Die Entstehung der Flusssysteme.

Von Privatdocent Dr. Alfred **Philippson** in Bonn.

Nur wenige Naturerscheinungen drängen sich unserer Beachtung mehr auf, als die Unebenheiten der Erdoberfläche, welche auf unser Leben und unsere Bewegungen den unmittelbarsten Einfluss ausüben. Dennoch sind gerade die Formen der Erdoberfläche später als irgend ein anderes Naturobjekt ähnlicher Bedeutung Gegenstand naturwissenschaftlicher Untersuchung und Auffassung geworden. Lange, nachdem man in den sogenannten beschreibenden Naturwissenschaften, auch in der hier zunächst in Betracht kommenden Geologie, von der blossen Beschreibung zur Erklärung der Erscheinungen übergegangen, war in der Orographie von genetischer Betrachtungsweise noch kaum etwas zu bemerken.

Die Geographie der ersten Hälfte unseres Jahrhunderts sah in den Formen der Erdoberfläche, in den Bergen und Thälern, Ebenen und Flüssen etwas Gegebenes, das man ausmessen und beschreiben musste, um dessen Ursprung man sich aber meist nicht weiter bekümmerte. Die Geologen wiederum betrachteten die Oberflächenformen als etwas für sie Nebensächliches. Man bemerkte wohl sehr bald, dass diese Formen durchaus nicht immer solche waren, wie man sie nach dem Bau der Erdkruste erwarten sollte, d. h. dass nicht überall dort ein Berg war, wo die Tektonik einen solchen hervorrufen musste, dass sich Ebenen oder Vertiefungen fanden, wo der Gebirgsbau allein nichts dergleichen veranlasste. Man sah also, dass ausser dem innern Bau der Erdkruste noch ein anderes mächtiges Agens an der Gestaltung der Oberfläche betheiligt war. Auch hatten schon einige der Begründer der Geologie, wie Guettard in der Mitte des 18. Jahr-

hunderts und später namentlich Hutton, auf die Bedeutung der Erosion des fliessenden Wassers hingewiesen — aber man schrieb allgemein die Unregelmässigkeiten der Erdoberfläche, vor Allem die Thaleinschnitte, grossen Katastrophen der Vorzeit zu, mit denen man um so freier schalten konnte, als in der Jetztzeit sich nichts derartiges mehr ereignete. Die Neptunisten nahmen gewaltige Wasserfluthen, die Plutonisten plötzliche Erhebungen und Aufreissen von Spalten als Ursache der Thäler an.

Diese Katastrophenlehre blieb, von wenigen ausgezeichneten Forschern abgesehen, für die Oberflächenformen noch in Geltung, selbst nachdem sie für die anderen Zweige der Geologie durch den grossen Pfadfinder Lyell (um 1830) beseitigt und durch das Prinzip ersetzt worden war, die Erscheinungen der Vergangenheit nur durch die Kräfte zu erklären, die wir noch heute thätig sehen.

Erst seit den fünfziger Jahren bahnte sich, namentlich nach des berühmten amerikanischen Geologen Dana Vorgang, auch in der Auffassung der Erdoberfläche ein Umschwung an, und in den sechziger und siebziger Jahren wurde namentlich durch Peschel, Rütimeyer und F. v. Richthofen, in Amerika durch Dutton und Gilbert, die genetische Betrachtung der Oberflächenformen begründet und zu der neuen Wissenschaft der Geomorphologie — oder, wie die Amerikaner kurz aber sprachlich unrichtig sagen, Geomorphy — entwickelt, die in den beiden letzten Jahrzehnten auf beiden Seiten des Oceans durch eine grosse Anzahl von Forschern bedeutend gefördert worden ist.

Der erste grosse Schritt auf der neuen Bahn war die endgültige Beseitigung der Spaltentheorie der Thäler. So lange man, um ein Thal zu erklären, eine Spalte construirte, auch wenn man im geologischen Bau an der betreffenden Stelle keine Spur einer Spalte nachweisen konnte, dann die so gewonnene Spalte als genügende Erklärung für das Thal ansah, versperrte dieser grossartige circulus vitiosus jede Möglichkeit einer naturgemässen Auffassung der Oberflächenformen. Statt dessen erkennt man nun, seit etwa drei Jahrzehnten, allgemein das fliessende

Wasser als das wichtigste Agens der Ausciselirung der Erdoberfläche an, wenigstens in allen Klimaten, wo ansehnliche Regenmassen fallen. Das fliessende Wasser entwickelt eine je nach Menge und Gefäll bedeutende Kraft in der Richtung seines Fliessens. Es spült die Verwitterungsprodukte von allen geneigten Flächen ab, bringt sie in den Ebenen oder am Meeresboden wieder zur Ablagerung, schneidet grosse und kleine Rinnen in die Erdoberfläche und arbeitet so aus den durch die inneren Verschiebungen der Erdkruste geschaffenen Gebirgsmassen die einzelnen Gipfel, Rücken und Thäler aus. Es bewirkt dadurch in langen Zeiträumen gewaltige Massenumsätze und Formveränderungen auf der Erdoberfläche. Es schafft dadurch nicht nur im Einzelnen eine feinere Ausgestaltung der Unebenheiten, welche der Gebirgsbau erzeugt, sondern es schafft nicht selten eine ganz andere Vertheilung von Höhen und Tiefen, als sie der Gebirgsbau allein veranlasst haben würde. Mit diesem wenn auch langsam, so doch ununterbrochen thätigen und, mit Ausnahme regenloser Gebiete, allgegenwärtigen Agens kann sich an allgemeiner Bedeutung für die Gestaltung der Erdoberfläche, abgesehen von den tektonischen Verschiebungen und vulkanischen Aufschüttungen, nur die brandende Meereswelle messen, während das Gletschereis auf die kalten, die beträchtliche Wirkung des Windes auf die trockenen Klimate beschränkt ist.

Wir sehen nun das fliessende Wasser auf der Erdoberfläche in bestimmten Rinnen dahinfliessen, die wir als Bäche und Flüsse bezeichnen, und die sich durch gegenseitige Vereinigung zu grösseren Flusssystemen zusammenschliessen. Erblicken wir in diesen Wasserläufen das wirksamste Agens der Oberflächen-Gestaltung, so gewinnen natürlich die Fragen: wieso fliessen die Flüsse so und nicht anders, haben sie dies immer gethan, oder wie flossen sie früher, welches sind die Bedingungen, die die Anordnung der Flüsse leiten, kurz, die Frage nach Entstehung und Umbildung der Flusssysteme bedeutendes wissenschaftliches Interesse.

Auf den ersten Blick mag es scheinen, als ob die

Frage nach der Entstehung der Flusssysteme sehr einfach zu beantworten sei. Das Wasser folgt ja rein passiv dem Gesetz der Schwere, demzufolge es an jedem einzelnen Punkt der Erdoberfläche der Richtung des steilsten dort vorhandenen Gefälles nach abwärts folgt. Allerdings kann es von diesem Gesetz keine Ausnahme von irgend welcher Bedeutung geben [1]).

In vielen Fällen bietet denn auch die Erklärung der Anordnung der Flussläufe keine Schwierigkeit, wenn sie nämlich in Uebereinstimmung stehen mit dem tektonischen Relief des Landes, d. h. mit der Abdachung, wie sie durch den inneren Bau geschaffen ist. Setzen wir z. B. den idealen einfachen Fall einer geneigten Schichttafel (Fig. 1) [2]), auf der die Flüsse an der Oberkante entspringen und der Neigung der Scholle entsprechend fliessen, wobei sie sich mehr oder weniger tief eingeschnitten haben, so sehen wir darin ein Beispiel vollkommener Uebereinstimmung von Bau und Abflussrichtung. Wir können dies als Concordanz der Flüsse (nämlich zur Tektonik ihres Gebietes) bezeichnen.

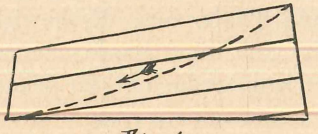


Fig. 1.

Auch wenn eine solche Scholle an Brüchen treppenförmig abgesunken ist, und die Flüsse fliessen von der höheren zur tieferen Stufe hin (Fig. 2), herrscht Concordanz. Ebenso wenn auf einer Falte oder einem Faltengebirge die Flüsse von der Achse der Faltung aus in Querthälern nach beiden Seiten abfliessen

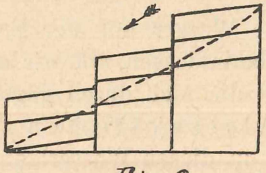


Fig. 2.

1) Eine Ausnahme giebt es nur dort, wo das Wasser mit sehr starker Geschwindigkeit von oben ankommt und dadurch in den Stand gesetzt wird, über kleine vorliegende Schwellen hinüber zu schiessen: so bei Stromschnellen und Wasserfällen.

2) Die Figuren sind, wo nichts anderes bemerkt, als Profile gezeichnet. Die gebrochene Linie bedeutet die Richtung des Flusses.

(Fig. 3). Solche Fälle verlangen keine besondere Erklärung. Wenn auf ein fertiges derartiges tektonisches Gebilde der Regen auffällt, so werden sich die Flüsse nur so und nicht anders ausbilden können, indem sie auf dem steilsten Wege bergab fliessen.

Leider ist aber eine so vollkommene Anpassung der Flüsse an den Gebirgsbau nur sehr selten und meist nur in kleinen Verhältnissen vorhanden. Unbedeutendere Abweichungen sind fast überall zu bemerken und häufig steigern sich diese Abweichungen so, dass die Flüsse völlig unabhängig, ja im geraden Gegensatz zu der tektonischen Gestaltung ihres Gebietes fliessen. Wir sprechen dann von einer Discordanz der Flüsse. So bietet uns der Main das Beispiel eines Flusses, der im grössten Theil seines Laufes in dem Jura- und Triastafelland von Franken entgegengesetzt zum Einfallen der Schichten, also auch entgegengesetzt der Abdachung der Oberfläche fliesst, wie sie ohne die Flusseinschnitte sein würde. (Fig. 4.) Die

Fig. 3.

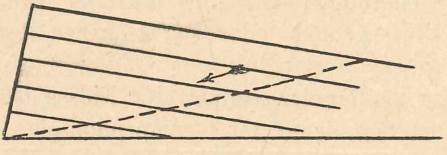


Fig. 4.

Schichten fallen nämlich dort im Allgemeinen flach nach Osten, der Fluss fliesst nach Westen, wobei er sich stromabwärts in immer tiefere Schichten der Trias einschneidet. Dass der Fluss heute so läuft, ermöglicht ihm sein Thaleinschnitt, der selbstverständlich ein Gefälle in der Richtung des Flusses hat; da der Fluss diesen Thaleinschnitt aber erst selbst geschaffen hat, so muss der Fluss doch

schon vor seinem Einschnitt in derselben Richtung geflossen sein.

Wie konnte er dies aber, ohne bergauf zu fliessen?

Einen anderen Fall von Discordanz verdeutlicht uns der Rhein, der aus der niedrigeren oberrheinischen Tiefebene kommend, das höhere rheinische Schiefergebirge in einem engen Erosionsthale durchsetzt. (Fig. 5.) Man spricht

Fig. 5.

in solchem Falle von einem Durchbruch des Flusses durch ein Gebirge, eine Ausdrucksweise, die natürlich nicht wörtlich genommen werden darf, da von einem aktiven Durchbrechen des Flusses von oberhalb her keine Rede sein kann. Wie konnte er aber dieses höhere Gebirge kreuzen, bevor er sich sein Thal in dasselbe selbst gegraben hatte?

Das sind nur zwei ausgewählte Beispiele von Discordanz der Flüsse, die sich mit ungeheurer Mannigfaltigkeit der Erscheinungen in den verschiedensten Gegenden der Erde wiederholt, bald nur einzelne Flussstrecken, bald ganze Flusssysteme oder sogar ganze Regionen beherrschend.

Diese so häufige Discordanz der Flüsse ist eines der interessantesten Probleme der Geomorphologie.

Wenn wir ihm näher treten wollen, so nehmen wir am besten zunächst einmal einen Fluss als gegeben an, ohne auf seine Entstehung einzugehen. Wir setzen den Fall einer ursprünglich vollkommenen Concordanz des Flusses, ferner dass sich weiterhin keine tektonischen Umgestaltungen mehr innerhalb seines Gebietes ereignen, also allein die Erosion ungestört wirkt. Welche Umgestaltungen kann der Fluss und sein Gebiet allein durch die Erosion selbst erleiden?

Ist das ursprüngliche Gefälle des Flusses genügend

stark, so schneidet sich der Fluss in die Tiefe ein und bildet ein Erosionsthal. Je tiefer er sich einschneidet, desto schwächer wird sein Gefälle, desto langsamer wird das Einschneiden, bis es bei einem gewissen geringen Gefälle ganz aufhört. Der Fluss hat sein Endgefälle erreicht, das, je grösser die Wassermasse, desto geringeren Neigungswinkel besitzt. Daher bildet das Endgefälle eine von der Quelle zur Mündung immer flacher werdende Kurve, die wir als Endkurve der Tiefenerosion oder Erosionsterminante bezeichnen. Je langsamer das Tiefeneinschneiden bei der Annäherung an diese Endkurve wird, desto mehr fängt der Fluss an, seitwärts zu mäandern, seine Thalwände zu benagen und abzuflachen und seinen Thalboden zu erweitern. Da alle Nebenflüsse und Bäche im selben Sinne wirken, ist eine allgemeine Erniedrigung der Oberfläche die Folge. Schliesslich schafft so jeder Fluss nach Beendigung seiner Tiefenerosion eine Thalebene, deren abgeschliffenen Untergrund er mit seinen Geschieben bedeckt, und auf der er regellos umherschweift. Schliesslich können mehrere parallele Flüsse durch Seitenerosion ihre Thalebenen so erweitern, dass die trennenden Höhen völlig abgetragen und so mehrere Thalebenen zu einer grossen Ebene vereinigt werden. Auf diese Weise können grosse ebene Flächen entstehen, wo unter einer oft dünnen Decke von Schwemmland eine ebene oder flachwellige Denudationsfläche ruht (flood plain der Amerikaner, Fig. 6). Dann ist die Erosionsthätigkeit vollendet.

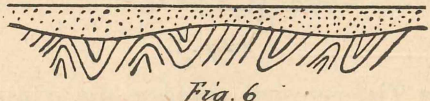


Fig. 6

Ich bemerke aber, dass solche grosse Denudationsflächen durch seitliche Erosion der Flüsse nur an den Unterläufen grosser Ströme entstehen können, wie z. B. die grosse Ebene am unteren Mississippi. In der Nähe der Wasserscheiden kann eine vollständige Einebnung durch das fliessende Wasser nicht erzeugt werden, weil hier die Wassermengen noch sehr gering sind und die tiefere Ero-

sion daher schon bei einem verhältnissmässig starken Gefälle ihr Ende erreicht.

Tritt nun eine Hebung des ganzen Gebietes ein, so schneidet sich der Fluss und alle seine Nebenflüsse von Neuem in den Untergrund ein, es beginnt ein neuer „Cyklus der Erosion“, wie ihn Davis benannt hat. Die alte Denudationsfläche, von der die auflagernden Flussgerölle bald abgespült werden, bleibt als Plateaufläche, als peneplain der Amerikaner oder „Fastebene“, über den neuen Thaleinschnitten zurück. Es können auf diese Weise Rumpfgebirge entstehen, wie unser rheinisches Schiefergebirge, die in ganz ähnlicher Weise auch durch Meeresabrasion hervorgebracht sein können. Ob im einzelnen Falle ein Rumpfgebirge durch fliessendes Wasser oder durch Meeresabrasion abgeschliffen worden, ist meist schwer zu entscheiden. Daher gehen die Meinungen noch weit auseinander, ob dem einen oder dem anderen Agens eine grössere Bedeutung für die Herstellung von Denudationsflächen beizumessen sei. Solche Cyklen der Erosion können sich mehrfach wiederholen, und es entstehen dann zwischen der ältesten und höchsten Denudationsfläche und den jüngsten Thaleinschnitten mehrere Terrassenflächen (Fig. 7), wie sie z. B. die Thäler des Rheins und der Mosel im rheinischen Schiefergebirge umgeben.

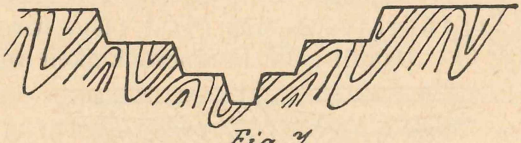


Fig. 7.

Bei der Tiefenerosion erleiden die Flüsse mannigfache seitliche Verschiebungen, die zu beträchtlichen Veränderungen in dem Verlauf des Flusses, zu Biegungen und Schlingen verschiedener Art führen können. Von der allbekannten gewöhnlichen Mäanderbildung ganz abgesehen, sind es der Einfluss der Erdrotation, die herrschende Richtung des Windes und des Regenfalles, die Härte und das Einfallen der Gesteine, welche solche Deformationen des Flusslaufes hervorrufen. Der Fluss verschiebt sich

ceteris paribus nach der Seite des weicheren Gesteines, bezüglich nach der Seite des Schichtfallens hin. Wenn ein Fluss einen Wechsel von weichen und harten Schichten in schräger Richtung kreuzt, so können daraus beträchtliche Windungen des Flusslaufes entstehen. Doch wollen wir uns dabei nicht aufhalten, sondern nur einige Verhältnisse hervorheben, die häufiger zu grösseren Discordanzen der Flüsse, zu Durchbruchsthälern führen.

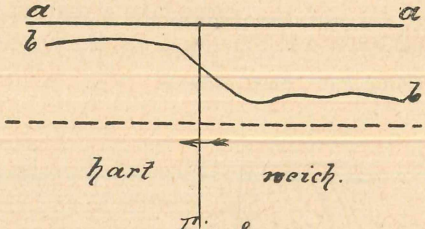


Fig. 8

Wenn ein Fluss zuerst ein Gebiet weichen Gesteins, dann ein Gebiet harten Gesteins kreuzt, so vollzieht sich der geschilderte Erosionsvorgang in ersterem schneller als in letzterem. Während im harten Gestein der Fluss noch in engem Thal an seiner Tieferlegung arbeitet, ist die weiche Umgebung seines Oberlaufes schon abgeflacht; d. h. also, der Fluss tritt jetzt aus niedrigerem Land in höheres Land ein (Fig. 8, a—a die ursprüngliche, b—b die erodirte Oberfläche). Ein Beispiel für eine auf diese Weise aus ursprünglicher Concordanz entwickelte Discordanz bietet

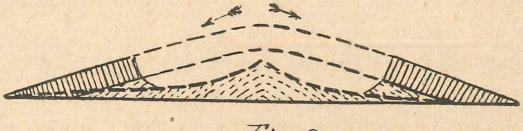


Fig. 9.

uns die Entwässerung des Weald, jener breiten flachen Falte im südöstlichen England zwischen der Themse und der Südküste (Fig. 9). In der Faltenachse treten die weichen Wealden-Bildungen hervor, während die Flügel von der

härteren Kreide gebildet werden. Die von der Achse nach den Seiten hinabfliessenden Flüsse haben den weichen Mitteltheil tiefer erniedrigt als die Kreideflügel, so dass sie jetzt aus einem tieferen Lande kommend die Hügelketten der North-Downs und South-Downs durchbrechen. Doch kann man diesen Fall eigentlich nur als scheinbare oder orographische Discordanz bezeichnen; denn die Flüsse sind discordant nur in Bezug auf das Relief, aber concordant in Bezug auf den inneren Bau, da sie nach wie vor auf der Faltenaxe entspringen.

Eine verwandte Erscheinung ist die Discordanz durch epigenetische Thalbildung (Fig. 10). Die Flüsse

Fig. 10.

entwickeln sich concordant auf einer Schichtdecke, schneiden sich aber allmählich in das unterlagernde Grundgebirge ein, während die weiche Schichtdecke abgetragen wird. Dann erscheinen natürlich die Flüsse unabhängig von dem Bau des Grundgebirges, in dem sie nun verlaufen.

Allgemeiner verbreitet ist aber ein Vorgang, zu dessen Beobachtung wir aus den Flussthälern zu den Wasserscheiden hinaufsteigen müssen. Die Gewässer, die von einer bergigen Wasserscheide entspringen, besitzen sehr verschiedene Erosionskraft, je nach ihrer Wassermenge, der Steilheit ihres Gefälles, der Tiefe ihrer Erosionsbasis, d. h. des grösseren Stromes oder Sees, in dem sie sich ergiessen. Jeder Thalanfang sucht sich tiefer einzuschneiden und dabei nach rückwärts zu verlängern. Das Ergebniss ist, dass die stärkeren Bäche die Wasserscheide auf Kosten ihrer schwächeren Nachbarn verschieben. Das können wir an jeder höheren Wasserscheide im kleinen beobachten; sie hat in Folge dieses Kampfes stets einen gewundenen

Verlauf, indem sie um den Ursprung der stärkeren Bäche einen Bogen beschreibt (Fig. 11, Karte. Die gebrochene Linie = Wasserscheide). Diese Verschiebung der Wasserscheide durch Regression der stärkeren Gewässer kann aber grösseren Umfang annehmen, wenn die Ungleichheit der Erosionskräfte sehr gross ist, wenn z. B. ein Gebirge auf einer Seite viel regenreicher ist, als auf der anderen, oder wenn es auf der einen Seite viel tiefer hinabreicht als auf der anderen Seite. Beides ist z. B. beim Himalaya der Fall. Dann wird die Wasserscheide von dem ursprünglich höchsten Kamm verschoben nach der trockneren Seite oder nach der Seite des höheren Vorlandes: die Hauptkette oder gar das ganze Gebirge wird von den Flüssen durchbrochen. Fast stets zeigt sich solche Discordanz an geneigten Schollen: die Wasserscheide wird von der Oberkante auf die Schollenfläche verschoben (z. B. auf dem schwäbischen Jura). Wenn ein Gewässer, welches durch die Regression seine Wasserscheide verschiebt, schliesslich einen anderen Fluss von der Seite erreicht, so wird dieser zum siegreichen Fluss abgelenkt und dadurch ein auffälliges Durchbruchsthal geschaffen. (Fig. 12a Profil, 12b und 12c Karten. GG = Gebirge, ursprünglich wasserscheidend. a′—a, b—a, c—a Stadien der Regression.) Ein besonders klarer Fall dieser Art ist zuerst von Davis genauer bekannt gegeben worden. Bei Toul floss die obere Mosel ursprünglich in die Maas und die Meurthe bildete den Oberlauf der Mosel. Dann wurde die obere Mosel durch einen Seitenbach der Meurthe seitlich angezapft und zu dieser abgelenkt. Sie wendet sich nun bei Toul in scharfer Biegung zur Meurthe, während ihr altes Thalstück zur Maas trocken liegt.

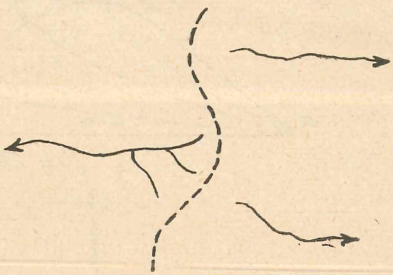


Fig. 11.

Doch darf die Bedeutung und Häufigkeit der Ab-

lenkung der Flüsse durch Regression und seitliche Anzapfung nicht überschätzt werden. Man muss bedenken, dass die

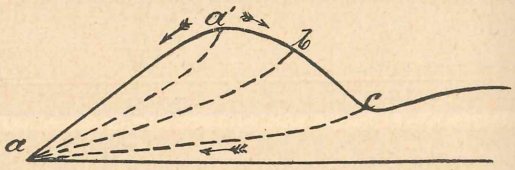


Fig. 12a

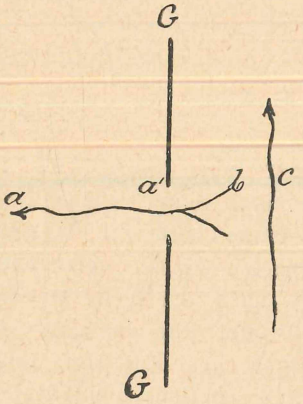


Fig. 12b

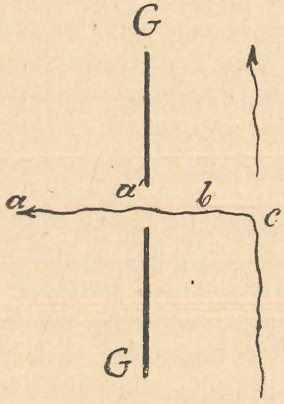


Fig 12c

Regression stets nur von den noch kleinen Bächen an der Wasserscheide ausgeübt wird, nicht von den grossen Flüssen selbst. Sie kommt daher schon bei einem ziemlich starken Gefälle der Quellbäche zu Ende. Eine beträchtliche Regression über grössere Strecken hinweg ist nur bei tiefer Lage der Erosionsbasis möglich, eine Anzapfung also nur dann, wenn das anzapfende Flusssystem bedeutend tiefer liegt als das angezapfte.

Aber alle diese Fälle von Verschiebungen der Flüsse, von Umgestaltung der Flusssysteme allein durch den Erosionsprozess selbst, die zu Discordanz der Flüsse führen können, sind doch mehr lokaler Natur, an bestimmte nur in Einzelfällen gegebene Bedingungen geknüpft. Weit allgemeinere Bedeutung besitzen dagegen die Vorgänge, auf die ich nun die Aufmerksamkeit lenken möchte: der Kampf der Flüsse mit der Gebirgsbildung. Dieser Vorgang trifft alle Flüsse in Gebieten, wo auf dem festen Lande tektonische Verschiebungen stattgefunden haben.

Man kann den Verlauf der Flüsse nur verstehen, wenn man sich von der bei Laien vielfach verbreiteten, aber haltlosen Vorstellung befreit, als ob sich die Flüsse erst ausgebildet hätten, nachdem die Gebirgsbildung in ihrem Gebiet fertig abgeschlossen war. Man bedient sich oft aus Bequemlichkeit der Ausdrucksweise: dieses oder jenes Gebirges ist gefaltet oder aufgerichtet worden, dann hat die Erosion es in dieser oder jener Weise umgestaltet. Wenn man dies wörtlich nimmt und auf eine zeitliche Aufeinanderfolge beider Vorgänge bezieht, so ist das falsch. Beide Vorgänge, Gebirgsbildung und Erosion gehen stets gleichzeitig neben einander her, wenigstens in allen Fällen, wo ein Gebirge auf dem trockenen Lande entsteht.

Mit Ausnahme regenloser Gebiete, von denen wir hier ein für allemal absehen, entwickelt jede Landfläche ihre Wasserläufe in dem Augenblick, wo sie vom Meere verlassen wird. Die sich bildenden Flüsse schlagen die Richtungen ein, die ihnen durch das derzeitige Relief der Landoberfläche vorgeschrieben werden: die zuerst auftauchenden Teile werden Wasserscheiden, den tiefsten Strichen folgen

die Flüsse. Von diesem Augenblick der Anlage zur Zeit der Trockenlegung des Landes bleiben die Flüsse bestehen. Sie können verschoben werden, aber sie können nie aufhören zu fliessen, mögen auch noch so grosse tektonische Umgestaltungen in der Folgezeit vor sich gehen. Erst eine abermalige Meeresbedeckung löscht die Flüsse aus. Für die Anlage der heutigen Flüsse ist also das Relief maassgebend, wie es bestand, als das Meer zum letzten Male das betreffende Land verliess. Da dies in dem einen Gebiet vor sehr langen geologischen Zeiten, in dem anderen vor kurzer Zeit geschah, giebt es demnach alte und junge Flüsse. In jedem Falle aber führt von dieser Zeit der Anlage der Flüsse eine ununterbrochene Entwickelung derselben bis zur Jetztzeit. So findet jede auf dem festen Lande vor sich gehende Gebirgsbildung, jede Falte und jeder Bruch, bereits Flüsse vor, mit denen sie in Wechselwirkung tritt, die sie zu verschieben und abzulenken strebt, und die andererseits schon während der Entstehung der Falte oder des Bruches erodirend auf sie einwirken. Das heutige Relief der Erdoberfläche, vor allem die Richtung der Flüsse selbst, ist also das Ergebniss einer oft sehr langen und verwickelten Geschichte des gegenseitigen Kampfes tektonischer und erosiver Vorgänge, die zeitlich nebeneinander herlaufen.

Die Flüsse haben, so lange sie nach der Tiefe erodieren, das Bestreben, sich in ihrer einmal eingeschlagenen Richtung zu erhalten, abgesehen von den kleineren Verschiebungen, die wir eben besprochen haben. Der Thaleinschnitt steht dem Ausweichen des Flusses entgegen. Beginnt sich nun eine, sich ja immer langsam vollziehende tektonische Verschiebung im Flussgebiet zu entwickeln, mag es nun eine Falte oder Verwerfuug sein, so können folgende Hauptfälle eintreten.

Die tektonische Verschiebung ist quer zum Fluss gerichtet und die obere Flussstrecke wird gegen die untere relativ gehoben (Fig. 13, a—a', a—b, a—c etc., Stadien des Einschneidens in die aufsteigenden Scholle). Dann entsteht bei einigermassen schneller Hebung an der Grenze ein Wasserfall, der sich allmählich rückwärts einschnei-

det, bis der Fluss im gehobenen Theil wieder sein Endgefälle hergestellt hat. Geht die Hebung langsam genug vor sich, so wird sich der Fluss, dessen Erosionskraft

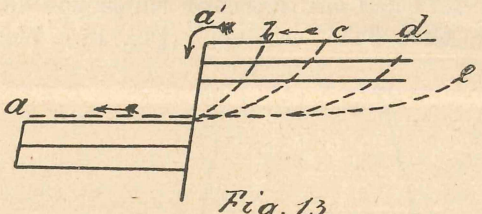


Fig. 13.

durch die Hebung selbst gesteigert wird, in gleichem Schritt mit der Hebung einschneiden können, ohne dass ein Wasserfall entsteht. Das endliche Resultat ist in beiden Fällen dasselbe: Der Fluss bildet in der gehobenen Scholle oder Falte einen engen Thaleinschnitt, der in der Regel von Terrassen begleitet wird; er erweitert dann mit der Zeit sein Thal zu einer Denudationsfläche, die achtlos über die Dislocation hinwegzieht (Fig. 14). Zu einer erheblichen Verlegung des Flusses ist keine Veranlassung gegeben.

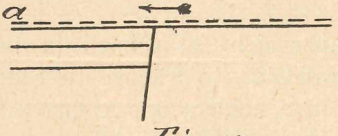


Fig. 14.

Ein zweiter Fall: Die Dislocation ist auch quer über den Strom gerichtet, aber eine untere Laufstrecke (Fig. 15, d—a') ist relativ gegen eine obere Strecke (A—B) gehoben.

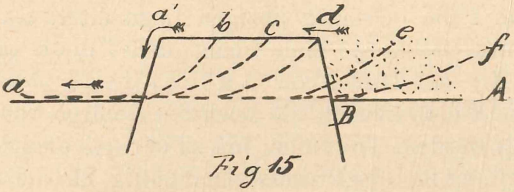


Fig 15

Eine solche Verschiebung sucht den Fluss in andere Bahnen zu leiten. Dem steht aber die Erosion des Flusses entgegen. Oberhalb der aufsteigenden Schwelle wird der Fluss gestaut, zur Aufschüttung seiner Sedimente gezwungen oder in einen See verwandelt, von unten her aber schneidet sich der Fluss

langsam in die aufsteigende Schwelle ein nach dem eben erörterten Schema (a'—a, b—a, c—a etc., Stadien des Einschneidens). Geht das Aufsteigen langsam genug vorwärts, so kann der Fluss mit ihr Schritt halten und sich trotz ihr in seiner alten Bahn erhalten. (Fig. 16.) Wenn er sich

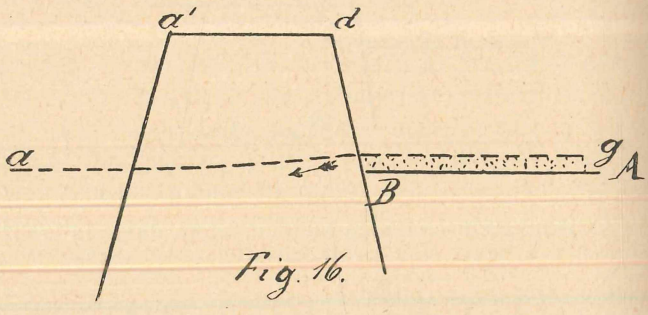


Fig. 16.

aber nicht so schnell in die Schwelle eingräbt, als diese aufsteigt, so wächst die Stauung hinter ihr, bis sie endlich einen niedrigeren Abfluss erreicht, als der bisherige, nun gehobene Flusslauf bietet. Der alte Fluss zerreisst dann in der Mitte, und der obere Theil desselben wendet sich nun in eine ganz neue Laufrichtung. Es handelt sich also nur um das Verhältniss der Schnelligkeit der tektonischen Verschiebung und der Erosion, welche von beiden Sieger bleibt: ob der Fluss abgelenkt wird, oder ob er sich erhält, trotz des neuen Gebirges. In letzterem Falle entstehen solche Durchbruchsthäler, wie die des Rheines, der Mosel, der Maas durch das rheinische Schiefergebirge. Der Fluss ist in diesem Falle in seiner jetzigen Lage älter, als die Erhebung des Gebirges. Man nennt daher diese sehr verbreitete Art der Discordanz Antecedenz des Flusses. Auf diese Weise können die höchsten Gebirge von Flüssen durchsägt werden. Die Höhe, bis zu der sich die Dislocation entwickelt, ist für den Prozess gleichgültig, für den es lediglich auf das Verhältniss der Schnelligkeit des Aufsteigens und des Durchsägens ankommt. Ja einige Forscher, Brückner und Penck, meinen, dass mit grösserer Höhe des aufsteigenden Gebirges die Chancen für den Fluss immer günstiger werden, sodass, wenn das Gebirge eine bestimmte

Höhe erreicht hat, ohne dass der Fluss abgelenkt ist, es weiterhin auf jeden Fall durchsägt werden muss.

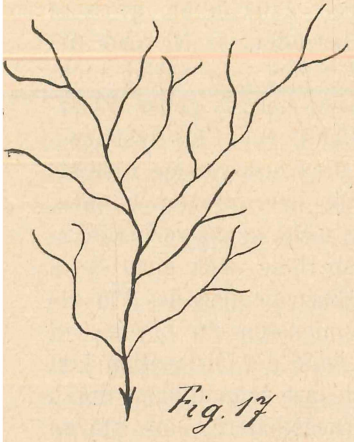
In ganz ähnlicher Weise, durch Rückwärtseinschneiden in der Richtung von der Mündung zur Quelle, kann sich ein Fluss in seiner Lage erhalten, obwohl nicht nur eine Schwelle aufsteigt, sondern sein ganzes Gebiet sich gegen seinen Lauf neigt wie im Falle des Main.

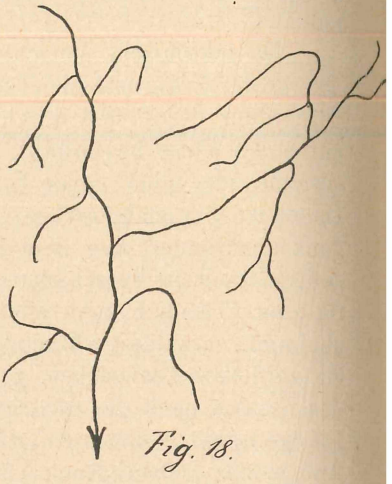
Ein dritter Fall endlich ist der, dass eine tektonische Verschiebung oder Neigung zum Flusse parallel läuft. Diese sucht den Fluss seitwärts nach der niedrigeren Seite zu drängen. Aber auch demgegenüber kann sich der Fluss erhalten.

Da tektonische Verschiebungen gewöhnlich grössere Theile der Erdkruste gleichzeitig betreffen, so ist auch die Discordanz der Flüsse durch Antecedenz gewöhnlich nicht auf einen Fluss beschränkt, sondern betrifft ganze Flusssysteme oder eine ganze Gesellschaft von Flusssystemen. Dabei ist aber zu bemerken, dass die Flusssysteme niemals ganz unverändert aus dem Kampfe hervorgehen können. Jede tektonische Verschiebung, die nicht genau rechtwinkelig zum Flusslauf steht, oder deren Höhe nach einer Seite abnimmt, veranlasst während des Einschneidens des Flusses ein seitliches Ausweichen, gewissermaassen ein Abrutschen des Flusses nach der niedrigeren Seite der Dislocation hin. Infolgedessen beobachten wir bei fast sämmtlichen durch Antecedenz entstandenen Durchbruchsthälern eine starke Schlingenbildung, entweder in oder vor dem Durchbruch, nicht zu verwechseln mit der gewöhnlichen Mäanderbildung.

Dazu kommt aber eine allgemeinere Umformung der Flusssysteme durch den Kampf mit Dislocationen. Die Bedingungen dieses Kampfes sind ja von Ort zu Ort nicht gleich, sondern verschieden; verschieden ist die Erosionskraft der einzelnen Flüsse und Flussstrecken eines Systems, verschieden auch die Stärke der Dislocation. Daher führt der Kampf ums Dasein auch bei den Flüssen zu einer natürlichen Auswahl der stärkeren. Während die stärkeren sich gegenüber den Dislocationen erhalten, unterliegen die schwächeren, werden abgelenkt und passen sich den neuen tektonischen Verhältnissen an.

Flusssysteme, die einen solchen Kampf im ganzen siegreich überstanden haben, tragen daher doch meist die Spuren desselben deutlich an sich. Wir sehen dann die Hauptflüsse discordant, unabhängig vom Gebirgsbau fliessen, die kleineren aber concordant, also entsprechend dem Gebirgsbau, die kleinen Flüsse fliessen also entgegengesetzt zu den grossen! Anstatt der normalen Anordnung eines Flusssystems nach Art eines verzweigten Baumes (Fig. 17 Karte) tritt dann eine unregelmässige, gleichsam geknickte Anordnung (Fig. 18 Karte).





Die absonderlichen Figuren, die manche Flüsse und Flusssysteme, z. B. der Doubs, ferner der Main und seine Zuflüsse in der Gegend von Bamberg (Fig. 19 Karte) zeigen, dürften überwiegend als Folgen solcher theilweisen Anpassung an den Gebirgsbau aufzufassen sein. In dem letzteren Beispiel fliessen die Gewässer vom Steigerwald und den Hassbergen nach Osten, entsprechend der tektonischen Abdachung, aber entgegengesezt der Richtung des Hauptflusses.

Noch andere mannigfache und auffallende Erscheinungen im Laufe der Flüsse sind die Folge ihrer langen und verwickelten Entwickelungsgeschichte. Fast alle grösseren Flusssysteme setzen sich aus Theilen verschiedenen Alters und verschiedenen Baues zusammen; wichtige ehemalige

Glieder des Systems sind durch Vorgänge, wie die geschilderten, abwendig gemacht und anderen Stromgebieten zugeführt, andere dafür wieder neu hinzugefügt worden. Bei den Flüssen wie bei den Gebirgen ist es ein beständiges Werden und Vergehen.

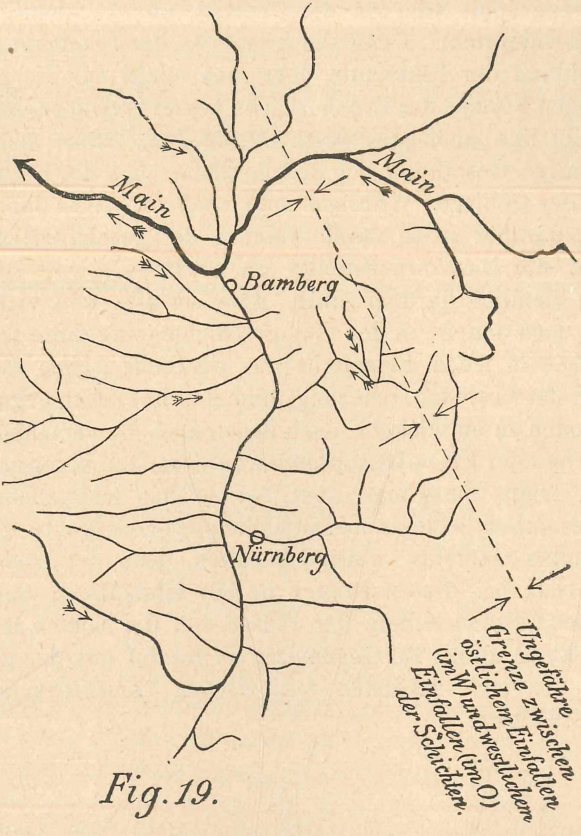


Fig. 19.

Eine grosse Zahl von verschiedenartigen tektonischen und Erosionsvorgängen wirken auf diese Geschicke der Flüsse ein; man könnte allein mit der Theorie dieser Umlagerungen der Flussnetze ein Buch füllen. Aber diese Theorie ist noch nicht geschrieben, und selbst von den am besten erforschten Stromgebieten, wie von dem des Rheines, besitzen wir noch keine Stromgeschichte. Hier kam

es mir nur darauf an, vor einem weiteren Kreise die den engeren Fachkreisen bekannten grundlegenden Gesetze zu entwickeln, welche für die Herausbildung unserer heutigen Flusssysteme maassgebend sind, und so vielleicht mehr Interesse zu wecken für einen Arbeitszweig, der für die Geographie wie für die Geologie gleich wichtige Resultate verspricht. Denn die Kenntniss der Entstehung und Umbildung der Flussläufe lehrt uns nicht nur die gegenwärtigen Formen der Erdoberfläche besser verstehen, sondern sie gibt uns auch die werthvollsten Aufschlüsse über die ehemalige Gestaltung der Erdoberfläche und die Entwickelung der Gebirge. Während man noch vor einem Jahrzehnt eifrig darüber stritt, durch welchen der geschilderten Vorgänge die Durchbruchsthäler zu erklären seien, ist man heute ziemlich darüber einig, dass sie alle und vielleicht auch noch andere in der Flussgeschichte eine Rolle spielen. Welches in jedem Einzelfalle das wirkende Agens war, ist Sache der Einzeluntersuchung, und man hat schon begonnen, Methoden zu entwickeln, nach denen man die verschiedenen Ursachen der Fluss-Discordanzen im Einzelfall unterscheiden kann. Stets muss man aber bei solchen Untersuchungen die gesammte geologische Entwickelungs-Geschichte des betreffenden Gebietes im Auge behalten, denn der wichtigste Grundsatz bei diesen Fragen ist die allmähliche ununterbrochene Entwickelung der Flüsse von der letzten Meeresbedeckung an bis zur Gegenwart im Kampf mit den gleichzeitig vor sich gehenden tektonischen Verschiebungen in der Erdkruste.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Verhandlungen des naturhistorischen Vereines der preussischen Rheinlande

Jahr/Year: 1898

Band/Volume: 55

Autor(en)/Author(s): Philippson Alfred

Artikel/Article: Die Entstehung der Flusssysteme 43-62