

Einige Bemerkungen über die Bildung von Querthälern.

Von Dr. Emil Tietze.

Bei meinen Wanderungen im Alburs und später bei Gelegenheit meiner Studien in den Karpathen hat sich mir oft eine eigenthümliche Frage aufgedrängt, welche sich auf die Bildung der Querthäler in diesen Gebirgen bezieht, schliesslich aber einen viel allgemeineren Hintergrund hat als die localen Verhältnisse jener Gebirge, und deren Behandlung deshalb auch zu allgemeineren Gesichtspunkten führen muss.

In meinen Bemerkungen über die Tektonik des Albursgebirges in Persien habe ich (Jahrb. der k. k. geolog. R.-A. 1877, p. 377 und 378) betont, dass der Alburs kein einfacher Gebirgszug sei, sondern aus einer Reihe untereinander mehr oder minder paralleler Ketten bestehe, welche sich in ihrer Bedeutung als Wasserscheiden oder höchste Kammerhebungen ablösen; ich habe ferner betont, dass die Wasserscheiden keineswegs immer mit den höchsten Kammerhebungen zusammenfallen, dass die Wasserläufe des Gebirges in der Regel anfangs den zwischen den Parallelketten sich erstreckenden Längsthälern folgen, um dann in oft engen, wilden Querthälern das Gebirge zu durchschneiden und ihren Ausweg nach dem caspischen Meere oder den Depressionen des persischen Plateau zu suchen.

Die Karten, die wir von Persien besitzen, bringen diese Verhältnisse keineswegs zum entsprechenden Ausdruck. Theils sind sie in viel zu kleinem Massstabe angefertigt, um dies zu können, oder sie zeigen, wie die neue grosse Karte der englisch-persischen Grenzcommission gar keine Gebirgszeichnung, oder endlich sie zeigen eine ganz schematische Gebirgszeichnung, die sich den Flussläufen womöglich beiderseits anschmiegt. Ich habe in letzterem Falle hauptsächlich die Blätter einer sonst überaus verdienstlichen, mit vielem neuen Detail versehenen russischen Karte im Auge, welche von der topographischen Abtheilung des russischen Generalstabes in Tiflis angefertigt wurde,

und von welcher Herr General v. Stebnitzki so liebenswürdig war, mir vor einiger Zeit einen Probe-Abzug zu schicken¹⁾.

Ich bemerke hier, dass es mir sehr fern liegt, in Bezug auf derartige Karten irgend welche tadelnde Kritik zu üben. Solche Karten stützen sich ja nur zum kleinsten Theile auf wirkliche Aufnahmen. In der Regel kennt man ja in solchen fremden, wenig besuchten Ländern, wie Persien, nur eine gewisse Zahl astronomisch fixirter Punkte, und die zwischen diesen Punkten gelegenen Partien müssen nach Berichten von Reisenden oder auf Grund von à la vue gemachten Beobachtungen dargestellt werden. Ich bin selbst vollkommen in der Lage, zu beurtheilen, wie überaus lückenhaft die Ergebnisse der Anstrengungen Einzelner in einem derartigen Gebiete bleiben müssen; ich weiss, dass man bei der Werthschätzung diesbezüglicher Anstrengungen sich an das positiv Geleistete, an den durch die Arbeit erzielten Fortschritt und nicht an die unausgefüllt gebliebenen Lücken zu halten hat. Ich will hier auch nur einen Wink geben, der bei späteren Versuchen, den Alburs kartographisch darzustellen, benutzt werden kann.

Die Gebirgszeichnung ist auf der erwähnten russischen Karte, die durch die grosse Zahl früher nie berücksichtigter Ortsnamen sich vortheilhaft namentlich vor der neuen englischen Karte auszeichnet, zum Theil in den Irrthum verfallen, die Wasserscheiden zwischen je zwei Flusssystemen als Kämme oder höchste Erhebungen aufzufassen. Das tritt beispielsweise in der Art, wie die Gegend des Tschalus gezeichnet ist, sehr deutlich hervor. Es ist dies ein ähnlicher Irrthum, wie ihn beispielsweise Jemand machen könnte, dem die Stellung der Gebirgszüge Nord-Ungarns unbekannt, das dortige Flussnetz dagegen bekannt wäre, und der nun die wichtige Wasserscheide zwischen der Waag und dem Poprad bei Hochwald, südlich der Tatra, d. i. die Wasserscheide zwischen dem Schwarzen Meer und der Ostsee, als einen meridianen Gebirgszug darstellen würde, während doch Hochwald auf einer unbedeutenden Bodenanschwellung liegt, welche nur den höchsten Punkt einer Einsattlung zwischen der ostwestlich streichenden Tatra und den ebenfalls ostwestlich streichenden Liptauer Gebirgen bildet.

Die von dem militär-geographischen Institute in Wien herausgegebene Generalkarte von Central-Asien kann, so weit sie sich mit der Darstellung Persiens befasst, übrigens in der hier angedeuteten Beziehung als das Muster einer Karte gelten, wie sie nicht sein soll, trotzdem die Rathschläge eines der besten Kenner Persiens, des Dr. J. E. Polak nämlich, der Redaction dieser Karte zur Verfügung standen. (Siehe das Referat über diese Karte von H. Kiepert, Zeitschr. d. Ges. f. Erdkunde, Berlin 1874. p. 442 und 450.)

Für den Alburs habe ich in den Bemerkungen über dessen Tektonik bereits gezeigt, dass die höchsten Kämme daselbst keineswegs überall die bedeutungsvollsten Wasserscheiden sind. Wenn auch dieses Gebirge, als Ganzes betrachtet, östlich vom Sefidrud die Wasserscheide zwischen den Plateau-Landschaften im Süden und dem caspischen

¹⁾ Mir ist unbekannt geblieben, ob diese Karte seitdem publicirt wurde oder nicht.

Meere im Norden darstellt, so ist dies Verhältniss doch kein Hinderniss, dass in dem einen Falle beispielsweise die Flüsse, welche nach dem Plateau zu gehen, unmittelbar am südlichen Abfall oder Rande des Gebirges entspringen, wie z. B. der Fluss bei der Stadt Demavend oder im andern Falle tief im Gebirge drinnen ihren Ursprung nehmen, wie der Dschedscherud und der Keretsch.

In letzterem Falle sind solche Flüsse genöthigt, bedeutende Ketten zu durchschneiden, um ihre Freiheit zu gewinnen.

Der Umstand nun, dass ein Wasserlauf der Terrain-Erniedrigung folgt zwischen zwei Kämmen, welche, sei es durch Faltung, sei es durch Verwerfung, nebeneinander entstanden sind, erscheint durchaus natürlich und leicht verständlich. Etwas Anderes ist es mit dem Durchbruche solcher Wasserläufe quer durch die höchsten Ketten.

Der Heras fliesst, so lange er noch der Laar-Fluss heisst, in einem ausgesprochenen Längsthale; weiter abwärts durchbricht er eine Reihe von nicht unbedeutenden Ketten in so engen Schluchten, dass eben nur für den Fluss selbst in diesen Engthälern Platz bleibt. Stellenweise, wie nach dem Einflusse des Nur, folgt er dann wohl eine Strecke lang wieder einem Längsthal, aber in der Hauptsache ist sein Lauf aus Querthälern zusammengesetzt.

Der Tschalus wird von dem Lowraflusse, der in seinem unteren Laufe Keretsch heisst, durch die Wasserscheide des Kendewan (Kendemun) geschieden. Beide Flüsse verfolgen dann ihren Lauf, abgesehen von einigen kleineren, dem Flusslaufe eingeschalteten Längsthalstrecken, in ausgesprochenen Querthälern. Der Tschalus durchschneidet in einer engen Schlucht, die beiderseits von steilen, einige tausend Fuss hohen Gebirgslehnen eingefasst wird, die Kette des Hesortschem. Die von dem General Gasteiger Khan gebaute Strasse war genöthigt, hier das Thalbett zu verlassen und in mannigfachen Serpentinien, an steilen Abgründen vorbei, die Höhe des Gebirges aufzusuchen, um jenseits der durchbrochenen Kette das Thalbett wieder zu erreichen. Der Keretsch durchbricht die westliche Verlängerung der Schemirankette, welche an Höhe den Kendewan und somit das Quellgebiet des Keretsch bedeutend übertrifft.

Der Talar entspringt am Gedukpass, nordöstlich von Firuskuh, und durchbricht noch in seinem oberen Laufe in der Thalverengung oberhalb des Dorfes Urin eine riesige Kalkkette, die sich östlich von diesem Durchbruch zu der einen grossen Theil des Jahres über schneebedeckten Kuppe des Schatun (Schaitun, Teufelsberg) erhebt. Die mittleren Höhen dieser Kette liegen jedenfalls höher als der Ursprung des Flusses.

Den merkwürdigsten Fall der Betrachtung bietet vielleicht der Sefdrud (Kisil Usen) dar, insofern derselbe nicht nur, wie die vorher genannten Flüsse, einzelne der verschiedenen Parallelketten, sondern die ganze Gebirgsmasse des persisch-caspischen Randgebirges in ihrer Gesammtheit durchschneidet. Seinen Ursprung nimmt er am Nordabhange der Zagroskette. Unterhalb Miane bewegt sich dieser Fluss bis Mendschil zwischen den Gebirgsmassen, welche in der westlichen Fortsetzung des Alburs liegen, in einem ausgezeichneten Längsthale, welchem bei Mendschil das Längsthal des Schahrud correspondirt. Erst

nach der Vereinigung mit letzterem durchbricht der Sefdrud das Küstengebirge.

Die Frage ist nun, wie hat man sich die Entstehung solcher Querthäler zu denken, ohne deren Vorhandensein die Gewässer sich ja oberhalb der Durchbruchengen in den Längsthälern zu Seen aufstauen müssten. Man spricht wohl im Allgemeinen von den Wirkungen der Erosion, die derartige Engpässe ausgenagt habe, man spricht wohl unter Umständen von einem Zusammenhange mit der Tektonik, von Spalten, denen das Wasser ursprünglich gefolgt sei, um dieselben dann immer mehr zu vertiefen, aber man kommt über eine ziemlich unbestimmte Vorstellung von diesen Vorgängen nicht hinaus, namentlich wenn man sich den Anfang derselben vergegenwärtigen will. Der Kernpunkt der Schwierigkeit ist, dass uns, selbst wenn wir sie theoretisch überwunden glauben, die Kataklysmtheorie in praxi noch in allen Gliedern steckt. Ich werde sogleich zeigen, wie ich das meine.

Ich will zuerst kurz auf den Punkt zurückkommen, dass das Wasser sich oberhalb der Querdurchbrüche in den Längsthälern hätte zu Seen stauen müssen, in der Zeit, ehe jene Durchbrüche geschaffen waren. Nun aber habe ich in Längsthälern, wie der Schahrud, der Talkhan, wie im Laarthale oder im Thale des Baches von Scharistonek oberhalb Duab nichts gefunden, was sich mit Absätzen oder Uferlinien solcher Süßwasserseen irgend vergleichen liesse. Aber gesetzt den Fall, eine derartige Ansammlung des Wassers habe wirklich stattgefunden, so sieht man nicht ein, warum das Wasser dann seinen Ausweg gerade durch einen der das Längsthal begrenzenden Parallelkämme genommen haben sollte. Mit der Seebildung werden die Wirkungen der Erosion an und für sich eingeschränkt, ein See erodirt nicht, wie ein Fluss. Es kann also nur der Fall als eintretend gedacht werden, dass die Wasseransammlung zwischen zwei Parallelketten den nöthigen Grad der Höhe und Ausdehnung erreicht, um das niedrigste Niveau der Gebirgsumfassung zu überfluthen. An der Stelle, wo das geschieht, wird dann die Erosion des fließenden Wassers beginnen und die Vertiefung eines Abzugscanals für den See herbeigeführt werden können. Dieses tiefste Niveau wird aber nicht ein Punkt eines der beiden Parallelkämme sein, es wird sich in einem der relativ niedrigen Querjücher befinden, welche diese Kämme stellenweise verbinden. Es würde durch diesen Vorgang beispielsweise die Möglichkeit gegeben gewesen sein, das Längsthal des Scharistonek-Baches über das Querjoch von Ahar mit dem Längsthal des Igelrud und durch dieses mit dem Längsthal des Dschedscherud unterhalb Uschon zu verbinden, aber ein Durchbruch durch die westliche Verlängerung der Schemirankette, wie er unterhalb Duab von dem Scharistonek-Bache nach dessen Vereinigung mit dem Lowraflusse erzielt wurde, wäre auf solche Weise nicht zu erklären.

Stellen wir uns überhaupt ein Gebirge, wie den Alburs, wie die Alpen, wie die Karpathen als vorhanden und fertig gegeben vor, so werden wir nie mit den Wirkungen der nachträglichen Erosion auskommen, um einen Durchbruch von Flüssen durch solche hohe Ketten zu erklären. Es gibt ja beispielsweise ausser dem Sefdrud noch andere

nicht so gänzlich unbedeutende Flüsse in Persien, wie der bei Isfahan fließende Zenderud oder der Badianrud bei Kum, denen man gerade so gut die Tendenz, das Meer zu gewinnen, hätte zutrauen können. Wir sehen aber keineswegs, dass diese Flüsse sich an das Hochgebirge herandrängen, um es zu durchbrechen. Sie verlaufen sich ruhig in den Depressionen des Plateau's, denn das Wasser läuft eben nie bergauf.

Ebenso wenig aber wie mit der Annahme der blossen späteren Erosion, kommen wir mit der Annahme gewisser tektonischer Verhältnisse, denen die Erosion sich angepasst haben soll, zurecht, sobald wir das betreffende Gebirge als ein fertiges betrachten, in welchem die Flüsse sich dann zurecht finden mussten. Und doch sind es, wenn ich recht unterrichtet bin, gerade diese beiden Annahmen, deren man sich bisher hauptsächlich bei der Discussion der vorliegenden Frage bedient hat.

Betrachten wir ein wenig die Ansichten, welche Geographen und Geologen über die Entstehung von Flussdurchbrüchen oder von Querthälern sich gebildet haben. Ich citire einige bekannte Namen, zum Theil Autoritäten ersten Ranges, weil die von diesen Forschern vertretenen Anschauungen wohl den Anspruch haben, als die herrschenden zu gelten.

Es ist namentlich C. v. Sonklar gewesen, welcher der Annahme, die Querthäler seien durch Verhältnisse der Gebirgsbildung bedingt, das Wort geredet hat. Er ging von der Voraussetzung aus, dass bei der Hebung der Gebirge sich Spalten gebildet haben müssten. So z. B. sagt er (Die Gebirgsgruppe der hohen Tauern, Wien 1866, p. 344), dass mit der Hebung der westlichen Tauern auch dieerspaltung des Bodens in der auf die Hebungsaxe senkrechten Richtung vor sich ging. Es bildeten sich in Folge dieser einen Hebung auf der Nordseite des Gebirges alle nördlich abstreichenden höheren Zweige des Zillerthales und alle nordwestlichen Tauerthäler bis zum Velberthal hin. Diese Spalten stehen durchweg vollkommen senkrecht auf die angegebene Axe der Hebung. Auf der Südseite derselben öffnete sich in gleicher Weise die breite Spalte des Taufererthales, das obere Deffereggerthal bis zur Stallerbrück, das Troyer-, Umbal-, Maurer-, Hohe Isel-, Frossnitz-, Tauern- und Iselthal.“ Auch in anderen Schriften hat Sonklar ähnliche Ansichten vertreten.

Nicht ohne grosses Interesse liest man die geistreichen Ausführungen Oscar Peschel's (Neue Probleme der vergleichenden Erdkunde, 3. Aufl., Leipzig 1878, p. 150) über Thalbildungen. Peschel hebt die Thatsache hervor, dass es keine seltene Erscheinung sei, dass Flüsse, die auf niederem Niveau entspringen, sehr hohe Gebirge durchsetzen. Es seien, meint er, die meisten Geographen und Geologen wohl geneigt, den Ursprung der sog. Längenthäler erster Ordnung, d. h. solcher, die parallel streichen mit der Erhebungsaxe von Gebirgen, nicht der Ausfurchung von Flüssen zuzuschreiben; um so hartnäckiger beständen Einzelne darauf, wenigstens den Querthälern, also solchen, die senkrecht zu den Erhebungsaxen stehen, einen derartigen Ursprung zu retten. „Glücklicherweise gibt es aber auch eine Mehrzahl von Querthälern, bei denen sich schon jetzt nachweisen lässt,

dass sie älter waren als die Flüsse, welche sie gegenwärtig als ihre Betten benützen. Betrachten wir, das Gemälde dreier Querthäler in den Alleghanies, die vom Delaware, Susquehanna und Potomac durchströmt werden. Jeder von ihnen durchbricht vier oder fünf parallel geordnete Gebirgsketten.“ Die höchsten Ketten, nämlich die Blue Mountains, sind die zuletzt durchbrochenen. Auch liegen die Quellen der drei Flüsse auf dem pennsylvanischen Tafelland, dessen absolute Erhebung niedriger ist als die der durchbrochenen Ketten. Energisch verwarft sich nun Peschel dagegen, „alle diese Thäler zu Erosions-Schöpfungen zu erniedrigen.“ Er nimmt bei derartigen Verhältnissen Spalten an, welche sich in Folge der Emportreibung der Gebirge bildeten und so den Flüssen den Weg zeigten. Er sagt ausdrücklich (l. c. p. 161), dass wir „den räthselhaften Hebungskräften im Erdinnern mit dem Bau der Gebirge und den Bodenanschwellungen zugleich die Spaltungslinien der künftigen Thäler“ verdanken, welche Spalten dann die weiteren Aufschliessungen durch das Wasser vorbereiteten.

Da begegnet man doch der ganz ausgesprochenen Vorstellung von einem fertig dastehenden Gebirge, auf welches die Erosion später eingewirkt hat. Die Gebirge bildenden terrestrischen Kräfte haben ihre Aufgabe beendet, die Thätigkeit des Wassers und der Atmosphäriken kann beginnen. Dieser Anschauungsweise sieht man doch die alte Kataklysmenhypothese von allen Seiten an, obschon Peschel an anderen Stellen seines Werkes beweist, dass er im Grunde genommen durchaus kein Kataklysmatiker ist. Man muss sich in der That ein Gebirge so gut wie plötzlich entstanden denken, um anzunehmen, die Erosion habe später begonnen als die Erhebung des Gebirges. Würde man sich in die Idee von der langsamen, allmäligen Entstehung der Gebirge völlig eingelebt haben, dann würde man auch die Auffassung selbstverständlich finden, dass der Anfang der Erosion, somit der Thalbildung, und der Anfang der Gebirgsbildung zusammenfallen. Die Thalbildung kann sogar, wie aus den folgenden Erörterungen hervorgehen wird, in einem Terrain schon angedeutet sein, ehe dieses Terrain der Gebirgsfaltung unterworfen wurde.

Nicht ganz ohne Verwandtschaft mit den Ansichten Peschel's in Bezug auf die Entstehung der Querthäler, wenn auch zum Theil von etwas anderen Voraussetzungen ausgehend, sind diejenigen des Freiherrn v. Richthofen, wie er sie in dem ersten Bande seines Werkes über China (p. 120) entwickelt. Nachdem derselbe mehrere Beispiele eigenthümlicher Stromläufe in Asien und Europa angeführt und dabei auch des Indus und des Brahmaputra, sowie des Poprad in den Karpathen gedacht hat, nachdem er begründet hat, dass manche der asiatischen Flüsse in Terrains entspringen, deren Depressionen von Löss ausgefüllt sind, und dass diese Flüsse dann mächtige Ketten durchsetzen, deutet er „auf den selbstverständlichen Umstand hin, dass während der langen Perioden der subaërischen Ausfüllung der Depressionen die Dislocationen der Gebirge stetig vorwärts schreiten. Es können sich dabei Querzerspaltungen nicht allein kleinerer Rücken, wie des Kalksteinzuges bei Tse-tshou-fu, sondern auch ganzer Ketten bilden, nach Art derjenigen, welche in den Alpen und Karpathen noch

in jugendlicher Zeit Querverwerfungen von Gebirgen verursacht haben. Auch der mächtigen Emporhebung des Himalaya waren sie gewiss in grossartigster Weise verbunden.“

„Derartige Spalten konnten von solchen Flüssen, welche in fertig gebildeten Thälern zu den Seiten des Gebirges flossen und von thonreichen Alluvionen umgeben waren, nur in günstigen Ausnahmefällen zum Abfluss benützt werden. Wenn aber das Gebirge, wie es bei den Lössbecken der Fall ist, als ein Schutzwall für sehr mächtige, vollkommen wasserdurchlassende und in ihrem tiefsten Theil mit Wasser vollgesogene, aber von einem Fluss nicht durchströmte Ablagerungen dient, nach der andern Seite aber eine solche Nachbarschaft gar nicht oder nur in tieferem Niveau hat, so wird eine Aufspaltung, welche bis zu dem Wasserniveau herabreicht oder bis zu welcher das letztere in einer Zeit vermehrten Niederschlags ansteigt, sofort das Reservoir anzapfen.“

Hier haben wir im Allgemeinen doch ähnlich wie bei Peschel die Annahme von Gebirgsspalten zur Erklärung der Entstehung der Querthäler vor uns, obschon v. Richthofen selbst gesteht, dass solche Spalten nur in günstigen Ausnahmefällen von Flüssen zum Durchbruch benützt werden konnten. Von dieser Einschränkung, die der hervorragende Beobachter macht, ist Kenntniss zu nehmen, denn sie beweist vielleicht, wie widerstrebend ihm im Grunde genommen die ganze Theorie der Spaltenthäler ist. Herr v. Richthofen ist auch bekanntermassen weit davon entfernt, auf dem Standpunkt der Kataklysmtheorie zu stehen. Er spricht deshalb in diesem Falle nicht von einem einmaligen Dislocirungsact, der die Spalten für den Austritt und Durchbruch der Wasserläufe rings abgeschlossenere Terrains hergestellt hätte, sondern er spricht von einem stetigen, also allmäligen Vorwärtsschreiten solcher Dislocationen. Er nimmt auch, wie es scheint, das Eingreifen dieser Dislocationen in die Entwässerungsverhältnisse der betreffenden Depressionen erst in einem relativ späten Zeitpunkte an, vor welchem der Löss in jenen Depressionen Zeit gehabt habe, sich der Hauptmasse nach abzusetzen. Eignet man sich diese Anschauung an, dann wird man doch wieder auf die Idee zurückgeführt, dass beispielsweise in solchen Thalgebieten, wie im obern Laufe des Indus und des Brahmaputra vor dem Eintritt dieser Ströme in den Himalaya, sich hätten grössere seeartige Wasseransammlungen bilden müssen vor der Zeit der im Himalaya supponirten Spaltenbildung; man müsste denn glauben, die Wassermenge dieser heute so mächtigen Flüsse sei aus irgend einem vorläufig unerkannten Grunde vor der Zeit der Spaltenbildung verschwindend klein gewesen, und die Spalte habe nur das Grundwasser der bis dahin geschlossenen Lössbecken angezapft, die Flüsse selbst aber seien dann erst hinzugekommen. Es wäre nun die Frage, ob die Existenz solcher Seebecken im Gebiete des obersten Indus- und Brahmaputra-Laufes erwiesen werden kann; der Löss dieser Gebiete wäre dann aber nicht mehr subaërisch, sondern müsste dann als Seelöss bezeichnet werden.

Für den Poprad, der vor seinem Eintritt in die Klippen- und Sandsteinzone der Karpathen ebenfalls in einem theilweise vom Löss bedeckten Gebiet fliesst und deshalb von v. Richthofen zum

Vergleich herangezogen wird, glaube ich jene Frage verneinen zu können.

Man sieht hieraus, dass die Hypothese von den Spalten, welche die Bildung von Querthälern in den citirten Fällen bedingt haben sollen, nicht mit Leichtigkeit in Einklang gebracht werden kann mit Thatsachen, die wohl erwiesener sind als die, wie gerade beim Indus- und Brahmaputra-Durchbruch nur theoretisch vorausgesetzten, weil für die Erklärung scheinbar nothwendigen Spalten.

Ich habe bereits betont, dass v. Richthofen nur widerstrebend sich solcher Voraussetzungen bedient. Wie wenig ihn die Spaltenhypothese befriedigt, lässt sich vielleicht auch aus einer Stelle seiner Anleitung zu geologischen Beobachtungen auf Reisen (Anleitung zu wissenschaftlichen Beobachtungen auf Reisen, herausgegeben von Dr. G. Neumayer, Berlin 1875, p. 288) entnehmen. Er sagt: „Besondere Beachtung verdienen jene häufigen Stellen, wo ein Gebirgszug von einem Fluss quer durchbrochen wird. Gewöhnlich ist man mit dem Schluss, dass der Fluss eine Querzerspaltung des Gebirges benützt und dieselbe ausgeweitet habe, schnell zur Hand. Auch ist dies unzweifelhaft häufig der Ursprung der Querdurchsetzung. Das Problem bietet sich besonders in der so sehr häufigen Erscheinung, dass grosse Gebirge nicht Wasserscheiden von grossen Flüssen sind, sondern dass diese auf einer Seite desselben entspringen, es dann durchbrechen und ihren Lauf auf der andern Seite fortsetzen, und dass sogar, wie z. B. im Himalaya und der Tatra, die Hauptwasserscheide quer gegen die Hauptkette gerichtet ist.“

Immerhin wird hier, wie wir sehen, die Frage der Querthalbildung noch als „Problem“ aufgefasst, wesshalb es begreiflich erscheinen mag, wenn der Eine oder der Andere die Discussion gelegentlich wieder auf diesen Gegenstand lenkt.

Schon Rütimeyer in seiner bahnbrechenden Arbeit über Thal- und Seebildung (Basel 1869), in welcher er zeigte, dass Flüsse ihre Geschichte haben, dass der Lauf derselben öfter ein zusammengesetzter ist und aus älteren und jüngeren Strecken besteht, die später zu einem neuen gemeinsamen Flusssysteme verbunden werden konnten, hebt (z. B. p. 61 in der Anmerkung) hervor, dass in den meisten Fällen Dislocationen nicht erst das Signal zur Thalbildung geben, sondern ihr nachfolgen und bloß als Complicationen, als secundäre Factoren in deren Verlauf hineinfallen.

Auch Karl Peters misst den Spalten augenscheinlich keine wesentliche Bedeutung für die Entstehung der Querthäler bei, wenn er in seinem Buche: Die Donau, ihr Gebiet (Leipzig 1876, p. 8) schreibt: „Angesichts der colossalen Austiefungen in den Gebirgsmassen scheuten sich die Geologen ehemals davor, solche der Wirkung strömenden Wassers zuzuschreiben, dachten vielmehr an Querspalten, Zerreibungen und andere, zum Theil sogar, mechanisch unfassbare Vorgänge. Jetzt beurtheilt man die mechanische Action des Wassers in Erwägung ihrer überaus langen Dauer ohne Vorurtheil als vollkommen ausreichend, um die bedeutendsten Querthäler der Welt hervorzu- bringen.“

Gehen wir aber die Frage etwas näher an, ob Spalten oder Verwerfungen quer durch das ältere Gebirge in der Weise, dass sie der Bildung von Durchbruchsthälern hätten Vorschub leisten können, und wie sie sich sehr häufig hätten bilden müssen, in der That überall ernstlich in Rechnung gezogen werden dürfen. Jedenfalls müsste vorerst in allen den Fällen, wo man eine Verwerfung oder eine Spalte als Vorbedingung für die Querthalbildung annimmt, erwiesen werden, dass eine solche Verwerfung auch existirt, dass in der That eine Aufhebung des Zusammenhanges der Gebirgsmassen stattgefunden hat. Dann erst wäre man zu der Vermuthung eines ursächlichen Zusammenhanges zwischen den beiden Erscheinungen der Dislocation und der Querthalbildung berechtigt. Selbst eine solche Vermuthung aber würde erst dann grössere Aufmerksamkeit von allgemeineren Gesichtspunkten aus verdienen, wenn in einer grossen Mehrzahl von Fällen ein Zusammentreffen beider Erscheinungen constatirt wäre, bei vereinzelt Fällen böte sie nur ein rein locales Interesse. Es würden alle andern Fälle dann unbedingt noch immer einer Erklärung bedürfen.

Es sind nun zwei Arten von Dislocationen, die hier in Betracht kommen können, theoretisch denkbar. Entweder werden die Gebirgsmassen beispielsweise einer ostwestlich streichenden Kette horizontal derart verschoben, dass der eine Theil der Kette gegen den andern, um bei dem Beispiel zu bleiben, nach Norden oder nach Süden verrückt wird, so dass die Streichungsrichtungen der Kämme beider Gebirgstheile nicht mehr in einer fortlaufenden Linie liegen, oder aber diese Streichungs-Richtungen bleiben in derselben Linie, und es bildet sich ein klaffender Spalt, dessen Kante mehr oder weniger tief gegen das Erdinnere zu sich befindet, dessen Winkel nach oben offen ist.

Es ist nun kein Zweifel, dass horizontale Verschiebungen oder Verwerfungen der Gebirgsmassen in der That beobachtet werden können.

„Die horizontale Verschiebung einzelner Gebirgstheile gegen einander,“ schreibt E. Suess (Entstehung der Alpen, Wien 1875, p. 11), „ist an vielen Stellen unmittelbar zu beobachten. Schafhäütl hat sie seit lange betont; die kleineren Beispiele am Südfusse des Dachsteingebirges und bei Raibl sind leicht in der Natur erkennbar. Studer hebt hervor, dass viele Querthäler nicht blosse Spalten oder Erosionen seien, sondern dass ihnen eine viel tiefere Bedeutung zugeschrieben werden müsse. Der Thuner See trennt zwei sehr verschiedene Gebirge.“ Suess macht dann auch noch auf die weitreichenden Stauungen und Verschiebungen der Molasse am nördlichen Rande der Alpen aufmerksam.

Es mag also zugestanden werden, dass im Hinblick besonders auf das Beispiel vom Thuner See, wo (Studer, Zur Geologie des Ralligergebirges, Separatabdr. aus den Berner Mittheilungen 1871, p. 10) „eine Verschiebung senkrecht auf das Streichen von beinahe zwei Schweizer Stunden vorausgesetzt werden“ müsste, „wenn man die Formationen der beiden Ufer in Verbindung setzen wollte“, Querthäler mit tektonischen Störungen im Sinne einer Horizontalverwerfung zusammenhängen können.

Namentlich in folgendem Falle kann ich mir einen Einfluss solcher Verschiebungen auf die Bildung von Thälern denken: Wenn nämlich die Verschiebung so weit fortgeschritten ist, dass die Längsaxe des einen der verschobenen Gebirgsthelle gar nicht mehr in die Verlängerung der durch den andern davon abgetrennten Gebirgsthelle repräsentirten Aufrichtungszone hineinfällt, sondern bis in die Verlängerung des einen oder des anderen Längsthales oder der einen oder der anderen Terraindepression gedrängt wurde, welche die Gebirgserhebung längs ihrer Erstreckung begleiten. Dann kann man aber auch nicht mehr von einem eigentlichen Durchbruche eines Flussthalles sprechen, dann spricht man nicht mehr von einer Kette, deren Zusammenhang durch ein Querthal unterbrochen ist, dann hat man es tatsächlich mit alternirenden Erhebungen zu thun. Geht aber eine Verschiebung nicht so weit, wie in diesem als Beispiel angenommenen Falle, dann bleibt es wohl sehr fraglich, ob sie immer oder auch nur in der Mehrzahl der Fälle zur Bildung von Durchbruchsthälern behilflich ist. Ich will dies an einem Beispiele erläutern.

Bei der schönen und schulgerechten Verschiebung nördlich Luisenthal in der Bukowina, von welcher dort die krystallinischen Schiefer, der Verrucano und der Triaskalk betroffen werden, hat sich nur eine relativ unbedeutende Schlucht in der Richtung der Verschiebung auf der südlichen Seite der betreffenden Bergmasse gebildet, der Contact der gleichen Schichten zwar beiderseits der Verschiebung ist aufgehoben, nicht aber der Contact der Gebirgsmassen als Ganzes betrachtet, während unweit östlich von dieser Stelle sich das Auswaschungsthal der Moldawa eine breite Furche gegraben hat.

Eine blosse, als Horizontalverschiebung auftretende Verwerfung, bei welcher die Continuität des Schichtenstreichens zwar aufgehoben wird, bei welcher indessen die Gebirgsmassen in ihrer Totalität doch noch zusammengepresst bleiben, kann wohl, gestehen wir das um weiteren Erörterungen aus den Wege zu gehen, ruhig zu, den Anlass zu einer Thalbildung überhaupt, nämlich an der Flanke des Gebirges, geben, aber sie genügt eben noch nicht, um ein Durchbruchsthal hervorzurufen. Man müsste sich, und damit kommen wir auf die zweite Art der vorher angedeuteten Dislocationen, direct eine klaffende Spalte denken, und zwar müsste diese Spalte so tief klaffend gedacht werden, dass der Riss mindestens das Niveau einer der dem Gebirgskamme parallel laufenden Terraindepressionen erreicht, wenn man aus der Tektonik der Gebirgsmassen eine *raison d'être* für Querthäler und Flussdurchbrüche ableiten wollte.

Es wird jedoch bei den meisten Gebirgen schwer werden nachzuweisen, dass solche Vorgänge der Spaltenbildung in dem grossen Massstabe, wie man ihn anzunehmen genöthigt wäre, auch stattgefunden haben. Die relativ sehr unbedeutenden Risse, welche sich an einigen Stellen nach Erdbeben, wie z. B. in Calabrien gezeigt haben, kommen hier doch kaum in Betracht.

Richthofen (China, I. c. p. 119) scheint der Meinung zu sein, dass in dem westlich von Tse-tshou-fu sich erhebenden Kalkgebirge, welches von mehreren Bächen in engen Schluchten durchbrochen wird,

solche Spaltenbildung stattgefunden habe, aber dies wäre eben nur eine Voraussetzung, nicht ein aus Beobachtungen abstrahirtes Resultat.

Ich erinnere mich wohl aus der Literatur an einige Fälle, wo scheinbar die Annahme begründet ist, dass ein Fluss vorhandene Spalten aufgesucht und zu seinem Bett erweitert haben könnte. „Das Teplthal in Karlsbad, von der Karlsbrücke bis zur Franzensbrücke mit seiner dreimal gebrochenen Richtung ist ein ausgezeichnetes Spaltenthal, bedingt durch die Zerklüftungsspalten des Karlsbader Granits, welche die Tepl allmählig breiter ausgerissen.“ (F. Hochstetter, Karlsbad, seine geognostischen Verhältnisse und seine Quellen, Karlsbad 1856 p. 18.)

Doch sind das kleinliche Verhältnisse gegenüber den grossen Querthälern europäischer und asiatischer Hochgebirge. In manchen anderen Fällen sprechen die Autoren freilich von Spaltenthälern, indessen wohl nur deshalb, weil sie eben von dem Vorurtheil befangen sind, Querthäler müssten Spalten entsprechen, nicht weil sie den Nachweis für diesen Zusammenhang erbracht haben.

Ein etwas analoger Fall, wie der von Hochstetter bei Karlsbad beschriebene wird von Rütimeyer (l. c. p. 74 in der Anmerkung) erwähnt. Rütimeyer entnimmt einer brieflichen Mittheilung des Ober-Ingenieurs Hartmann folgende Thatsache: „Wenn man vom Bad Pfäfers durch die Taminaschlucht weiter geht, so würde man glauben, die Schlucht müsse sich ungemein tief abwärts unter das Wasserniveau erstrecken, weil die Wände auch aufwärts so steil und nahe beisammen sind. Dies ist aber hier doch nicht so. Vor circa 12 Jahren hat man das Taminabett gerade gegenüber der Quelle ungefähr 30 Fuss tief ausgegraben und quer durch das Flussbett compacten zusammenhängenden Felsen von einer Wand zur andern vorgefunden, in dessen Mitte sogar einige Thermen zum Vorschein kamen, die man auch gefasst hat. Es ist also die Erosion allein, welche die Thäler und Flussterrassen bildet, aber periodisch wieder verdeckt und ausfüllt.“ Rütimeyer macht hiezu die Bemerkung, dass die Thermen an eine „Spalte“ denken lassen, aber immerhin müsse das Wasser an der Bildung der Schlucht „so viel wie Alles“ geleistet haben und nur deren Richtung könne durch die Lage der Thermen beeinflusst worden sein.

Es ist übrigens die Bildung grosser klaffender Spalten, welche Theile einer Gebirgskette von einander reissen würde, schon *a priori* etwas Unwahrscheinliches, weil die mechanische Erklärung einer derartigen Erscheinung immerhin einige Schwierigkeiten macht.

Stellt man sich nämlich die Gebirge durch Contraction der Erdrinde entstanden vor, und das thun ja heute die Meisten, dann ist es nicht allein wahrscheinlich, sondern fast nothwendig, dass ausser den Druckrichtungen, welche senkrecht auf die Axen der Ketten angenommen werden müssen, auch, wengleich in geringerem Grade, ein Druck in der Richtung dieser Axe selbst thätig sein musste. Dieser letztere Druck musste zu einem Zusammenpressen der Gebirgsmassen in dieser Richtung führen und konnte die Bildung klaffender Spalten als einer normalen Erscheinung kaum gestatten. Nur wenn man im gegenheiligen Sinne die Tendenz einer Vergrösserung des Erdvolums und der Erdoberfläche als gegeben voraussetzen wollte, dann würde die Erzeu-

gung klaffender Spalten auf dieser Oberfläche als eine sehr natürliche allgemeine Erscheinung gedacht werden können.

In meinen Aufsätzen über die Tektonik des Albursgebirges (Jahrb. d. geol. R.-A. 1877, p. 31) und über den Vulkan Demavend in Persien (Jahrb. d. geol. R.-A. 1878 p. 190) wurden einige Erscheinungen berührt, welche wohl im Gegensatze zur Bildung klaffender Spalten ein sogar zur Knickung und Faltenbildung führendes Zusammenpressen der Schichten im Sinne eines in der Richtung der Gebirgsaxe wirkenden Druckes voraussetzen lassen. Ich habe dort von Knickungen und Biegungen des Streichens der Schichten und der Gebirgskämme gesprochen, wie sie sich in den persischen Gebirgen oder auch in den Karpathen bisweilen beobachten lassen, während diese Schichten oder Kämme dennoch im Ganzen trotz der localen, durch jene Biegungen repräsentirten Abweichungen eine allgemeine Durchschnittsrichtung beibehalten.

Spätere Untersuchungen werden vielleicht zu der Ueberzeugung führen, dass auch solche Störungen, wie z. B. jene Störungen in meridianer Richtung, deren ich in dem Aufsätze über die Tektonik des Alburs (p. 23) gedacht habe, und welche ein der allgemeinen Streichungsrichtung entgegengesetztes Streichen der Schichten bekunden, als Beweise dafür anzusehen sind, dass mit der Auftreibung eines Gebirges auch ein Druck im Sinne der Hebungsaxe verbunden sein kann oder muss.

Erst jüngst habe ich in den Karpathen, und zwar im oberen Flussgebiete des Opor zwischen Wolosianka und Chaszczowane, bei Tarnawka und in der Gegend von Plawie verschiedene Male ganz auffällig ein mehr oder minder meridianes Streichen der dortigen Sandsteinbänke wahrgenommen. Es gehörten diese Sandsteinbänke durchaus nicht etwa den ältesten der dort entwickelten Formationsglieder an, von denen man vielleicht glauben könnte, sie zeigten die Spuren einer älteren meridianen Hebung, während die Streichungsrichtung von NW—SO, die in den ostgalizischen Karpathen heute vorwaltet, erst später zur Geltung gelangte. Vielmehr hatte ich es mit relativ jüngeren Gliedern der Karpathen-Sandsteinformation zu thun, welche an anderen Stellen ihres Auftretens ein ganz regelrechtes Streichen bekundeten. In der That konnte ich auch den Uebergang jenes anomalen Meridianstreichens in das regelrechte Streichen an manchen Stellen beobachten. Zwischen Wolosianka und Chaszczowane wechselte das Schichtenstreichens fast mit jedem Schritt. Zweifellos hatte ich also kein besonderes, gerade in diesem Theile der Karpathen zum Ausdruck gelangtes Hebungssystem vor mir, sondern nichts als eine Biegung und wiederholte stellenweise Zusammendrückung der gewöhnlichen Streichungslinie. Es wäre mir schwer gefallen, hier in einem solchergestalt zusammengepressten Gebirge an die Möglichkeit von klaffenden Spalten zu glauben, wenn ich für die Entstehung der Quertäler des Opor und seiner Nebenflüsse nach einer besonderen tektonischen Ursache geforscht hätte.

Man würde sich auch darüber klar werden müssen, ob man jene klaffenden Spalten als plötzlich gebildet oder als langsam entstanden sich zu denken habe. Die erste Vorstellungsweise, welche, wenn es

sich um hohe Gebirgsketten handelt, einen erstaunlichen Grad von Einbildungskraft voraussetzt, dürfte den Meisten denn doch widerstreben, im zweiten Falle aber bliebe zu erörtern, ob nicht die der Spaltbildung nachfolgende Ausfüllung und Verkittung der klaffenden Ritze den gewünschten Effect zu Gunsten der Querthalbildung vereiteln konnte.

Doch das sind rein theoretische Betrachtungen, die sich über die Möglichkeit des Vorkommens von Durchbruchs- oder Querthälern, hervorgerufen durch Verwerfungen oder Spalten, verbreiten. Selbst diese Möglichkeit zugegeben, so ist doch eine Möglichkeit noch nicht in allen Fällen Wirklichkeit. Für die Alleghany's z. B., um auf das von Peschel gewählte Beispiel zurückzukommen, wäre das Zusammenreffen der dortigen Querthäler mit tektonischen Störungen der ange deuteten Art wohl erst noch durch positive Beobachtungen zu erweisen. Thatsache ist vielmehr, dass für eine nicht unbedeutende Zahl von Querthälern die Unabhängigkeit derselben von jenen tektonischen Störungen sich erweisen lässt oder erwiesen ist. Das Thal der Donau dort, wo dieser Strom aus dem ungarischen Tieflande kommend, zwischen Basiasch und Orsowa das serbisch-banater Gebirge durchschneidet, lernte ich (Geol. Notizen aus d. nordöstl. Serbien, Jahrb. d. geol. R.-A. 1870, p. 567) als ein reines Auswaschungsthal kennen. Wenn nun die geologische Zusammensetzung der dortigen Ufer auf beiden Seiten correspondirt, wenn dort sogar die Gesteinsbänke von der einen Seite auf die andere hinüberstreichen, derart, dass der Strom genöthigt wird, sich in den bekannten, die Schifffahrt so erschwerenden Katarakten Izlaz, Tachthalia, Greben und Juz über solche Bänke hinwegzustürzen, dann kann man dort doch weder eine Verwerfung annehmen, welche zum Durchbruche der Donau Veranlassung gegeben hätte, noch eine Spaltenbildung. In beiden Fällen hätte ja der heute so evident unter der Wasserbedeckung des Strombettes aufrecht erhaltene Zusammenhang der Gesteinsschichten beider Ufer unterbrochen werden müssen.

Ganz analoge Wahrnehmungen kann man bei vielen Flüssen der Karpathen machen. Die Thäler des Pruth oberhalb Delatyn, der Bystrica oberhalb Nadworna, der Lomnitza oberhalb Nniebylow, der Rybnica oberhalb Kossow sind der Hauptsache nach ausgezeichnete Querthäler, abgesehen von einigen kleineren Stücken des Flusslaufes, wo kurze Längsthäler den Querthälern eingeschaltet sind. Ueberall aber, wo diese Flüsse die Gebirgsketten quer durchschneiden, correspondiren die Ufer auf beiden Seiten sich vollständig. Nicht selten bilden die quer durch das Flussbett streichenden Gesteinsbänke Stromschnellen. Der Pruth stürzt sich mit seiner ganzen Breite oberhalb Jaremce sogar in einem stattlichen Wasserfall über die dicken Bänke des massigen Sandsteines der mittleren Gruppe der Karpathensandsteine. Ich erinnere hier ebenfalls an den Durchbruch des schwarzen Czeremosz durch die in ihrer Kammhöhe zu 5000 Fuss sich erhebende Kostrica-Kette oberhalb Zabie und die heftigen Stromschnellen daselbst; ich erinnere an den Umstand, dass man oberhalb Dolhopole bei niedrigem Wasserstande des weissen Czeremosz alle Gesteinsbänke, die quer durch das Flussbett streichen und die Continuität der Gesteinsschichten beider Ufer herstellen, sehr deutlich beobachten kann. (Paul und Tietze, Studien in der Sandsteinzone der Karpathen, Jahrb.

d. geol. R.-A. 1877, p. 112.) Die gleiche Erscheinung sieht man in ausgezeichneter Weise in den Querthälern des Opor und seiner Nebenflüsse nicht bloß an Sandsteinbänken, sondern sogar an zarten Schieferlagen.

In allen diesen Fällen muss die Annahme einer Verwerfung oder einer Spalte, durch welche der Schichtenzusammenhang unterbrochen und dem Wasser der Durchtritt ermöglicht wurde, absolut ausgeschlossen werden.

Wären solche Durchbrüche, wie z. B. der des Pruth unterhalb Mikulyczyn, wo er zwischen den Bergen Bukowna und Pryporec eine mächtige aus massigem Sandsteine bestehende Kette durchquert, in der That durch Spalten bedingt, dann dürfte man sich auch fragen, warum der Vorgang der Spaltenbildung, der ja innerhalb dieser Kette ein grossartiger gewesen sein müsste, auf diese Kette selbst und gerade auf die eine Gesteinszone beschränkt blieb, warum diese Spalte nicht eine Verlängerung bis in die angrenzenden Gesteinszonen gefunden hat. So aber sieht man den Pruth, nachdem er jene massigen Sandsteine durchquert hat, bis an die Gesteinszone der untercretacischen Ropiankaschichten (Schiefer und dünngeschichtete Sandsteine) herantreten, um dann sich wieder zurück, nach der Gesteinszone der massigen Sandsteine zu wenden, um denselben im Streichen zu folgen und um dann erst unterhalb Jamna diese Zone endgiltig zu durchbrechen, bei welcher Gelegenheit er jenen früher erwähnten Wasserfall bildet. An der Stelle, wo er mit annähernd südnördlicher Richtung die Ropiankaschichten antrifft und dann ein Knie bildet durch eine Beugung nach Westen, sieht man an dem Abhange der Ropiankaschichten gar keine Spur davon, dass deren Schichtenzusammenhang durch eine Störung in jener Richtung jemals unterbrochen gewesen wäre. Nichts deutet auf die Fortsetzung einer Spalte hin. Derartige Beispiele liessen sich aus den Karpathen noch manche anführen.

Ebenso betrachte ich die Querthäler des Alburs als reine Erosionsthäler. Was den Heras anbelangt, so glaube ich in den Bemerkungen über die Tektonik des Alburs (p. 45—47) den Nachweis geführt zu haben, dass dessen Thallauf als ein solches aufzufassen ist, und dass wenn Horizontalverwerfungen längs desselben vorgekommen sind, dieselben bisher jedenfalls einen unbedeutenden Gesamteffect zur Folge hatten und überdies einer jüngeren Zeit angehören als die, in welche der Beginn der dortigen Thalbildung zu setzen wäre.

Ich will nur noch mit einigen Worten auf eine Bemerkung Grewingk's (die geognostischen und orographischen Verhältnisse des nördlichen Persien, Petersburg 1853, p. 109) eingehen, der den Lauf des Talar kurz bespricht und Folgendes sagt: „Dann beginnt am Nordabhange¹⁾ und Fusse des Gebirges der tiefe, dem Herasbeete entsprechende Einschnitt, durch welchen der Talar fliesst, und dem der Weg bis Aliabad folgt. Bei Abassabad öffnet sich die Schlucht ein wenig und legt Sandstein bloß, doch wird sie bald wieder enger, ohne dass die Schichtanordnung ihrer beiden Seiten analog wäre.“ Diesen Worten

¹⁾ Anmerkung: Bei Grewingk ist hier augenscheinlich in Folge eines Druck- oder Schreibfehlers „Südabhange“ zu lesen.

zufolge könnte man in der That glauben, der Talar folge der Linie einer horizontalen Verschiebung der Gebirgsmassen. Ich muss dieser Auffassung jedoch auf das Entschiedenste widersprechen. Ueberall wo sich der Fluss durch die Kalk- und Sandsteinzüge dieser Gegend durcharbeitet, correspondiren sich die Ufer, namentlich an den Stellen, wo von einem echten Querthal gesprochen werden kann, beiderseits vollständig in ihrer Zusammensetzung. Es kommen nur an einigen Stellen locale Absätze von jüngerem Kalktuff vor, welche unter Umständen auf die eine oder die andere Seite des Thales beschränkt bleiben, was dann den Eindruck hervorrufen kann, als seien die beiden Thalseiten verschieden zusammengesetzt. Es braucht aber wohl nicht erst auseinandergesetzt zu werden, dass dieses Vorkommen von Gesteinen, die sich erst bildeten, nachdem die heutige Thalfurche schon annähernd fertig war, hier gar nicht in Betracht kommt.

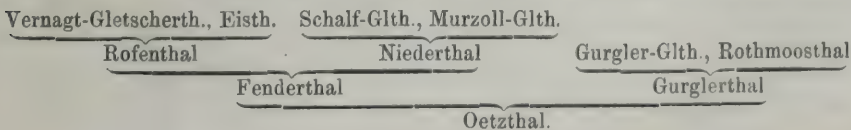
Rütimeyer hat von verschiedenen der bedeutenderen Querthäler der Schweizer Alpen nachgewiesen, dass andere Kräfte als diejenigen der Erosion an deren Bildung unbetheiligt waren.

Was Querthäler in den östlichen Alpen anbelangt, so möchte ich ganz besonders auf den vor kurzer Zeit erschienenen Aufsatz von Supan verweisen (Studien über die Thalbildungen im östlichen Graubünden und in den Centralalpen Tirols, als Beitrag zu einer Morphologie der genannten Gebiete, in den Mittheilungen der geographischen Gesellschaft in Wien, 1877 p. 293).

Supan spricht sich auf das Bestimmteste gegen die Spaltentheorie aus. Er hebt (pag. 360) hervor, dass die Thäler des Oetzthaler Massivs Schichten durchqueren, welche ohne die geringste Störung von einer Thalwand zur andern hinübersetzen. „Wie könnte unter diesen Umständen an Spalten gedacht werden, wenn diese bei der plötzlichen Erhebung des Gebirges entstanden sein sollen?“

„Es ist eine eigenthümliche Erscheinung“, sagt Supan an einer anderen Stelle, „wie lange sich oft logische Ungeheuerlichkeiten in der Wissenschaft behaupten können. Wenn man nach dem Ursprunge der Thäler fragte, so antwortete man mit den Spalten; fragte man nach dem Beweise für die Existenz der Spalten, so antwortete man mit den Thälern. Man construirte zuerst Hebungsgruppen nach den jetzigen Thalverhältnissen (vergl. Sonklar, Atlas der Oetzthaler Gruppe, Tab. 9) und leitete dann die heutigen Thalverhältnisse aus diesen Hebungsgruppen ab. Aber seitdem ein für allemal festgestellt worden, dass im dislocirten Gesteine alle Querthäler Spalten sein müssen, hatte man jedes Gefühl für die Unstatthaftigkeit dieses *circulus vitiosus* verloren.“

Sehr scharfsinnig ist der Beweis, den Supan gegen die Unhaltbarkeit der Spaltentheorie aus den Verhältnissen der Verzweigung des Oetzthales (l. c. p. 361) ableitet. Alle Thäler verzweigen sich dort in ihrem oberen Theile in zwei oder mehrere Arme, diese verzweigen sich abermals nach oben u. s. w. Supan zeigt dies an folgendem Beispiele:



„Es ist undenkbar, dass die Spalten sich in dieser Weise und so regelmässig vertheilen konnten.“ Wenn man, meint Supan, nach einem Regengusse irgend einen Bergabhang von nicht allzusteiler Böschung betrachtet, so wird man finden, dass die Rinnsale in der Regel nicht direct von der Höhe in's Thal herunterziehen, sondern diagonal einander zulaufen, um sich endlich zu einer Rinne zu vereinigen. Ganz dasselbe geschieht in den Oetzthaler Alpen im Grossen. Ausserdem stimmt der Lauf der Bäche daselbst (l. c. p. 334) mit der allgemeinen Abdachung des Massivs vollkommen überein.

Auch die Querthäler des Venediger betrachtet Supan (l. c. p. 395) ebenso wie die des Oetzthaler Massivs als Erosionsthäler.

Wir haben uns also vergegenwärtigt, dass viele Querthäler in ihrer Entstehung mit präexistirenden Verwerfungen und Spalten nichts zu thun haben, dass sie vielmehr durch Erosion entstanden sind, und wir haben doch andererseits früher betont, dass die Erosion für sich allein einem fertigen Gebirge gegenüber unmöglich einen Durchbruch der verschiedenen Ketten bewirken konnte, aus denen es zusammengesetzt ist. Die Erosion konnte eben nur von den Kämmen nach abwärts verlaufende Querschnitte bewirken, aber keinen vollendeten Durchstich der Kämme.

Wir stehen da vor einem scheinbaren Widerspruche, den wir nur dann zu lösen versuchen können, wenn wir den Gedanken von der langsamen, ganz allmäligen Erhebung der Gebirge uns völlig aneignen, mit einem Worte, wenn wir annehmen, dass vorhandene oder angedeutete Thalfurchen in demselben Masse von ihren ersten Anfängen an ausgetieft worden sind, als die Gebirge sich gehoben haben. Hat ja doch Dana (Manual of geology, II. edition, New York 1874, p. 358) die Aufeinanderfolge verschiedener Thalterrassen in Flussthalern als Beweis für die fortgesetzte Hebung des betreffenden Landes aufgefasst und damit die Idee angedeutet, dass die Wasserläufe sich den Veränderungen der Höhenverhältnisse des Bodens anpassen mussten.

Von dem Augenblicke angefangen, als die Bewegung der Emporhebung einer Kette begann, hatte auch die Erosion bereits Gelegenheit einzuwirken. Lag nun das Gebiet, dessen seculare Emporhebung nicht allein, sondern dessen Faltung und Störung begann, vor einem Stück älteren Festlandes von damals etwas höherem Niveau, so hatten die von diesem Festlandskern ausgehenden Wasserläufe Gelegenheit, sich quer in diejenigen Massen einzuschneiden, welche nach und nach einer weiteren Hebung und Faltung entgegengingen, und zwar geschah das Einschneiden um so leichter, je leichter die Energie des bewegten Flusswassers mit der Energie der Hebung gleichen Schritt halten konnte. In der Regel dürfte nun bei einem genügend grossen oder genügend rasch fliessenden Flusse die Energie seiner Wirkungen, seiner sägenden und einschneidenden Kräfte wohl die Energie der fortgesetzten Hebung und Faltung der durchsähten Massen übertreffen haben, denn es wird uns heutzutage ja doch leichter uns von den nagenden Wirkungen der Flüsse eine Vorstellung zu machen, als einen Massstab zu gewinnen, mit dem man die Schnelligkeit der Hebung eines Gebirges messen könnte. Die Thätigkeit der Flüsse konnte also, wie wir an-

nehmen dürfen, in der Regel der Thätigkeit der gebirgsbildenden Kräfte gegenüber einen Vorsprung oder einen Vortheil voraus haben, oder mit anderen Worten: ein Fluss war durchschnittlich eher in der Lage die Wirkungen der Gebirgsfaltung zu überwinden, als diese Faltung im Stande war, den Fluss zu stauen oder abzulenken.

Es liegt in der Natur der Sache, dass man in der Regel dort, wo ihrem Formationsalter nach ältere Gesteine auftreten, auch solche ältere Festlands- oder Gebirgskerne am ehesten vermuthen darf, wie sie das Gebiet des frühesten Ursprungs von Flüssen bezeichnen können, deren Lauf in dem Masse länger werden musste, als das Festland sich gegen das Meer hin vorschob. Ich sage ausdrücklich in der Regel, denn dass in manchen Fällen umgekehrt Gebirge aus jüngeren Gesteinen gebildet erscheinen, während ältere Formationen in der Nähe keine wesentliche Hebung oder Störung erlitten haben, lässt sich nicht läugnen und komme ich auf die Beziehung dieses Umstandes zu der vorliegenden Frage noch zurück. In der That aber kann man nicht selten beobachten, dass ältere krystallinische Massive, wo sie nur einigermaßen geschlossen auftreten, auch Wasserscheiden sind. Ein solches Massiv ist beispielsweise der Böhmer Wald, ist das Riesengebirge. Die Elbe durchbricht dort, wo sie aus Böhmen hinaustritt, auch nicht den altkrystallinischen Wall des sächsischen Erzgebirges. Sie folgt vielmehr der alten, heute freilich ausgefüllten Terraindepression, durch welche die Verbindung des böhmischen Kreidebeckens mit dem sächsischen und norddeutschen Kreidemeer vermittelt wurde. B. v. Cotta (der innere Bau der Gebirge, Freiberg 1851, p. 52) nimmt sogar an, dass noch nach der Kreidezeit eine Meerenge statt des Elbethales das böhmische Becken mit der Nordsee vereinigte. Das Thal der Elbe ist also ein altes Thal und wenn Peschel (l. c. p. 157) geltend machte, dass die Höhenränder des Grenzgebirges zwischen Böhmen und Sachsen, dort wo die Elbe durchbricht, nicht unter 1200 Fuss herabsinken, während die Elbe vorher eine muldenförmige Einsenkung durchfließt, die nur 600 Fuss Höhe besitzt, so ist es deshalb noch nicht nöthig, einen klaffenden Spalt anzunehmen, welcher der Elbe erst nach der Aufrichtung jenes Gebirges den Durchtritt gestattet hätte.

Auch das krystallinische Massiv der Centralalpen bildet im Ganzen eine vollkommene Wasserscheide. Es gibt keinen Fluss, der vom Nord- oder Südfusse der Alpenkette her dieselben in ihrer Gesamtbreite durch das krystallinische Massiv hindurch verqueren würde, um die andere Seite dieses Hochgebirges zu erreichen, obschon es der Theorie von den Spalthälern nicht darauf ankommen dürfte, auch hier derartige Flussdurchbrüche ganz plausibel zu finden, denn je grossartiger der Hebungsact des Gebirges war, desto mehr konnten die Massen zerrüttet werden, desto leichter wäre ja bei einiger Kühnheit die Annahme von riesigen Spalten in solchen Hochgebirgen, die den Verhältnissen der Hebung entsprechend, viel bedeutender sein könnten, als die Spalten in Gebirgen von bescheidenen Dimensionen. Wird ja doch die viel höhere Kette des Himalaya von Flüssen wie der Indus und der Brahmaputra durchschnitten, warum hätte dergleichen in den Alpen nicht möglich sein sollen. Das kommt aber, wie gesagt und wie bekannt, nicht vor.

Der Grund hievon ist wohl nur darin zu suchen, dass die altkrystallinischen Centralgesteine der Alpen, vielleicht theilweise im Vereine mit den paläozoischen Schichten dieses Gebirges, schon seit sehr langer Zeit eine Festlandserhebung markiren.

Die Meinung, die Alpen seien erst in der Tertiärzeit entstanden, weil tertiäre Schichten noch an den Störungen des Alpengebietes theilnehmen, ist wohl nur mit grossen Einschränkungen zulässig. Die Idee einer allmählichen Entstehung dieses Hochgebirges, der zufolge die Störungen, welche der Tertiärzeit angehören, nur die Nachfolge früherer ähnlicher Vorgänge sein können, hat sich auch schon in älterer Zeit hie und da in der Literatur geltend gemacht. Später hatte Güm-
bel hervorgehoben, dass die Hauptmasse der Trias entschieden vor den älteren Gebirgstheilen liegt, welche den Uferrand des triadischen Meeres bildeten. Von den diesbezüglichen Auslassungen aus neuerer Zeit erinnere ich in erster Linie an die Arbeit des Herrn v. Mojsisowicz über den Rhätikon (Jahrb. d. geol. R.-A. 1873, p. 137). „Die genauere Untersuchung“, sagt Mojsisowicz, „der unmittelbar die krystallinische Mittelzone begrenzenden Theile der mesozoischen Nebenketten ergibt die Existenz uralter bedeutender Bodenschwankungen und lehrt zugleich die Unhaltbarkeit der so plausibel erscheinenden Hypothese kennen, nach welcher die Mittelzone einst von einer zusammenhängenden Decke mesozoischer Bildungen überspannt gewesen wäre, die die Verbindung der Nebenketten hergestellt hätte und erst bei der späteren Erhebung der Mittelzone zersprengt und entfernt worden wäre.“ Die Centralgesteine der Alpen stellten also bereits zur Triaszeit eine über das Meeresniveau gehobene Bodenanschwellung vor und die von dieser Bodenanschwellung ausgehenden Wasserläufe hatten Zeit und Gelegenheit sich in die denselben vorgelagerten Massen der triadischen und der späteren Perioden einzuschneiden, während diese Massen sich langsam zu den imposanten Ketten aufthürmten, deren mächtige und wildzerrissene Gipfel heute die Zielpunkte so vieler Wanderungen sind.

Es ist nicht ohne Interesse die diesbezüglichen Verhältnisse in den Karpathen zu betrachten, deren ältere und älteste Gesteine ja bekanntlich im Gegensatz zu den Verhältnissen der Alpen keine geschlossene Mittelzone bilden. Immerhin treten aber in diesem Gebirgszuge mehr oder minder grosse Schollen derartiger Gesteine auf.

Es ist bekannt, dass an den Grenzen der Marmarosch und Siebenbürgens einerseits und der Bukowina und eines Theiles von Ostgalizien andererseits ein Massiv alter krystallinischer Schiefer sich ausbreitet. Dieses Massiv besitzt, wie schon B. v. Cotta hervorhob, den Charakter eines Plateaus. Seine mittlere Höhe gibt Paul auf 3500—4000 Fuss an. Dieses krystallinische Massiv, an welches sich im Norden zunächst Conglomerate des Verrucano, dann Kalke der Trias und endlich die Karpathensandsteine anlagern, spielt in der That die Rolle einer Wasserscheide. Die daselbst entspringenden und nordwärts gehenden Flüsse durchbrechen Gebirgsketten von bedeutenderer Höhe als es die Höhe des krystallinischen Plateau's ist. Dieses Verhältniss wird um so auffälliger, als der Beginn dieser Flussthäler noch im Gebiete des krystallinischen Massivs bereits sehr tief eingeschnittene

Erosionsfurchen zeigt (Paul, Grundzüge der Geologie der Bukowina, Jahrb. der geol. R.-A. 1876, p. 268), so dass die Flüsse vor dem Durchbruche der betreffenden Ketten bereits ziemlich tiefe Niveau's erreichen.

Nun ist kein Zweifel darüber, dass wir es hier mit einer alten Festlandsinsel zu thun haben. Schon die Verrucanoconglomerate liefern den Beweis dafür, dass bereits zur paläozoischen Zeit die Brandung des Meeres hier Küstenlinien vorfand. Wir sind deshalb wohl berechtigt, anzunehmen, dass Flüsse, welche wie die Moldawa und der schwarze oder der weisse Czeremosz innerhalb dieses altkrystallinischen Massivs ihren Ursprung nehmen, in ihrem Oberlauf älter sind als in ihrem Unterlauf.

Gerade bei diesen Flüssen kann zudem von tektonischen Störungen, denen sie gefolgt wären, nicht die Rede sein. An nicht wenigen Stellen ihres Laufes innerhalb der Zone der karpathischen Gebirgsaufrichtung sieht man, wie schon früher gesagt, die Schichten quer durch den Fluss von einer Seite zur andern hinüberstreichen.

Auch die nach Rumänien gehenden Flüsse Bistriczora, Bekas und Tatros entspringen im Gebiete der krystallinischen Urgesteine Siebenbürgens und durchsetzen dann die jüngeren Ablagerungen in Querthälern. Andererseits erhält auch der später das aus Trachyt bestehende Hargitta-Gebirge durchsetzende Maros-Fluss seine Zuflüsse aus dem krystallinischen Massiv des Szekler Landes, dennoch erreichen (siehe Herbich, das Szeklerland mit Berücksichtigung der angrenzenden Landestheile, geologisch und paläontologisch beschrieben, Jahrb. der kgl. ungar. Anst. Pest 1878, p. 47) diese krystallinischen Gesteine keine bedeutenden Höhen, ja nicht einmal die der hohen Gipfel des Sandsteinterrains oder Trachytgebirges im Szeklerlande selbst.

Die Waag in Nord-Ungarn erhält einen grossen Theil ihrer Zuflüsse von den in ihrem inneren Kern aus altkrystallinischen Gebilden bestehenden Gebirgen südlich der Tatra. Sie durchbricht allerdings später zwischen Sučani und Varin oberhalb Sillein noch einmal den Granit des sog. Klein-Krivangebirges. Nun aber ist dieses letztere nur eine Fortsetzung des Granitzuges der Tatra. M. Neumayr spricht (Jahrb. d. geolog. R.-A. 1871, p. 535) vom Klein-Krivangebirge, der Tatra und dem Granit des Branisko als von einer offenbar jüngeren vorgeschobenen Kette im Gegensatze zu den älteren, südlich gelegenen centralen Theilen der Karpathen. Es möchte also auch dieses Beispiel unserer Betrachtungsweise nicht widersprechen.

Ein Fluss jedoch, welcher noch viel auffälligere Erscheinungen seines Verlaufes zeigt, ist der Poprad in den mittleren Karpathen, insoferne derselbe auf der Südseite der Karpathen entspringt und die ganze Kette durchbricht, um auf deren Nordseite mit dem Dunajec vereinigt und unter dessen Namen das Gebirge zu verlassen.

Der Poprad aber erhält seine Zuflüsse aus einem nicht hohen, jedoch sehr alten Gebirge, nämlich von den Ausläufern der Kralowa Hora, welche in ihrem innersten Kerne aus Gneiss zusammengesetzt ist, dem sich dort paläozoische und triadische Schichten anlagern, von einer Gebirgsscholle also, welche in Bezug auf das Alter, der sie

zusammensetzenden Gesteine nicht allein bedeutend älter ist als der Flysch, sondern auch als die Gesteine des Zuges der jurassischen Kalkklippen, welcher vom Poprad bei Ujak geschnitten wird.

In der Gegend von Sandec vereinigt sich der Poprad mit dem Dunajec, welcher seinerseits auf der Nordseite der in ihrem Kerne granitischen Tatra entspringt, die karpathische Hauptklippenlinie südlich von Neumarkt durchbricht, dann für einige Zeit eine westöstliche Richtung annimmt, um schliesslich die Sandsteinzone der Karpathen quer zu durchschneiden.

Poprad und Dunajec entspringen also in einem Gebiet, dem die ältesten Gebirgsschollen des karpathischen Systems in jener Gegend angehören, und die Weichsel, welcher sie ihre Wassermassen zuführen, müsste von Rechtswegen ein Nebenfluss des Dunajec, bezüglich des Poprad genannt werden, da sie mitten im Karpathensandstein entspringt, so dass ihr Anfang jedenfalls erst aus der Zeit nach Erhebung der Flyschzone datirt.

Von dieser Art der Auffassung und von diesem Beispiel ausgehend, darf man sich mit der von anderer Seite ausgesprochenen Idee eines Fortschreitens der Gebirgsbewegung und eines Anwachsens der Karpathen nach Norden zu sehr wohl befreunden.

In analoger Weise wird man vielleicht die Durchbrüche des Potomac, Susquehannah und Delaware durch die Alleghany's erklären können, auf welche sich, wie wir sahen, Peschel berief, um die Annahme von Spalten als für derartige Durchbrüche nothwendig zu unterstützen. Wenn nämlich nach der Auffassung Dana's der sich ja bei seinen Betrachtungen vorzüglich auf die Appalachen stützt, das Hinzufügen neuer Parallelketten an die früher bestandenen seewärts geschah, wenn also dieser Theil von Nordamerika allmählig nach Osten hin gewachsen ist, dann konnten auch jene Flüsse sich in die von der gebirgsbildenden Bewegung erfassten Gebiete einzuschneiden beginnen zu einer Zeit, als dieses Gebiet eben noch nicht wie heute höher lag, als das Quellgebiet dieser Flüsse.

Ist nun unsere Annahme richtig, so liegt darin ein Beweis mehr für die Richtigkeit der Dana'schen Hypothese über die Art der Gebirgsbildung in dem östlichen Theile der Vereinigten Staaten. Auf diese Weise kann also die eine Hypothese durch die andere controlirt werden und in der Möglichkeit des Nebeneinanderbestehens zweier derartiger Annahmen, die von so verschiedenen Gesichtspunkten und Bedürfnissen ausgehen, liegt eine Garantie für diese Annahmen selbst.

In dem erwähnten Falle, betreffend die Alleghany's, könnte zwar Jemand eine Schwierigkeit in dem Umstande erblicken, dass die genannten Flüsse ihren Ursprung nicht im Bereiche der ältesten Gesteine ihres Flussgebietes nehmen.

Wer die von Hermann Credner entworfene geologische Karte des Alleghany-Systems in Petermann's geographischen Mittheilungen (1871, Taf. 3) betrachtet, gewahrt allerdings, dass die huronische Schieferformation und die laurentinische Gneissformation die von den besprochenen Flüssen zuletzt und erst in ihrem unteren Laufe durchschnittenen Gesteinszonen sind (abgesehen von dem tertiären und qua-

ternären Vorland an der Küste), indessen handelt es sich eben nicht in erster Linie um das Alter der Gesteine, welche die Ufer eines Flusses bilden, sondern um das Alter der Gebirgserhebung, die von dem Flusse durchquert wird.

Man kann das an einem näher liegenden Beispiele aus Ost-Galicien noch anschaulicher machen. Der aus der gehobenen Sandsteinzone der Karpathen kommende Dniestr bewegt sich nach seinem Austritte aus dem Gebirge in einem aus Kreide, aus jungtertiären und quaternären Bildungen bestehenden flachhügeligen Lande, bis er endlich in der Gegend von Zaleszczyky und von da an weiter abwärts sich in altpaläozoische Schichten einschneidet, deren fast horizontale Lagerung bekannt ist. Würde nun im Laufe der kommenden Zeiten die Gebirgsbewegung, die in den Karpathen zum Ausdrucke gelangt ist, weitere Wellen nach Norden werfen und sie hat ja, wie ich im Vereine mit Paul nachgewiesen habe, stellenweise bereits den Südrand der weiter nördlich noch flach gelagerten jüngeren Mediterranbildungen erfasst, würden sich also den Karpathen nach Norden zu neue Gebirgsketten vorlegen bis in die Gegend von Zaleszczyky oder Onuth hin, dann würde dort diese äusserste Kette des zukünftigen Karpathensystems aus viel älteren Gesteinen bestehen, als die Flysch-Ketten, aus denen der Dniestr kommt, und doch würde sie als Kette, als Gebirgserhebung viel jünger sein, als die anderen zum Theil aus Tertiärgesteinen bestehenden Erhebungen, deren Wassermengen durch die aus silurischen Kalken gebildeten Schluchten der nördlichsten Kette, dann ihren Ausweg suchen müssten.

In der Regel allerdings werden Gesteinszonen, je älter sie in stratigraphischem Sinne sind, auch desto mehr Gelegenheit und Zeit gehabt haben, an Gebirgsstörungen theilzunehmen. Deshalb wird man theoretisch geneigt sein, ursprüngliche Wasserscheiden eher im Bereiche der ältesten Bildungen als im Bereiche der jüngsten Gesteine aufzusuchen, aber wie gesagt, eine solche Symmetrie der Verhältnisse wird nicht überall erkannt werden können.

Wir haben vorhin im Vorübergehen des Indus und des Brahmaputra gedacht. Diese Flüsse durchschneiden das mächtigste und höchste Gebirge der Welt. Wollte man bei diesen Flussthälern den Anlass zur Bildung von Erosionsfurchen in dem von uns bereits früher ablehnend erörterten Sinne suchen, dass eine Stauung des Wassers jenseits der durchbrochenen Ketten stattgefunden habe, bis der niederste Punkt des Gebirgswalles erreicht wurde, und bis mit der Ueberfluthung des Walles auch die Bildung eines Querdurchbruches ihren Anfang nahm, so käme man, eben weil der Himalaya heute das höchste Gebirge der Welt ist, in eine nicht geringe Verlegenheit, wenn man sich die anderen Uferlinien für ein derart gestautes, rings geschlossenes Wasserbecken denken sollte. Die Theorie andererseits, welche in diesen Flussdurchbrüchen Spalten erblicken wollte, wäre gezwungen, hier eine beträchtliche Steigerung der Phantasie ihrer Anhänger in Anspruch zu nehmen.

Im Sinne der Anschauungen jedoch, die wir soeben für die diesbezüglichen Verhältnisse in den Alleghany's, den Alpen, den Karpathen

und für den Lauf der Elbe entwickelten, wird sich das Räthsel wahrscheinlich in minder gewaltsamer Weise und viel natürlicher lösen lassen.

Der Indus und der Brahmaputra entstehen in dem Gebiet, welches sich auf der Südseite der grossen Bodenerhebungen befindet, die zum Karakorum und zum Kwenlun gehören. Es unterliegt nach den Angaben Stoliczka's und Richthofen's keinem Zweifel, dass diese Gebirge ein hohes, jedenfalls ein viel höheres Alter besitzen, als der Himalaya. Bereits zu Ende der silurischen Periode, sagt Richthofen (China 1. Bd. p. 224) ragte der Kwenlun als ein bedeutendes Gebirge auf. „Seitdem scheinen seine Kämme nie mehr von Wasser bedeckt gewesen zu sein, wenn er auch in der Steinkohlenperiode einen Zuwachs an seinen Flanken erhalten hat.“ In dieser Weise ragt der Kwenlun „als ein riesenhaftes Monument aus der frühesten Erdgeschichte in die Gegenwart“ herein. Seine einstige Höhe hat vielleicht die heutige Höhe des Himalaya übertroffen, wenn man die colossalen Abtragungen berücksichtigt, denen er im Laufe der Zeiten ausgesetzt war.

Etwas jünger erscheint das System des Karakorum, obschon dessen Entstehung schon mit der triadischen Zeit abgeschlossen war. (Vergl. Zeitschr. deutsch. geol. Ges. 1875, p. 240.) Der Himalaya ist aber das jüngste der grossen Hochgebirge im Norden Indiens. Frhr. v. Richthofen hat diesen Verhältnissen der vorhandenen Literatur nach, besonders aber fussend auf den Beobachtungen Stoliczka's ein specielles Studium gewidmet und schreibt am Ende seiner diesbezüglichen Betrachtung: „Es geht hieraus die Schlussfolgerung hervor, dass der Kwenlun das älteste Gebirge der ganzen Gruppe ist, und dass ihm nach und nach von der Südseite, und zwar mit veränderter Richtung der Faltungen, die anderen Gebirge angewachsen sind. Der breite Raum zwischen seinem Südfuss und der indischen Ebene war während der Steinkohlenperiode und dann wieder während der zweiten Hälfte der Triasperiode vom Meer bedeckt, wenn auch damals schon einzelne, aus azoischen und silurischen Gesteinen bestehende Ketten aufgeragt und die Richtung der späteren Erhebungen vorgezeichnet haben mögen. Es erfolgte von der zweiten Hälfte der Triasperiode jene Unterbrechung der Meeresbedeckung, welche Stoliczka bezüglich des Himalaya hervorgehoben hat, und die Zusammenfaltung grösserer Gebirgsketten am Schluss der rhätischen Periode. Die Gegend nördlich vom Indus blieb hinfort über dem Meer und bildete ein Gebirgsland zur Seite des Kwenlun, während im Gebiete des jetzigen Himalaya in grossen Buchten und Becken die Jura- und Kreidegebilde zur Ablagerung kamen. In der letzten dieser beiden Perioden reichte auch am Nordfuss des hohen Kwenlun das cenomane Meer wenigstens zu einer Höhe, welche durch die jetzige Niveaulinie von 2000 M. bezeichnet wird. In der Eocänzeit schlossen die Nordgehänge des Himalaya mit dem Land im Norden des Indus eine Meeresbucht ein, in welcher sich Schichten in der Mächtigkeit von 5000 Fuss absetzen konnten. Es war wahrscheinlich eine Periode langsamer Senkung, in welcher die Ablagerungen allmählig die Depression erfüllten. Denn Tiefseegebilde kommen nicht vor. Insbesondere fehlen Kalksteine. Rothe und grüne Thonschiefer, in denen sich nur

untergeordnete Einlagerungen von Conglomeraten finden, deuten auf ungestörten Niederschlag der durch die Flüsse von den umgebenden Gebirgen herabgeführten Zerstörungsproducte. Der Hebung, welche seitdem stattgefunden hat, verdankt der Himalaya seine grosse Höhe.“

Es ist kaum nöthig, diesen Worten, wenn wir dieselben im Sinne unserer Ausführungen benützen wollen, noch eine Erläuterung beizufügen. Wenn die Gegend nördlich vom Indus seit dem Ende der Triaszeit über den Meeresspiegel erhoben blieb, wenn noch in der Eocänzeit eine Meeresbucht bis an diese alte Küste reichte, dann konnte ein von dem alten Festlande kommender Fluss in den späteren Abschnitten der Tertiärperiode sehr gut, soweit es trocken gelegt war, in das zum Theil flache, zum Theil hügelige Vorland des alten Festlandes sich einschneiden und diese Einschnitte vertiefen, während die Faltung und Aufthürmung des Himalaya bis zu seiner heutigen Höhe vor sich ging. Dass solch ein Fluss dabei die bereits früher zu relativ grösseren Berg- oder Hügelreihen gehobenen Theile des entstehenden Gebirges umging, dass also weder Indus noch Brahmaputra in gerader Linie von ihren damaligen Quellen her den heutigen Himalaya durchflossen, ist durchaus begreiflich und wohl ein Beweis mehr für den eigentlich sehr einfachen Gedanken, dass Flüsse ein Gebirge nicht aufsuchen, um es zu durchbrechen, wie man den bisher geläufigen Anschauungen gemäss, fast annehmen müsste, sondern dass sie zu allen Zeiten wie heute stets die vorhandenen Terraindepressionen aufgesucht haben.

Im Sinne der soeben entwickelten Gesichtspunkte gewinnt die Thalfurche des Sefidrud im nördlichen Persien eine ganz besondere Bedeutung. Schon C. Ritter (Erdkunde, 8. Theil, Berlin 1838, p. 614) nennt das Flusssystem des Sefirud (Kisil Usen) „das einzige grössere durchbrechende Stromsystem Persiens, welches durch seine Stellung am Westende der Plateaubildung im Maximum der horizontalen Verengerung desselben und auf dessen Uebergange zu der Umgestaltung der Oberfläche in die Alpenländer Aserbeidschans und Kurdistans eine wahre Naturgrenze verschiedenartiger Länderformen oder Ländertypen bildet.“ Die Berechtigung gerade diese Thalfurche zur westlichen Begrenzung des Albursgebirges gegen die Gebirge von Massula und Talysch zu verwenden, wie ich dies in der Einleitung zu meinen Bemerkungen über die Tektonik des Albus vorgeschlagen habe, tritt jedenfalls deutlich hervor, wenn sich herausstellt, dass diese Thalfurche als die einzige, welche die ganze persisch-caspische Küstenkette durchquert, auch als das älteste dieser Querthäler angesehen zu werden, die Aussicht hat.

Das Quellgebiet des in seinem oberen Laufe Kisil Usen genannten Sefidrud liegt (Ritter l. c. p. 616) etwa in der Gegend der Abbas Bey-Berge im NNW von Sennah, am nordöstlichen Abhange des Systems der Zagrosketten. Nach der von Loftus (quaterly journal 1855) entworfenen Karte der südwestlichen persischen Gebiete würde man es dort mit einem altkrystallinischen Terrain zu thun haben. Auch andere Gebiete, die zu dem Wassergebiete des Kisil Usen oberhalb dessen Durchbruch durch die Küstenkette gehören, scheinen derartiger Natur zu sein. Wenigstens gibt Dupré das Vorkommen von Graniten im Buguschkuh (nordwestlich von Mianeh) an.

Auf der Höhe des Gebirges (Grewingk l. c. p. 86) zwischen Altünkusch und Doegna, d. i. im Bulkus-Kuh östlich Sendschan (oder Zengan) gehen Granit und Syenit zu Tage. Grewingk (l. c. p. 125) hielt es überhaupt für wahrscheinlich, dass in dem ganzen Gebiete südlich und südwestlich des westlichen Theiles der persisch-caspischen Küstenkette, nämlich im Bulkus-Kuh, im Kuh-Karawul und im Bugusch-Kuh Granite auftreten. Damit würde auch eine Angabe Filippi's (*note di un viaggio in Persia. Milano 1865, p. 203*) gut übereinstimmen, der in der Gegend seitlich von Zainkale (östlich von Sultanieh) grosse Massen von Granit beobachtete.

Während also dem eigentlichen Alburs, wie ich in den Bemerkungen über die Tektonik desselben nachwies, eine die Südseite desselben begleitende Zone altkrystallinischer Felsarten fehlt, treten Andeutungen einer solchen Zone auf der dem Hochlande zugekehrten Seite der nordwestlichen Hälfte der persisch-caspischen Küstenkette auf, und der Kisil Usen empfängt, ehe er als Sefidrud die Küstenkette durchbricht, Zuflüsse aus Gebieten dieser Zone, also aus Gebieten, welche als Festlandserhebungen möglicherweise viel älter sind als die Erhebung der heutigen Küstenkette.

Freilich sind wir bei so wenig bekannten Gebirgen vorläufig nur auf Vermuthungen angewiesen. Indessen möchte ich doch auf eine Thatsache hinweisen, aus der hervorgeht, dass das Flussthal des Sefidrud mit seiner Dependenz, dem Thal des Schahrud oberhalb Mendschil, immerhin einer relativ älteren Terrainvertiefung entsprechen kann.

Ich habe in früheren Publicationen betont, dass die miocäne persische Salzformation nur auf der Südseite des Alburs vorkommt, dass dieselbe aber auf der caspischen Seite des persisch-caspischen Küstengebirges durchaus fehlt. Auch habe ich hervorgehoben, dass diese Formation immer eine randliche Stellung am Fusse der Kette einnimmt. Nun aber ist das Thalgebiet des Sefidrud die einzige Gegend, wo Ablagerungen jener Formation tiefer in das Innere der Region der Gebirgsaufrichtung eindringen. Salzlager dieser Formation kommen bei Maman unweit Mianeh vor, nach Grewingk (l. c. p. 92) auch beim Dorfe Masra am Schahrud oberhalb Mendschil. Ich selbst sah auf dem Wege von Kaswin nach Mendschil beim Herabsteigen vom Charsanpasse, kurz ehe ich den Schahrud erreichte, einige intensiv roth gefärbte Hügel, deren Gesteine vielleicht hierher gehören mögen. Noch weiter den Schahrud aufwärts im Gebiete des Talakhan traf ich rothe und grüne Mergel. Ich sah dieselben als ich von Hif kommend die Labrador- und Augitporphyre bei Ibrahimabad passirt hatte und in der Gegend von Feschendek in das Thal des Talakhan niederstieg. Diese Mergel waren auf beiden Seiten des Thales zu beobachten bis $2\frac{1}{2}$ Farsach aufwärts Feschendek, nämlich bis in die Nähe des Dorfes Guran. Gyps in Schnüren und Tafeln ist diesen Mergeln vielfach untergeordnet, welche somit ganz dem Habitus der persischen Salzformation entsprachen.

Es sind also hier im Wassergebiete des Sefidrud noch zur Miocänperiode, in welcher Periode doch, wie ich an anderen Orten hervorgehoben habe, die Küstenkette in ihren wesentlichsten Umrissen

bereits angedeutet war, Terraindepressionen vorhanden gewesen, welche nach der Trockenlegung des Bodens Flussläufen ihre allgemeine Richtung vorzeichnen konnten.

Doch will ich diesen Andeutungen keinen grösseren Werth als den einer Speculation beilegen.

Man könnte nun wohl einen Einwand machen gegen unsere Annahme, dass Flüsse sich in Gebirgsketten einschneiden, während dieselben sich erheben. Peschel hat mit dem ihm eigenen Scharfblicke diese Annahme als eine theoretisch denkbare erkannt, sie aber kurz abgefertigt und hat jenen Einwand versucht. Er hat darauf hingewiesen, dass ein solcher Vorgang heute sich nirgends beobachten lasse, während im Gegentheil erwiesen sei, dass Hebungen, welche ein Stück eines Flusslaufes betreffen, den Fluss zum Verlassen seines Bettes zwingen.

Zunächst darf nun wohl bemerkt werden, dass die langsame Hebung und Faltung von Gebirgsketten denn doch ein Vorgang ist, der sich menschlicher Messung bei den vorhandenen Hilfsmitteln und der Unzulänglichkeit der Zeit, die der Forschung bis jetzt zu Gebote steht, grösstentheils entziehen wird. Warum sollen manche der von Flüssen durchschnittenen Ketten nicht heute noch in der Hebung begriffen sein? Man kann wenigstens theoretisch und a priori die Möglichkeit nicht ausschliessen, dass eine sorgfältige Höhenmessung eines Gebirges von heute eine etwas niedrigere Ziffer ergibt, als eine ebenso sorgfältige Messung desselben Gebirges nach einigen Jahrhunderten oder Jahrtausenden ergeben wird. Wenn uns genügende Zeit und absolute Verlässlichkeit diessbezüglicher Messungen zu Gebote stünden, wie das eben leider noch nicht der Fall ist, dann könnte man auch vielleicht nach gewissen Zeitabständen bei manchen aufgerichteten Schichten je einen etwas anderen Fallwinkel ablesen. Aber man scheint die Idee einer noch heute fortgesetzten Hebung und Faltung ganzer Gebirgsketten manchmal ängstlich vermeiden zu wollen, und doch ist im Grunde genommen nichts plausibler. In früheren Perioden soll Alles drunter und drüber gegangen sein, da kam es z. B. auf ein paar Spalten mehr oder weniger nicht an. Dafür möchte man sich in manchen Dingen gern mit dem Gedanken einer grösseren Stabilität der heutigen Verhältnisse trösten.

Zu prüfen wären jetzt die Beispiele, aus denen das Gegentheil der in den obigen Seiten vertretenen Annahme gefolgert werden könnte. Peschel beruft sich nämlich auf einen Fall, den Ch. Darwin in seiner Reise eines Naturforschers um die Welt aus Südamerika erwähnte. Darwin sagt nämlich (deutsche Ausgabe von Carus, Stuttgart 1875, p. 412): „Mr. Gill erwähnte auch gegen mich einen äusserst interessanten und, so viel mir bekannt ist, vollkommen einzig dastehenden Fall, wo eine unterirdische Störung die Entwässerung eines Landes verändert hat. Als er von Casma nach Huaraz (nicht sehr weit von Lima) reiste, fand er eine mit Ruinen und Zeichen alter Cultur bedeckte, aber jetzt vollkommen kahle und unfruchtbare Ebene. In ihrer Nähe fand sich das trockene Bett eines beträchtlichen Flusses, aus welchem früher das Wasser zur Berieselung abgeleitet wurde. Im Ansehen des Flussbettes war nichts, was hätte andeuten können, dass

der Fluss nicht wenige Jahre zuvor noch darin geflossen wäre. An einigen Stellen breiteten sich Sand und Kiesschichten aus, an anderen war der solide Felsen zu einem breiten Canale ausgewaschen, welcher an einer Stelle ungefähr 40 Yards breit und 8 Fuss tief war. Es liegt ganz in der Natur der Sache, dass Jemand, welcher dem Laufe eines Flusses aufwärts folgt, immer in einer grösseren oder geringeren Neigung aufsteigen muss. Mr. Gill war daher sehr erstaunt, als er dem Bette dieses alten Flusses folgte und plötzlich fand, dass er bergab ging. Er war der Ansicht, dass die Neigung nach abwärts ungefähr einen Fall von vierzig oder fünfzig Fuss senkrecht betrug. Hier liegt ein ganz unzweideutiger Beweis dafür vor, dass ein Bergrücken gerade quer durch das alte Strombett emporgehoben worden ist. Von diesem Moment an war der Lauf des Flusses gehemmt und das Wasser musste nothwendig umkehren und einen neuen Canal bilden. Ferner musste von demselben Momente an die anstossende Ebene ihren befruchtenden Strom verloren haben und eine Wüste geworden sein.“

Dieses Beispiel, so wie es in der Darwin'schen Beschreibung sich darstellt, ist aber doch als Beweis gegen die Annahme, Querthäler könnten nicht von Anfang an durch Erosion entstanden sein, von sehr zweifelhaftem Werthe. Aus der Schilderung des von Herrn Gill besuchten Thales geht nämlich wohl mit annähernder Gewissheit hervor dass das betreffende Thal überhaupt kein Querthal, sondern wenigstens zum grössten Theile ein Längenthal sein muss. Querthäler in Hochgebirgen pflegen nicht so breit zu sein, dass Wasser zur Berieselung der Culturen rechts und links abgeleitet werden kann, die Flüsse pflegen in Durchbruchsenken nicht Sand und Kiesschichten abzusetzen, weil ihr Gefälle dazu in der Regel zu stark ist, diese Schilderung passt viel eher auf ein Längenthal.

Der Umstand aber, dass ein Längenthal, welches früher augenscheinlich einem und demselben Flusslaufe gedient hat, später durch eine inmitten seiner Erstreckung aufgetriebene Bodenanschwellung entzwei getheilt wird in der Weise, dass dann die Gewässer von dieser Bodenanschwellung theils nach dieser, theils nach jener Richtung hin verlaufen, ist nicht eine so gar vereinzelte Thatsache. Ich erinnere an das Pusterthal in Tirol mit seiner Wasserscheide bei Toblach, ich erinnere an das Thal zwischen Tarvis und Pontafel in Kärnten mit seiner Wasserscheide bei Saifnitz. Ein Beispiel ähnlicher Art habe ich jüngst, im Verein mit Paul (Studien in der Sandsteinzone der Karpathen, Jahrb. d. geol. R.-A. 1877, p. 128) aus den ostgalizischen Karpathen mit dem Thale von Oslaw bekannt gegeben. Endlich kann hier in gewissem Sinne vielleicht auch der so merkwürdigen Verhältnisse des Manytschthales nördlich vom Kaukasus gedacht werden, wo die betreffende Bodenanschwellung allerdings nicht so weit fortgeschritten erscheint, um eine völlige Trennung der nach beiden Seiten abfliessenden Gewässer zu bewirken.

Nun wird man freilich fragen, warum eine nachträgliche Bodenanschwellung, durch welche der Verlauf eines Flusses in einem Längenthal unterbrochen wird, nicht ebenso leicht den Verlauf eines Flusses in einem Querthale hemmen kann. Die Beantwortung dieser Frage ist

indessen vielleicht nicht allzu schwer, wenn man sie ganz im Allgemeinen auffasst.

Es wurde bereits betont, dass an die fortgesetzte Austiefung eines Thales durch einen Fluss bei gleichzeitigem Fortschreiten der Dislocation und der Emporhebung des von dem Flusse durchschnittenen Terrains nur dann gedacht werden könne, wenn die Energie der Erosion im Stande sei, gleichen Schritt mit der Energie der Dislocation zu halten. Je energischer also die Erosion ist, desto leichter wird sie die Wirkungen der betreffenden Dislocation auf das Flussbett aufheben können. Diese Energie der Erosion hängt natürlich von verschiedenen Umständen ab, wozu wir die Gesteinsbeschaffenheit des zu erodirenden Terrains, die Steilheit des Gefälles, die Menge des durch den Fluss bewegten Wassers, sowie die Continuität oder die Periodicität eines Wasserlaufes rechnen müssen. Da stellen sich denn die Verhältnisse für die Erosion in Querthälern weit günstiger als in Längsthälern.

Es mag gestattet sein, hier wieder die Autorität Rütimeyer's anzurufen. Derselbe sagt in Beziehung auf das Thalsystem der Reuss (l. c. p. 42): „Man sollte glauben, dass in den tausend Runsen, wo das Wasser genau im Streichen des Gesteins und auf den blättrigen Schichtköpfen arbeitet, es viel rascher Längsthäler einsägen würde, als ein Querthal. Nichtsdestoweniger ist dies nicht der Fall. Solche Runsen, oft nur durch schmale Rücken von einander getrennt, existiren allerdings sehr viele, und die Wassermenge, die sie führen, ist im Verhältniss zu der Rinne oft nicht geringer als die Wassermenge der Reuss im Vergleiche zu ihrem Rinnsale. Dennoch verschwinden jene an Volum im Vergleiche mit der Reusschlucht, und sie vermögen sich selten bis zur Flusssohle hinabzuarbeiten. Die Reuss sägt rascher, und die Seitenwasser stürzen fast alle in Wasserfällen in den Hauptfluss.“

Beispiele dieser Art lassen sich auch aus dem Albus beibringen. Der Tschalus hat sich am Hesortschem eine ausserordentlich tiefe Schlucht eingegraben. An den Seiten dieser Schlucht stürzen Bäche mit plötzlichem Absturz in hohen Wasserfällen in die Tiefe. Der von Imamsadeh Haschim (nördlich Stadt Demawend) kommende Bach verläuft in einer Querschlucht. Eine Strecke unterhalb Imamsadeh Haschim empfängt er von links einen Seitenzufluss, der fast ebenso wasserreich ist, als er selbst und welcher sich als hoher Wasserfall von der schroffen Kalkwand in die Querschlucht hinabstürzt.

In den meisten Fällen ist auch in Querthälern das Gefälle ein stärkeres als in Längsthälern. Ein Fluss pflegt deshalb in Querthälern keine so nennenswerthen Ablagerungen zu veranlassen, wie er das in Längsthälern in der Regel thun wird. Das sind allgemein bekannte Thatsachen. Die Energie der Erosion wird nun natürlich dort, wo ein Fluss Material ablagert, statt solches wegzunehmen, eine relativ geringe sein. Deshalb wird eine Bodenanschwellung, die sich inmitten eines Längsthalcs bildet, viel leichter die Ablenkung einer Wasserader und eine andere Vertheilung der Wasserverhältnisse herbeiführen können, als eine Bodenbewegung, welche mehr oder weniger senkrecht gegen die Richtung eines Querthales vor sich geht.

In dem von Darwin mitgetheilten Falle jedoch scheint noch ein anderes Moment hinzuzutreten, durch welches die Beweiskraft dieses

Falles im Sinne Peschel's sehr abgeschwächt wird. Darwin hebt nämlich selbst den ausserordentlich dürren und wüsten Charakter der Cordillere hervor, von welcher in dem citirten Beispiele die Rede ist (l. c. p. 411). Er schreibt diesen Zustand der grossen Erhebung der Cordillere zu und glaubt, dass diese Erhebung sich seit den Zeiten, als die Indianer anfangen diese Gebirge zu bewohnen, derart gesteigert habe, dass auch die Dürre zunahm und die durch Ruinen aus älteren Zeiten constatirte Bewohnbarkeit des Landes unmöglich machte. Nun muss aber jedenfalls schon zu Zeiten der Indianer, denen Darwin ein hohes Alterthum zuerkennt, die Trockenheit des Landes eine grosse gewesen sein, sonst hätten dieselben nicht zu dem Auskunftsmittel von Wasserleitungen und künstlichen Berieselungen gegriffen, von denen Darwin selbst spricht, sonst hätten dieselben nicht „Berieselungsströme in Tunnels durch Berge aus soliden Felsen“ hindurchgeführt, um somit an sich ganz wasserlose Gebiete durch das Wasser anderer Thäler zu befruchten. Der Fluss also, von welchem Darwin nach der Erzählung Gill's spricht, hat wahrscheinlich seit längerer Zeit überhaupt kein Wasser geführt, und wenn die Bodenbewegung, welche sein Thal an einer Stelle seines Verlaufes emporhob, erst in der jetzigen, wie man sieht, schon seit geraumer Zeit datirenden Periode der Dürre und Trockenheit jenes Gebietes erfolgte, dann konnte die Erosion freilich nicht mit dieser Bewegung gleichen Schritt halten, denn zur Erosionsthätigkeit eines Flusses gehört nicht blos ein Flussbett, sondern vor Allem Wasser in demselben.

Deshalb wäre es auch nicht allzu befremdlich, wenn einmal beispielsweise in den dürren Gebieten West- oder Central-Asiens, wo es eine Menge von Flussbetten gibt, welche den grössten Theil des Jahres über trocken liegen, ähnliche Beispiele, wie das von Gill erzählte, aufgefunden würden.

Ist nur einigermaßen continuirlich fliessendes Wasser vorhanden, dann fällt es der Erosion nicht schwer, die grössten Hindernisse zu überwinden. Ich erinnere an die von Lyell erwähnten Verhältnisse des Simeto in Sicilien, dessen Lauf durch Lavaergüsse im Jahre 1603 abgedämmt wurde, und dem es gelang, sich im Laufe der folgenden 2 $\frac{1}{2}$ Jahrhunderte einen 50 bis einige 100 Fuss tiefen, stellenweise 40 bis 50 Fuss breiten Canal in dem festen Basalt auszuhöhlen. (Vergl. auch Dana, l. c. p. 643.)

Man könnte aber auch Verhältnisse in's Auge fassen, wie die Verlegung des Oxusbettes oder die Verlegung des Bettes einiger norddeutscher Flüsse seit geologisch betrachtet junger Zeit, um sie den in diesem Aufsätze vertretenen Anschauungen entgegenzuhalten.

Bereits Fr. Hoffmann hatte gezeigt, dass die Elbe wahrscheinlich ehemals ihren Lauf über den Drömling fort in das Thal der Aller und Weser genommen habe. Girard (Monatsber. über die Verhandlungen d. Ges. für Erdkunde zu Berlin 1846, p. 89) versuchte den Nachweis, dass die Oder ihren ehemaligen Lauf unterhalb Frankfurt in das jetzige Spreethal wandte und so über die Gegend von Berlin, Spandau und Havelberg ihre Richtung nach Hamburg zu nahm. Ebenso soll die Weichsel ehemals in der Gegend von Bromberg abgelenkt gewesen sein, und ihren unteren Lauf theils im jetzigen Thal

der Oder, theils von Schwedt aus durch das Thal der Randow nach Ukermünde gehabt haben. Girard meinte den Grund dieser Veränderungen „vielleicht in einer Erhöhung des westlichen Terrains bei der Erhebung von Dänemark, die erst sehr spät erfolgt ist,“ suchen zu dürfen (l. c. p. 90).

Gesetzt nun den Fall, diese Verlegung von Flussläufen habe in der That in Folge von kleinen Niveauveränderungen stattgefunden, von denen die von jenen Flüssen durchzogenen Gebiete betroffen wurden, so ist doch dabei zu bedenken, dass eine Niveauveränderung im Sinne einer allgemeinen, über grosse Strecken verbreiteten secularen Hebung oder Senkung nicht gleichbedeutend sein kann mit einer Gebirgsfaltung und mit einer Dislocirung von Gesteinsschichten, wie solche durch Querthäler aufgeschlossen wurden. Beim Oxus, dessen Verlegung in Folge von Bodenerhebungen an und für sich wohl noch zweifelhaft bleibt, kommt ausserdem noch die Thatsache in Betracht, dass diesem Strome die Behauptung seines Bettes gegen etwaige Eingriffe der Bodenbewegung auch durch die mit den Culturen seiner ehemaligen Anwohner verbundene beträchtliche Wasserabzapfung erschwert war.

Flüsse, welche in Ebenen verlaufen, haben überhaupt eine geringere Constanz ihres Bettes, namentlich wenn dieses Bett sich in einem aus jungen Ablagerungen gebildeten Terrain befindet. „Horizontal gelagertes Gestein“, sagt Rütimeyer (l. c. p. 37) erschwert die Wirkung des Wassers, weil der Factor der Schwere auf kleine Stellen isolirt wird. Steilgeneigte oder verticale Schichten beschleunigen die Zerstörung nicht nur dadurch, dass das Gewicht an der Arbeit theilnimmt, sondern weil auch die Durchfeuchtung des Gesteins hier rascher vor sich gehen und tiefer dringen wird.“ Dazu kommt dann noch der Umstand, dass die Flüsse, um deren Verlegung es sich oben handelte, sich in einem aus jüngeren, weicheren Gesteinen gebildeten Terrain bewegen. Für die norddeutschen Flüsse ist dieses sicher und für den grössten Theil des alten Oxuslaufes mehr als wahrscheinlich. Dass aber weichere Gesteine sich als ein grösseres Hinderniss der Constanz eines Flussbettes erweisen als härtere, ist ziemlich sicher und klingt nur für den ersten Augenblick sonderbar.

Es mag passend sein, hier an die Mittheilung des ungarischen Geologen Ludwig Lóczy über eine auffallende Thalbildung im Bihar-gebirge (Verh. d. geol. R.-A. 1877 p. 270) zu erinnern. „Im weichen Schuttmateriale wird dem Wasser immer wieder neues Materiale in den Weg gelegt, bis seine Kraft nicht mehr ausreicht und es gezwungen ist, seitlich auszuweichen. Trifft es hingegen harten Felsen, so geht die Arbeit des Einschneidens zwar langsam, allein sie ist dauerhaft, die Uferwände bleiben sozusagen unter jedem beliebigen Neigungswinkel stehen.“

Einem Fluss im dislocirten Terrain ist sein Lauf jedenfalls genauer vorgezeichnet, als einem Fluss in der Ebene. Allerdings handelt es sich bei unserer Betrachtung darum, den Anfang der Querthalbildung durch eine Gebirgskette hindurch jedesmal in eine Zeit zu verlegen, wo diese Kette eben noch kein Gebirge, sondern flaches Vorland eines älteren Festlandes und nur in der Anlage vorhanden war. Man wird aber doch die Hebung einer Kette sich nicht in der Weise

zu denken haben, dass sie ihrer ganzen Erstreckung nach mit absolut gleicher Intensität und ohne ursprüngliche Höhendifferenzen aufstieg. Diejenigen Theile der Kette also, bei denen jene Intensität am geringsten war, werden vom Anfang an den Lauf der Flüsse und die ungefähre Lage des künftigen Querthales bestimmt haben. Der Spielraum, den der Fluss beim Beginne der Erhebung der Kette noch haben konnte, musste im Masse der Zunahme dieser Erhebung immer mehr eingeschränkt werden. Eine Verstärkung der Erosionswirkung ergibt sich als nothwendige Folge dieser Einschränkung, welche das Einschneiden der Gewässer in das Gestein einer stets enger und enger begrenzten Linie oder Zone zuwies. So entstand wohl in den meisten Fällen das, was wir heute ein Querthal nennen.

Nicht eine neue Hypothese ist es, die ich in den vorstehenden Auseinandersetzungen entwickeln wollte, dem Bedürfnisse nach neuen Hypothesen in der Geologie kommt die heutige Zeit ausreichend entgegen. Diese Auseinandersetzungen enthalten nur Gedanken in der Richtung und im Sinne einer Theorie, wie sie sich, glaube ich, als letzte Consequenz der von Rütimeyer und Anderen so überzeugend vertretenen Anschauung von dem grösseren Alter vieler Thäler und von der Unabhängigkeit der Entstehung vieler Querthäler von Gebirgsspalten ergibt. Sollte nun aber auch die Anwendung der hier versuchsweise entwickelten Auffassung nicht überall durchführbar sein, so mag es doch einzelne Fälle geben, wo man mit deren Zugrundelegung besser zurechtkommt, als mit anderen Hypothesen. Im Falle sich das bestätigt, dann bekommen manche Wasserscheiden eine Bedeutung, die sich wesentlich über die einer rein topisch-geographischen Thatsache erhebt.
