablenkung. Liegt eine solche wirklich vor, so liesse sich ihre Ursache in zweierlei Vorgängen suchen: Entweder in der rückläufigen Erosion

<sup>1)</sup> The drainage of the bernese Jura. Boston, 1892. Ich habe diese Arbeit nicht gelesen, wage aber doch, mich auf sie zu berufen, da das Referat Futterer's in Supan's Lit. Ber. 1894, Nr. 344 die wesentlichen Ergebnisse sehr geschickt hervorhebt.

<sup>2)</sup> Mit dieser Annahme suchte Philippson über die Schwierigkeiten hinwegzukommen. Studien über Wasserscheiden, S. 32, 33.

des Querthales oder in einer Stauung des alten Längenthales. Bei dem Zusammenschub eines Faltengebirgs kann die Aufrichtung der Schichten in einem bestimmten Profil rascher fortschreiten als daneben und durch die Einklemmung eines Muldenkerns zwischen denudirten Gewölben oder zum mindesten durch die Förderung der atmosphärischen Angriffe auf die Thalwände eine Stauung der gefällschwachen Mulde und einen seitlichen Abfluss herbeiführen. Die Antiklinalen, zwischen denen das Längenthal entstand, können ja schon während ihres Auftriebs tief gekerbt worden sein. Was im Jura gegen die Zulässigkeit einer solchen Annahme spricht, ist erstens der Mangel an Geschiebeabsätzen hinter den Durchbrüchen und zweitens der Umstand, dass manche Clusen an Stellen vorkommen, wo das entzweigeschnittene Gewölbe am höchsten aufsteigt und daher aller Wahrscheinlichkeit nach auch in früheren Stadien der Faltung die anstossenden Kammstrecken überragte.

Glaubhafter als eine Stauung durch Muldenkerne ist der andere Fall: Der Anschnitt der Längenthäler durch zurückgreifende Querthäler. Dieser Vorgang konnte sich überall abspielen, wo die Sohle eines Längenthales so hoch über der Erosionsbasis eines Querthales lag, dass sie von dessen Gefällscurve geschnitten werden konnte. Was ich früher zur Begründung dieser Ansicht vorbrachte<sup>4)</sup>, brauche ich umso weniger zu wiederholen, als Penck, der vor einigen Jahren

<sup>4)</sup> Ueber Thalbildung, S. 57 1 3- 116. Von den dort angeführten Beispielen, die sich auf Gebirge von discordantem Relief beziehen, sind alle zu streichen mit Ausnahme der Durchbrüche, die mit alten klastischen Längenthälern in Verbindung stehen. So glaube ich noch immer, dass der Saalach-, Salzach- und Ennsdurchbruch auf eine Zerstückelung des grossen Tauernthales zurückzuführen sind; nur muss die Ablenkung viel früher als ich ursprünglich annahm, nämlich schon zu einer Zeit eingetreten sein, als die Sohle des alten Längenthals noch in einer Höhe lag, bis zu der die Gefällscurve der Querthäler herabgedrückt werden konnte. Der grosse Thalzug auf der Nordseite der Tauern ist ebenso wie das Pusterthal im S. eine tektonische Anlage. Man hat es hüben wie drüben mit Bruchzonen zu thun, die sehr schwer zu erkennen sind, weil sich die meisten Störungslinien in den alten Schiefeln verstecken. Im Drauthal kommen die Verwerfungen (Vgl. die Uebersicht in Frech's Karnischen Alpen) an der Grenze zwischen Schiefer und Kalk zum Vorschein, und in dem grossen nördlichen Tauernthale verräth, wie ich im vorigen Hefte des Jhrs. zeigte, die Lagerung der zur oberen Trias gerechneten Kalk- und Glanzschiefer von Krimml einen Grabenbruch. Wie das Drau- oder das Save-Thal noch jetzt, so wurden ursprünglich auch die Längenthäler der Salzach und Enns von ein und demselben Flusse durchzogen. Die schlagende Uebereinstimmung mit dem südlichen Tauernthale wird von allen Forschern, die das Querthal der Salzach für älter halten als das Längenthal, beharrlich übersehen. Noch wichtiger aber ist ein anderer Umstand. Wer die Durchbrüche der Saalach, die den Pinzgau vor der Eiszeit entwässerte, der Salzach und der Enns nicht als Ablenkungen auffasst, wird vor allem die einseitige Anlage der Flussgebiete erklären müssen. Wenn das Querthal der Salzach ein altes Stammthal wäre, das jetzt nur deshalb als Durchbruch erscheint, weil sein hinter den Kalkalpen liegendes Sammelgebiet im Bereich der weichen Thonschiefer und Phyllite einer beschleunigten Denudation ausgesetzt war, so müsste dieses Sammelgebiet vom oberen Ende des Querthales weg fächerartig ins Gebirg eingreifen, statt auf einen Quadranten beschränkt zu bleiben und den anderen, in die Fortsetzung des Längenthales fallenden ganz und gar der Enns zu überlassen. Eine solche einseitige Drainirung spricht, wie ich schon in meiner ersten Abhandlung über die Durchbruchthäler an einem einfachen Beispiele dem Reczinathal bei Fiume dargethan habe, immer für eine Ablenkung.

in seinem Vortrage über „Die Bildung der Durchbruchthäler“ den Kampf um die Wasserscheide nicht gelten liess, seither die entgegengesetzte Ueberzeugung gewann. (Morphol. I. 368.) Der Vorbehalt, den er noch für nöthig hält — dass die Wasserscheiden nicht durch rückläufige Erosion, sondern durch Untergrabung verschoben werden — ist gegenstandslos, denn wer da sagt, dass die Flüsse ihren Ursprung durch rückläufige Erosion verschieben, der gebraucht das Wort Erosion, da ein Missverständniss nicht gut denkbar ist, der Kürze halber im weitesten Sinn und versteht darunter alle Vorgänge, die in der Thalbildung zusammenwirken.

**A. Rosiwal.** Petrographische Notizen über einige krystallinische und „halbkrySTALLINISCHE“ Schiefer aus der Umgebung der Radstädter Tauern.

## II.

Herr G. Geyer übergab mir im Vorjahre einige von ihm im Sommer 1892 im Lungau gesammelte Gesteine zur Bestimmung. Die während der Durchsicht des hergestellten Schliiffmaterials entstandenen Notizen sind in der nachstehenden, dementsprechend thunlichst kurzgefassten Charakteristik der einzelnen unterschiedenen Gesteinsarten in ähnlicher Weise zusammengefasst, wie es in einer vorhergehenden Mittheilung über Bestimmungsergebnisse an von Herrn Chefgeologen M. Vacek gesammeltem Materiale aus benachbarter Gegend<sup>1)</sup> der Fall war.

Um möglichen Irrthümern in Bezug auf die geologische Stellung der damals behandelten Gesteinstypen vorzubeugen, sei an dieser Stelle nochmals erwähnt, dass die ganze von mir bestimmte und kurz beschriebene Gesteinsreihe nach den Mittheilungen des Herrn M. Vacek dem von ihm als Liegendhorizont der Hornblendegneissabtheilung bezeichneten Complexe der Sericitischen Schiefer angehört<sup>2)</sup>.

In der folgenden Serie von Gesteinen, welche sehr verschiedenalterige Bildungen der krystallinischen Serie umfassen und nur eine kleine Auslese aus dem Sammlungsmaterial des Herrn Geyer darstellen, wurden zur Orientirung über die geologische Zugehörigkeit eines jeden derselben durch die freundlichen Angaben des genannten Herrn Unterabtheilungen ermöglicht, deren Reihenfolge eine von älteren zu jüngeren Bildungen vorschreitende Anordnung darstellt<sup>3)</sup>.

Der rein determinative Zweck der nachstehenden Untersuchungen muss wiederholt betont werden. Vergleiche mit anderenorts untersuchtem verwandtem Material mussten daher auf die nothwendigsten

<sup>1)</sup> Verh. d. geol. R.-A. 1893. Nr. 16, S. 365. Unter obig. Titel I. Theil.

<sup>2)</sup> Vergl. M. Vacek. Ueber die Schladminger Gneissmasse und ihre Umgebung. Verh. d. geol. R.-A. 1893. S. 382 und speciell den Hinweis auf des Autors Bestimmungen S. 386.

<sup>3)</sup> Ueber die Ergebnisse seiner Aufnahme im Lungau berichtet Herr G. Geyer in den Verh. 1893. S. 49—60. Die Zahlen in den Klammern weisen auf die Besprechung in Geyer's Bericht hin.